

## IDENTIFICADOR DE MOEDAS INDUTIVO

Talita Tobias Carneiro<sup>1</sup>, Daniel Koslopp<sup>1</sup>, Max Mauro Dias Santos<sup>1</sup>, Sergio Luiz Stevan Jr.<sup>1</sup>  
koslopp@gmail.com, talitatobias@outlook.com, maxsantos@utfpr.edu.br, sstevanjr@utfpr.edu.br  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Ponta Grossa – Brasil

### Resumo

*Sensores indutivos são dispositivos que podem identificar a presença ou não de um alvo málico ferroso ou não ferroso, baseado principalmente nas características físicas do alvo como volume e tipo de metal, que pode fazê-lo ter uma interação mais ou menos intensa. Considerando isso, é apresentado o desenvolvimento de um identificador de moedas do novo padrão brasileiro, baseado em um sensor indutivo. A metodologia apresentada se baseia nos passos necessários para a construção de um sensor, desde a aquisição dos sinais até a saída do mesmo. O circuito de aquisição do sinal é feito a partir da defasagem que o sensor indutivo provoca no circuito. Um microcontrolador é utilizado para o processamento do sinal, bem como para a construção da interface de resultado para o usuário. Os resultados apresentados mostram o bom comportamento do identificador de moedas, com ressalvas entre as moedas de vinte e cinco centavos e de um real, devido a proximidade das suas massas metálicas.*

**Palavras-chave:** *identificador de moedas; sensor indutivo; microcontrolador.*

### 1. Introdução

Em diversas situações do dia-a-dia é necessário fazer a contagem de moedas, em muitas delas é extremamente importante que este processo seja rápido, para, por exemplo, a cobrança, sem a intervenção de mão de obra humana, diminuindo custos e possibilitando a existência de vários pontos de vendas.

Outra importante aplicação de identificadores e contadores de moedas é encontrada em bancos, nestes estabelecimentos a variável principal é o tempo e assim estes dispositivos são usados para facilitar a contagem de moedas, bem como para economizar tempo.

Alguns exemplos de aplicação encontram-se em máquinas de vendas de refrigerante e *suvenires*, algumas cidades também utilizam este processo para cobrança de estacionamento em grandes centros.

Muitos métodos podem ser utilizados para a idealização e construção de um equipamento com esta finalidade. Pode-se, por exemplo, utilizar a medição a partir do peso da moeda, ou ainda por a moeda ser um objeto metálico, pode-se identificar a variação da indutância de um sensor, já que cada uma é composta por diferentes materiais e tamanhos.

Neste processo a eletrônica nos auxilia para a automatização do processo, visto que facilmente podemos utilizar um microcontrolador para realizar os processos decisórios baseado em medições externas.

A proposta deste artigo é desenvolver um identificador de moedas do novo padrão brasileiro com um custo baixo, visto que, atualmente, este tipo de dispositivo pode ser encontrado no mercado pelo valor de alguns milhares de reais.

### 2. Metodologia

Partindo-se da hipótese anteriormente levantada, a de que é possível identificar moedas a partir da variação da indutância decorrente das diferenças construtivas das mesmas, o primeiro passo foi construir um sensor indutivo de acordo com o mostrado na figura 1, onde o mesmo é representado com e sem a presença da moeda a ser identificada.

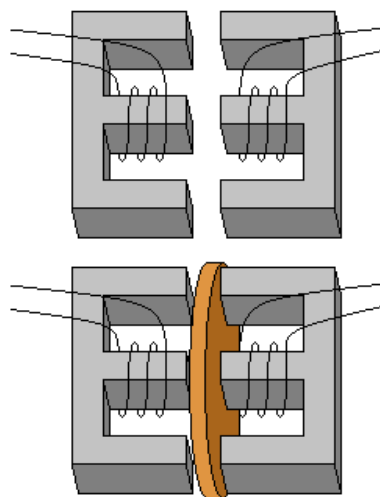


Figura 1. Sensor indutivo esperado.

Para construção do mesmo utilizou-se de dois núcleos de ferrite em formato E, onde a distância entre os núcleos é a menor possível que possibilite a inserção da moeda de 50 centavos (que possui a maior espessura), mostrada na figura 2 juntamente com as demais moedas da nova família brasileira.

Visando uma maior indutância, enrolou-se o maior número de voltas que permitissem um bom suporte ao fio 24AWG, sendo neste caso aproximadamente 800 voltas.



Figura 2. Moedas do novo padrão brasileiro.

O resultado do sensor construído e utilizado para os experimentos pode ser visualizado na figura 3.



Figura 3. Sensor indutivo construído.

As indutâncias medidas com o referido indutor podem ser conferidas na tabela 1, considerando as moedas de R\$ 0,05 a R\$ 1,00, uma vez que praticamente não há circulação da moeda de R\$ 0,01.

É visível a semelhança entre as moedas de R\$1,00 e de R\$0,25 na figura 2. Fato este que justifica os valores obtidos na tabela 1, mesmo com materiais diferentes destas moedas.

Tabela 1. Valores de indutância das amostras.

Valor da moeda	Indutância
R\$1,00	3,71mH
R\$0,50	4,35mH
R\$0,25	3,76mH
R\$0,10	3,87mH
R\$0,05	3,53mH
Sem moeda	3,3830mH

Uma rápida análise da tabela 1 indica que a variação no valor da indutância entre as moedas de R\$1,00 e de R\$0,25 é muito pequena. Isso demonstra que este fator será um problema de aquisição de sinal que deve ser contornado no decorrer da pesquisa.

Para a segunda etapa da construção do identificador de moedas, foi necessário desenvolver um método para a aquisição do valor da indutância de cada moeda.

Desta forma, várias suposições foram feitas, como por exemplo, a utilização de uma ponte de Maxwell para medição de indutância que precisaria da mudança de valores resistivos e capacitivos, motivo pelo qual não foi utilizada.

Finalmente, o método escolhido, parte do fato de que um indutor atrasa o sinal da corrente com relação ao sinal de tensão em um circuito. Assim, ao variar o valor da indutância, varia-se a defasagem da corrente com relação a tensão.

A figura 4 mostra o circuito utilizado para comparar a tensão da fonte com a tensão do resistor e medir a defasagem no tempo entre eles.

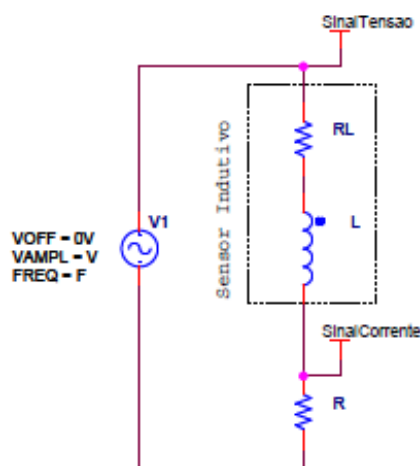


Figura 4. Circuito RL utilizado para mensuramento da defasagem do sinal.

O valor da resistência série utilizada no circuito responsável pelo mensuramento da defasagem entre o sinal de corrente e tensão, foi calculada para que se obtivesse a maior defasagem, isto é, um ângulo de 45°.

Cada moeda apresentará um valor próprio de indutância, assim com a variação destes valores, diferentes intervalos de tempo podem ser adquiridos, sendo possível a identificação da moeda.

Após a definição da forma de aquisição do sinal, a etapa seguinte consiste em processar o sinal, para que como resultado final se tenha a identificação da moeda através de uma interface com o usuário.

Com este objetivo, utilizou-se o microcontrolador PIC18F2550 da Microchip para realizar o processo de decisão sobre o valor da moeda, bem como a interface com o usuário, através de um display LCD.

A última etapa desenvolvida foi o condicionamento do sinal através de um circuito eletrônico, que se refere a aplicar o sinal senoidal de tensão e corrente a dois comparadores, que indiquem a porção positiva e negativa da senoide, e estes a uma porta OU Exclusiva, assim obtém-se um pulso cuja largura corresponde exatamente ao tempo de defasagem entre as duas ondas.

A frequência de oscilação deste circuito foi calculada para ser de 1kHz, a partir de dois fatores. Primeiro, deve-se utilizar o menor valor de frequência possível para se obter o maior intervalo de tempo entre as ondas,

aumentando a precisão dos cálculos. Segundo, quanto menor o valor de frequência, menor será a reatância indutiva do sensor, aumentando os valores de corrente e consequentemente o custo.

Os sinais referentes à tensão e corrente do circuito da figura 4 são aplicados a circuitos comparadores (LM311) que diferenciam a porção negativa e positiva do sinal adquirido. A figura 5 mostra este circuito.

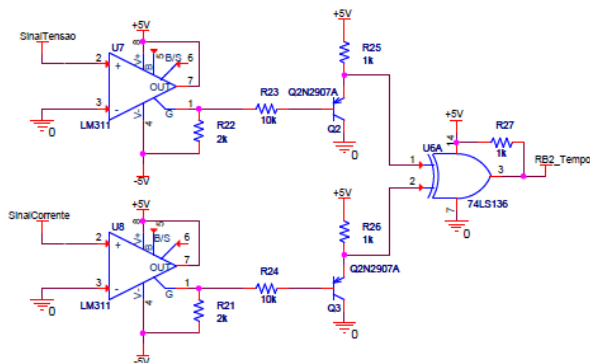


Figura 5. Circuito condicionador do sinal.

Após os sinais serem aplicados nos comparadores, a onda resultante é aplicada a uma porta lógica OU Exclusiva que identifica o intervalo de tempo entre as ondas.

O sinal resultante, mostrado na figura 6, é então aplicado na porta RB2 do PIC18F2550, onde o mesmo é responsável pelo processamento, comparando e enquadrando o valor de cada moeda.

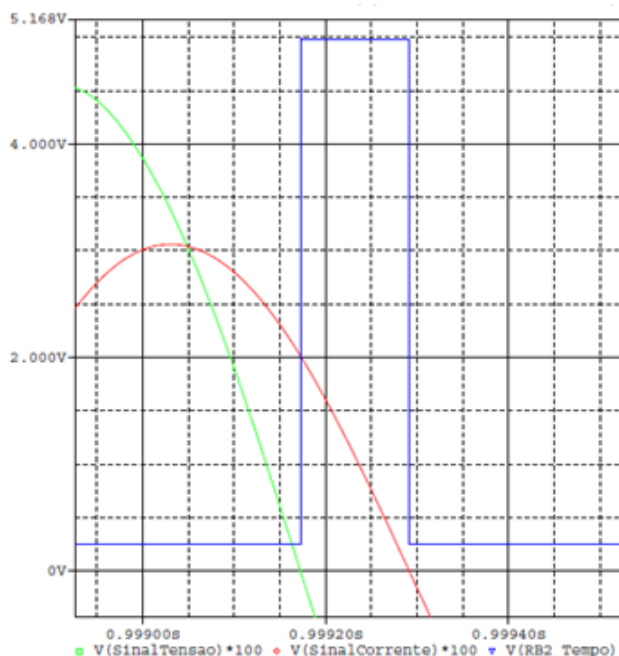


Figura 6. Sinal resultante.

O *software* utilizado pelo PIC para o processamento do sinal foi desenvolvido em linguagem C, com a utilização de interrupção externa para contagem do tempo entre os sinais de tensão e corrente (sinal resultante aplicado à porta RB2).

A interrupção externa é acionada primeiramente pela

borda de subida, onde se inicia a contagem de tempo, então a mesma é configurada para atuar na borda de descida do pulso, onde a temporização é finalizada e salva para posterior comparação. Nesta última etapa a interrupção é mais uma vez reconfigurada, agora para atuar na borda de subida, a espera do início do próximo pulso.

Na figura 7, é apresentado o fluxograma decisório do *software* desenvolvido.

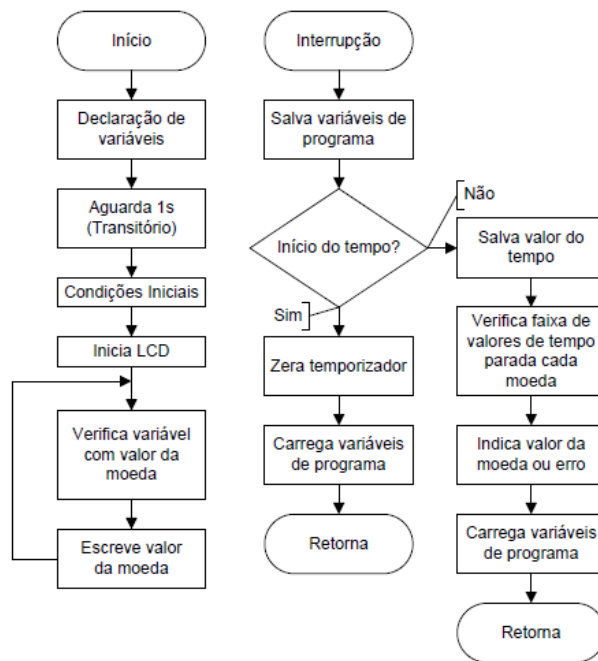


Figura 7. Fluxograma decisório do software.

Para uma fase final de construção de um protótipo, a figura 8, mostra em fluxograma a configuração final de um produto para identificação e separação das moedas.

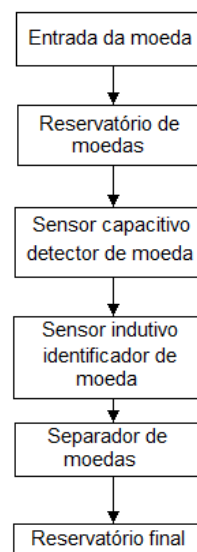


Figura 8. Fluxograma do produto final.

Este modelo pode ser usado para máquinas do tipo *vending machines* e também para separadores de moedas, neste último caso somente o *software* necessita de alterações.

Primeiramente o usuário insere individualmente a moeda e estas ficam enfileiradas num depósito inicial, este por sua vez recebe um sinal para que ele libere apenas uma moeda da fila.

Quando a moeda é liberada o sensor capacitivo (outra etapa do projeto que será construído) detecta a mesma indicando ao software que este deve identificar através do sensor indutivo qual é a moeda e soma-la ao montante total.

Por fim, a moeda recém-identificada é encaminhada para o separador que irá armazenar todas as moedas de mesmo valor em compartimentos específicos.

### 3. Resultados e Discussão

O circuito físico foi montado em *protoboard* o que resultou em problemas com ruídos, tópico que será abordado no decorrer deste item.

Fazem parte dos resultados o processo de calibração do sensor, feito a partir do *software* desenvolvido para o PIC.

Primeiramente, foi utilizado o display como interface para que fosse possível identificar os tempos referentes a cada moeda, de acordo com a contagem do *timer* do microcontrolador.

Após identificados os tempos, modificou-se o *software* para criar condições na programação para a identificação das moedas.

Como resultado final, no display, foi apresentado o tempo referente a cada moeda, o valor da moeda. Uma tela de erro foi criada, nas condições em que o valor (tempo contado pelo *timer*) estivesse fora do range de possibilidades anteriormente estabelecido.

A figura 9 mostra o display no momento da identificação da moeda de R\$0,10 onde o tempo equivale ao valor temporizado internamente pelo microcontrolador na presença da moeda em questão.



Figura 9. Display na identificação da moeda.

A figura 9 foi obtida a partir de um vídeo criado com a identificação de todas as moedas apresentadas na tabela 1.

Como era esperado, um problema entre a identificação das moedas de R\$0,25 e R\$1,00 foi verificado, pois a indutância entre as duas moedas é muito parecida.

Desta forma, como aprimoramento do protótipo aqui proposto, há duas formas de contornar este problema, as duas consideram o tamanho da moeda como um diferenciador. A primeira consistiria em diferenciar mecanicamente uma da outra, fazendo com que cada uma delas ficasse de uma maneira diferente na face do sensor. A segunda resume-se em, a partir do tamanho das moedas condicioná-las para outro sensor que trabalhe em paralelo com o sensor principal.

É importante mencionar que a segunda opção aumentaria o valor do projeto e consequentemente do produto final, mas é uma alternativa válida para uma possível melhoria do projeto.

Como foi dito anteriormente, os maiores problema da construção física deste circuito foram os ruídos devido à forma provisória com que o mesmo foi feito. Sendo assim, todos os problemas com ruídos facilmente seriam corrigidos com a implementação em placa de circuito impresso ao invés do *protoboard*.

### 4. Conclusão

O presente artigo mostra que a construção de um protótipo identificador de moedas a partir de um sensor indutivo apresentou um comportamento extremamente favorável.

O sensor construído apresentou bons resultados, modificando sua indutância conforme previsto, mas necessita de melhorias para se obter uma maior segurança ao identificar moedas com massas muito parecidas. Entre estas melhorias está a possibilidade de utilizar os diferentes diâmetros existentes, onde cada moeda ficaria em uma posição diferenciada.

Alguns problemas foram abordados e futuramente deverão ser resolvidos, como o problema na identificação das moedas de R\$1,00 e de R\$0,25.

Entre vários tópicos importantes referentes ao funcionamento do sensor indutivo, o tempo de operação, isto é, o tempo de identificação de cada moeda não pode ser definido e registrado, pois nos últimos ensaios de operação, o referido sensor ainda não apresentou um funcionamento sem erros.

A construção deste sensor indutivo tem como macro objetivo um dispositivo de identificação completo como o utilizado em *vending machines*, o que já foi mencionado anteriormente. O que não foi dito, é que para que este objetivo final seja alcançado um sensor, capacitivo, deverá ser construído para detecção ou não da moeda em sua etapa específica (assunto abordado na metodologia deste artigo).

### Referências

HAYT JUNIOR, William H.; BUCK, John A.. **Engineering Electromagnetics**. Sixth Edition Boston: Mcgraw-hill, 2001.

MALVINO, ALBERT PAUL. **Eletrônica**: Volume II. São Paulo: Makron Books, 1997.

MICROCHIP. **PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet: 28/40/44-Pin**, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2013.

PEREIRA, FABIO. **Microcontroladores PIC: Programação em C**. São Paulo: Érica Ltda, 2003.

SHIGUE, CARLOS YUJIRO. **Circuitos de medição CA**. Disponível em: <[http://www.demar.eel.usp.br/eletronica/aulas/Circuitos\\_medicao\\_ca.pdf](http://www.demar.eel.usp.br/eletronica/aulas/Circuitos_medicao_ca.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2013.

SILVA, CLODOALDO. **Amplificadores Operacionais como osciladores**. Disponível em: <[http://dee.ufcg.edu.br/~gutemb/Osciladores\\_Amplificad or%20Operacional.pdf](http://dee.ufcg.edu.br/~gutemb/Osciladores_Amplificad or%20Operacional.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2013.

VENDING SHOP. **Aceitador de moedas Coinco Global**. Disponível em: <<http://vendingshop.com.br/?pg=dmVyX2NhcnJvcw==&id=cbd81c3eb8810343fb1e8f71e07951fc01082011144336>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

Nome completo: Talita Tobias Carneiro  
Filiação institucional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Departamento: Coordenação de Eletrônica – COELE  
Função ou cargo ocupado: Estudante de graduação  
Telefones para contato: (42) 9938-7695  
e-mail: talitatobias@outlook.com

Nome completo: Daniel Koslopp  
Filiação institucional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Departamento: Coordenação de Eletrônica – COELE  
Função ou cargo ocupado: Estudante de graduação  
Telefones para contato: (42) 9933-7161  
e-mail: koslopp@gmail.com

Nome completo: Max Mauro Dias Santos  
Filiação institucional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Departamento: Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELE  
Função ou cargo ocupado: Professor do Curso de Engenharia Eletrônica  
Endereço completo para correspondência: Av. Monteiro Lobato Km 4, s/n - Ponta Grossa – PR  
Telefones para contato: (42) 3220-4825  
e-mail: maxsantos@utfpr.edu.br

Nome completo: Sergio Luiz Stevan Jr.  
Filiação institucional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Departamento: Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELE  
Função ou cargo ocupado: Professor do Curso de Engenharia Eletrônica  
Endereço completo para correspondência: Av. Monteiro Lobato Km 4, s/n - Ponta Grossa – PR  
Telefones para contato: (42) 3220-4825  
e-mail: sstevanjr@utfpr.edu.br