

REDE DE SENSORES INTELIGENTES

**José Higinio
Carlos Couto**

**Universidade do Minho
Dep. Electrónica Industrial
Largo do Paço, 4709 Braga, Portugal
(FAX +351 53 615046, Telef: +351 53 615010)**

RESUMO

Este trabalho apresenta uma solução simples e fiável para uma rede de pouco tráfego, de que é exemplo uma rede de sensores inteligentes. A aplicação foi desenvolvida num sistema de pesagem industrial com quatro células de carga onde se implementou na camada física um interface RS-485 para ligação multiponto e um barramento de dois fios a percorrer as células de carga inteligentes (constituídas por um microcontrolador de arquitectura RISC rodeado por alguns componentes passivos e activos). É objectivo duma rede de sensores inteligentes que os dados adquiridos sejam processados pela "electrónica local" e as *frames* enviadas pelos sensores inteligentes para a unidade central conttenham resultados com significado físico para o *software* de controlo da unidade central.

Palavras-chave: sensores inteligentes, redes industriais, interface RS-485.

1. Introdução

Os preços cada vez mais baixos dos circuitos integrados em relação às cablagens faz com que a evolução minimizando a relação custo/desempenho se dê no sentido das arquitecturas distribuídas. Hoje em dia é possível integrar num só circuito funcionalidades equivalentes às de sistemas mais volumosos, o que conduz à miniaturização dos equipamentos, mais elevados níveis de fiabilidade e desempenho e ainda à redução de custos.

A construção de sistemas de aquisição de dados e processamento de sinal em que os sensores inteligentes são módulos contendo o dispositivo sensor, a electrónica de processamento de sinal inteligente e proporcionando uma saída frequentemente série com facilidades de comunicação para o exterior. A solução de um módulo por sensor só é viável se a electrónica for de baixo custo.

O elemento mais importante de cada módulo (sensor inteligente) é o microcontrolador, pois toda a arquitectura baseia-se na redução ao mínimo do *hardware* e suas especificações. Para cada sensor inteligente os sinais de entrada passam pelo mesmo amplificador e comparador (ver fig.1), minimizando a instabilidade térmica dos circuitos (para tempos de conversão na ordem dos 18ms). O processo de conversão utilizado é o método de rampa simples, pois não necessita de muito *hardware* e apresenta elevada linearidade, conseguindo-se uma boa taxa de conversões. O gerador de rampa é constituído por uma tensão de referência que é integrada até a saída do integrador igualar a tensão de entrada.

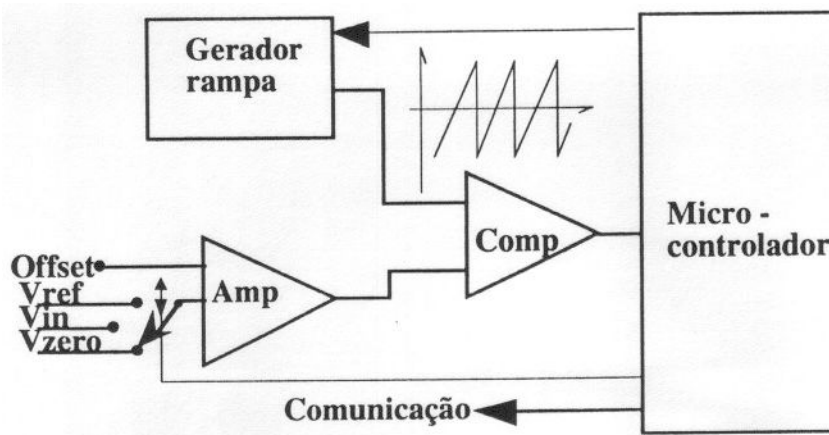


Figura 1- Diagrama de blocos do sensor inteligente

O microcontrolador desempenha as seguintes tarefas:

- controla a aquisição e conversão de dados
- filtragem digital
- *software* de calibração
- comunicação para o exterior

A fig.2 apresenta um esquema de uma solução moderna para um sistema de pesagem industrial constituído por quatro células de carga inteligentes onde apenas um cabo entrançado percorre os sensores inteligentes, diminuindo o ruído e interferências, pois os sinais são digitais.

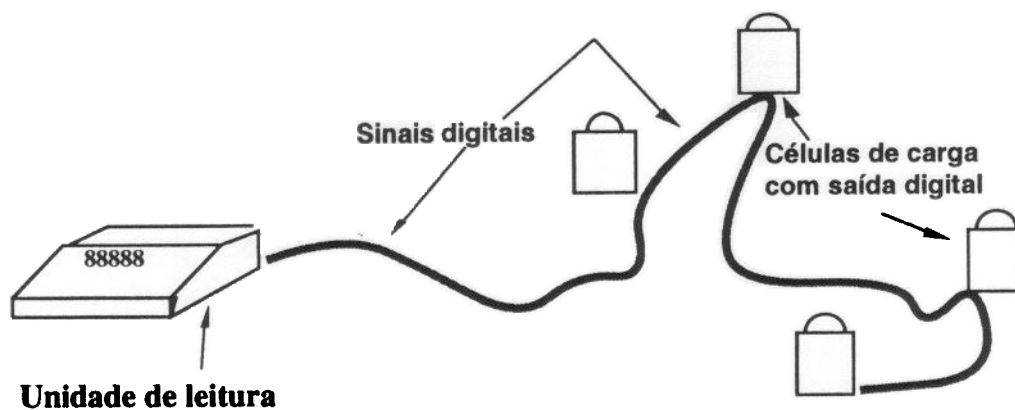


Figura 2- Sistema de pesagem industrial para quatro células de carga inteligentes

2. Rede de sensores inteligentes

A construção de uma rede simples baseia-se no facto do *software* de rede ser optimizado e reduzido. A implementação de apenas duas camadas de protocolo (camada física e camada de ligação), prescindindo de outras camadas de protocolo mais complexas como a camada de controlo de ligação (que assegura a troca sem erros dos dados entre duas estações), a camada de controlo de ligação de múltiplos pontos (que regula o fluxo de informação dentro de um ramo) e a camada de controlo de mensagem (que define a interface entre a rede e a aplicação, regulando os pedidos de envio e a recepção de mensagens para a rede). A ligação é *half-duplex* e foi implementada uma solução por *software* para o controlador de comunicações de cada microcontrolador obedecer à interrupção na recepção de *frames* com o nono *bit* a um ou a zero, dependendo da configuração adoptada.

3. Implementação de uma rede de sensores inteligentes

O microcontrolador utilizado PIC17C42 da Microchip tem excelentes características (ciclo de instrução muito rápido, baixo custo, EPROM de 2K - limita o código a implementar) e está especialmente vocacionado para aplicações em que seja necessário recorrer a processamento intensivo, designadamente filtros digitais. Este processador inclui ainda módulos de comunicação internos, contudo não possui as facilidades do tipo de protocolo do nono *bit* desenvolvido pela INTEL para os microcontroladores i8051. Devido a estas condicionantes adoptou-se uma estratégia baseada na troca de *frames* análoga ao protocolo da INTEL.

As comunicações entre os módulos e o computador são realizadas recorrendo à USART interna do microcontrolador PIC17C42 e a um gerador interno de *baud-rate* (SPRBG). O PC estabelece comunicação com o microcontrolador para configurar as variáveis inerentes à amplificação e filtragem e só no final da conversão é enviado o valor de conversão para o PC. A comunicação entre o PC e os módulos é do tipo *Master/Slave* em regime de *polling*, formando uma rede de células de carga inteligentes. Consideremos uma plataforma de pesagem com 8 células de carga (ver fig.3) em que o PC envia *frames* do tipo da representada na fig.4. A *frame* é constituída pelo *start bit*, *stop bit*, nono *bit*, um *bit* de comando (ler ou inicializar as variáveis de cada célula), três *bits* para o endereço do módulo, e quatro *bits* de *checksum* para controlo. Todos os módulos estão programados para atender à interrupção provocada pelo nono *bit* a 1. Quando o PC envia uma *frame* em que o nono *bit* está a "1", com o endereço de um dos módulos, faz com que todos eles verifiquem se se trata do seu endereço. O módulo que identificar o endereço programará o seu controlador de comunicações para interromper na recepção de *frames* com o nono *bit* a 0; os outros módulos ignoram estas *frames*. Após o módulo efectuar a recepção das suas variáveis de inicialização comutará para o modo de funcionamento inicial (interrupção quando chega uma *frame* com nono *bit* a 1).

Depois da configuração de todas as células de carga inteligentes, com o envio de 6 *bytes* de dados (constantes de filtragem (2 *bytes*), filtragem (1 *byte*), ganho (1 *byte*), *offset* (1 *byte*), e nº de conversões a realizar (1 *byte*)) pelo PC, os módulos estão prontos a iniciar as conversões.

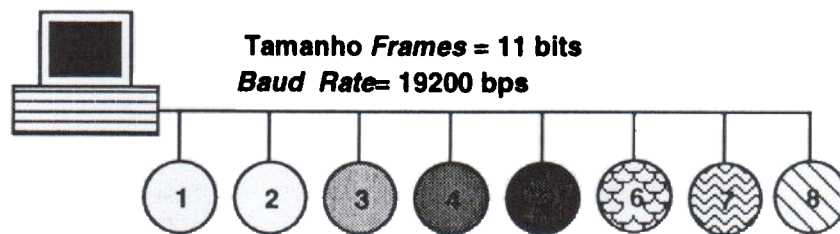


Figura 3- Rede de oito células de carga inteligentes

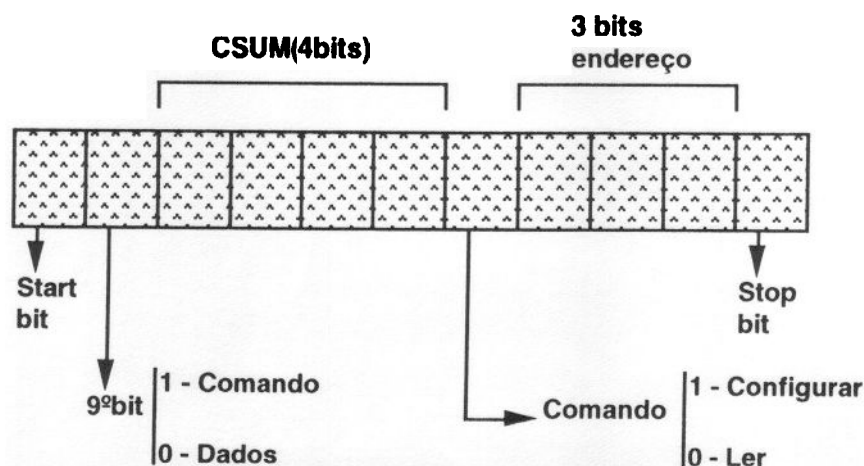


Figura 4- Frame enviada pelo Master

As células de carga inteligentes demoram aproximadamente 20ms (18ms na conversão+2ms para cálculos) para obter o valor final de conversão (2 bytes). Para uma taxa de 50 conversões/segundo por cada célula, o PC faz a leitura de cada célula em 1/8 segundo (125ms), ao que corresponde uma frequência de leitura de 8 Hz. A comunicação série assíncrona realizada a uma taxa de transferência de 19200 bps, com o tamanho de cada *frame* de 11bits, garante a recepção da *frame* de comando para leitura e envio dos valores das 50 conversões em tempo inferior a 125ms (permitindo ainda interrupções vindas do processo de conversão). O tempo para obter a leitura final de pesagem, por parte do utilizador, é superior a 1 segundo, o que, para pesagens de massas elevadas é um tempo aceitável.

A utilização do vector de interrupção de alta prioridade para a determinação das contagens no processo de conversão permite o envio dos valores finais em paralelo com a conversão. A diminuição do nº de conversões/segundo por célula permite aumentar a frequência de leitura. Outra alternativa é realizar filtragem digital antes do envio do valor final de conversão (média pseudo-deslizante com constante de filtragem auto-ajustável), o que reduz o *data rate* a 8 leituras/segundo permitindo baixar o *baud-rate*. A interrupção pelo protocolo do nono *bit* não é contemplada pelo modo de configuração da interrupção da porta série do PIC17C42 o que obriga à sua realização por *software* (teste do nono *bit* na sua recepção).

Cada sensor inteligente tem um certo tempo disponível para responder quando inquirido, senão ocorre um *time-out* e o *Master* passa a inquirir o próximo sensor não se perdendo o processo.

Outra solução testada e comparada com a anterior foi a estratégia de rede conhecida por *Daisy-Chain*, em que depois de interrogado um sensor inteligente para enviar os seus dados, ele próprio interpela o próximo sensor, e assim sucessivamente, até todos enviarem os seus dados para o *Master*.

4. Conclusões

A rede de células de carga inteligentes foi implementada para um sistema de quatro células de carga. Os resultados obtidos foram encorajadores, pois o sistema mostrou-se fiável ao funcionar ininterruptamente durante vários dias consecutivos. A rede recuperou sempre que bloqueava, entrando logo de seguida em perfeito funcionamento. O número de *time-out's* ocorridos bem como o erro obtido no envio de dados entre as células de carga inteligentes e o *Master* pode ser considerado desprezável. Actualmente está a desenvolver-se uma solução em que os sensores inteligentes estão ligados por dois fios que servem para alimentação eléctrica e suporte das comunicações.

Referências

- [1] "A 20 - bit (1ppm) Linear Slope Integrating A/D Converter", Application Note 260, National Semiconductor.
- [2] "HI - 7159 Microprocessor Compatible 51/2 Digit Converter", Harris Semiconductor, 1991.
- [3] J.H. Huijsing, "Integrated Smart Sensors", Sensors and Actuators, Vol A30, pp167-174, 1992.
- [4] C. Couto, J. Higinio, "Intelligent Signal Processing for Ratiometric Data Acquisition: A Low Cost Solution for Load cells", Proceedings of IMEKO TC-4, Brussels, Belgium, May, 1993.
- [5] C. Couto, J. Higinio, "Células de Carga Inteligentes", publicado nos *proceedings* da conferência "1º Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Electrotécnica da Ordem dos Engenheiros", realizado em Lisboa, Maio de 1994.
- [6] C. Couto, J. Higinio, "Smart Load Cells Based on Switched-Capacitors", Proceedings of ICSPAT'94, Dallas, USA, October 1994.
- [7] George Friend, John Fike, "Understanding Data Communications", SAMS Publishing 1991.
- [8] Carlos Silva, "Gestão de edifícios Inteligentes", Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Universidade do Minho, 1994.