Projeto e construção de uma central de medidas elétricas microcontrolada

Juan Lieber Marin[1], Jorge Ricardo de Araujo Kaschny[2]

[1]Graduando do Curso de Engenharia Elétrica – IFBA, Campus Vitória da Conquista. e-mail: juan.lieber.marin@gmail.com
[2]Professor Adjunto – IFBA, Campus Vitória da Conquista. e-mail: jrkaschny@physika.info

Resumo: Na presente contribuição é apresentado o projeto e construção de uma central de medidas elétricas. O propósito geral é desenvolver um periférico simples que fosse controlado e alimentado exclusivamente via uma porta USB de um microcomputador usual. Para isso, empregou-se um microcontrolador ATmega8, em conjunto com circuitos auxiliares, onde foi implementado um firmware capaz de pré-processar medidas de resistência, capacitância, tensão e corrente elétrica. Neste projeto, a leitura dessas grandezas, bem como a seleção destas, é efetuada via comunicação serial assíncrona usando uma porta USB, sendo para isso empregando um conversor UART/USB do tipo FT232R. Tal estação é capaz de medir resistência, capacitância, tensão e corrente elétrica, continua e alternada, em faixas compatíveis com a maioria dos multitestes disponíveis no mercado.

Palavras-chave: microcontroladores, instrumentação, medidas elétricas.

1. INTRODUÇÃO

Há cerca de vinte anos atrás, o desenvolvimento de circuitos microprocessados era demasiadamente dispendioso devido ao alto custo dos componentes eletrônicos necessários, mencionando-se ainda que tais componentes eram raramente encontrados no mercado nacional. Hoje, com a evolução dos microcontroladores, a incrível ampliação do comercio eletrônico e a redução significativa dos preços dos componentes, o desenvolvimento de tais equipamentos se tornou altamente viável, podendo tal tarefa ser efetuada em pequena escala por um custo convidativo. Dessa forma, a construção de instrumentos microcontrolados tornou-se algo possível, atraindo a atenção de vários projetistas independentes.

Atualmente a aplicação de microcontroladores na aquisição de dados e no controle de equipamentos e processos é largamente difundida nos meios industriais, acadêmicos e domésticos. Nas áreas relacionadas à pesquisa e ensino, em particular nas atividades típicas de bancada de trabalho ou num laboratório didático, sempre existiu um particular interesse no interfaceamento de um microcomputador com instrumentos de medida. O propósito disto é, entre outros, conferir uma maior praticidade às tarefas de desenvolvimento, manutenção e análise. No tocante ao ensino, é evidente a aplicabilidade desses instrumentos em aulas de laboratório. Sem querer substituir o estudo mais tradicional sobre o funcionamento e operação da instrumentação eletrônica usual, é inegável que o uso de equipamentos informatizados conferem um maior dinamismo às atividades didáticas, simplificando tanto a aquisição quanto a análise de dados. Adicionalmente, podemos acrescentar que desenvolvimento de sistemas microcontrolados é, por si mesmo, uma excelente prática de ensino onde o estudante tem o compromisso tanto de implementar o firmware quanto de materializar o protótipo.

Tendo em mente as considerações acima, apresentamos na presente contribuição o projeto e a construção de uma central de medidas elétricas. Em linhas gerais, descrevemos o desenvolvimento de uma central microcontrolada, operada e alimentada exclusivamente via uma porta USB de um PC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Nas montagens e testes que realizamos foi utilizado um microcontrolador ATmega8 de 8 bits, fabricado pela Atmel (ATMEL, 2012), possuindo 8 kbytes de memória flash para armazenamento do firmware, 512 bytes de memória EEPROM para dados estáticos e 1 kbyte de SRAM para armazenamento de variáveis. A elaboração do firmware foi efetuada utilizando a linguagem basic, via a plataforma de

ISBN 978-85-62830-10-5
VII CONNEPI©2012

desenvolvimento BASCOM (MCS, 2012). A respectiva gravação do firmware foi efetuada com o auxilio de um gravador AVR-910/USB (PHYSIKA, 2012).

Para efetuar medidas de resistência e capacitância, utilizou-se uma abordagem onde monitoramos o tempo de descarga de um circuito RC, conforme ilustrado na figura 1. Como é bem conhecido, tal circuito é caracterizado por uma constante de tempo que é proporcional ao produto entre a resistência R e a capacitância C, sendo seu comportamento durante a descarga do capacitor descrito pelas equações inseridas na figura 1, onde $V_C(t = 0)$ representa a correspondente condição inicial.

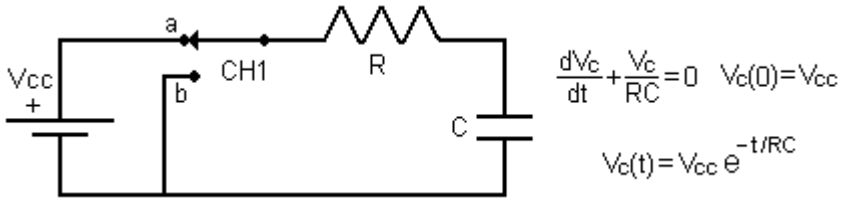

Figura 1 – Diagrama esquemático e equações do circuito utilizado para medir resistência e capacitância.

Optou-se por tal abordagem, pois esta consiste em uma técnica de fácil implementação em um circuito microcontrolado, possibilitando medidas de resistência e capacitância em faixas compatíveis com boa parte dos multitestes presentes no mercado. A idéia básica consiste em alimentar o circuito com uma fonte de tensão, V_{CC} = 5V, por cerca de 50ms, estando a chave CH1 comutada na posição ‘a’. Feito isso, CH1 é comutada para a posição ‘b’ e o capacitor começa a descarregar. A determinação do tempo para que a tensão sobre o capacitor se aproxime de zero corresponderá, portanto, a constante de tempo do circuito. Assim, para determinar a capacitância C, é necessário conhecer a resistência R. De modo análogo, para determinar a resistência R é necessário conhecermos a capacitância C. Dessa forma, implementou-se dois circuitos RC na estação de medidas, sendo o papel da chave CH1 desempenhado por duas portas de entrada e saída (I/O) do microcontrolador. No primeiro, a resistência é conhecida e no segundo a capacitância é conhecida. Evidentemente, é necessária uma calibração para adequar o valor obtido com o valor real do componente que esta sendo medido.

Diante das limitações do conversor ADC do ATmega8, capaz de medir apenas tensões positivas no intervalo de 0 a 5V, optou-se por utilizar um circuito com um amplificador inversor de ganho unitário com a configuração “single bias”. Para que a tensão não excedesse 5 V na entrada do ADC foi necessário garantir que a tensão de entrada no amplificador ficasse limitada a faixa de -1 a 1 V. Para isso, acrescentou-se um circuito divisor de tensão na entrada de tal amplificador, sendo o valor do “bias” fixado em 2.5 V. Logo, se a tensão de entrada no amplificador for igual a +1 V, a tensão de saída no mesmo será de 1.5 V. Caso a tensão de entrada seja -1 V, a tensão de saída será de 3.5V. Neste intervalo, o amplificador opera em uma região linear, saturando em 3.75 e em 1.35 V. Isto garante que o microcontrolador não seja danificado, apresentando uma leitura que apresenta uma relação linear entre o valor lido e o valor de tensão presente na entrada do circuito. No caso de tensões alternadas, optou-se por incorporar na saída de tal amplificador um retificador paralelo utilizando um diodo Schottky.

Evidentemente as leituras de tensão são bastante afetadas pela presença de ruídos, introduzidos por diversas fontes, principalmente a rede C.A. de 60 Hz. Isso claramente provoca uma flutuação nas leituras, comprometendo a confiabilidade das mesmas. Para compensar isso, optou-se por incorporar no firmware um algoritmo de filtro passa baixa de média móvel, representando um filtro exponencial de primeira ordem (LATHI, 2007) com freqüência de corte ajustada para aproximadamente 10 Hz. Alem disso, o valor de cada medida apresentada pelo sistema microcontrolado é na verdade uma média de 10 leituras efetuadas pelo ADC. Dessa maneira, é possível reduzir boa parte do ruído deixando o mesmo em um nível aceitável e tornando a confiabilidade das leituras compatível com a dos multímetros mais comuns.

Para medidas de corrente, foi escolhido um sensor de efeito Hall do tipo ACS712ELCTR-05B-T (ALLEGRO, 2012), que estabelece uma relação linear entre a corrente de entrada (até 5 A) e a tensão disponível na saída. Dessa forma, através de um dos ADC’s, disponíveis no ATmega8, é possível efetuar

a leitura de tal tensão. Assim, após uma aritmética simples implementada no firmware, converte-se esta medida em um valor correspondente a corrente elétrica que flui através do sensor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mencionado anteriormente, a orientação geral do projeto é a de desenvolver uma central de medidas elétricas que seja controlada e alimentada exclusivamente via uma porta USB de um microcomputador. O diagrama esquemático de nosso protótipo é mostrado na figura abaixo.

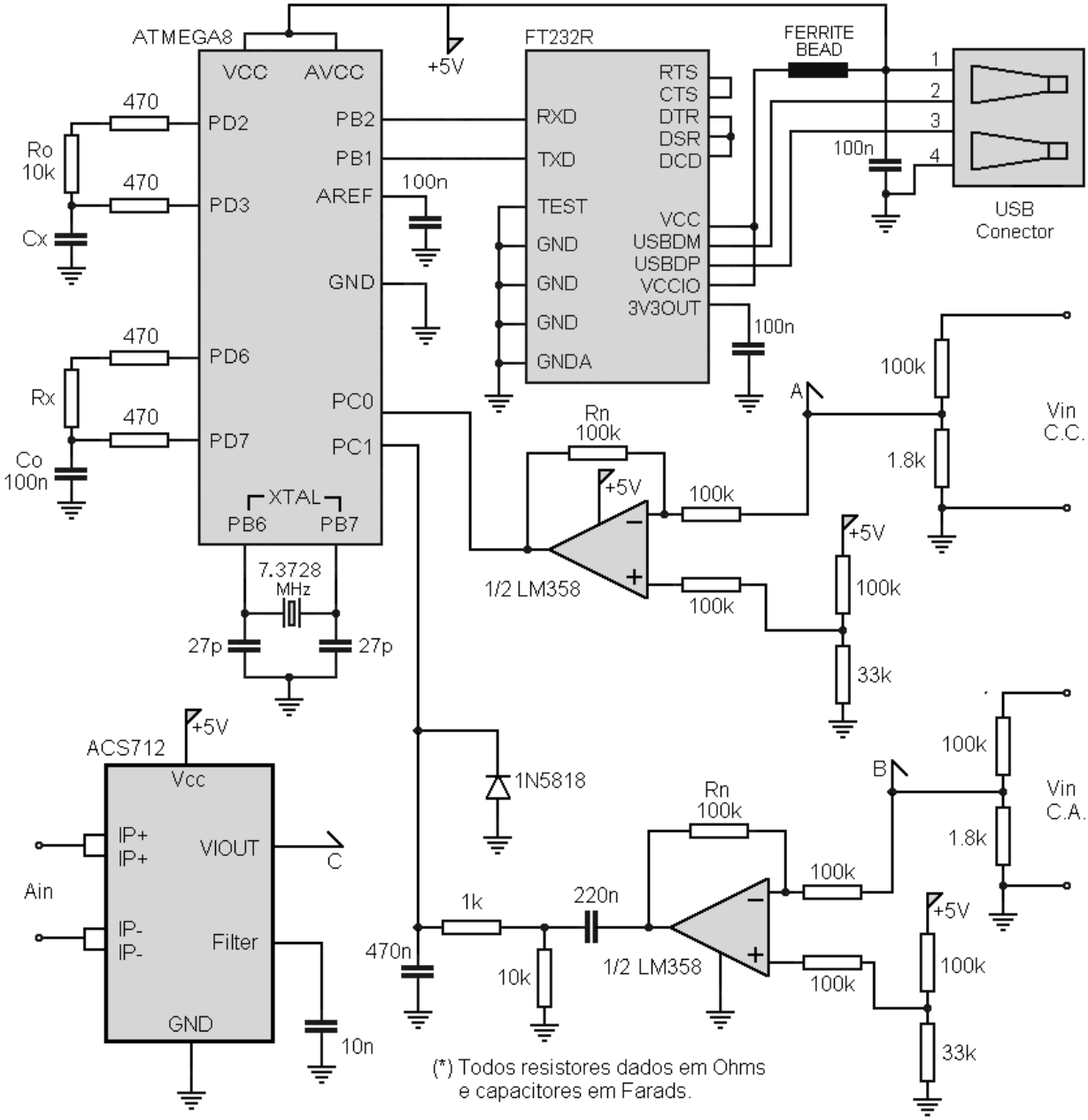

Figura 2 – Diagrama esquemático do protótipo da central de medidas elétricas.

Nas medidas de resistência e capacitância, os pinos PD2 ou PD6, dependendo da grandeza que se deseja medir, são colocados em nível lógico alto por 50ms. Feito isso, os pinos PD3 ou PD7 checam a tensão sobre o capacitor. Enquanto a mesma não fique próximo do nível de tensão que corresponde ao

nível lógico 0, um contador é incrementado a cada passo de um laço (loop) da rotina de leitura. Quando a tensão no capacitor atinge o nível de tensão limiar (0 logico), o contador para de ser incrementado e seu valor claramente representará algo proporcional a constante de tempo RC do circuito. De posse dessa informação, se torna possível determinar a resistência Rx ou a capacitância Cx, respectivamente. A faixa útil, obtida para medidas de resistência, esta situada entre 1 Ω e 15 MΩ, e para capacitância entre 1 nF e 100 uF. Tais faixas de leitura podem ser convenientemente alteradas ao mudarmos os valores do resistor Ro e/ou do capacitor Co, lembrando que essa tarefa pode ser efetuada com o auxilio de chaves analógicas (por exemplo a 4066) controladas via firmware. Salienta-se mais uma vez que em qualquer caso é necessário determinarmos curvas de calibração adequadas, que possibilitem a obtenção do valor real dos componentes sob teste.

As portas PC0 a PC5 do ATmega8 correspondem às entradas dos 6 ADC's de 10 bits disponíveis em tal microcontrolador. Como pode ser observado na figura 2, no presente protótipo utilizamos apenas dois desses ADC's. A porta PC0 (ou ADC0) é conectada a um amplificador inversor de ganho aproximadamente unitário, tal como descrito previamente, em cuja entrada temos um divisor de tensão sobre o qual é aplicada a tensão continua a ser medida. A impedância de tal entrada é de aproximadamente 100 kΩ, podendo ser aumentada facilmente para 1 MΩ ao substituirmos os resistores presentes no divisor de tensão, multiplicando seus valores por um fator 10×. Contudo, isso certamente irá ter repercussões no correspondente nível de ruído. A faixa útil obtida para medidas de tensão continua esta situada entre -45 e 45 V, em incrementos de aproximadamente 50 mV. Ressalta-se que tais parâmetros podem ser claramente alterados ao manipularmos o ganho do circuito amplificador.

Para medidas de tensão alternada utilizamos um estagio amplificador com características similares, onde incorporamos um retificador na respectiva saída, tal como mostrado na figura 2. Tal saída é conectada à porta PC1 (ou ADC1) do ATmega8. Neste caso a faixa útil para medidas esta situada entre 0 e 30 V_{RMS}, para sinais alternado com freqüências em torno de 60 Hz como é típico de multitestes convencionais. Novamente salientamos que tal faixa pode ser manipulada. Contudo, chamamos a atenção para possíveis problemas relacionados com medidas de tensão da rede C.A. ou tensões alternadas mais elevadas. Nesses casos, é recomendada a utilização de um modulo isolador em substituição ao circuito amplificador acima descrito. Um exemplo desse tipo de circuito, empregando um opto-acoplador, é ilustrado no diagrama esquemático da figura 3. Tal circuito mostrou um bom desempenho para monitorarmos a rede de alimentação C.A. na faixa de 50 a 220 V. Contudo, sua gama de aplicações é bastante restrita devido às limitações em sua impedância de entrada.

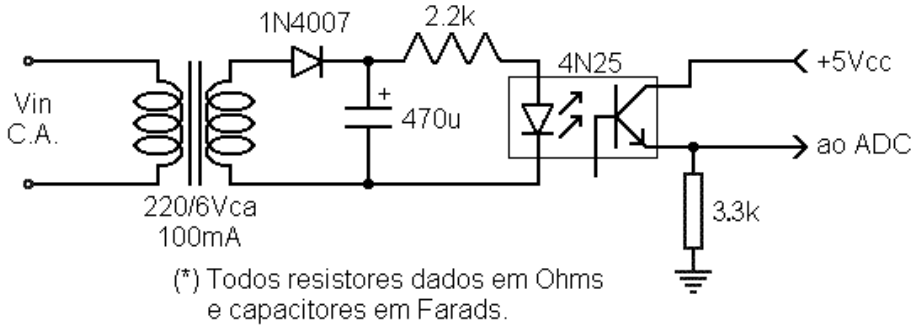

Figura 3 – Diagrama esquemático do protótipo do modulo isolador para monitoramento da rede.

Com relação às medidas de corrente, salienta-se que a saída do sensor ACS712 (ponto C) deve ser aplicada diretamente à entrada dos amplificadores (pontos A ou B) de acordo com o tipo de corrente a ser lida (continua ou alternada – respectivamente), suprimindo-se os divisores de tensão. Evidentemente, tais circuitos amplificadores podem ser replicados e os demais ADC's postos em uso. Os testes realizados revelaram primeiramente a necessidade de alterarmos o valor dos resistores Rn para 330 kΩ aumentando-se assim o correspondente ganho dos amplificadores para algo em torno de Av = 3. Contudo, mesmo assim a sensibilidade obtida para medidas de corrente não é das melhores, ou seja, não passa de 10 mA,

algo bem inferior a da maioria dos multitestes comerciais. De fato, o uso do sensor Hall mostra uma eficiência razoável para correntes na faixa de 0.1 a 5 A, sendo como sua maior vantagem a isolação elétrica por ele proporcionada. Assim, conclui-se que a gama aplicações do presente protótipo para medidas de corrente é um tanto limitada, sendo necessária uma abordagem distinta a este problema.

Adicionalmente cabe mencionar que a freqüência adotada para o cristal (7.3728 MHz) foi escolhida de forma a possibilitar uma comunicação serial assíncrona eficiente. Tal comunicação é feita usando as portas correspondentes à interface UART incorporada no microcontrolador, auxiliada por um conversor UART/USB – FT232R (FTDI, 2012). Portanto, toda a comunicação entre o protótipo microcontrolado e um PC foi efetuada usando uma porta USB, em conjunto com o HyperTerminal (ou similar) disponível no Windows XP.

4. CONCLUSÕES

Em resumo, apresentamos a descrição completa do projeto e construção de uma central de medidas elétricas microcontrolada, alimentada e controlada via porta USB. Apesar das limitações apresentadas o protótipo mostrou resultados animadores, podendo ser empregado em diversas situações práticas. Comparações com multímetros comerciais demonstraram que o desempenho do presente protótipo esta dentro do aceitável para usos corriqueiros. Contudo, a abordagem adotada para efetuar as medidas de corrente deve ser alterada. O uso desse tipo de protótipo em instrumentação de bancada mostrou-se satisfatório, principalmente pelo fato do mesmo estar aliado a um microcomputador. Isso abre a possibilidade de integração do protótipo a aplicativos que proporcionariam uma tomada de decisão com relação às grandezas medidas, bem como o registro e processamento das leituras.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFBA, Instituto Federal da Bahia, e a FAPESB, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia, pelo apoio ao presente trabalho via a concessão de uma bolsa através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Cientifica (PIBIC).

REFERENCIAS

ALLEGRO. **ACS712 Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC**. Disponível em: <http://www.allegromicro.com>. Acesso em 8 ago 2012.

ATMEL. **8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flash – ATMEGA8 / ATMEGA8L** Disponível em: <http://www.atmel.com> Acesso em 8 ago 2012.

Cipelli, Sandrini, Markus, A.M.C, W. J., O. **Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos**. 23ª edição, São Paulo. Érica, 2005.

FTDI CHIP. **FT232R USB UART I.C.** Disponível em: <http://www.ftdichip.com>. Acesso em 8 ago 2012.

LATHI, B.P. **Sinais e Sistemas Lineares**. Editora Bookman, 2007.

MCS ELECTRONICS. **Bascom AVR Compiler**. Disponível em: <http://www.mcselec.com>. Acesso em 8 ago 2012.

PHYSIKA. **Programador AVR910 Versão USB**. Disponivel em: <http://physika.info/physika/index.php/progavrusb.html> Acesso em 8 ago 2012.

SHUNK, L.M. e LUPPI A. **Microcontroladores AVR – Teoria e Aplicações Práticas**. Editora Érica, 2001.