

ELECTRÓNICA

Guía de estudio 5:

Inductancia

Nivel: Secundario - Modalidad Educación Técnico-Profesional.

Ciclo: Segundo ciclo.

Especialidades: Electrónica, Electricidad.



Introducción

En esta guía veremos que es un inductor, su función en un circuito, inductancia, auto-inductancia, unidades, expresión de la inductancia, interconexión de inductores, comportamiento del inductor en corriente alterna, reactancia inductiva.

¿Qué estamos aprendiendo?: Inductancia en circuitos electrónicos

Antes de comenzar con esta guía es necesario haber completado la guía 1 sobre Resistencias y la guía 2 sobre Ley de Ohm.

Materiales de estudio

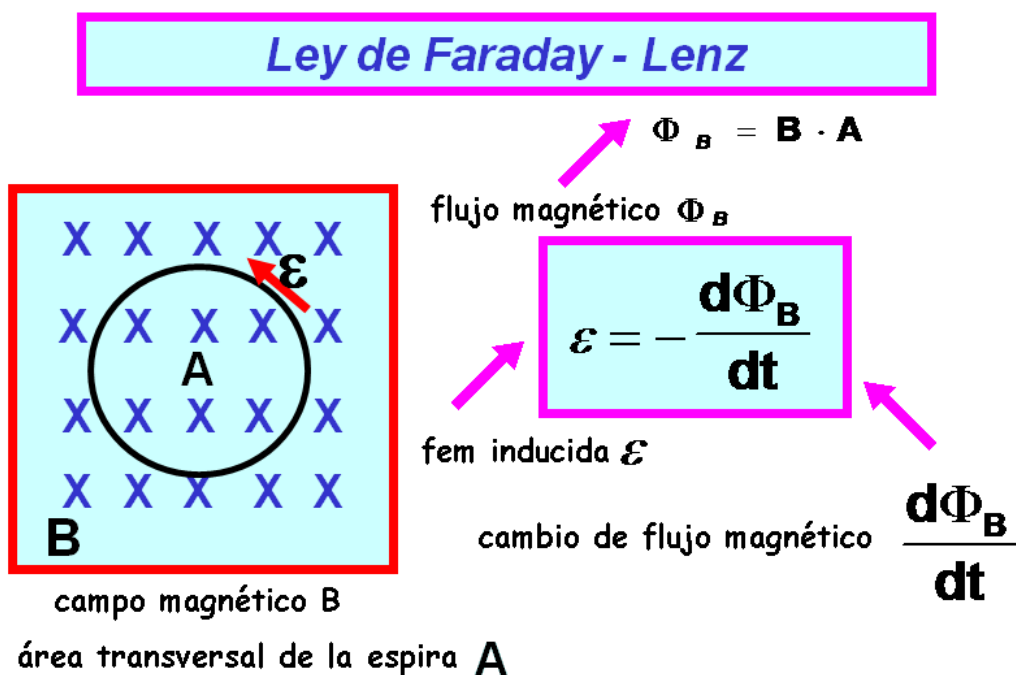
Recurso 1: Electricidad y Electrónica Parte 1 – Lic. Agustín Rela https://www.educ.ar/recursos/151487/electricidad-y-electronica-parte-1	
Recurso 2: http://www.ing.unp.edu.ar/electronica/asignaturas/ee016/index.htm	

Conceptos relevantes, explicaciones y ejercitaciones.

Experiencia de Faraday

Michael Faraday en Inglaterra y Joseph Henry en los Estados Unidos, en 1831, demostraron que en un campo magnético variable se puede inducir una corriente eléctrica.

Como resultados de estos experimentos surgió la ley de inducción de Faraday. De acuerdo con esta ley, el módulo de la fuerza electromotriz que se induce en una espira es el mismo que la velocidad con la que varía el flujo magnético a través de dicha espira.



El signo negativo en la ley de Faraday-Lenz indica que la FEM inducida se opone a la causa que la produce.

Un campo magnético variable en un circuito induce una corriente eléctrica.

Una corriente eléctrica variable en un circuito provoca un campo magnético.

La ley de Lenz establece la polaridad de la fuerza electromotriz inducida:

"Un campo magnético variable inicial B_1 induce una corriente mediante una fuerza electromotriz. La dirección de la corriente es tal que el nuevo flujo magnético B_2 que a su vez produce, se opone al cambio en el flujo del campo magnético inicial B_1 ".

De la misma manera, una corriente eléctrica que varía en un circuito produce líneas de campo magnético cuyo flujo se opone a la variación de corriente que lo generó.

Hay inducción cuando la corriente eléctrica modifica su intensidad.

Inducción: es la propiedad de un circuito que hace que se oponga a cualquier cambio en la intensidad de la corriente.

Supongamos un circuito aislado formado por una llave, una resistencia R y una fuente de tensión constante E . Cuando se cierra la llave la corriente no alcanza su valor máximo, E/R , instantáneamente.

Esto se debe a La ley de la Inducción Electromagnética (Ley de Faraday). Ocurre lo siguiente: al incrementarse la corriente en el tiempo, se produce un flujo magnético a través de la espira que también va aumentando en el tiempo.

Este aumento en el flujo induce en el circuito una fuerza electromotriz que se opone al **cambio** del flujo magnético a través de la espira. Por la ley de Lenz, puede verse que el campo eléctrico inducido en el alambre tiene sentido opuesto al de la corriente que circula por el circuito, y esta fuerza contraelectromotriz genera un aumento gradual (no instantáneo) en la corriente. Como veremos más adelante, esta es la causa por la cual la corriente atrasa 90° a la tensión en un inductor, y la reactancia inductiva se encuentra en el eje imaginario positivo en el plano complejo.

Esta autoinducción es consecuencia de que el flujo variable a través del circuito se produce por el mismo circuito. La fuerza electromotriz producida se denomina fuerza electromotriz autoinducida.

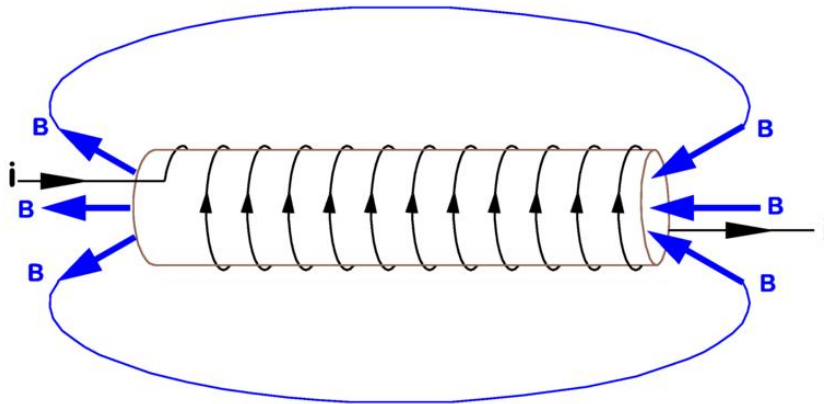
Cuantitativamente la autoinducción o fuerza electromotriz autoinducida, de acuerdo a la ley de inducción de Faraday, es igual a la variación flujo magnético en el tiempo. Y, conforme a lo que ocurre experimentalmente, que dio lugar a la ley de Lenz, esa variación es negativa.

Hay una corriente, que produce un campo magnético, que origina un flujo magnético a través de la espira por la que circula dicha corriente.

CORRIENTE → CAMPO MAGNÉTICO → FLUJO MAGNÉTICO

Debido a que el flujo magnético es proporcional al campo magnético que lo genera, que a su vez es proporcional a la corriente en el circuito que dio lugar a ese campo magnético, la fuerza electromotriz autoinducida es proporcional a la variación de la corriente a través del tiempo.

Supongamos una bobina de N espiras muy apretadas entre sí.



Fuente de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Picture_of_solenoid.png

AUTOINDUCCIÓN

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

Donde L es una constante de proporcionalidad, llamada inductancia del dispositivo, que depende de las características geométricas y físicas del circuito.

De esta ecuación, se puede ver que la inductancia de una bobina de N espiras se puede calcular con la ecuación:

$$L = \frac{N\Phi_B}{i}$$

En esta expresión suponemos que todas las espiras concatenan el mismo flujo magnético. Mediante esta ecuación se puede calcular la inductancia de algunos inductores con geometrías sencillas.

Así como la resistencia es una medida de la oposición a la corriente, la inductancia es una medida de oposición al **cambio** de la corriente.

Despejando L de la expresión de autoinducción:

$$L = \frac{\varepsilon}{di/dt}$$

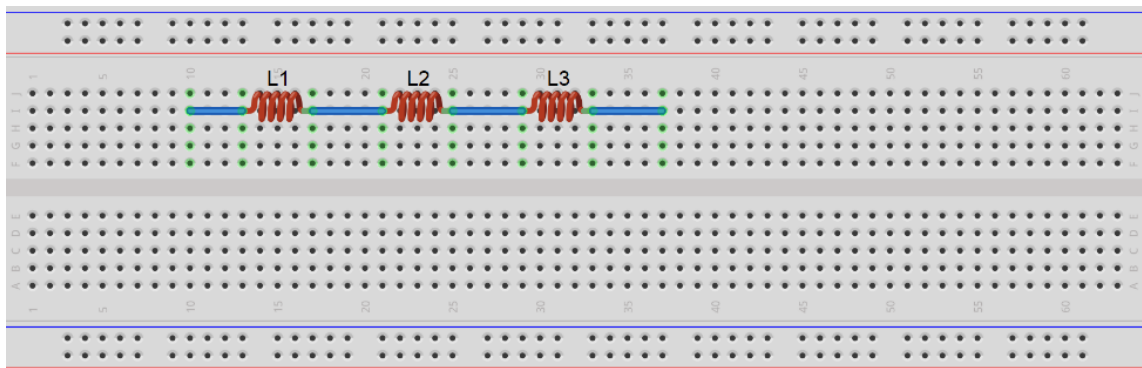
Esta expresión nos permite ver que el Henry H, la unidad de la inductancia, equivale a 1 volt-segundo sobre Amper:

Las unidades de L son:

$$V \cdot s / A = H \text{ (Henrio)}$$

$$1H = 1 \frac{V \cdot s}{A}$$

Inductores en Serie



fritzing

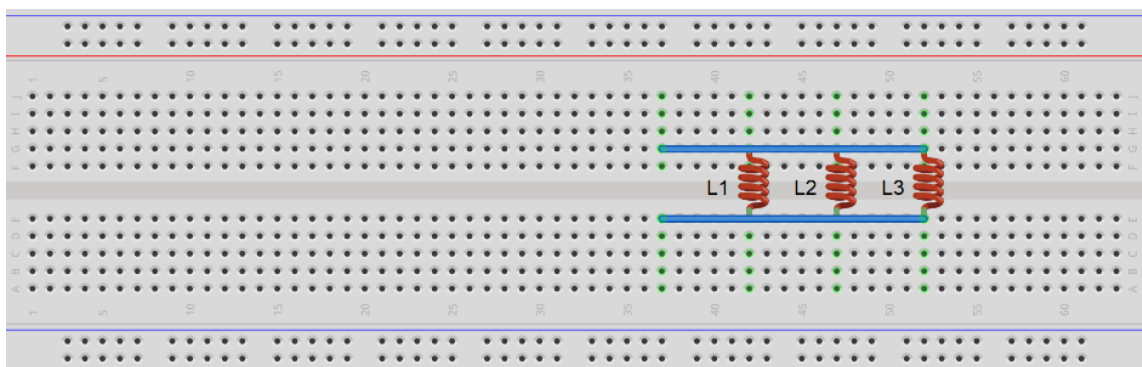
La inductancia total es, al igual que en resistencias en serie, la suma de las inductancias.

La inductancia total para 3 inductores en serie es:

$$L_e = L1 + L2 + L3 \quad \text{Conexión en serie}$$

Observe que tiene la misma forma que tres resistencias en serie.

Inductores en Paralelo



fritzing

Igual que en las resistencias y al revés que en los capacitores, la inductancia equivalente es la inversa de la suma de las inversas de las inductancias.

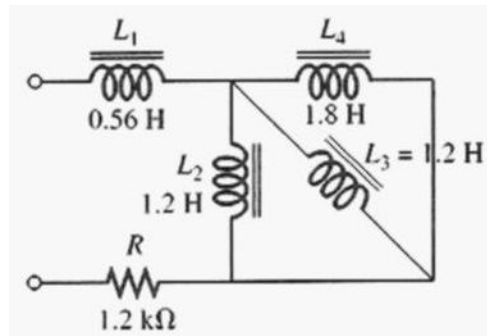
La inductancia equivalente total para tres inductores en paralelo es:

$$L_e = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}} \quad \text{Conexión en paralelo}$$

Observe que tiene la misma forma que el paralelo de tres resistencias.

Ejemplo

Hallar la inductancia equivalente total.



Fuente de la imagen:

"Introducción al Análisis de Circuitos", de Robert Boylestad, 10ª edición, página 495.

L2 y L3 están en paralelo y tienen el mismo valor, por lo tanto, la inductancia L23 es:

$$L_{23} = 0,6 \text{ H}$$

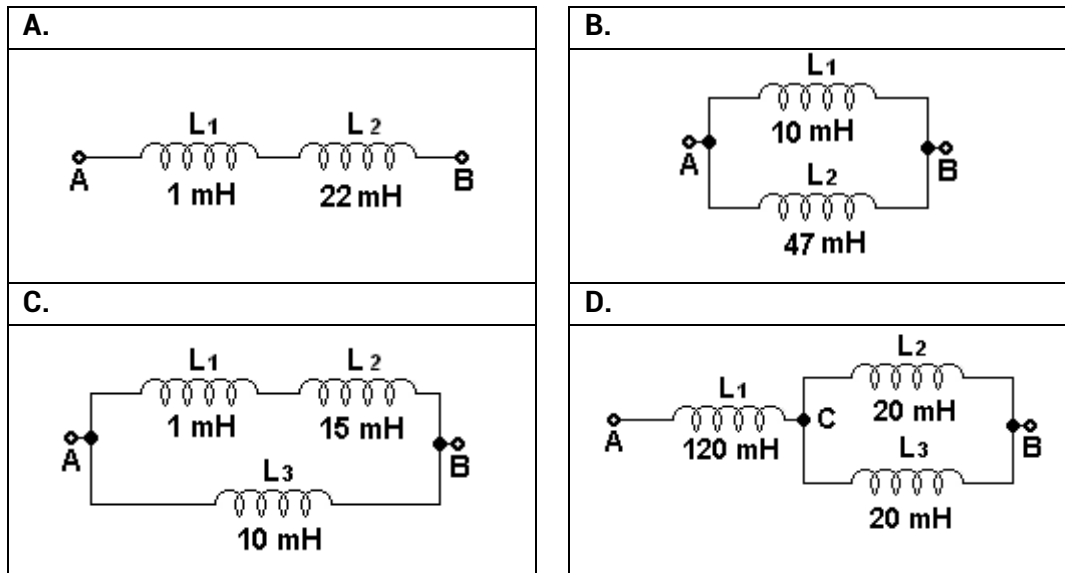
L4 y L23 están en paralelo:

$$L_{234} = \frac{L_{23} \cdot L_4}{L_{23} + L_4} = \frac{0,6 \text{ H} \cdot 1,8 \text{ H}}{0,6 \text{ H} + 1,8 \text{ H}} = 0,45 \text{ H}$$

L1 está en serie con L234, por lo tanto, la inductancia equivalente total del circuito es $L_e = 1,01 \text{ H}$

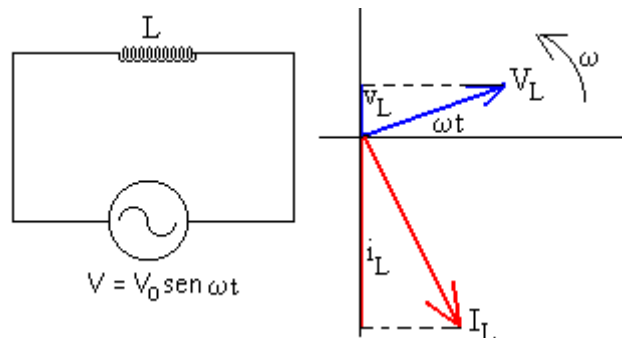
Ejercicio N° 1

Para las configuraciones que se dan a continuación se pide hallar la inductancia equivalente entre A y B.



El inductor en corriente alterna

En la siguiente figura puede verse un inductor en un circuito de una única malla con un generador de onda senoidal de frecuencia angular ω y amplitud V_0 .



Fuente de la imagen:

<http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica/electromagnet/inducccion/alterna/alterna.htm>

A la derecha de la figura vemos un diagrama fasorial de tensión y corriente en el inductor. La explicación física del atraso de 90° de la corriente respecto de la tensión es que la tensión se establece instantáneamente, pero la corriente no, debido a que la inductancia del circuito se opone a las variaciones de corriente.

La explicación desde el punto de vista matemático es la siguiente:

La suma de las tensiones en la malla es cero:

$$-L \cdot \frac{di}{dt} + V_0 \cdot \text{sen}(\omega t) = 0$$

Si integramos di respecto del tiempo tendremos:

$$i_L = \frac{V_0}{\omega L} \operatorname{sen} \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

En un inductor, la corriente atrasa 90° respecto a la tensión.

Recordemos que en una resistencia la corriente y la tensión están en fase.

Todo circuito en el cual la corriente atrase respecto a la tensión, se dice que tiene comportamiento inductivo.

Reactancia inductiva

La relación ente las amplitudes de la tensión y la corriente en un inductor se denomina **Reactancia Inductiva** y es:

$$\frac{V_l}{I_L} = |X_L| = \omega L$$

Podemos ver, a partir de la Ley de Ohm, que la unidad de la reactancia inductiva es el Ohm (Ω) ya que es una relación entre tensión y corriente.

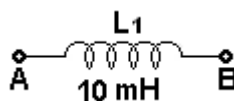
Esta cantidad de ohm que representa la reactancia inductiva es diferente a la cantidad de ohm de la resistencia porque aquí depende de la frecuencia.

Además, en una resistencia la tensión y la corriente están en fase, mientras que en un inductor la corriente atrasa 90° a la tensión. Por eso, al módulo de XL debemos anteponerle j para indicar que está en el eje imaginario positivo del plano complejo.

$$X_L = j\omega L$$

Ejemplo

Hallar la reactancia inductiva para el siguiente inductor a $f = 50\text{Hz}$



$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ radianes/seg}$$

$$X_L = j314 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = j3,14 \Omega$$

Ejercicio N°2

Para los circuitos del ejercicio N° 1 hallar la reactancia inductiva de todos los inductores para las frecuencias $f = 50\text{Hz}$ y $f = 1.5\text{KHz}$

Para seguir aprendiendo: Inductores

Ejercicio N°3

Consulta el libro "Electricidad y Electrónica Parte 1" del autor Lic. Agustín Rela, indicado como Recurso N°1, en la página 92 "Autoinducción".

<https://www.educ.ar/recursos/151487/electricidad-y-electronica-parte-1>



- ¿Qué es inductancia?
- ¿Qué es una fuerza contraelectromotriz?

Ejercicio N°4

Consulta el siguiente recurso y contesta las preguntas:

<http://www.ing.unp.edu.ar/electronica/asignaturas/e016/tutoriales/inductores/inductores.htm>



- ¿Un inductor real solo tiene inductancia o también tiene resistencia?
- ¿Por qué los diseñadores de circuitos electrónicos prefieren el uso de capacitores en vez de inductores?

A modo de cierre de esta guía, te proponemos resaltar aquello que te ha resultado más difícil, que te hayas dado cuenta que requiere más explicaciones, ejercitaciones, etc. Repasá la guía, revisá tus apuntes y respuestas. ¡¡¡Escribilo todo!!! Para el momento en que te encuentres con tus profesoras y profesores.