

# Medidor de Indutância e Capacitância

## MICROPROCESSADORES E MICROCONTROLADORES

Filipe Alves de Sousa (15/0125429), Flavio Vieira Leão (15/0125682)

Engenharia Eletrônica

Faculdade Gama - Universidade de Brasília

Gama, DF

E-mail: fylpew@gmail.com, flavio.vl@gmail.com

Diogo Caetano Garcia

### RESUMO

Este projeto tem o intuito de construir medidor, pequeno e de simples uso, de Indutância e Capacitância utilizando de um microcontrolador MSP430 de baixo consumo de potência desenvolvida pela Texas Instruments..

### I. INTRODUÇÃO

De acordo com o Inmetro, instrumentos de medição são dispositivos utilizados para mensurar grandezas físicas, tornando possível a obtenção de dados, em um determinado sistema e em diferentes contextos e aplicações. [1]

O uso de equipamentos que medem de forma precisa, conjuntamente com os avanços em pesquisas e experimentos voltados a Engenharia Eletrônica, possibilitaram operações sofisticadas que auxiliam o contínuo estudo de componentes. Como no caso da análise de capacitores e indutores, cujas propriedades de interesse a serem verificadas são respectivamente, capacitância e indutância.

A capacitância é uma grandeza escalar, dada pela quantidade de energia elétrica que fica armazenada no campo elétrico de um capacitor, cuja unidade de medida é o Farad [F]. E a indutância é uma grandeza, determinada pela quantidade de energia elétrica que fica armazenada no campo magnético de um indutor, medida em uma unidade conhecida como Henry [H]. [2]

Devido à grande demanda por quantificar/medir e contribuir com outras tantas particularidades de circuitos com os quais trabalha-se com estes

componentes, foi proposta a implementação de um instrumento capaz de aferir as grandezas supracitadas.

### II. OBJETIVO

O objetivo do projeto é de desenvolver um instrumento de fácil manuseio e baixo custo, utilizando o MSP430, cuja finalidade é medir as grandezas Indutância e Capacitância de cada componente eletrônico a ser analisado, respeitando-se os limites de tolerância em relação aos seus respectivos valores teóricos.

### III. REQUISITOS

O medidor deverá, de forma satisfatória, medidas precisas de capacitores e indutores:

**Capacitância:** Faixa de 20pF até centenas de microfarads com precisão de até  $\pm 5\%$ .

**Indutância:** Faixas de 20 $\mu$ H até centenas de milihenry com precisão de até  $\pm 5\%$ .

### IV. JUSTIFICATIVA

Os equipamentos de medição são de suma importância para quem trabalha com eletrônica. Visto que eles permitem a análise de defeitos, diagnósticos e aferição de valores reais dos componentes.

Existem muitos multímetros que fazem medidas de indutância e capacitância, porém, geralmente são equipamentos de alto custo, difícil acesso e que, muitas

das vezes, não são disponibilizados aos alunos de cursos técnicos e de graduação.

A motivação deste projeto consiste em complementar os instrumentos básicos de medição, já existentes, para que todo aluno de eletrônica possa comprar ou fazer o seu medidor de capacitância e indutância.

## V. BENEFÍCIOS

O instrumento a ser projetado poderá ser utilizado para auxiliar na verificação de valores de capacitância e indutância de forma prática, facilitando na identificação de cada componente a ser medido. Devido ao MSP430 ser um microcontrolador de baixo consumo energético, por ser um equipamento portátil, o medidor poderá ser alimentado com uma bateria ou com um laptop comum. Além do fácil manuseio, esse dispositivo armazenará os valores medidos, será de baixo custo e poderá melhorar de forma significativa o desempenho em estudos de circuitos eletrônicos.

## VI. DESCRIÇÃO DO HARDWARE

Serão utilizados os seguintes componentes:

- Microcontrolador MSP430G2553;
- Display LCD– 16x2
- Bateria de alimentação 9V;
- Protoboard
- Resistores: 3x100K, 2x47K e 100;
- Indutor: 82uH
- Capacitores: 2x1nF, 10uF e 0.1uF ;
- LM7805;
- Fios e Jumpers Macho;
- 

O circuito analógico foi separado em 3 partes, uma para medir indutância e duas para capacitância (capacitância até 1 nF e a outra para maiores que 1nF).

A medição de capacitores menores e indutores foi usada por meio da abordagem de um circuito ressonador LC (tanque de ressonância). Usando um indutor e capacitor de precisão conhecidos gerando uma frequência de oscilação inicial, após isso, com o oscilador funcionando foi adicionado um indutor desconhecido

em série ou um capacitor desconhecido em paralelo com o ressonador gerando uma nova frequência de oscilação. Assim, podemos medir a variação da frequência provocada adicionando um indutor ou capacitor desconhecido e determinar o valor desconhecido calculando-se a partir da fórmula de frequência de ressonância abaixo:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C^*)}}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L+L^*)C}}$$

$$L_x = \left[ \left( \frac{f_r}{f_2} \right)^2 - 1 \right] L$$

$$C_x = \left[ \left( \frac{f_r}{f_1} \right)^2 - 1 \right] C$$

Onde:

Fr é a frequência de oscilação sem adicionar nenhum componente desconhecido.

F1 é frequência de oscilação com o capacitor desconhecido adicionado em série.

F2 é frequência de oscilação com o indutor desconhecido adicionado em paralelo.

L é a indutância do tanque conhecida.

C é a capacitância do tanque conhecida.

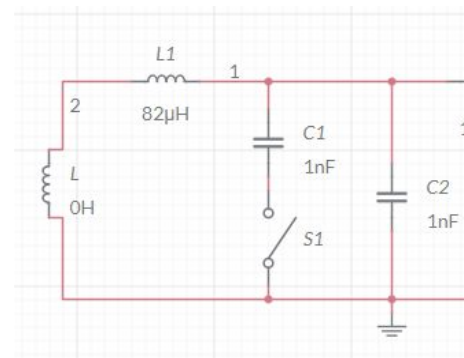
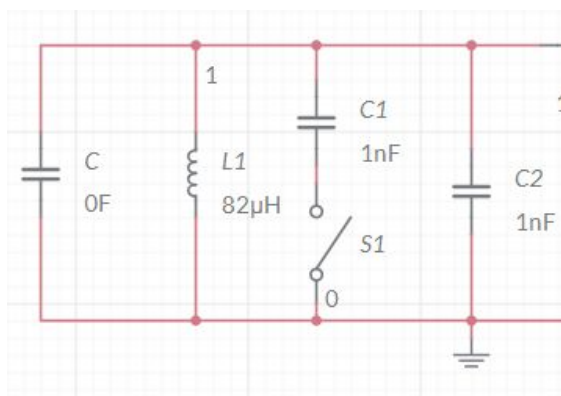


Figura 1. Circuito ressonante LC com indutor desconhecido



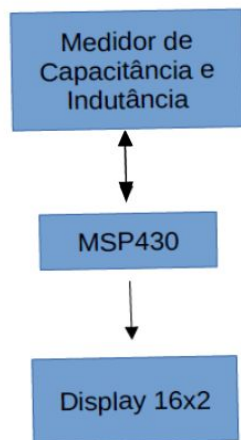
**Figura 2.** Circuito ressonante LC com capacitor desconhecido

Na medição de capacitores maiores que 1nF, foi usado o ciclo de carga e descarga, associando-se o capacitor a um resistor conhecido, com um timer preciso, onde é medido o tempo de carga e descarga deste capacitor. Como o tempo de carga é linear, ele foi usado para calcular o valor da capacitância a partir da fórmula da constante de tempo abaixo:

$$\tau = RC \quad C = \frac{\tau}{R}$$

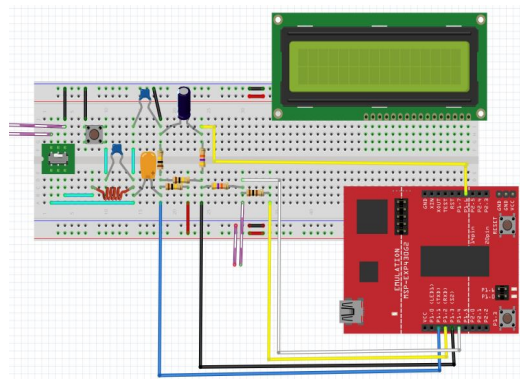
A comunicação com o display está em fase de adaptação, utilizando-se a linguagem C. Foi possível escrever também, uma parte do que diz respeito ao funcionamento conjunto do circuito analógico conectado ao microprocessador para aferir e exibir as medidas dos indutores e capacitores.

Diagrama de blocos funcional do projeto.



**Figura 1.** Diagrama de blocos ilustrando o circuito

A parte digital consiste na comunicação entre o microcontrolador e o display. O arranjo dos componentes utilizados está representado na figura a seguir:



**Figura 2.** Disposição dos componentes utilizados

Neste circuito, a parte do medidor LC (Capacitância até 1nF) utiliza P1.1, P1.3, P1.6. O comparador A é usado junto com outros componentes passivos para formar um circuito de tanque LC. Ele oscila em uma frequência com base nos valores do indutor e do capacitor.

Um interruptor foi usado para selecionar o modo de medição de capacitância ou indutância. Com o componente capacitor/indutor conectado, pode-se obter a frequência da oscilação e verificar o valor L ou C, segundo a equação citada.

A medição de capacitor de alta faixa utiliza os pinos P1.4 e P1.3. O pino P1.4 do microcontrolador foi configurado como entrada inversora do Comparador A (-) e utilizou-se uma tensão de 0.55V interna na entrada não-inversora (+).

Configurou-se a interrupção do comparador para disparar o Timer A e medir o tempo que leva para carregar um capacitor a ser medido com tensão de 0,55V. Sabendo que o tempo de carga é linear à capacitância, foi usado um valor calibrado armazenado como referência para calcular a capacitância do elemento testado.

O pino P1.3 foi usado para iniciar a carga do capacitor testado através de um resistor de 47k. Então, devido a demora ocorrida durante as medições de capacitores com valores maiores, foi adicionado um resistor com objetivo de medir o valor da resistência interna dos capacitores, ESR (pelo pino P1.2), obtendo-se assim um maior alcance.

Desta forma, foi possível carregar o capacitor desconhecido através do pino P1.3 (resistor de 47k) sendo que quando ele atingia 50 vezes, pode-se conectá-lo ao local de medir via pino P1.2 (com resistor de 100 ohms), para carregar o capacitor testado em menor tempo.

A medição de ESR foi baseada na medição de capacitância de faixa alta (pinos P1.4, P1.3) com um pino P1.2 adicional. Onde utilizou-se o pino P1.4 como entrada ADC. O resistor de 100 ohms foi usado entre os pinos P1.2 e P1.4, com um capacitor de teste no lugar entre P1.4 e terra, esses três nós (P1.2, P1.4 e Gnd) formam um divisor de tensão. Medindo a tensão em P1.4 para encontrar a resistência interna (ou ESR) do capacitor testado.

Conforme a imagem do esquemático a seguir:

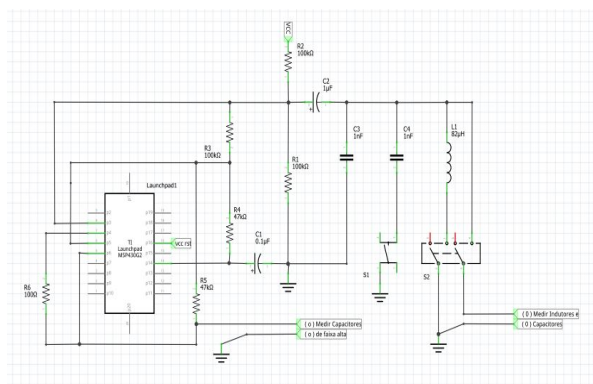


Figura 3. Esquemático do circuito medidor de capacitância

A imagem a seguir mostra o circuito medidor montado:

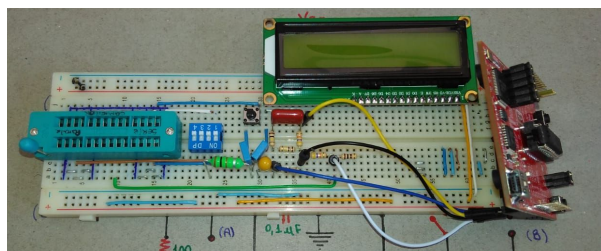


Figura 4 – Foto da montagem do medidor implementado em Protoboard

O medidor de capacitância e indutância é composto por um circuito analógico elaborado para fornecer os sinais de tensão ao microprocessador MSP430, que por sua vez, integrará os periféricos

utilizados, fará a aquisição e o processamento dos dados e os apresentará em um display.

## VII. DESCRIÇÃO DO SOFTWARE

Foi desenvolvida uma parte do protótipo funcional atendendo os principais requisitos do projeto, que consistem em medir dados, processá-los e mostrá-los em um display.

Utilizou-se a plataforma de desenvolvimento Energia, uma plataforma baseada em C++ semelhante à plataforma de desenvolvimento do Arduino, onde a programação do microcontrolador iniciou-se com a declaração das bibliotecas e das variáveis usadas nesse código (conexões de pinos analógicos para medir tensão no capacitor, um pino de carga e um de descarga do capacitor

## VIII. CONCLUSÃO

### Em progresso....

A partir dos testes realizados, foram obtidos resultados a quais apresentaram ....

Foi possível verificar que as dificuldades encontradas na implementação desse projeto envolve a comunicação entre o circuito analógico e o microcontrolador. Isso prejudicou o desenvolvimento do projeto para o ponto de controle 2. Entretanto, é possível compreender quais foram os erros cometidos de forma e buscar solucioná-los de forma a implementar e adequar o projeto.

## IX. REFERENCIAS

- [1] INMETRO, "Instrumentos de Medição". Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/instrumentosMedicao.asp>> Acesso em: 08 de abr. 2018
- [2] Richard C Dorf e James A. Svoboda. Introducao aos Circuitos Eletricos, LTC, 2012
- [3] TEXAS INSTRUMENTS. **MSP420:** Ultra-Low-Power Microcontrollers. Disponível em:

<<http://www.ti.com/lit/sg/slab034v/slab034v.pdf>.>

Acesso em: 08 de abr. 2018.

[4] PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores MSP430 – Teoria e Prática**. s.l. : Érica Ltda, 2005.

## **Anexos**

Código utilizado na programação do  
microcontrolador

**Em progresso...**