



UNICAMP



**Desenvolvimento de um Amplificador Lock-in de baixo custo e aplicação para a medida da variação do coeficiente de absorção de materiais fotossensíveis**

**Palavras-Chave: AMPLIFICADOR LOCK-IN, ABSORÇÃO, MATERIAIS FOTOSSENSÍVEIS**

**Autores:**

Prof. Dr. Luís Fernando Ávila  
Raphael Henrique Gaeta Moreno

**Resumo:**

A proposta desse projeto de iniciação científica foi desenvolver um amplificador lock-in de baixo custo e testá-lo para medir a variação de absorção de materiais fotossensíveis. Inicialmente foi necessário compreender o funcionamento de um amplificador lock-in típico e das técnicas utilizadas para sua construção e operação. O próximo passo, a aquisição de um módulo lock-in comercial modelo AD630, bem como as fontes e cabos RF para a montagem de um protótipo. Este protótipo pode ser calibrado usando equipamentos Lock-in comerciais já disponíveis no laboratório.

Um amplificador lock-in é um tipo de amplificador usado para extrair um sinal com uma portadora conhecida de um ambiente extremamente ruidoso. É basicamente um multiplicador analógico, seguido por um filtro passa-baixa, convertendo um sinal de alta frequência em um componente DC ou em uma frequência muito baixa [1].

Amplificadores lock-in são amplamente usados para medir sinais encobertos por ruído. Para tanto, é necessário usar um filtro de banda muito estreita que remova o ruído, deixando passar somente o sinal desejado. A frequência do sinal que está sendo medido e também a do filtro de banda passante é estabelecida pelo sinal de referência, conforme ilustra a Figura 1.

O lock-in é utilizado com a função de detectar diferenças de fase entre sinais, utilizando a técnica de detecção sensível de fase (Phase Sensitive Detection, PSD). Este dispositivo é um tipo de filtro retificador, captando apenas o sinal de interesse para a medida, suprimindo o efeito de ruídos ou interferência de componentes ativos. O PSD deve ser configurado para funcionar numa determinada banda de frequência, ou seja, reconhecer apenas o sinal de interesse para a medida, eliminando frequências indesejadas. Isto é feito fornecendo-se ao detector uma tensão de referência de mesma banda e com uma fase fixa relacionada ao sinal de entrada. O uso deste sinal de referência assegura que o instrumento irá “rastrear” qualquer mudança na oscilação do sinal que está sendo analisado. Desta característica que deriva-se o nome do aparelho [1].

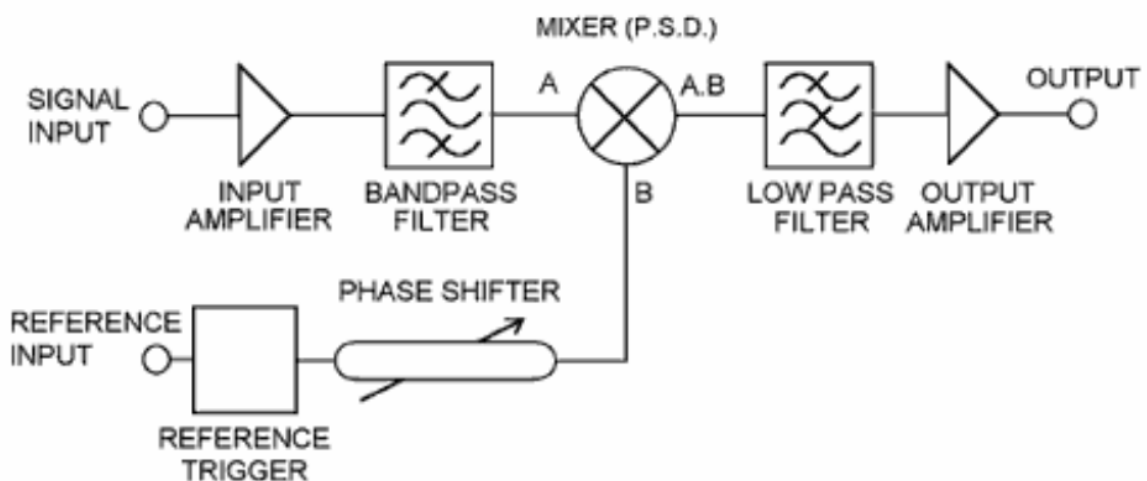


Figura 1: Diagrama de blocos de um amplificador lock-in.

Por outro lado, a medida da variação do coeficiente de absorção para exposições com um feixe direto pode ser obtida em tempo real, medindo-se diretamente a transmitância da própria luz que está expondo a amostra. Um chopper é colocado entre o feixe laser e a amostra com o objetivo de enviar o sinal de referencia para o amplificador lock in. Atrás da amostra colocamos um fotodetector que está acoplado ao amplificador Lock-in. Assim, a amplitude do sinal na saída do lock in é é proporcional à intensidade de luz transmitida através da amostra. Inicialmente, medimos a tensão  $V_o$  no fotodetector sem a amostra. Depois, colocamos a amostra entre o difusor e o detector e medimos a evolução temporal do sinal no detector  $V(t)$ . Como esta voltagem é proporcional à intensidade de luz transmitida através da amostra, temos:

$$T(t) = \frac{V(t)}{V_o} = e^{-\alpha(t)d} \quad (1)$$

Se conhecermos a espessura  $d$  do filme podemos determinar o coeficiente de absorção em função do tempo de exposição, ou da dose se conhecemos a irradiância incidente [2]. A Equação (2) mostra a relação entre o coeficiente de absorção e a transmitância.

$$\alpha = -\frac{1}{2d} \ln \left( \frac{(1 - R_1)(1 - R_2)}{T} \right) \quad (2)$$

- $\alpha$  é o coeficiente de absorção.
- $d$  é a espessura da amostra.
- $R_i$  são os coeficientes de reflexão nas interfaces da amostra.
- $T$  é a transmitância.

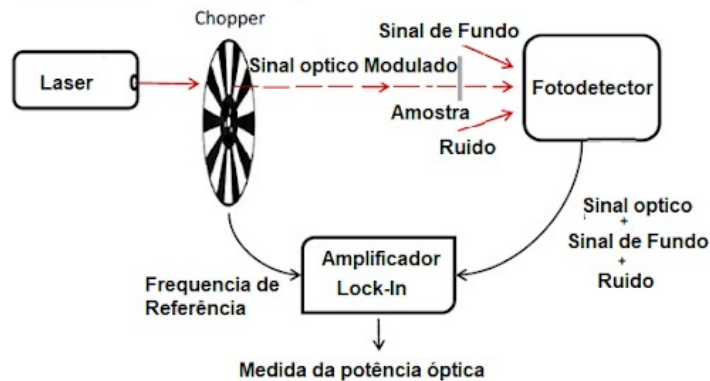


Figura 3: Esquema utilizado neste experimento



Figura 2: Modelo de um chopper comercial

Por fim, a etapa final desse projeto utilizamos a placa AD630 para desenvolver nosso protótipo de amplificador lock-in. O Datasheet do AD630 fornece os detalhes de operação do dispositivo. De acordo com o datasheet [3] do AD630, sob esta configuração com certas limitações de banda, ele capaz de trabalhar semelhante a um amplificador lock-in convencional de alto custo.

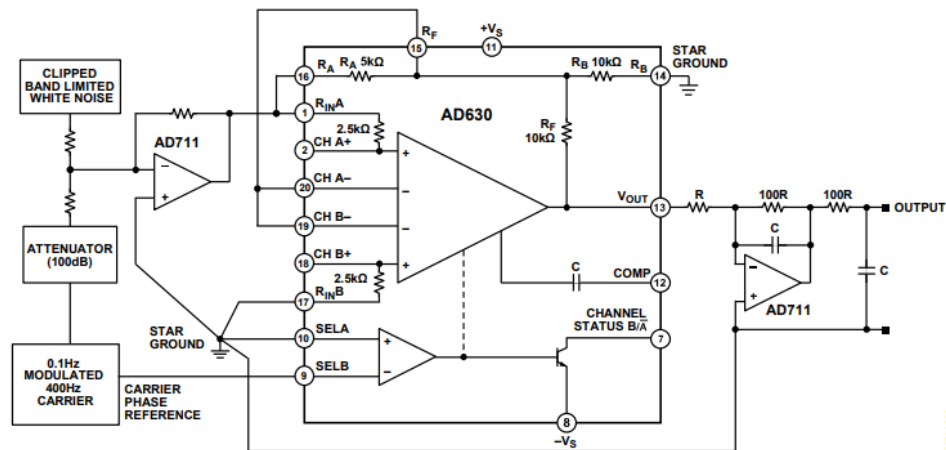


Figura 4: Circuito do AD630

## CONCLUSÃO

Nesse trabalho foi estudado os conceitos básicos de funcionamento do amplificador lock-in. O protótipo usando o AD630 está em fase de testes e juntamente com o setup óptico

faremos as medidas da evolução temporal do coeficiente de absorção de um material fotossensível.

## Referências

- [1] What is a lock-in amplifier? AMETEK Advanced Measurement Technology, INC. Technical Note, 2008. [https://www.ameteki.com/-/media/ameteki/download\\_links/documentations/7210/tn1000\\_what\\_is\\_a\\_lock-in\\_amplifier.pdf](https://www.ameteki.com/-/media/ameteki/download_links/documentations/7210/tn1000_what_is_a_lock-in_amplifier.pdf) (acessado em 11/03/2024).
- [2] L. F. de Avila. *Estudo de Materiais Fotossensíveis Utilizando Exposições Holográficas*. PhD thesis, Universidade Estadual de Campinas, 2010.
- [3] Analog Devices, Inc. *AD630 Balanced Modulator/Demodulator Data Sheet*, 2016. URL <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD630.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2024.