



Amplificador Instrumental em conjunto com Sensor ACS712 para comparação com uma Ponteira de Corrente convencional

Instrumental Amplifier together with ACS712 Sensor for comparison with a conventional Current Tip

Geraldo Antonio de Oliveira Junior¹, Osvaldo Jackson Silva Vieira dos Santos², Sebastian de Jesus Manrique Machado³

RESUMO

Neste artigo, é apresentado o projeto e desenvolvimento de um amplificador instrumental dedicado à avaliação e comparação do desempenho do Sensor ACS712 com uma ponteira de corrente convencional. O objetivo principal é determinar a precisão, a faixa de medição e a linearidade em diferentes condições de operação. Além disso, são identificadas as vantagens e desvantagens de cada abordagem. Palavras-chave: Amplificador instrumental, Ponteira de corrente, Sensor de corrente.

ABSTRACT

In this article, we present the design and development of an instrumental amplifier dedicated to evaluating and comparing the performance of the ACS712 Sensor with a conventional current tip. The main objective is to determine the accuracy, measurement range and linearity of both current measurement methods under different operating conditions. Furthermore, we sought to identify the advantages and disadvantages of each approach.

Key-words: Current sensor, Current tip, instrumental amplifier.

1 INTRODUÇÃO

A medição precisa de corrente elétrica é vital na engenharia elétrica, com sensores como o ACS712 sendo cruciais para monitorar sistemas elétricos e eletrônicos. Este artigo descreve o desenvolvimento de um amplificador personalizado em uma placa de circuito impresso (PCI) para comparar o desempenho do ACS712 com uma ponteira de corrente convencional. O objetivo é criar uma plataforma de teste controlada para avaliar ambos os sensores. O texto detalha o projeto da PCI, incluindo layout e componentes, além dos procedimentos de calibração e testes. Essa análise é essencial para selecionar os sensores adequados em futuros projetos, resultando em sistemas mais precisos e eficientes, aplicáveis desde eletrônica de potência até controle de motores e medição de energia.

2 SENSOR ACS 712

O sensor de corrente ACS712 é o componente que será implementado a placa PCI. De acordo com o datasheet do ACS712 este sensor é invasivo, sendo inserido em série no circuito para medir correntes de baixa a média intensidade, com alta sensibilidade e baixo custo. Baseado no efeito Hall, ele gera uma tensão proporcional à corrente que flui entre seus pinos IP+ e IP-. O efeito Hall, descoberto por Edwin Herbert Hall em 1879, é usado para medir a carga dos portadores e a densidade deles em um condutor. O ACS712 apresenta características notáveis, como sensibilidade de saída de 66 a 185 mV/A, saída proporcional a correntes contínuas e

¹ Bolsista em Iniciação Científica – PIBIT, Fomento: CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: gjunior.2002@alunos.utfpr.edu.br ID Lattes: 7597979794221901

² Bolsista em Iniciação Científica – PIBIT, Fomento: CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: osvaldosantos@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 5695994762052933.

³ Docente na Coordenação de Engenharia Elétrica - COELT-AP. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Apucarana, Paraná, Brasil E-mail: sebastiand@utfpr.edu.br. ID Lattes: 2866118071883988



alternadas, baixo ruído, condutor interno com 1,2 mΩ e histerese magnética quase nula. O sensor possui uma ampla faixa de operação com opções de corrente nominal, como 5A, 20A e 30A, permitindo seleção conforme a aplicação. Uma característica crucial é sua saída linear em corrente contínua (CC), simplificando a integração com microcontroladores e eliminando a necessidade de conversão adicional, tornando-o ideal para sistemas complexos.

3 CONDICIONAMENTO DE SINAL

3.1 FILTRO PASSA-ALTAS RC

A função de transferência de um filtro passa-altas RC é dada por:

$$H(s) = \frac{s}{s + \omega c} \quad (1)$$

Onde H(f) é a função de transferência, Vout é a amplitude do sinal de saída, Vin é a amplitude do sinal de entrada, f é a frequência do sinal de entrada, e fc é a frequência de corte do filtro. O filtro foi projetado para que a frequência de corte de seja 1kHz, assim ficou calculado:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi * 16000 * 10 * 10^{-6}} \quad (2)$$

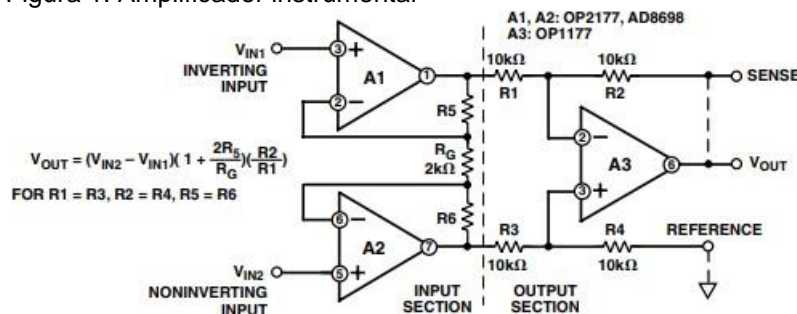
Onde fc é a frequência de corte, R é a resistência e C é a capacitância. Assim escolhemos um resistor de 16kΩ, e optamos pelo capacitor eletrolítico de 10uF, conforme mostra a equação seguinte. Assim, o filtro permite que sinais com frequências acima de 995Hz passem praticamente sem atenuação, enquanto atenuará gradualmente os sinais com frequências mais baixas. (CARTER; BRUCE, 2001)

3.2 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO

Para dimensionar os componentes do amplificador operacional foi utilizada a seguinte equação:

$$V_{out} = (V_{in2} - V_{in1}) \left(1 + \frac{2R_5}{R_G} \right) \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad (3)$$

Figura 1: Amplificador instrumental



Fonte: KITCHIN, CHARLES (2006)

Onde o valor de Vout é o ganho desejado, o valor de Vin1-Vin2 é a tensão de entrada. Projetamos esse valor em conjunto com o sensor ACS712, esse valor é o sinal recebido pelo sensor, portanto utilizamos os 2 extremos do ganho desejado para dimensionar o resistor Rg, assim o valor Vin1-Vin2 deve ser 10 e 2 vezes (para utilizar a equação não podemos usar o ganho unitário como 1), pois são os dois ganhos desejados, conseguindo assim duas configurações para o resistor Rg, sendo os dois valores de resistências extremas que serão obtidos através de um resistor fixo e um potenciômetro. Para a equação



ser funcional, o valor de R1 deve ser igual a R3, R2 deve ser igual a R4 e R5 deve ser igual a R6, desta forma dimensionamos os resistores da seguinte forma, optando por valores comerciais.

Quadro 1 – Resistores utilizados no amplificador instrumental.

Resistores	Resistencia (Ω)
R1=R3	22k
R2=R4	2,2k
R4=R5	10k

Fonte: Elaborado pelo autor.(2023)

Ao calcular a resistência máxima que será utilizada, obtemos o valor de 2,222k Ω . Para alcançar esses valores, utilizaremos um resistor fixo de 220 Ω , e um potenciômetro de 2k Ω , que poderá ser ajustado de acordo com o ganho desejado. (KARKI, [s.d.]

3.2 FILTRO PASSA-BAIXAS SALLEN-KEY

O filtro passa-baixa Sallen-Key permite a passagem de sinais de baixa frequência enquanto atenua sinais de alta frequência. A função de transferência de um filtro passa-baixa Sallen-Key é dada como:

$$H(f) = \frac{\frac{R3+R4}{R3}}{(j2\pi f)^2(R1R2C1C2)+j2\pi f(R1C1+R2C1+R1C2(-\frac{R4}{R3}))+1} \quad (4)$$

Onde H(f) é a função de transferência, f é a frequência do sinal de entrada e fc é frequência de corte do filtro.

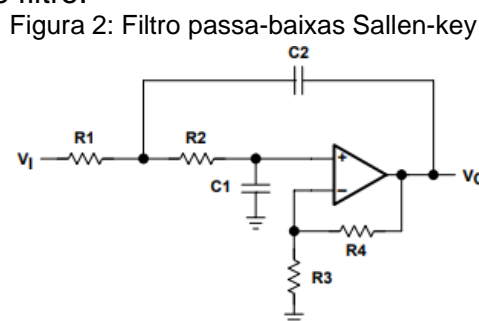


Figura 2: Filtro passa-baixas Sallen-key

Fonte: CARTER, BRUCE (2001)

No dimensionamento do filtro passa baixa de segunda ordem, primeiramente escolhemos um valor para o capacitor C1, e optamos por uma capacitância de 2,2nF. Em seguida, o capacitor C2 deve ter o dobro da capacitância de C1, o que resulta em 4,4nF, um valor muito próximo dos capacitores de 4,7nF disponíveis comercialmente. O valor de R3 escolhido foi 10k Ω e R4 de 1k Ω . Os valores de R1 e R2 são idênticos e optamos pela frequência de corte de 9kHz, assim ficando a expressão:

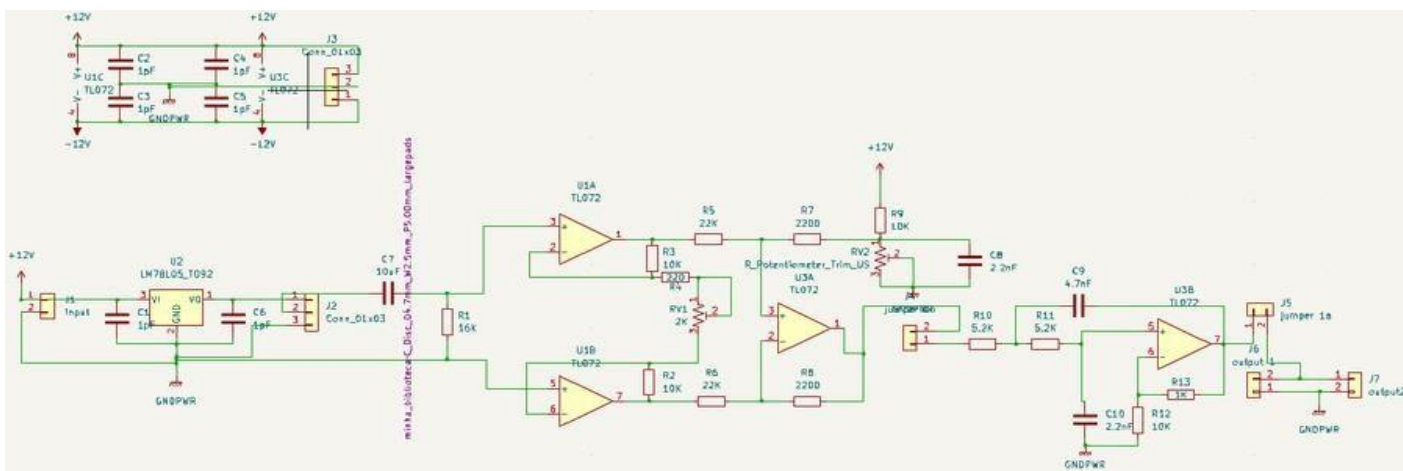
$$R1 = R2 = \left(\frac{1}{2\sqrt{2} \cdot \pi \cdot 2,2 \cdot 10^{-9} \cdot 9000} \right) = 5683 \quad (5)$$

Optamos assim para que R1 e R2 sejam de 5.4k Ω . (CARTER; BRUCE, 2001)

4 LAYOUT DA PLACA IMPRESSA

A placa foi projetada por meio do aplicativo KiCad, tendo o seguinte circuito esquemático:

Figura 3: Esquemático do amplificador instrumental.



Fonte: Elaborado pelo autor. (2023)

Os componentes utilizados e os valores dos mesmos foram:

Quadro 2: Itens utilizados na montagem da placa

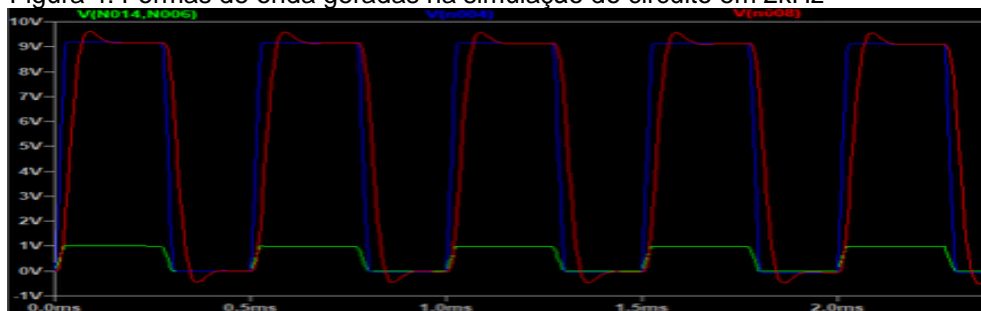
Componente	Quantidade	Valor
Resistor 10kΩ	4	4x0,20R\$
Resistor 22kΩ	2	2x0,20R\$
Resistor 16kΩ	1	1x0,20R\$
Resistor 5,2kΩ	2	2x0,20R\$
Resistor 2,2kΩ	2	2x0,20R\$
Resistor 1kΩ	1	1x0,20R\$
Resistor 220Ω	1	1x0,20R\$
Trimpot 2kΩ	1	1x1,70R\$
Capacitor cerâmico 104	6	6x0,20R\$
Capacitor cerâmico 222	2	2x0,20R\$
Capacitor cerâmico 472	1	1x0,20R\$
Capacitor eletrolítico 10uF	1	1x0,25R\$
Trimpot 10KΩ	1	1x2,70R\$
Borne de parafuso c/ 3 contatos	1	1x1,70R\$
U7805CV	1	1x2,30R\$
TL082CP	2	2x2,00R\$
Barra de pinos 2 vias	1	1x2,00R\$
Placa de fenolite 10x10cm	1	1x6,00R\$
Total		25,05R\$

Fonte: Elaborado pelo autor. (2023)

5 SIMULAÇÃO DO CIRCUITO

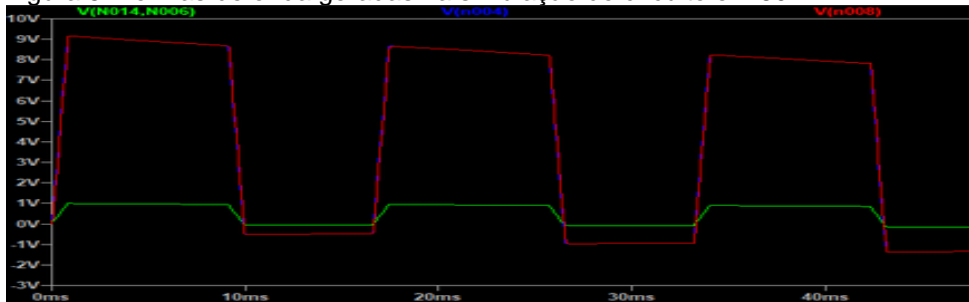
A simulação do circuito para o teste do condicionamento do sinal foi realizada por meio do LTspiceXVII. Na configuração de teste, foi adotado um ganho de 10 vezes, e a fonte foi configurada para emitir ondas quadradas de 1V, conforme ilustrado nas figuras 4 e 5.

Figura 4: Formas de onda geradas na simulação do circuito em 2kHz



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 5: Formas de onda geradas na simulação do circuito em 60Hz

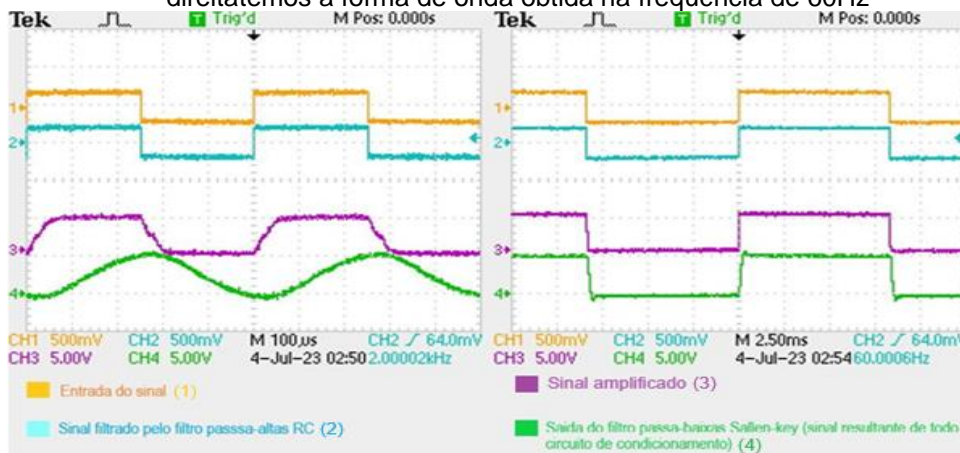


Fonte: Elaborado pelo autor. (2023)

6 FORMAS DE ONDAS EXPERIMENTAIS

Para a obtenção das formas de ondas experimentais, foi colocado um gerador de funções na entrada do sinal, gerando ondas quadradas de 500mV, possibilitando assim o controle da frequência do sinal, o sensor não foi adicionado ao circuito, já que a intenção era testar apenas os circuitos de condicionamento. A resistência R_g foi colocada na configuração para o ganho de 10 vezes. Assim obtemos as seguintes formas de ondas operando em 2kHz e 60Hz:

Figura 6: A esquerda temos a forma de onda obtida nos testes na frequência de 2kHz e a direita temos a forma de onda obtida na frequência de 60Hz



Fonte: Elaborado pelo autor. (2023)

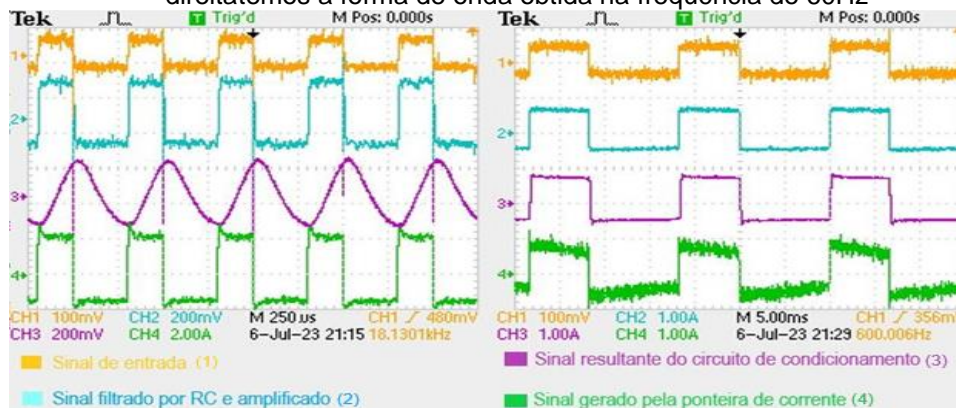
No teste em 2kHz (figura 6), observam-se atenuações significativas na forma de onda 3 (roxa) devido à indutância das trilhas do circuito. Conforme Dorf e Svoboda (2013) afirmam, a reatância indutiva aumenta com o aumento da frequência do sinal, resultando na perda de informações de alta frequência nos sinais amplificados. A interferência da indutância das trilhas também afeta a forma de onda 4 (verde), atenuando e atrasando o sinal, fazendo-o se assemelhar a uma senoide. Na frequência de 60Hz (figura 6), observamos o efeito do filtro na forma de onda 4 (verde). O amplificador de instrumentação operou conforme esperado, e as trilhas, embora maiores que o ideal, tiveram influência mínima em baixas frequências. O filtro passa-altas RC teve pouca influência devido à baixa frequência de 60Hz, tornando suas características menos evidentes nos testes.

Após esses testes, foram realizados testes com cargas. Foram utilizados 3 resistores de 10Ω em paralelo, obtendo uma resistência equivalente de $3,3\Omega$, essa carga foi alimentada por uma fonte que fornecia 4,5V e para o controle da frequência foi adicionado um transistor em conjunto com o gerador de funções, o sensor foi adicionado ao circuito em série com a carga, o teste com carga foi realizado com o intuito de obtermos o mesmo



ganho da ponteira de corrente, ou seja, 100mV/A, conforme mostra a figura 7:

Figura 7: A esquerda temos a forma de onda obtida nos testes na frequência de 2kHz e a direita temos a forma de onda obtida na frequência de 60Hz



Fonte: Elaborado pelo autor. (2023)

No teste realizado em 2kHz, observamos novamente que a indutância gerada pelas trilhas exerce uma influência significativa no sinal gerado, causando atenuação.

CONCLUSÃO

Embora tenham ocorrido alguns erros na fabricação da placa, como o tamanho das trilhas, que, devido à indutância, deveriam ser menores para melhorar o funcionamento do amplificador, os resultados foram satisfatórios. Foi obtida a faixa de ganho desejada, e todas as partes do sistema de condicionamento de sinal funcionaram bem. Em termos de economia, a placa PCI, seus componentes e o sensor ACS712 custam cerca de 2% do valor da ponteira de corrente, levando isso em consideração, os resultados são bons.

CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ACS712 **datasheet**. Disponível em: <<https://datasheetspdf.com/pdf-file/570845/AllegroMicroSystems/ACS712/1>>.

KITCHIN, CHARLES. **Designers Guide to: Instrumentation amplifiers. Experimental Techniques**, v. 2, n. 2, p. 40–43, fev. 1977.

CARTER, BRUCE.; ANALOG, P. **Application Report Filter Design in Thirty Seconds**. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<https://www.vyssotski.ch/BasicsOfInstrumentation/FilterDesignIn30Seconds.pdf>>. (CARTER; BRUCE, 2001)

KARKI, JIM . **Active Low-Pass Filter Design**. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://www.ti.com/lit/an/sloa049d/sloa049d.pdf?ts=1695191846890&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F>. (KARKI)

CATHEY, J. J. **Schaum's outline of theory and problems of electronic devices and circuits**. [s.l.] New York Mcgraw Hill Professional, 2011. (CATHEY, 2011)

SVOBODA, J. A.; DORF, R. C. **Introduction to electric circuits**. Hoboken, Nj: John Wiley, 2013.