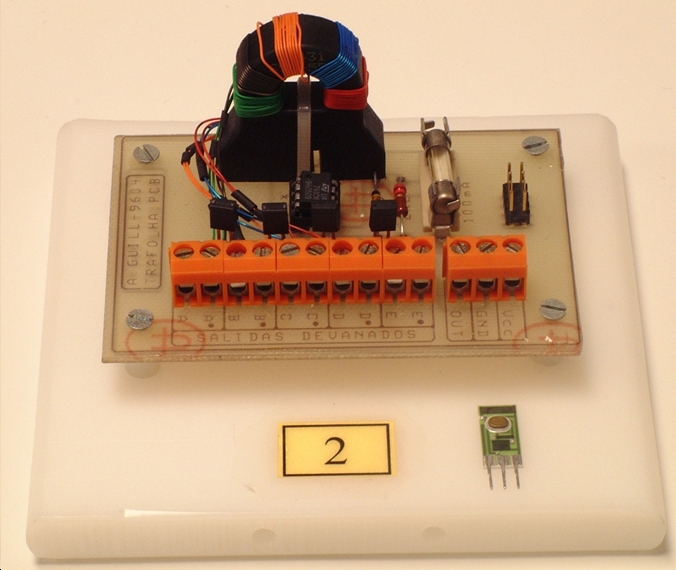
***Medida de Corriente:***

***Amperímetro con***

***Sensor Hall***



 ***Departamento de Ingeniería Electrónica -* ETSIT *- Universitat Politècnica de València***

**AMPERÍMETRO CON SENSOR HALL**

1.- INTRODUCCIÓN.

2.- MATERIAL UTILIZADO.

3.- CIRCUITO PROPUESTO.

4.- DESARROLLO TEÓRICO.

5.- DESARROLLO PRÁCTICO.

5.1.- CARACTERIZACIÓN DEL TRANSDUCTOR.

5.2.- DISEÑO DEL ACONDICIONADOR.

5.3.- EJEMPLO DE APLICACIÓN.

6.- ESPECIFICACIONES.

1. **INTRODUCCIÓN.**

Los dispositivos basados en el efecto HALL son utilizados en múltiples aplicaciones, una de ellas es la medida de intensidad de corriente. Para ello, miden la inducción magnética generada por la corriente a medir. Una característica muy importante es que no es necesaria una conexión directa con el circuito donde se va a medir. Este tipo de sensor presenta la ventaja de medir tanto intensidades continuas como alternas.

El objetivo de la práctica es familiarizarse con la utilización de un "Transformador de Corriente" basado en un sensor de efecto Hall. La práctica consistirá, en primer lugar, en la caracterización del transductor utilizado, y posteriormente en su aplicación práctica mediante el diseño de un amperímetro. Finalmente se propone otra aplicación práctica para visualizar en el osciloscopio la corriente de carga y descarga de un condensador.

1. **MATERIAL UTILIZADO.**

Se adjunta una detallada información sobre las características del :

- Transductor Hall.

- Circuito integrado LM741

- Circuito integrado LM555

**2.1.- Transformador de corriente 91SS12-2 (LOHET I).**



***Figura 1.*** *Sensor de corriente con 5 bobinados de 10 espiras.*

Cuando una corriente atraviesa un conductor, se genera a su alrededor un campo magnético proporcional a la intensidad de dicha corriente. Para concentrar este campo en el elemento sensor, se utiliza un núcleo toroidal de material ferromagnético (ver fig.1).

Se han incorporado 5 bobinados iguales con 10 vueltas cada una, con el fin de aumentar la sensibilidad en la medición, debido a que no se dispone de fuente de alta corriente. La corriente medida por el transductor será:



1

donde I es la corriente a medir y N el número de espiras seleccionado.

1. **CIRCUITO PROPUESTO.**

En el plano adjunto se dispone de los circuitos propuestos para la práctica. Un circuito corresponde al amplificador a incorporar en el diseño del amperímetro (Fig.1), y el otro circuito corresponde a la aplicación (Fig.2), consistente en un circuito que provoca la carga y descarga de un condensador, cuya corriente de carga y descarga se medirá con el amperímetro diseñado. No se han añadido las tensiones de alimentación de los A.O.: la tensión de alimentación deberá ser de ±15V, y deberá filtrarse cada alimentación respecto a masa, con un condensador electrolítico de 100µF y uno plástico de 220nF.



***Figura 1.*** *Acondicionador para diseñar el amperímetro con el sensor Hall.*



***Figura 2.*** *Circuito que provoca la carga/descarga de un condensador (C1).*

1. **DESARROLLO TEÓRICO.**

Se pretende diseñar un amperímetro. Para ello, se caracterizará la respuesta del sensor y después se diseñará un amplificador con objeto de adaptar la salida del transductor y obtener la sensibilidad deseada. Se visualizará la tensión de salida de acondicionador en un multímetro. El diagrama de bloques final se detalla en la Fig. 3.



***Figura 3.*** *Diagrama de bloques del circuito final.*

1. Determinar la anchura en milímetros del entrehierro del núcleo toroidal ferromagnético utilizado como colector de flujo magnético (CSLA1CD).

e =

1. Determinar la inducción magnética en el entrehierro en función de la corriente y el número de espiras. Determinar el flujo magnético utilizando los conceptos de f.m.m. (fuerza magnetomotriz) y de reluctancia. Hacer las aproximaciones que considere oportunas para obtener una expresión lineal entre inducción magnética y corriente.

B =

1. Dar la expresión de la tensión de salida del sensor en función de los parámetros eléctricos y mecánicos suministrados por el fabricante.

Vout =

1. Determinar la sensibilidad en mV/mT dada por el fabricante.

Sensibilidad =

1. Para la tensión de alimentación recomendada por el fabricante, analizar la concordancia entre la sensibilidad dada por el fabricante y la calculada según las expresiones de la cuestión 2 y 3.
2. Determinar de forma aproximada la frecuencia máxima de funcionamiento del sensor, partiendo del tiempo de respuesta suministrado por el fabricante.
3. Suponiendo que la sensibilidad nominal se da a 25ºC, determinar sensibilidad mínima que podría obtenerse en el margen de temperatura de -40ºC a +150ºC.
4. Determinar el máximo error que puede obtenerse debido a la no linealidad (darlo directamente en tensión de salida del transductor, en mV).

Teniendo en cuenta que la respuesta del sensor es la especificada en la Figura 4:



***Figura 4.*** *Tensión de salida en el sensor de corriente 91SS12.*

1. Explicar el funcionamiento del circuito amplificador.
2. Obtener la expresión que relaciona la tensión de salida del amplificador (Vout) y la salida del transductor (Sensor I).

Vout =

1. ¿Qué efectos produce una variación de Vcc ? Proponga posibles soluciones.
2. ¿Cómo se elimina la tensión de offset? ¿Se anula definitivamente?
3. Para el circuito de la figura 5, determinar y representar gráficamente la corriente y la tensión en bornes del condensador C1, suponiendo una señal de excitación V1 cuadrada y de frecuencia 250Hz.



***Figura 5.*** *Circuito para la carga/descarga de un condensador (C1).*

1. Para el circuito de la figura 5, ¿cómo mediría la tensión en bornes del condensador C1 en el osciloscopio?

Nota: recuerde que las masas de las sondas del osciloscopio deben estar conectadas a la masa del circuito.

1. **DESARROLLO PRÁCTICO.**

El transductor de efecto Hall se alimentará a 12 V. Con este fin, se utilizará el regulador de tensión LM7812, según el esquema de la figura 6.



***Figura 6.*** *Circuito regulador de tensión a 12V.*

1. **CARACTERIZACIÓN DEL TRANSDUCTOR.**

Se desea obtener la característica V-I del sensor, para lo cual se tomará una fuente de alimentación de continua con limitación de corriente, conectándose en serie un amperímetro, y se conectará a los devanados del transductor (EN NINGÚN CASO LA CORRIENTE DEBE SER SUPERIOR A 2.5 A). La corriente aplicada y la tensión de salida se medirán con un multímetro digital.

1. Seleccionando la corriente continua indicada y utilizando los diferentes devanados, obténganse las siguientes medidas:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **I (real)** | **Nº espiras** | **I (aparente)** | **V out** |
| **0 A** | **0** | **0 A** | **6 V** |
| **1 A** | **10** | **10 A** | **6,74 V** |
| **1 A** | **20** | **20 A** | **7,28 V** |
| **1 A** | **30** | **30 A** | **7,81 V** |
| **1 A** | **40** | **40 A** | **8,33 V** |
| **1 A** | **50** | **50 A** | **8,82 V** |
| **1.2 A** | **50** | **60 A** | **9,25 V** |
| **1.5 A** | **50** | **75 A** | **9,85 V** |

Cada vez que cambie de conexión de los devanados, debe disminuir la corriente por el transductor con el fin de evitar variaciones altas de tensión. Los anteriores valores deben realizarse para intensidades negativas y positivas (cambiando el sentido de circulación de la corriente por las espiras).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **I (real)** | **Nº espiras** | **I (aparente)** | **V out** |
| **0 A** | **0** | **0 A** | **6,19 V** |
| **- 1 A** | **10** | **10 A** | **5,65 V** |
| **- 1 A** | **20** | **20 A** | **5,10 V** |
| **- 1 A** | **30** | **30 A** | **4,57 V** |
| **- 1 A** | **40** | **40 A** | **4,05 V** |
| **- 1 A** | **50** | **50 A** | **3,55 V** |
| **- 1.2 A** | **50** | **60 A** | **3,07 V** |
| **- 1.5 A** | **50** | **75 A** | **2.4 V** |

1. Dibuje la gráfica que relaciona corriente aparente y tensión de salida del transductor y comente los resultados obtenidos.
2. **DISEÑO DEL ACONDICIONADOR.**

Se pretende diseñar un amperímetro para medir en el rango de 1A (1A a F.E.) y con una sensibilidad de 10V/1A. Debemos procurar que el sensor Hall trabaje en todo su margen dinámico. Según especificaciones, el fondo de escala corresponde a una corriente de 57A, de modo que para el diseño de un amperímetro de rango hasta 1A podemos utilizar las 50 espiras, correspondiendo 1A real a 50A aparentes (de modo que el flujo magnético generado será el correspondiente a 50A, utilizando la práctica totalidad del rango dinámico del sensor Hall).

I(real) nº espiras I(aparente) Lectura

1 A 50 50 A 10 V

1. Determinar el valor de las resistencias del circuito propuesto.

R1 = R3= R5= R7 =

R2 = R4 = R6 =

1. Montar el circuito propuesto y rellenar la tabla de medida de intensidad.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Intensidad** | **I medida** | **Intensidad** | **I medida** |
| **-1000 mA** | **-1001 mA** | **0 mA** | **1,8 mA** |
| **-900 mA** | **-910 mA** | **100 mA** | **106 mA** |
| **-800 mA** | **-816 mA** | **200 mA** | **212 mA** |
| **-700 mA** | **-719 mA** | **300 mA** | **317 mA** |
| **-600 mA** | **-618 mA** | **400 mA** | **419 mA** |
| **-500 mA** | **-530 mA** | **500 mA** | **512 mA** |
| **-400 mA** | **-402 mA** | **600 mA** | **609 mA** |
| **-300 mA** | **-316 mA** | **700 mA** | **719 mA** |
| **-200 mA** | **-206 mA** | **800 mA** | **807 mA** |
| **-100 mA** | **-111 mA** | **900 mA** | **910 mA** |
| **0 mA** | **2,4 mA** | **1000 mA** | **1004 mA** |

Nota: tenga en cuenta que, debido a la remanencia magnética del núcleo toroidal ferromagnético, la tensión de salida del sensor presentará un offset que dependerá del proceso de imanación seguido por el núcleo, es decir, presentará una histéresis debida a la propia histéresis del núcleo. Por tanto, para realizar las tablas de caracterización del amperímetro, se excitará con la corriente de fondo de escala, y a continuación se volverá al cero, ajustando tanto el cero como la sensibilidad del circuito. Se repetirá este proceso al invertir el sentido de la corriente.

1. Representar gráficamente las medidas realizadas. Determinar la linealidad del amperímetro diseñado y contrastar el resultado obtenido con el valor de linealidad dada por el fabricante.
2. **MEDIDA DE UN TRANSITORIO DE CORRIENTE: CORRIENTE DE CARGA-DESCARGA DE UN CONDENSADOR.**

Se pretende visualizar en el osciloscopio, la tensión y corriente de un condensador sometido a un proceso de carga y descarga. Se utilizará el circuito propuesto (esquemático del apartado 3). La tensión y corriente a medir será la presente en el condensador C1.

1. Dibuje gráficamente la tensión e intensidad en bornes del condensador C1, y calcule analíticamente el tiempo de carga y descarga del mismo.
2. Se pretende medir la tensión y la intensidad a través del condensador C1. Realizar la conexión necesaria utilizando el medidor de corriente diseñado para poder visualizar la intensidad en el osciloscopio. Utilizar el número de espiras que proporcione la salida óptima para su medida. De la señal visualizada represente gráficamente los siguientes datos:
3. Formas de onda de la intensidad y la tensión en el condensador C1.
4. Formas de onda de la intensidad y la tensión en la resistencia R3.
5. ¿Por qué los picos de carga y descarga del condensador no son del mismo nivel? ¿Qué elemento contribuye a ello y cómo?
6. **MEDIDA DE CORRIENTE ALTERNA**

Tras caracterizar y medir con el sensor Hall corriente continua, a continuación, se procederá a medir corriente alterna a una frecuencia de 10kHz. Destacar que la frecuencia superior de corte a -3dB del sensor está alrededor de 100kHz, de modo que entre DC y 10kHz tendremos una respuesta plana, es decir, sensibilidad constante.

Con objeto de generar la corriente alterna a 10kHz utilizaremos el generador de funciones. Conectaremos a la salida del generador de funciones las 50 espiras del sensor de corriente, junto con una resistencia de 1Ω conectada en serie y que utilizaremos para ajustar y medir la corriente alterna generada.

En estas condiciones, la corriente máxima que podrá generar el generador de funciones estará ligeramente por encima de 150mAp, de modo que caracterizaremos el amperímetro diseñado entre 0 y 150mAp y a una frecuencia de 1kHz. Tener en cuenta que al pasar la corriente de 150mAp por las 50 espiras el flujo generado es el correspondiente a 7,5Ap (por tanto, estaremos caracterizando el sensor para medir corriente alterna únicamente cubriendo el 12% del spam, que correspondería a 57Ap).



Las medidas se llevarán a cabo con una sensibilidad de 10V/A, de modo que para 150mAp se ajustará la caída de tensión en la resistencia de 1Ω a 300mVpp y deberá medirse a la salida de nuestro acondicionador una tensión de 3Vpp. Ajustar las corrientes variando la tensión de salida del generador de funciones y realizar las medidas conectando en un canal del osciloscopio la caída de tensión en la resistencia de 1Ω (medida de referencia de la corriente generada) y en el otro canal la salida de nuestro acondicionador con sensibilidad de 10V/A.

1. Caracterizar el amperímetro diseñado para la medida de corriente alterna. Para ello, realizar la siguiente tabla de medida de corriente alterna, a una frecuencia de 10kHz.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Intensidad [mAp]** | **I medida [mAp]** | **Intensidad [mAp]** | **I medida [mAp]** |
| **150 mAp** |  | **70 mAp** |  |
| **140 mAp** |  | **60 mAp** |  |
| **130 mAp** |  | **50 mAp** |  |
| **120 mAp** |  | **40 mAp** |  |
| **110 mAp** |  | **30 mAp** |  |
| **100 mAp** |  | **20 mAp** |  |
| **90 mAp** |  | **10 mAp** |  |
| **80 mAp** |  | **0 mAp** |  |

1. Representar gráficamente las medidas obtenidas (en el eje x la corriente generada y medida en la resistencia de 1Ω, y en el eje y la medida de corriente llevada a cabo con el sensor y acondicionador de efecto Hall).
2. Determinar el error de linealidad en la medida de corriente alterna en el rango hasta 150mAp.
3. Determinar la frecuencia superior de corte a -3dB del conjunto sensor Hall y acondicionador de señal diseñado.

**6.- ESPECIFICACIONES.**

A continuación, se dispone de las especificaciones correspondientes a los siguientes componentes o material utilizado:

- Sensor de Corriente CSLA1CD con sensor Hall 91SS12-2.

- Circuitos Integrados: LM741, LM555, LM7812.



Nota: en la sensibilidad, N indica el número de vueltas (nº de espiras enrolladas en el núcleo toroidal).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

