

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Curso de Bacharelado em Engenharia de Sistemas**

Cleyton Luan Nobre Assis 2021019815  
Maria Clara Oliveira Domingos Ruas 2021019572  
Raphael Henrique Braga Leivas 2020028101

**Laboratório de Circuitos Eletrônicos e Projetos -**  
**Relatório Fonte de Alimentação**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROJETO</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO GERAL DO FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO DA FONTE DIVIDIDO EM BLOCOS</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>CÁLCULOS DOS COMPONENTES DE CADA UM DOS BLOCOS DE FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO</b>	<b>7</b>
4.1	Retificador e Filtro Capacitivo	7
4.2	Fonte Auxiliar para Amplificadores Operacionais	7
4.3	Referência de Tensão	8
4.4	Controle de Corrente	8
4.5	Proteção Grampeada	8
4.6	Proteção Digital	9
4.7	Flip-Flop de Controle	9
4.8	Inversores	9
<b>5</b>	<b>SIMULAÇÕES COMENTANDO OS RESULTADOS OBTIDOS</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS PRÁTICOS OBTIDOS</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>LISTA FINAL DE COMPONENTES UTILIZADOS</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>20</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este relatório é referente ao projeto da fonte de alimentação desenvolvido na matéria de Laboratório de Circuitos Eletrônicos e Projetos em 01/2025. O projeto envolve desde os estudos das partes e funcionamento dos componentes utilizados, escolha e compra dos componentes, simulações do circuito, montagem da placa e testes finais.

A fonte de alimentação é um dispositivo elétrico de extrema importância, capaz de fornecer energia elétrica de forma controlada e estável. Assim, ela consegue alimentar cargas e circuitos, protegendo e garantindo todo o bom funcionamento de aplicações elétricas. O desenvolvimento do projeto é importante para compreender de forma mais aprofundada o funcionamento dos dispositivos e as etapas necessárias para converter a corrente alternada da rede elétrica para corrente contínua, métodos para diminuir a perda energética ainda mantendo uma estabilidade no sinal e proteger a carga de forma eficaz, evitando perdas maiores.

Além disso, o projeto proporciona uma experiência prática essencial, permitindo a aplicação dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso em situações reais de projeto e montagem. Ao longo do desenvolvimento, foram abordados conceitos como retificação, filtragem, regulação de tensão e dissipação de calor, bem como aspectos relacionados à segurança elétrica e eficiência energética. Dessa forma, este relatório tem como objetivo documentar todas as etapas do processo, desde o planejamento inicial até a análise dos resultados obtidos, destacando os desafios enfrentados, as soluções adotadas e os aprendizados adquiridos.

Todos os componentes e etapas do projeto estão especificados no Capítulo 2, seguido pela análise em alto nível do funcionamento geral do circuito da fonte dividido em blocos por funcionalidade no Capítulo 3. Após o estudo em alto nível, os cálculos para os componentes são realizados no Capítulo 4 e a simulação do circuito no Capítulo 5.

Seguindo para a parte prática, no Capítulo 6, é apresentado os resultados dos testes e experimentos feitos na placa e a lista dos componentes utilizados para a montagem no Capítulo 7. É feita a análise e discussão dos resultados encontrados no Capítulo ?? e sugestões para trabalhos futuros no Capítulo 8. Por fim, o relatório é finalizado com a conclusão do trabalho desenvolvido no Capítulo 9.

## 2 DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto apresentado é uma fonte de alimentação simétrica regulada, com saídas positivas e negativas, que permite o controle e monitoramento da tensão e corrente de saída. É composto por uma série de blocos que incluem retificação, geração de tensões auxiliares, referência de tensão, amplificação e proteção, tanto para a parte positiva quanto para a negativa do circuito.

A fonte é projetada para converter uma entrada de corrente alternada (AC) em saídas contínuas (CC) estáveis, protegidas e ajustáveis, adequadas para alimentar dispositivos eletrônicos sensíveis. A presença de circuitos de proteção e controle garante maior segurança e confiabilidade para os equipamentos alimentados.

Na Figura 1, é possível visualizar todas as partes do projeto a ser desenvolvido, bem como seus pontos de coleta de valores para teste. A função, funcionamento e discussão sobre cada bloco será mais detalhada na próxima sessão.

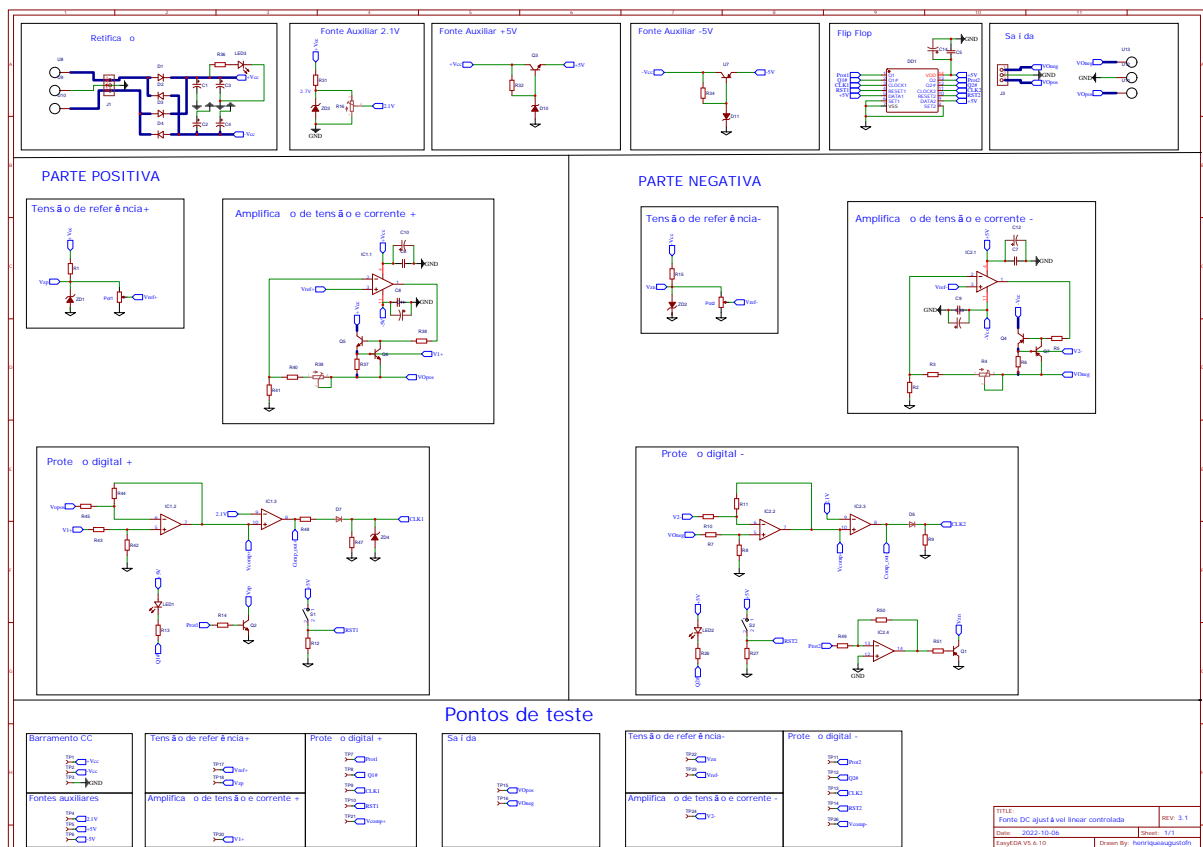


Figura 1 – Esquemático do projeto da fonte sem valores

### 3 ESTUDO GERAL DO FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO DA FONTE DIVIDIDO EM BLOCOS

O primeiro bloco, “Retificação”, é responsável por converter a tensão alternada, proveniente da rede elétrica ou de um transformador, em uma tensão contínua pulsante. Esse processo é realizado por uma ponte retificadora com quatro diodos, seguida por um capacitor de filtragem que suaviza a tensão de saída. Essa etapa fornece a base de energia contínua sobre a qual os demais circuitos operam. Mesmo com a ação do capacitor, a variação de tensão após esta etapa ainda é considerável.

O próximo bloco que foi montado foram os blocos das “Fontes Auxiliares”, responsáveis por gerar tensões fixas adicionais necessárias para o funcionamento dos circuitos de controle. São elas: +2,1V, +5V e -5V. A fonte de +2,1V é utilizada como referência para os comparadores de proteção digital, enquanto as fontes de  $\pm 5V$  alimentam circuitos lógicos e operacionais. Estes blocos utilizam transistores e reguladores lineares para fornecer essas tensões de forma estável, contribuindo diretamente para a precisão e segurança do sistema.

O bloco de “Flip-Flop” implementa uma lógica de travamento digital. Esse circuito é utilizado para manter o estado da fonte após uma condição de falha ser detectada, como sobrecorrente ou sobretensão. Uma vez que uma dessas falhas ocorra, o flip-flop pode ser setado e manter o circuito desligado até que seja manualmente resetado, garantindo proteção contínua da carga.

O bloco de “Saída” fornece os terminais onde a carga será conectada. Estão disponíveis as tensões de saída positiva (Vout+), negativa (Vout-) e o terra (GND). É a interface final do circuito com o usuário, e qualquer instabilidade ou falha no fornecimento de energia neste ponto pode comprometer o funcionamento dos dispositivos alimentados.

O circuito é dividido internamente em duas grandes seções: parte positiva e parte negativa, que operam de forma espelhada.

Na parte positiva, o primeiro bloco é o de “Tensão de Referência +”, que utiliza um diodo zener polarizado por um resistor para gerar uma tensão fixa. Essa tensão é usada como base para os comparadores da etapa de controle de tensão e corrente, garantindo estabilidade no ponto de referência.

O bloco seguinte é o de “Amplificação da Tensão e Corrente +”, que utiliza amplificadores operacionais e transistores de potência para ajustar a tensão de saída com base na referência e nos sinais de feedback. A tensão de saída é constantemente monitorada e comparada com a referência, e o circuito amplifica a diferença para controlar o transistor série, mantendo a saída regulada mesmo com variações de carga.

O bloco de “Proteção Digital +” monitora a tensão e corrente de saída e compara

esses valores com limites predefinidos utilizando comparadores operacionais. Quando detectada uma condição de falha como sobrecorrente, o circuito envia um sinal para o flip-flop, que desliga a fonte para proteger a carga. Essa proteção é reforçada com o uso de LEDs indicadores, diodos de clamp e transistores de chaveamento.

A parte negativa possui uma estrutura e funcionamento análogos à parte positiva. O bloco de “Tensão de Referência –” também usa um zener para gerar uma referência fixa, enquanto o bloco de “Amplificação da Tensão e Corrente –” opera com amplificadores e transistores para manter a saída negativa estável. O controle é feito de forma similar, com feedback contínuo da saída para os comparadores.

Por fim, o bloco de “Proteção Digital” – realiza as mesmas funções que o seu equivalente positivo, detectando falhas na linha negativa e agindo rapidamente para evitar danos ao circuito ou à carga.

## 4 CÁLCULOS DOS COMPONENTES DE CADA UM DOS BLOCOS DE FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Durante o desenvolvimento do projeto da fonte de alimentação simétrica, foram realizados cálculos e escolhas criteriosas dos componentes utilizados em cada bloco funcional, considerando a corrente, tensão, potência e a função de cada elemento no circuito.

### 4.1 Retificador e Filtro Capacitivo

A etapa de retificação utiliza quatro diodos 1N4007, formando uma ponte retificadora. A corrente média de condução por diodo foi estimada em ao menos 1A, com uma tensão reversa máxima superior ao dobro da tensão de pico da rede transformada:

$$V_{DMax} \geq 2V_{pico} = 2.2,45V = 50,8V$$

Como os diodos 1N4007 suportam até 1 A e 1000 V, são adequados para a aplicação.

O filtro capacitivo é responsável por suavizar a tensão contínua após a retificação. A tensão máxima de operação dos capacitores deve ser superior à tensão contínua gerada:

$$V_{CMax} > V_{CC} = 24,7V \implies V_{Cnom} = 35V$$

Foram levantadas as configurações com:

$$C_{total} = 3,3mF$$

ou

$$C_1 = 1mF, C_2 = 2,2mF$$

### 4.2 Fonte Auxiliar para Amplificadores Operacionais

Para alimentar os amplificadores operacionais, foi projetada uma fonte auxiliar baseada em diodos zener de 5,7V ou 6,2V (1N4734 ou 1N4735). O resistor em série com o zener foi calculado com base na corrente mínima de zener e sua potência:

$$I_Z = \frac{V_{CC} - V_Z}{R} < I_{ZMax} \implies 117,9\Omega$$

$$P_R = \frac{(V_{CC} - V_Z)^2}{R} < P_{MaxResistor} = \frac{1}{4}W \implies 1,4k\Omega$$

Foi adotado um resistor de  $2k\Omega$ , valor seguro acima do mínimo necessário ( $1,4k\Omega$ ), garantindo funcionamento confiável sem sobrecarregar o zener.

#### 4.3 Referência de Tensão

Cada lado da fonte (positivo e negativo) possui um circuito de tensão de referência, usando também zener de  $5,1V$  (1N4734 ou 1N4735), com resistores de  $2,2k\Omega$ . Um trimpot de  $10k\Omega$  é adicionado para ajuste fino da tensão de saída.

A condição de valor mínimo para o trimpot é dada por:

$$R_{pot} > \frac{V_Z \cdot R}{V_{CC} - V_Z} = \frac{5,1 \cdot 2,2k\Omega}{24,7 - 5,1} \approx 572\Omega$$

Logo,  $10K\Omega$  é uma escolha adequada e segura.

#### 4.4 Controle de Corrente

A referência de corrente utiliza zener de  $3,3V$ , polarizado por resistor para garantir funcionamento dentro dos limites de corrente. Na amplificação, são utilizados transistores de potência (TIP31 + TIP32 ou TIP41 + TIP42) para controlar a entrega de energia às saídas.

A medição de corrente é feita por resistores shunt de  $0,33\Omega$ , um para cada lado da fonte. A dissipação de potência nos shunts foi estimada considerando uma corrente de até  $0,7A$ :

$$P_{shunt} = \frac{(0,7)^2}{0,33} \approx 1,48W$$

Assim, utilizam-se resistores shunt de  $2W$ , garantindo margem de segurança.

Os amplificadores operacionais (2 por lado) são configurados como amplificadores diferenciais. Os resistores de realimentação são:

$$R_1 = 10k\Omega, R_2 = 15k\Omega, R_{pot} = 10k\Omega$$

para permitir ajuste do ganho conforme a necessidade da saída.

#### 4.5 Proteção Grampeada

A proteção contra sobrecorrente utiliza transistores de pequeno sinal em configuração "invertida" (2N2222 ou BC547, e 2N2907 ou BC557) ligados para grampear o sinal de controle e forçar o desligamento em caso de falha.



#### 4.6 Proteção Digital

A proteção digital utiliza comparadores com amplificadores operacionais e resistores dimensionados conforme a equação de comparação de tensão baseada na corrente medida pelo resistor shunt:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_{ref}}{I_{shunt} \cdot R_{shunt}}$$

Para um ganho de 10, foram escolhidos:

$$R_2 = 100k\Omega, R_1 = 10k\Omega$$

Outros resistores auxiliares de  $10k\Omega$  são usados nas configurações dos comparadores, e um zener de 1N4148 auxilia na proteção da entrada do operacional.

#### 4.7 Flip-Flop de Controle

O circuito flip-flop é usado para travar a saída em caso de erro. Utiliza resistores de  $10k\Omega$  nas linhas de controle, LED com resistor limitador de  $400\Omega$  e transistores de chaveamento (2N2222 ou BC547, e 2N2907 ou BC557), cada um com resistores de base de  $100\Omega$  para garantir saturação eficiente.

#### 4.8 Inversores

Inversores com amplificadores operacionais são configurados com resistores de  $10k\Omega$  para inversão e adequação de nível lógico entre os blocos analógicos e digitais. de forma a garantir filtragem adequada para a carga esperada.

## 5 SIMULAÇÕES COMENTANDO OS RESULTADOS OBTIDOS

A presente seção busca apresentar os resultados da simulação de um circuito de fonte de alimentação CC (Corrente Contínua). O objetivo principal do projeto é gerar uma tensão de saída simétrica e regulada de  $\pm 15V$ .

A análise foi realizada através da observação das formas de onda de tensão em pontos-chave do circuito durante o transitório de inicialização, em um intervalo de tempo de 0 a 100 milissegundos (ms). A figura 2 observa as tensões de barramento não reguladas,  $V(+vcc)$  e  $V(-vcc)$ , que são o resultado direto da retificação da tensão alternada e da filtragem pelos capacitores principais.

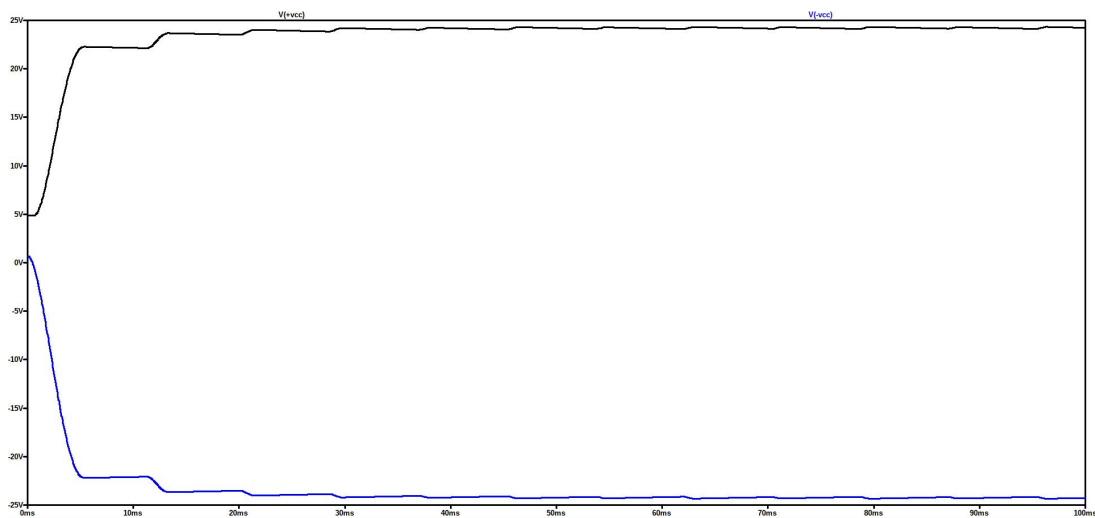


Figura 2 – Tensão de ripple no barramento negativo e positivo do VCC

A simulação mostra que essas tensões atingem picos de aproximadamente +24V e -24V. Uma característica fundamental deste estágio é a presença de uma pequena ondulação residual, conhecida como ripple, que é inerente ao processo de carga e descarga dos capacitores. Essas tensões fornecem a margem de tensão necessária para o funcionamento correto dos estágios de regulação subsequentes.

Além da sua função principal, o projeto também inclui saídas secundárias para alimentar componentes específicos. É o caso das tensões de +5V e -5V, que, conforme o projeto, são destinadas à alimentação dos amplificadores operacionais ou outros estágios de amplificação. A figura 3 mostra que essas saídas seguem o mesmo padrão de estabilização rápida e regulação de alta qualidade, garantindo uma alimentação limpa e adequada para os amplificadores.

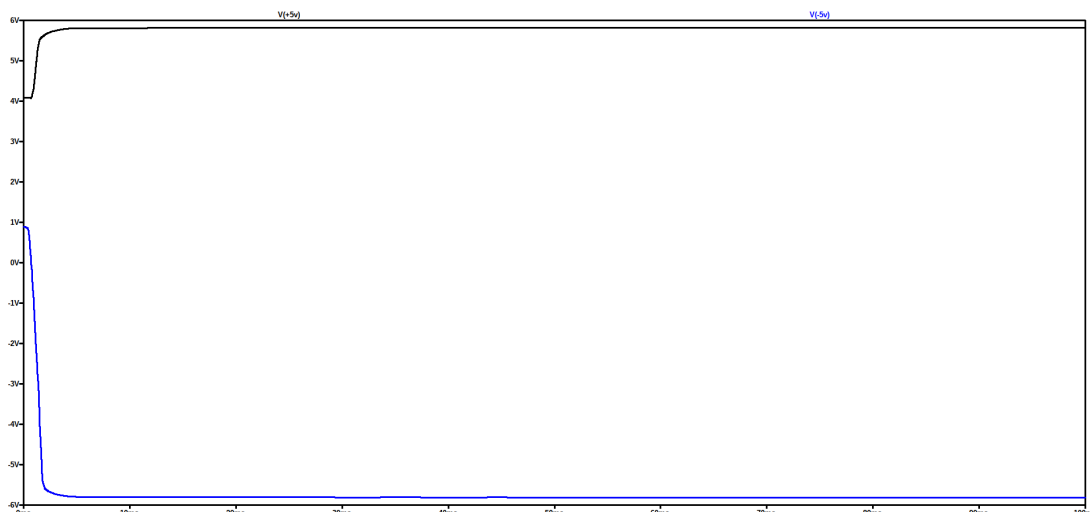


Figura 3 – Tensão da fonte auxiliar de 5V positiva e negativa

Adicionalmente, o circuito produz tensões de referência de precisão com a função primordial de servir de base para o sistema de proteção digital da fonte, permitindo que comparadores ou um microcontrolador monitorem as saídas com alta precisão e atuem em caso de falhas ou desvios. A figura 4 mostra a tensão da tensão de referência em um situação normal de operação.

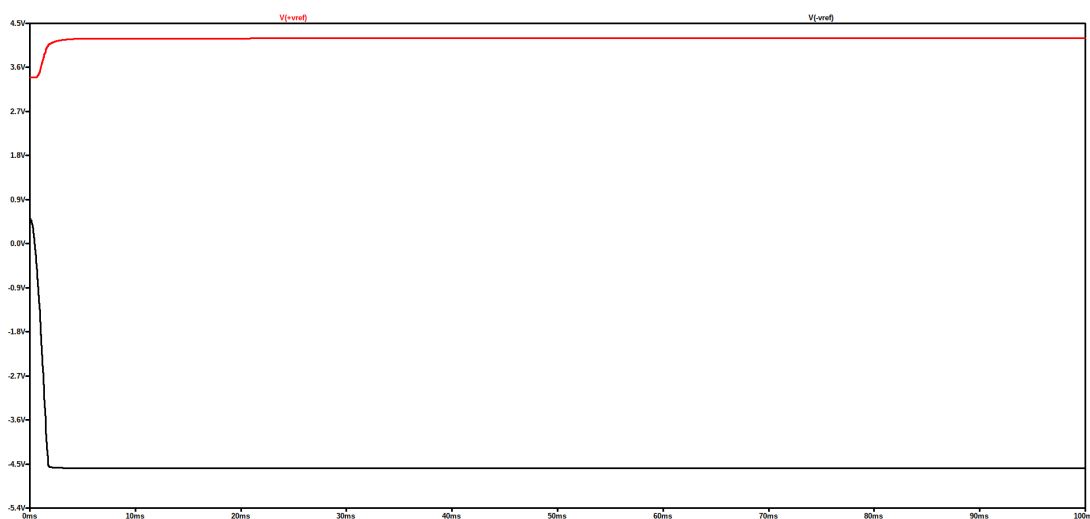


Figura 4 – Tensão da fonte de referência positiva e negativa

A partir desse barramento de entrada (+vcc) e (-vcc), o circuito gera suas saídas principais e finais, que são as tensões reguladas  $V(vpos)$  e  $V(vneg)$ .

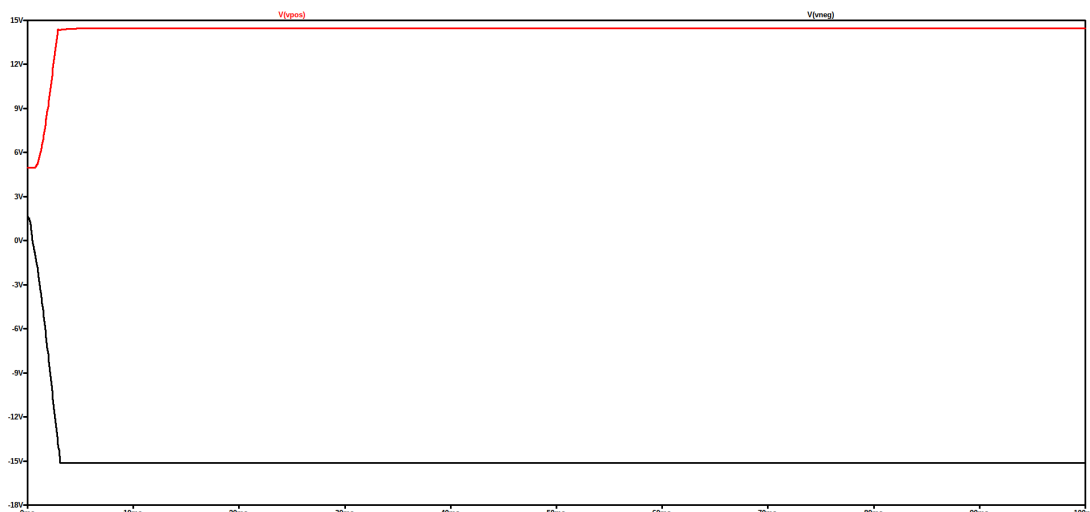


Figura 5 – Tensão de saída de 15V positiva e negativa

O gráfico 5 correspondente demonstra que estas saídas estabilizam de forma limpa e próxima a +15V e -15V, respectivamente. O transitório de inicialização é notavelmente rápido, com as tensões atingindo seu valor nominal em cerca de 5 milissegundos, sem apresentar picos de overshoot que poderiam danificar uma carga sensível. A linha de tensão perfeitamente plana após a estabilização confirma a eficácia dos reguladores em eliminar o ripple e fornecer uma tensão contínua e estável.

## 6 RESULTADOS PRÁTICOS OBTIDOS

A Figura 6 mostra a PCB com todos os componente soldados.



Figura 6 – Foto da fonte soldada, com todos os componentes.

Para testar a fonte, usamos o transformador do laboratório de Circuito Impresso, que apresenta uma tensão de saída de  $V_{RMS} = 19.7 \text{ V}$ .

A tensão no barramento CC foi de  $V_{CC+} = 26.6 \text{ V}$  para o barramento positivo e  $V_{CC-} = -26.8 \text{ V}$  para o negativo. O ripple do barramento CC pode ser visto na Figura 7 para a condição sem carga. Com a carga em  $15 \Omega$  e  $100 \Omega$ , temos os ripples exibidos na Figura 8 e na Figura 9.

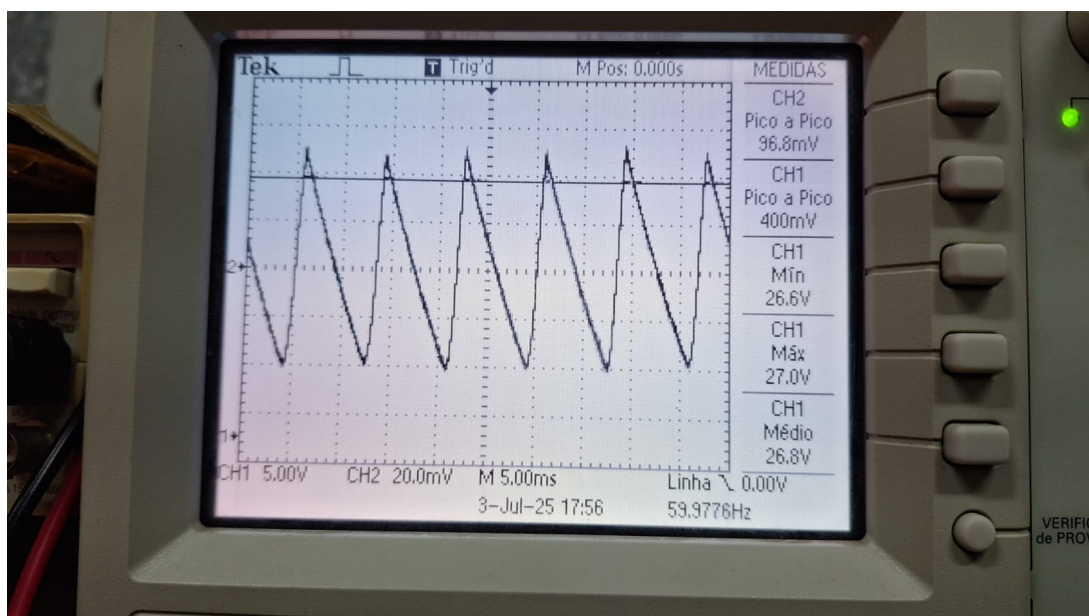


Figura 7 – Ripple do barramento CC, sem carga.

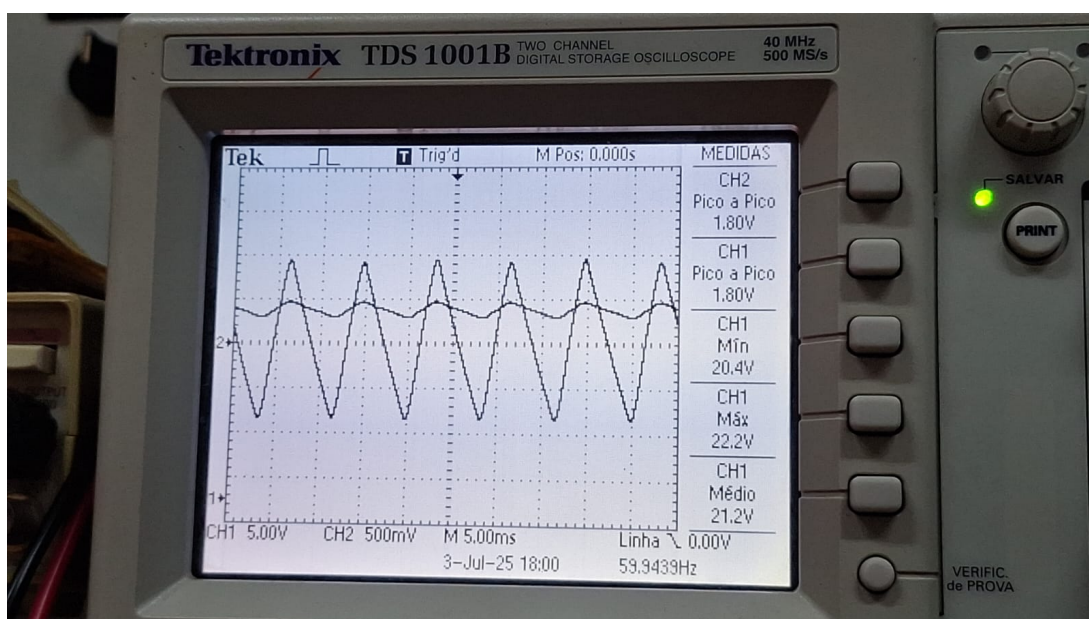


Figura 8 – Ripple do barramento CC, carga de 15  $\Omega$ .



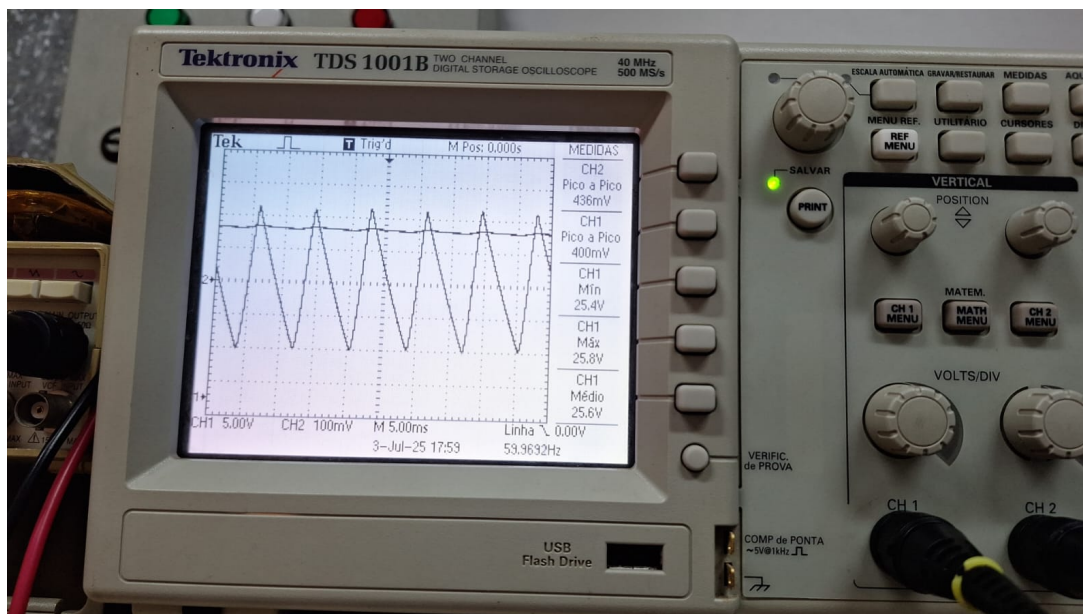


Figura 9 – Ripple do barramento CC, carga de 100  $\Omega$ .

Ajustando os potenciômetros, as tensões de referência positiva e negativa (que entram nos amplificadores operacionais de amplificação de tensão e corrente) variam respectivamente de 0 a 5.11 V e 0 a - 5.06 V, na condição sem carga. A tensão de referência para o amplificador comparador do Shunt é de 3.57 V.

Ajustando os trimpots R39 e R4, é possível fazer a tensão de saída variar de 0 a  $\pm 15$  V.

A proteção de corrente era acionada quando a corrente no barramento positivo excedia 1.01 A, e no barramento negativo, 0.95 A. Quando a proteção era acionada, ainda tínhamos presente uma tensão de saída de 32.7 mV. Assim, se um curto-circuito for causado por exemplo por um cabo de 1  $\Omega$  de resistência, ainda teremos uma corrente de 32.7 mA através da fonte mesmo com a proteção de sobrecorrente acionada.

A proteção digital leva 31  $\mu$ s para acionar para uma sobrecorrente causada em condição de rampa (aumentando linearmente o consumo de corrente da carga), como mostra a Figura 10. Causando uma sobrecorrente em degrau (conectando bruscamente uma carga que drena mais de 1A), a proteção leva 96  $\mu$ s para acionar, como mostra a Figura 11.

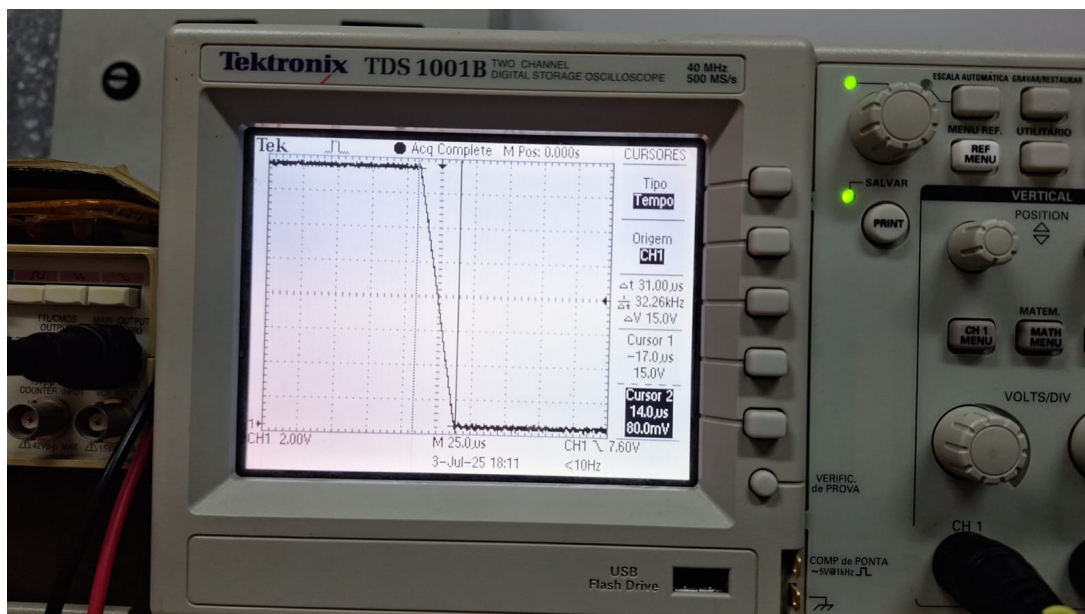


Figura 10 – Tempo de acionamento da proteção digital - rampa.

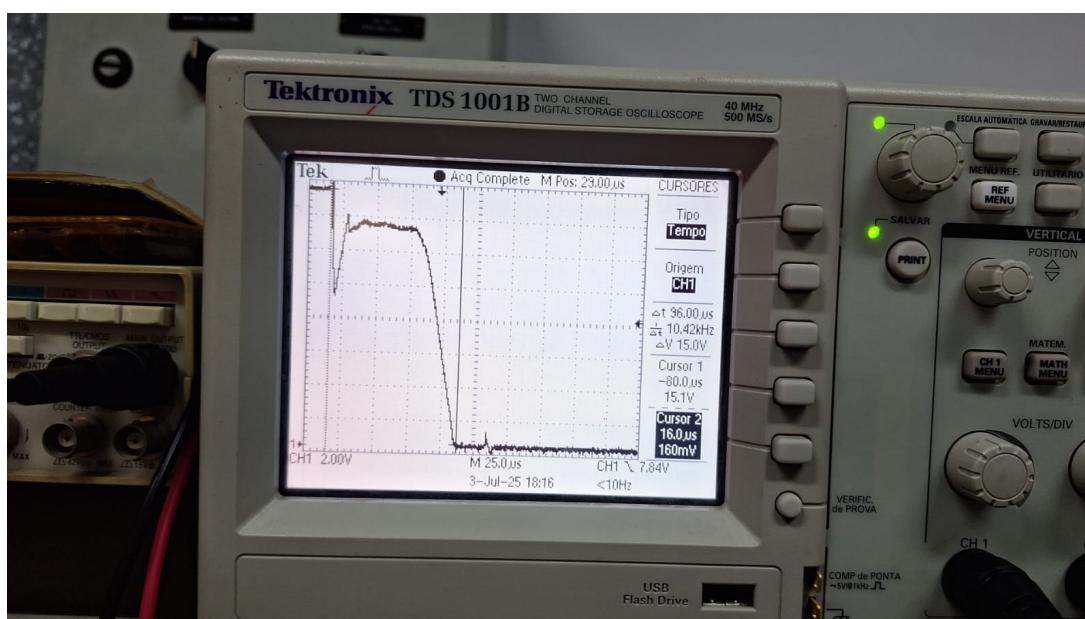


Figura 11 – Tempo de acionamento da proteção digital - degrau.

Agora podemos coletar o valor da tensão de saída para diferentes valores da carga, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Tensão de saída da fonte para diferentes valores de carga.

Carga $\Omega$	Tensão de Saída $V_{out}$ (V)
aberta	15.0
15	15
100	15.03

Os valores da Tabela 1 resultam em uma regulação de carga dada por



$$REG_L = \frac{\Delta V_{out}}{V_{outAberto}} = \frac{0.03}{15} = 0.2\%$$

A forma de onda da tensão de saída com  $15\ \Omega$  de carga está exibida na Figura 12. O ripple na saída é de 5.52 mV. Isso resulta em um ripple percentual de

$$V_{rip\%} = \frac{5.52mV}{15.03V} = 0.004\%$$

o que é menor que o requisito de 1 % especificado no projeto da fonte.

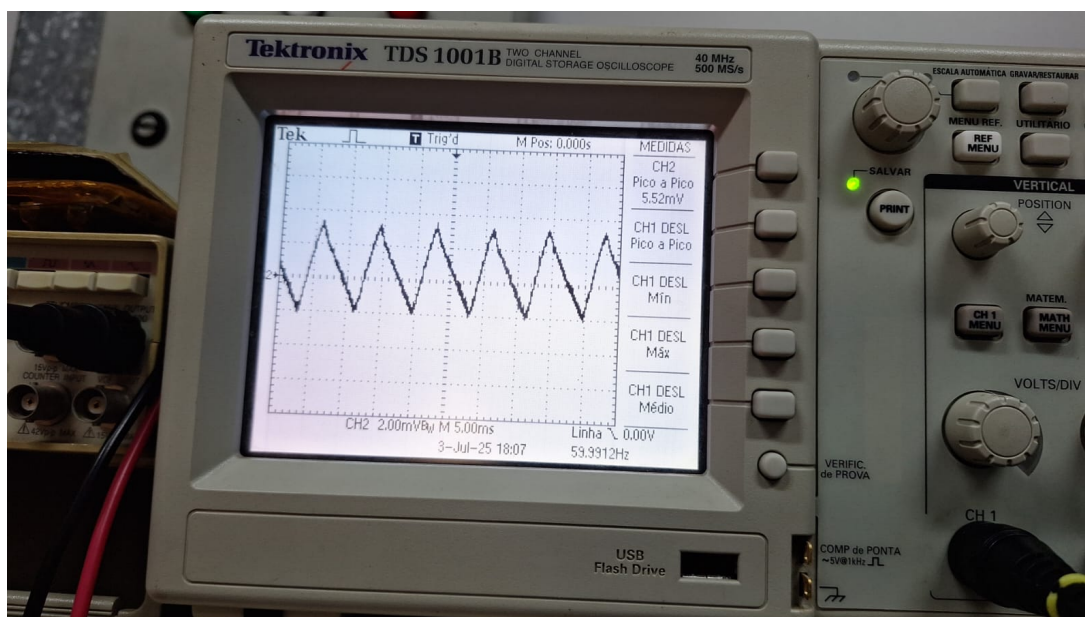


Figura 12 – Forma de onda de  $V_{out}$ , carga de  $15\ \Omega$ .

## 7 LISTA FINAL DE COMPONENTES UTILIZADOS

A Figura 13 mostra a lista de materiais completa da fonte. As quantidades exibidas de cada componente estão multiplicadas por 4.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS / SERVIÇOS	QUANT.
M2C3G06	KF-301 - Borne Azul 10mm - KRE3 - 3 conexoes	8
M2I5E03-B	Capacitor Eletrolitico 35V - 3300uF - 85C	12
M2I7K07-E	Diodo Zener Regulador de Tensao 0,5W - PTH - 6.2V - PTH	12
M2I2G07	Resistor 5% de Tolerancia 1/4W CR25 - KOhms/MOhms - CR25 2.2 KOhms	16
M2J6D06	TIP4XXX - Transistor - TIP41C - NPN - PTH	12
M2I7K05-E	Diodo Zener Regulador de Tensao 0,5W - PTH - 3.3V - PTH	8
M2I7K07-C	Diodo Zener Regulador de Tensao 0,5W - PTH - 5.1V - PTH	16
M2I2G10	Resistor 5% de Tolerancia 1/4W CR25 - KOhms/MOhms - CR25 3 KOhms	4
M2J2J11	Potenciometro Linear 3T WH-148-1 15mm - 10k	8
M2J3F08	Trimpot 3296W 25 Voltas - 10K	12
M2J6G04	LM3XXX - Amplificador operacional - LM324N - PTH	12
M2I2F11	Resistor 5% de Tolerancia 1/4W CR25 - KOhms/MOhms - CR25 10 KOhms	44
M2I2E03	Resistor 5% de Tolerancia 1/4W CR25 - KOhms/MOhms - CR25 15 KOhms	8
M1D2F06	Dissipador NT002 sem Furo - NT002-30	8
M2E3C07-A	Parafuso M3 Maquina Cabeca Panela Philips Bicromatizado - 3x16	8
M2E3B06-E	Porca Sextavada - Zincada Preta MA 3mm	8
M2J5E02	Soquete para CI Estampado 6 - 40 pinos - 14 Pinos SLIN	12
M2I6G07-E	Capacitor de Disco Ceramico 50V - 100pF	20
M2I7H11-E	2N2222A PTH - Transistor NPN de Alta Velocidade - 2N2222A TO-92 PTH	12
M2I7I11-A	2NXXX Transistor - 2N2907 PNP - PTH	12
M2I3C09-C	Resistor 5% de Tolerancia Fio 5W - 0.33 Ohms	8
M2I2D10	Resistor 5% de Tolerancia 1/4W CR25 - KOhms/MOhms - CR25 100 KOhms	16
M2I0L09	1N4148 - Diodo de Alta Velocidade - 1N4148 - PTH	8
M2J5B05	CD4013 - Dual D-Type Flip-Flop - CD4013 - PTH	8
M2E4F05-B	LED 5mm Verde - 333-2SYGD/S530-E2-L - Verde Difuso 80 MCD 30	4
M2I2F02	Resistor 5% de Tolerancia 1/4W CR25 - KOhms/MOhms - CR25 4.7 KOhms	4
M2E5L08	LED 5mm Vermelho - 333-2SURD/S530-A3-L - Difuso 100mcd 30	8
M2I2H07	Resistor 5% de Tolerancia 1/4W CR25 - Ohms - CR25 560 Ohms	8
M2H6E03-C	Chave Tactil 6x6 4 Terminais PT - 6x6x5mm	8
M2I2I03	Resistor 5% de Tolerancia 1/4W CR25 - Ohms - CR25 100 Ohms	8
M2I0J05	1N4001-1N4007 - Diodo Retificador de Uso Geral 1A - 1N4007 -1000V - PTH	16
M2J6D07	TIP4XXX - Transistor - TIP42C - PNP - PTH	12

Figura 13 – Lista de materiais completa da fonte.

## 8 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas sugestões podem ser consideradas em projetos futuros:

- Adicionar jumpers (dois terminais macho em que colocamos e tiramos um contato através deles) entre os blocos do circuito. Assim, podemos abrir ou fechar o contato entre diferentes blocos (efetivamente modularizando o circuito na PCB), facilitando o processo de soldagem e troubleshooting;
- Considerar a possibilidade de usar componentes SMD para alguns circuitos de baixa tensão. Mesmo que sejam mais difíceis de soldar, seria um aprendizado a mais para o alunos. Talvez deixar apenas o circuito do subtrator, comparador e flip flop da proteção digital como SMD e o restante PTH; assim aprendemos a soldar os dois tipos de componentes.
- Seria possível tornar a proteção grampeada ajustável, igual é feito na fonte de bancada? Quais modificações no circuito seriam necessárias para fazer isso? Talvez seja uma melhoria interessante de se explorar nos semestres futuros.

## **9 CONCLUSÃO**

Tendo em vista os objetivos do trabalho, foi possível realizar na prática o processo de projeto, implementação e teste de uma fonte de linear. A fonte obtida atende a todos os requisitos especificados do projeto, tanto de estabilidade da tensão de saída quanto requisitos de proteção de sobrecorrente.

Por fim, aplicamos conhecimento obtidos na disciplina teórica de Dispositivos Eletrônicos Básicos, complementando o ensino na área de eletrônica e instrumentação. Além disso, foi obtida uma experiência prática de soldagem de componentes eletrônicos PTH em PCBs.