

Medição de corrente com um sensor SCT-013 e conversor ADS1115

Ana Beatriz Valentin - e-mail: ana.valentin@aluno.ifsp.edu.br - Prontuário: al1710681
Julia Maria Massareli Costa - e-mail: massareli.j@aluno.ifsp.edu.br - Prontuário: al171029x
Nicolas Moreira Vanigli - e-mail: n.vanigli@aluno.ifsp.edu.br - Prontuário: al1710621

Sensores e Atuadores/Sistemas Microcontrolados – Engenharia de Controle e Automação

Professor responsável: Marcos Chaves

1 INTRODUÇÃO

A realização de medições práticas dos parâmetros elétricos de um sistema é fundamental para manter seu bom funcionamento. A amperagem, que define a quantidade de carga elétrica, ou seja, a quantidade de energia que passa por um condutor (TECNOGERA, 2016), deve ser controlada para que superaquecimentos e curtos-circuitos sejam evitados. Além disso, a amperagem de um circuito está relacionada ao consumo energético do equipamento, e a consulta desse parâmetro pode ser utilizada para realização de reduções de custo energético. Para isso, sensores são aplicados em sistemas de controle elétrico, além de componentes de controle, como fusíveis e disjuntores (TECNOGERA, 2016).

Sensores de corrente podem ser invasivos ou não invasivos, e o primeiro tipo deve ser conectado ao circuito para realizar medições, enquanto o segundo precisa apenas envolver o fio em que a medição será realizada. Dentre modelos conhecidos, encontram-se o galvanômetro *D-Arsonval*, o multímetro, o amperímetro analógico e o amperímetro digital em forma de garra.

Os sensores de corrente da linha SCT 013 (*Split-core current transformer* 013) são sensores de saída analógica e possuem uma bobina interna em sua estrutura para realizar medições. Esse sensor, como o próprio nome diz, é um transformador de corrente e tem a capacidade de medir corrente alternada. Sua medição parte de princípios baseados nas leis de Ampère e de Faraday (DEMETRAS, 201-). Assim, ao ter seu conjunto de espiras colocado ao redor de um condutor, o transformador gerará uma corrente alternada induzida em seus polos, e essa corrente será proporcional à do condutor em que a medição é realizada.

A finalidade do presente trabalho é fazer o monitoramento de corrente com um sensor SCT-013, que pode ser usado em um circuito ou na desabilitação da carga. Como este sensor é do tipo não invasivo, não se torna necessário interromper nenhum circuito ou invadir outros equipamentos para fazer a medição, só envolver em um dos fios da energia para medir a corrente. Além disso, para a realização deste projeto, foram utilizados um conversor ADS1115, um *Arduino Uno*, e outros componentes auxiliares.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi realizada a montagem de um circuito físico de medição de corrente. Para isso, um sensor SCT-013-000 foi empregado para a leitura de corrente, e o tratamento do sinal foi realizado por meio de um conversor ADS1115 e um *Arduino Uno*.

Como os sensores SCT 013 são transformadores de corrente e obtém um sinal de intensidade proporcional à corrente que passa pelo fio, foi necessário utilizar um resistor de carga em paralelo ao sensor para transformar o sinal em uma tensão que possa ser lida pelo *Arduino*

(THOMSEN, 2015). Os cálculos para determinação da resistência são dados pelas seguintes equações. Na equação (1) em que I_{rms} é a corrente máxima RMS, obtém-se a corrente de pico no primário do transformador I_{p1} .

$$I_{p1} = I_{rms} \cdot 2 \text{ [A]} \quad (1)$$

Com a divisão da corrente de pico pelo número de voltas do CT, obtém-se a corrente de pico no secundário, conforme a equação (2), e o valor do resistor de carga, conforme a equação (3).

$$I_{p2} = I_{p1} / \text{número de voltas do CT [A]} \quad (2)$$

$$R_c = (AREF/2) / I_{p2} [\Omega] \quad (3)$$

Em que R_c é o valor ideal do resistor de carga e $AREF$ é a metade da tensão de referência do *Arduino* (5 V). Para a leitura do sinal, o sensor, que é não invasivo, foi posicionado em torno de um condutor (de uma única fase) do condutor cuja corrente elétrica será medida.

O conversor ADS1115 faz a conversão de um circuito eletrônico que tem resposta em corrente alternada para corrente contínua, já que o *Arduino* só tem portas que aceitam tensão positiva. Como o sensor de corrente pode apresentar um alto valor, o conversor ADS1115 é configurado para a conversão na saída e manda para o *Arduino* valores adequados e que não estraguem o microcontrolador e todo o sistema eletrônico. Poderia ser utilizado para conversão de sinais o MCP3202, que tem a mesma finalidade que o conversor ADS1115. O ADS1115, no entanto, apresenta resolução de 16 bits e comunicação I2C (TEXAS INSTRUMENTS, 2018), o que possibilita maior exatidão do que o MCP3202 (12 bits) e do que o AD interno do *Arduino* (10 bits).

Um *display* LCD foi utilizado para representação do sinal obtido. Para isso, uma interface de dados de 4 bits foi utilizada, além de um potenciômetro para ajuste do contraste da tela. Para a programação do *Arduino*, a plataforma *Atmel Studio 7.0* foi utilizada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com as equações (1), (2) e (3), obteve-se que para uma corrente máxima $I_{rms} = 100 \text{ A}$ e um número de voltas do CT igual a 2000, I_{p1} tem valor de $141,4 \text{ A}$ e I_{p2} tem valor de $0,0707 \text{ A}$. Assim, para uma tensão de referência do *Arduino* igual a 5 V, o resistor de carga obtido foi de 33Ω .

Para realizar a leitura do sinal proveniente do sensor, o ADS1115 foi configurado para medir a tensão diferencial entre as entradas A0 e A1. O pino ADDR foi conectado ao GND, para que o endereço do dispositivo no barramento I2C seja 48h (1001000), e o PGA (*Programmable Gain Amplifier*) do conversor foi definido como 4,096V (ganho de 1x) para melhor aproveitamento do *range*. O valor do PGA foi definido com base na saída do sensor, que envia 50 mA ao ler de 0 a 100 A. Com o resistor de carga, esse valor é transformado em um intervalo de tensão de saída de 3,3 VRMS ou 4,67 V de pico. Assim, o PGA foi configurado de modo a ajustar a tensão de entrada ao *range* de 4,67 V. A figura 1 apresenta o esquema do circuito obtido, e a figura 2 representa o circuito montado em uma *protoboard* para testes do sensor.

Figura 1 - Esquema do circuito para aquisição de dados

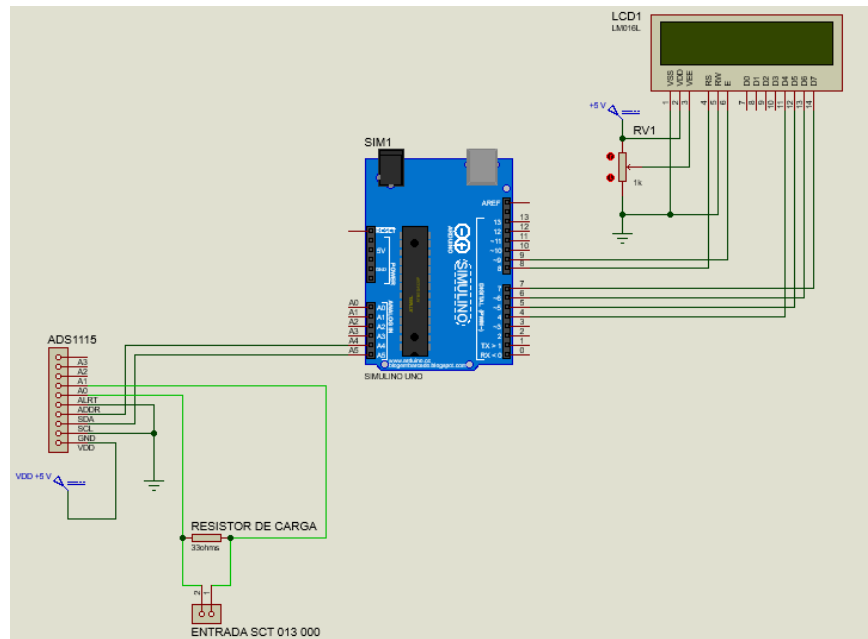
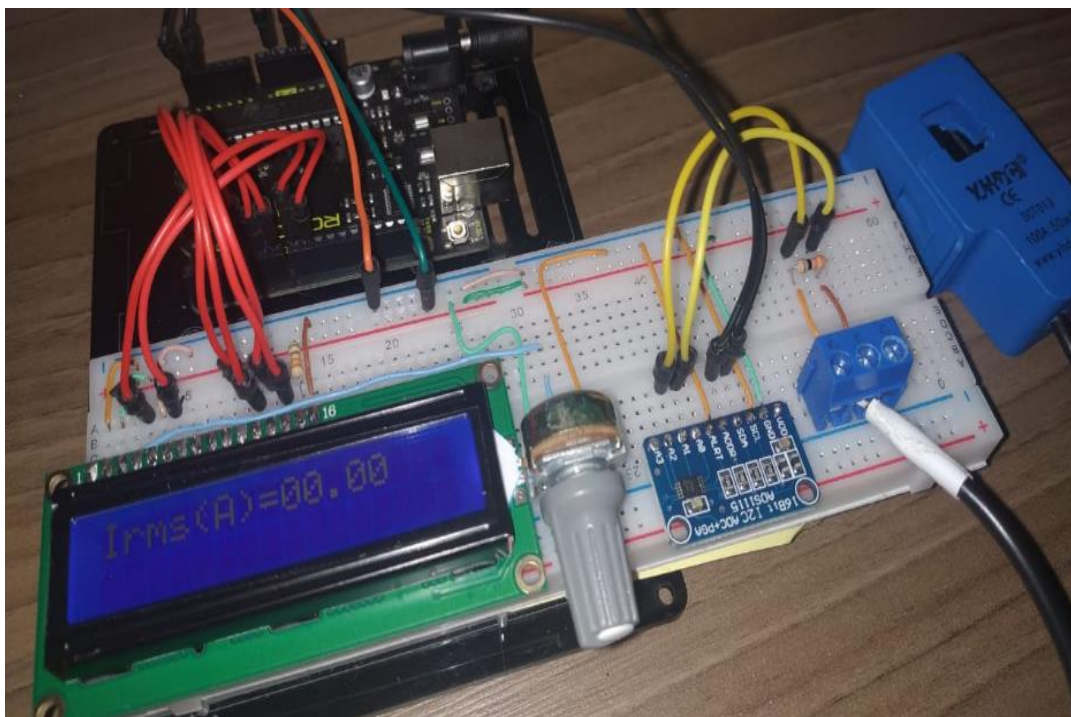


Figura 2 – Circuito prático para realização do projeto



A figura 2 apresenta a rotina utilizada para obtenção de dados do ADS1115 e tratamento da tensão, de maneira a se obter o valor de corrente RMS correspondente à tensão enviada pelo sensor.

Figura 2 - Rotina em linguagem C para leitura do ADS1115

```
double tensao;
double corrente, correnteirms;
double sum =0.0;
int cont = 0;
while (1)
{
    tensao = ads1115_readADC_Diff_A0_1 (ADS1115_ADDR_GND, ADS1115_DR_4755PS,
    ADS1115_PGA_4_096);
    corrente = tensao*fator*multiplicador;
    corrente /= 1000.0;
    sum+= corrente*corrente;
    cont++;

    if(cont>=50){
        correnteirms = (sqrt(sum/cont))/(sqrt(2));
        sum = 0.0;
        cont=0;

        unsigned int Irms2 = correnteirms*100;
        cmd_LCD(0x80,0);
        escreve_LCD("Irms(A)=");
        ident_pos(Irms2, digitos);
        cmd_LCD(digitos[3],1);
        cmd_LCD(digitos[2],1);
        escreve_LCD(".");
        cmd_LCD(digitos[1],1);
        cmd_LCD(digitos[0],1);

        imprime_usart(Irms2);
        _delay_ms(1000);
    }
}
```

A resolução obtida com a utilização de um PGA de 4,096 V foi de 2,68 uA/bit. A tabela 1 apresenta os resultados da medição com o sensor para diferentes aparelhos eletrodomésticos com a utilização de uma tensão de rede de 127 V.

Tabela 1 – Resultados de leitura com o sensor SCT

Aparelho (utilizado em potência máxima)	Corrente RMS teórica [A]	Leitura da corrente RMS realizada com o sistema [A]	Erro percentual entre média da leitura obtida e valor teórico [%]
Modelador de cabelo (25 W)	0,197	0,24 - 0,26	26,9
Ventilador (55 W)	0,433	0,49 – 0,50	14,32
Ventilador (126 W)	0,992	1,13 - 1,16	15,42
Secador de cabelo (900 W)	7,087	6,44 - 6,53	8,49
Escova secadora (1200 W)	9,779	8,60 - 8,69	11,6
Secador de cabelo (1900 W)	14,961	13,78 - 13,91	7,46

O sistema foi capaz de ler com melhor precisão valores mais altos de corrente. Enquanto a leitura da amperagem de aparelhos menos potentes apresentou maior erro percentual, chegando a quase 27%, a diferença entre as leituras práticas e amperagens calculadas teoricamente para aparelhos de maior potência apresentou erros abaixo de 12%.

A estabilidade da leitura foi significativamente influenciada pela quantidade de amostras considerada pelo sistema. Com uso de uma frequência de amostragem (*data rate*) de 475 SPS, a média de leituras foi contabilizada a partir de 50 amostras. Quantidades maiores de amostras proporcionavam maior estabilidade, no entanto, sobrecarregavam o sistema e estacavam o funcionamento do programa. Com a calibração obtida, a variação na leitura foi de até ± 1 mA, e as leituras mais estáveis foram obtidas na medição de aparelhos de menor potência.

4 CONCLUSÕES

O uso de um sensor de corrente modelo SCT 013 tem como principal benefício a possibilidade de medições não invasivas, ou seja, que não prejudicam a integridade do circuito original. Para a obtenção de leituras mais precisas, o uso do conversor externo ADS1115 ao invés do conversor AD interno do *Arduino* se fez necessário, o que tornou possível a leitura de valores com baixo erro percentual. Para melhoria dos valores obtidos, a calibração do circuito e a taxa de amostragem são parâmetros imprescindíveis, e influenciam diretamente na estabilidade, precisão e exatidão do projeto. Além disso, como o SCT-013-000 tem um *range* de leitura de 0 a 100 A, a precisão de leitura para pequenos valores de amperagem é menor. Para a medição dos aparelhos observados por esse projeto, sensores SCT-013 de *range* menor poderiam ser utilizados.

REFERÊNCIAS

DEMETRAS, E. **SCT-013: Sensor de corrente alternada com arduino**. Vida de Silício: [201-]. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>. Acesso em 10 ago. 2020.

THOMSEN, A. **Medidor de corrente não invasivo com Arduino**. FilipeFlop: 2015. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-corrente-sct013-com-arduino/>. Acesso em: 13 ago. 2020.

TECNOGERA. **O que é e qual a importância da medição em ampére na eletricidade?** Tecno gera: 2016. Disponível em: <https://www.tecnogera.com.br/blog/o-que-e-e-qual-a-importancia-da-medicao-em-ampere-na-eletricidade#:~:text=O%20ampere%20%C3%A9%20uma%20unidade,passa%20por%20um%20aparelho%20el%C3%A9trico.&text=A%20m%20de%20garantir%20o%20funcionamento,a%20ocorr%C3%Aancia%20de%20curtos%2Dcircuits>. Acesso em: 04 set. 2020.

TEXAS INSTRUMENTS. **ADS111x ultra-small, low power, I2C-compatible, 860-SPS, 16-bit ADCs with internal reference, oscillator, and programmable comparator**. Texas Instruments: 2018. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1115.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.