

CONTROLE DE MOTOR DE PASSO PARA POSICIONAMENTO ÓTIMO DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICA

Dr. Eng. Rubens Campos de Almeida Júnior¹

¹UFRN, Natal, Brasil(rubensjuniorcr@gmail.com)

Resumo: Este trabalho foi desenvolvido como projeto de conclusão da disciplina ELE0625 - Tópicos Especiais em Sistemas Digitais, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Trata-se de um sistema microcontrolado para posicionamento automático de geradores fotoelétricos ou aplicações solares gerais. Além do protótipo, foi desenvolvido um software em *LabVIEW* para monitoramento das informações do sistema e que também permite alternar entre os modos automático e manual, este último para controlar manualmente a posição angular dos geradores quando se fizer necessário.

Palavras-chave: rastreador solar, *LabVIEW*, motor de passo, microcontrolador, sistemas embarcados.

INTRODUÇÃO

Rastreador solar é um termo genérico usado para descrever dispositivos que posicionam automaticamente cargas em direção ao sol. Essas cargas podem ser células fotovoltaicas, refletores, lentes ou outros dispositivos ópticos. Para painéis fotovoltaicos, o rastreador é utilizado para minimizar o ângulo de incidência entre a fonte de luz e o gerador. Isso aumenta a quantidade de energia captada da fonte luminosa pelo painel.

Tabela 1 – Perdas de energia devido ao desalinhamento do ângulo de incidência da fonte luminosa. (Fonte: Wikipedia).

Ângulo de incidência φ	Horas	Perdas
15°	1	3.4%
30°	2	13.4%
45°	3	30%
60°	4	>50%
75°	5	>75%

Na tabela 1 estão apresentados dados estatísticos demonstrando as perdas percentuais de conversão de energia versus o ângulo de incidência da luz. Já na figura 1, está uma representação do ângulo de incidência entre a fonte luminosa e o coletor de luz.

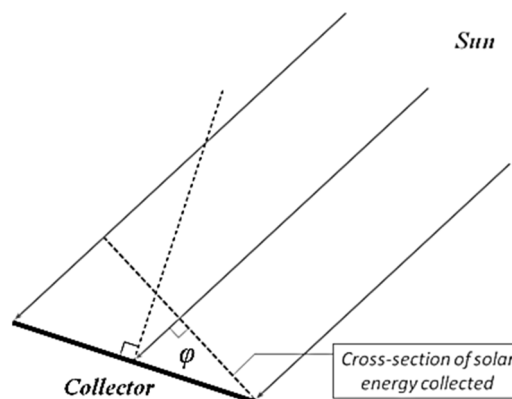


Figura 1 – ângulo de incidência da fonte luminosa sobre o gerador. (Fonte: Wikipedia)

MATERIAL E MÉTODOS

I. Protótipo

A figura 2 apresenta uma foto da primeira versão do protótipo construído. Inicialmente, o sistema conta com um motor para posicionamento uniaxial, dois LDRs (Light Dependente Resistor) e um cabo flat para interfaceamento com o kit de desenvolvimento, que conta com um microcontrolador Microchip PIC18F4520 embarcado.

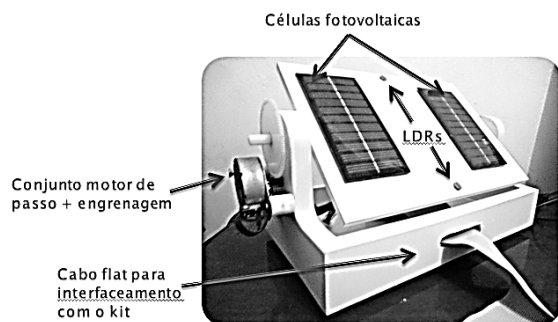


Figura 2 – Primeira versão do protótipo.

A base foi confeccionada em madeira, o conjunto engrenagem + motor foi retirado de uma impressora sucateada, o conjunto de geradores fotovoltaicos e sensores foram adquiridos de vendedores na internet. A tabela 2 descreve as especificações de todos os componentes utilizados no primeiro protótipo.

Tabela 2 – Comunicação do software em *LabVIEW* com o microcontrolador.

Componente	Especificação
Motor	Modelo: EM-437 bipolar, 96 pólos, 3.75° de precisão
Geradores	Tensão 5V Potência Máxima (paralelo) 2W @ 400mA
Microcontrolador	Microchip PIC 18F4520
Circuitos integrados	L293D – Motor driver

A figura 3 demonstra a estrutura básica do código embarcado no microcontrolador. Foi utilizada a estrutura de laços produtor-consumidor, em que o laço produtor (*main*) executa continuamente lendo a tensão nos geradores e nos sensores e envia para o LCD e para o computador as informações, enquanto também monitora a UART por comandos enviados pelo software.

O laço consumidor é responsável por acionar o motor baseado nas informações dos sensores através do controlador por histerese, ou do posicionamento manual através de comando enviado por software no computador. Este laço executa a cada 4.3ms para alternar a excitação das bobinas do motor.

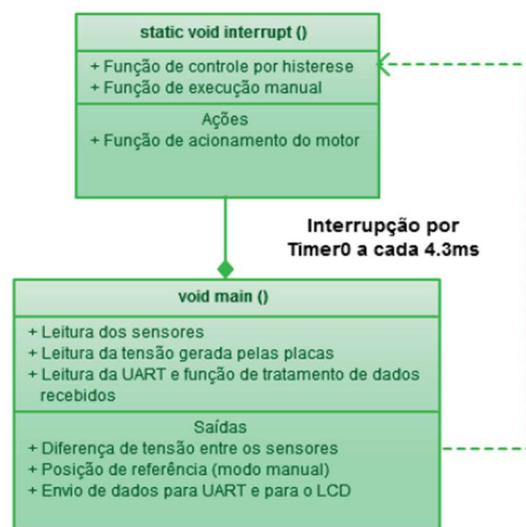


Figura 3 – Estrutura de código. (Fonte: autoria própria).

II. Sistema de controle digital

A figura 4 apresenta o diagrama de blocos do sistema de controle. Este foi implementado em malha aberta durante a fase de integração e testes do projeto. Isto só foi possível devido à alta precisão do motor de passo utilizado, EM-437, removido de uma impressora EPSON sucateada.

Quando no modo automático, o sistema recebe o valor da variável VDIFF, que informa a diferença de tensão entre os sensores, e então passa o valor para um controlador a histerese, representado na figura 5. Após muitos testes, o valor para a histerese ficou determinado em 500mV. Caso haja uma diferença de incidência luminosa entre os LDRs, estes apresentarão uma diferença de tensão, e quando esta ultrapassar o valor definido para a histerese, o sistema aciona o motor de passo no sentido horário ou anti-horário, de modo a compensar esta diferença de luminosidade, alinhando o ângulo de incidência entre a fonte e os geradores.

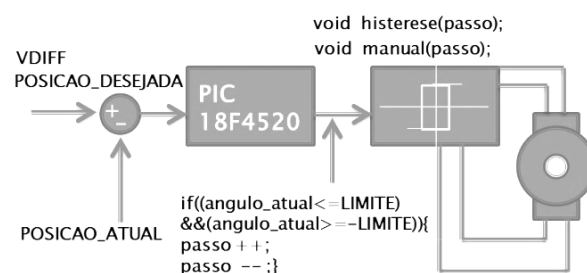


Figura 4 – Diagrama do sistema de controle.

Quando no modo manual, o sistema recebe a variável POSICAO_DESEJADA a partir do software em LabVIEW, logo após compara com a variável POSICAO_ATUAL e novamente o controlador aciona o motor de modo que o sistema estabilize na posição desejada.

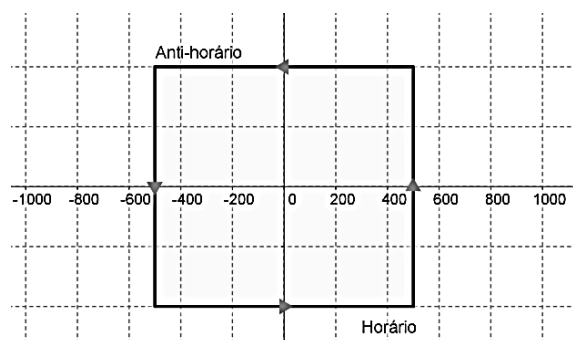


Figura 5 – Histerese do controlador.

III. Software em LabVIEW

A figura 6 apresenta um screenshot do software desenvolvido em LabVIEW para comunicação com o rastreador solar.

O software informa ao usuário a leitura das informações do sistema tais como: a posição angular atual, a diferença de tensão entre os sensores e um gráfico da tensão obtida nos geradores ao longo do tempo.

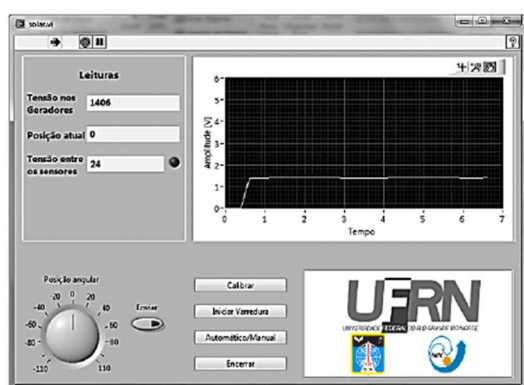


Figura 6 – Software em LabVIEW para comunicação com o sistema rastreador solar.

Além disso, permite a calibração do sistema, o comando de varredura e o posicionamento manual dos geradores. A figura 7 demonstra a estrutura de comunicação, e a tabela 3 apresenta o esquema de comunicação entre o software e o microcontrolador,

isto é, como é interpretado o dado que o software envia.

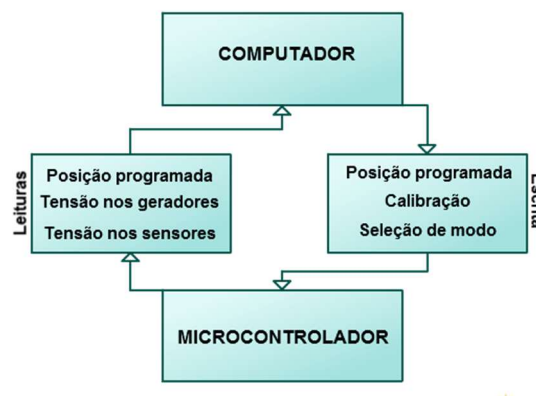


Figura 7 – Estrutura de comunicação

Tabela 3 – Comunicação do software em LabVIEW com o microcontrolador.

Decimal (d)	Ação
D=0	Calibragem
D=1	Mudança de modo: Automático/Manual
D=2	Rotina de Varredura
$3 \leq D \leq 223$	Posição desejada = D-113 $-110 \leq \text{Posição desejada} \leq 110$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a primeira versão do protótipo do rastreador solar foram satisfatórios. O sistema se comportou como esperado desde a varredura inicial, encontrando o ponto de máxima incidência solar e após isso dando início ao processo de rastreamento da fonte luminosa.

O projeto para as próximas versões, será remover o cabo flat de interfaceamento e embarcar um microcontrolador PIC da série 12F, em conjunto com o transceptor Zigbee/MyWi Microchip MRFJ40, já preparando o sistema para comunicação com uma central com vários rastreadores solares cascadeados. A próxima versão também contará com outro motor e mais sensores para posicionamento biaxial.

Os resultados obtidos demonstraram que o uso de rastreamento solar baseado em controle embarcado é uma solução viável e eficiente para otimizar a geração de energia fotovoltaica.

Além disso, o projeto possibilitou a consolidação de conhecimentos teóricos em sistemas digitais, eletrônica e programação, evidenciando a



importância de aplicações práticas no processo de formação em Engenharia Elétrica.

Como perspectivas futuras, sugere-se a implementação de algoritmos mais avançados de rastreamento, o uso de sensores mais precisos e a ampliação do sistema para controle em dois eixos, visando ainda maior eficiência na captação de energia solar.

Apesar de ter sido desenvolvido para geradores fotovoltaicos, o projeto se mostrou de interesse geral, pois pode facilmente ser adaptado para outros dispositivos ópticos como refletores de luz, e posteriormente para sistemas de telecomunicações ponto-a-ponto.

WILMSHURST, Tim (2007). Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho permitiu a implementação de um sistema eficiente de controle para o posicionamento automático de painéis solares, utilizando motor de passo e um microcontrolador.

A integração entre hardware e software mostrou-se fundamental para garantir precisão no rastreamento solar, contribuindo diretamente para o aumento do aproveitamento da energia luminosa incidente.

A utilização do software *LabVIEW* agregou valor ao sistema, proporcionando uma interface amigável para monitoramento e controle, além da possibilidade de alternância entre os modos automático e manual.

Essa flexibilidade torna o sistema mais robusto e adaptável a diferentes cenários operacionais, permitindo intervenções do usuário sempre que necessário.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente à minha equipe de trabalho, na Dataprev, que tornou este projeto possível; como também sou grato aos meus mentores da UFRN, que compartilharam seus conhecimentos e me guiaram ao longo do caminho.

REFERÊNCIAS

IBRAHIM, Dogan (2008). Advanced Pic Microcontroller Projects InC

Wikipedia (2011). Dados estatísticos de geradores solares,
http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_tracker#Single_Axis_Trackers.