



PROJETO DO CURSO
MULTÍMETRO DIGITAL MICROCONTROLADO

Versão 2017
Prof. Leopoldo / Elisabete

Tutorial
Circuito de Condicionamento de Sinais

1. Objetivo

Este documento tem como objetivo trazer informações adicionais sobre o circuito de condicionamento de sinais necessário para o projeto do Multímetro Digital.

2. Circuito de condicionamento de sinais

2.1 Função do circuito

Os microcontroladores possuem entradas analógicas que permitem medir tensão contínua ou tensões que variam no tempo. Entretanto, só medem tensões positivas e dentro de uma faixa limitada. No caso do Kit FRDM KL25Z a tensão de entrada deve estar entre 0 V (mínimo) e 3,3 V (máximo). No caso do ARDUINO a tensão de entrada deve estar entre 0 V (mínimo) e 5,0 V (máximo).

O multímetro digital que vocês estão projetando deve medir as seguintes grandezas elétricas:

- a) Tensão contínua (V_{DC}) na faixa de **0 a 10 V**;
- b) Tensão alternada (V_{AC} - valor eficaz) na faixa de **0 a 10 V_{pp}** (frequência de até **1 kHz**);
- c) Frequência (f) na faixa de **50 a 500 Hz**.

Observem que não se pode medir diretamente no microcontrolador uma tensão contínua na faixa de 0 a 10 V. Será necessário reduzir a tensão para uma faixa de 0 a 3 V (recomenda-se escolher uma tensão menor que 3,3 V por segurança).

Analogamente, não se pode medir uma tensão alternada variando de -10 V a +10 V. Será também necessário fazer com que o sinal varie na faixa de 0 a 3 V.

Vejam que, diferentemente do que foi adotado nas aulas de teoria de circuitos elétricos ou de laboratório, onde o objetivo é analisar o comportamento dos circuitos elétricos, no projeto não é fornecido o circuito. Neste caso em particular, vocês precisam analisar o problema e propor circuitos que se adequem às necessidades do projeto.

O circuito de condicionamento DC é simples de ser implementado, pois se trata basicamente de um circuito atenuador. O cuidado que se deve tomar é com relação à escolha dos valores dos componentes. Por outro lado, o circuito de condicionamento AC requer um pouco de criatividade. Existem muitas soluções possíveis. Vamos avaliar algumas possibilidades na próxima seção.

2.2 Condicionamento de sinal AC

Vamos considerar um exemplo de conversão de um sinal alternado de **10 Vpp, sem offset**, em um sinal alternado variando de 0,15 V a 3,15 V, ou seja, num sinal de **1,5 Vpp com offset de 1,65 V**, conforme ilustrado na Figura 1 a seguir.

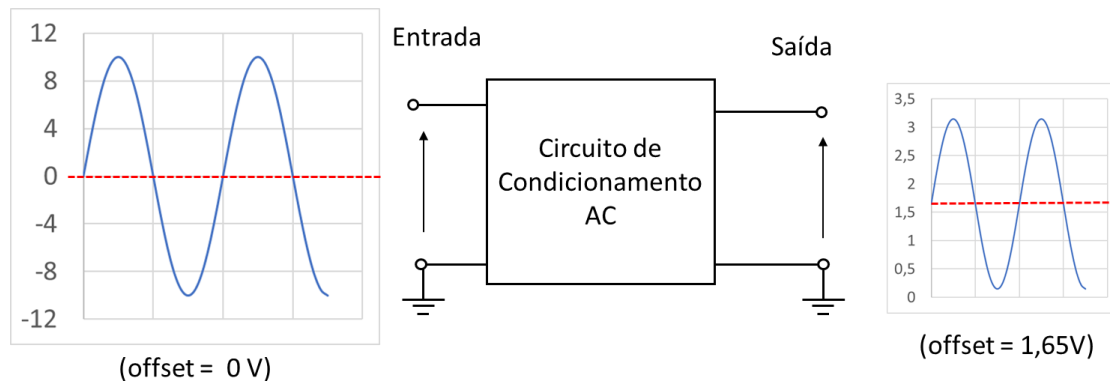


Figura 1 - Exemplo de condicionamento de sinal AC.

Vamos examinar na próxima seção os tipos de circuitos que podem ser utilizados para se implementar a conversão como mostrada na Figura 1.

2.3 Tipos de Circuitos de condicionamento de sinal AC

Existem várias formas de implementar um circuito de condicionamento. A função do projetista é fazer a melhor escolha considerando fatores como eficácia, precisão, complexidade, custo, entre outros. Existe uma regra básica que é: "simples é melhor", pois uma boa relação custo/benefício é desejável quando se pensa em produção.

Seguem algumas configurações aplicáveis para o circuito de condicionamento.

a) Circuito RC

Um circuito de condicionamento baseado no circuito RC é mostrado na Figura 2 a seguir.

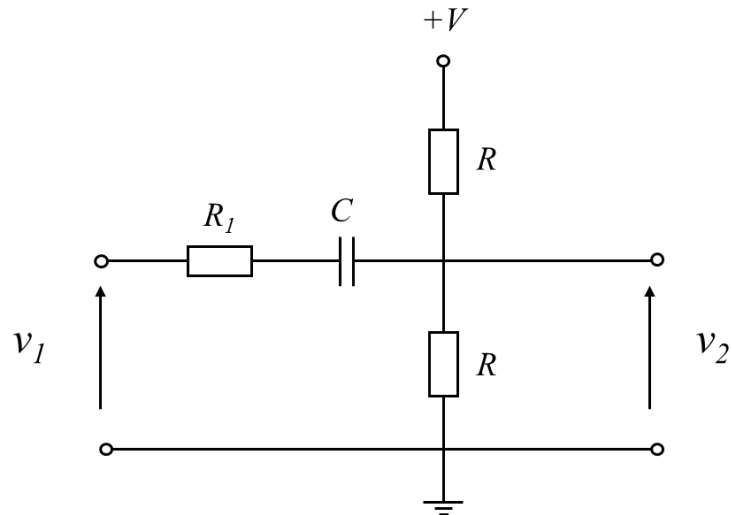


Figura 2 – Circuito RC.

Observem que o capacitor C tem a função de isolar v_1 e v_2 para sinais DC, ou seja, para permitir a interconexão de dois pontos que possuem níveis DC (offset) diferentes. Por outro lado, o capacitor não deve influir no sinal alternado (AC). Logo, deve satisfazer a condição $\frac{1}{\omega C} \ll R_1$. Por exemplo, se $C = 10 \mu\text{F}$ então para a frequência de 100 Hz temos que $\frac{1}{\omega C} \approx 159 \Omega$.

Veja também que para sinais alternados, satisfazendo $\frac{1}{\omega C} \ll R_1$, vale a relação:

$$v_2 = \frac{V}{2} + \frac{R}{R + 2R_1} v_1 \quad (1)$$

Observe que para análise AC o divisor de tensão será entre R_1 e R/R ($R/2$).

b) Circuito retificador

Um circuito retificador com um diodo é mostrado na figura 3 a seguir.

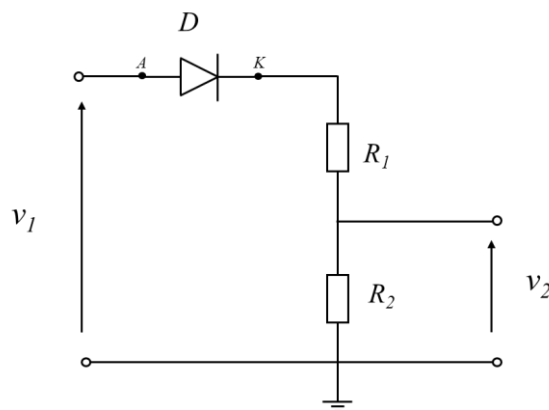


Figura 3 – Circuito retificador

O diodo é um dispositivo não-linear que conduz somente no sentido anodo (A) para catodo (K). Além disso, requer uma tensão mínima de condução de aproximadamente 0,7 V.

Se a entrada, v_1 , for um sinal senoidal com amplitude 10 Vpp, a tensão de saída, v_2 , será uma onda retificada (também chamada de meia-onda) conforme mostrado na figura 4 a seguir.

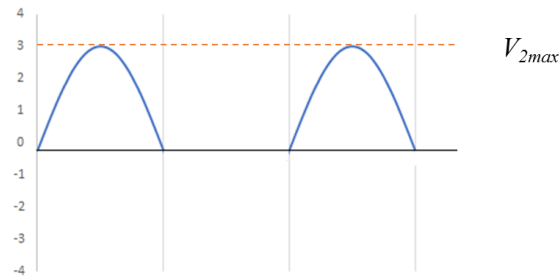


Figura 4 – Onda retificada ou meia-onda

Onde:

$$V_{2max} = (10 - 0,7) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Este circuito, embora simples, introduz um erro de medição (devido à queda de tensão sobre o diodo), em especial no cálculo do valor eficaz de tensão, necessitando de um tratamento posterior para corrigir o desvio (o que pode ser feito por software). Quanto menor a tensão a ser medida maior será o erro, sendo que o circuito não será capaz de medir tensões abaixo de 0,7 Vpp.

c) Circuito com Amplificador Operacional

Por fim, apresentaremos um circuito um pouco mais complexo comparado com as anteriores. Trata-se de um circuito somador com amplificador operacional (AmpOp), como mostrado na Figura 5 a seguir.

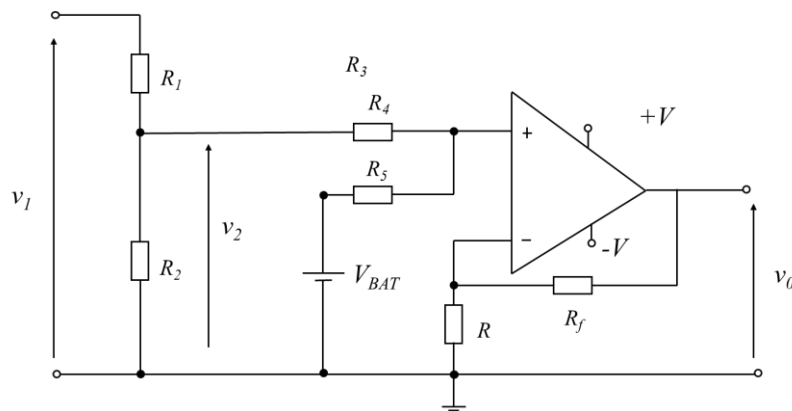


Figura 5 – Circuito somador

A tensão de saída deste circuito, v_o , será dada pela expressão a seguir.

$$v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \left(\frac{\frac{v_2}{R_4} + \frac{V_{BAT}}{R_5}}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}}\right) \quad (3)$$

Se $R_4 = R_5$ teremos:

$$v_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \left(\frac{v_2 + V_{BAT}}{2}\right) \quad (4)$$

A desvantagem deste circuito é a complexidade e a necessidade de uma fonte de alimentação simétrica ($\pm V$).

Outra alternativa para este circuito seria substituir a bateria por um diodo zener, como mostra a figura a seguir:

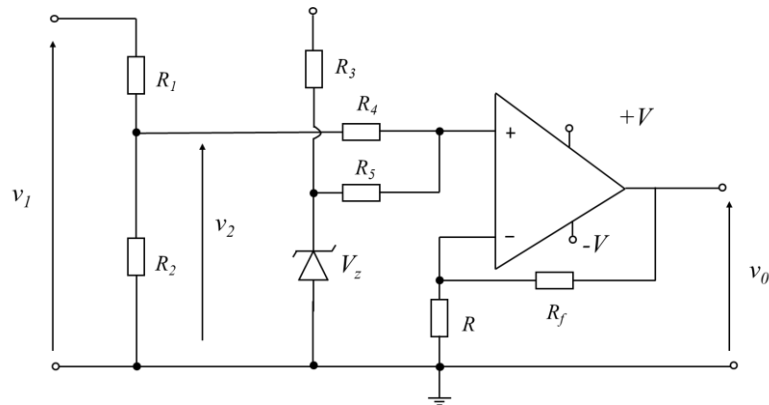


Figura 6 – Circuito somador com diodo zener.

Neste caso as expressões 3 e 4 devem ser alteradas, substituindo-se V_{BAT} por V_z .

Veja que o diodo zener tem a mesma função da bateria, que é prover uma tensão DC (offset) que será somada com o sinal AC, a fim de eliminar a parte negativa do sinal.

3. Preparação para a aula de projeto

Para vocês entenderem alguns dos circuitos apresentados neste tutorial são necessários alguns conceitos que ainda não foram tratados na disciplina de circuitos elétricos. Como vocês já sabem, uma forma de esclarecer como esses circuitos funcionam é utilizando um software de simulação como o Multisim. A simulação deve ser utilizada também para verificar se o circuito projetado por vocês se comporta corretamente para diferentes amplitudes e frequências de sinal de entrada.

Desta forma, vocês devem trazer a simulação do circuito de condicionamento que será testado na aula de projeto.