



XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

XXI CONBEA

I SEACS

I SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO COME SUL

VOLUME 3

C749 Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
(21. : 1992 : Santa Maria)

XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e I Simpósio de Engenharia Agrícola do Cone Sul, Santa Maria, 27 a 31 de julho de 1992.
— Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola: Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Rural, 1992.

4 v. em 5 : il.

1. Engenharia Agrícola - Eventos 2. Eventos
- Engenharia Agrícola I. Simpósio de Engenharia Agrícola do Cone Sul (1.:1992:Santa Maria) II. Título.

CDD 631.3

CDU 631.2/.4

Ficha elaborada na Seção de Organização do Material da Biblioteca Central/UFSM por Alenir Inácio Goularte - CRB 10/990

COLETOR DE DADOS PARA MEDIR DESEMPENHO DE
TRATORES E IMPLEMENTOS

Ricardo Yassushi Inamasu (1)
Alvaro Macedo da Silva (2)
Ladislau Marcelino Rabello (3)
Paulo Estevão Cruvinel (4)
Ken Taniwaki (5)
Claudio Franz (6)
Sergio Mauro Folle (7)
Nelson Corona Junior (8)

RESUMO

O trabalho apresenta um coletor de dados portátil projetado para armazenar dados de desempenho de tratores e implementos em campo. O coletor foi desenvolvido utilizando um microcontrolador 80C31 da Intel e memórias RAM com bateria de "back-up".

O coletor possui entradas para transdutores de consumo de combustível, tração do implemento, rotação do motor, patinação e outros, e é alimentado pela mesma bateria do trator. Após experimentos realizados e arquivados gerados, o coletor é levado junto a um microcomputador, aonde, através de uma interface serial padrão RS-232C, os dados são descarregados em arquivos. Cada arquivo em disco, flexível ou rígido, possui um identificador do evento, a hora e a data do levantamento, possibilitando distinguir os vários experimentos realizados.

PALAVRAS-CHAVE: COLETOR, TRATOR, IMPLEMENTO

-
- (1) MSc, Eng. Mecânico, pesquisador II da EMBRAPA-NPDIA
Rua XV de novembro, 1452 - São Carlos/SP - CEP 13560
E-MAIL: ricardo@npdia.embrapa.ansp.br
- (2) Eng. Elétrico, Pesquisador I da EMBRAPA-NPDIA;
- (3) Eng. Elétrico, Pesquisador I da EMBRAPA-NPDIA;
- (4) PhD, Eng. Eletrônico e Eletrotécnico,
Pesquisador III da EMBRAPA-NPDIA;
- (5) PhD, Eng. Agrícola, Pesquisador,
National Agricultural Research Center, Tsukuba-Japão;
- (6) MSc, Eng. Agrícola, Pesquisador II da EMBRAPA-CPAC
- (7) MSc, Eng. Agrícola, Pesquisador II da EMBRAPA-CPAC
- (8) Iniciação Científica - FAPESP/EESC-USP

1. INTRODUÇÃO

No sistema produtivo agrícola, a mecanização tem exercido um papel destacado. A evolução dessa área foi influenciada pela intensa necessidade de aumentar a produtividade agrícola em um cenário de revolução industrial, êxodo rural e tecnologias de produção em massa.

Hoje o mundo moderno, o qual está descortinando para o Brasil, desafia o setor para maior competitividade e qualidade. As pesquisas deverão se intensificar para incorporar novas tecnologias e gerar outras voltadas às condições brasileiras, como por exemplo configuração de máquinas agrícolas mais adequados em solos e clima brasileiro. Essa atividade, por necessitar de equipamentos sofisticados para aquisição de dados, tem sido realizada com muita dificuldade. Para o seu funcionamento, é requisitado, em muitos dos casos, a presença de um técnico especializado treinado pela empresa fornecedora, principalmente para ampliar as funções do instrumento através de adaptações. A sua manutenção é dificultada pela ausência de assistência ou a inexistência de um componente no mercado nacional para reposição. A dificuldade é maior na medida em que a investigação esteja mais próxima da fronteira tecnológica e muito a frente do mercado como a área da automação.

Com o objetivo de amenizar essas dificuldades e criar uma cultura em projetos dedicados de eletrônica embarcada, a EMBRAPA construiu um coletor de dados para aquisição, armazenamento temporário e transporte de dados, de desempenho de tratores e implementos. O projeto do coletor de dados foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária (EMBRAPA-NPDIA)

O presente trabalho apresenta o coletor de dados projetado com ênfase na versão construída para medir desempenho de tratores e implementos em uso no campo experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC). O "Hardware" e o "Software" são descritos, implementados e comentados bem como o potencial futuro do trabalho é discutido.

Espera-se que este projeto, abra novas frentes de pesquisa na área, visando aprimorar e dinamizar o processo de coleta de dados. As frentes esperadas são em áreas como mecanização agrícola, irrigação e agroclimatologia em geral, bem como em algumas aplicações específicas como medidor de intensidade das atividades de abelha, medidor de expansão de órgãos vegetais, coleta de dados de potencial matricial por tensiômetro, tomógrafo portátil para uso em campo, as quais já estão fazendo o uso do presente desenvolvimento. Uma equipe de pesquisadores está sendo

treinada para que mais projetos dedicados possam se beneficiar, impulsionando o desenvolvimento da instrumentação para a pesquisa agropecuária no país.

2. MATERIAL E METODO

Os dados para avaliar o desempenho de tratores e implementos como força de tração e velocidade são "lidos" por sensores acoplados ao trator e convertidos em sinal eletrônico por transdutores. Os sinais eletrônicos são enviados ao coletor de dados por cabos. O coletor de dados armazena-os em sua memória na forma digital. Após o experimento, o coletor de dados é desconectado dos cabos, inclusive da alimentação da bateria do trator e levado junto a um microcomputador. Por comunicação serial os dados são transferidos para análise e estudos.

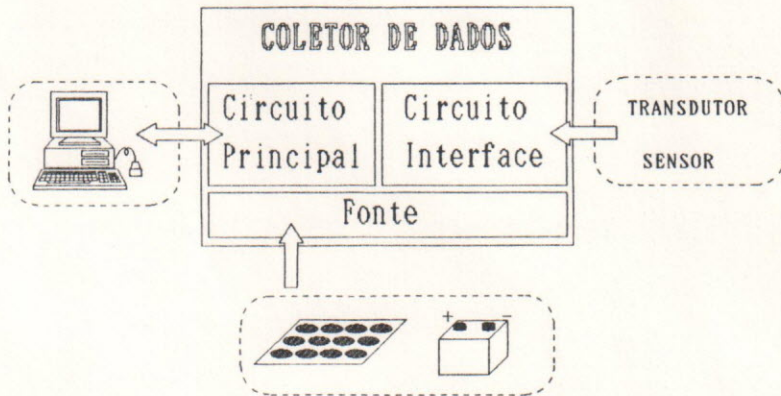


Figura 1: Ilustração funcional do coletor de dados.

O projeto eletrônico foi construído em dois principais módulos. O primeiro é o módulo principal que contém os comandos de funcionamento, memória de armazenamento e interface serial. O segundo módulo consiste do circuito de interface para receber os sinais eletrônicos a partir de transdutores (vide Figura 1).

A fonte foi projetada para receber alimentação de 12 Volts da bateria do trator ou uma outra fonte de tensão contínua, inclusive bateria solar.

2.1. Módulo principal

O módulo principal (Figura 2) é comandado pela Unidade Central de Processamento (UCP) baseado no microcontrolador MCS 80C31, fabricado pela Intel, de oito bits, considerado "popular", de larga utilização, mesmo no Brasil. A escolha do microcontrolador foi motivada pela sua versatilidade possibilitando reduzir consideravelmente o circuito e conseqüentemente o custo. A sua versatilidade deve-se à introdução de funções adicionais em um mesmo circuito integrado (CI) como contador, porta serial, memória interna (128 bytes) e porta de "I/O" (ativa e lê pino a pino) [INTEL 90] [INTEL 87].

Para a memória de armazenamento de programa utilizou-se uma EPROM (Erasable Programmable Memory) convencional 27C256 [INTEL 87] apagável por luz ultra violeta. A sua capacidade máxima para armazenar programas é de 64 Kbytes.

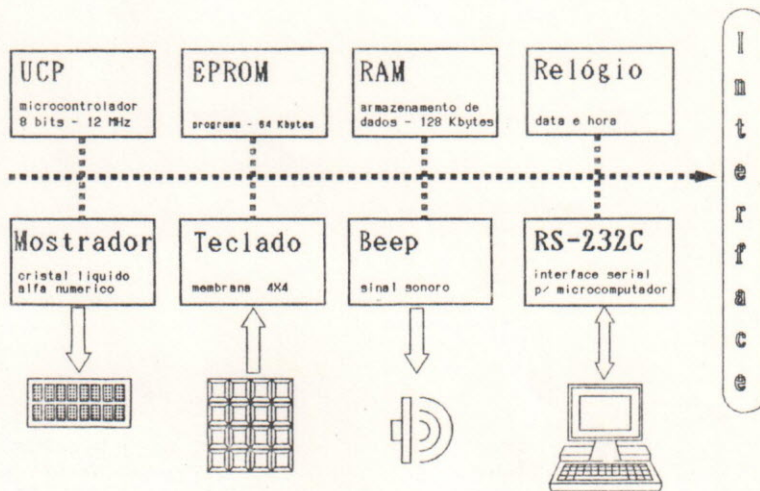


Figura 2: Diagrama lógico do módulo principal.

Para armazenamento de dados, utilizou-se memória RAM (Random Access Memory) 62256 [INTEL 87] estática. O circuito é alimentado "duplamente" pela alimentação principal e secundária. A alimentação secundária é efetuada pela bateria recarregável localizada na própria placa, denominado de bateria de "back-up". A bateria de

"back-up" assegura à memória uma alimentação mínima necessária para manter os dados mesmo com a alimentação principal cortada (coletor desligado). A capacidade máxima de armazenamento é de 128 Kbytes.

O relógio, com bateria de "back-up", proporciona não somente a hora como também a data. A UCP pode consultá-lo quando necessário. Possui saída de pulsos programável, de modo a enviar, a cada período programado, um sinal para marcar precisamente o tempo. Essa saída de pulsos é conectada ao pino de interrupção possibilitando a execução de uma rotina de aquisição a cada período ou "acordar" a UCP quando no modo "hibernação" para menor gasto de energia.

O mostrador é um "display" de cristal líquido alfanumérico LCM-1662-0555 da Alfacom que possui uma boa visibilidade mesmo em dias de luminosidade intensa. É utilizado para enviar mensagens ao usuário como "EM AQUISICAO" ou mostrar dados numéricos como dia/mes/ano, hora, minuto e segundo.

Para o teclado, utilizou-se o tipo "membrana" em policarbonato confeccionado pela Damprint segundo nosso desenho. Apesar do usuário não sentir o "click" tradicional de um teclado um sinal sonoro (beep) é acionado. Este sinal é gerado por "software" quando uma das teclas é reconhecida pela UCP. O teclado apresenta resistência à água e à poeira. Como uma outra possibilidade, o sinal sonoro pode ainda ser acionado como um alarme indicador.

A comunicação do coletor com o microcomputador é efetuada através da interface serial RS-232C. O padrão é um dos mais populares em comunicação digital. A maioria dos modelos de computadores, impressoras serial e modems utilizam esse mesmo padrão de comunicação o que traz versatilidade na troca ou envio de dados entre coletor e periféricos [SEYER 84].

A comunicação entre o módulo principal e o módulo de interface é feita utilizando um euro-conector. A comunicação entre módulos também pode ser considerada como conector para expansão.

2.2. Módulo de interface

O módulo de interface consiste de circuitos que preparam os sinais advindos dos transdutores para sinal digital compatível com o "slot" do módulo principal (Figura 3). Os elementos mais comuns que compõe este módulo são:

- portas paralelas;
- contadores;
- conversores analógico para digital.

Pode-se considerar a porta paralela como I/O

(entrada/saída) de sinais digitais, compatíveis com nível TTL (0 a 5 Volts). A sua aplicação está em leitura de código binário como "código Gray" encontrado em alguns indicadores de posição digital [DOEBELIN 83] ou como em uma simples leitura de presença (por exemplo uma chave aberta/fechada). Em alguns casos, pode atuar em relés para ativar ou desativar por exemplo um motor. O circuito integrado previsto neste projeto é CI-8255 [INTEL-89] sendo esta porta paralela uma das mais conhecidas para ser utilizada com um circuito microprocessado compatível.

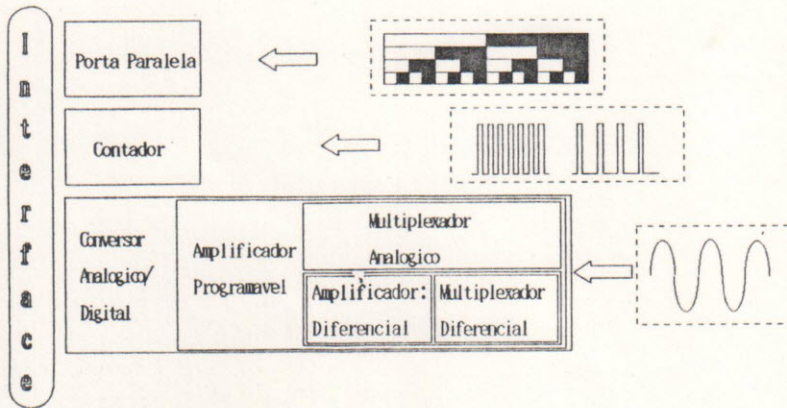


Figura 3: Diagrama lógico do módulo interface para caso geral.

A CPU utilizada nesse trabalho já conta com duas entradas contadoras de 16 bits. Através dessas entradas, são efetuadas leituras de frequência (alguns transdutores têm como saída frequência) e conta eventos. A aplicação imediata em tratores são a leitura de rotação de rodas e eixos como TDP (Tomada de potência). Um sensor de proximidade indutiva, instaladas junto ao objeto em rotação, "pulsa" a cada passagem de um elemento saliente. Os pulsos são contados e lidos a um determinado período fixo de tempo, obtendo-se assim um valor proporcional à rotação. Para ampliar o número de entradas estão previstos a utilização do CI-8254 [INTEL 89].

O sinal analógico é um dos mais comuns sinais de transmissão de um transdutor. A intensidade de tensão ou corrente eletrônica representa proporcionalmente o valor "percebido" pelo transdutor. Os transdutores de temperatura, pressão e força são na maioria dos casos analógicos. No módulo interface utilizou-se um conversor

de sinal analógico para digital de 12 bits, conversor AD-574 [BURR-BROWN 89]. O sinal de -10 Volts a +10 Volts é convertido de 0 a 4095 digital (FFF hexadecimal). Portanto a resolução da conversão é de 4.88 milivolts. Para que se possa efetuar leitura de mais canais analógicos são implementados "multiplexadores" para chavear e varrer os canais (multiplexador: HI-506 ou HI-507) [BURR-BROWN 89]. Para sinais de baixa intensidade, amplificador de ganho programável (amplificador PGA 101) [BURR-BROWN 90], é implementado. Pode-se obter diferentes ganhos para cada canal multiplexado programando-os previamente para uma sequência desejada. Em casos de sinais simétricos como ponte de "Wheatstone" um multiplexador (HI-508 ou HI-509) e um amplificador diferencial (INA-101 ou outros) [BURR-BROWN-89] são necessários. Assim por diante é possível montar um circuito analógico mais elaborado para sinais complexos e que requer maior atenção como detectores de pico ou integradores. Entretanto, na maioria dos casos o "tratamento de sinais" pode ser efetuados pelo próprio microcontrolador ou por um aplicativo em microcomputador.

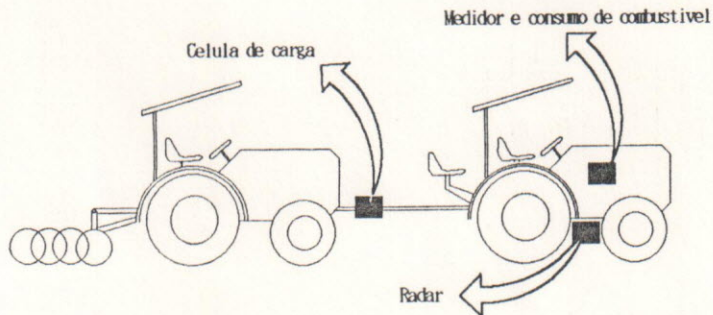


Figura 4: Sistema para o qual o coletor foi projetado.

O módulo de interface é, a princípio, projetado para cada aplicação, conforme as necessidades do sistema de medida (Figura 4). O módulo projetado e em uso no trator foi configurado para atender às seguintes necessidades (Figura 5):

- medidor de tração;
- medidor de velocidade real;
- medidor de consumo de combustível.

O medidor de consumo de combustível é o modelo DE-S-G2 para motores à óleo Diesel da Banzai Co. (Japão). Consiste de dois medidores de fluxo

(alimentação e retorno) e tacômetro eletromagnético. O sinal que gira o tacômetro é um pulso de aproximadamente 10 Volts para cada 10 cc de óleo efetivamente consumido. O sinal foi retirado do acionador do tacômetro e tratado para entrar no contador. Implementou-se apenas um circuito "schmitt-trigger" [PHILIPS 86] para eliminar possíveis ruídos que o contador poderia interpretá-los como um pulso de consumo e um diodo zener e resistor para compatibilizar a tensão [NATIONAL 84]

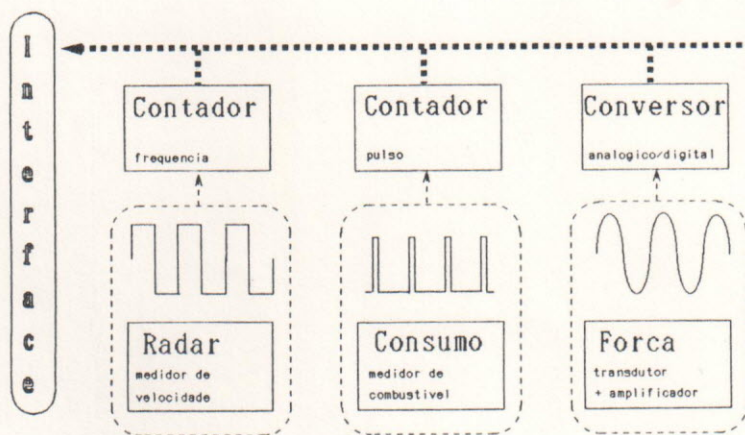


Figura 5: Diagrama lógico do módulo de interface implementado.

O medidor de velocidade real é um radar modelo TGSS-012, da TRW Transportation Electronics Ltda (Inglaterra). A sua saída é em frequência. Isto é, a velocidade é proporcional à frequência das ondas quadradas de 5 Volts que o radar envia ao coletor. O módulo de interface recebe o sinal pelo contador, e armazena o número de pulsos recebidos em um determinado período de tempo.

Para medir a força de tração, utilizou-se simplesmente o conversor analógico digital no módulo de interface. Aproveitou-se uma célula de carga extensométrica (transdutor de força modelo LT-2000KG e LT-5000KG) e amplificador (modelo DPM-300) ambos fabricados pela KYOWA existente no CPAC. O coletor substituiu o registrador em papel térmico (RAPET RMS-11PT - KYOWA) considerado inadequado para uso em campo.

2.3. Software

O software implementado foi escrito completamente em "Assembly" (em mnemônico) estruturado. Os comandos implementados no coletor são apresentados no mostrador alfanumérico (Figura 6). O indicativo auto explicativo de comando aparace um a um a cada pedido de avanço (tecla '->'). Para a execução, basta confirmar (tecla 'entra'). Os principais comandos implementdos foram:

Coletar Dados	Editar nome do arquivo	Leitura e armazena- mento dos dados
Comunicar via interface serial	Troca os dados com microcomputador	
Apagar arquivo	Mostra o cabeçalho dos arquivos	Apaga o arquivo escolhido
Relógio e Calendario	Mostra a data e a hora	Acertar a data e a hora
Mostrar o diretorio	Mostra o cabeçalho dos arquivos	
Mostrar o espaço ainda disponível	Mostra o espaço disponível	

Figura 6: Diagrama esquemático das funções implementadas.

- **Aquisição:** Executa a leitura dos sensores;
- **Relógio:** Executa as funções de relógio;
- **Comunicação:** Entra em modo de comunicação com o microcomputador;
- **Diretório:** Mostra os arquivos já gravados;
- **Espaço disponível:** Mostra o espaço de memória disponível para dados e a quantidade de arquivos que ainda podem ser acrescentados;
- **Apagar arquivo:** Apaga os arquivos já gravados liberando mais espaço de memória para novas aquisições;

A rotina de aquisição e armazenamento de dados é a que mais possui detalhes. Os dados são armazenados em

arquivos de tamanho variável, conforme o tempo em aquisição. A possibilidade de separar os dados em arquivos permite repetições de diferentes experimentos, bem como disernir os dados de cada repetição.

A rotina é iniciada preparando o espaço de armazenamento e requisitando ao usuário editar um nome de identificação do arquivo. Terminada a edição, o nome, a data e a hora são gravadas no diretório. A aquisição e o armazenamento dos dados são iniciados e terminados pelo teclado. A aquisição de dados é efetuada lendo o conversor analógico digital e os contadores. As leituras são efetuadas a cada pulso advindo do relógio. A frequência de leituras é de 8 leituras por segundo, período este programado previamente.

Duas funções adicionais relativas aos arquivos foram implementadas. Uma apresenta o diretório mostrando o nome, a data e a hora de cada arquivo. A outra mostra o número de arquivos já gravados e o espaço que ainda resta em quantidade de dados.

A função relacionada ao relógio apresenta ao usuário a hora e a data atual, podendo-se ajustar um novo horário como em relógios digitais.

A comunicação com o microcomputador é efetuada no modo "comunicação" e conectando-os serialmente. O microcomputador utilizado é compatível com IBM-PC e o programa que recebe os dados do coletor foi escrito em linguagem "C". O microcomputador, através do programa, requisita o envio dos dados. Os dados são enviados em hexadecimal para maior velocidade de transmissão. Confirmações constantes são trocadas para garantir a integridade dos dados. No início da comunicação, o usuário recebe na tela do microcomputador o diretório com todos os arquivos armazenados no coletor. A alteração do nome de um arquivo pode ser efetuada se de interesse do usuário. Após a recepção de todos os dados, os arquivos são armazenados em disco. Cada aquisição de dados são armazenados em dois arquivos de nomes iguais com diferente extensão. Uma contem o valor médios da tração, distância percorrida, consumo total, o tempo total da aquisição, e o horário da aquisição. O outro contém os dados no formato ASCII (código binário para caracteres) compatível com aplicativos como editores de texto, planilhas e bancos de dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSOES

O coletor foi implementado no sistema de aquisição de dados para medir desempenho de tratores e implementos com sucesso. Os parâmetros de força foram obtidas com a resolução adequada, tanto em relação à frequência de leitura como na amplitude.

Os parâmetros de consumo de combustível foram obtidos sem dificuldades. O sinal recebido foi conferido

com o apresentado pelo tacômetro.

Como o sinal de saída do radar é de nível compatível com TTL, a implementação foi direta. Como a sua frequência de saída era de aproximadamente 30 Hz, o software utilizou-se de sobrecarga do registrador do contador de 16 bit para provocar um sinal de interrupção.

Os resultados em arquivo mostraram versatilidade, possibilitando ao usuário flexibilidade para alteração do formato de apresentação dos dados utilizando-se qualquer linguagem computacional mais familiar. A possibilidade de armazenar os dados em vários arquivos permitiram realizações de vários experimentos durante o dia sem a necessidade da presença de um microcomputador no campo.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o projeto de um coletor de dados microprocessado baseado em um microcontrolador 80C31 da Intel para medidas do desempenho de tratores e implementos.

Parâmetros como consumo de combustível, tração do implemento, rotação do motor e patinação podem ser lidos em tempo real e dados podem ser armazenados em memória RAM para posterior transferência, via linha serial, a um microcomputador.

Dentre as características do projeto destacaram-se facilidades no uso, taxas de varreduras selecionáveis, confiabilidade, transparência operativa e portabilidade.

O projeto apresenta ainda baixo custo e flexibilidade no software operacional permitindo amplas possibilidades de aplicações no campo da agropecuária e da agroindústria.

AGRADECIMENTOS

- JICA pelo suporte financeiro;
- Dr. Bunkichiro Watanabe líder da missão do JICA no CPAC pela atenção e apoio durante a primeira fase do projeto;
- Dr. Yoshio Morinaka líder da missão do JICA no CPAC durante a segunda fase do projeto pelo atencioso apoio;
- Dr. Taiju Oka e toda equipe do escritório do JICA no CPAC que cuidaram para que os recursos monetários estivessem disponíveis dentro do cronograma;
- Equipe técnica e de apoio do NPDIA e em particular Luis A. Godoy, Gilmar Vitorino e Sebastião Mello;
- Dr. Ladislau Martin Neto, chefe adjunto técnico do NPDIA, pelo inestimável apoio.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ALLOCA, J.A; STUART, A. **Transducers: theory and application.** Reston: Prentice-Hall, 1984. 497p.
- BURR-BROWN CORPORATION (TUCSON, AZ). **Burr-Brown integrated circuits data book.** Tucson, 1989. v33
- CAMPBELL, J. **RS-232 Técnicas de interface.** Tradução de Niuton Braga. São Paulo: EDBRAS, 1986. 159p.
- CARR, J.J. **Elements of electronics instrumentation and measurements.** 2.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1986. 515p.
- DALLAS SEMICONDUCTOR (Dallas, Texas) **Product Data Book.** Dallas, 1990-1991. 936p.
- DOEBELIN, E.O. **Measurement Systems: applications and design.** 3.ed. Auckland: McGraw-Hill, 1983. 876p.
- INTEL CORPORATION (Santa Clara, Ca.) **Embedded applications.** Santa Clara, 1990. paginação irregular.
- INTEL CORPORATION (Santa Clara, Ca.) **Embedded controller handbook.** Santa Clara, 1987. paginação irregular.
- INTEL CORPORATION (Santa Clara, Ca.) **Memory components handbook.** Santa Clara, 1987. paginação irregular.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR (Santa Clara, Ca). **Data conversion/acquisition.** Santa Clara, 1984. paginação irregular.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR (Santa Clara, Ca). **General purpose linear devices databook.** Santa Clara, 1989. Paginação irregular.
- PHILIPS ELECTRONICS COMPONENTS MATERIALS DIVISION (Eindhoven). **High speed CMOS PC74HC/HCT/HCU logic family.** Eindhoven, 1986. Paginação irregular. (Philips Data Handbook. Integrated Circuits, Purple Series ICOGN).
- SEYER, M.D. **RS-232 Made easy: connecting computers, printers, terminals and modems.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 1984. 214p.
- TAUB, H. **Circuitos digitais e microprocessadores.** São Paulo: McGraw-Hill, 1984. 510p.

SUMMARY

INAMASU, R. I.; MACEDO DA SILVA, A.; RABELLO, L. M.; CRUVINEL, P. E.; TANIWAKI, K.; FRANZ, C.; FOLLE, S. M.; CORONA JUNIOR, N. On-board data-logger to measure tractor and implement performance.

KEY-WORDS: DATA-LOGGER, TRACTOR, IMPLEMENT.

Much of the research work done within Agricultural Engineering relies upon instruments to measure, monitor and record physical phenomena or processes. Single board microcomputers designed using microcontrollers when connected to the appropriate sensors and signal conditioning electronics can replace many separate instruments. They can function as intelligent instruments varying their function in response to charges in the applied inputs. This paper describes a data record system based on a 80C31 Intel microcontroller chip. It was designed to be used with a farm tractor in order to record information such as fuel consumption, speed and traction. After the recording process data can be transferred to a microcomputer using a RS-232C serial line for off-line interpretation.