



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



David Maykon Krepsky Silva
Daniel Galbes Bassanezi

Fonte de alimentação com terra virtual e sensor de nível capacitivo

Data de realização do experimento:

2 de julho de 2015

Série/Turma:

1000/1011

Prof. Dr. José Alexandre de França

16 de julho de 2015

Resumo

Neste trabalho foi realizado o estudo de um sensor de água capacitivo e de uma fonte de alimentação com entrada não-simétrica e saída simétrica. A fonte de alimentação tem como função converter a tensão de uma bateria em uma tensão simétrica utilizando-se de um amplificador operacional e um circuito *push-pull*. Esta fonte foi utilizada de modo a alimentar um oscilador, o qual gera uma onda quadrada com período dependente do sensor capacitivo. Desta forma foi analisada a resposta do capacitor em função da quantidade de água presente em um recipiente. Foi, então, observado que, conforme a quantidade de água no recipiente aumenta, a capacitância também aumenta e, por consequência, a frequência do oscilador diminui. Também foi observado que o sensor capacitivo possui uma resposta quase linear a variação de líquido no recipiente.

Sumário

Resumo	1
1 Introdução	3
2 Teoria de funcionamento	4
2.1 Fonte de alimentação assimétrica para simétrica	4
2.2 Oscilador	4
3 Metodologia Experimental	6
3.1 Materiais	6
4 Resultados	7
4.1 Fonte de alimentação simétrica	7
4.2 Sensor de capacitivo	7
5 Discussão e Conclusão	9
6 Referências	10

1 Introdução

Para equipamentos eletrônicos em geral, uma fonte não simétrica muitas vezes é suficiente, porém, em sistemas de aquisição de dados é comum a necessidade de uma fonte de alimentação simétrica, devido ao uso de amplificadores operacionais. Caso o aparelho seja alimentado com um transformador, o problema é facilmente resolvido adicionando-se mais um enrolamento ao transformador. Contudo, para aparelhos alimentados por bateria, faz-se necessário um circuito que transforme a tensão não-simétrica em simétrica. Um outro problema na área de instrumentação é a necessidade de determinar a quantidade de um fluido em um recipiente. Um dos sensores mais utilizados é o sensor capacitivo, o qual utiliza o fato de que a permeabilidade eletromagnética do ar ser diferente da permeabilidade do fluido sendo monitorado. Tais sensores podem operar medindo o tempo de carga do capacitor através de um resistor conhecido, ou, variando a frequência de um oscilador, onde o período da onda de saída depende da capacitância. Esses sensores possuem a vantagem de ser simples e baratos, porém necessitam de uma melhor calibração.

2 Teoria de funcionamento

2.1 Fonte de alimentação assimétrica para simétrica

Podemos utilizar o circuito mostrado na figura 1 para converter uma fonte assimétrica, ou seja, que só tem um valor de tensão, em uma fonte simétrica, que possui saída positiva e negativa.

Note que, se $R_1 = R_2$, temos que as tensões V_{dd} e V_{ss} , em relação ao terra virtual localizado no meio do circuito push-pull, é de $\frac{V_{in}}{2}$ e $\frac{-V_{in}}{2}$, respectivamente.

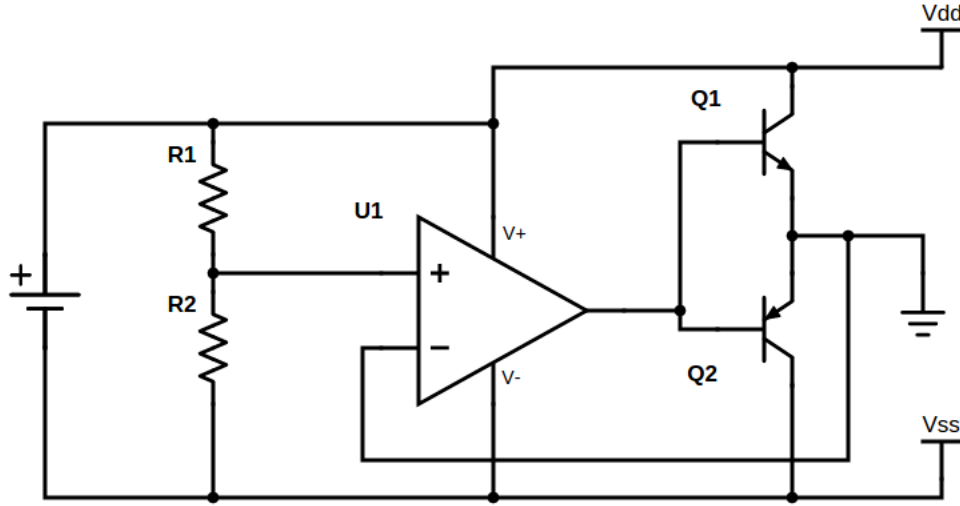


Figura 1: Circuito para transformação de fonte assimétrica em simétrica com terra virtual.

2.2 Oscilador

Para o amplificador U1 da figura 2, temos que

$$V_a = -\frac{\frac{1}{sC_1}}{R_1} V_b = -\frac{1}{sR_1C_1} V_b = -\frac{1}{R_1C_1} \int_0^T V_b(t) dt.$$

Para $V_b(t) = cte.$, temos que

$$V_a = -\frac{V_b}{R_1C_1} T. \quad (1)$$

No caso do amplificador U2,

$$\frac{V_a - V_+}{R_2} = \frac{V_+ - V_b}{R_3} \quad \therefore \quad \frac{V_a}{R_2} - \frac{V_+}{R_2} = \frac{V_+}{R_3} - \frac{V_b}{R_3}$$

e

$$\frac{V_a}{R_2} + \frac{V_b}{R_3} = V_+ \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right).$$

Então,

$$V_+ = \frac{V_a R_3 + V_b R_2}{R_3 + R_2}.$$

Assim, se $V_b = -V_{cc}$, V_b irá para $+V_{cc}$ quando $V_+ = 0$, ou seja, quando $V_a R_3 = -V_b R_2$. Logo,

$$V_a = -V_b \frac{R_2}{R_3} = +V_{cc} \frac{R_2}{R_3}.$$

Isso quer dizer que quando $V_a = +V_{cc} \frac{R_2}{R_3}$, V_b passa de $-V_{cc}$ para $+V_{cc}$. De forma semelhante, pode ser demonstrado que, quando $V_a = -V_{cc} \frac{R_2}{R_3}$, V_b passa de $+V_{cc}$ para $-V_{cc}$.

Portanto, definimos que, para o semiciclo positivo, temos

$$V_a = +V_{cc} \frac{R_2}{R_3}, \quad (2)$$

e para o semiciclo negativo

$$V_a = -V_{cc} \frac{R_2}{R_3}. \quad (3)$$

Substituindo a equação 1 em 2,

$$\begin{aligned} -\frac{-V_{cc}}{R_1 C_1} T_1 &= +V_{cc} \frac{R_2}{R_3} \\ \therefore T_1 &= \left(\frac{R_2}{R_3} R_1 \right) C_1 \end{aligned}$$

e como $T = 4T_1$,

$$T = 4 \frac{R_2}{R_3} R_1 C_1. \quad (4)$$

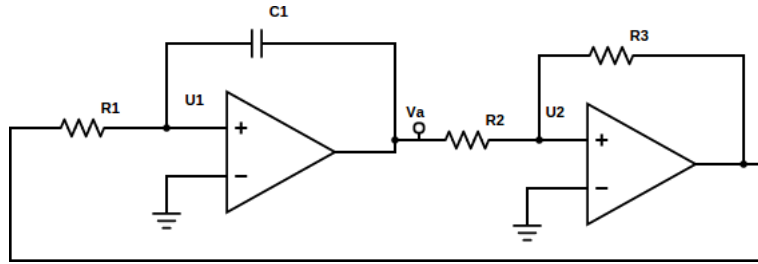


Figura 2: Oscilador com amplificadores operacionais.

3 Metodologia Experimental

3.1 Materiais

O material utilizado foi:

- LM324;
- BC556;
- BC548;
- 2 resistores de $470\text{ k}\Omega$;
- 1 resistor de $100\text{ k}\Omega$;
- 1 resistor de $6.8\text{ k}\Omega$;
- 1 resistor de $10\text{ k}\Omega$;
- fonte de alimentação ajustável;
- multímetro;
- software MATLAB.

Para execução do experimento, faz-se necessário executar os seguintes passos:

1. montar o circuito da figura 1, sendo $R1 = R2 = 470\text{ k}\Omega$ e V_{in} de 12V;
2. verificar se as tensões V_{dd} e V_{ss} correspondem a 6 V e -6 V, respectivamente;
3. montar o circuito da figura 2 com $R1 = 100\text{ k}\Omega$, $R2 = 6.8\text{ k}\Omega$. e $R3 = 10\text{ k}\Omega$;
4. conectar o sensor capacitivo, com 55 mL de água no recipiente do sensor, em C1;
5. medir a frequência de saída do oscilador;
6. adicionar 5 mL de água ao recipiente;
7. repetir os paços 5 e 6 para até 100 mL de água;
8. traçar a curva da capacitância x frequência do sensor;
9. encontrar os parâmetros de calibração do sensor.

4 Resultados

4.1 Fonte de alimentação simétrica

Após montar o circuito descrito pelo passo 1, obteve-se 6.04 V para Vdd e -5.98 V para Vss.

4.2 Sensor de capacitivo

Os dados obtidos para o sensor capacitivo, sendo a frequência de saída do oscilador em função da quantidade de água presente no recipiente, estão na tabela 1.

Tabela 1: Frequência de saída do oscilador em relação a quantidade de água presente no recipiente do sensor capacitivo.

Água [mL]	Frequência [kHz]
55	2.689
60	2.360
65	2.090
70	1.903
75	1.728
80	1.577
85	1.489
90	1.362
95	1.246
100	1.266

A figura 3 mostra a curva do sensor, feita com os dados da tabela 1.

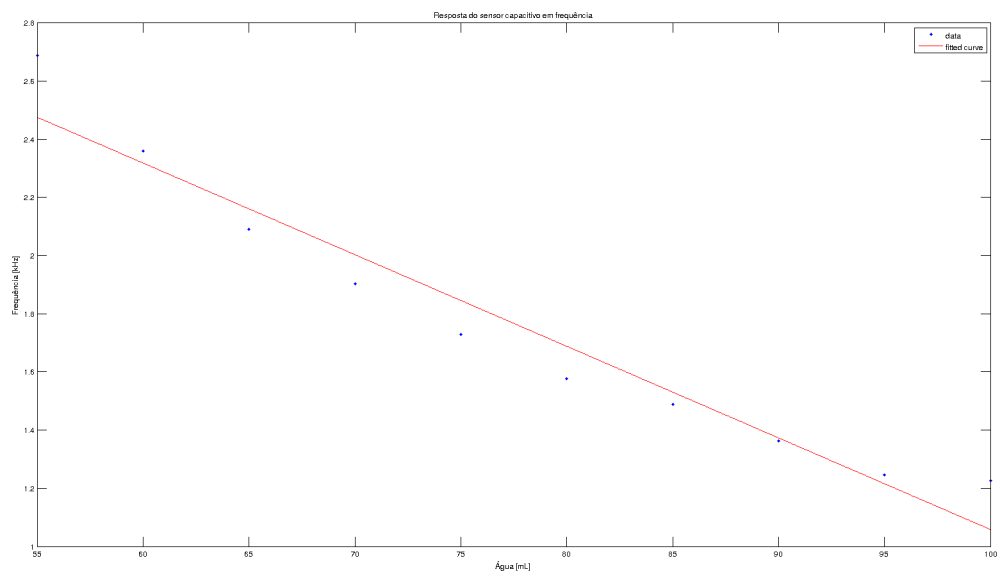


Figura 3: Curva característica do sensor com *fit* polinomial de primeiro grau.

Com base no *fit* polinomial de primeira ordem aplicado com o software MATLAB, foi possível obter a equação 5, onde x é a quantidade de água em mililitros e $f(x)$ é a frequência em kHz, que descreve o comportamento do sensor. O erro quadrático médio para o *fit* foi de 0.1222 kHz.

$$f(x) = -0.03151x + 4.209 \quad (5)$$

5 Discussão e Conclusão

Com base nos resultados obtidos, foi possível observar o uso de um sensor capacitivo para determinação no nível de água presente em um reservatório. De acordo com os dados da tabela 1 e da figura 3, podemos concluir que o sensor apresenta uma característica aproximadamente linear de funcionamento, descrita de forma matemática pela equação 5. Vale notar que, devido a imprecisão dos instrumentos utilizados (como no caso da seringa) e no modo como o experimento foi executado, o valor do erro quadrático médio nos dados coletados é grande. Contudo, o experimento mostra, de forma simples, a conversão de um tipo de propriedade física (nível de água) em uma grandeza elétrica (sinal elétrico periódico).

6 Referências

- [1] Roteiro da atividade prática.