

PONTO DE CONTROLE 4 - ELETRÔNICA EMBARCADA

Clara Fonseca da Justa, Hallana Rayssa Alves da Silva

Programa de Graduação em Engenharia Eletrônica, Faculdade Gama
Universidade de Brasília
Gama, DF, Brasil
email: clarajusta31@gmail.com, hallanarayssa@gmail.com

1. JUSTIFICATIVA

O Brasil é um país localizado em uma região inter - tropical e possui grande potencial para aproveitamento de energia solar durante todo o ano. Apesar disso, a matriz energética brasileira ainda apresenta a energia hidráulica como principal fonte da geração de eletricidade. Entretanto, nos últimos anos há um intenso esforço para que a geração solar fotovoltaica ocupe um espaço maior na matriz energética.[1]

Dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, demonstram a evolução da potência instalada e geração de usinas solares fotovoltaicas, desde setembro de 2015 até janeiro de 2019.[2]

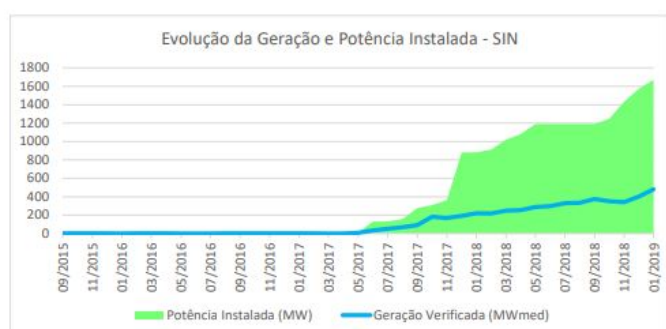


Fig. 1. Evolução da geração e potência instalada de usinas solares fotovoltaicas.

Esses dados são referentes à geração de usinas solares fotovoltaicas do Sistema Interligado Nacional - SIN, e abrangem apenas as usinas em operação comercial. De acordo com as informações oferecidas pelo ONS e ao analisar a figura 1 é possível verificar que em setembro de 2015, quando as primeiras usinas entraram em operação, a potência instalada foi de 10 MW. Já em março de 2019 a potência instalada foi de 1800 MW. Através dessas informações é possível verificar que houve um crescimento significativo no uso dessa energia limpa.

Além das usinas em operação comercial, há uma outra modalidade de geração de energia solar: os sistemas sola-

res fotovoltaicos de microgeração e minigeração em Unidades Consumidoras - UC (residências, comércios, indústrias, edifícios públicos e na zona rural). Nesta modalidade as unidades que adotam o uso de placa solar, são compensadas pela energia injetada na rede em relação a energia consumida.[3]

Relatórios sobre Unidades Consumidoras com geração distribuída levantados pela CEB, traz informações compiladas e mapas sobre o uso de sistemas fotovoltaicos e fonte solar na região Centro-Oeste. Geração distribuída é o termo utilizado para referenciar a energia elétrica que é gerada próxima ou no local de consumo. Na figura 2 demonstra-se a quantidade de geração distribuída (1.233), o número de unidades consumidoras que utilizam esta energia (1.312) e a potência instalada (16.959,61 kW). Já na figura 3 é possível notar que a adoção desse tipo de sistema vem em uma crescente desde de 2015.

REGIAO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Centro Oeste	1.233	1.312	16.959,61
Total	1.233	1.312	16.959,61

Fig. 2. Geração de energia solar em Unidades Consumidoras na região centro - oeste.

ANO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
2019	497	537	6.734,90
2018	403	424	5.813,08
2017	210	222	3.274,97
2016	87	92	853,35
2015	36	37	283,31
Total	1.233	1.312	16.959,61

Fig. 3. Evolução da geração de energia solar em Unidades Consumidoras na região centro - oeste.

Os benefícios desse sistema são muitos, vão deste ao baixo impacto ambiental até a redução de perdas por transmissão e distribuição da energia. Porém, o custo para a

instalação de um sistema fotovoltaico é elevado. O preço médio para a instalação de placas solares para um consumo de 2kWp é de aproximadamente 15.000 reais.[4]

Na tabela abaixo (figura 4) é possível estimar o investimento necessário para a instalação de um sistema fotovoltaico dependendo do tamanho da residência.

Tamanho da Residência	Modelo do Sistema	Preço Médio
Casa pequena, com 2 pessoas	Sistema de 1,32Kwp	R\$ 10.673,36
Casa média, com 3 ou 4 pessoas	Sistema de 2,64Kwp	R\$ 17.570,00
Casa média, com 4 pessoas	Sistema de 3,3Kwp	R\$ 20.320,00
Casa grande, com 4 ou 5 pessoas	Sistema de 4,62Kwp	R\$ 25.695,00
Casa grande, com 5 pessoas	Sistema de 6,6Kwp	R\$ 32.410,00
Mansão, com mais de 5 pessoas	Sistemas de até 10,56Kwp	R\$ 52,240,00

Fig. 4. Preço da energia solar fotovoltaica residencial.

Por esse motivo, quanto maior a eficiência das placas solares, mais rápido será o retorno financeiro da instalação. Para a otimização da captação solar, propõem-se a implementação de um dispositivo de baixo custo, um seguidor solar.

2. OBJETIVOS

Implementar um sistema de seguidor solar de baixo custo e eficaz em comparação aos que existem.[5]

2.1. Objetivos Específicos

- Movimentar dois servos motores para controlar os eixos de rotação em bases de placas fotovoltaicas usando o microcontrolador MSP430 ;
- Monitorar com eficácia dados de sensores de luminosidade e sensores de irradiação solar de forma com que a placa guie-se através do local com maior incidência dos raios solares ;

3. REQUISITOS

- 1) Microcontrolador (MSP430)
- 2) Converter energia solar em elétrica
- 3) Estrutura capaz de atender os requisitos
- 4) Movimentar placa solar nos eixos x e y
- 5) Medir incidência solar sobre a placa
- 6) Manter a placa no local com maior incidência solar
- 7) Abordar todo o conteúdo de Eletrônica Embarcada
- 8) Baixo custo
- 9) Desenvolvimento completo no período de 3 meses

Para desenvolver o projeto será usado um microcontrolador MSP430, que tem como função movimentar dois servos motores, que serão posicionados no eixo “x” e no eixo “y”. Esses servos motores irão se movimentar a partir dos dados coletados por 4 sensores de luminosidade. Os LDR’s, serão analisados em pares, gerando dois conjuntos, o primeiro responsável pelo movimento azimutal e o segundo pelo movimento de declinação.

Os LDR’s de cada conjunto serão separados um do outro por meio de um perfil “T”, como mostra a figura 5. Sendo o microcontrolador acionado quando existe uma diferença entre as impedâncias dos LDR’s.

O primeiro conjunto de LDR’s compara a intensidade luminosa entre o lado direito e o lado esquerdo. O segundo conjunto compara os valores de um referencial em cima e outro abaixo, como mostra a figura 6.

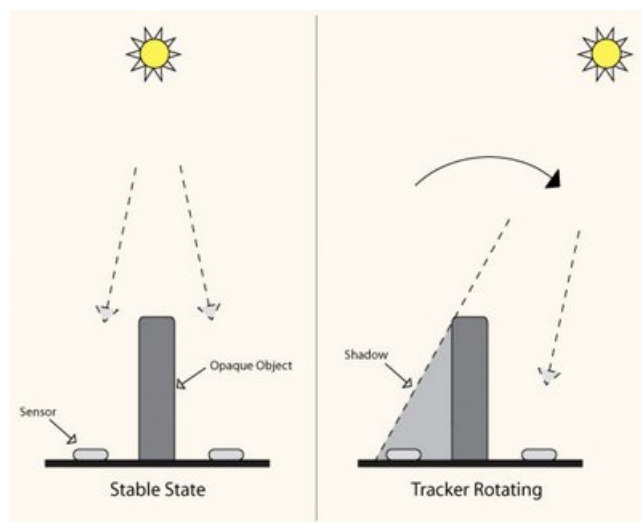


Fig. 5. Conjunto de sensores separados por meio de perfil T.

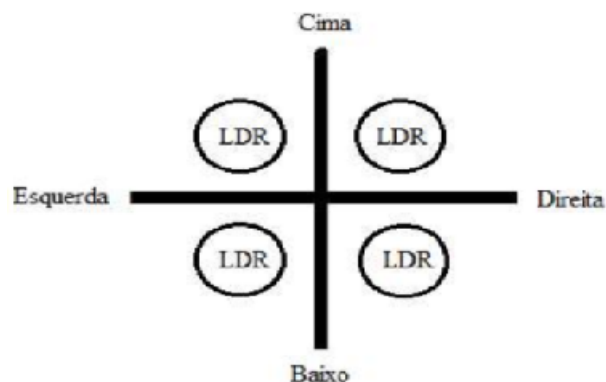


Fig. 6. Referencial de orientação utilizado

4. DESENVOLVIMENTO

Para o primeiro protótipo funcional utilizou-se o software Energia IDE, pois através dele é possível utilizar bibliotecas e funções em linguagem C de forma que as mesmas sejam executadas na MSP430. Com o intuito de validar o projeto, foi usado o Energia IDE junto do Arduino Uno. Esta etapa é apenas para a validação do projeto, de forma que será necessário o desenvolvimento dos códigos em assembly no code composer posteriormente.

4.1. Sensores

Para cumprir os requisitos do projeto descritos anteriormente foi necessário um levantamento dos sensores capazes de adquirir os dados de forma mais eficiente para as tomadas de decisão.

4.1.1. LDR

O sensor LDR, também conhecido como foto-resistor, apresenta uma resistência que varia de acordo com a incidência solar.

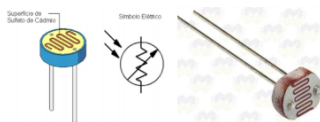


Fig. 7. LDR

Através da curva característica do componente, é possível observar que sua resistência cai à medida em que a intensidade da luz aumenta.

Características do LDR modelo GL5528:

- Diâmetro: 5mm.
- Tensão máxima: 150VDC
- Potência máxima: 100mW.
- Espectro: 540nm
- Comprimento com terminais: 32mm.
- Resistência no escuro: 1 M (Lux 0)
- Resistência na luz: 10-20 K (Lux 10)

Cada LDR funciona como um divisor de tensão. A saída deste divisor de tensão é atribuída a um pino do microcontrolador. Desta forma utiliza-se um registrador para guardar o valor coletado de cada um dos sensores de luminosidade.

Os LDR's são separados em dois conjuntos, como explicitado anteriormente, sendo que o microcontrolador é acionado quando existe uma diferença entre as impedâncias dos LDR's. O MSP430 envia um pulso para a movimentação dos servos quando nota essa diferença e reposiciona o sistema até que a discrepância entre as impedâncias seja mínima.

4.1.2. Servo Motor

Os servomotores, também conhecidos como servos, são componentes elaborados com o uso de engrenagens, capazes de gerar movimento em sentido horário e anti horário. É um motor em que podemos controlar a sua posição angular com o uso de um sinal PWM.



Fig. 8. Servo Motor.

Características do servo modelo: Servo 9g Tower Pro SG90:

- Tensão de Operação: 3 a 7,2V.
- Faixa de Rotação: 180°
- Modulação: PWM.
- Velocidade (4.8V): 0.12 s / 60°
- Torque(4.8V): 1,5kg/cm.
- Dimensões: 22x12x19mm.
- Peso: 9g;
- Tamanho do cabo: 24cm.

4.2. Funcionamento dos códigos

4.2.1. Código Servomotor

Para testar o servomotor na estrutura, utilizou-se a biblioteca Servo.h. Esta é uma biblioteca comumente utilizada em projetos desenvolvidos no arduino, é necessário apenas instanciar o servomotor a um pino e chamar as funções informando o ângulo de movimento. O código pode ser visualizado no anexo.

4.2.2. Código LDR

A leitura da entrada analógica é feita com a função `analogRead`, que recebe como parâmetro o pino analógico a ser lido e retorna o valor digital que representa a tensão no pino. O código lerá o valor do sinal em A0 com o auxílio do comando `analogRead()`, que retornará um valor entre 0 a 1023, e o comparará com um valor de referência determinado em 800.

Tendo em vista que, quanto mais escuro, maior será o valor de A0, caso A0 seja maior que o valor de referência o programa liga o LED conectado ao pino 6. Do contrário, ele apaga o LED. O programa também imprime o valor de A0 para que possamos verificar a faixa de valores e até mesmo calibrar nosso sensor. O código pode ser visualizado no anexo.

4.2.3. Código Geral

Para a funcionalidade total do sistema utilizou-se o código mostrado nas figuras 12, 13, 14 e 15. São criadas duas variáveis para controle dos servomotores e quatro variáveis do tipo inteiro para armazenar os valores lidos pelos sensores de luminosidade.

O loop da linha 35 utiliza os valores armazenados pelos LDR's de acordo com a incidência para fazer comparações entre os dois LDR's de cada conjunto. No primeiro conjunto, é comparada a incidência entre os lados direito e esquerdo (linha 45). Enquanto o segundo conjunto compara os valores de incidência entre a parte de cima e a parte de baixo (linha 59).

Ainda dentro do loop o servo R1 é controlado a partir dos dados do primeiro conjunto e o servo R2 controlado a partir dos dados do segundo conjunto. Após analisar a variação de valores entre os conjuntos dos sensores de luminosidade, os motores são movimentados até que essa discrepância seja mínima. O código pode ser visualizado no anexo.

4.2.4. Código Integração

Para controlar os servomotores, inicialmente foi feito o uso do PWM com uma frequência de 46Hz e determinado o passo de motor de 30 graus. A leitura dos LDRs ocorre com a utilização de um conversor analógico digital.

O laço infinito, estabelecido entre as linhas 62 a 84, gera o comando de movimento para o servo, por meio de registradores e variáveis que são incrementadas/decrementadas dentro da interrupção apresentada nas linhas 87 a 120.

Para que ocorra o movimento dos servos, é necessário que tenha uma variação entre os valores apresentados pelos LDRs. Os LDRs, como foi mencionado nesse trabalho, são comparados em pares. Para desenvolver essa comparação, foram elaboradas condições `if/else`, que armazenam valores dentro dos registradores os valores das variáveis "count".

O modo de baixo consumo ocorre na linha 121, dando comando para a CPU ser desligada.

4.3. Estrutura

Com o intuito de montar uma estrutura capaz de atender os requisitos estabelecidos e nas características do projeto, foi utilizada uma estrutura elaborada na impressora 3D.

A estrutura foi projetada para que a movimentação necessária à otimização da captação solar fosse possível e de fácil encaixe dos servomotores. A mesma possui um suporte para a placa solar e engrenagens para a rotação dos dois eixos do motor. Para a alocação dos LDR's construiu-se uma peça em formato de T, como descrito anteriormente.

4.4. Próximos Passos

Até o presente momento a dupla enfrenta um problema, a aquisição de dados realizada pelos LDRs faz com que os servos motores se movimentem de forma a escapar da incidência da luz solar. Duas são as hipóteses levantadas, erro na estrutura do código, fazendo com que a logística esteja errada e a outra, o dispositivo estar funcionando de forma incorreta. O primeiro passo da dupla é solucionar esse problema. Posteriormente, a dupla irá vincular a subrotina ao projeto. A subrotina consiste em piscar um led, que irá representar uma bomba de água para limpar a placa solar. Dessa forma, o led irá piscar esporadicamente representando a limpeza da placa solar. Sendo nessa etapa feito uso de `assembly` e justificada a causa dessa escolha. Por último ocorrerá o refinamento do projeto.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um seguidor solar é um sistema microcontrolado que altera a posição de um painel solar em função da irradiação do sol. A energia solar fotovoltaica vem sendo amplamente utilizada e é considerada uma fonte de energia limpa. Devido aos benefícios e eficiência dessa tecnologia, uma relatório da Agência Internacional de Energia (AIE) constatou que até 2060 é possível que um terço da energia do mundo seja gerada por tecnologia fotovoltaica.

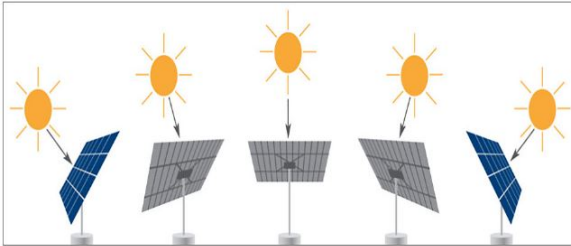


Fig. 9. Funcionamento do seguidor solar - Tracker.

Uma célula solar ou uma célula fotovoltaica é um dispositivo que converte a luz solar em energia elétrica. Essas células apresentam eficiência na conversão da energia de 16 por cento, dependendo do material utilizado na fabricação de até 28 por cento.

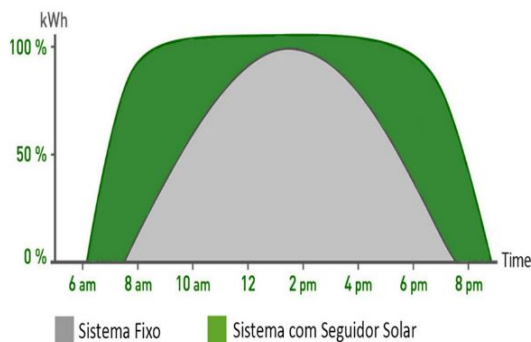


Fig. 10. Comparação entre a energia gerada por um sistema fixo e outro com seguidor solar.

Esses sistemas descritos, quando possuem seguidores solares, também chamados de tracker, melhoram o rendimento ao captar a energia considerando o movimento do sol como um fator real e fazendo com que as placas solares sigam na direção em que a incidência solar for maior. O aumento é em torno de 30 por cento na produção de energia quando comparados a sistemas fixos.

6. ANEXOS

- Imagens da estrutura.

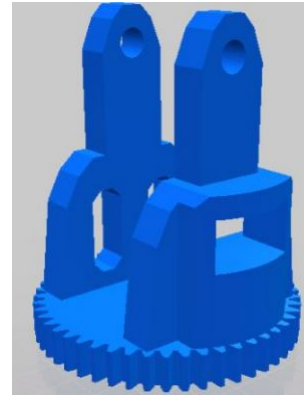


Fig. 11. Estrutura part.1

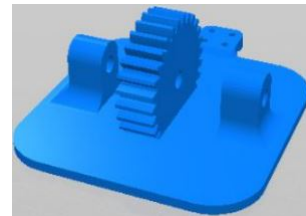


Fig. 12. Estrutura part.2

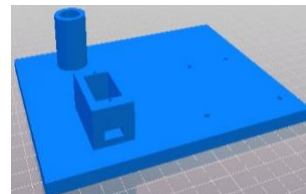


Fig. 13. Estrutura part.3



Fig. 14. Estrutura part.4

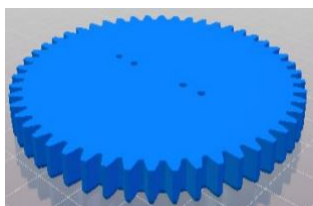


Fig. 15. Estrutura part.5

7. REFERENCIAS

- [1] S. L. d. A. R. R. Enio Bueno Pereira, Fernando Ramos Martins, "Atlas brasileiro de energia solar."
- [2] O. N. do Sistema Elétrico ONS, "Boletim mensal de geração solar fotovoltaica."
- [3] CEB, "Relatórios sobre unidades consumidoras com geração distribuída - informações compiladas e mapas."
- [4] "Portal solar. seguidor solar - tracker: Vantagens e desvantagens. disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar—tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html>."
- [5] J. D. B. de Araújo, "Protótipo de rastreador solar de um eixo baseado em microcontrolador," 2015.