

## Sistema de colheita de energia baseado em geração de energia solar fotovoltaica para alimentar um nó sensor sem fio

### Energy harvesting system based on photovoltaic solar power generation to power a wireless sensor node

Nicole Rufino de Oliveira<sup>1</sup>, Luís Fernando Caparroz Duarte<sup>2</sup>

#### RESUMO

O monitoramento ambiental é fundamental para fornecer informações sobre uma determinada área. Em certas situações, a coleta de dados ocorre em regiões geograficamente isoladas, assim as redes de sensores sem fio são uma alternativa atrativa em aplicações que não permitem o uso de soluções cabeadas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de colheita de energia baseado na geração de energia solar fotovoltaica para alimentar um nó sensor sem fio. O sistema de colheita de energia utiliza o circuito integrado BQ25570 para extrair eficientemente microwatts ( $\mu\text{W}$ ) de entrada em miliwatts (mW) de energia gerada, uma bateria de Li-íon, dois painéis solares e um conversor CC-CC MT3608. Para realizar testes experimentalmente foi construído uma placa de circuito impresso e o protótipo do nó sensor sem fio. Os circuitos eletrônicos foram alocados em uma caixa de passagem com vedação resistente à água. O desempenho do sistema foi testado em campo durante um período de 24 horas, cujos resultados atestam o correto funcionamento do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** microcontroladores; instrumentação eletrônica; sensoriamento remoto.

#### ABSTRACT

Environmental monitoring is crucial for gathering information about a specific area. In certain situations, data collection takes place in geographically isolated regions, making wireless sensor networks an attractive option for applications that cannot accommodate wired solutions. This study presents the development of an energy harvesting system based on photovoltaic solar energy generation to power a wireless sensor node. The energy harvesting system utilizes the BQ25570 impulse charger to efficiently convert microwatts ( $\mu\text{W}$ ) into milliwatts (mW) of generated energy, along with a lithium-ion battery, two solar panels, and an MT3608 DC-DC converter. To conduct experimental tests, the printed circuit board layout and the prototype of the wireless sensor node were constructed. The electronic circuits were housed in a watertight enclosure. The system's performance was tested in the field over a 24-hour period, and the results confirm the correct functioning of the system.

**KEYWORDS:** microcontroller; electronic instrumentation; remote sensing.

## INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental é fundamental para fornecer informações sobre uma determinada área, sendo possível identificar os fatores necessários para manter a qualidade ambiental e, se for preciso, atenuar possíveis desequilíbrios no ecossistema da região. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o monitoramento ambiental está previsto na Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), regularizada na Lei Federal nº 6938/1981, e visa o desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais e a divulgação de dados e informações ambientais.

Em certas situações, a coleta de dados ocorre em regiões geograficamente isoladas, onde o monitoramento presencial ou a manutenção frequente produziria

<sup>1</sup> Aluna do Curso de Engenharia Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, PR, Brasil. E-mail: nicole.2019@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 3574958126310958.

<sup>2</sup> Docente no Curso de Engenharia Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, PR, Brasil. E-mail: lfduarte@utfpr.edu.br. ID Lattes: 7724520755108544.

inúmeras dificuldades, que vão desde temperatura ambiente elevada e longos percursos à ausência de energia elétrica. Devido a necessidade do monitoramento à distância, as redes de sensores sem fio (RSSF) são uma alternativa atrativa em aplicações que não permitem o uso de soluções cabeadas.

“Um nó sensor sem fio consiste em um microcontrolador, transceptor sem fio, sensores e fonte de alimentação/bateria.” (NIKOLOV et al., 2019, tradução nossa). A vida útil destes sistemas depende de sua potência e da capacidade de suas baterias. “O esgotamento da bateria pode resultar em uma falha, fazendo com que os dados agregados sejam entregues incorretamente na estação base”. (SAH et al., 2022, tradução nossa). Diante disso, um nó sensor alimentado por bateria ainda requer manutenção regular, uma vez que, após a descarga total, a bateria precisa ser substituída.

Para alcançar uma operação com maior autonomia, é necessária uma solução em que a energia coletada do ambiente ao redor seja usada para recarregar a bateria, o termo *energy harvesting* é utilizado para explicar esse processo. Sabendo que o monitoramento ambiental pode ser feito em regiões de difícil acesso, seria possível alimentar energeticamente o sistema sensorial utilizando colheita de energia para minimizar a supervisão humana?

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de colheita de energia baseado em geração de energia solar fotovoltaica para alimentar um nó sensor sem fio, a fim de deixar esse sistema independente da manutenção humana. O circuito realiza o gerenciamento de energia e potencializa a extração de forma eficiente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema embarcado baseado no trabalho de Bertonha (2022), que monitora a umidade relativa, a pressão barométrica e a temperatura ambiente, foi proposto como carga do sistema de colheita de energia. Este sistema possui um microcontrolador MSP430FR2433 de ultra baixo consumo da *Texas Instruments*, um sensor digital BME280, com alta precisão e resolução, da *Bosch Sensortec* e um transceptor LoRa E220-900T22D, com máxima potência de transmissão de 22 dBm e capacidade de comunicação de até 10 km com as antenas monopolo adotadas.

As características elétricas de funcionamento desse dispositivo serviram como requisitos do projeto do sistema de colheita de energia. Para que o sistema forneça energia suficiente, o consumo de corrente elétrica do nó sensor foi medido durante um intervalo de tempo utilizando um amplificador de instrumentação. A energia consumida é obtida através da multiplicação entre a potência média e o intervalo de tempo, sabendo que a potência é dada pela multiplicação da tensão nominal e corrente média. A cada três minutos, o dispositivo desperta do modo *sleep*, realiza a medição e transmite os dados. As características elétricas do sistema são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características elétricas do nó sensor.

Característica	Componente	
	MSP430FR2433 + BME280	LoRa E220
Tensão nominal (V)	3,3	5
Corrente máxima instantânea (mA)	4,5	187

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De acordo com Sah (2022), dispositivos de colheita de energia solar (*energy harvesting*) utilizam painéis solares, circuitos MPPT, indicadores de energia, conversores CC-CC e dispositivos de armazenamento de energia.

O sistema de colheita de energia utiliza o circuito integrado BQ25570 da *Texas Instruments*. “Este dispositivo é projetado especificamente para extrair eficientemente microwatts ( $\mu\text{W}$ ) de entrada em miliwatts (mW) de energia gerada a partir de uma variedade de fontes DC de alta impedância de saída como geradores fotovoltaicos”. (TEXAS INSTRUMENTS, 2013, tradução nossa). O BQ25570 integra um conversor buck altamente eficiente para fornecer um segundo barramento de energia para sistemas como redes de sensores sem fio e também implementa uma rede de amostragem de rastreamento de ponto de potência máxima programável (MPPT) para otimizar a transferência de energia para o dispositivo.

Seguindo os dados descritos acima, os requisitos para o painel solar são os seguintes: i) deve ter uma tensão de saída nominal de 5 V e ii) pelo menos 200 mA de corrente de saída em condições de teste padrão. A célula fotovoltaica utilizada é genérica, de fabricação chinesa, feita de silício policristalino com capacidade de fornecimento de 1,0 W segundo o fornecedor.

O CI BQ25570 possui dois barramentos de energia com valores de tensão pré definidos, portanto determinou-se que a saída de carga  $V_{BAT}$  forneceria até 4,2 V à bateria e a saída regulada  $V_{OUT}$  forneceria 3,3 V ao microcontrolador do nó sensor.

A fim de fornecer 5 V para o transceptor é utilizado o conversor CC-CC MT3608 da *Aerosemi*, um conversor step-up destinado a aplicações de baixa potência. O CI MT3608 possui uma entrada de controle, a qual, quando há um sinal de nível lógico alto, liga o conversor, caso contrário, o mantém desligado. Essa entrada de controle foi conectada à saída digital para o bom indicador da bateria  $V_{BAT_{OK}}$ , que serve para sinalizar quando a tensão na bateria de armazenamento de energia está adequada ou abaixo do nível crítico, habilitando ou não o conversor.

Para realizar testes experimentalmente foi construída a placa de circuito impresso do sistema de colheita de energia e também o protótipo do nó sensor sem fio. Os circuitos eletrônicos foram ligados ao painel solar e alocados em uma caixa de passagem com vedação resistente à água e, para permitir o fluxo de ar sobre a superfície do sensor, o mesmo foi colocado em outra caixa com uma abertura na parte superior. Para protegê-lo da radiação incidente e da chuva desenvolveu-se um abrigo com um prato do modelo chinês, tomando como base o modelo de abrigo utilizado nas estações meteorológicas automáticas. A Figura 1 apresenta a estrutura completa do projeto posto em campo.

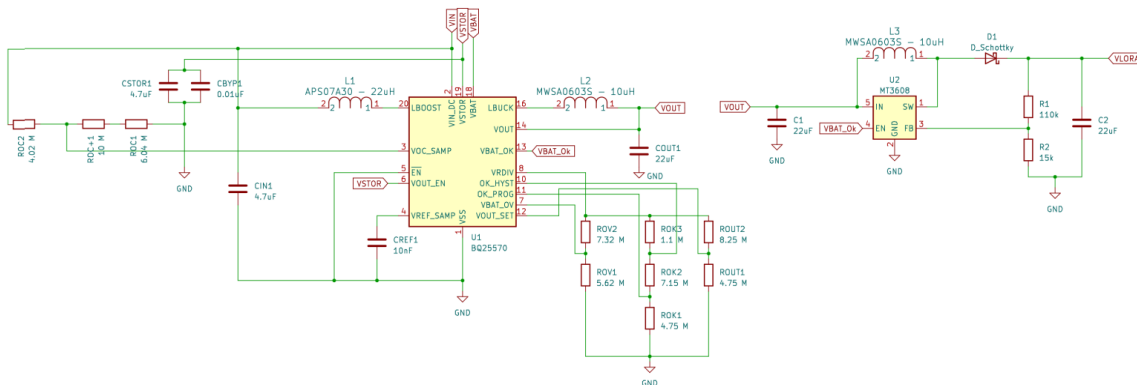
Figura 1 – Geração de energia para alimentar o nó sensor sem fio.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Figura 2 apresenta o esquema elétrico do circuito de colheita de energia, projetado no *software* Kicad.

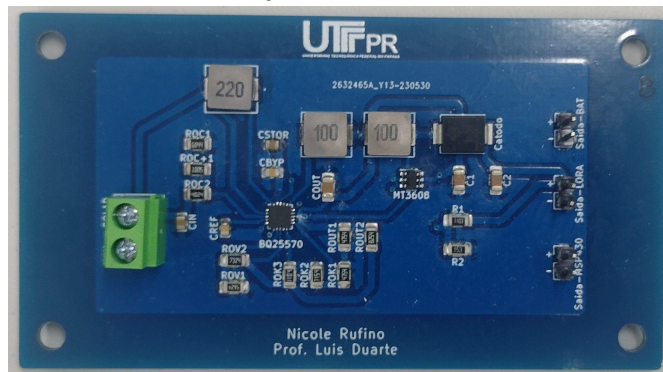
Figura 2 – Esquemático do circuito de colheita de energia com CI BQ25570.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No esquemático apresentado, pode-se observar que há uma entrada de pinos externos para a célula fotovoltaica  $V_{IN}$ , uma saída para conectar a bateria  $V_{BAT}$ , uma saída  $V_{OUT}$  para conectar o microcontrolador e uma saída  $V_{LORA}$  para conectar o módulo LoRa E220. A Figura 3 apresenta a placa de circuito impresso do sistema.

Figura 3 – Placa de circuito impresso do sistema de colheita de energia.

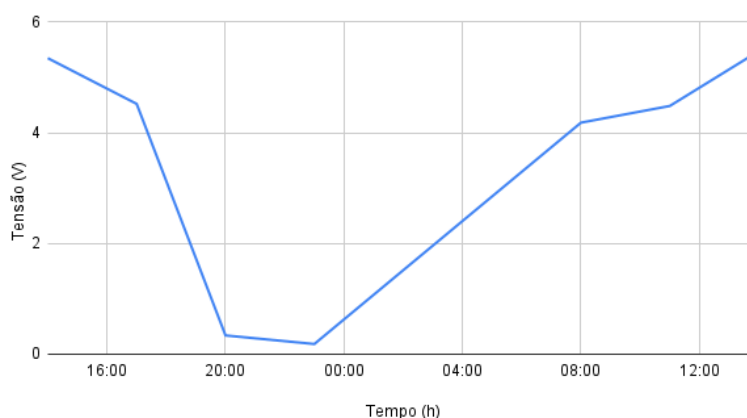


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O funcionamento do sistema foi testado em campo durante um período de 24 horas e durante este período a tensão gerada pela célula solar e as tensões de saída foram medidas a cada três horas. A Figura 4 apresenta o comportamento da tensão entregue pela célula solar ao longo do teste.

Figura 4 – Tensão gerada pela célula solar durante o teste.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Notou-se que, durante o período noturno, embora o painel solar não gerasse energia, a energia armazenada na bateria foi suficiente para manter o nó sensor em operação. Já no período diurno, a energia gerada pelo painel solar foi suficiente para manter o funcionamento do nó sensor, mas o excedente gerado aparentemente pode não ser suficiente para recarregar a bateria em condições de baixa luminosidade.

## CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de colheita de energia baseado em geração de energia solar fotovoltaica para alimentar um nó sensor sem fio. Para isso, foi necessário o estudo e a construção do nó sensor para analisar seu consumo energético.

Os resultados dos testes mostram que a fonte de alimentação fornece energia suficiente durante o dia, bem como durante a noite, possibilitando que o sistema sensorial funcione independentemente da manutenção humana, embora a adição de mais uma célula solar ou a substituição por uma célula maior seja necessário para manter o funcionamento do nó sensor por períodos mais longos e condições de iluminação não ideais.

É esperado que este trabalho evolua em seu desenvolvimento, pois certamente contribuirá para avanços significativos na área.



## Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Araucária por oportunizar a realização deste trabalho.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

BERTONHA, Ana Julia et al.. SISTEMA DE SENSORIAMENTO DE AMBIÊNCIA PARA GRANJA DE SUÍNOS.. In: **Anais do XII Seminário de Extensão e Inovação & XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR**. Santa Helena(PR) UTFPR Santa Helena, 2022. Disponível em: <<https://www.event3.com.br/anais/seisicite2022/531406-SISTEMA-DE-SENSORIAMENTO-DE-AMBIENCIA-PARA-GRANJA-DE-SUINOS>>. Acesso em: 19 setembro 2023.

**BQ25570 datasheet | TI.com.** Disponível em: <<https://www.ti.com/document-viewer/bq25570/datasheet>>. Acesso em: 14 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção 1, p. 16509. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 19 setembro 2023.

NIKOLOV, Dimitar Nikolov; GANEV, Borislav Todorov; RUSEV, Rostislav Pavlov. Energy harvesting power supply for an autonomous environmental sensor node. In: **2019 IEEE XXVIII International Scientific Conference Electronics (ET)**. Sozopol, Bulgária: IEEE, 2019, p. 1-4. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8878652/>>. Acesso em: 19 setembro 2023.

SAH, Dipak Kumar; MAZUMDAR, Nabajyoti; PAL, Pankaj; *et al.* A Comprehensive Study of Solar Energy Harvesting System in Wireless Sensor Networks. In: **2022 IEEE 9th Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON)**. Prayagraj, India: IEEE, 2022, p. 1-6. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9986433/>>. Acesso em: 19 setembro 2023.