

✓ TEORÍA DE CIRCUITOS - Inductómetro con autorango + Q-metro

- Determinar el comportamiento de circuitos con componentes pasivos.
- Resolución de ecuaciones diferenciales para el análisis del sistema.
- Análisis de respuestas en el dominio temporal y frecuencial.
- Interfaz gráfica para interacción con el usuario y muestreo de diagramas.

REFERENCIAS:

[Manual Python 3](#)

[Google Colaboratory](#)

[Medidor de inductancia con Arduino](#)

[Medidor de Bobinas/Inductores y Capacitores con Arduino y Display LCD](#)

[Mastering Q-Factor calculation in RL, RC and RLC circuits](#)

GRUPO DE TRABAJO: #2

INTEGRANTES:

1. Daniel Fabrizio, **Di Módica**.
2. Matías Manuel, **Sanchez Sosa**.

> MÓDULOS DE USO GENERAL EN PYTHON

[] ↳ 1 celda oculta

> TOOLBOX ASyS

[] ↳ 1 celda oculta

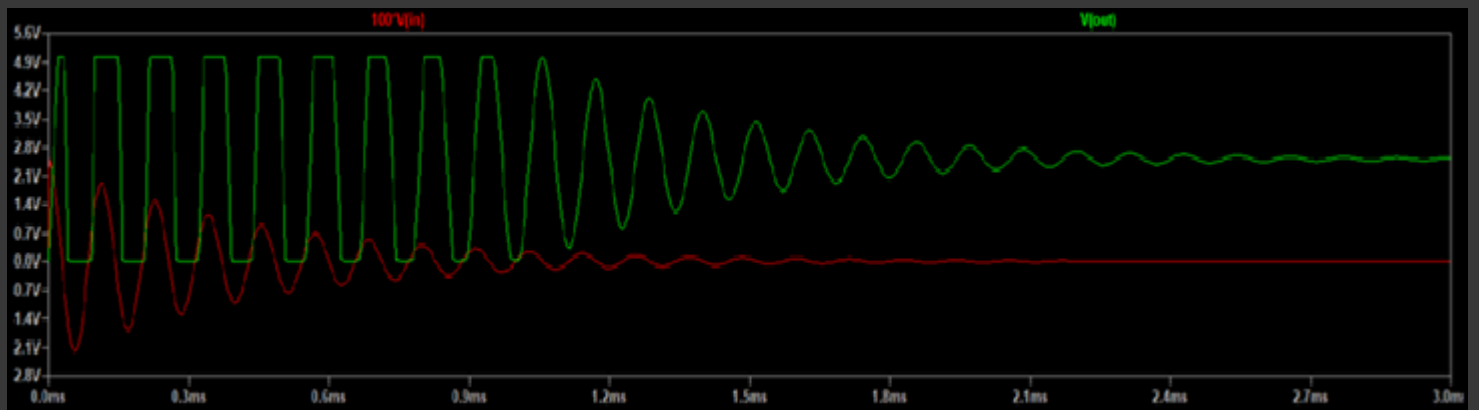
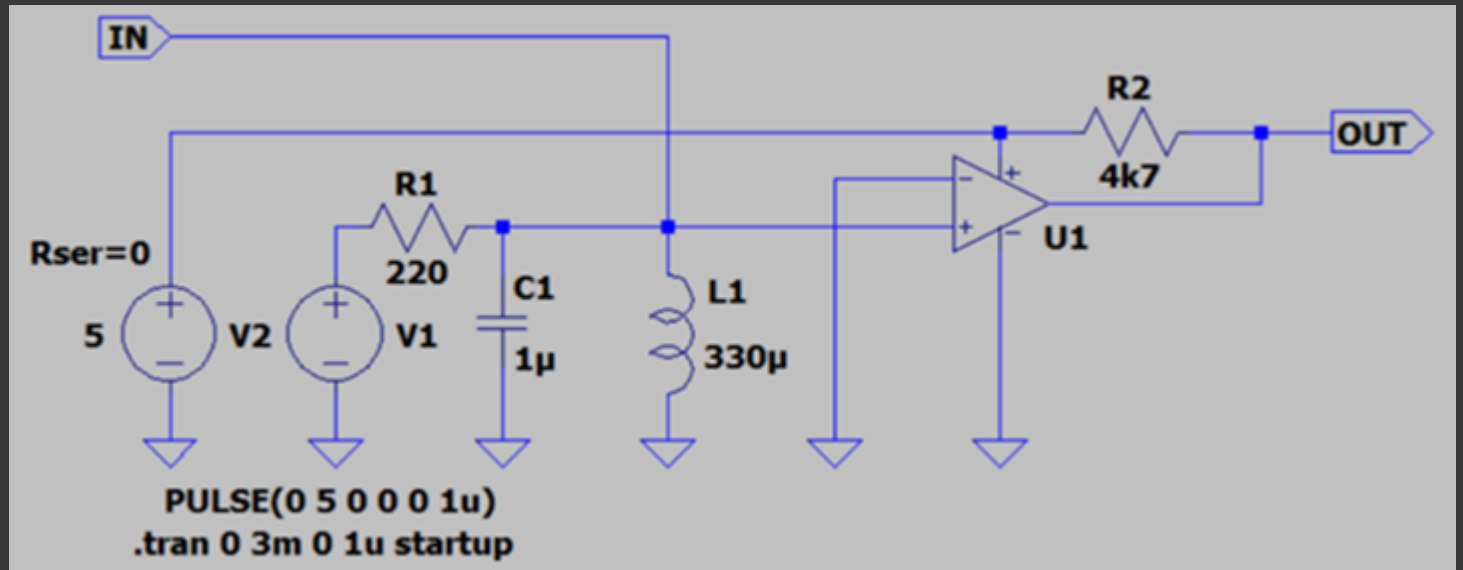
> TOOLBOX Funciones Python

[] ↳ 1 celda oculta

CONSIGNA INTEGRADORA

El proyecto **Medidor de Inductancia** con rango automático tiene como objetivo crear un dispositivo para medir la inductancia y calcular el factor de calidad de cualquier inductor a partir de la frecuencia de resonancia del circuito.

DIAGRAMA ELECTRÓNICO Y SIMULACIÓN



RESOLUCIÓN ANALÍTICA

$$R_1 = 220 \, \Omega \implies V_{R_1} = I_{R_1} \cdot R_1 \wedge I_{R_1} = \frac{V_{R_1}}{R_1}$$

$$C_1 = 1 \, \mu F \implies V_{C_1} = \frac{1}{C} \int_{<T>} i_{C_1}(t) \, dt \wedge I_{C_1} = C \cdot \frac{dv_{C_1}(t)}{dt}$$

$$L_1 = 330 \, \mu H \implies V_{L_1} = L \cdot \frac{di_{L_1}(t)}{dt} \wedge I_{L_1} = \frac{1}{L} \int_{<T>} v_{L_1}(t) \, dt$$

Hallar la expresión de la Ecuación Diferencial Ordinaria

$$\text{Ley de Nodos : } i(t) = i_{R_1}(t) = i_{C_1}(t) + i_{L_1}(t)$$

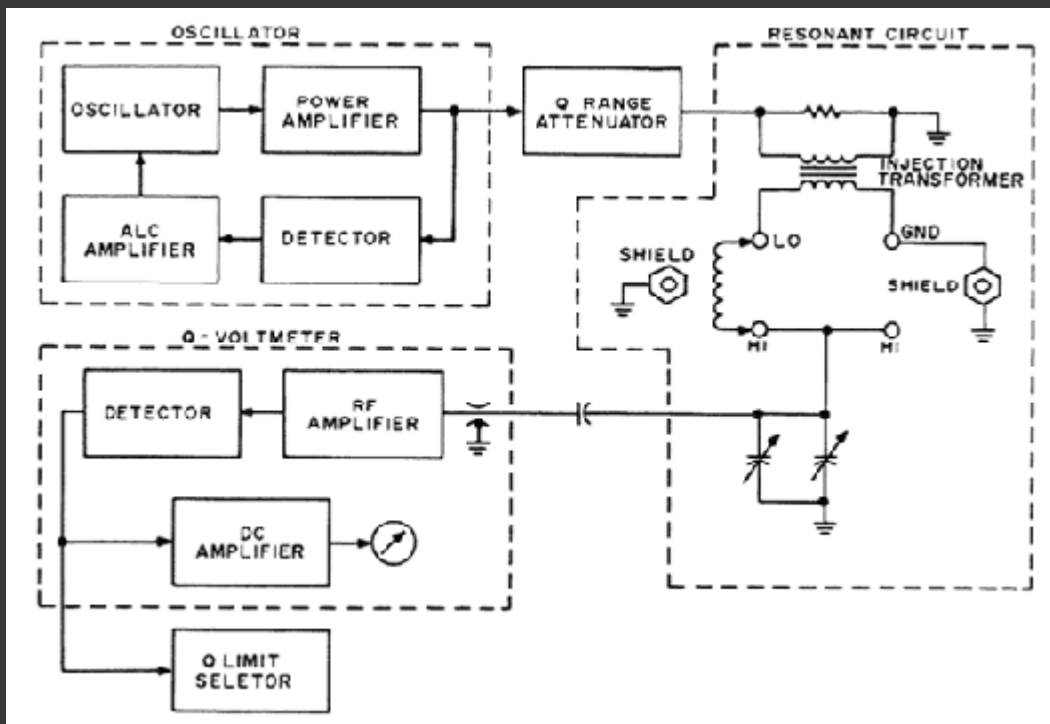
$$\text{Ley de Mallas : } v_i(t) = v_{R_1}(t) + v_o(t)$$

$$v_o(t) = v_{L_1}(t) = v_{C_1}(t)$$

$$v_i(t) = \left(i_{C_1}(t) + i_{L_1}(t) \right) \cdot R_1 + v_o(t)$$

$$v_i(t) = \left(C_1 \cdot \frac{dv_{C_1}(t)}{dt} + \frac{1}{L_1} \int_{<T>} v_{L_1}(t) \, dt \right) \cdot R_1 + v_o(t)$$

$$\frac{1}{R_1 C_1} \cdot \frac{dv_i(t)}{dt} = \frac{d^2 v_o(t)}{dt^2} + \frac{1}{R_1 C_1} \cdot \frac{dv_o(t)}{dt} + \frac{1}{L_1 C_1} \cdot v_o(t)$$



Determinación y medición del Factor de Calidad (Q)

La proporción de reactancia de un componente a su resistencia se utiliza para determinar su **factor de calidad**. La magnitud de Q generalmente se considera una cifra que expresa la capacidad de un componente para almacenar energía en comparación con la cantidad de energía disipada en forma de calor. En el rendimiento del circuito, Q se puede definir como la relación entre la energía total almacenada y la potencia promedio disipada por ciclo.

$$Q \text{ de un componente reactivo} : Q = \frac{X_s}{R_s} = \frac{R_p}{X_p}$$

Donde X_s y X_p son reactancias en serie y en paralelo, y R_s y R_p son resistencias en serie y en paralelo.

Cuando el capacitor de aire variable se ajusta de manera que el circuito sea resonante en la frecuencia deseada, la corriente que fluye en el circuito es $i = \frac{e}{R_s}$ y el voltaje a través del capacitor es calculado aplicando la siguiente fórmula.

$$E = \frac{e}{R_s} X_c \longrightarrow \frac{E}{e} = \frac{X_c}{R_s} = \frac{X_L}{R_s} = Q$$

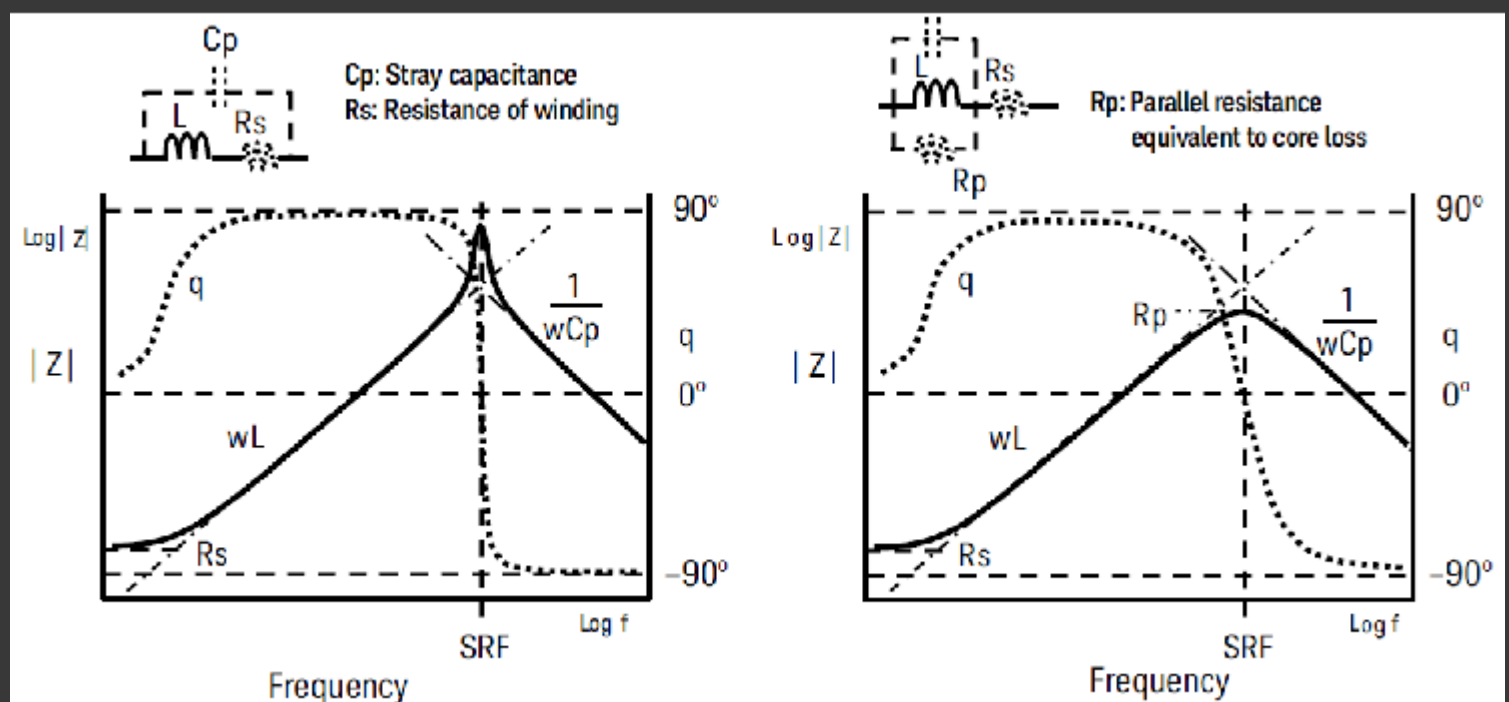
CONCLUSIONES PRELIMINARES

La siguiente imagen muestra dos configuraciones de circuitos inductivos con componentes parasitarios y sus respectivas respuestas en frecuencia en términos de magnitud de la impedancia y ángulo de fase.

C_p : **Capacitancia parásita.**

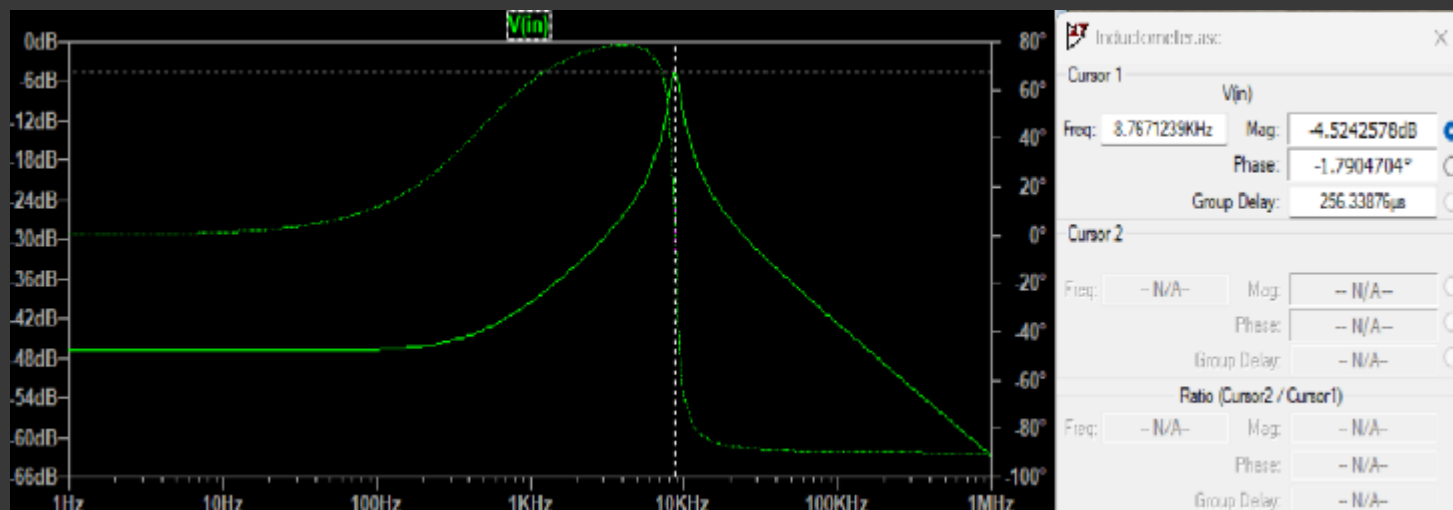
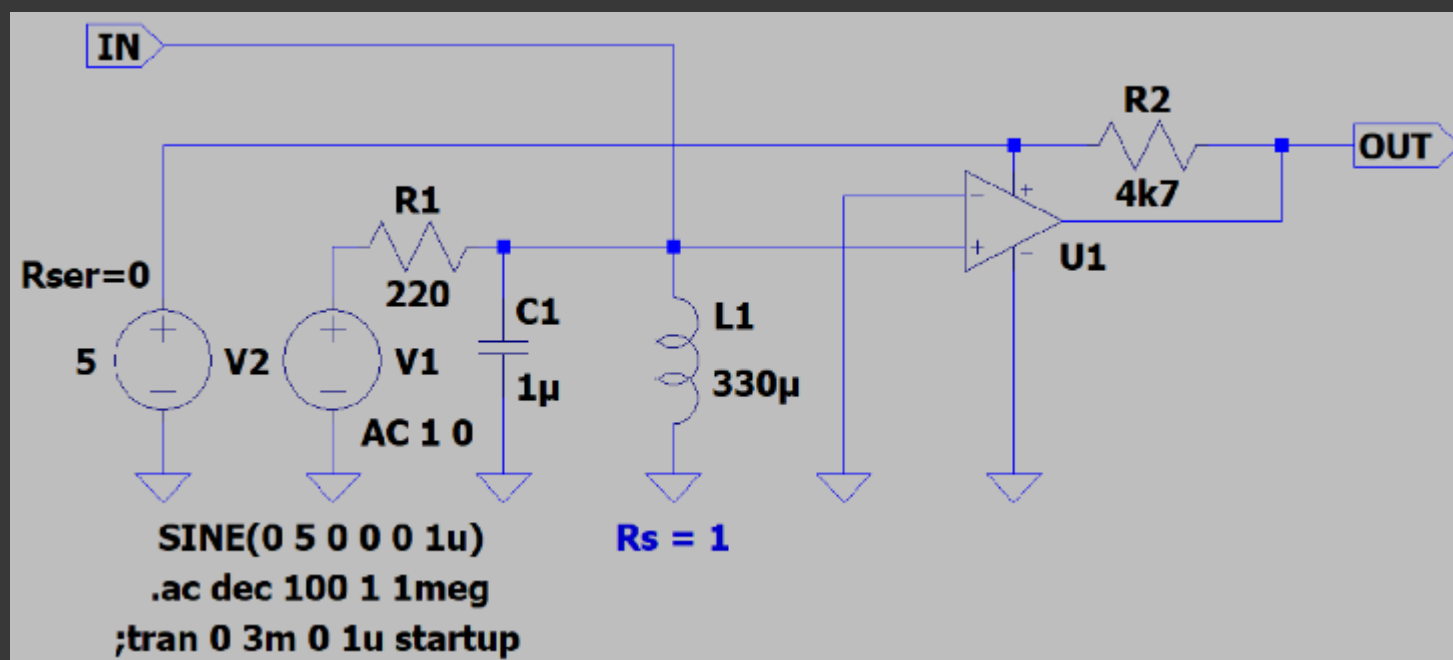
R_s : **Resistencia del devanado.**

R_p : **Resistencia en paralelo equivalente a la pérdida del núcleo.**



La capacitancia parásita de un inductor provoca una respuesta de frecuencia típica como se muestra en el gráfico donde se representa el módulo de la impedancia en escala logarítmica. Debido a la capacitancia parásita, el inductor tiene un punto de impedancia máxima en la frecuencia de auto-resonancia $\left(\omega L = \frac{1}{\omega C_p}\right)$. En la región de baja frecuencia, la reactancia es **inductiva**. Sin embargo, después de la frecuencia de auto-resonancia domina la **reactancia capacitiva** debido a la capacitancia parásita.

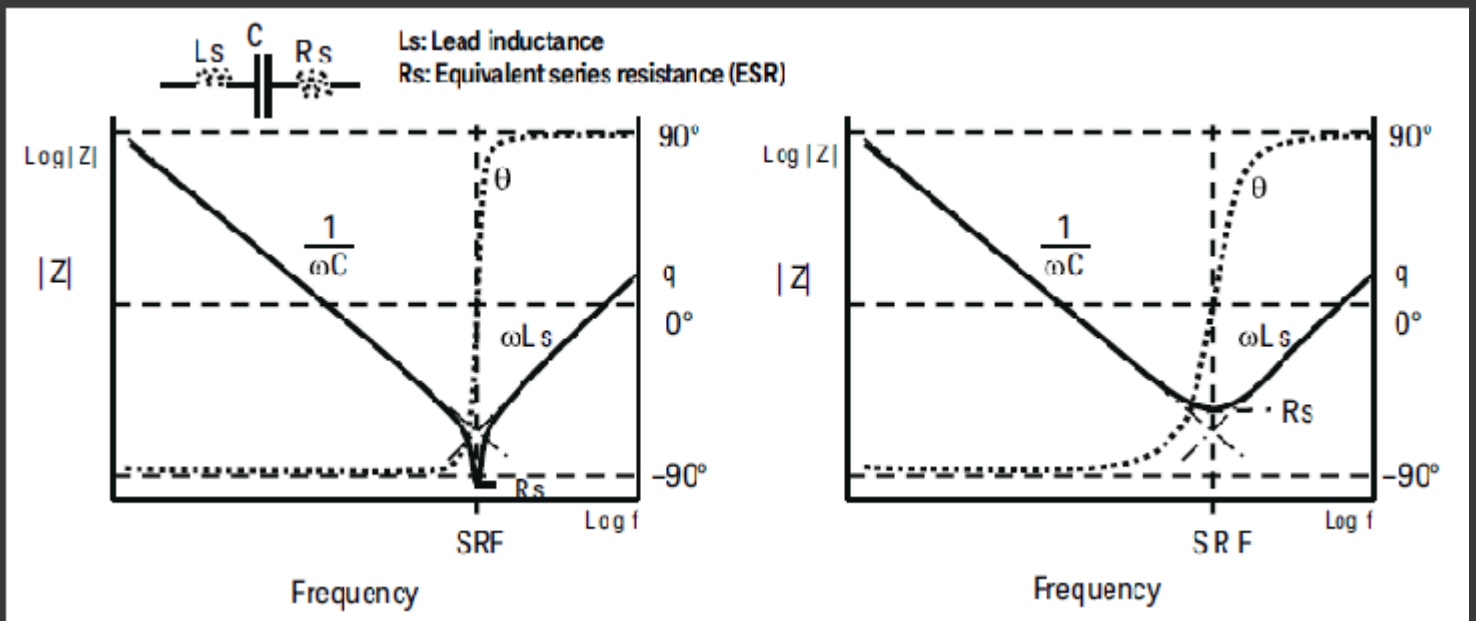
Análisis en Régimen Senoidal Permanente ~ Gráfico de $\log|Z|$ en RLC paralelo



La siguiente imagen muestra dos configuraciones de circuitos capacitivos con componentes parasitarios y sus respectivas respuestas en frecuencia en términos de magnitud de la capacitancia y ángulo de fase.

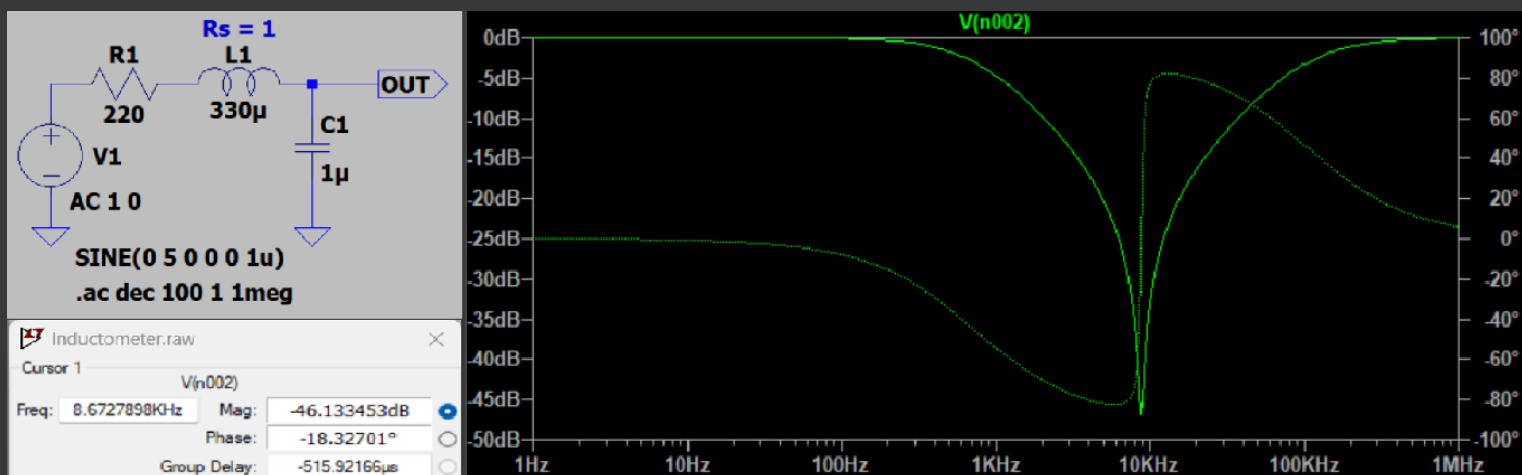
L_s : *Inductancia en serie equivalente (ESL).*

R_s : *Resistencia en serie equivalente (ESR).*



En cuanto a los condensadores, la inductancia parásita es la causa principal de la respuesta de frecuencia. A bajas frecuencias, el ángulo de fase de la impedancia es de alrededor de -90° , por lo que la reactancia es **capacitiva**. La respuesta de frecuencia del capacitor tiene un punto de impedancia mínimo en una frecuencia de auto-resonancia ($\omega L = \frac{1}{\omega C_p}$), que se determina a partir de la capacitancia y la inductancia parásita de un modelo de circuito equivalente en serie para el capacitor. Como resultado, el ángulo de fase es 0° y el dispositivo es **resistivo**. Después de la frecuencia de resonancia, el ángulo de fase cambia a un valor positivo alrededor de $+90^\circ$ y por lo tanto, domina la **reactancia inductiva** debida a la inductancia parásita.

Análisis en Régimen Senoidal Permanente ~ Gráfico de $\log |Z|$ en RLC serie



> RESOLUCIÓN NUMÉRICA



↳ 1 celda oculta

Overview

The **Inductometer** project with autoranging aims to create a device to measure inductance and calculate the quality factor of any inductor from the resonance frequency of the circuit. This meter is ideal for educational, research and electronic design applications.

Hardware & Setup

- [\[\] Identification of the sensors, modules and controllers used.](#) DDM ~ 1.5

▼ Electronic components

- * **LPC845-BRK** or **ATmega32u4**.
 - * Rechargeable polymer lithium battery.
 - * **TP4056** Charging module for 3.7V - 1A Li-ion battery.
 - * **LM393** Operational amplifier (OPAM).
 - * **100Ω** 1/4W and **220Ω** 1/4W Resistors.
 - * Capacitor bank with different types.
 - * **INA219** Current/Voltage sensor ~ Maximum 3.2A/0-26V. (Q-meter)
 - * **KY-040** Rotary encoder.
 - * IPS HD TFT **ST7789**.
 - * Slide power switch.
- [\[\] Hardware installations and cabinet design.](#) DDM ~ 0
 - [\[\] Development board \(Schematic and PCB\).](#) DDM ~ 0

Firmware & Software

- [\[\] Achieving connectivity between sensors and modules with the microcontroller.](#) DDM ~ 0 MSS ~ 0

Documentation & Doxygen

- [\[\] Doxygen v1.9.6 implementation for code documentation.](#) DDM ~ 0
- [\[x\] Presentation of the project idea.](#) DDM ~ 4.5 MSS ~ 1
- [\[\] Comprehensive and extensive project report.](#) DDM ~ 0.5 MSS ~ 0
- [\[\] Illustrations of the experience and trials.](#) DDM ~ 0
- [\[\] Load component datasheet.](#) DDM ~ 0.5

Contributing

General Firmware Developers: **@Danmuse**

General Hardware Developers: **@Danmuse** ~ **@msanchezsosa**

Documentation Managers: **@Danmuse** ~ **@msanchezsosa**

Doxygen Editor: **@Danmuse**