

DESENVOLVIMENTO DE SENSORES DE CORRENTE POR EFEITO HALL E RESISTOR SHUNT

Guilherme F. Ferreira

Pesquisador do Curso de Engenharia Elétrica - UFSM
guilherme.farias.f@gmail.com

Filipe G. Carloto

Pesquisador do Curso de Engenharia Elétrica - UFSM
filipe_carloto@hotmail.com

Douglas Camponogara

Professor do Curso de Engenharia Elétrica - UNIJUÍ
douglas.camponogara@gedre.ufsm.com

Marco Antônio Dalla Costa

Professor do Curso de Engenharia Elétrica - UFSM
marcodc@gedre.ufsm.com

Resumo. *O trabalho compara dois sensores de corrente desenvolvidos para o projeto de um módulo de comando e controle de conversores estáticos de potência. Os dois sensores têm como objetivo gerar um sinal de corrente proporcional à corrente medida. O primeiro sensor apresentado utiliza o efeito hall e o segundo a queda de tensão em um resistor para gerar o sinal de saída.*

Palavras-chave: *Sensor de Corrente. Sensor de Corrente Efeito Hall. Sensor de Corrente Shunt.*

1. INTRODUÇÃO

A principal finalidade dos sensores de corrente apresentados neste artigo é produzir um sinal em corrente proporcional à corrente medida. O objetivo é permitir que o sinal seja transmitido até uma placa receptora mais próxima ao controlador sem que sofra interferências do meio externo.

Serão apresentadas duas placas. A primeira utiliza um sensor de efeito hall (Placa *Hall*) e a segunda utiliza a queda de tensão em um resistor de 1Ω (Placa *Shunt*) para gerar o sinal desejado.

Nas seções 2 e 3 do artigo será mostrado o funcionamento e as equações fundamentais para o projeto dos sensores *Hall* e *Shunt* respectivamente. E por fim serão mostradas as conclusões sobre o trabalho juntamente

com o comparativo entre a Placa *Hall* e a Placa *Shunt*.

2. PLACA HALL

A primeira placa apresentada utiliza o efeito *Hall* para realizar a medição. O circuito possui um ACS712 que gera um sinal de tensão isolado e proporcional à corrente que circula entre os seus pinos. Este sinal de tensão é convertido novamente em corrente por amplificadores operacionais.

A placa foi projetada para medir correntes alternadas e contínuas de $-5A$ até $+5A$, sendo que o sinal de corrente da saída varia de $0mA$ até $+10mA$.

O sensor pode funcionar exclusivamente no modo de medição CC ou CA. A forma de operação é definida por um *jumper*.

A alimentação da placa é realizada através de um fonte externa e ajustada por um circuito de isolamento e retificação.

2.1 Alimentação

A placa é alimentada por uma fonte externa a qual disponibiliza na saída uma tensão alternada de $\pm 7,5$ Volts com frequência de $500kHz$. Esta fonte foi definida como padrão para ser utilizada em todo módulo de controle.

Na placa essa alimentação passa por um transformador, dois diodos e dois

capacitores, os quais formam o circuito de isolamento e retificação, a fim de gerar dois níveis de tensão CC, um de 15V e outro de 7V. O primeiro é utilizado diretamente para alimentar os amplificadores operacionais, o segundo passa por um regulador de tensão (78L05) que garante 5V para o funcionamento do sensor de efeito Hall.

2.2 Sensor de efeito hall

O circuito integrado utilizado que contém o sensor de efeito Hall é o ACS712. Ele é alimentado com 5V pelo regulador de tensão e possui ganho G_{ACS} igual a 0,185.

A corrente que circula entre os pinos 1 e 2 para os pinos 3 e 4 é traduzida em uma diferença de tensão entre os pinos 7 e 5(GND).

A tensão de saída varia de aproximadamente 1,575V (quando a corrente é -5A) até 3,425V (quando a corrente é +5A). Existe um *offset* de 2,5V na saída do ACS712, ou seja, quando a corrente é igual a 0A a saída deverá ser 2,5V.

2.4 Removedor de offset

Como o sensor utiliza a faixa de 1,5v até 2,5v para representar tensões negativas, foi implementado um removedor de *offset* (Fig. 1). O ajuste do *offset* é feito através do resistor variável R_{OFFSET} . Este estágio possui um ganho G_{OFF} igual a 5 (BOYLESTAD & NASHELSKY, 1998).

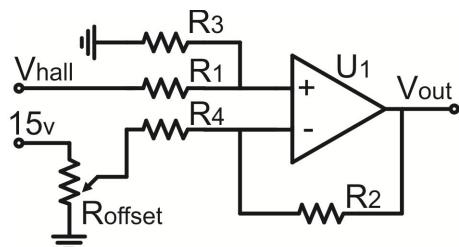


Figura 1 – Removedor de Offset

Este estágio é conectado diretamente na saída do ACS712 (indicado por V_{HALL}) e pode ser retirado do circuito alterando a posição de um *jumper* presente na placa para

realizar o sensoriamento de correntes alternadas.

2.4 Conversor Tensão x Corrente

Como o objetivo do sensor é transmitir o sinal em corrente, foi implementado um conversor tensão / corrente (Fig. 2). O conversor possui ganho G_{TC} igual 0,002162(CAMPONOGARA, 2012).

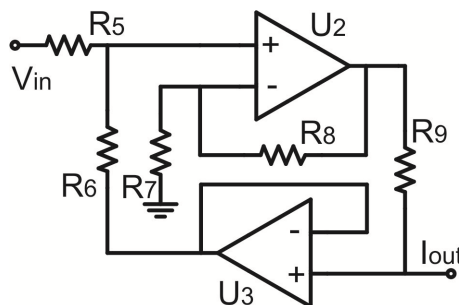


Figura 2 – Conversor Tensão x Corrente

Este segundo estágio faz com que a placa Hall comporte-se como uma fonte de corrente dependente.

A corrente de saída obedece à Eq.1 quando no modo CA e à Eq. 2 quando no modo CC:

$$I_{OUT} = G_{ACS} \times G_{TC} \times I_{IN} \quad (1)$$

$$I_{OUT} = G_{ACS} \times G_{OFF} \times G_{TC} \times I_{IN} \quad (2)$$

Onde:

I_{OUT} – corrente de saída;

I_{IN} – corrente medida;

G_{ACS} – ganho do ACS712;

G_{TC} – ganho do conversor tensão/corrente;

G_{OFF} – ganho do removedor de *offset*.

A Tabela 1 apresenta todos os valores definidos no projeto para os componentes mostrados no artigo do sensor Hall.

Tabela 1. Componentes do Sensor Hall

Nome	Valor	Nome	Valor
R_1	2k Ω	R_9	462,5k Ω
R_2	50k Ω	R_{OFFSET}	1k Ω

$R_3...R_8$	10k Ω	$U_1...U_3$	LM358
R. Tensão	78L05	Sensor	ACS712

3. PLACA SHUNT

A placa *shunt* utiliza a diferença de tensão causada pela circulação da corrente em um resistor para gerar o sinal de saída desejado. Essa diferença de potencial é ligada em um amplificador de instrumentação e sua saída conectada em um conversor tensão/corrente.

A placa foi projetada para medir correntes contínuas de 0A até 2A. O sinal de corrente de saída varia de 0mA até +10mA.

A alimentação da placa é realizada da mesma maneira que a *Placa Hall*, porém as duas saídas DC têm +15v e -15v e não é utilizado nenhum regulador de tensão.

O sinal de saída não é isolado em relação ao de entrada, o isolamento será feito na placa receptora, não mostrada no artigo.

3.1 Resistor Shunt

O circuito foi projetado para que a corrente que será medida circule por quatro resistores de 1 Ω para que a potência possa ser dissipada sem ocasionar danos nos componentes.

A corrente que circula pelos resistores produz uma tensão entre os terminais de entrada e saída da corrente medida. Esta diferença de tensão é utilizada para gerar o sinal de corrente desejado.

3.2 Amplificador de Instrumentação

Este estágio (Fig. 3) é responsável por produzir uma tensão (V'_{AB}) proporcional à diferença de tensão existente entre os terminais dos resistores *shunt*. Além de criar essa tensão, ele também amplifica o sinal, com um ganho G_{AI} igual a 5.

Como os resistores utilizados neste circuito devem ser iguais (com exceção de R_p) para que o equacionamento seja válido, foi determinado no projeto o valor de 10k Ω .

Como G_{AI} foi definido em 5, temos $R_p=5k\Omega$ (BOYLESTAD & NASHELSKY, 1998).

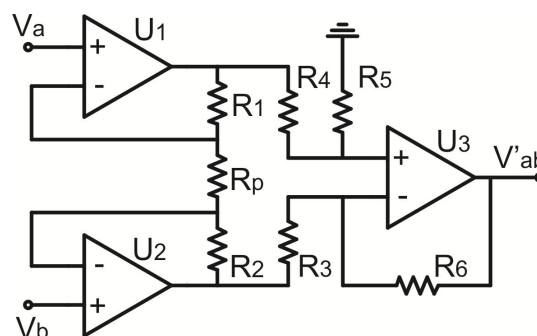


Figura 3– Amplificador de Instrumentação

3.3 Conversor Tensão / Corrente

Para gerar o sinal em corrente foi utilizado um simples conversor (Fig. 4) que utiliza apenas um amplificador operacional e um resistor. Os valores utilizados dependem de alguns parâmetros da placa receptora não mostrada no artigo.

O ganho G_{TC} do conversor foi calculado em 0,001 e o resistor $R7$ em 1k Ω (BOYLESTAD & NASHELSKY, 1998).

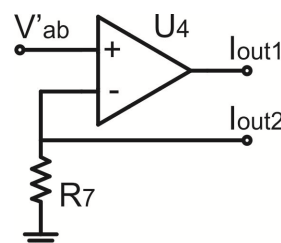


Figura 4 – Conversor Tensão x Corrente

O conversor é conectado na saída do amplificador de instrumentação e gera uma saída proporcional em corrente que circula de I_{OUT1} para I_{OUT2} .

O nível de corrente na saída do sensor pode ser calculado conforme a Eq. 3:

$$I_{OUT} = G_{AI} \times G_{TC} \times I_{IN} \quad (3)$$

Onde:

I_{OUT} – corrente de saída;

I_{IN} – corrente medida;

G_{TC} – ganho do conversor tensão/corrente;

G_{AI} – ganho do amplificador de instrumentação.

A Tabela 2 apresenta todos os valores definidos no projeto para os componentes do sensor *Shunt* falados no trabalho.

Tabela 2. Componentes do Sensor Shunt

Nome	Valor	Nome	Valor
$R_{1...R_6}$	10k Ω	R_7	1k Ω
R_P	5k Ω	$U_{1...U_4}$	LM358
R_{shunt}	1 Ω		

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostrou o circuito de dois sensores de corrente desenvolvidos com o propósito de gerar um sinal de corrente proporcional à corrente medida.

A placa *Hall* deve apresentar desempenho mais satisfatório já que é capaz de medir correntes alternadas que variam de -5A até +5A. O sinal de saída varia de 0mA até 10mA, tendo uma resolução de 1mA na saída para cada 1A na entrada (1mA/1000mA). Se for configurada para realizar medições contínuas a resolução aumenta para 1mA/500mA. A placa consome aproximadamente 1,22 watts no modo CA e 1,35 watts no CC.

A placa *Shunt*, embora suporte apenas corrente contínua que varie de 0 até 2A, apresenta uma resolução muito superior, igual a 1mA de saída para cada 20mA (1mA/20mA). O consumo da placa é de aproximadamente 0.425 watts.

A Tabela 3 facilita a comparação entre as duas placas. Onde: Potência é a potência máxima consumida pelos sensores, I_{IN_Min} e I_{IN_Max} são os limites da faixa de corrente que pode ser medida pela placa, I_{OUT_Min} e I_{OUT_Max} são os limites da faixa de corrente na saída, Resolução indica qual a relação entre a corrente de saída e a corrente de entrada e por fim é indicado as dimensões dos sensores.

Os níveis de tensão que alimentam os sensores não foram mostrados porque ambas as placas utilizam a mesma fonte. *Hall* (CC)

é a coluna que contém as informações da placa *Hall* quando está configurada para fazer medições de corrente contínuas e *Hall* (CA) para correntes alternadas.

Tabela 3. Informações dos Sensores

	<i>Shunt</i>	<i>Hall</i> (CC)	<i>Hall</i> (CA)
Potência	425mW	1,35W	1,22W
I_{IN_Min}	0A	0A	-5A
I_{IN_Max}	+2A	+5A	+5A
I_{OUT_Min}	0mA	0mA	0mA
I_{OUT_Max}	10mA	10mA	10mA
Resolução	1/20	1/1000	1/500
Altura	1,9 cm	2,3cm	2,3cm
Largura	7,6 cm	8,3 cm	8,3cm

A Fig. 5 apresenta o protótipo dos dois sensores mostrados no artigo.

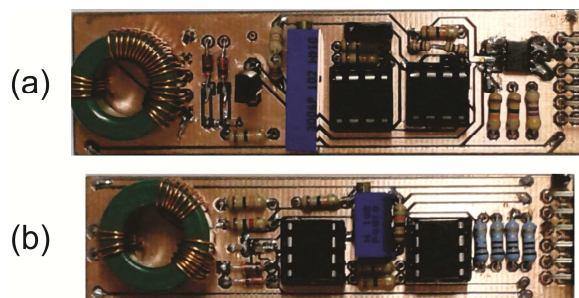


Figura 5 – (a) Sensor *Hall* (b) Sensor *Shunt*

2. REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. Rio de Janeiro, RJ – BR: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1998. 429 – 477 p.

CAMPONOGARA, D. **Análise e projeto de uma topologia de dois estágios otimizada aplicada à iluminação pública com LEDs**. Dissertação (Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica) – Departamento de Processamento de Energia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2012.