

IMPLEMENTAÇÃO DE UM CIRCUITO DE CONDICIONAMENTO DE SINAIS PARA SENSOR CAPACITIVO. Fábio Watanabe, Josivaldo Godoy da Silva, Aparecido Augusto de Carvalho. – Engenharia Elétrica – Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

Um sistema de medição consiste em um conjunto de componentes cuja função é medir ou registrar valores de grandezas físicas. São três os principais blocos de um medidor: um dispositivo de entrada ou transdutor, um dispositivo condicionador de sinais e um dispositivo de indicação ou de registro tais como: osciloscópio, microcomputador, impressora, etc.

O circuito de condicionamento de sinais é parte indispensável do medidor, sendo responsável pela amplificação, filtragem, retificação e modulação do sinal segundo as características do indicador ou registrador, na saída (Helfrick, Cooper, 1990).

O projeto atual consiste em desenvolver um transdutor capacitivo capaz de medir a concentração de água presente em óleo lubrificante.

A presença de água no dielétrico é responsável em modificar a constante dielétrica do transdutor proporcionalmente. A concentração de água poderá variar 0,5% do volume do dielétrico correspondendo a uma variação da capacitância de 0,23 pF.

Os transdutores de maneira geral, incluindo-se os capacitivos apresentam características indesejáveis como baixa sensibilidade, instabilidade com a temperatura, sensibilidade à interferência de natureza eletromagnética, etc. Por isso, os circuitos de condicionamentos de sinais devem ser projetados para maximizar as características de interesse e minimizar os efeitos indesejáveis na reposta.

Ao longo dos anos, diversos circuitos de condicionamento de sinais foram implementados para transdutores capacitivos:

Catunda et al (2003), desenvolveram um circuito de condicionamento de sinais programável. O circuito de condicionamento pode ser programado no campo, para diversas aplicações podendo também ser utilizado para sinais discretos.

Baglio et. al (2004) desenvolveram um circuito de condicionamento de sinais de grande sensibilidade e grande linearidade, para transdutores capacitivos. O circuito de condicionamento é capaz de medir pequenas variações de capacitâncias, apresentou sensibilidade de 7,56 Vpp/pF e exatidão melhor que 2%.

Penissi (2005), desenvolveu um circuito de condicionamento de grande desempenho que utiliza interface CMOS, para sensores capacitivos diferenciais. O circuito foi capaz de medir variações de 0,1% na capacitância com erro de 2%. Além disso, apresentou grande velocidade de resposta, boa exatidão além de minimizar o feito de pós-processamento.

Os trabalhos citados apresentam grande sofisticação tecnológica e excelentes resultados, porém não se tratam de trabalhos nacionais, por isso não apresentam baixo custo. Diante do exposto, se propôs um circuito condicionador de sinais que utiliza componentes menos sofisticados e mais baratos.

O projeto baseou-se no oscilador Wien. O circuito oscilador senoidal É muito popular, requer poucos componentes e sua montagem é relativamente simples. A Figura 1 mostra seu esquemático:

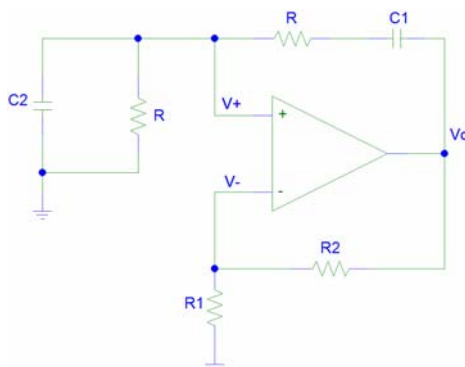


Figura 1: Oscilador Wien

Uma das exigências deste oscilador para que ocorra oscilação estável e constante é que $R2 = 2.R1$. No circuito proposto implementou-se um oscilador Wien modificado. Chama-se modificado, pois não respeita esta relação sendo $R2 = R1$.

Com a nova relação $R2/R1$, obteve-se grande sensibilidade com a variação de uma das capacitâncias, independentemente da capacitância escolhida. Foi escolhido $C1$ como o sensor do circuito.

O diagrama de blocos do circuito de condicionamento de sinais proposto pode ser visto na Figura 2:

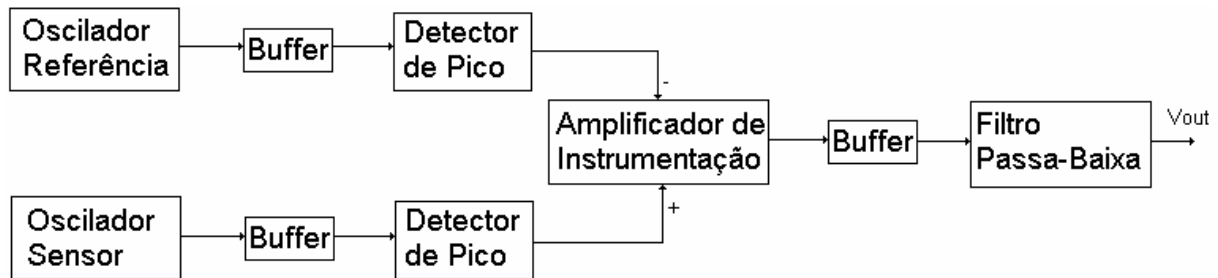


Figura 2: Diagrama de blocos do circuito

Para minimizar o efeito da temperatura, implementou-se dois estágios osciladores (utilizando amplificadores operacionais LF356, (National Instruments), ligados aos terminais de entrada de um amplificador de instrumentação INA129 (Burr-Brown). Assim, obtendo na saída apenas a variação desejada. Como os dois osciladores não produzem formas de ondas idênticas em termos de frequência, tornou-se necessário a detecção de pico antes do estágio subtrativo. Os detectores de pico foram implementados utilizando amplificadores operacionais TL081 (National Semiconductors). Na saída do circuito de condicionamento de sinais implementou-se um filtro passa baixa (UAF42, Burr Brown) com frequência de corte de 10 Hz, a fim de restringir sinais de frequência indesejáveis já que a resposta é em nível DC. Os buffers atuam como isoladores e reforçadores de corrente.

O circuito eletrônico é mostrado nas Figuras 3, 4 e 5;

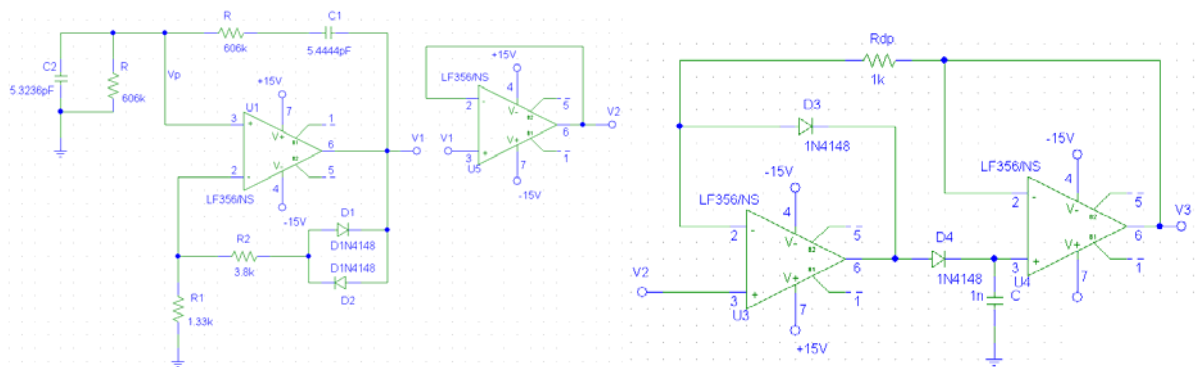


Figura 3: Estágio de referência: oscilador de referência, buffer e detector de pico

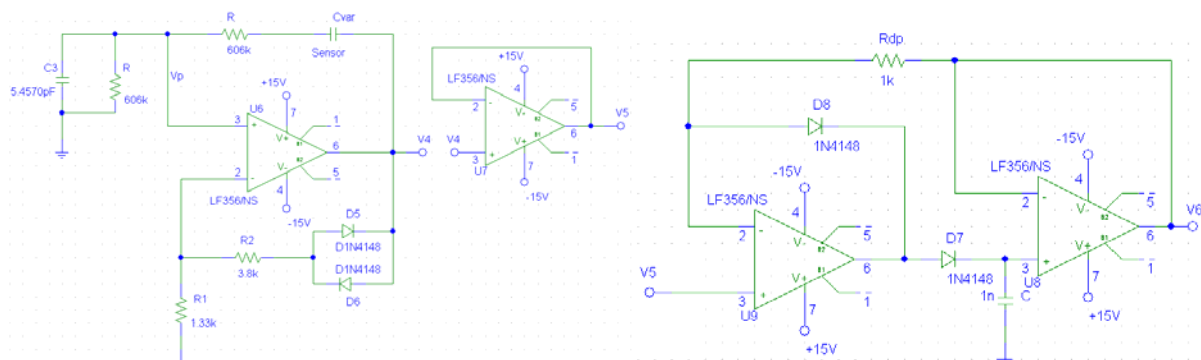


Figura 4: Estágio sensor: oscilador sensor, buffer e detector de pico

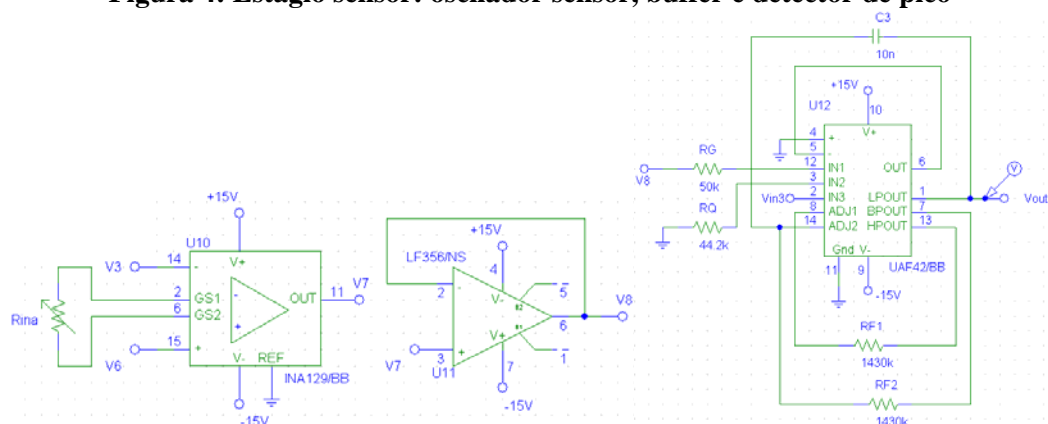


Figura 5: Estágio subtrativo e de filtragem: amplificador de instrumentação, buffer e filtro passa baixa

Em lugar do transdutor capacitivo que não está disponível ainda utilizou-se capacitores cerâmicos disponíveis cuja tolerância é de 20%. A tolerancia dos capacitores permitiu encontrar valores distintos pna faixa de interesse. As medidas de capacitâncias foram realizadas utilizando-se medidor LCR de alta sensibilidade e precisão. Os valores são mostrados na Tabela 1, juntamente com suas respectivas respostas na saída do circuito:

Tabela 1: Valores de capacitância e suas respectivas respostas na saída do circuito

Capacitância (pF)	Tensão de saída (V)
5,5593	7,35
5,6575	7,4
5,7532	8,2
5,7785	9,05
5,8513	11,45

Utilizando o software Matlab 5.3, plotou-se a curva média da variação da tensão de saída do circuito pela variação da capacitância, mostrada na Figura 6:

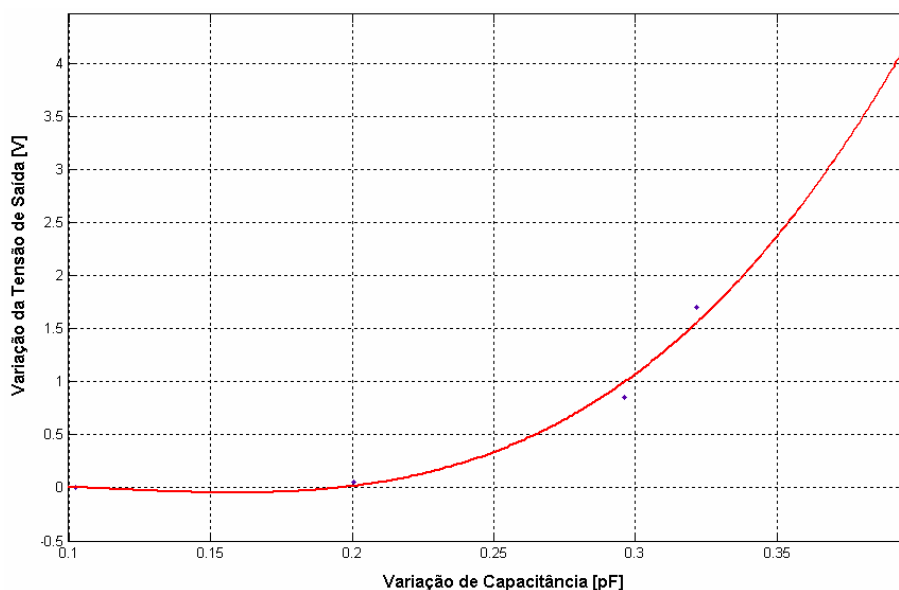


Figura 6: Resposta do circuito à variação de capacitância

O comportamento corresponde a um polinômio de terceiro grau, obtido pelo Matlab 5.3 $V(C) = 200,2.C^3 - 67,57.C^2 + 6,336.C - 0,1497$, com desvio padrão de 21,21339%.

Como o comportamento do circuito não é linear, faz-se necessária a divisão da curva em alguns setores. A Tabela 2 mostra a sensibilidade de cada setor quando a curva é dividida em 3 setores:

Tabela 2: Setores de variação de capacitância e suas respectivas sensibilidades

Setores	Sensibilidade
0 e 0,2 pF	0,51 V/pF
0,2 e 0,3 pF	8,36 V/pF
0,3 e 0,4 pF	33,13 V/pF

O circuito corresponde a uma nova configuração para circuito de condicionamento de sinais para sensor capacitivo, com alta sensibilidade e estabilidade. O circuito é de baixo custo e compacto. Sua principal característica é a presença do sensor no estágio de excitação do circuito, o próprio oscilador. A máxima sensibilidade foi de 33,13 V/pF.

Referências Bibliográficas

Pennisi, S. "High-Performance and Simple CMOS Interface Circuit for Differential Capacitive Sensors". IEEE Transactions On Circuits and Systems – II: Express Briefs, Vol. 52, No. 6, pp. 327-330, June 2005.

Baglio, S.; Castorina, S.; Savalli, N. "High sensivity conditioning circuit for capacitive sensors including stray effects compensation and dummy sensors approach". Instrumentation and Measurement Technology Conference, Como, Italy, 18-20 May 2004.

Catunda, S. Y. C.; Naviner, J. F.; Deep G. S.; Freire, R. C. S. "Designing a Programmable Analog Signal Conditioning Circuit Withou Loss of Measurement Range". IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 52, No. 5, pp. 1482-1487, October 2003.

Helfrick, A. D.; Cooper, W. D., "Instrumentação Eletrônica Moderna e Técnicas de Medição". Prentice-Hall do Brasil, 1994.