

PROTÓTIPO DE UM MEDIDOR DE DESLOCAMENTO A LASER

Gean Roberto Gomes Antônio¹, Eduardo Acedo Barbosa²

¹ Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

² Departamento de Física, Centro Universitário FEI

gean_roberto@yahoo.com.br e ebarbosa@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho relata o desenvolvimento de um circuito eletrônico que tem como função alimentar e transduzir os sinais de um Fossensor de Posição Unidimensional, mais especificamente um PSD (Dispositivo de Sensoriamento de Posição), cujo modelo utilizado oferece uma região linear de comprimento L_x , onde é possível excursionar um feixe de luz laser e obter sua posição relativa para análises envolvendo triangulação de luz.

1. Introdução

As técnicas que medem espessuras, deslocamentos e vibrações valendo-se do comportamento geométrico de um feixe de luz que incide sobre a superfície estudada apresentam qualidades em comum, se comparadas aos métodos convencionais: trata-se de métodos não invasivos e não destrutivos, de alta reprodutibilidade e confiabilidade. As características de estabilidade e geometria dos feixes laser permite sistemas muitíssimos mais fáceis de implantar e operar, e com custos muito inferiores. Dois tipos de medição utilizando spots laser merecem atenção, o que se vale da variação do tamanho do spot com incidência normal sobre o objeto estudado, e o que utiliza o princípio da triangulação. A aplicação deste princípio requer um dispositivo que registre a posição do *spot* laser.

O PSD, cujo esquema é mostrado na figura 1, é capaz de detectar a incidência luminosa de feixes de luz projetados em sua superfície resistiva e converter esses estímulos luminosos por um processo de Fotogeração de Portadores. A fotogeração de portadores ocorre na região de depleção dos fotodiodos ou em materiais intrínsecos de junções PIN como a do PSD, que ao serem iluminadas por radiação de comprimento de onda conhecido, convertem proporcionalmente em um sinal característico, tornando-se assim um elemento compatível para propostas que combinam velocidade, sensibilidade e que forneçam um sinal com baixo ruído.

2. Metodologia

A fim de aproveitar a excelente resolução de posição e resposta rápida que o PSD oferece, partiu-se para a elaboração de um circuito eletrônico que pudesse medir as fotocorrentes provenientes dos estímulos luminosos, de forma a manter uma resposta linear do sistema. Em sistemas eletrônicos cujo objetivo é a aquisição de dados ou no caso medidas, idealmente trabalha-se com tensão.

Visando atender aos critérios de linearidade na resposta ao estímulo luminoso e obter faixas de valores legíveis em tensão, utilizou-se um Amplificador de Transimpedância. Este amplificador é basicamente um circuito eletrônico que se utiliza da configuração de um

Amplificador Operacional com Realimentação Negativa. Nessa configuração, a característica de alta impedância que o amplificador operacional oferece é essencial, pois permite que as fotocorrentes geradas em resposta ao estímulo luminoso fluam pelo Resistor de Realimentação (R_f), sendo possível assim a conversão da corrente em tensão de uma forma proporcional e ao mesmo tempo tendo o controle no ganho do sinal que depende de R_f .

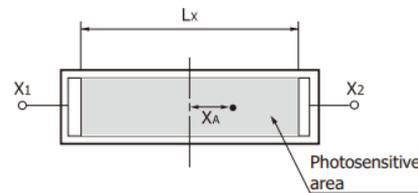


Figura 1 – PSD (Position Sensitive Detector)

Quando um *spot* laser atinge o PSD, uma carga elétrica proporcional à intensidade de luz é gerada na região de incidência do feixe luminoso. Esta carga elétrica flui como fotocorrente através da camada resistiva e é extraída dos eletrodos de saída X1 e X2, sendo dividida em proporção inversa à distância entre a posição da luz incidente de cada eletrodo.

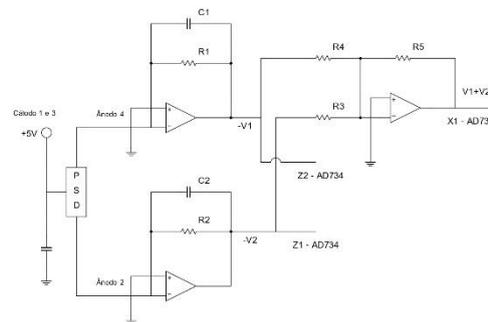


Figura 2 – Estágio de Transdução e Amplificação dos Sinais

Para criar uma região de depleção em um fotodiodo o polarizamos reversamente, afim de torná-lo um elemento fotocondutivo. Nos diodos PIN, como a região de depleção já existe no material intrínseco, bastam tensões de 0 a 10 V de polarização reversa. Fotodiodos PIN são otimizados para a região espectral da luz visível e próximo do infravermelho, com a resposta tipicamente entre 859 nm e 950 nm.

Para a presente proposta, o PSD foi polarizado reversamente com 5,0 V, tendo seus terminais 1 e 3 curto circuitados, esses correspondem aos cátodos do PSD. O datasheet do PSD trás em sua documentação a

informação de uma resistência entre eletrodos de 50 k Ω , essa determina a acurácia ou sensibilidade do mesmo. Conhecendo a resistência entre eletrodos e a tensão de polarização, estabeleceu-se pela lei de Ohm uma corrente de fuga (I_N) que teoricamente pode variar de 0 a 100 μ A. Os terminais 2 e 4 que equivalem aos ânodos do PSD foram conectados nas entradas inversoras dos amplificadores operacionais, vide Figura 2. Dessa forma, devido à alta impedância que esse amplificador operacional oferece, as fotocorrentes fluem para o resistor de realimentação R_f , assim determinamos uma saída em tensão, de lei $V_O = - I_N R_f$ e com um ganho proporcional ao valor de R_f .

A fim de padronizar uma saída analógica que variasse de 0 a 1,0 V, dimensionaram-se os resistores R_1 e R_2 com 10 k Ω e capacitores C_1 e C_2 com um valor de 100 pF afim de estabilizar o circuito. Para determinar a posição do *spot* laser consultamos o datasheet do PSD, onde também são fornecidas as equações para cálculo de deslocamento e verificamos a necessidade de um elemento que fizesse a soma dos sinais transduzidos e amplificados.

Para artifício de soma de sinal elétrico utilizou-se um amplificador somador inversor. Os valores dimensionados para R_3 , R_4 e R_5 deste amplificador foram de 10 k Ω . Dessa forma foi possível estabelecer um estágio de transdução e amplificação dos sinais provenientes dos eletrodos 2 e 4, que correspondem a X_1 e X_2 ou V_1 e V_2 do circuito.

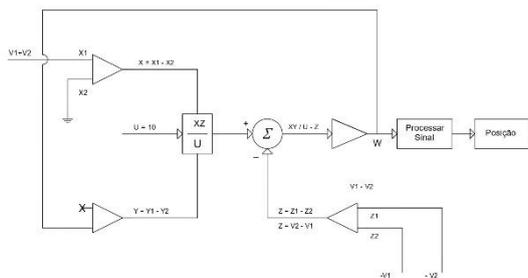


Figura 3 – Estágio de Operações Analógicas

Para que fosse possível a realização da operação de divisão entre os sinais (V_2-V_1) e (V_1+V_2) , atendendo à relação de divisão em proporção inversa à distância entre a posição da luz incidente de cada eletrodo, utilizou-se um divisor analógico. Tomamos o Circuito Integrado AD734, que oferece um núcleo translinear de alta precisão onde é realizada a operação de divisão analógica entre os sinais. Contando ainda com uma escala interna de voltagem, chave para a conversão A/D, denominada no Diagrama de Blocos no datasheet do CI como Denominador de Controle. Sendo este fixo em $U=10$ V. Na configuração padrão de divisor o AD734 tem uma saída $W = 10 (Z_2 - Z_1) / (X_1 - X_2)$, sendo X_2 aterrado por padrão de conexão.

Na Figura 3 vemos o sinal V_1+V_2 sendo alimentado no Pino 1 do divisor analógico e o sinal V_2-V_1 advindo de uma inversão do sinal V_1-V_2 que ocorre nas entradas dos Pinos 10 e 11 desse CI. O sinal V_1+V_2 é o

sinal fixo no estágio de operação analógica de divisão enquanto o sinal V_2-V_1 é o sinal que é realimentado no núcleo do divisor analógico, passando pelo denominador de controle $U = 10$ V, obedecendo a equação de saída W desse circuito. Possibilitando assim, uma saída analógica em tempo real de correspondência translinear com o deslocamento do *spot* laser sobre a superfície L_x do PSD.

3. Resultados preliminares

Em bancada montou-se o circuito dos diagramas esquemáticos ilustrados nas figuras 2 e 3. Com o auxílio de um multímetro foi possível monitorar a variação de tensão na saída W em função da aplicação de um deslocamento lateral milimétrico aplicado com laser na superfície do PSD, obedecendo ao efeito de fototensão lateral, devido a injeção localizada de portadores através de um feixe de luz.

Apesar do sistema apresentar uma saída com aparente boa resposta translinear, não obteve-se um sinal que varie de 0 a 1,0 V.

Para fins de investigação, conectamos a saída W em um osciloscópio, onde foi possível observar um sinal analógico com frequência variável, mas obedecendo a um padrão de onda quadrada.

4. Conclusões

Para futuras pesquisas, recomendasse a consolidação de um Hardware baseado no diagrama esquemático da Figura 2. Realizar também um estudo sobre a frequência de operação do CI escolhido, adjunto de um CI que faça operações analógicas de sinal. Em pesquisas foram encontrados CI's que realizam operações analógicas, e que podem substituir o AD734, afim de uma opção mais acessível e de correspondência em SMD, afim de minimizar as áreas de contato entre terminais e eletrodos dos elementos no hardware, visando otimizar a resposta do sistema.

Para a aquisição e processamento de sinal em tempo real recomendasse a normalização de uma saída analógica, afim de estabelecer um padrão para a conversão A/D, ou pode-se ainda processar essa saída analógica em um conversor A/D externo de um Microcontrolador por exemplo.

4. Referências

- [1] BOGART, Theodore F. Dispositivos e circuitos eletrônicos. 3.ed.
- [2] Datasheet AD734 Analog Device
- [3] Datasheet PSD S3932 Hamamatsu

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo empréstimo de equipamentos e pelo ambiente de trabalho; ao Prof. Rodrigo Trevisoli Doria, por auxílio no entendimento do circuito eletrônico; Ao Vitor D'Angelo Pinto e João Victor de Souza Pereira, que trabalham no prédio D, e a todos ali envolvidos diretamente e indiretamente na realização desse trabalho.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 10/2021 a 09/2022.