

# SISTEMA DE HARDWARE E SOFTWARE PARA A AQUISIÇÃO DE DADOS AUTOMÁTICA PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

**Emmanuel Diego Gonçalves de Freitas** – diego@ifce.edu.br

**Misael Mamedes Bezerra de Moraes** – mmamedesbmorais@hotmail.com

**Jorge Henrique Ribeiro da Silva** – jhribeiro@ifce.edu.br

Instituto Federal do Ceará – Campus Cedro, Departamento de Ensino/ Tecn. em Mecatrônica.

**Resumo.** *O presente artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema de hardware e software para a realização automática de aquisição de dados em painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica. O sistema conta com sensores de Efeito Hall LA 55-P, para mensuração da corrente elétrica e circuitos específicos para medidas de tensão elétrica, baseados em amplificadores operacionais. Além da aquisição de dados para potência, o sistema também realiza o monitoramento da temperatura dos painéis, dados estes conseguidos através do sensor LM-35, e realiza a apresentação das informações por meio de gráficos (gerados em tempo real) e tabelas, ambos gravados em banco de dados. O programa é desenvolvido em C++ Builder, e os testes realizados mostram que o aplicativo se mostra como ferramenta plausível para pesquisas na área de energias alternativas, em especial à fotovoltaica, mas também como uma ferramenta extremamente poderosa para supervisão do processo de geração.*

**Palavras-chave:** *Sistema de aquisição de dados, Energia Solar, Automação.*

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista o baixo rendimento dos atuais painéis fotovoltaicos comerciais, são de importância, e de praxe as propostas de tecnologias que possam melhorar a capacidade de transformação de energia solar em elétrica. Para tanto, sistemas capazes de realizar a aquisição de dados e o monitoramento de determinadas características do processo de geração podem ser o fator crucial para o aumento da eficiência ou mesmo para o processo de conexão à rede de distribuição, visto que o processo de aquisição de dados pode avaliar o sistema fotovoltaico e prognosticar os melhores períodos para o seccionamento automático.

A adoção de mecanismos para monitoramento e aquisição de dados no processo de geração de energia elétrica é então de grande valia e relevância, principalmente naqueles onde a energia primária é considerada sazonal, visto que esta característica exige um maior monitoramento para o seccionamento do sistema gerador à rede.

Tais sistemas também virão a oferecer recursos decisivos para tarefas como a manutenção preditiva, que atualmente tem sido reconhecida como técnica eficaz de gerenciamento de manutenção, por oferecer métodos para o diagnóstico de problemas no sistema gerador sem sua parada seja necessária. Além destas, outra justificativa para o sistema de aquisição de dados está na possibilidade de uso em laboratórios, onde a mensuração e metrologia de grandezas físicas é fator crucial.

Existem vários sistemas comerciais para realizar a aquisição de dados tanto em aplicações de campo como laboratório, mas em geral eles são relativamente caros. O sistema de aquisição de dados desenvolvido neste trabalho tem um baixo custo e baixo consumo de energia elétrica, caracterizando-se também como boa alternativa para acompanhamento de sistemas embarcados. Este sistema é projetado para a aquisição de valores de corrente, tensão de armadura e temperatura no módulo fotovoltaico, assim como, permitir a visualização das informações de maneira gráfica (Corrente x Tempo, Tensão x Tempo e Temperatura x Tempo). Além disso, conta com um sistema de banco de dados para registro de históricos. O controle da coleta de dados no sistema de aquisição é feita de maneira automática através de uma interface RS-232 de um computador.

## 2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

A Fig. 1 mostra o diagrama de blocos do sistema de aquisição de dados desenvolvido para a aquisição de dados automática de painéis solares. O Bloco 1 refere-se à medição de corrente, o bloco 2 de tensão, o bloco 3 é o circuito eletrônico para a medição da temperatura e o bloco 4 a fonte de alimentação. Esta plataforma de ensaio é composta por um painel fotovoltaico, o sistema de aquisição de dados e uma interface gráfica para o usuário, conectada a placa de condicionamento de sinais.

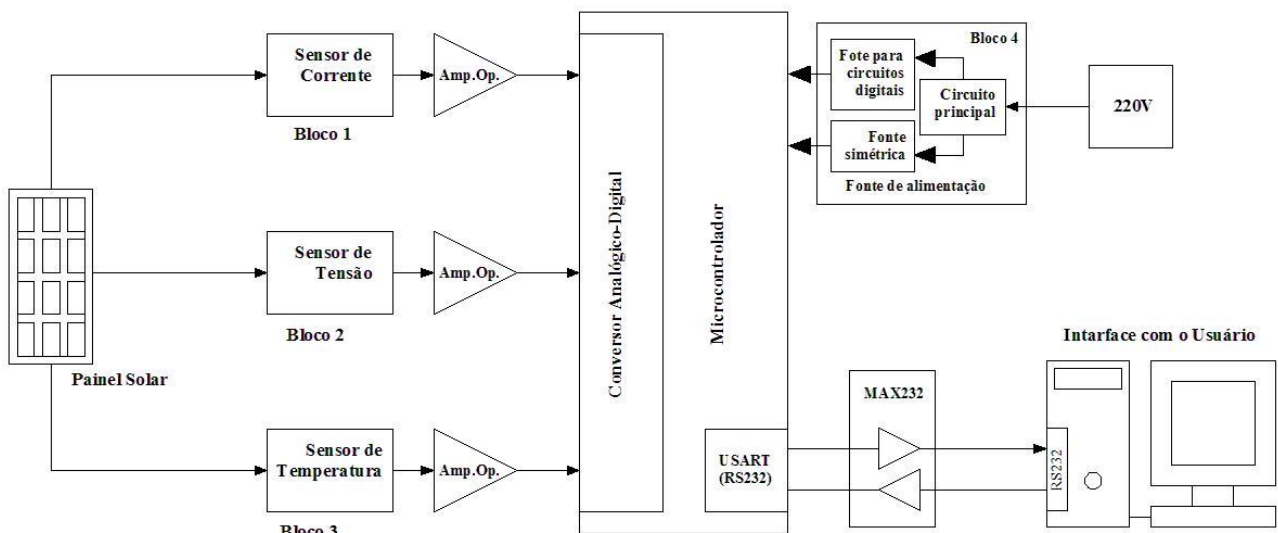


Figura 1 - Diagrama de Blocos do Sistema de Aquisição de Dados.

## 2.1 Aquisição de dados

A essência do sistema está baseada em uma placa principal, cuja responsabilidade é abrigar o microcontrolador pic16F877A da Microchip, realizar a comunicação entre a interface instalada no computador de mesa com a placa auxiliar e proporcionar o acesso às placas dos sensores. O Computador utilizado no sistema possui uma porta de dados que segue o padrão RS-232, no qual um valor de tensão elétrica igual a -10V é utilizado para indicar nível lógico alto (um) e +10V para indicar o nível lógico baixo (zero). Em contra partida, o microcontrolador segue o padrão TTL, onde os níveis de tensão elétrica assumem os valores +5V para nível lógico alto (um) e 0V para nível lógico baixo (zero). Para a solução deste problema criado a discrepância de padrões, é dada como necessária a utilização de uma interface intermediária, específica para a conversão destes padrões, para tal, optou-se neste trabalho pelo circuito integrado MAX232.

Na Fig. 2 é apresentado o projeto da placa principal, onde se encontram o microcontrolador PIC, seus circuitos de clock e reset e o CI MAX232 com o respectivo esquema de ligação com relação à pinagem e utilização dos quatro capacitores C1, C2, C3 e C4 (ambos de 1uF), exigidos pelo circuito integrado em sua operação típica, segundo o informado por Texas Instruments (2002).

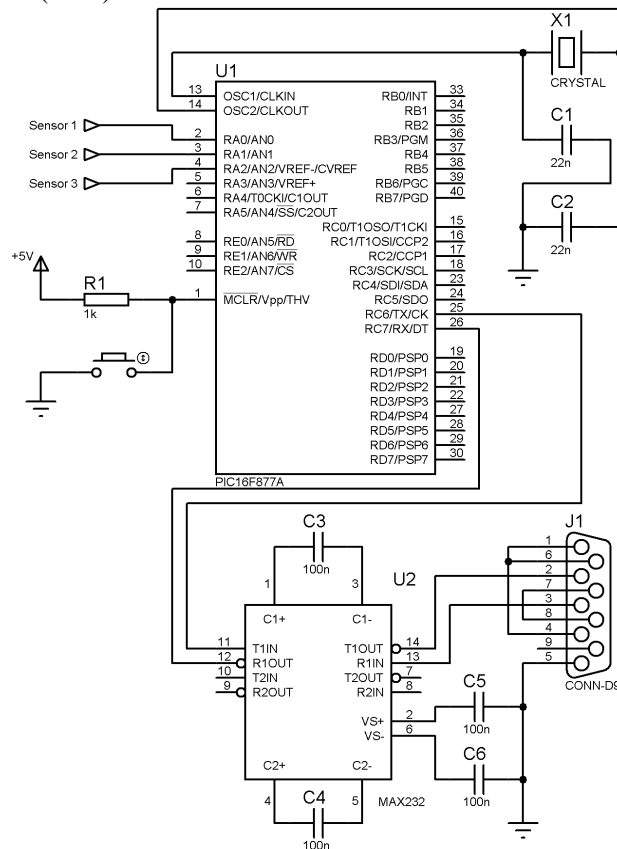


Figura 2 - Projeto eletrônico da placa principal.

## 2.2 A medição de corrente

Esta etapa do sistema oferece as condições para digitalizar a corrente elétrica recebida do módulo fotovoltaico. O projeto deste circuito (Fig. 3) pode ser compreendido em duas partes.

A primeira parte é composta de um sensor de corrente de efeito Hall e um resistor shunt (100Ω), cuja função é converter a corrente  $I_A$  fornecida pelo módulo fotovoltaico em uma imagem de tensão “ $V_{corrente}$ ” (denominado de  $V_C$ ), que será introduzida no conversor A/D do uC. A segunda parte é um estágio de amplificação e calibragem do sensor.

Para a medição da corrente, utilizou-se o sensor de Efeito Hall LA55-P produzido pela empresa LEM. Este sensor mostra performances excelentes em termos de linearidade, imunidade a ruídos e variações de temperatura. A corrente também poderia ser mensurada a partir de um resistor, no entanto, este produziria uma queda de tensão que traria erros à medida, devido a isto se optou pelo sensor de Efeito Hall.

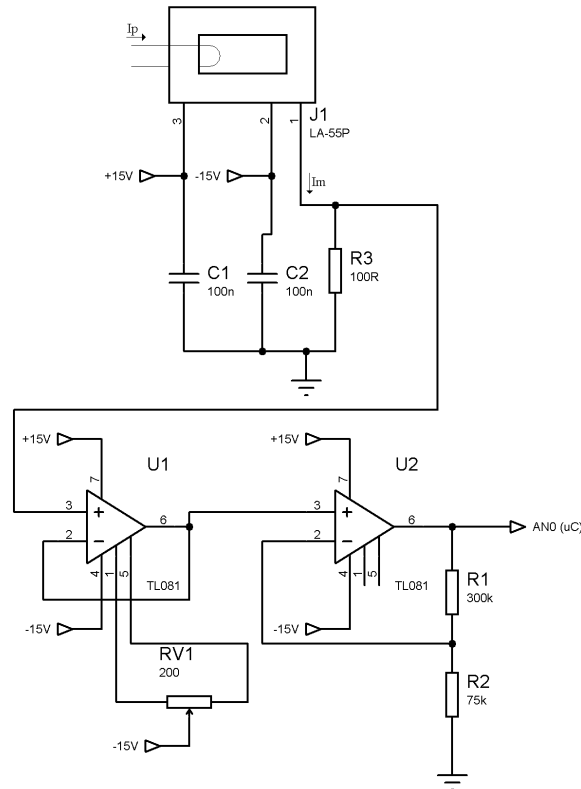


Figura 3 - Circuito do sensor de corrente.

Segundo a empresa LEM (2008), o LA 55-P pode ser utilizado para medição eletrônica de correntes: CC, CA, pulsada, dentre outras, com um isolamento galvânico entre o circuito primário (de alta potência) e o circuito secundário (circuito eletrônico). Suas características são:

$$I.m = \frac{I_p}{1000} \quad (1)$$

Em que  $I_p$  é a corrente primária a ser medida pelo sensor e  $I_m$  é o sinal medido (corrente no circuito secundário), proporcional a  $I_p$ . O valor do  $I_m$  é obtido eletronicamente através da medição da tensão ( $V_m$ ) em resistor shunt de 100Ω.

$$V_m = R_m \cdot I.m = \frac{I_p}{10} \quad (2)$$

Uma vez que a corrente máxima fornecida pelo módulo fotovoltaico 10A, um amplificador não inversor configurado a partir do CI TL081 (U2, no circuito da Fig. 3) amplia cinco vezes a obtenção de tensão  $V_m$ .

$$AN0 = 5 \cdot V_m = \frac{I_p}{2} \quad (3)$$

Outro amplificador operacional TL081 é utilizado no circuito configurado como buffer de tensão, seu propósito é casar as impedâncias entre a etapa do sensor e do amplificador, além disso, o CI U2 (Fig. 3) também possibilita o ajuste do *offset*.

### 2.3 A medição de tensão

Um segundo bloco do sistema converte a tensão fornecida pelo módulo fotovoltaico (VA) em uma imagem de tensão “*Vvolt*” (denominado de *VV*). Para isto, um circuito é desenvolvido a partir de um potenciômetro configurando de tal forma a se obter um divisor de tensão, com o objetivo de diminuir a tensão *VP* a uma tensão adequada para o microcontrolador (*VV* = 5V, no máximo). Este circuito é seguido por um estágio de calibragem ligado ao conversor A/D do uC (Fig. 4).

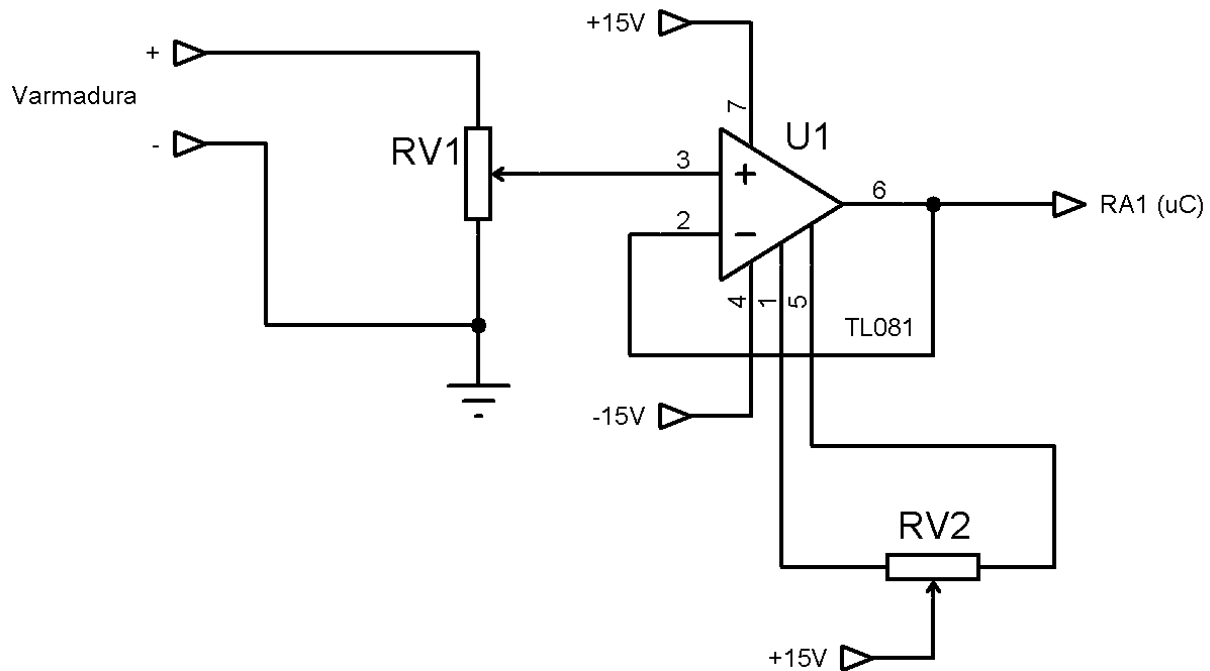


Figura 4 - Circuito para medida de tensão na armadura.

### 2.4 A medição de temperatura

A medição de temperatura (em °C) é obtida a partir de um sensor LM35. O LM35 é um circuito integrado com a funcionalidade de um sensor de temperatura de precisão, cuja tensão de saída é linearmente proporcional à temperatura Celsius (TEXAS, 2000). A calibração externa do sensor não é necessária, ele fornece, independente da alimentação 10mV/°C com uma precisão nominal de 0,5°C a 25°C, medindo temperaturas entre a faixa de -55°C a 150°C. A relação entre a tensão de saída do sensor e a temperatura é mostrada na Equação 4.

$$V_o = 0,01 \cdot T \quad (4)$$

Na Fig. 5 é mostrado o projeto do circuito eletrônico para condicionamento do sinal proveniente do sensor, o intuito é adequar os níveis de tensão de saída para valores mais adequados à leitura por meio do conversor A/D do microcontrolador. Para tal um amplificador não inversor é configurado para oferecer um ganho de tensão igual a 3, desta maneira, tem-se um sinal para o microcontrolador tal como o descrito pela Equação 5.

$$V_o = T \cdot 0,01 \cdot 3 \quad (5)$$

$$T = \frac{V_o}{(0,03)} \quad (6)$$

A partir da Equação 4 é possível estabelecer o cálculo da temperatura com base na tensão de saída do circuito ilustrado na Fig. 5. Esta equação é utilizada no firmware do microcontrolador para a obtenção dos níveis de temperatura no painel solar:



O software do sistema também conta com um banco de dados, cuja função é registrar os eventos da planta monitorada com data e hora, possibilitando a criação de relatórios. A Fig. 7 mostra a interface para o banco de dados do sistema de aquisição de dados.

Hora	Tensao	Corrente	Temperatura
11:55	11.5	2,15	45
12:00	10.4	1,98	39
12:05	7.2	1,76	34
12:10	6.2	1,7	33
12:15	8.6	1,87	37
12:20	11.3	1,96	39
12:25	12.3	2,07	41
12:30	9.1	2,19	46
12:35	8.2	1,93	38
12:40	7	1,85	37
12:50	6.1	1,76	34
12:55	7.2	1,64	30
13:00	8.1	1,79	35
13:05	8.7	1,81	36
13:10	10.3	1,85	37
13:15	9	1,98	40
13:20	10.2	1,83	39
13:25	11.3	2,14	42
13:30	12.2	2,29	45
13:35	12.4	2,56	47
13:40	13.3	2,77	48
13:45	14.1	2,83	51
13:50	13	3,02	53
13:55	12	2,87	51

Figura 7 - A interface gráfica – Tabelas do Baco de dados.

#### 4. TESTES DO SISTEMA

Os testes são realizados no painel solar do laboratório de comando eletroeletrônicos do IFCE Campus Cedro, que possui características técnicas tais como os dados de placa mostrados na Tab. 1.

Tabela 1. Especificações elétricas do módulo utilizado nos teste para as condições de irradiância 1.000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de célula 25 °C e espectro AM 1,5.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Máxima Potência	56,9 W
Tensão de Máxima Potência	17,0 V
Corrente de Máxima Potência	3,35 A
Tensão de Circuito Aberto	20,9 V
Corrente de Curto-Circuito	3,75 A

Os testes trazem resultados conforme os mostrados nas Fig. 8, 9 e 10.

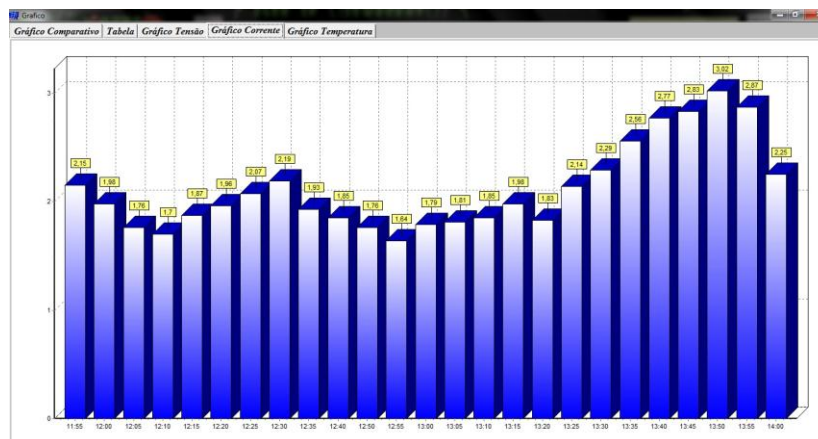


Figura 8 - Interface para respostas de níveis de corrente.

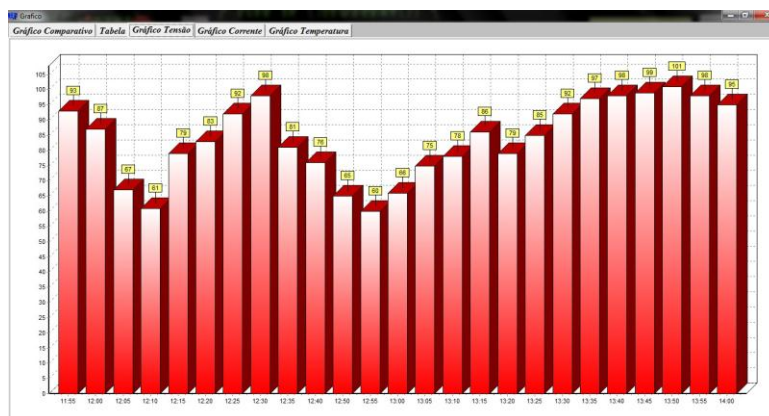


Figura 9 - Interface para respostas de níveis de tensão.



Figura 10 - Interface para respostas de níveis de temperatura.

Cabe ressaltar que as Fig. 6 e 7 também mostram imagens de respostas do sistema de aquisição de dados durante o processo de teste.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta um sistema de aquisição de dados automático para supervisão de painéis fotovoltaicos. As repostas obtidas com este sistema mostram que o uso da instrumentação eletrônica é bastante útil em processos de geração de energia elétrica a partir de luz solar, visto a rapidez e a precisão com quais os dados são tratados.

Vale salientar que este sistema, por ser automático, não acarreta a necessidade de anotações e, portanto, não oferece erros de cálculos ou de leitura, que por ventura poderiam acontecer em rotinas manuais de manutenção.

Por fim, o processo realizado pelo sistema também gera relatórios, recurso este decisivo para tarefas para a manutenção preditiva dos painéis solares.

### Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) Campus Cedro, pelo apoio infraestrutural com o qual foi possível realizar os testes do sistema.

### REFERÊNCIAS

- LEM Components (2008). Current Transducer LA 55-P Data Sheet, p.1.
- Microchip. PIC 16F877A Data Sheet. USA: Microchip Technology Incorporated, 2002.
- National Semiconductor. LM 35 - Precision Centigrade Temperature Sensors Data Sheet. USA: Texas Instruments Incorporated, 2000.
- ST Microelectronics. TL081 TL081A - TL081B General purpose j-fet single operational amplifier Data Sheet. Italy: STMicroelectronics Group of Company, 2001.
- Texas Instruments. MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS Data Sheet, p. 7.

## **HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM FOR AUTOMATIC DATA ACQUISITION FOR PHOTOVOLTAIC PANELS**

**Abstract.** *This article aims to present the development of a system of hardware and software to perform automatic data acquisition in photovoltaic panels for generating electricity. The system includes sensors, Hall Effect LA 55-P for the measurement of electric current and circuits for specific measures voltage, based on operational amplifiers. In addition to data acquisition for power, the system also performs the temperature monitoring panels, data obtained through these LM-35 sensor, and makes the presentation of information by means of graphs (generated in real time) and tables, both recorded in the database. The program is developed in C++ Builder, and tests have shown that the application appears as plausible tool for research on alternative energy, particularly in the PV, but also as an extremely powerful tool for monitoring the process of generating.*

**Key words:** Data Acquisition System, Solar Power, Automation.