

# TECNICAS PARA CONDICIONAMENTO E TRATAMENTO DE SINAIS DE SENSORES

Rodrigo Costa<sup>1</sup>, Kaique Figueiredo Sanches<sup>2</sup>

rodrigo.costa@favenigarulhos.com.br<sup>1</sup>, kaique.sanches@unifaveni.com.br<sup>2</sup>

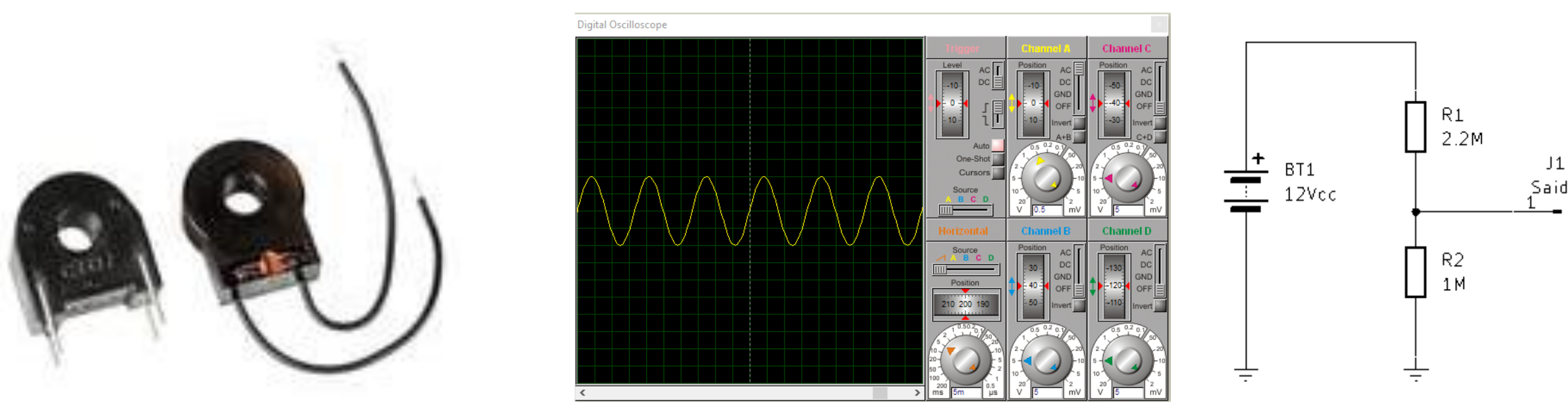
## INTRODUÇÃO

Os sensores desempenham um papel crucial em uma ampla variedade de aplicações, desde a automação industrial até os dispositivos inteligentes. No entanto, os sinais provenientes desses sensores muitas vezes requerem preparação e tratamento, uma vez que proveem sinais analógicos que serão convertidos em sinais digitais para poderem ser processados em microcontroladores e processadores. Este artigo explora apenas algumas das técnicas fundamentais para o condicionamento e tratamento de sinais a fim de auxiliar os projetistas de circuitos a darem o pontapé inicial nos projetos que envolvem o uso de sensores analógicos em sistemas digitais, porém sem a pretensão de se tornar um guia definitivo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Sinal do Sensor sem tratamento

Para ilustrar as técnicas apresentadas, usaremos como exemplo o sinal proveniente de um transformador toroidal hipotético, que para efeitos de estudo, vamos considerar que seja capaz de converter cada ampere de corrente que atravessa o seu núcleo em uma corrente de 1mA em sua saída, com limite de até 100mA, similar ao apresentado na imagem abaixo: '



Para projetar o circuito de condicionamento deste sinal vamos avaliar os passos a seguir:

### Isolação do Sinal

O primeiro passo para trabalhar e condicionar um sinal é ser capaz de captar esse sinal sem inserir nenhum tipo de distorção no sinal da entrada.

A título de exemplo, vamos imaginar que precisamos fazer a leitura da tensão de uma bateria através de um divisor resistivo. Para que esse divisor não descarregue a bateria, o valor de suas resistências precisam ser bastante altas para que a corrente fique extremamente baixa, nesse caso adotaremos  $R1=2,2M\Omega$  e  $R2=1M\Omega$ , conforme a imagem abaixo:

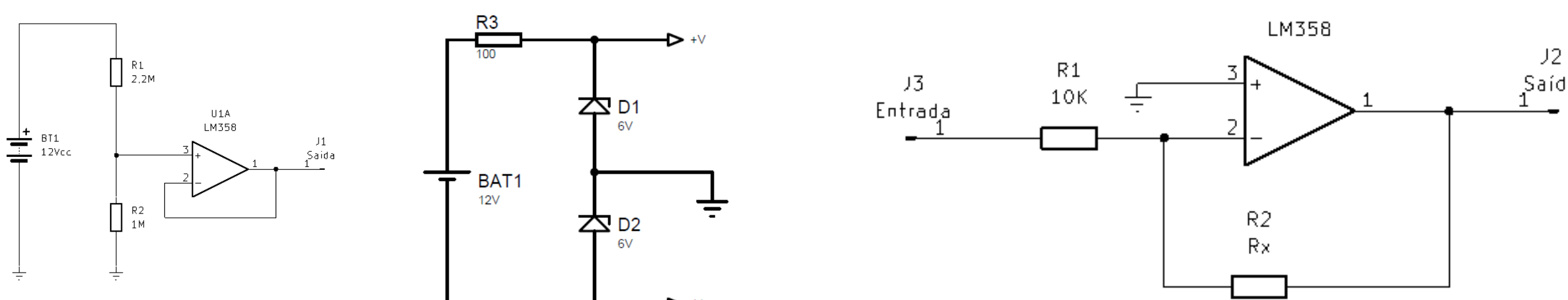
Com aplicação da lei de Ohm, podemos calcular que a corrente circulante neste circuito será:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow \frac{12}{3,2M} \Rightarrow I = 3,75\mu A$$

Nessa situação, a tensão do divisor resistivo poderia ser aplicada diretamente na entrada do canal analógico de um microcontrolador, no entanto, este pode consumir correntes de até 1 $\mu A$ . Isso significa que, para o divisor resistivo apresentado, seria equivalente a uma resistência de cerca de 3,125M $\Omega$ . Essa impedância de entrada é extremamente alta, mas para este circuito em específico já possui um valor que interfere na medida, uma vez que a entrada desse microcontrolador passa a fazer parte deste do circuito e gera um desvio para uma parte desta corrente.

Neste exemplo em particular se mostra necessária a utilização de alguma técnica que torne possível aumentar essa impedância de entrada, porém, mantendo uma baixa impedância de saída para não alterar o valor medido.

O componente que apresenta justamente essas características é o Amplificador Operacional em sua configuração de Buffer, ou seja, com o sinal de entrada não inversora recebendo o sinal a ser medido e a saída fazendo a malha de realimentação da entrada inversora, conforme a figura abaixo:



Assim como demonstrado no circuito anterior, a saída de uma grande quantidade de sensores, também tem corrente muito baixa, fazendo com que o uso de um buffer na etapa inicial da entrada de circuitos condicionadores de sinais de sensores seja comumente encontrado.

Vale destacar também que os Amplificadores Operacionais são componentes que trabalham com alimentação assimétrica, ou seja, um pino de alimentação deve ser positivo enquanto outro pino de alimentação deve ser negativo, porém é perfeitamente possível extrairmos uma alimentação assimétrica a partir de uma fonte CC convencional apenas com auxílio de dois diodos do tipo zener, entre várias outras formas.

Abaixo um exemplo de fonte assimétrica com diodos zener:

Desta forma, a partir de uma fonte de 12Vcc convencional, conseguimos criar uma fonte assimétrica com tensão de +6Vcc e -6Vcc quando medido em relação à terra do circuito.

### Amplificação de Sinal

A amplificação é uma etapa essencial no condicionamento de sinais de sensores. A grande maioria dos sensores não conseguem gerar valores dentro da faixa ideal de medição para canais analógicos dos microcontroladores, desta forma é interessante que esse sinal passe por uma etapa de amplificação até que o nível do sinal esteja adequado para medição.

Amplificadores operacionais são comumente utilizados para aumentar a amplitude dos sinais, permitindo uma leitura mais precisa e confiável. Além disso, técnicas de filtragem podem ser aplicadas para remover ruídos indesejados e interferências eletromagnéticas.

Para a etapa de amplificação utilizamos mais uma vez a técnica de realimentação, porém desta vez, da entrada inversora conforme o circuito abaixo:

Nesta configuração, diferente da configuração anterior, onde o ganho era sempre unitário, agora temos a possibilidade de controlar o valor do ganho variando apenas os valores dos resistores R1 e R2, seguindo a seguinte relação:

$$Saída = -\frac{R2}{R1} \times Entrada$$

Deste modo, ao considerar o valor fixo de 10K $\Omega$  para o resistor R1, conforme a figura, e o nosso sensor padrão que fornece saída de 1Vpp é necessário saber qual o valor máximo que queremos na saída do nosso circuito.

Boa parte dos microcontroladores ainda trabalham com tensão de 5Vcc, e alguns mais modernos hoje já trabalham com tensão de 3,3Vcc. Para seguir com nosso exemplo, vamos utilizar um microcontrolador clássico com a tensão de 5Vcc.

Como nosso sensor reproduz a forma senoidal de sua entrada, teremos uma tensão oscilando entre 1V positivo e 1V negativo, tornando a excursão total deste sinal em apenas 2Vp.

Para utilizarmos toda a resolução do canal analógico, seria interessante que a excursão total fosse de 5Vp e, portanto, podemos calcular o ganho necessário da seguinte maneira:

$$Ganho = \frac{Saída Desejada}{Saída Atual} \Rightarrow Ganho = \frac{5}{2} \Rightarrow Ganho = 2,5$$

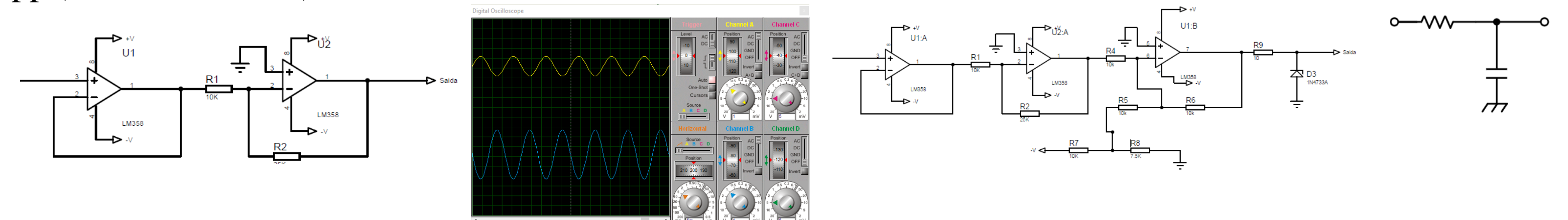
Logo para conseguirmos o nosso ganho desejado precisaremos de um resistor R2 com valor 2,5x maior que o valor do resistor R1.

Como determinamos que o valor de R1 seria de 10K $\Omega$ , temos:

$$Saída = -\frac{R2}{R1} \times Entrada \Rightarrow 2,5 = -\frac{R2}{10K\Omega} \times 1 \Rightarrow 2,5 \times 10K\Omega = -R2$$

Ao conectarmos o tanto a entrada como a saída do circuito no osciloscópio verificamos a seguinte imagem:

Nesta imagem podemos verificar na linha amarela o sinal da entrada, com tensão de 2 volts entre os picos positivos e negativos, e após a amplificação do segundo amplificador operacional, na linha azul, percebemos que agora temos um pico positivo de +2,5V e outro pico negativo de -2,5V, totalizando uma diferença de potencial de 5Vpp (Volts Pico a Pico).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O condicionamento e tratamento de sinais de sensores desempenham um papel central na obtenção de dados precisos e confiáveis para a maioria das aplicações.

Os exemplos demonstrados neste artigo são apenas algumas das formas possíveis para preparar os sinais provenientes de sensores.

A partir desses exemplos é possível incrementar as diferentes etapas de condicionamento a fim de melhorar ainda mais o sinal recebido, porém obviamente tanto a complexidade do circuito quanto o seu custo tendem a aumentar proporcionalmente com o nível de precisão a que se deseja alcançar, ficando a cargo do projetista encontrar o equilíbrio entre todos estes fatores.