

# **FONTE DE TENSÃO VARIÁVEL COM TRÊS NIVEIS**

## **PROJETO FINAL DE ELT 315**

Alves, W.F.O. - ES96708 , Batista, H.O.B. - ES96704  
TURMA 02

*Laboratório de Eletrônica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Viçosa (UFV)*

E-mails: hiago.batista@ufv.br, werikson.alves@ufv.br.

**Resumo:** Uma fonte de alimentação é um equipamento usado para alimentar cargas elétricas. A função da fonte é transformar a corrente alternada (AC) da tomada em corrente contínua (DC) já nas tensões corretas, usadas pelos componentes. Ela serve também como uma última linha de defesa contra picos de tensão e instabilidade na corrente, depois do nobreak ou estabilizador. Logo, este relatório está dividido em quatro partes: Introdução, Metodologia, Resultados e Conclusão, nos quais serão abordados os passos a passos para a confecção de uma **fonte de alimentação AC/DC**.

**Palavras-Chave:** Retificador, Regulador de tensão e Projeto, PCI.

## **1 Introdução**

A fonte de alimentação é um equipamento usado para alimentar cargas elétricas. Se existe um componente absolutamente vital para o funcionamento de um dispositivo, este é a fonte de alimentação. Sem ela, o dispositivo é apenas uma caixa de plástico e/ou metal sem função. Cada dispositivo eletroeletrônico necessita de uma fonte para prover energia para seus componentes. Esta energia pode variar de acordo com a carga que este equipamento usa. A fonte de alimentação converte a corrente alternada (AC) da rede em corrente contínua (DC), necessária para o funcionamento do dispositivo.

Esta fonte, trata-se de uma fonte de alimentação linear, a qual recebe a tensão de entrada da rede elétrica e por meio de um transformador reduz para 12V (alternado). Em seguida, este sinal passa por um circuito de retificação (composto por uma serie de diodos), transformando a tensão alternada em tensão pulsante. Após isto, o sinal segue para o filtro, composto por um capacitor eletrolítico, que transforma a tensão pulsante em tensão contínua. Entretanto, esta

tensão continua ainda possui um pouco oscilação, sendo necessário a utilização de um diodo Zener (ou usando um regulador de tensão) e desta forma, o sinal obtido torna-se completamente contínuo.

Os níveis mais comuns neste tipo de fonte são: 3,3 V, 5 V, e 12 V. Os dois primeiros são mais comuns em circuitos digitais enquanto o último é utilizado para acionar motores de drivers de discos e das ventoinhas. Além disto, a fonte de alimentação possui um circuito independente que fornece 5V, mesmo quando o dispositivo está desligado, para que ao pressionar um botão o dispositivo ligue

## 1.1 Objetivos

Portanto, este relatório tem como objetivo, descrever de forma geral como construir uma fonte AC/DC, comentando o processo que o sinal sofre em cada etapa, além de uma lista de compras com os materiais necessários para sua confecção. Em seguida, serão apresentados dados da simulação coletados por meio do software **MultiSim**, apresentando os diagramas elétricos, acompanhados dos cálculos relacionados ao projeto, de forma a validar o projeto. Ao final, serão apresentados os resultados do projeto e da simulação, acompanhado de uma imagem 3D do PCB, e uma breve conclusão e com as referências do trabalho.

## 2 Metodologia

Agora, serão apresentados as etapas para confecção do Fonte, nas quais serão explicadas suas funções e o seu respectivo processo de construção.

### 2.1 Transformador Abaixador

Os transformadores são compostos por dois enrolamentos de fios, primário e secundário, envolvidos em um núcleo metálico utilizados para aumentar ou abaixar a tensão e a corrente. A passagem de uma corrente elétrica alternada no enrolamento primário induz à formação de uma corrente elétrica alternada no enrolamento secundário. A proporção entre as correntes primária e secundária depende da relação entre o número de voltas em cada um dos enrolamentos. Se um transformador abaixa uma tensão elétrica, ele automaticamente aumenta a intensidade da corrente elétrica de saída e vice-versa, mantendo sempre constante a potência transmitida, dada pelo produto da corrente pela tensão.



Figura 1: Exemplo de um transformador.

## 2.2 Retificador

Os circuitos retificadores são fundamentais em fontes de tensão, ao transformar corrente alternada em corrente contínua. O principal componente para o funcionamento dos circuitos retificadores é o **diodo retificador**. Este dispositivo conduz apenas em um sentido, e quando polarizado inversamente ele impede a passagem da corrente, assim usando este princípio é possível a construção de circuitos retificados.

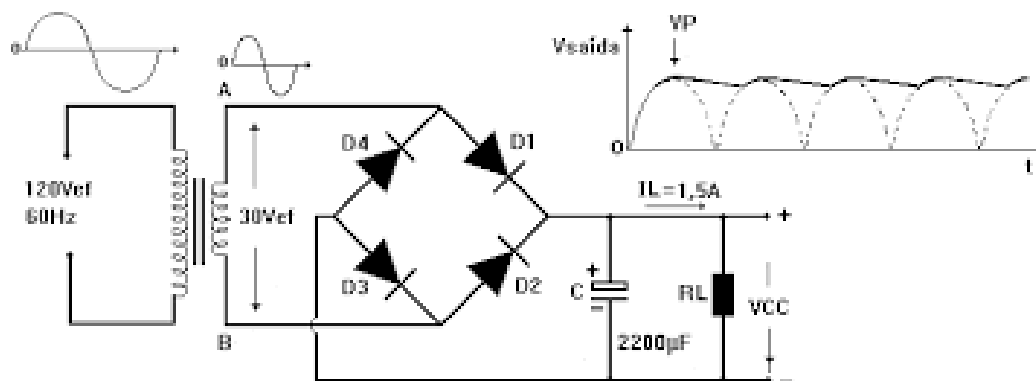


Figura 2: Exemplo de um circuito retificador de ponte de onda completa.

## 2.3 Filtro capacitivo

O filtro capacitivo é o dispositivo utilizado no circuito para atenuar as oscilações de tensão de saída do retificador do ciclo positivo. Durante este processo, o capacitor libera energia lentamente, que seja o suficiente para não haver muitas variações na tensão. Em outras palavras, o capacitor diminui a tensão de pico a pico do sinal de retificado.

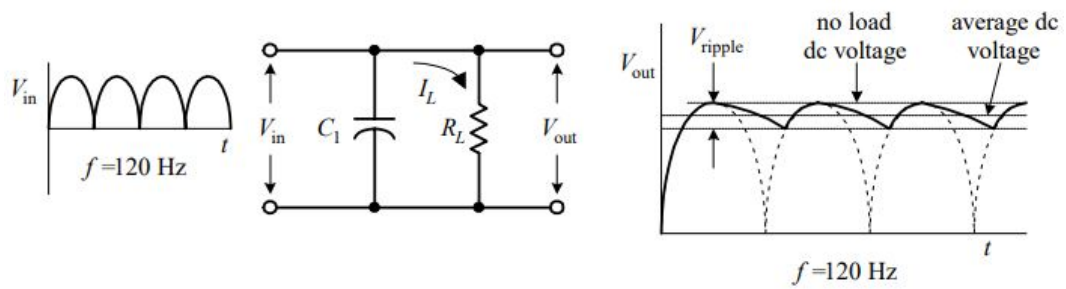


Figura 3: Exemplo de um filtro capacitivo.

## 2.4 Regulação da tensão

A regulação da tensão será a tensão final que queremos obter da fonte. Existem várias formas de regular a tensão, podendo ser através de um transistor ou um regulador de tensão, sendo este processo feito após o sinal ser filtrado.

## 2.5 Acionamento

Como forma de segurança, quando a fonte for ligada na tomada, ela não deve começar a funcionar imediatamente. Para fazer isto, foi adicionado um botão com um circuito independente no qual ao conectar a tomada, deve-se aciona-lo para que haja tensão nos bornes de saída.

## 2.6 Proteção

A proteção é o circuito que atua protegendo os componentes eletrônicos. Essa proteção pode ser contra: sobretensão, subtensão, sobrecarga, harmônicas, ruídos e etc. Desta forma o circuito de proteção é de suma importância para aumentar a vida útil da fonte.

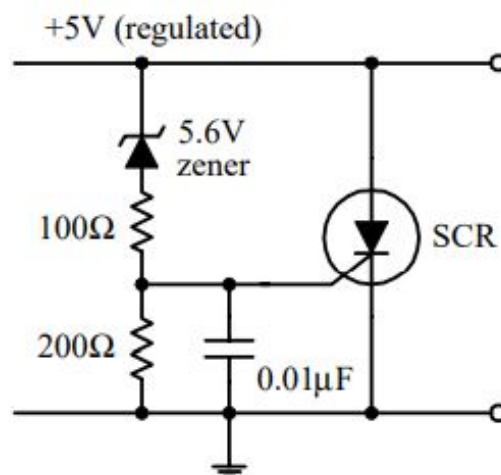


Figura 4: Exemplo de proteção contra sobretensão.

## **2.7 Dissipação de calor**

Esta é uma parte fundamental para o bom funcionamento do circuito. Ao utilizar o diodo zener o preço que pagamos por ter essa regulação é que a medida em que a diferença de tensão de entrada e saída aumenta, a potência dissipada no zener também aumenta, portanto usar um dissipador de calor, proporcionará um aumento da vida útil dos componentes eletrônicos.

## **3 Projeto**

Agora, com base nos pontos abordados anteriormente, nas análises teórica a sobre a matéria, será iniciado o projeto da fonte. Sendo assim, primeiramente, será projetado a placa de circuito impresso (PCI), contendo a maioria dos componentes listados na lista de materiais. Em seguida serão apresentados alguns cálculos e definições que foram usados nas escolhas dos valores dos componentes.

### **3.1 Processamento do sinal**

Como explicado anteriormente, ao conectar a fonte na tomada inicialmente teremos o tensão da rede, 127V (rms), como pode ser observado na figura 11. Observe na figura 12 que após o sinal passar pelo transformador, seu valor é reduzido para 12V. Adiante, o sinal alternada, segue para os diodos onde será retificado, se tornando um sinal apenas com partes positivas, figura 13. Concluída a retificação, será feito uma filtragem da tensão, obtendo uma tensão com pequenas oscilações, figura 14.

Neste ponto, para que o sinal de saída esteja completo, necessita-se regular a tensão a fim de retirar as pequenas oscilações que restaram. Desta forma, foram utilizadas duas formas para regular tensão, sendo elas a transistorizada e outra por meio de um regulador de tensão variável.

### **3.2 Regulação por transistor**

Para este projeto, uma parte dele será uma fonte transistorizada de tensão fixa, com saída  $V_{out} = 12\text{ V}$  como mostra a Figura abaixo:

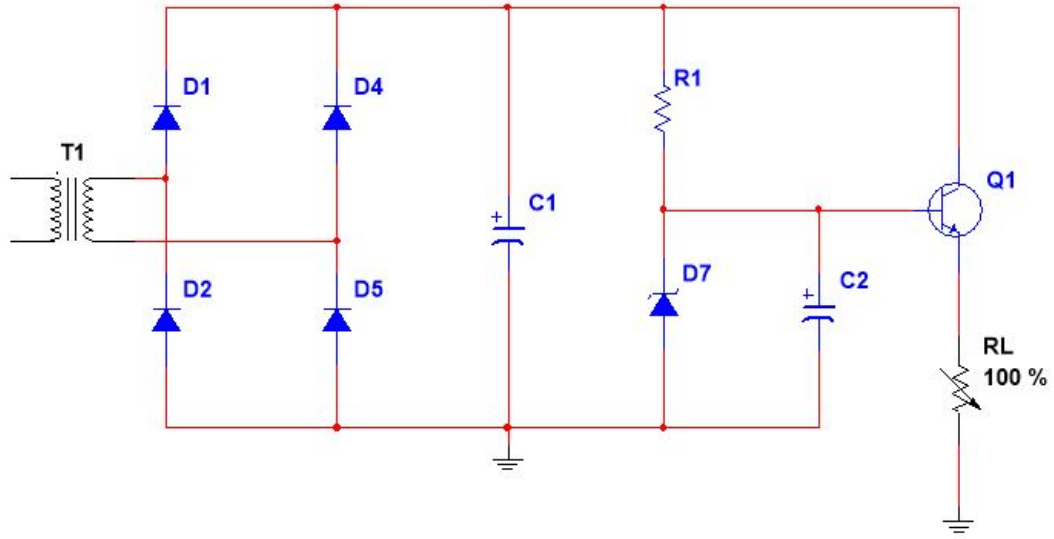


Figura 5: Fonte transistorizada.

Perceba que queremos uma tensão fixa de  $V_{out} = 12\text{ V}$  na carga  $R_L$ , portanto, aplicando LKT, temos:

$$12 - V_{BE} - V_z = 0 \rightarrow V_z = 12 + 0,7 = 12,7\text{ V} \quad (1)$$

Agora, iremos encontrar a potência dissipada nos componentes mais importantes, para garantir que haja a maior eficiência da fonte e assim, evitar o aquecimento desnecessário de outros componentes.

Veja que a corrente que flui pelo resistor  $R_1$  é aproximadamente a mesma que flui pelo zener, pois a corrente de base do transistor é muito baixa e o capacitor  $C_2$  se comporta como um circuito aberto diante de uma tensão contínua, e sendo a tensão no capacitor  $V_{C1} = V_p$ , temos:

Para o zener:

$$P_z = I_z \cdot V_z \approx \frac{V_p - V_z}{R_1} \cdot V_z \quad (2)$$

Para o TBJ:

$$P_{TBJ} = (V_p - V_z) \cdot \frac{V_z}{R_L} \quad (4)$$

Para a carga:

Para o resistor:

$$P_R = \frac{(V_p - V_z)^2}{R_1} \quad (3)$$

$$P_{RL} = \frac{V_{out}}{R_L} \quad (5)$$

Perceba agora, que para todos os componentes, com exceção da carga, devemos ter que a diferença de tensão entre  $V_p$  e  $V_z$  deverá ser mínima, para que haja a máxima eficiência da fonte, portanto escolheremos um transformador 127/12 ( $V_{rms}$ ), pois é fácil de ser encontrado no comércio. Diante das equações expostas, escolheremos um zener 13 V 0,5 W, pois é fácil de ser encontrado no mercado.

Sendo assim, temos que a tensão  $V_p$  será:

$$V_p = 12\sqrt{2} - 0,7 - 0,7 = 15,6 \text{ V} \quad (6)$$

Para calcular o resistor  $R_1$  consideraremos de forma simplificada que a eficiência da fonte está condicionada a potência dissipada na carga com a potência dissipada no zener, portanto:

$$\eta = 1 - \frac{R_L}{5R_1} \quad (7)$$

Se definirmos que queremos uma eficiência de 80%, temos que  $R_1 = R_L$ , sendo a máxima carga que esta fonte alimentará é de  $30 \text{ k}\Omega$ , obtemos que:

$$R_1 = 30 \text{ k}\Omega \quad (8)$$

Agora, definiremos as capacitâncias dos dois capacitores  $C_1$  e  $C_2$ . A função do capacitor  $C_1$  é diminuir a tensão de pico a pico ( $V_{ripple}$ ) sendo assim, usaremos dois capacitores em paralelo de  $2200 \mu F$  e o capacitor  $C_2$  é necessário para filtrar a alta frequência, porém ele não precisa ter alta capacitância, pois caso contrário levará muito tempo para o circuito chegar o regime permanente ( $\tau = RC$ ) e para ele utilizaremos uma capacitância de  $1 \mu F$ , portanto:

$$C_1 = 4400 \mu F \quad 25 \text{ V} \quad (9)$$

$$C_2 = 1 \mu F \quad 16 \text{ V} \quad (10)$$

E para os diodos retificadores escolheremos o 1N4007, pois suporta picos de corrente de 30A e possui  $PIV > 17$ . Para o TBJ será escolhido o BC337, pois suporta 625mW, e suporta até 45 V para a tensão coletor-emissor.

Tabela 1: Componentes fonte transistorizada.

Componentes	Quantidade
1N4007	4
$2200\mu F \text{ } 25V$	2
Zener 13V 0,5W	1
$1\mu F \text{ } 16V$	1
BC337 625mW	1
Resistor $30 \text{ k}\Omega \text{ } 1/4W$	1

### 3.3 Regulação por meio de um regulador de tensão variável

Para este projeto, uma outra parte dele será uma fonte de tensão ajustável, com uma saída que varia entre 1,25 V e 13,8 V, como mostra a Figura abaixo:

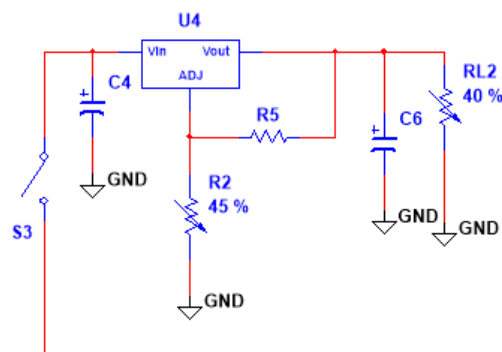


Figura 6: Esquema de um regulador de tensão variável.

O regulador de tensão utilizado foi o LM317, o qual é amplamente utilizado em projetos que possuem como finalidade a regulação de uma tensão, sendo esta regulação realizada através de um potenciômetro na saída de ajuste do regulador. Por meio dele, obtém-se uma tensão de saída menor que a aplicada em sua entrada, sendo assim, foi utilizada um potenciômetro, que é uma resistência variável, para controlar a tensão de saída. Esta diminuição de tensão é possibilitada pela função de Step Down, que é uma característica deste regulador.

### 3.4 Regulação por meio de um regulador de tensão fixo

Por fim, a ultima saída será uma fonte de tensão fixa, com uma saída de 5 V, como mostra a Figura abaixo:

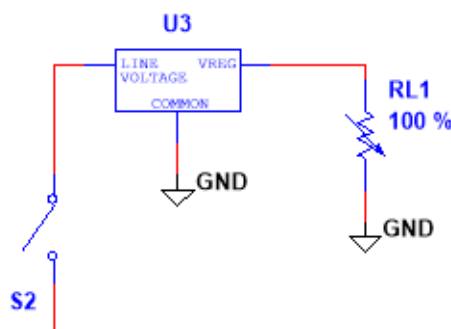


Figura 7: Esquema de um regulador de tensão fixa.

O regulador, e Pode ser usado com outros componentes eletrônicos para obter valores de tensão e corrente ajustáveis. Perceba que este regulador é um componente de fácil aplicação nos mais variados circuitos não necessitando de resistência para seu controle, sendo seu terminal central conectado diretamente no terra, ou seja, regula uma tensão de entrada para uma tensão de saída estável de 5V.



### 3.5 Proteção e acionamento

Para acionar esta fonte, utilizaremos de três interruptores, onde cada um controlará o estado de cada fonte (on/off). Além disso para garantir mais estabilidade e vida útil da fonte, associaremos em série com o filtro capacitivo um indutor de  $10\text{ mH}$  que servirá para atenuar parte da corrente de pico durante o período transiente devido ao capacitor. A associação em série do indutor com o capacitor apresenta no sinal de saída alta frequência e muito ruído, dessa forma será colocado em paralelo com saída um capacitor (*bypass*) para filtrar a alta frequência; e para proteção dos do circuito em geral, será utilizado um fusível com sensibilidade de  $1\text{ A}$ , a Figura 8 mostra o circuito completo.

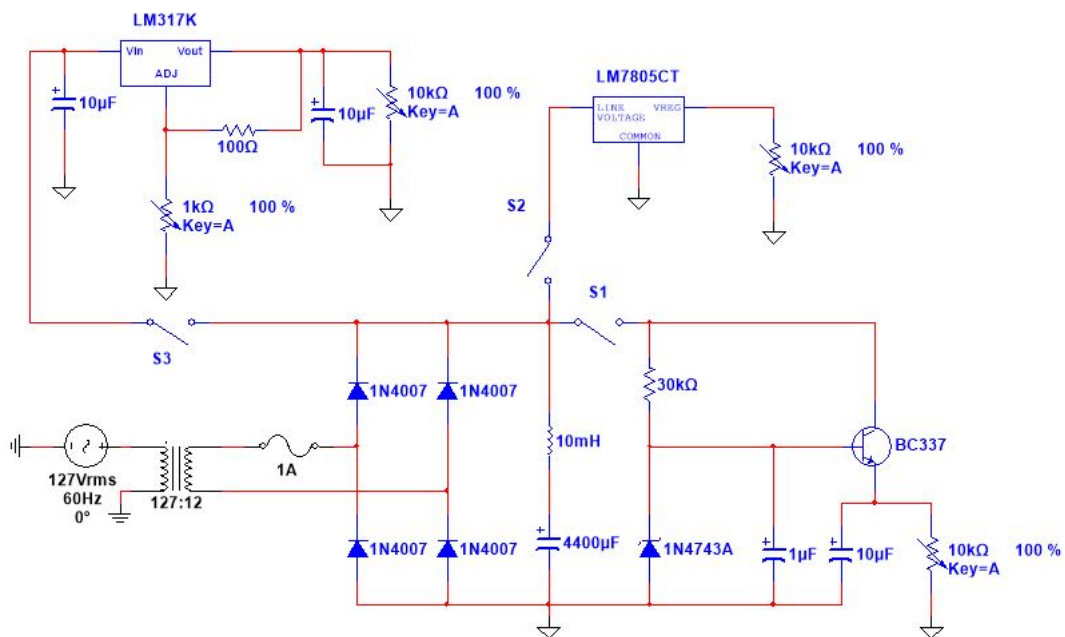


Figura 8: Circuito completo

## 4 Resultados:

Completado o projeto, agora serão apresentados os resultados das simulações, o design da placa, junto a uma visão 3D dos componentes.

### 4.1 PCI

Para a confecção do PCI, inicialmente é definido os componentes que serão utilizados, se atentando, principalmente, ao tamanho dos componentes físicos. Outro ponto muito importante são que os terminais de saída dos circuitos e os botões devem estar próximos das extremidades das placa, para que fiquem de fácil acesso na hora de utiliza-los. Os outros componentes serão espalhados pela placa, visando sempre a otimização e a simplificação das trilhas, como pode ser visto na figura 9. Montado layout do PCI, agora deve-se conectar as trilhas, interligando os

componentes. Em seguida, esse layout é transformado em uma imagem e impresso, em papel fotográfico, através de uma impressora.

Depois, é recortado a placa de fenolite no formato e tamanho da imagem, em seguida deve-se limpar a placa com papel úmido, com um álcool especial para placas eletrônicas, e fixar a imagem no lado com cobre. Depois, aqueça de forma a transferir a tinta presente na imagem para o lado com cobre. Após isso, deve-se remover a camada de papel até que reste apenas partes visíveis com tintas e partes visíveis com cobre.

Removido a camada de papel completamente, agora a placa é colocada em repouso em um líquido corrosivo, Ácido Perclorato De Ferro, permanecendo lá em torno de 50 minutos, passado o tempo, verifica-se se a qualidade da corrosão. Estando em boa qualidade, limpa-se a placa com água e papel, para depois passar uma bucha (de bombril, por exemplo) para remover a tinta que está sobre a parte não corroída.

Em seguida, são feitos os furos para o encaixe dos terminais de todos os componentes que serão fixados na placa. Após fixá-los, foi utilizado uma estação (ou ferro) de solda, na qual foi soldado os componentes eletrônicos junto a placa através do derretimento, em seguida, a solidificação do estanho de chumbo. Atentando-se para não danificar a futura placa de PCI devido a alta temperatura. Após concluída a solda, é passado o verniz de forma a isolar as trilhas. Desta forma, a placa de circuito impresso está concluída, como pode ser observada na Figura 10.

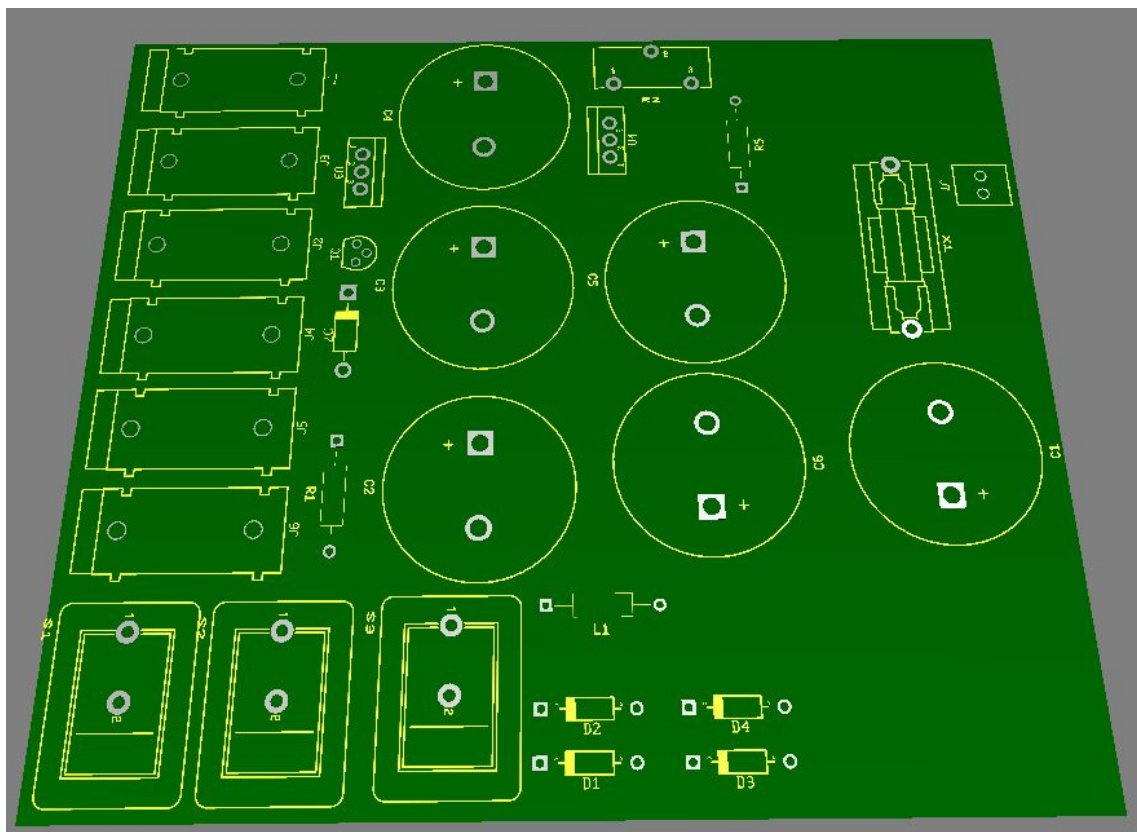


Figura 9: Design do layout da placa.

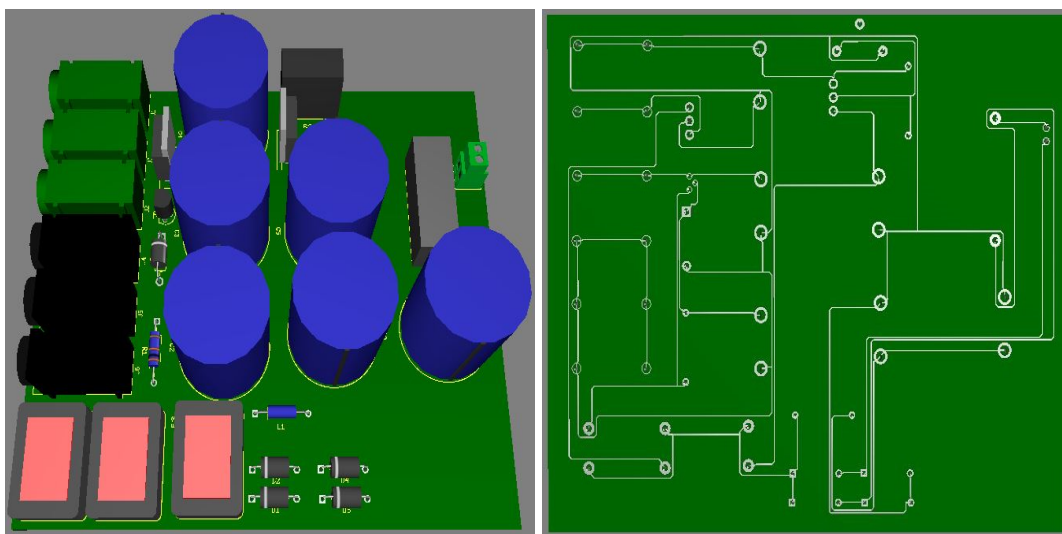


Figura 10: Visão 3D do PCI e trilhas.

## 4.2 Simulação

Neste ponto, iremos verificar como está a tensão de saída dos três modos de regulação. Primeiramente iremos verificar a entrada do sinal até o filtro capacitivo, e após isto verificaremos na saída.

Observe que o sinal apresentado na Figura 11 é o de entrada, que no caso  $127 V_{RMS}$ , e está conectado no primário do transformador.

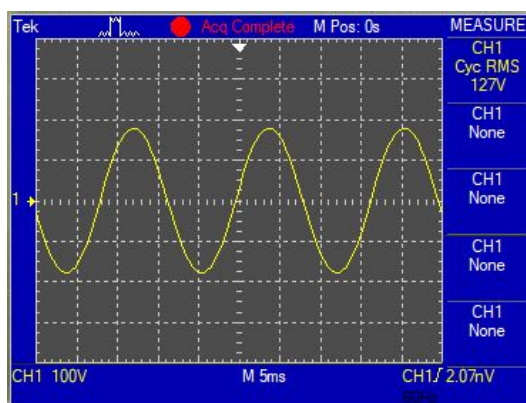


Figura 11: Sinal de entrada vindo da rede.

Nos terminais do secundário do transformador, a tensão diminui para  $12 V_{RMS}$ , e com pico de aproximadamente  $17 V$ , como mostra a Figura 12.

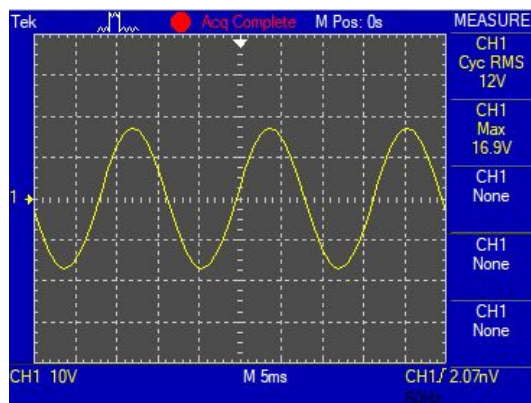


Figura 12: Sinal na saída do transformador.

Veja agora na Figura 13, que após a tensão passar pelos diodos retificadores, observamos que a tensão não é mais alternada, mas sim pulsante. Entretanto este tipo de sinal ainda não é o ideal, pois a tensão de pico a pico está muito alta, necessitamos do filtro capacitivo para diminuir a tensão  $V_{ripple}$ .

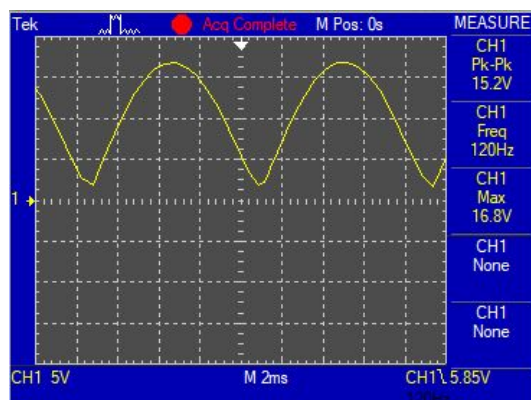


Figura 13: Sinal retificado.

Veja que na Figura 14 temos o sinal filtrado, pois possui uma tensão de pico a pico bem baixa. Neste estágio já podemos utilizar este sinal para realizar a regulação de tensão.

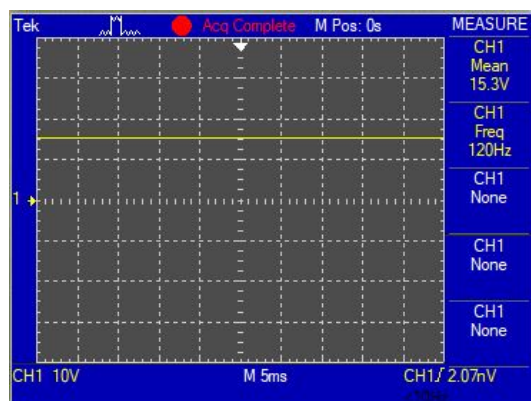


Figura 14: Sinal obtido após a filtragem capacitiva.

A Figura 15 e 16 mostram a tensão de saída para os três tipos de regulação, sendo o CH1, CH2 e CH3 as tensões de saída da fonte transistorizada, ajustável e fixa, respectivamente.

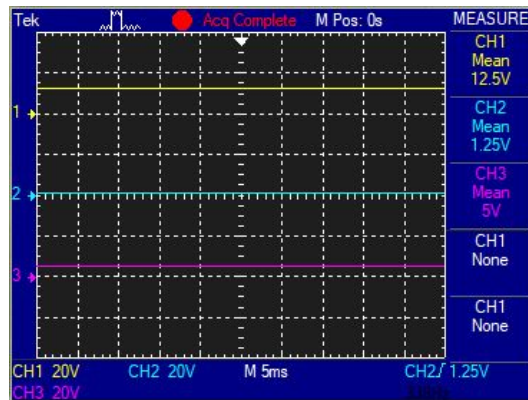


Figura 15: Tensão de saída, com  $V_{out}$  ajustável no mínimo.

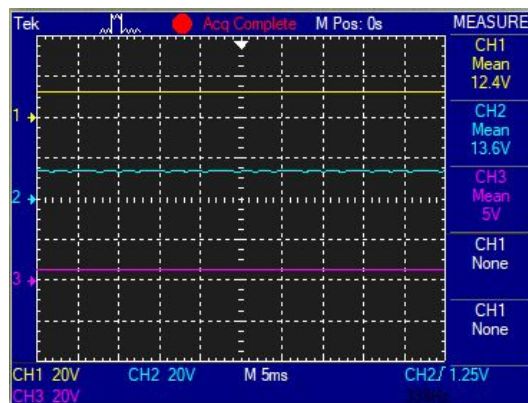


Figura 16: Tensão de saída, com  $V_{out}$  ajustável no máximo.

Para a regulação com o TBJ, foi observado que a tensão de saída com o circuito aberto é de 12,5 V, enquanto para o regulador de tensão fixa obtemos exatamente 5 V e o regulador ajustável obteve uma variação de 1,25 V até 13,6 V. Além disso no caso do regulação transistorizada, devemos utilizar carga de no mínimo 500  $\Omega$  para não sobrecarregar o TBJ.



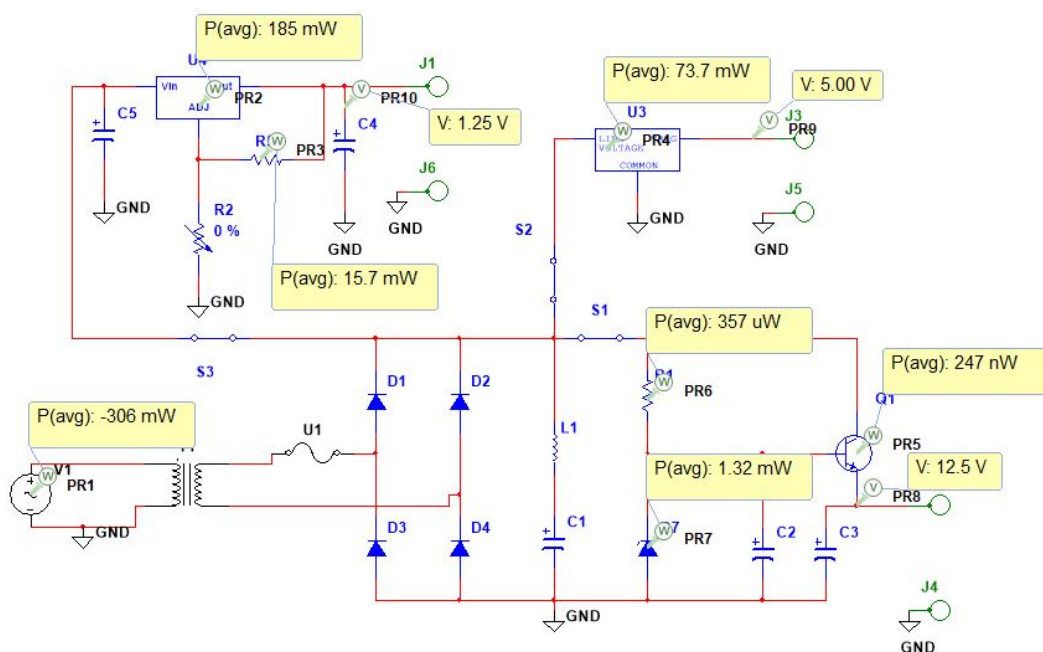


Figura 17: Tensão de saída e potência dissipada

Tabela 2: Comparações entre diferentes tipos de regulação de tensão.

	Transistorizada	Fixa	Ajustável
Tensão Máxima (V)	12,5	5,00	13,6
Tensão Mínima (V)	12,5	5,00	1,25
Tensão Máx. c/ $R_L = 500 \Omega$ (V)	11,9	5	13,6
Eficiência ( $\eta\%$ )	99,39	73,30	27,30
$\Delta V\%$	4,16	0,00	0,00

## 5 Conclusão:

Diante dos resultados obtidos, podemos concluir que conseguimos obter uma fonte AC/DC e cada saída com uma particularidade diferente. De acordo com a Tabela 2 podemos perceber que a regulação transistorizada é a que consome menor potência da fonte para poder funcionar, entretanto é a que mais varia a tensão a depender da carga. Para a fonte de regulação fixa (5 V) percebemos que consome um pouco mais de potência da fonte, entretanto a variação de tensão é praticamente nula. Por último a fonte ajustável é a que mais consome potência para operar corretamente, entretanto é a mais flexível, pois fornece um intervalo de tensões de 1,25 V até 13,6 V e praticamente não há variação de tensão com a carga.

Por fim, podemos concluir que a regulação transistorizada seria mais indicada para cargas com impedância alta, pois dessa forma há menos variação na tensão. A fonte ajustável é mais indicada quando queremos alguma tensão específica, pois fornece uma tensão de saída a depender da posição do potenciômetro, e por último a fonte de tensão fixa é a mais estável, pois

possui uma boa eficiência e é nula a variação de tensão.

## Referências

- [1] R. L. Boylestad and L. Nashelsky, *Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos*, vol. 11. Prentice-Hall do Brasil, 2013.

## Anexo:

**Link do video da apresentação:** <https://youtu.be/GyxSRoKIR2c>

Item	Ref.	Preço U.	Qtd.	Total	Site
Diodo Retificador 1N4007 x 10 Unidades	BCE05	R\$ 2,90	1	R\$ 2,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Capacitor Eletrolítico 2200µF 25V x5 unidades	BCC25	R\$ 15,90	1	R\$ 15,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Zener 13 x10	-	R\$ 2,40	1	R\$ 2,40	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Capacitor Eletrolítico 1uF x 5 Unidades	BCC01	R\$ 1,90	1	R\$ 1,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Transistor BC337 x5	BCT10	R\$ 2,40	1	R\$ 2,40	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Resistor 10k x20	BRE18	R\$ 2,90	1	R\$ 2,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Transformador Trafo 12V 2A Bivolt	3PS22	R\$ 40,90	1	R\$ 40,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Regulador 7805	BCT05	R\$ 2,40	1	R\$ 2,40	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Regulador de Tensão LM317	BCE70	R\$ 2,90	1	R\$ 2,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Indutor 10mH	-	R\$ 4,28	1	R\$ 4,28	<a href="https://pt.aliexpress.com/">https://pt.aliexpress.com/</a>
Capacitor Eletrolítico 10u F	BCC06	R\$ 1,90	1	R\$ 1,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Fusível de Vidro 5x20 - 1A 250V	3017	R\$ 0,15	4	R\$ 0,60	<a href="http://www.baudaeletronica.com.br">www.baudaeletronica.com.br</a>
Potenciômetro Trimpot 1K	BRE32	R\$ 3,90	1	R\$ 3,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Chave (on/off)	BCEH6	R\$ 1,90	3	R\$ 5,70	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Placa Fenolite	-	R\$ 9,90	1	R\$ 9,90	<a href="http://www.filipeflop.com">www.filipeflop.com</a>
Dissipador de Calor DP-4/50	1333	R\$ 5,22	1	R\$ 5,22	<a href="http://www.baudaeletronica.com.br">www.baudaeletronica.com.br</a>
<b>Total</b>	-	-	-	<b>R\$ 106,10</b>	-

Figura 18: Lista de compras.