



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
FEELT

FONTE DE ALIMENTAÇÃO LINEAR REGULADA

Relatório da Disciplina de Eletrônica Analógica I
por

Ana Júlia Costa Santana - 11811ETE003
Lesly Viviane Montúfar Berrios - 11811ETE001

Prof. Daniel Pereira de Carvalho

Uberlândia, Outubro / 2019

Sumário

1	Introdução	2
2	Planejamento	3
2.1	Circuito esquemático	3
2.2	Componentes	4
2.3	Sobre o projeto	5
2.4	Orçamento	5
3	Simulação	6
4	Funcionamento do circuito	9
4.1	Retificação	9
4.2	Filtragem	9
4.3	Regulação	9
5	Memória de Cálculo	10
5.1	Espessura da linha	10
5.2	Resistor de Descarga	10
5.3	Regulação	11
6	Finalização da construção da PCB	11
7	Testes e ensaios	14

1 Introdução

Um fonte de alimentação trata-se de um dispositivo responsável por converter a tensão elétrica alternada e alta (gerada na tomada) para uma tensão menor e que pode ser alternada ou contínua, dependendo do aparelho eletrônico. De forma geral, a finalidade das fontes é converter a energia e alimentar os aparelhos de maneira eficiente. Basicamente, existem dois modelos de fontes de alimentação: a linear e a chaveada.

As fontes de alimentação lineares funcionam muito bem para aplicações de baixa potência, como os telefones sem fio, por exemplo. Entretanto, quando é necessário uma potência maior, as fontes lineares tendem a ser muito grandes para a tarefa. Isto porque, quanto menor a frequência de tensão alternada, maior o tamanho dos componentes.

Sendo assim, estas fontes não são utilizadas para os computadores portáteis, pois seriam muito grandes e pesadas para poderem ser carregadas para todos os lugares. A solução para isso foi o uso do chaveamento em alta frequência, que deu origem as fontes chaveadas.

Em fontes de alimentação chaveadas em alta frequência, a tensão de entrada tem sua frequência aumentada antes de ir para o transformador. Com a frequência maior, o transformador e os capacitores eletrolíticos podem ser bem menores. É este tipo de fonte que é utilizada para os computadores e para muitos outros equipamentos eletrônicos menores. O termo “chaveada” se refere ao chaveamento de alta frequência, não tendo ligação com a fonte ter uma chave de liga/desliga [1].

2 Planejamento

A seguir estão dispostas as primeiras considerações para a realização do projeto, desde a análise do circuito base por meio de simulações, até à escolha dos componentes a serem utilizados na confecção do circuito impresso.

2.1 Circuito esquemático

A Figura 1 mostra o circuito no qual este projeto se baseia, extraída de [2]. Ademais, para melhor compreensão do circuito tem-se o esquemático em 2, do qual é possível obter dados de simulação. Vale ressaltar que a explicação prévia do professor foi importante para melhor entendimento do procedimento a ser realizado, sendo na Figura 3 contemplado parte de sua explanação.

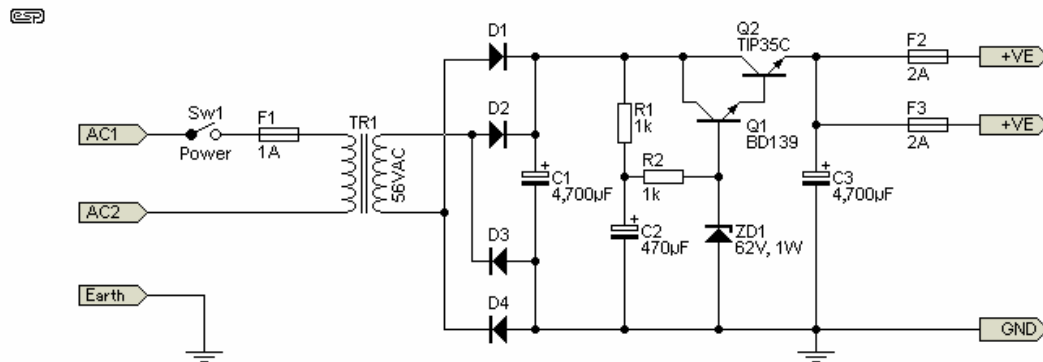


Figura 1: Circuito da fonte de alimentação [2].

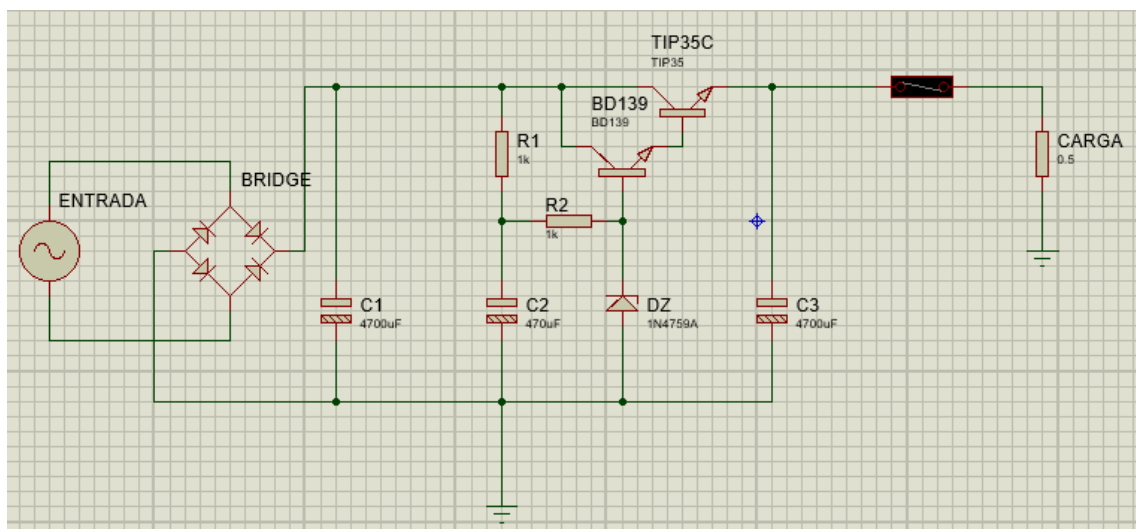


Figura 2: Circuito da fonte de alimentação em MULTSIM.

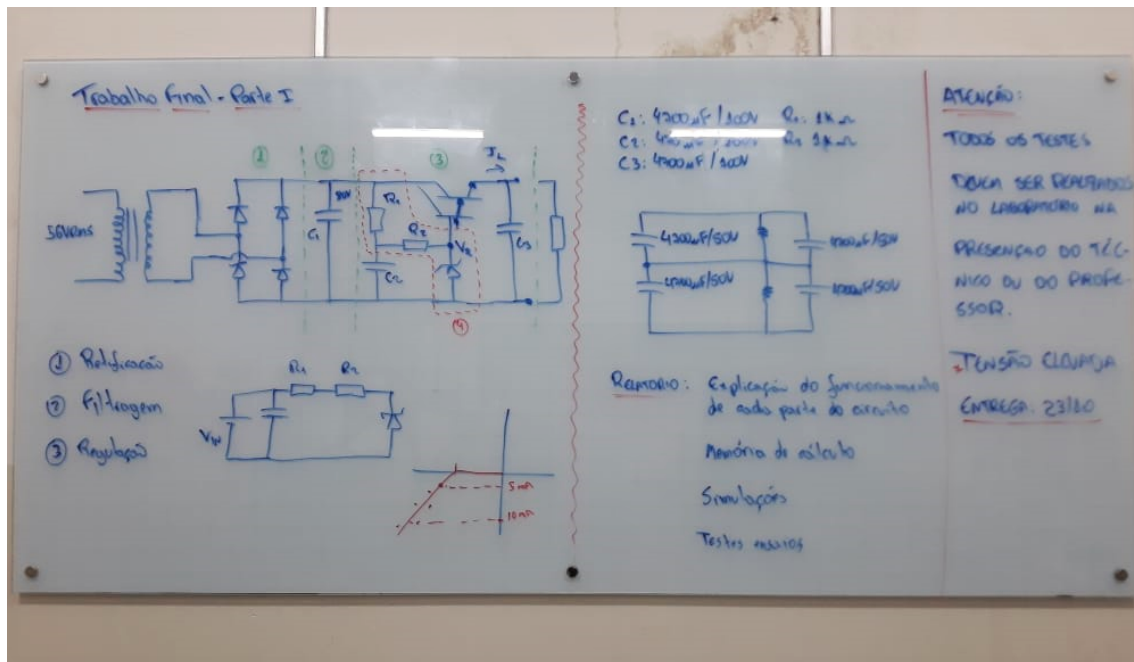


Figura 3: Explicação prévia em sala de aula.

2.2 Componentes

- 1 - **Ponte retificadora:** Optou-se pela ponte retificadora GBJ606 [6], pois possui corrente máxima de 6A.
- 2 - **Capacitores:** De acordo com a disponibilidade de capacitores nos principais pontos de venda de eletrônicos em Uberlândia, conseguiu-se dois capacitores de $4700\mu F$ - 100V e um capacitor de $470\mu F$ - 200V.
- 3 - **Resistores:** Foram utilizados dois resistores de 1k para regulação e dois de 1.8k - 5W para descarga do capacitor (não foi encontrado de imediato, para a venda, o resistor de potencia adequado).
- 4 - **Diodo Zener:** Utilizado na regulação foi optado pelo diodo zener 1N4759.
- 5 - **Transistores:** Foram utilizados TIP35C (100V) [8] e BD139 [7].
- 6 - **Fusível:** Foi deduzido pela simulação que seria adequado um fusível de 4A ou até 2A nessa fase inicial, uma vez que já que não há carga conectada a corrente é nula, pois não é exigida pela carga.

2.3 Sobre o projeto

Ao projetar uma fonte de forma eficiente, alguns cuidados são necessários. Tendo como base o projeto original, alguns ajustes foram realizados para modernizá-lo, como a substituição dos diodos e a sua constituição, trocando o germânio pelo silício, e os modelos de transistor utilizados. Seguindo as orientações do professor, também foram acrescentados alguns componentes.

Além disso, devido a mudanças realizadas no circuito, a etapa de simulação do circuito é essencial, para verificar seu funcionamento, antes da montagem. Assim, é ideal que uma nova análise matemática seja realizada a fim de verificar o funcionamento da fonte com parâmetros reais, já que na engenharia quase nenhum processo é exato e depende de fatores ambientais e humanos.

2.4 Orçamento

Para realizar a construção da fonte, vários componentes foram necessários, a maioria desses sendo adquirida no centrada no Centro Eletrônico , com exceção dos capacitores de $4700\mu F$, ambos adquiridos em diferentes lojas em Uberlândia, além do diodo zener. Todas as despesas totalizam em torno de 100 reais, o que se encontra dentro do orçamento estimado pelo professor durante as primeiras orientações para o projeto.

3 Simulação

Para a realização de cada etapa foi essencial a verificação de tensão e correntes máximas sobre os componentes a fim de evitar um curto-circuito. Por exemplo, antes de realizar a compra dos capacitores foi necessária a verificação da tensão máxima que este deveria suportar, a qual observa-se na Figura 4. Assim, verificou-se que seriam necessários capacitores que suportassem 80V ou mais, porém devido à disponibilidade escassa de capacitores na medida à risca, optou-se por dois capacitores 100V ($4700\mu F$) e um, 200V ($470\mu F$). Note que, já que a fonte não possui carga conectada, foi suposta uma carga de valor baixo de $0,5\Omega$.

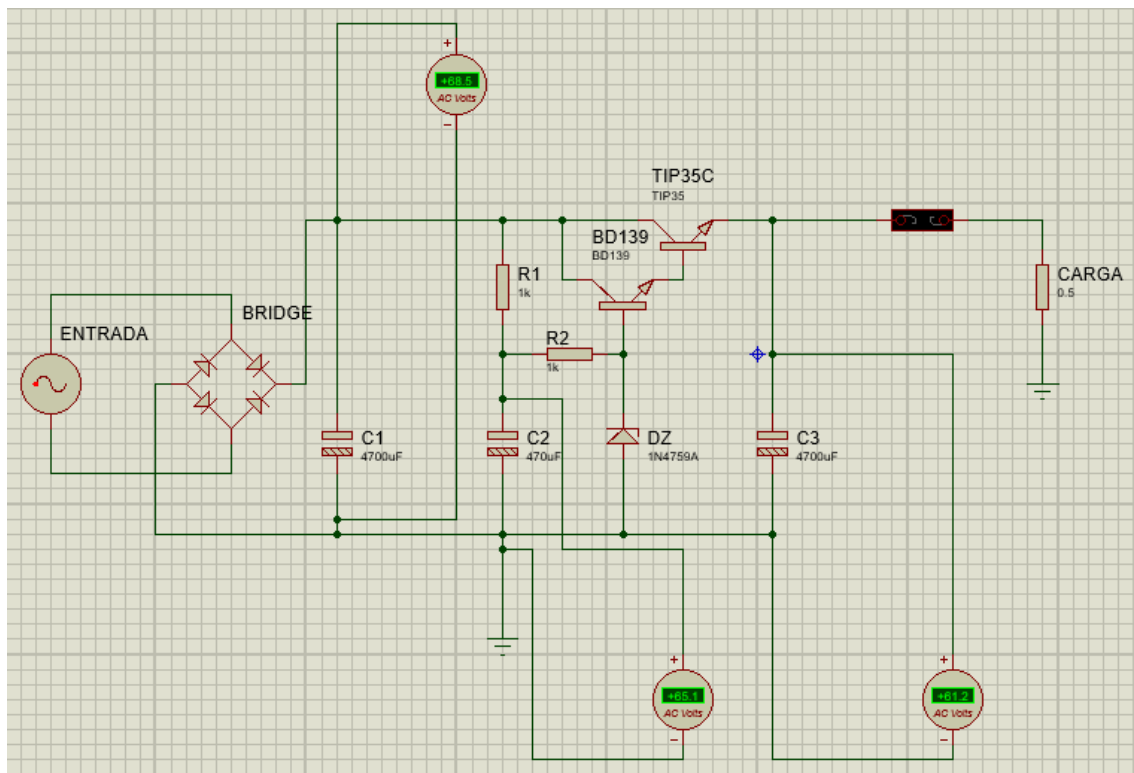


Figura 4: Tensões máximas sobre os capacitores.

Agora pensando numa carga de 8Ω (do amplificador a ser conectado) obtêm-se maiores tensões, e a partir dessa estimativa é possível projetar o fusível a ser utilizado na saída, pois, conforme à Figura 5, espera-se uma corrente em torno de $5,68 A$.

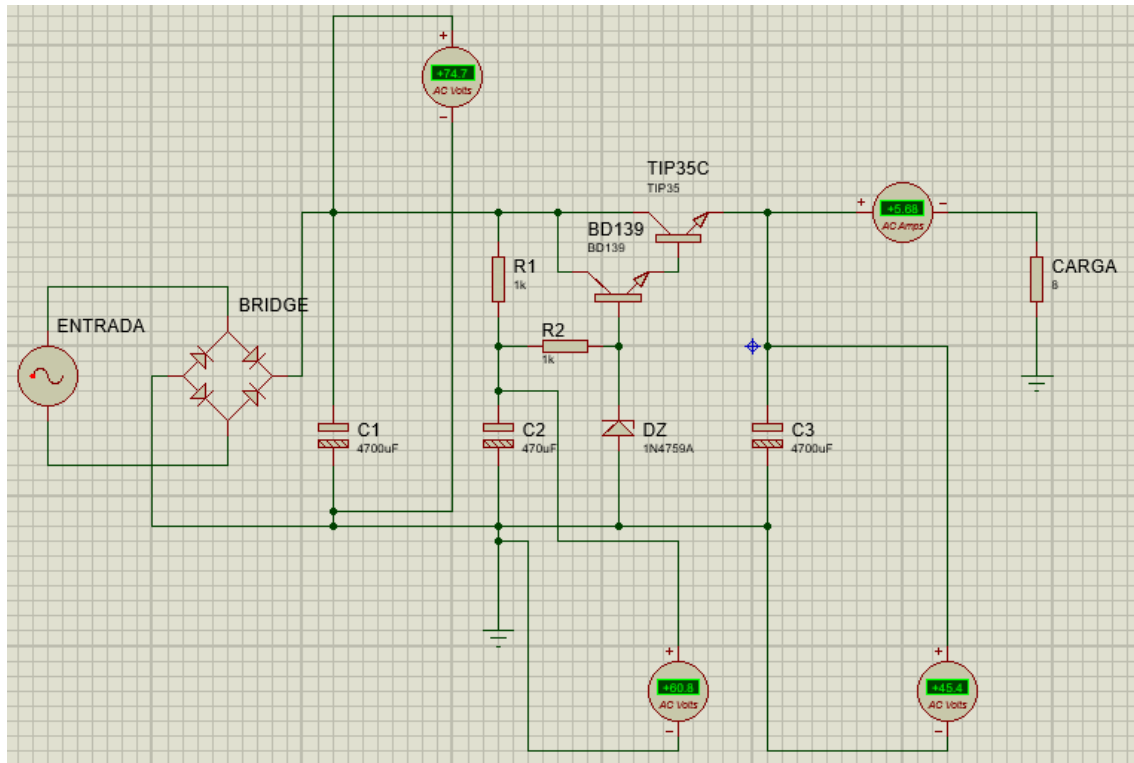


Figura 5: Tensões e correntes para uma carga de 8Ω .

Ainda é interessante projetar resistores de descarga para o capacitor, uma vez que, sem carga conectada, é medida de segurança descarregar o capacitor. Para isso, foi pensado num valor de resistência que conferisse pequeno tempo de descarga para capacitor. Assim, um resistor por exemplo de $1,8k\Omega$ possui tempo de descarga de aproximadamente $40s$, conforme os cálculos explicitados na seção 5.2. Dessa maneira, a simulação de um circuito com essas características resulta na Figura 6. Percebe-se que os resistores cumprem sua função de descarga do capacitor e desviam pequeno valor de corrente, de aproximadamente $25mA$. Para o capacitor de $470\mu F$ não é necessário um resistor de descarga, já que descarrega relativamente rápido, devido à sua baixa capacitância.

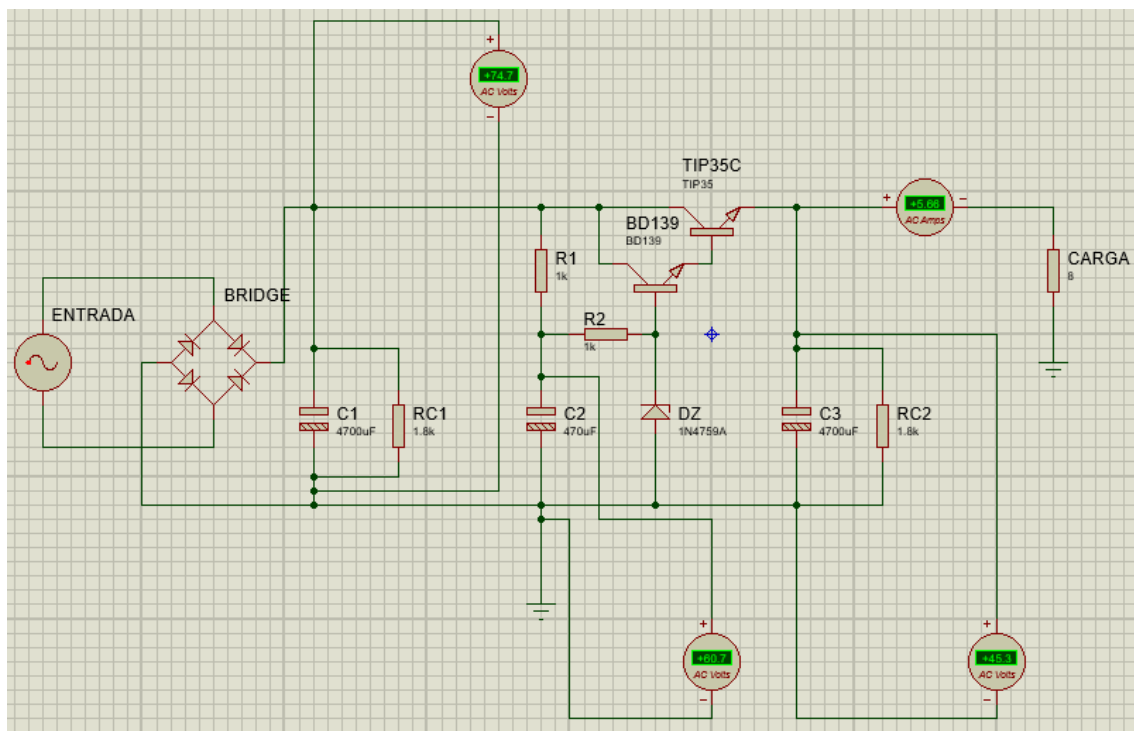


Figura 6: Tensões e correntes com resistores de descarga de capacitor conectados.

4 Funcionamento do circuito

A tensão de entrada é primeiramente rebaixada de 220V/127V para 56V com auxílio do regulador de tensão (também chamado de *varivolt*). Assim, obter-se-á uma tensão senoidal de menor amplitude que ainda será convertida em contínua com intuito de ser utilizada para alimentar o amplificador.

4.1 Retificação

Esta etapa transforma a tensão alternada em uma tensão contínua pulsante, e é realizada principalmente pela ponte retificadora. a ponte escolhida foi uma de 6A, 100 V que atende aos parâmetros do circuito montado.

4.2 Filtragem

Transforma a tensão contínua pulsante em uma tensão contínua quase perfeita. Mas essa tensão contínua apresenta, quando a fonte é ligada a uma carga, uma oscilação chamada Tensão de Ripple. Essa etapa é realizada pelos capacitores encontrados eno circuito que devido a sua composição, ao sofrer o processo de carga e descarga diminuem a oscilação da tensão já que a tensão fornecida ao circuito agora nos momentos de pulso é suprida pela descarga do capacitor. Porém como abprdado anteriormente, resta ainda o riplle e para eliminar esse fator incômodo existe ainda outra etapa...

4.3 Regulação

Esta última etapa tem por objetivo eliminar por completo a tensão de oscilação. É claro que não elimina totalmente, mas remove boa parte. Esta última etapa consiste em regulação com diodo zener, com emissor zener, existem também alguns circuitos com transistores e, por último, reguladores em CI, como a família 78XX para tensões positivas e 79XX para tensões negativas.

5 Memória de Cálculo

5.1 Espessura da linha

Ao projetar a placa de circuito impresso. Um cuidado maior com relação as trilhas precisa ser tomado, para que não haja problemas quanto a passagem de corrente, e para otimizar a dissipação do calor na placa. Para escolher uma espessura de linha que cumprisse tais propósitos, utilizamos o equacionamento de acordo com a norma IPC-2221, que através de sua curva define as constantes k , b e c que são utilizadas no cálculo da espessura da trilha mais adequada. Iniciando pelo cálculo da área temos:

$$A[th^2] = \left(\frac{I}{k \cdot (Temp - Rise[deg.C])^b} \right)^{\frac{1}{c}} \quad (1)$$

E em sequência a largura é dada:

$$L[th] = \frac{A}{Espessura[oz] \cdot 1,378} \quad (2)$$

Considerando $k = 0,048$, $b = 0,44$, $c = 0,725$ e a placa de fenolite de 1 OZ , e uma variação de temperatura de aproximadamente $10^\circ C$, descobriu-se um valor para a espessura das linhas de aproximadamente $90th$, o qual foi utilizado na maioria das trilhas do projeto.

5.2 Resistor de Descarga

Para segurança do circuito, e daqueles que forem manejá-lo, resistores foram acrescentados em paralelo com os capacitores, para que, ao efetuar o desligamento da placa os capacitores pudessem ser descarregados em segurança. Para projetar a resistência necessária nos capacitores, as equações conhecidas para descarga num capacitor foram aplicadas.

$$t = RC \cdot \ln \left(1 - \frac{V_C}{V_{in}} \right) \quad (3)$$

Considerando os capacitores de $4700\mu F$ e um tempo de descarga de 10 s , para uma tensão média entre os dois capacitores, V_C de $64,85V$ (de acordo com simulação) e V_{in} de $80 V_{pp}$, a resistência mínima necessária é de $1,3k\Omega$, para suprir esses requisitos mínimos, foi utilizado um resistor de $1,8k\Omega$ de $5W$.

5.3 Regulação

Após a retificação e a filtragem, ocorre a etapa de regulação, objetivando manter uma tensão de saída constante, mesmo com uma carga variável. O diodo utilizado, conta com uma tensão Zener nominal de 62 V para uma corrente de teste de 4 mA.

O comportamento do zener é observado para dois processos, a regulação de linha, que mostra a capacidade da fonte de manter a tensão de saída diante de variações na tensão de entrada.

Se a tensão de entrada aumenta muito, ao invés de ter todo esse acréscimo em cima da carga, o diodo Zener, regula esse valor de tensão, por meio da sua característica de operação em ruptura reversa. Isso é bem observado na corrente, que sofre maiores alterações para que a tensão se mantenha constante. Para o processo inverso, com um decréscimo na tensão de entrada, um processo análogo. As variações na tensão de entrada, são direcionadas ao resistor limitador, mostrando serem válidas as equações abaixo.

$$I_S = I_Z + I_R \quad (4)$$

$$V_S = V_{in} - V_Z \quad (5)$$

Existe ainda a regulação de carga, que mostra a capacidade da fonte de manter uma tensão de saída constante diante de variações na corrente de carga. Que depende da potência requerida pela carga.

$$I_S = \frac{V_{in} - V_Z}{R_S} \quad (6)$$

Logo, para toda a variação na corrente de carga é compensada por uma variação oposta na corrente através do diodo Zener, mantendo a tensão constante.

6 Finalização da construção da PCB

Utilizando todos os conceitos já descritos foi possível organizar os componentes em uma placa de circuito impresso, utilizando o software *PROTEUS*.

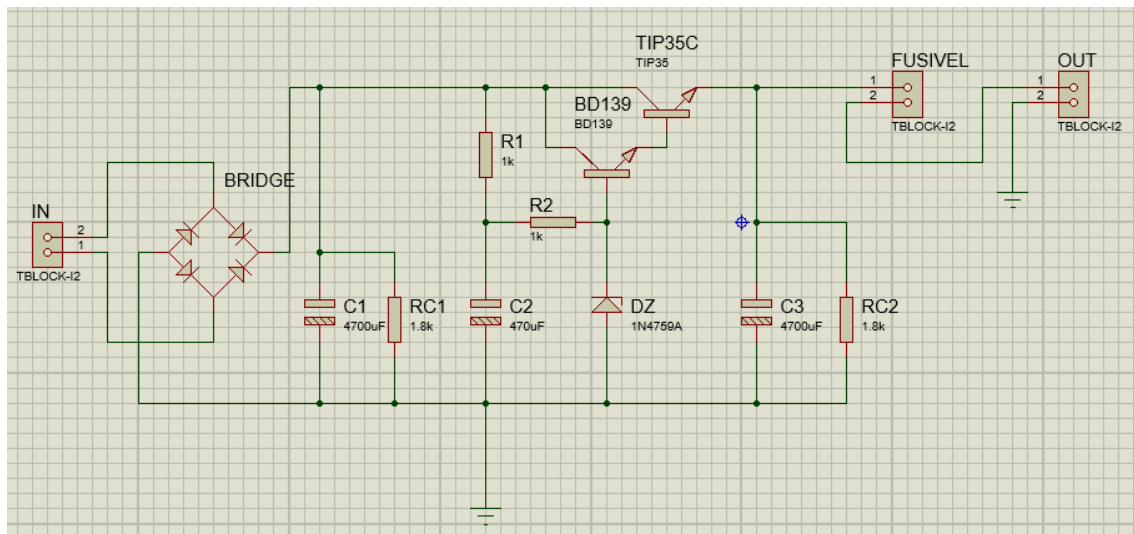


Figura 7: Projeto ISIS da fonte.

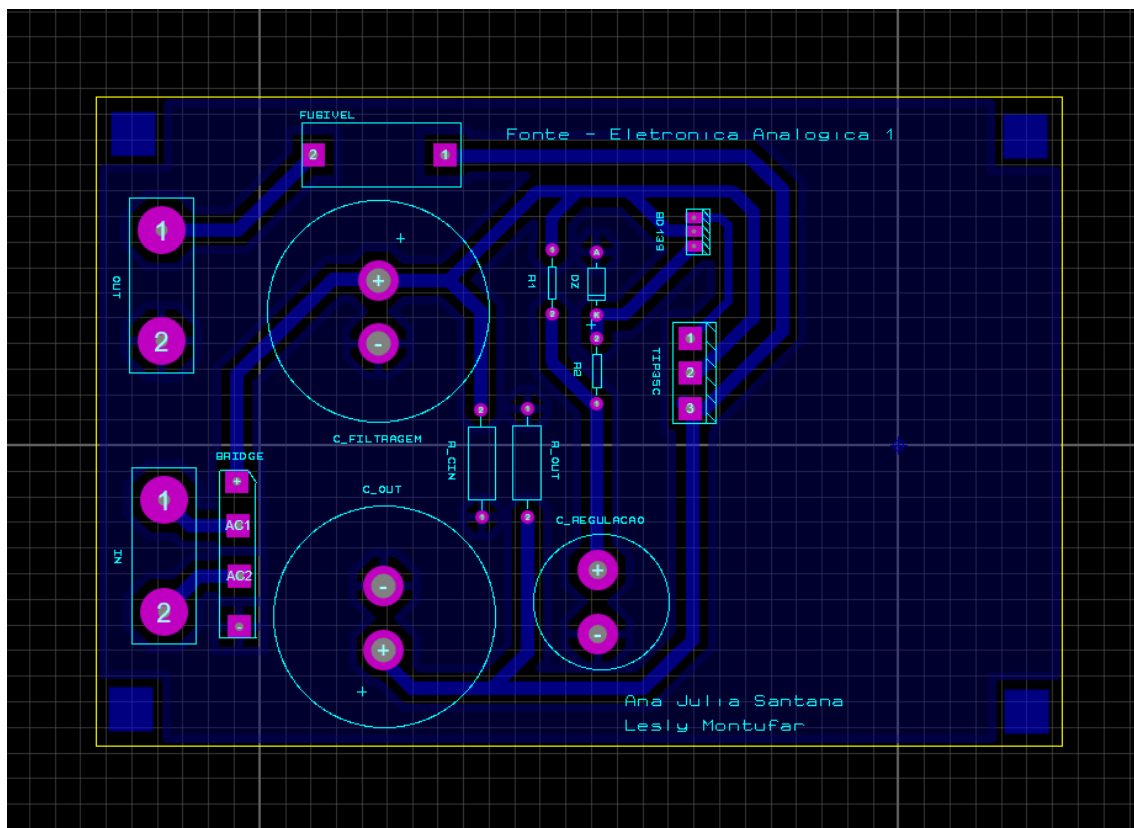


Figura 8: Projeto ARES da fonte.

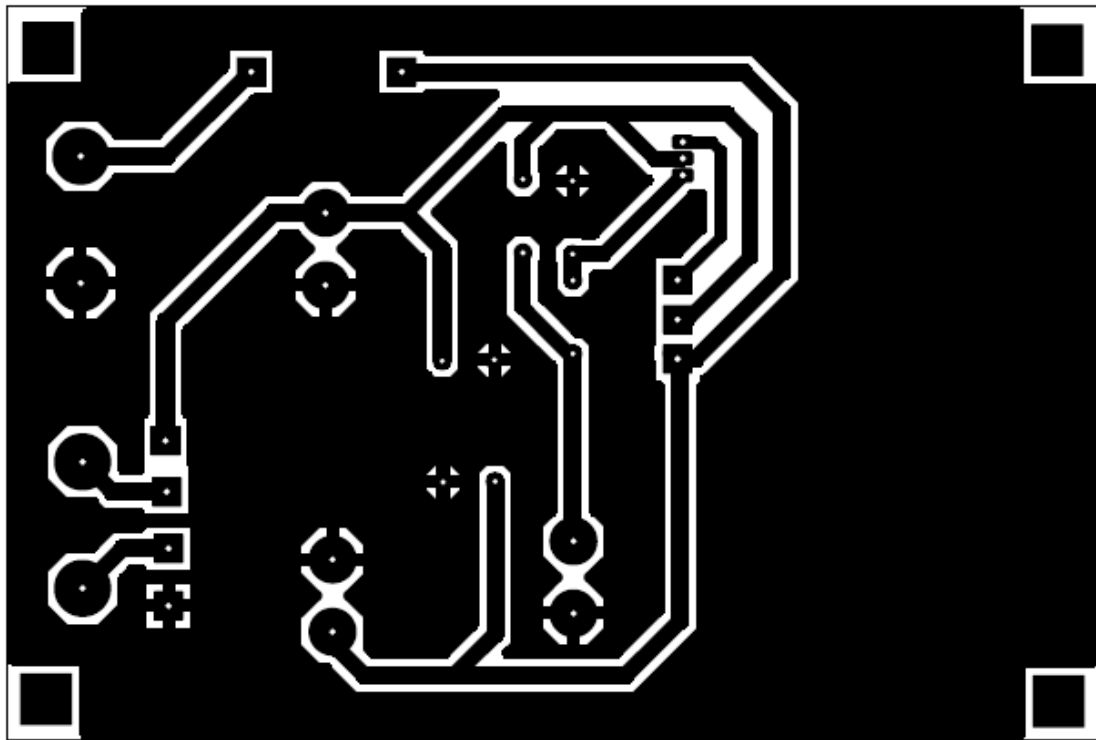


Figura 9: Parte inferior do placa.

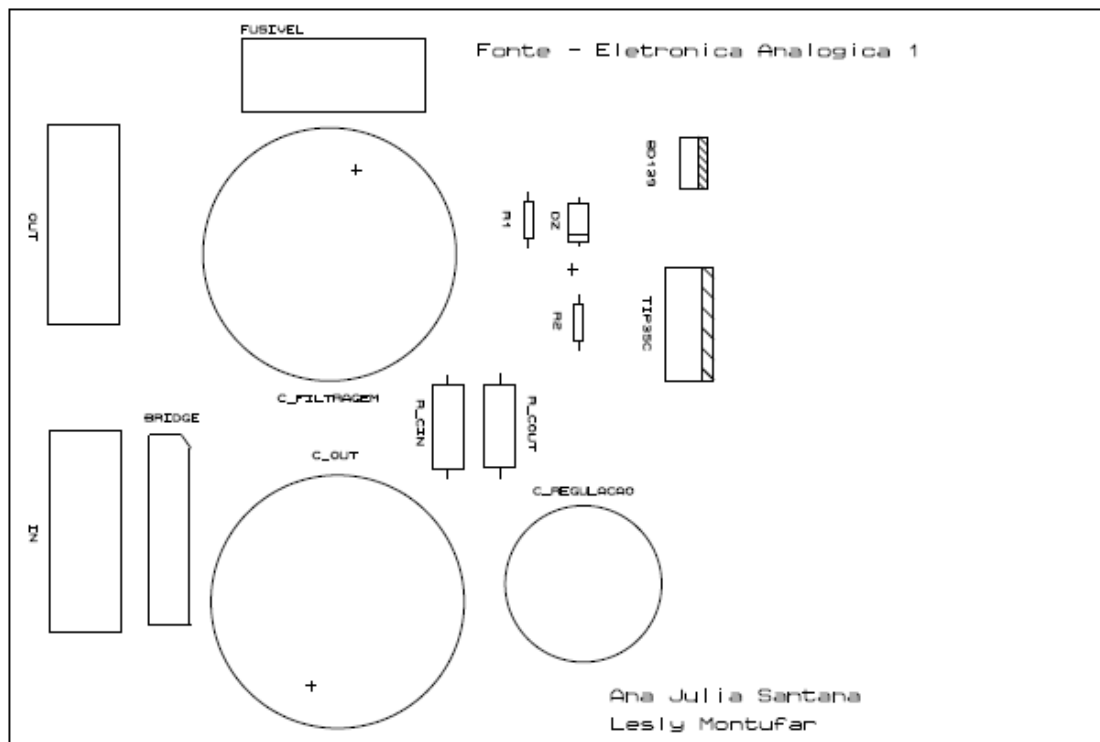


Figura 10: Parte superior da placa.



Figura 11: Foto da fonte posterior a primeira leva de testes.

Notifica-se que a placa mostrada na Figura 11 algumas diferenças de disposição dos componentes com relação ao que foi projetado nas Figuras 7, 8, 9 e 10.

7 Testes e ensaios

Não foi possível ainda a realização desta etapa, devido a diversos imprevistos e falta de organização.

Referências

- [1] Hayama, “Fontes de alimentação – O que são, para que servem e quais são os modelos?”, Hayama. Disponível em: blog.hayama.com.br/fontes-de-alimentacao/. Acesso em: out. 2019.
- [2] Rod Elliott, “El Cheapo - A Really Simple Power Amplifier”, ESP, Elliott Sound Products, 2005. Disponível em: <https://sound-au.com/project12a.htm>. Acesso em: out. 2019.
- [3] Brooks Doug, Graves Dave, “Current Carrying Capacity of Vias” Disponível em : <https://www.ultracad.com/articles/viacurrents.pdf>. Acesso em : out. 2019.
- [4] Soares Camila, ”Dedução das equações de carga e descarga dos capacitores utilizando equações diferenciais de primeira ordem” Disponível em : <https://camilasoares.wordpress.com/2009/04/07/dedacao-das-equacoes-de-carga-e-descarga-dos-capacitores-utilizando-equacoes-di>. Acesso em : out. 2019.
- [5] Petry Clovis Antonio, ”D. PROJETO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO - BÁSICO ” Disponível em : http://www.professorpetry.com.br/Bases_Dados/Apostilas_Tutoriais/Projeto_PCI_Charles.pdf. Acesso em : out. 2019.
- [6] “6.0A GLASS PASSIVATED BRIDGE RECTIFIER ”, DIODES INCORPORATED. Disponível em: <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/ds21216.pdf>. Acesso em: out. 2019.
- [7] “BD135/137/139 ”, FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. Disponível em: http://www.redrok.com/NPN_BD135_45V_1.5A_12.5W_Hfe40_T0-126.pdf. Acesso em: out. 2019.
- [8] “Silicon NPN Power Transistors TIP35/35A/35B/35C ”, SavantIC Semiconductor. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/269985/SAVANTIC/TIP35.html>. Acesso em: out. 2019.