

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: fylypew@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.

Para isso, o medidor terá um display onde serão mostrados os valores medidos em tempo real, além de contar com um recurso para salvar os dados dos componentes aferidos.

III. REQUISITOS

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

- **Capacitância**

Faixa de 20pF até centenas de micro Farads com precisão de até $\pm 5\%$.

- **Indutância:**

Faixas de 20 μ H até centenas de mili Henry 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 desse 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 melhor 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;
- Protoboard;
- Transistores;
- Resistores;
- Indutores
- Capacitores;
- Diodos;
- CI LM 339;
- Computador Pessoal - Notebook;
- Fios e Jumpers Macho;
- CI LM339;

VI. DESCRIÇÃO DO HARDWARE

A parte que envolve a comunicação com o display está disponível, assim foi possível implementá-la, verificando o seu funcionamento em conjunto com o circuito analógico conectado ao microprocessador para exibir as medidas dos indutores e capacitores. A figura 01 revela um diagrama de blocos funcional do projeto.

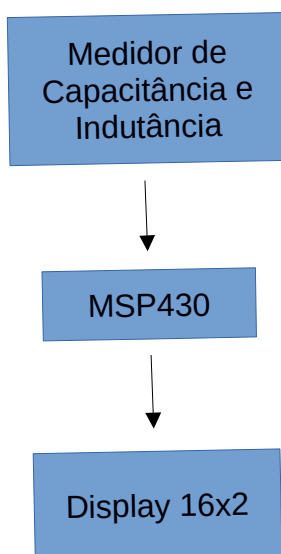


Figura 1. Diagrama de blocos ilustrando o circuito

O circuito analógico foi separado em duas partes, uma do medidor de capacitância e a outra do medidor indutância. Enquanto a parte digital consiste na

comunicação entre o microcontrolador e o display. O arranjo dos componentes foi esboçado nas figuras a seguir

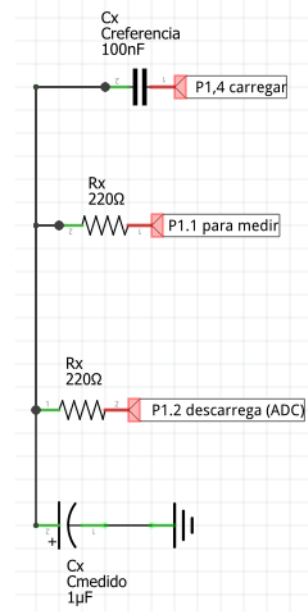


Figura 2. Esquemático do circuito medidor de capacitância

Onde: R1, R2 são resistores, Cref é um capacitor de referência e Cm é o capacitor a ser medido.

Pinos do microcontrolador MSP430:

Pino 1.1 mede os níveis de tensão

Pino 1.2 (ADC) conversor analógico/digital

Pino 1.4 carrega o capacitor

Neste circuito, para medir a capacitância, foram utilizadas a entrada analógica e a saída serial. Para isso conectou-se um resistor de 220 e um capacitor, onde o positivo do capacitor foi conectado em um nó comum e o negativo no gnd, o resistor R1 entre o +5V da placa e o nó comum e o outro resistor de 220, entre o nó comum e o pino 1.2, que é o pino que vai descarregar o capacitor. O nó comum foi conectado a entrada analógica do microcontrolador.

O cálculo do valor do capacitor foi realizado através do tempo de carga, onde sabe-se que a constante de tempo ($K = TC$), em segundos, é igual à resistência (R), em ohms, multiplicada pela

Capacitância (C), em Farads, e que a tensão no capacitor em uma constante de tempo (TC) é de 63,2% do valor máximo. Assim, calculou-se capacitância, pois o valor da tensão fornecida pela fonte era conhecido, bastando calcular 63,2% dessa tensão. E quando a tensão no capacitor chegar neste valor, basta dividi-la pelo valor da resistência. $K = RC$, ou seja, $63,2\%V = RC$, onde V é a tensão máxima.

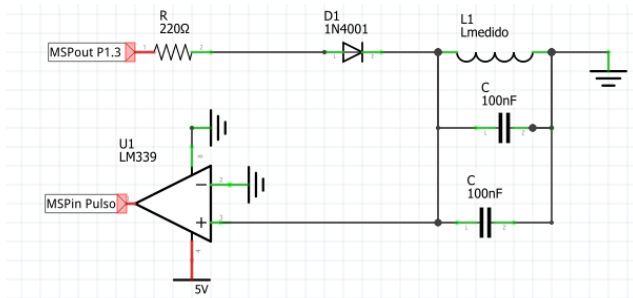


Figura 3 - Esquemático do circuito medidor de indutância

Neste circuito, para medir indutância, foram dispostos um indutor em paralelo com um capacitor, (um circuito LC). Nele, o microcontrolador será utilizado para analisar os sinais analógicos. Será utilizado, um comparador LM339 que tratará os sinais analógicos em um pequeno intervalo de tempo.

Quando o circuito LC é alimentado, o LM339 fica flutuando, podendo enviar os sinais com um resistor de pull up. Quando a tensão no circuito LC se torna é nula, o LM339 enviará a sua saída para o gnd.

Então, será aplicado um sinal de pulso ao circuito LC. Esse pulso fará o circuito funcionar criando um sinal sinusoidal amortecido que oscila na frequência de ressonância. Onde, medindo-se a sua frequência e, aplicando-se algumas equações, obtém-se o valor de indutância. O MSP será usado para medir a frequência e calcular o valor. A frequência ressonante está relacionada com a seguinte equação:

$$F = \left[\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \right]$$

Assim, sabendo-se a frequência F medida e o valor do capacitor C do circuito, pode-se obter o valor de L:

$$L = \left[\frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot F^2 \cdot C} \right]$$

Na figura adiante, pode-se observar um esquema ilustrativo dos componentes do medidor conectados ao microcontrolador:

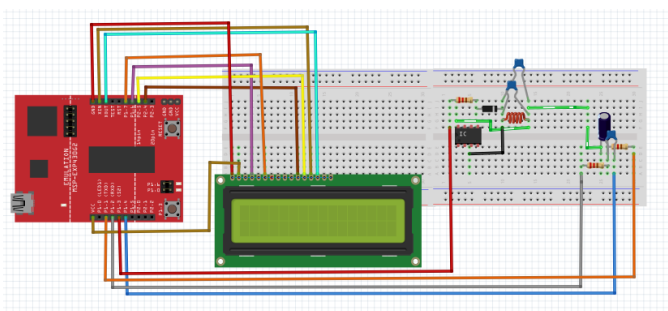


Figura 4 – Esquemático de montagem do medidor em Protoboardr

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).

```
#include <msp430.h>
```

```
#define analogPin 0
```

```
#define chargePin 13
```

```
#define dischargePin 11
```

```
#define resistorValue R1
```

```
unsigned long startTime;
```

```
unsigned long elapsedTime;
```

```
float microFarads;
```

```
float nanoFarads;
```

```
void setup(){
```

```
pinMode(chargePin, OUTPUT);
```

```
digitalWrite(chargePin, LOW);
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
}
```

Utilizou-se a frequência de transferência de dados de 9600B/s, para observar os valores a abrir a comunicação serial.

O loop o programa inicia fornecendo energia ao pino de carga do capacitor e acionando

o startTime, que é a variavel que temporizará o tempo de carga do capacitor. Para poder calcular os 63,2% da carga foi realizada uma conversão, pois o fim da escala e de

1023, logo 63,2% disso corresponde a 647, que é a porcentagem da tensão máxima no capacitor. Enquanto a entrada do pino analógico não for igual a essa porcentagem de tempo, nada acontece, apenas a contagem de tempo de carga do capacitor, que está sendo feita pela variável `startTime`.

Quando esta porcentagem é ultrapassada, mede-se a capacitância dividindo o tempo de carga pelo valor do resistor `R1`.

Como valores de capacitância geralmente são baixos, na ordem de mili a nano Farad, foram expressos valores em mili ou nano Farad, multiplicando o valor da capacitância por 1000 e acrescentando o mF no final. A programação referida pode ser observada a seguir:

```
void loop(){
digitalWrite(chargePin, HIGH); // coloque HIGH em
chargePin
startTime = millis();
while (analogRead(analogPin) < 648) {
}
elapsedTime = millis() - startTime;
microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 1000;
Serial.print(elapsedTime);
Serial.println(" ms");
if (microFarads > 1) {
Serial.print((long)microFarads);
Serial.println(" mF");
}
else {
nanoFarads = microFarads * 1000.0;
Serial.print((long)nanoFarads);
Serial.println(" nF");
}
}
```

Parte do programa para fazer a descarga do capacitor:

```
digitalWrite(chargePin, LOW);
pinMode(dischargePin, OUTPUT);
digitalWrite(dischargePin, LOW);
while (analogRead(analogPin) > 0) {
}
pinMode(dischargePin, INPUT);
}
```

Aqui o `chargePin` foi desligado, o `dischargePin` foi ajustado como saída, e colocado em LOW até o capacitor descarregar, e o `dischargePin` volta a ser uma entrada.

Em seguida, também foi testada a programação da comunicação com o display juntamente com o circuito medidor de indutância, onde iniciou-se declarando a biblioteca `LiquidCrystal.h` que já implementa a escrita no display 16x2 por meio da função `print()`. Essa parte do

programa para o circuito medidor de indutância foi descrita da seguinte maneira:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f,20,4);

double pulse, frequency, capacitance, inductance;
void setup() { lcd.init(); lcd.backlight();
Serial.begin(115200);
pinMode(1, INPUT);
pinMode(3, OUTPUT);
Serial.println("Why hello!");
delay(200); }
void loop() { digitalWrite(13, HIGH);
delay(5); //tempo de carga do indutor
digitalWrite(13, LOW); delayMicroseconds(100); //verificar
a medida
pulse = pulseIn(11, HIGH, 5000); // retornar zero no limite
de tempo
if(pulse > 0.1) { //se não teve tempo limite fez a leitura

#error insert your used capacitance value here. Currently
using 2uF. Delete this line after that capacitance = 2.E-6; //
- insira aqui o valor
frequency = 1.E6/(2*pulse); inductance = 1./
(capacitance*frequency*frequency*4.*3.14159*3.14159);
inductance *= 1E6; //a indutância = indutância*1E6

//Serial print
Serial.print("High for uS:");
Serial.print( pulse );
Serial.print("\tfrequency Hz:");
Serial.print( frequency );
Serial.print("\tinductance uH:");
Serial.println( inductance );
delay(10); //printar
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Inductance:");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(inductance);
lcd.setCursor(14,1);
lcd.print("uH");
delay(10); } }
```

VIII. CONCLUSÃO

A partir dos testes realizados, foram obtidos resultados as quais apresentaram problemas de compatibilidade de software entre as bibliotecas utilizadas e o ambiente de desenvolvimento Energia. Em testes

subsequentes, os valores gerados no terminal serial do Energia não foram os valores esperados.

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/instrumentos/Medicao.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.