



VIII Encontro de Iniciação Científica e Tecnologia  
VIII enICT  
ISSN:2526-6772  
IFSP - Campus Araraquara  
19 e 20 de outubro de 2023



## **CIRCUITO DE CONDICIONAMENTO DE SINAIS E SUAS APLICAÇÕES**

Pedro Aleixo Mantovani, Rodrigo Andreoli de Marchi.

<sup>1</sup> Graduando de engenharia elétrica, IFSP campus Piracicaba, mantovani.pedro@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Doutor, Professor, IFSP campus Piracicaba, ramarchi@ifsp.edu.br.

### **3.04.03.03-0 Circuitos Eletrônicos**

**RESUMO:** Ao longo dos anos, houve uma grande evolução no âmbito de realizar o controle de máquinas. Com o grande avanço da automação, os processos industriais de aquisição de dados se tornaram cada vez mais otimizados e eficazes. Com o uso de circuitos de condicionamento de sinais, se tornou possível fazer correções, além de ser possível converter sinais de analógico para digital e vice-versa. Essas correções ocorrem devido ao uso de amplificadores e retificadores, aliados aos filtros capacitivos, o que permite adaptar o sinal de forma que ele se molde a entrada e saída utilizados no circuito. Esse processo permite que as máquinas e processos industriais sejam amplamente controlados a partir da tecnologia, por meio do uso de microcontroladores. Neste trabalho é apresentado uma aplicação dos circuitos de condicionamentos de sinais para viabilizar o acionamento de um inversor de frequência via microcontrolador.

**PALAVRAS-CHAVE:** Circuitos condicionadores, máquinas, sinais analógicos e digitais, tacogerador.

## **INTRODUÇÃO**

Hoje em toda a indústria temos uma grande demanda na medição, no controle e no monitoramento de grandezas físicas, sejam elas temperatura, pressão ou mesmo eletricidade (BARRETO, 2011). Cada vez mais se torna necessário a utilização de sistemas que coletam, tratam e adaptem os sinais obtidos para medição, sendo utilizados em muitas áreas, como a área médica, a com medições de temperatura e pressão corporais, ou mesmo na manutenção de máquinas, onde a captação de dados é utilizada para controle de qualidade e manutenção de máquinas industriais (BONFATI, 2017). Esses sinais obtidos passam por alguns estágios, como a coleta de dados, o condicionamento e a conversão de analógico para digital, dessa forma, os sinais captados por um transdutor são disponibilizados para um circuito de condicionamento de sinais, e no fim, a conversão do sinal, habilita o uso de microcontrolador implementado junto ao circuito condicionador. Esse sistema de coleta de dados deve ser projetado para exibir informações detalhadas e com exatidão de determinado processo, para isso, características das variáveis e necessidades devem ser levados em conta para que possa haver um controle sobre o processo. Dessa forma, um sistema de aquisição de dados e pré-determinado, com uso de um transdutor, um condicionador e um conversor analógico/digital (GUIMARÃES, 1992). Além de uma unidade de processamento, esse conjunto, terá como objetivo prover informações a respeito de uma grandeza física, que com o auxílio do transdutor que irá traduzir esse sinal para um sinal elétrico é posteriormente processado e/ou armazenado, esses transdutores podem ser formados a partir de alguns sensores que variam grandezas passivas como resistência, capacitância ou indutância, necessitando

assim de uma excitação externa, ou a partir de sensores geradores, esses que geram um sinal elétrico na forma de corrente, tensão ou carga elétrica.

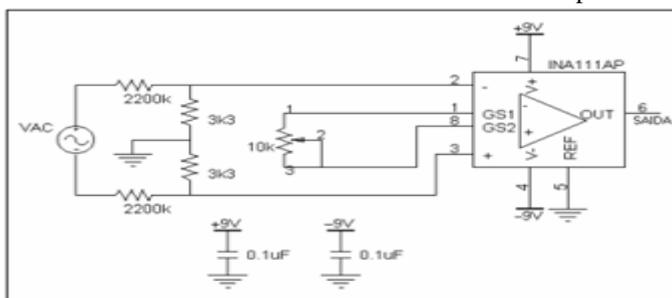
Neste trabalho é apresentado uma aplicação dos circuitos de condicionamento de sinais para possibilitar o acionamento de um inversor de frequência por um microcontrolador realizado por um tacogerador. Para poder fechar a malha e realizar o controle do referido acionamento um circuito entre o tacogerador e o microcontrolador é necessário para condicionar um sinal de 72V para 3,3V e outro circuito entre a saída do microcontrolador e a entrada do inversor para condicionar o sinal de 3,3V para 10V. Estes circuitos são projetados ao longo do trabalho e os resultados de simulação são apresentados para validar seu funcionamento.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A busca pela qualidade e pelo melhor aproveitamento tem sido uma das grandes preocupações da indústria, sendo que boa parte dos instrumentos que são vistos hoje sofrem pelo alto custo ou pela ineficiência para medir determinados fatores de qualidade, por isso, alguns estudiosos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), através do projeto Sistema Integrado para Diagnóstico e Análise da Qualidade da Energia Elétrica (SIDAQEE) (SANTOS E JUNIOR, 2005). Onde buscou desenvolver um equipamento que aliasse eficiência e baixo custo, sendo um melhor custo-benefício, sem que perdesse a qualidade, através de um circuito condicionador, onde são usados 4 canais para medir tensão e 4 canais para medir corrente. O circuito proposto foi dividido em 3 partes, sendo elas: amplificador, filtro anti-aliasing e circuito de amostragem/retenção. O circuito começa pelo amplificador de instrumentação, onde foi utilizado o amplificador INA111/AP, que possui como características uma alta impedância de entrada.

Como os sinais advindos das pontas de prova possuem amplitudes maiores que as encontradas nos alicates de corrente, adotou-se diferentes circuitos de entrada para realizar essa adaptação, sendo utilizados resistores de entrada para realizar essa diferenciação. O circuito da Figura 1 ilustra o que foi discutido neste tópico.

FIGURA 1. Circuito com divisor de tensão duplo.



Fonte: (SANTOS E JUNIOR, 2005).

A isolamento galvânica entre a rede e o circuito eletrônico, neste caso, é feito pelos próprios alicates de corrente, uma vez que estes, saturam na presença de sobrecorrentes, protegendo os circuitos. O circuito Sample/Hold, neste caso, se faz necessário por dois fatores, primeiramente, o conversor analógico/digital necessita de um sinal de entrada estável, e segundo, para que haja uma simultaneidade, para uma digitalização de todos os canais, evitando que ocorra defasagem entre eles.

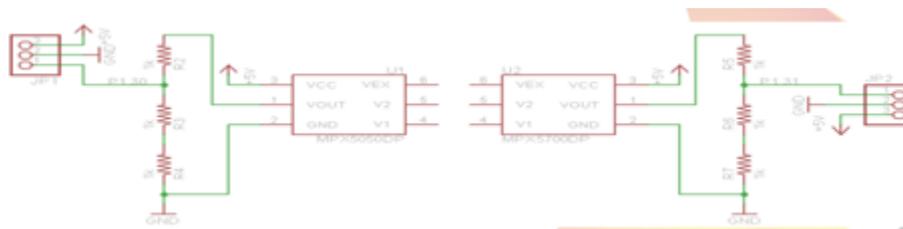
Outra aplicação que podemos citar seria um circuito condicionador utilizado para fazer monitoramento e controle de bombas hidráulicas (OLIVEIRA A.C. et al, 2016), para que isso possa ser

realizado, foi utilizado um microcontrolador em conjunto com um circuito para atenuar o sinal de saída, onde foi feito um divisor de tensão utilizando três resistências iguais. O objetivo do trabalho é propor uma solução para preservar e aumentar o tempo de vida das bombas hidráulicas evitando que ela opere em condições impróprias. O projeto foi subdividido em três partes, sendo elas: o sistema SCADA, o sistema elétrico composto pelo CLP e os circuitos dos sensores. A Figura 2 representa o circuito do projeto.

Ao longo dos anos vem se desenvolvendo técnicas de controle digital com o intuito de melhorar a eficiência de controle industrial, diminuindo a quantidade de trabalhadores. (SERRALHEIRO, SOUZA, 2012).

Após passarem por essas correções, os sinais serão empregados em um microcontrolador, e neste sairá os comandos para o tacogerador.

FIGURA 2. Circuito condicionador com divisor de tensão.



Fonte: (OLIVEIRA A.C., al all, 2016)

Um tacogerador é um dispositivo utilizado para produzir energia elétrica a partir da velocidade rotacional, normalmente a rotação é transferida através de um motor (COELHO, 2001). Esse dispositivo, quando associado a um motor recebe o nome de sistema motor-tacogerador ou MTG, para garantir que o sistema funcione de maneira eficiente é comum ser adicionado um sistema computacional de aquisição de dados, além de um sistema embarcado, que será responsável por condicionar o sinal proveniente do tacogerador.

Outros dispositivos que são comumente associados aos tacogeradores são os inversores de frequência, utilizados para fazer o controle de velocidade, esse equipamento permitiu o uso de máquinas de indução para controle de velocidade, substituindo as máquinas de corrente contínua. Para o uso de controle de velocidade, o inversor de frequência é muito mais simples de ser utilizado, possuindo mais recursos, sendo mais econômico, além de ser facilmente programado, essas vantagens permitem que a máquina seja operada de diversas maneiras e de maneira mais simples e eficiente. (C. M. FRANCHI, 2009).

FIGURA 3. Inversor de frequência



(C. M. FRANCHI, 2009).

Motores de indução trifásicos de corrente alternada são conversores eletromagnéticos, onde podem converter energia elétrica em mecânica (quando atuam em modo motor) ou converter energia mecânica em elétrica (quando atuam em modo gerador). (UMANS, S. D, 2006).

Esses motores são compostos por duas partes, sendo elas: estator e rotor. Outra informação importante sobre os motores de indução é que devido a ser uma máquina assíncrona, a velocidade do campo girante nunca será a mesma da velocidade de eixo, causando um fenômeno chamado escorregamento, este, permite o funcionamento da máquina e a diferença das máquinas síncronas UMANS, S. D, 2006.

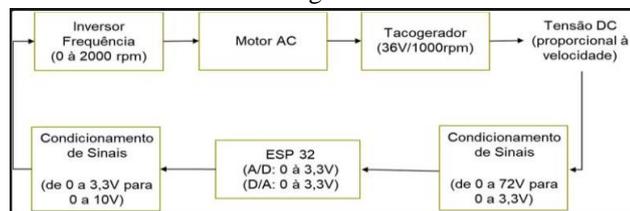
Outra característica importante das máquinas assíncronas, está no fato de que ao aumentar a carga do motor as rotações diminuem. Por outro lado, ao funcionar em modo vazio (sem carga) o rotor gira muito próximo da velocidade síncrona (C. M. FRANCHI, 2009).

Sendo assim, para utilizarmos um tacogerador, há uma necessidade de um circuito que faça o condicionamento dos sinais de entrada, além de um dispositivo de comando, e um inversor de frequência. A seguir, será mostrado um esquema que retrata aquilo que acabou de ser constatado.

## METODOLOGIA

Para este trabalho será utilizado uma unidade de microprocessamento com o ESP32 cuja saída é de 0 a 3,3V, para realizar os comandos de acionamento do inversor de frequência os sinais do microcontrolador passarão por um circuito de condicionamento de sinais, fazendo com que este sinal seja tratado e adequado para a entrada do inversor de frequência cujo valor é de 0 a 10V, permitindo o acionamento e controle do motor elétrico. A realimentação da velocidade do eixo do motor é realizada por um tacogerador com valor de saída de 36V/1000 rpm, como a velocidade de operação é limitada em 2000 rpm e em um único sentido de rotação, conseqüentemente, a saída é de 0 a 72V, sendo assim, outro circuito de condicionamento é necessário entre o tacogerador e o microcontrolador para adequar este sinal de 0 a 3,3V.

FIGURA 4. Diagrama de blocos do circuito.



Fonte: próprio autor.

Inicialmente foi utilizado como base os circuitos analisados durante a revisão bibliográfica, dessa forma foi possível definir que a solução mais adequada e simples seria realizar o condicionamento de sinais a partir de um divisor de tensão e o auxílio do amplificador LM358.

Utilizando a fórmula do divisor de tensão, e definindo o valor de R1 a fim de adequar a tensão de 72V para a entrada de 3,3V do ESP 32 o resultado obtido foi:

$$v_i = \frac{v_o \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

onde foi definido previamente o valor de

$$3,3 = \frac{72 \cdot R_2}{50 \cdot 10^3 + R_2}$$

Dessa forma, o valor de R<sub>2</sub> encontrado foi de 2,2kΩ. Onde:

R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> - Resistores utilizados para fazer o divisor de tensão.

v<sub>o</sub> - Valor da tensão de saída no ESP 32.

v<sub>i</sub> - Valor da tensão de entrada.

Desse modo, o valor de tensão de saída desejado foi obtido facilmente, seguindo a mesma lógica, foi feita a definição do circuito amplificador de tensão, onde sua função é transformar esses 3,3V em 10V.

Utilizando a fórmula para calcular o ganho do amplificador, tem-se.

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_1 = 24k\Omega$$

$$R_2 = 10k\Omega$$

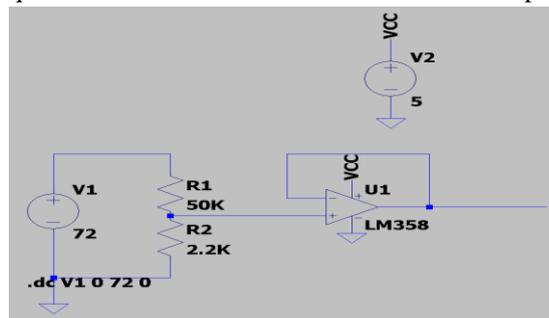
$$A_v = 3,3V$$

$A_v$  - - Ganho de tensão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

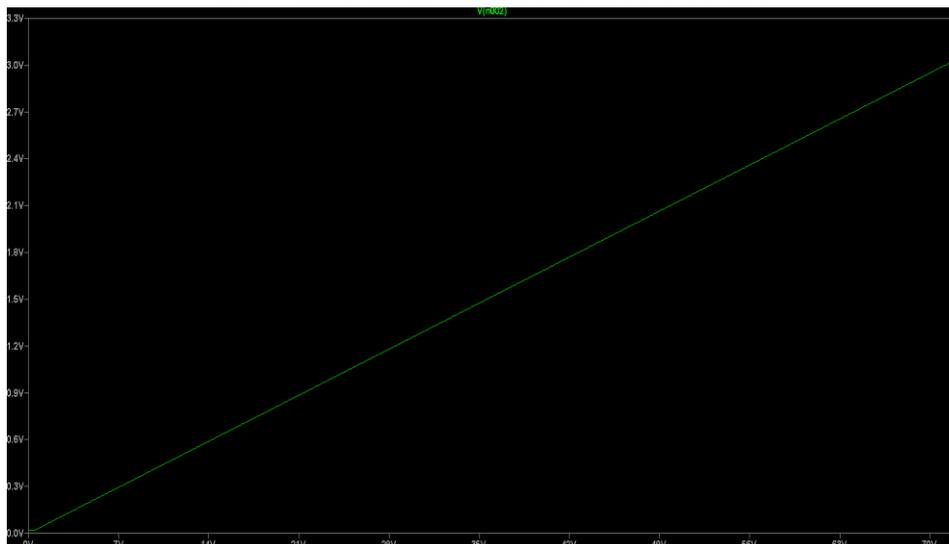
A partir dos circuitos estudados durante a revisão bibliográfica, e com o auxílio do simulador LtSpice, pode-se comprovar a veracidade dos circuitos produzidos a fim de fazer o abaixamento da tensão, associado ao amplificador LM358, com isso, a tensão de saída do tacogerador (72V) pode ser adequada a entrada do microcontrolador ESP 32 (3,3V) e utilizando os mesmo conceitos, foi utilizado novamente o amplificador LM358, mas dessa vez para aumentar a tensão de saída do microcontrolador de 3,3V para 10V que é o valor de entrada do inversor utilizado.

FIGURA 5. Esquema de um divisor de tensão associado ao amplificador LM358.



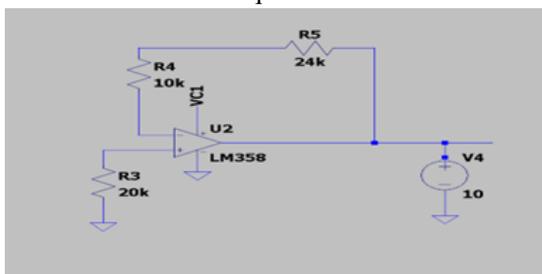
Fonte: Próprio autor

FIGURA 6. Tensão de saída do circuito condicionador



Fonte: Próprio autor

FIGURA 7. Circuito de condicionamento para adequar a saída do ESP 32, para a entrada do inversor de frequência.



Fonte: Próprio autor

O resistor de 20 K $\Omega$  ohm aterrando a entrada do sinal, para referenciar o microcontrolador e impedir o pico de tensão ao inicializá-lo quando não há sinais de entrada nessa saída, evitando assim danos na entrada analógica do inversor.

## CONCLUSÕES

A partir dos objetivos pré-estabelecidos, ao realizar as simulações baseadas nos estudos e conhecimentos adquiridos durante a realização deste trabalho, foi possível fazer a adequação tanto para o microcontrolador quanto para o inversor de frequência, dessa forma os circuitos de condicionamento de sinais cumpriram o seu papel de maneira satisfatória atingindo os resultados desejados. Dessa forma, cada parte do circuito desenvolvido está em pleno funcionamento, o que garante um bom resultado.

## REFERÊNCIAS

- SANTOS, I.N., JUNIOR A.J.P.R., “Uma proposta de Condicionador de Sinais Para Aquisição de Dados [Em Um Instrumento De Medição Da Qualidade Da Energia Elétrica]”, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.
- BARRETO, A.C., “Circuito Integrado De Condicionamento De Sinais Analógicos Utilizando Tecnologia Sinais Industriais e Biométricos”, agosto de 2011.
- OLIVEIRA, A.C., SALES E SILVA L.E, SANTOS K.V, BESSA I.V, “UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE BOMBAS HIDRÁULICAS”, 2016
- OLIVEIRA, Camilla Alves de. Condicionamento de sinais para dispositivos inteligentes de proteção contra surtos. 2022.
- BONFATI L.V, 2017- DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO PARA AQUISIÇÃO DE SINAIS DE PEQUENAS AMPLITUDES APLICADO A ELETRÔNICA ANALÓGICA II. GUIMARÃES H. L, 1992- Conversor analógico digital algorítmico de alta velocidade em tecnologia bipolar.
- SERRALHEIRO W., SOUZA EDZ, 2012 -Plataforma para implementação de técnicas de controle digital adaptativo–o sistema motor-taco gerador. <http://docente.ifsc.edu.br/werther/publicacoes/2012-MTG.pdf>
- OLIVEIRA PEDRISCH, R. et al. Um Módulo Motor-Taco gerador de Baixo Custo para Ensino de Controle Automático \*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.sba.org.br/cba2022/wp-content/uploads/artigos\\_cba2022/paper\\_9831.pdf](https://www.sba.org.br/cba2022/wp-content/uploads/artigos_cba2022/paper_9831.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2023.
- COELHO, A. et al. DA TEORIA À PRÁTICA: PROJETO MOTOR TACO-GERADOR. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/18/trabalhos/NTM032.pdf>>.. 2001
- CLAITON MORO FRANCHI. Inversores de Frequência. [s.l.] Saraiva Educação S.A., [s.d.], 2009.
- UMANS, S. D. Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley. [s.l: s.n.], 2006.