

Monitoramento de Energia Via Sensoriamento de Corrente Elétrica e Envio de Sinal por Wi-fi

João M. Carmo¹, Gerardo M. S. Filho², Marcos Dantas Ortiz²

¹Universidade Federal do Ceará(UFC) – Campus Quixadá
Caixa Postal 63902.580 – Quixadá – CE – Brasil

joaomateus102030@alu.ufc.com, gerardo_filho95@hotmail.com

Abstract. *With the technological advance and the need for information at every minute, this project aims at the development of a system for measuring electricity consumption in real time with the aim of making it possible and efficient to provide reliable information on energy consumption in an establishment. The system allows you to take early action on energy consumption with an alert in any given area and promote the sustainability of local expenditure control. The solution includes the use of an ATmega328p microcontroller, with ESP8266 network module and electric current meter.*

Resumo. *Com o avanço tecnológico e a necessidade de informação a todo instante, esse projeto visa o desenvolvimento de um sistema de medição de consumo de energia elétrica em tempo real com o objetivo de tornar possível e eficiente o fornecimento de informações confiáveis sobre o consumo de energia em um estabelecimento. O sistema permite que sejam tomadas ações antecipadas sobre o consumo de energia em alguma área determinada com um alerta e promover a sustentabilidade do local controlando gastos. A solução inclui a utilização de um microcontrolador ATmega328p, com módulo de rede ESP8266 e medidor de corrente elétrica.*

1. Informações Iniciais

Atualmente com o avanço da tecnologia há uma demanda crescente do consumo de energia elétrica pelas casas, indústrias e usinas, assim, conseqüentemente o estudo de formas de medição desse consumo torna-se muito importante, até mais para as indústrias pois a taxa de cobrança por hora gasta e por consumo é elevada em relação às casas normais. Nesse artigo iremos abordar de que forma é feita essa medição e como podemos usar essas informações em tempo real, para assim beneficiar o consumidor e alertá-lo sobre como seu consumo de energia vem evoluindo com o tempo. O projeto de monitoramento de energia consiste na medição de corrente através de um sensor não invasivo de corrente elétrica, processamento dos valores medidos pelo sensor através do microcontrolador e transmissão dessas informações para um servidor a partir de um módulo Wi-Fi.

2. Esquemático do Projeto

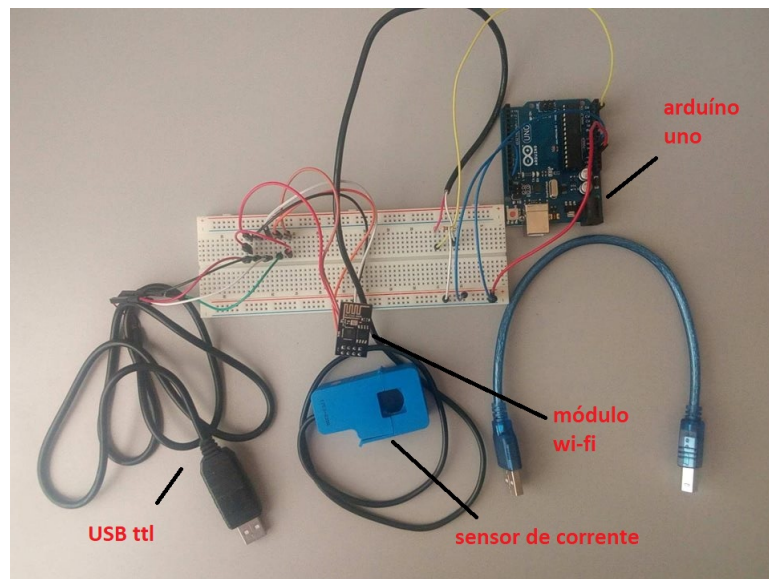


Figura 1. Esquemático do projeto

1. Rede elétrica : Interligações feitas para fornecer uma distribuição de eletricidade entre geradores e consumidores.
2. Sensor de corrente não invasivo : Dispositivo capaz de gerar uma informação legível relacionado a quantidade de corrente que está fluindo pelo fio da rede elétrica.
3. Microcontrolador : Um Sistema integrado em um chip capaz de processar, armazenar e prover respostas.
4. Módulo Wi-fi: Dispositivo capaz de conectar-se a uma rede Wi-fi.
5. Servidor : Dispositivo eletrônico capaz de prover serviços de internet.
6. Cliente : Usuário final que irá ter acesso às informações processadas e tratadas.

3. Captura da corrente pelo sensor

O projeto do medidor de energia elétrica foi implementado a partir de um microprocessador da família Arduino em conjunto com sensor de corrente não invasivo do tipo alicate, montados como no circuito da Figura 1. Os sinais de corrente foram amostrados no tempo e o microprocessador captura a forma de onda. Esses valores foram processados internamente, de modo a obter os valores eficazes de tensão, corrente e potência ativa. Iremos demonstrar como pudemos passar de uma corrente elétrica para uma variação de tensão em um terminal de um sensor para ser lido pelo microcontrolador.

Definindo primeiramente algumas nomenclaturas

- \vec{J} : Densidade de corrente.
- σ : Condutividade elétrica do material.
- \vec{E} : Campo elétrico.
- \vec{B} : Campo magnético.
- \hat{n} : Vetor normal.
- ε : Força eletromotriz

Quando já temos as definições dos termos, nada mais natural que definir uma equação da densidade volumétrica como $\vec{J} = \sigma \vec{E}$, logo temos uma definição formal de corrente elétrica que passa por uma determinada superfície A qualquer dada por, $da = \hat{n}ds$ como:

$$I = \oint_A \vec{J} \cdot da$$

Podemos aplicar os valores e achar uma relação entre campo elétrico e corrente elétrica da seguinte forma:

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \sigma \frac{\partial}{\partial t} \left[\oint_S \vec{E} \cdot da \right]$$

Assim simplificando e isolando o valor que queremos, (que nesse caso é deixar a corrente elétrica em função do campo elétrico) encontramos que o campo elétrico em função de uma corrente é dada pela variação temporal com uma constante definindo uma relação entre as duas grandezas.

$$\vec{E} = \frac{1}{\sigma} \frac{\partial I}{\partial t} \hat{n}$$

Já que temos o valor do campo elétrico podemos agora tomar uma segunda abordagem para achar uma relação entre o campo magnético. Supondo que temos um fio e ao redor desse fio temos um campo magnético \vec{B} , podemos definir um fluxo magnético que passa por uma superfície S como $\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$. Analisando fisicamente, sabemos que a força eletromotriz é dada por menos a variação do fluxo magnético no tempo, para uma força de origem magnética, já para a origem elétrica, a força eletromotriz é dada pela a integral do campo elétrico entre dois referenciais, numericamente temos que: $\varepsilon = -\frac{\partial \phi_B}{\partial t}$ e $\varepsilon = \int \vec{E} \cdot d\vec{l}$. O primeiro passo importante para essa demonstração é a aplicação do *Teorema de Stokes* no campo na força eletromotriz de origem elétrica, pois chegamos em uma informação física que diz o bastante sobre o comportamento do campo elétrico quando temos seu campo magnético variável:

$$-\frac{\partial \phi_B}{\partial t} = \int (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{S}$$

Logo após mais algumas manipulações algébricas, chegamos na conhecida *Lei de Faraday*:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Aplicando o valor do campo elétrico encontrado no início da sessão, temos que:

$$-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \vec{\nabla} \times \left(\frac{1}{\sigma} \frac{\partial I}{\partial t} \right)$$

Como explicação informal para essa equação, podemos pensar primeiramente em uma corrente elétrica qualquer que flui por um fio reto, assim, terá uma corrente possivelmente variável no tempo. Sua derivada será diferente de 0, mas o seu rotacional será 0, logo, não teremos uma variação de campo magnético, ou seja, o campo magnético será constante e quando aplicarmos na derivada dará 0. Então, sem força eletromotriz, analogamente para uma espira, o rotacional será diferente de 0, logo, o campo não será constante e haverá uma variação, conseqüentemente haverá uma força eletromotriz nos terminais da bobina.

4. Informações Técnicas do sensor SCT-013

- Faixa de corrente que pode ser lida: 0A-100A
- Resolução do sensor: 50mA

5. Captura dos dados pelo Atmega328P

No tópico anterior foi mostrado como o sensor basicamente funciona, ou seja, como ele pega uma corrente que passa pelo um fio que é colocado no interior do sensor e transforma essa corrente em uma diferença de potencial para ser medida pelo microcontrolador.

Fazendo uma máquina de estados para mostrar o fluxo do projeto na parte de captura da corrente pelo sensor, temos:

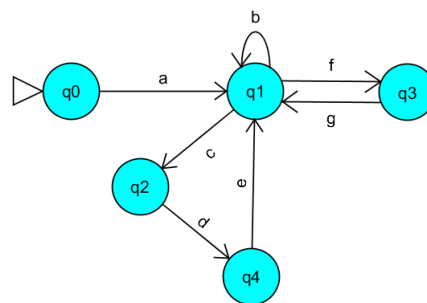


Figura 2. Máquina de Estados

Descrição dos Estados:

- q0: Estado inicial.
- q1: Estado pós configurações iniciais, como iniciar registradores, habilitar conversor AD, habilitar comunicação serial e esperando alguma ação ocorrer. Esse estado praticamente é a função **main**.
- q2: Estado onde é feita a captura do sensor de corrente.
- q3: Estado que é mostrado enviado via comunicação Serial a variável armazenada.
- q4: Estado que é responsável por armazenar o valor que foi lido pelo ADC em uma variável.

Descrição das transições

- a: Configurações iniciais, como iniciar registradores, habilitar conversor AD, habilitar comunicação serial.
- b: Transição responsável por fazer a espera do sistema.
- c: Interrupção de *Overflow* do *Timer*.
- d: Armazenar o valor lido no estado **q2** em uma variável.
- e: Fim da interrupção e volta para a **main**.
- f: Transição ativada pela recepção de algum dado pela serial.
- g: Fim da interrupção da serial.

6. Envio de dados pelo ESP8266

O envio de dados é possível devido ao TCP/IP, um dos principais protocolos de envio e recebimento de dados. O TCP possui grupos que é dividido em quatro camadas: Aplicação, transporte, rede e interface.

Para o projeto, teremos um servidor web para gerência, que recebe dados do sistema embarcado via mensagens HTTP através de uma rede sem fio (Wi-fi) e enviara para um site específico da placa.

7. Tratamento pelo Servidor Web

O módulo possui modos de operações básicas: Access Point (AP) e Station (STA). No modo AP, o ESP atua como um ponto de acesso, permitindo que outros dispositivos se conectem a ele. Nesse modo de operação ele estabelece um canal de comunicação com outro dispositivo por meio de protocolo Wifi.

No modo STA, o ESP pode se conectar a um AP, como um modem. Isso permite que o dispositivo possa se comunicar com qualquer outro equipamento que faça parte da rede local. Utilizando de HTML e TCP/IP, o servidor repassa as informações recebidas da rede para o site primeiramente informando ao cliente que ha um servidor disponível para conexão. em seguida após a verificação da existência de clientes conectados no ESP, ele enviará o HTML para o cliente após a criação da estrutura do HTML. Após o envio, a conexão é encerrada pois não é necessário se manter conectado.

8. Conclusão

Com o objetivo de se obter informações sobre a energia utilizada para assim ter o controle e a conscientização dos gastos, o projeto atende a essa expectativa informando em tempo real o consumo no decorrer do tempo e por isso foi proposto este sistema de monitoramento.

Devido a isso, este projeto teve como principal foco o desenvolvimento de um protótipo que é responsável por monitorar as informações do consumo de energia afim de ajudar a solucionar a ideia, utilizando os conceitos da física para aplicar os cálculos necessários do consumo de energia através da corrente e tensão elétrica. O objetivo foi cumprido adequadamente.

Está sendo desenvolvido um sistema de fácil instalação e configuração. Na procura de achar uma solução no qual minimize as consequências geradas pelo alto consumo de energia, o projeto contribui para a sustentabilidade alertando onde e quais os equipamentos que consomem energia em abundância.

A construção do protótipo está sendo realizada com os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, além de conhecimentos prévios já obtidos.

Referências

<https://www.instructables.com/id/Using-the-ESP8266-module>. instructables.

(2018). AVR[®] Microcontroller with picoPower[®] Technology. Microchip Technology Inc.

Forouzan, B. A. (2007). *Comunicação de dados e redes de computadores*. J. Wetherall.

Griffiths, D. (1999). *Introduction to Electrodynamics*. Prentice Hall.

Nussenzveig, H. M. (2001). *Curso de física básica: eletromagnetismo*. Edgard Blucher.

[nxp 2018] [Nussenzveig 2001] [Griffiths 1999] [Forouzan 2007] [sit]