

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



Funcionamiento un amplificador de bloqueo para
su correcto uso en la solución de amplificación de
señales débiles

Presentado por:

Marlon

Estrada

Cindy

Alessandra

Eduardo 1

Eduardo 2

Angel

Hellen

?????

Carlos Alfredo Nuñez Cartagena

Ciudad Universitaria “Dr. Fabio Castillo”, 17 de octubre de 2024

Índice general

Índice de figuras

Introducción

La amplificación de señales débiles es un desafío central en áreas como la física experimental, la ingeniería eléctrica y la detección de radiación. En este contexto, el amplificador de bloqueo (lock-in amplifier) es una herramienta clave para extraer señales ocultas en niveles significativos de ruido, permitiendo obtener mediciones precisas. La importancia de entender el funcionamiento de un amplificador de bloqueo radica en su capacidad para mejorar la relación señal/ruido, algo crucial en aplicaciones donde las señales son extremadamente débiles, como en la detección de partículas subatómicas, la espectroscopía y los sistemas de detección de radiación. Sin embargo, estos dispositivos presentan ciertas limitaciones, como la complejidad de su configuración y su dependencia de la frecuencia de referencia, lo que puede restringir su uso en aplicaciones que requieren respuestas rápidas o frecuencias variables.

El objetivo de esta investigación es analizar en detalle el funcionamiento de los amplificadores de bloqueo y su correcta aplicación en la amplificación de señales débiles, explorando tanto sus ventajas como sus limitaciones técnicas. En particular, se busca comprender cómo configurar adecuadamente estos dispositivos para maximizar su efectividad, y qué factores deben considerarse para optimizar su uso en experimentos donde las señales suelen estar sumergidas en ruido. Este tema es especialmente relevante en el campo de la detección de radiación, ya que la precisión en la medición de señales débiles es un factor determinante para obtener resultados fiables.

Este trabajo se enfocará en el estudio de un tipo específico de amplificador de bloqueo, profundizando en su funcionamiento, características y aplicaciones prácticas. Aunque existen diversas variantes de estos dispositivos, no se hará una comparación exhaustiva entre ellas, sino que se centrará en su uso básico y su optimización en condiciones experimentales. Con ello, se espera proporcionar un entendimiento claro de cómo estos amplificadores pueden ser una solución eficaz para la amplificación de señales débiles, superando los desafíos asociados a las mediciones de precisión en ambientes ruidosos.

Marco Teórico

Conceptos fundamentales: Definición de amplificador de bloqueo, sus componentes principales, funcionamiento básico.

Tipos de amplificadores de bloqueo: Clasificación según su aplicación, tecnología, etc. (breve)

Principios de funcionamiento: Explicación detallada de los procesos físicos involucrados en la amplificación y el bloqueo.

Aplicaciones: Ejemplos de uso en el campo de la física de radiaciones. Conceptos fundamentales: Definición de amplificador de bloqueo, sus componentes principales, funcionamiento básico.

Tipos de amplificadores de bloqueo: Clasificación según su aplicación, tecnología, etc. (breve)

Principios de funcionamiento: Explicación detallada de los procesos físicos involucrados en la amplificación y el bloqueo.

Aplicaciones: Ejemplos de uso en el campo de la física de radiaciones.

Desarrollo del problema

xxx

Detectores de radiación semiconductores

Desarrollo del problema

xxx

Metodología Experimental

La investigación se llevará a cabo mediante un diseño de revisión bibliográfica, complementado con simulaciones que permitan entender y analizar el funcionamiento de los amplificadores de bloqueo en la amplificación de señales débiles. Este enfoque permitirá reunir información teórica y práctica sobre el tema, facilitando un análisis más profundo. La selección de fuentes incluirá una variedad de materiales relevantes, tales como libros especializados, artículos científicos revisados por pares, patentes y bases de datos académicas. Estas fuentes se elegirán por su calidad, relevancia y actualidad, asegurando que la información recopilada sea sólida y pertinente para el estudio.

La recolección de datos se realizará a partir de la información obtenida de las simulaciones. Estas simulaciones se diseñarán para replicar diferentes escenarios en los que se utilizan amplificadores de bloqueo, permitiendo observar su comportamiento bajo diversas condiciones y ajustando los parámetros necesarios para maximizar la amplificación de señales débiles.

Finalmente, se llevará a cabo un análisis de datos utilizando técnicas estadísticas y cualitativas. Se emplearán métodos estadísticos para evaluar la efectividad de las configuraciones de los amplificadores de bloqueo, así como análisis cualitativos para interpretar los resultados de las simulaciones y la información obtenida de la revisión bibliográfica. Este enfoque integrador permitirá extraer conclusiones significativas sobre el funcionamiento y la optimización de los amplificadores de bloqueo en la detección de señales débiles.

Desarrollo del problema

El problema central de este proyecto es la necesidad de amplificar señales extremadamente débiles, que suelen estar sumergidas en ruido de fondo, un reto común en la detección de radiación y en otras áreas de la física experimental. La amplificación de estas señales es crucial para obtener mediciones precisas y confiables, pero lograrlo presenta desafíos significativos. Los amplificadores de bloqueo han sido una solución eficaz para extraer señales débiles en condiciones ruidosas, sin embargo, su correcta configuración y operación es compleja. La dependencia de la frecuencia de referencia y la sensibilidad al ruido limitan su efectividad en situaciones donde las señales fluctúan o son dinámicas, lo que plantea la necesidad de una optimización cuidadosa de sus parámetros operativos.

Se plantea como hipótesis que una configuración optimizada del amplificador de bloqueo, ajustando adecuadamente los parámetros de frecuencia y sensibilidad al ruido, permitirá una amplificación eficiente de señales débiles, minimizando las limitaciones técnicas asociadas. Además, se espera que la mejora en la configuración maximice el rendimiento del amplificador en la detección de señales débiles en presencia de ruido.

Para resolver este problema, es necesario responder varias preguntas: ¿Qué configuraciones y ajustes permiten una amplificación óptima de señales débiles utilizando un amplificador de bloqueo?, ¿Cuáles son los principales factores que limitan el rendimiento de estos dispositivos en la detección de señales?, ¿Qué tipos de señales se benefician más del uso de amplificadores de bloqueo y cómo se pueden adaptar los parámetros para trabajar eficazmente con diferentes niveles de ruido de fondo?.

Desarrollo experimental

Dado que esta investigación se basa en una revisión bibliográfica, se utilizará el simulador LIA Simulation para ayudar a interpretar el funcionamiento de los amplificadores de bloqueo y proporcionar una comprensión más profunda de su operación en la amplificación de señales débiles. Este enfoque permitirá abordar las hipótesis planteadas y responder las preguntas de investigación de manera efectiva, para lo cual se realizarán 3 etapas; una prueba previa en el cual se familiarizara la interfaz y configuración del simulador, una serie de simulaciones en las cuales se estudiara los efectos del amplificador y como ultima etapa una posprueba para poner a prueba los conocimientos aprendidos en las 2 etapas anteriores.

Prueba Previa

Para el análisis del simulador, es necesario conocer los siguientes símbolos, mostrados en la Tabla ??.

Símbolos	Significado
f_S	Frecuencia de la señal de entrada
f_R	Frecuencia de la referencia de bloqueo
f_C	Frecuencia de la señal de entrada sinusoidal adicional (o ruido coherente)
f_{AM}	Frecuencia de la modulación de amplitud de la señal de entrada
A_S	Amplitud de la señal de entrada
A_C	Amplitud de la señal de entrada sinusoidal adicional (o ruido coherente)
P_{AM}	Porcentaje de amplitud agregado a la amplitud como modulación de amplitud
η	Definido aquí (Aumentar este valor aumenta la intensidad de este ruido)
ϕ	Ángulo de fase de la señal de entrada con respecto a la señal de referencia
τ	Constante de tiempo (el “ms” que aparece en esta simulación significa milisegundos)
V_{MX}	Salida del amplificador lock-in en fase con la referencia antes del filtro de paso bajo
V_{MY}	Salida del amplificador lock-in desfasada con la referencia antes del filtro de paso bajo
V_{OutX}	Salida del amplificador lock-in en fase con la referencia
V_{OutY}	Salida del amplificador lock-in desfasada con respecto a la referencia

Tabla 1: Variables utilizadas en el simulador

Ahora podemos realizar las siguientes demostraciones del simulador.

Variable	Valor	Resultados
f_s	80	
f_R	80	
f_C	60	
f_{AM}	0	
A_S	4	
A_C	1	
P_{AM}	0	
η	0	
ϕ	0	
τ	1	
V_{MX}	4	
V_{MY}	1	
V_{OutX}	4	
V_{OutY}	0	
Entrada sinusoidal	desactivada	
Filtro de paso bajo	activado	

Tabla 2: Variables utilizadas en el simulador con sus respectivas salidas.

Variable	Valor	Resultados
f_s	100	
f_R	100	
f_C	60	
f_{AM}	0	
A_S	4.5	
A_C	1	
P_{AM}	0	
η	0	
ϕ	90	
τ	1	
V_{MX}	4.5	
V_{MY}	1	
V_{OutX}	0	
V_{OutY}	4.5	
Entrada sinusoidal	desactivada	
Filtro de paso bajo	activado	

Tabla 3: Variables utilizadas en el simulador con sus respectivas salidas.

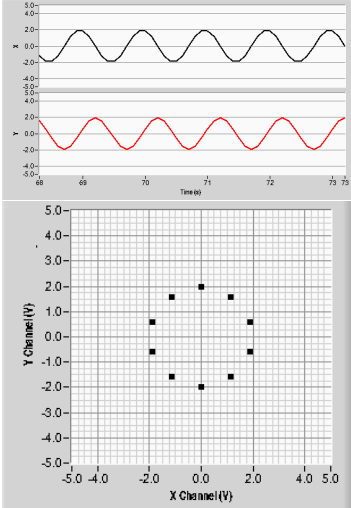
Variable	Valor	Resultados
f_s	250	
f_R	249	
f_C	60	
f_{AM}	0	
A_S	2	
A_C	1	
P_{AM}	0	
η	0	
ϕ	0	
τ	25m	
V_{MX}	2	
V_{MY}	1	
V_{OutX}	2	
V_{OutY}	2	
Entrada sinusoidal	desactivada	
Filtro de paso bajo	activado	

Tabla 4: Variables utilizadas en el simulador con sus respectivas salidas.

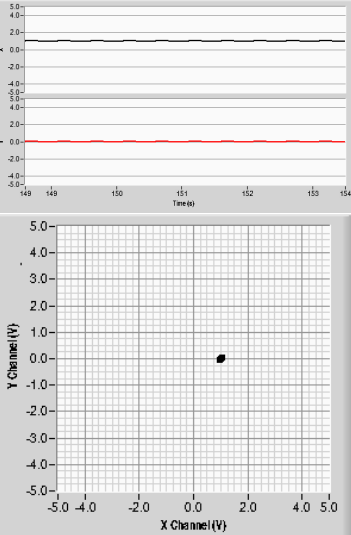
Variable	Valor	Resultados
f_s	260	
f_R	260	
f_C	2	
f_{AM}	0	
A_S	1	
A_C	3	
P_{AM}	0	
η	0	
ϕ	0	
τ	50m	
V_{MX}	4	
V_{MY}	1	
V_{OutX}	1	
V_{OutY}	0	
Entrada sinusoidal	activado	
Filtro de paso bajo	activado	

Tabla 5: Variables utilizadas en el simulador con sus respectivas salidas.

Variable	Valor	Resultados
f_s	250	
f_R	250	
f_C	253	
f_{AM}	0	
A_S	2	
A_C	1	
P_{AM}	0	
η	0	
ϕ	0	
τ	20m	
V_{MX}	3	
V_{MY}	1	
V_{OutX}	3	
V_{OutY}	1	
Entrada sinusoidal	activado	
Filtro de paso bajo	activado	

Tabla 6: Variables utilizadas en el simulador con sus respectivas salidas.

Variable	Valor	Resultados
f_s	120	
f_R	120	
f_C	253	
f_{AM}	0	
A_S	3	
A_C	1	
P_{AM}	50	
η	0	
ϕ	0	
τ	15	
V_{MX}	(4,-4)	
V_{MY}	(1,-1)	
V_{OutX}	(2.5,3.5)	
V_{OutY}	0	
Entrada sinusoidal	desactivado	
Filtro de paso bajo	activado	

Tabla 7: Variables utilizadas en el simulador con sus respectivas salidas.

Con esto podremos completar los parámetros necesarios para producir las siguientes señales:

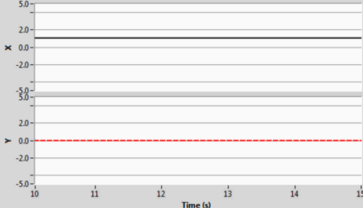
Variable	Valor	Resultados	
f_s	20		
f_R			
f_C			
f_{AM}	0		
A_S			
A_C			
P_{AM}	0		
η	0		
ϕ	0		
τ	500m		
V_{MX}			
V_{MY}			
V_{OutX}	1		
V_{OutY}	0		
Entrada sinusoidal	opcional		
Filtro de paso bajo	activado		

Tabla 8: Primera configuración a resolver utilizando el Simulador LIA.

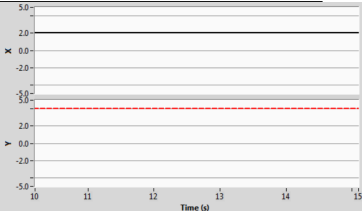
Variable	Valor	Resultados
f_s	35	
f_R		
f_C		
f_{AM}	0	
A_S		
A_C		
P_{AM}	0	
η	0	
ϕ	0	
τ	3	
V_{MX}		
V_{MY}		
V_{OutX}	2	
V_{OutY}	4	
Entrada sinusoidal	opcional	
Filtro de paso bajo	activado	

Tabla 9: Segunda configuración a resolver utilizando el Simulador LIA.

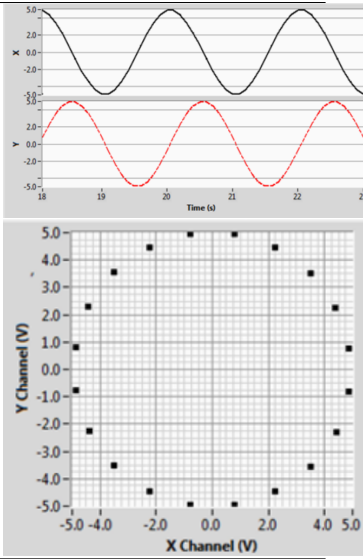
Variable	Valor	Resultados	
f_s	50		
f_R			
f_C	0		
f_{AM}			
A_S	0		
A_C			
P_{AM}	0		
η	0		
ϕ	0		
τ	500m		
V_{MX}	(5,-5)		
V_{MY}			
V_{OutX}	(5,-5)		
V_{OutY}	(5,-5)		
Entrada sinusoidal	opcional		
Filtro de paso bajo	activado		

Tabla 10: Tercera configuración a resolver utilizando el Simulador LIA.

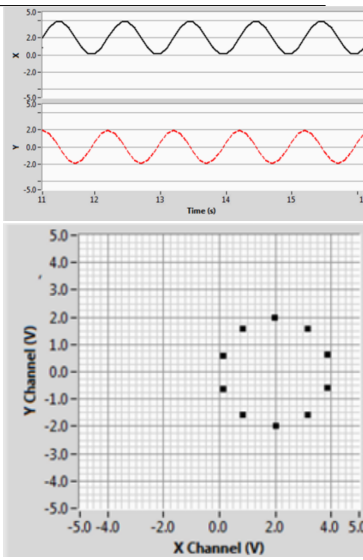
Variable	Valor	Resultados
f_s	0.50	
f_R		
f_C		
f_{AM}	0	
A_S		
A_C		
P_{AM}	0	
η	0	
ϕ	0	
τ	20m	
V_{MX}	(0,4)	
V_{MY}		
V_{OutX}	(0,4)	
V_{OutY}	(2,-2)	
Entrada sinusoidal	opcional	
Filtro de paso bajo	activado	

Tabla 11: Cuarta configuración a resolver utilizando el Simulador LIA.

Continuando con las etapas de medición con el simulador, se muestran las simulaciones ejecutadas en esta etapa:

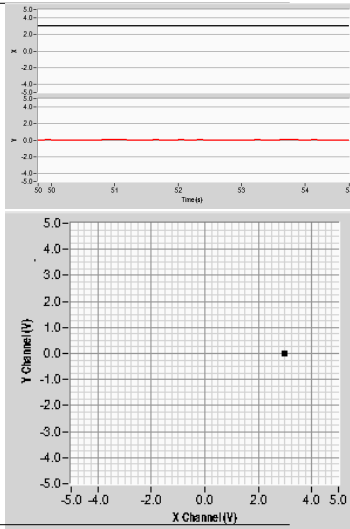
Variable	Valor	Resultados
f_s	10	
f_R	10	
f_C	60	
f_{AM}	0	
A_S	3	
A_C	1	
P_{AM}	0	
η	0	
ϕ	0	
τ	2	
V_{MX}	(3,-3)	
V_{MY}	(1,-1)	
V_{OutX}	3	
V_{OutY}	0	
Entrada sinusoidal	desactivado	
Filtro de paso bajo	activado	
Seguimiento automático	desactivado	

Tabla 12: Simulación 1: Demostrando uno de los usos más comunes del amplificador lock-in. Medir la amplitud de una frecuencia específica en la señal de entrada configurando $f_S = f_R$.

Resultados y discusión

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Desarrollo del problema

Presentación del problema: Descripción detallada del problema central que se abordará en el proyecto.

Hipótesis: ¿Cuáles son las posibles soluciones o explicaciones al problema?

Preguntas de investigación: ¿Qué preguntas específicas deben responderse para resolver el problema?

xxx

Detectores de radiación semiconductores

Desarrollo de la solución (desarrollo experimental)

Como se trata de una investigación bibliográfica, se usará un simulador de amplificador de bloqueo para ayudar a interpretar mejor el funcionamiento

Investigación individual y grupal: Búsqueda de información relevante, discusión de ideas, análisis de diferentes enfoques.

Diseño del uso de un simulador virtual para sustituir la experimentación simulaciones: Si es necesario, diseño experimental en una simulación que ayude a la obtención de datos y facilite el entendimiento del funcionamiento del amplificador de bloqueo

Análisis de resultados: Interpretación de los datos obtenidos y comparación con las hipótesis iniciales.

xxx

Conclusiones y recomendaciones

Resumen de los hallazgos: Síntesis de los resultados más importantes.

Respuesta a las preguntas de investigación: ¿Se lograron los objetivos planteados?

Limitaciones del estudio: ¿Qué aspectos no se pudieron abordar?

Implicaciones: ¿Qué consecuencias tienen los resultados obtenidos para el campo de estudio y para futuras investigaciones?

Conclusiones: Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Recomendaciones: Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Referencias bibliográficas