

## Desenvolvimento de um drive linear de $\pm 24$ V e 8 A com acionamento através de sinal analógico

## Development of a $\pm 24$ V and 8 A linear drive that drives through analog signal

### RESUMO

Para os estudos de sistemas controlados é comum a utilização de um drive para o acionamento e controle de motores. Estes costumam ser encontrados com valor elevado e no exterior. Assim, o desenvolvimento de drives que possuem potência elevada é de grande importância para desenvolvimento de pesquisas experimentais. Para a realização do objetivo desenvolveu-se duas estruturas separadas, uma fonte de alimentação simétrica e o drive de 4 canais de entrada e saída. Os equipamentos operaram de forma esperada nas frequências de operações suficientes para a aplicação, apresentando ausência de distorções dos sinais de controle em sua saída. Além das redundâncias de segurança em seu projeto elétrico, para equipamentos de alta potência é necessário considerar o aquecimento de componentes devido a dissipação de energia na conversão de nível de tensão, evitando assim acidentes, mal funcionamento e danificação dos componentes além de aumentar a segurança do usuário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle. Motor. Amplificador.

### ABSTRACT

For the study of controlled systems is common to use a drive to drive and control motors. These are usually found with high value and abroad. Thus, the development of drives that have high power has importance for the development of experimental research. To achieve the goal two separate structures were developed, a symmetrical power supply and the 4-channel input and output drive. The equipment operated as expected at operating frequencies sufficient for the application, with no distortions of control signals at its output. In addition to safety redundancies in their electrical design, for high power equipment is necessary to consider overheating of components due to energy dissipation in voltage level conversion, thus avoiding accidents, malfunctions and component damage as well as increasing the safety of the user.

**KEYWORDS:** Control. Motor. Amplifier.

**Blandown Ryuiti Ono Gonçalves da Silva**  
[ryuiti1109@gmail.com](mailto:ryuiti1109@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

**Marcio Aurelio Furtado Montezuma**  
[montezuma@utfpr.edu.br](mailto:montezuma@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

Para os estudos de sistemas controlados é comum a utilização de um drive para o acionamento e controle de motores. O equipamento é responsável pela amplificação de um sinal de entrada do controlador para um sinal com potência necessária para atuação.

Estes costumam possuir um valor elevado e encontram-se comumente no exterior. Sendo assim, o desenvolvimento de drives, principalmente, os que possuem potência elevada é de grande importância para desenvolvimento de pesquisas experimentais. Uma vez que possuir todo o projeto desse equipamento, caso haja algum problema, o conserto pode ser realizado no próprio laboratório.

## METODOLOGIA

Projetou-se duas estruturas para a realização do objetivo. Primeiramente foi desenvolvido uma fonte de energia linear ajustável e simétrica para fornecimento de potência aos drives, capazes de realizar o fornecimento de até  $\pm 32$  V e 15 A simultaneamente nas duas tensões. A segunda estrutura projetada foi o drive com 4 canais de entrada e saída, possuindo a capacidade de amplificação de sinal com ganho ajustável de 1 a 6, sendo as correntes de saídas máximas de cada drive 10 A ou 15 A total. As duas estruturas possuem uma interface de interação com o usuário, como LED de indicação de funcionamento, potenciômetro para ajustes, desenhos e letras indicativas e displays de indicação de tensão e corrente.

A fonte de alimentação foi desenvolvida com base no regulador linear LT1038, o qual suporta uma corrente máxima de 10 A em sua saída. Utilizou-se 4 deste regulador, sendo 2 para tensão positiva e 2 para tensão negativa e assim possibilitando o objetivo de 15 A de saída. Para realizar este aumento da corrente, foi necessário realizar a ligação dos pares de reguladores em paralelo, com resistores de shunt na saída dos respectivos reguladores. Seguindo a recomendação do datasheet a resistência foi definida como 0,015  $\Omega$ . (Linear Technology, 2000).

Para o ajuste da tensão de saída do regulador utilizou-se um resistor de 100  $\Omega$  e um resistor de 570  $\Omega$  em série com potenciômetro de 2 k $\Omega$ . Assim, as tensões de saída mínima e máxima são determinadas pelas equações 1 e 2.

$$V_{min} = 1,25 * \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) = 1,25 * \left(1 + \frac{570}{100}\right) = 8,375 \text{ V} \quad (1)$$

$$V_{max} = 1,25 * \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) = 1,25 * \left(1 + \frac{570+2000}{100}\right) = 33,375 \text{ V} \quad (2)$$

A energia da fonte de alimentação terá como origem uma tomada elétrica na qual oferece alimentação de corrente alternada de 60 Hz, logo, utilizou-se um transformador, ponte retificadora de onda completa e capacitor de filtro para obter uma corrente contínua na entrada do regulador.

O transformador utilizado possui duas saídas, sendo uma de tap central de 34 V + 34 V e uma de 12 V. A ponte retificadora optou-se pelo modelo KBPC3510 da SYC. O pico de tensão da saída do transformador obtido através de medições foi de 47 V, a queda de tensão máxima da ponte retificadora será 1,8 V, a tensão de entrada mínima necessária será 35 V e a corrente máxima será 15 A. Com isso, pode-se determinar o valor da capacitância mínima necessária pela equação 3.

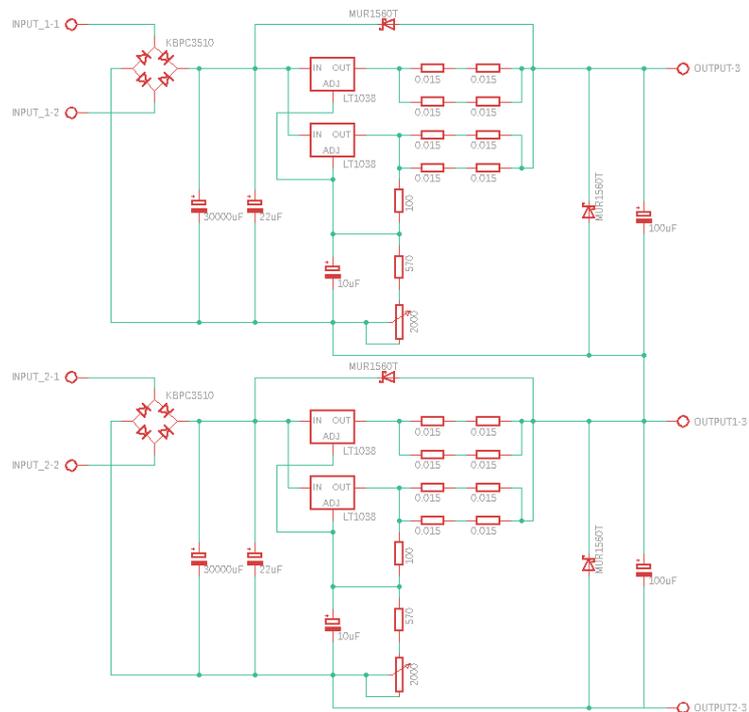
$$C = \frac{I}{2 * f * V_r} = \frac{15}{2 * 60 * (47 - 1,8 - 35)} = 12,25 \text{ mF} \quad (3)$$

O capacitor obtido na qual possibilita a aplicação foi o capacitor eletrolítico com terminal parafuso de 30000 µF da EPCOS modelo B41875-A0309, utilizou-se este modelo devido ao seu SCR baixo em relação aos capacitores comuns evitando assim problemas de danificação e durabilidade do componente.

À fim de realizar uma proteção contra correntes reversas utilizou-se diodos ultrarrápido do modelo MUR1550T. A seleção de um diodo do tipo Shockley foi feita devido ao seu tempo de resposta rápida em relação aos diodos comuns, assim possibilitando uma proteção com menor tempo de resposta.

O esquemático elétrico principal para a fonte projetada apresenta-se na figura 1. (Elliott, 2008)

Figura 1 - Esquemático elétrico da fonte de alimentação



Fonte: Autoria própria

O drive foi desenvolvido com base no amplificador operacional de potência OPA549 na qual opera até ±30 V com alimentação simétrica, suporta uma corrente de saída de 8 A contínua e 10 A de pico e possui um slewrate de 9 V/µs. O mesmo possui proteção térmica e limite de corrente ajustável (Texas Instruments, 2005).

Conforme as recomendações do datasheet do amplificador, optou-se pela configuração inversora. Utilizou-se resistores de 5 kΩ e potenciômetro de 20 kΩ para tornar o ganho ajustável no valor de 1 a 5.

Fez-se um circuito RC na saída do amplificador para atuar como um circuito snubber, assim aumentando a estabilidade e realizando um filtro para cargas indutivas como motores. Além disso, foram necessários dois diodos para proteção contra sobrecarga e correntes reversas.

Cada drive foi projetado com apenas uma entrada de sinal e uma saída para posteriormente fabricar 4 do mesmo drive, assim, podendo posicionar de forma



Figura 3 – Fonte construída



Fonte: Autoria própria

A imagem frontal e traseira do drive é apresentada a figura 4.

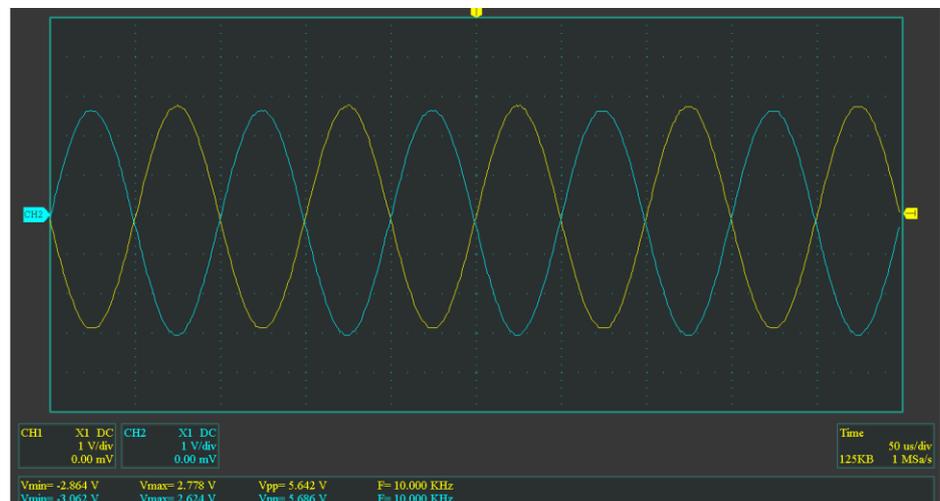
Figura 4 – Drive construído



Fonte: Autoria própria

Ao realizar os testes do drive utilizou-se a fonte construída como sua alimentação e sinais senoidais na sua entrada. O resultado do teste com o sinal de 10 kHz de frequência e ganho 1 é apresentado na figura 5, onde o sinal em azul é o sinal de entrada e o amarelo de saída. Pode-se observar que os sinais são invertidos como esperado e nenhuma distorção significativa foi encontrada em sua saída em relação a entrada.

Figura 5 – Resposta obtida do drive utilizando sinal de entrada senoidal de 10 kHz



Fonte: Autoria própria

## CONCLUSÃO

Os dois projetos apresentaram resultados esperados, possibilitando novas oportunidades para a pesquisa de sistemas de controle dentro do laboratório.

Apesar das fontes lineares poderem perder grande parte da energia convertendo-a em forma de calor, são ideias para a alimentação de drives evitando assim interferências nos experimentos de sistemas controlados.

Além das redundâncias de segurança em seu projeto elétrico, os ensaios mostraram também que para equipamentos de alta potência, é necessário realizar uma análise minuciosa em relação ao calor gerado e sua influência no sistema, evitando assim acidentes, mal funcionamento e danificação dos componentes além de aumentar a segurança do usuário.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de dirigir meus agradecimentos à minha família pelas condições de estudos que me oferecem, ao meu orientador pela confiança e oportunidade para a realização do trabalho, ao CNPq pela oportunidade e apoios financeiros e à UTFPR e todos os amigos do laboratório LaSisC pelos apoios na realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS

ELLIOTT, Rod. Small, Low Current Power Supplies. 2008. Disponível em: <<https://sound-au.com/articles/power-supplies2.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

CAMPOS, Bruno Gonçalves; PEDIATIDAKIS, Kimon; RODRIGUES, Michele. Aplicação de circuitos de amortecimento Snubber para conversores de tensão CC-CC Boost. Disponível em: <<https://fei.edu.br/sites/sicfei/2015/Elétrica/APLICAÇÃO%20DE%20CIRCUITOS%20DE%20AMORTECIMENTO%20SNUBBER%20PARA%20CONVERSORES%20DE%20TENSÃO%20CC-CC%20BOOST.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

LINEAR TECHNOLOGY. Datasheet: LT1038 10A Positive Adjustable Voltage Regulator. Publication, 2000.

TEXAS INSTRUMENTS. Datasheet: OPA549 High-Voltage, High-Current OPERATIONAL AMPLIFIER. Publication, 2005.