



ESCOLA E FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI ANCHIETA

Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial

Kit didático de fontes chaveadas

Eduardo Vieira de Sousa
Felipe Pan y agua Simões
Jefferson Viera do Nascimento
Leonardo Grigorio de Lima
Leonardo Nobre de Oliveira Souza

SÃO PAULO
2019

Kit didático de fontes chaveadas

Monografia apresentada à Faculdade SENAI Anchieta como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Industrial.

Professor (es) Orientador (es):

Dionny Cleverson Mazio Batista

Erineu Claudemir Bellini

Jose Gil de Oliveira

São Paulo

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo da publicação no
Serviço de Biblioteca e de Documentação da
Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI Anchieta

Sobrenome, Nome Aluno.

<TÍTULO> / <Nome Completo do Aluno>; orientador <Nome Completo do Orientador>. -- São Paulo, <ANO>.

<Total de Páginas> p.

Monografia (Graduação – Curso de Tecnologia em Eletrônica Industrial) – Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI Anchieta.

1. palavra-chave1 2. palavra-chave2 3. palavra-chave3 4.
palavra-chave4 5. palavra-chave5 I. Título.

<CÓDIGO DE CATALOGAÇÃO DA BIBLIOTECA>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Eduardo Vieira de Sousa
Felipe Pan y agua Simões
Jefferson Viera do Nascimento
Leonardo Grigorio de Lima
Leonardo Nobre de Oliveira Souza

Kit didático de fontes chaveadas

Monografia apresentada à Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI Anchieta como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Industrial.

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Monografia defendida e aprovada em: ___/___/_____

Á todos os professores e orientadores da
faculdade, a nossos familiares e
principalmente a Deus, que sem ele não
chegaríamos até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus acima de tudo por nos dar força para chegar até esse dia. Agradecemos também aos nossos familiares e amigos por sempre nos apoiar e nos incentivar a não desistir. E pôr fim aos professores que nos auxiliaram no desenvolvimento desse projeto.

RESUMO

Nosso projeto se baseia em um kit didático de fonte chaveada, no qual o mesmo será formado por três topologias diferentes, Buck, Boost e Flyback e tem como objetivo o auxílio na aprendizagem dos futuros alunos da instituição. A ideia é que o aluno monte a fonte com a topologia desejada, na qual as ligações básicas serão feitas internamente e as ligações únicas de cada topologia será feita através de cabos externos que o aluno conectará.

Palavras-chave: Kit didático, fonte, aluno.

ABSTRACT

Our project is based on a switched-source teaching kit, which will consist of three different topologies, Buck, Boost and Flyback and aims to aid in the learning of future students of the institution. The idea is that the student assembles the source with the desired topology, in which the basic connections will be made internally and the unique connections of each topology will be made through external cables that the student will connect.

Key-words: Watch, Stamp, PID, Control, Parts.

Keywords: Didactic kit, source, student.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquemático da topologia Flyback.....	14
Figura 2 – Circuito da topologia Flyback Montado pelos alunos.....	15
Figura 3 – Kit finalizado com a topologia Flyback montada.....	15
Figura 4 – Esquemático da topologia Buck.....	16
Figura 5 – Circuito da topologia Buck montada pelos alunos	17
Figura 6 – Kit finalizado com a topologia Buck montada.....	17
Figura 7 – Esquemático da topologia Boost montada pelos alunos.....	18
Figura 8 – Circuito da topologia Boost Montado pelos alunos.....	19
Figura 9 – Kit finalizado com a topologia Buck montada.....	19
Figura 10 – Esquemático da placa do oscilador	20
Figura 11 – Placa final do oscilador.....	21
Figura 12 – Esquemático do circuito do microcontrolador.....	22
Figura 13 – Placa final do microcontrolador.....	23
Figura 14 – Grafico de controle da topologia Boost.....	24
Figura 15 – Grafico de controle da topologia Buck.....	24
Figura 16 – Esquemático do circuito da fonte linear.....	25
Figura 17 – Placa final da fonte linear.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PWM - Pulse-Width Modulation (modulação por largura de pulso)

NTC - Negative temperature coefficients (Coeficientes negativos de temperatura)

AC – alternative current (corrente alternada)

DC - direct current (corrente continua)

Ton - tempo ligado

Toff - tempo desligado

V – volts

Sumário

1. Introdução	11
1.1. OBJETIVO	12
1.2. ESTADO DA ARTE	12
2. DESENVOLVIMENTO	13
2.1. MATERIAIS UTILIZADOS E TESTES FEITOS	26
2.1.1. Materiais.....	26
2.1.2. Testes feitos.....	27
2.2. DIFICULDADES ENCONTRADAS	28
3. CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

Esse projeto tem com objetivo auxiliar futuros alunos da instituição que irão ter no decorrer do curso a matéria de eletrônica de potência, que é uma das matérias chaves para se entender a eletrônica industrial.

O projeto baseia-se na ideia de ser montado um kit no qual o aluno realizará as ligações das topologias desejadas. Para cada topologia o aluno conectará cabos externos nas conexões exatas, fazendo assim com que o circuito seja fechado e permitindo o funcionamento da fonte.

Cada topologia terá seu próprio controle. O controle da topologia Buck e Boost será feito através de um microcontrolador. A ideia é utilizarmos o método Shunt onde será monitorada a corrente elétrica através de um resistor e caso haja variação de tensão o PWM (Pulse Width Modulation) contido dentro do microcontrolador realizará o controle da tensão que será enviado ao circuito e conseqüentemente alterado a corrente.

Já para a topologia Flyback o controle será feito através de um circuito integrado (TNY 278). O monitoramento será feito através do led optoacoplador que estará ligado a saída. Conforme a variação de tensão, a intensidade do led variará e com isso sensibilizará a base do foto transistor que enviara um sinal maior ou menor de corrente ao TNY 278.

Para evitarmos erros de conexões de cabos, utilizaremos de um método conhecido na indústria que é chamado de Poka Yoke, onde os cabos e conectores de cada topologia sejam de formatos e cores diferentes um dos outros.

1.1. Objetivo

Baseia-se na elaboração de um kit didático para auxílio dos alunos na aprendizagem de fontes chaveadas, onde o aluno montará através de cabos externos umas das três principais topologias existentes nas fontes chaveadas.

1.2. Estado da Arte

Com o passar dos anos, a tecnologia vem avançando cada vez mais. E podemos ver que ela está evidente em diversas áreas. Seja no ramo médico, no ramo industrial ou no comercial. E o que temos em comum em todos esses ramos é a presença da eletrônica. Seja nas pesquisas da cura de uma doença, seja ela em um novo celular ou até mesmo uma nova máquina que otimizará tempo de produção.

Quando falamos de eletrônica podemos pensar em televisões ultrafinas e leves, celulares pequenos com diversas funcionalidades e carros que praticamente andam sozinhos. Esses feitos só foram possíveis graças ao avanço de um dispositivo chamado Fonte chaveada.

A história da fonte chaveada é meio incerta, não se tem exatamente a data de quando ela foi inventada. Alguns sites como, por exemplo, (Next Pro) citam que a primeira fonte chaveada foi feita em 1960 devido a uma necessidade do projeto Apollo da NASA, já algumas pesquisas científicas e teses de doutorados citam que ela foi desenvolvida no século XX, mas não especificam uma data.

Baseados nessas incertezas não podemos afirmar ao certo quando ela surgiu, mas podemos afirmar que hoje ela é indispensável na maioria dos equipamentos eletrônicos, pois graças a ela possuímos produtos em nosso mercado, pequenos, leves e de alta tecnologia implementada.

2. DESENVOLVIMENTO

Nesta seção da monografia será descrita todas as etapas até a finalização do projeto, como, pesquisas científicas, testes virtuais feitos em softwares e testes práticos realizados em matriz de contatos.

Baseados no projeto foram realizadas diversas pesquisas a fim de se obter o máximo de informações e conhecimento sobre fontes chaveadas. As pesquisas partiram tanto de livros como: Projetos de fontes chaveadas - Luiz Fernando Pereira de Mello até artigos científicos de universidades federais, como por exemplo, o artigo de Ewaldo L. M. Mehl – fontes chaveadas.

Após a realização das pesquisas, foram dimensionados os componentes do projeto, a fim de se obter o sucesso na hora da realização dos testes práticos.

Cada topologia tem suas próprias características, e abordaremos cada uma dela ao decorrer desta seção.

Antes de serem iniciados os testes, foi feito o dimensionamento dos circuitos, onde foram calculados alguns dos principais componentes. Entre eles estão: capacitores e indutores. Abaixo segue as fórmulas que foram utilizadas para os cálculos.

$$\text{Dados: } V_i = 12V \quad \text{Freq.} = 50\text{KHz} \quad I = 1A \quad V_o = 5V$$

$$\Delta v_i = V_i * 10\% \quad \text{Eq. 1}$$

$$V_{\text{imax}} = V_i + \Delta v_i \quad \text{Eq. 2}$$

$$V_{\text{imin}} = V_i - \Delta v_i \quad \text{Eq. 3}$$

- Cálculos para dimensionar os valores

Flutuação

$$\Delta v_{co} = V_o * 2\% \quad \text{Eq. 4}$$

Potência de saída

$$P_s = V_o * I \quad \text{Eq. 5}$$

Duty Cycle

$$T = 1 / F \quad \text{Eq. 6}$$

$$\%D = V_o / V_i \quad \text{Eq. 7}$$

Variação da corrente admitida no indutor (sugerido 10%)

$$I_{\text{medio}} = I / (1-D) \quad \text{Eq. 8}$$

$$\Delta L_i = 0,1 * I_{\text{medio}} \quad \text{Eq. 9}$$

Cálculo do Indutor “L”

$$L = [(1-D) / (\Delta v_i * F)] * V_o \quad \text{Eq. 10}$$

Cálculo do Capacitor

$\Delta v_c = 10\text{mV}$ Adotado para flutuação do capacitor

$$C = [(1-D) / (8 * L * \Delta v_c * (50k^2))] * V_o \quad \text{Eq. 11}$$

R_{ci} Resistencia interna do capacitor

$$R_{ci} = \Delta v_c / \Delta L_i \quad \text{Eq. 12}$$

Cálculo do Indutor

$$B_{\text{max}} = 0,3 \quad J = 450\text{A} / \text{cm}^2 \quad K_u = 0,7 \quad I_{\text{rms}} = 1,71\text{A}$$

$$I_{\text{pico}} = [I_{\text{rms}} + (\Delta L_i / 2)] \quad \text{Eq. 13}$$

$$A_e A_w = [(L * I_{\text{pico}} * I_{\text{rms}}) / (K_u * B_{\text{max}} * J)] * 10^4 \quad \text{Eq. 14}$$

Consulta na tabela obtivemos o seguinte núcleo

NEE – 20/10/5 – 280 – IP12R

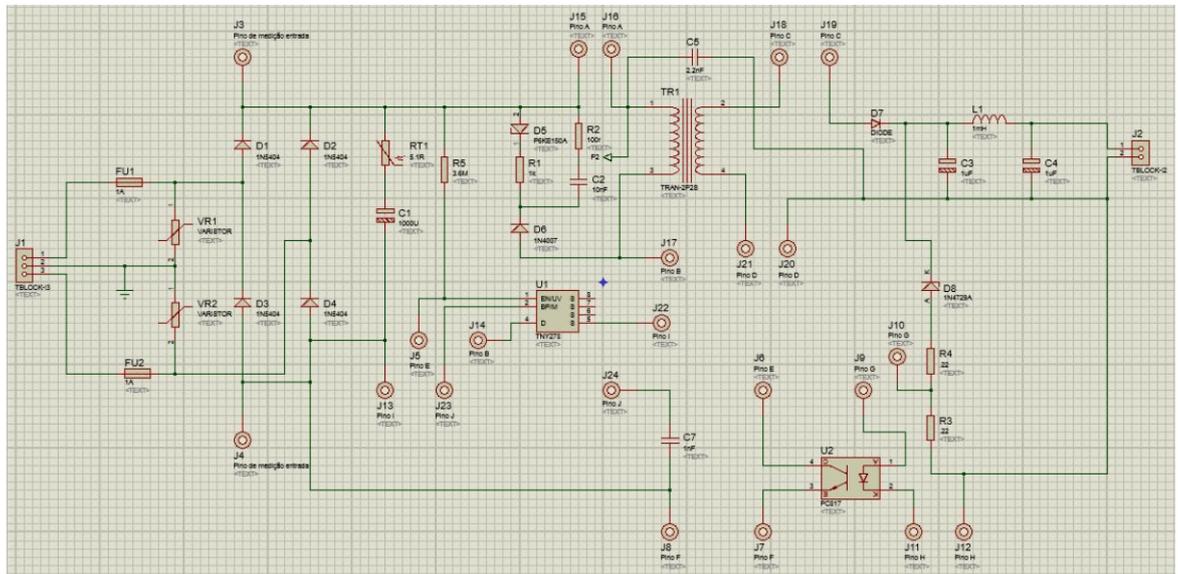
Consultado na tabela valor de A_e 0,19

Cálculo para número de espiras

$$N = [(L * I_{rms}) / (B_{max} * A_e)] * 10^4$$

Eq. 15

Topologia Flyback



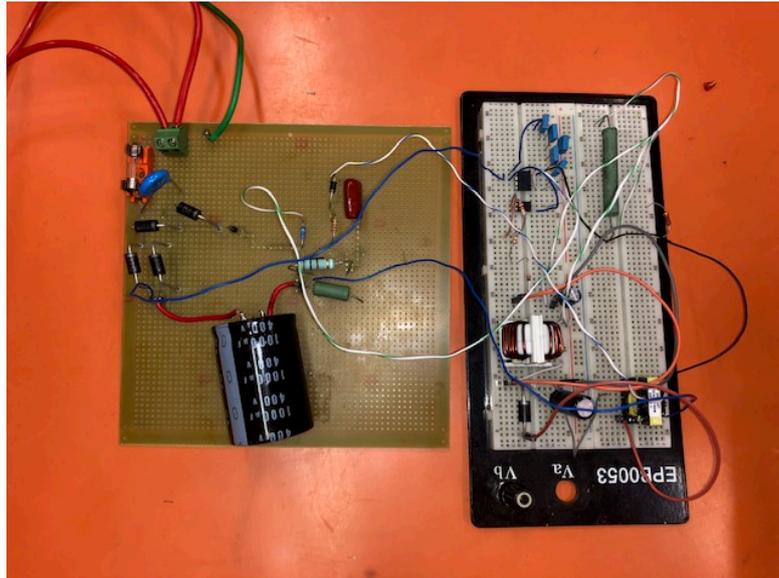
1. Figura - Esquemático desenvolvido pelos alunos no software

Acima segue circuito da topologia Flyback que foi desenvolvida pelos alunos no software de simulação de circuitos (Protheus).

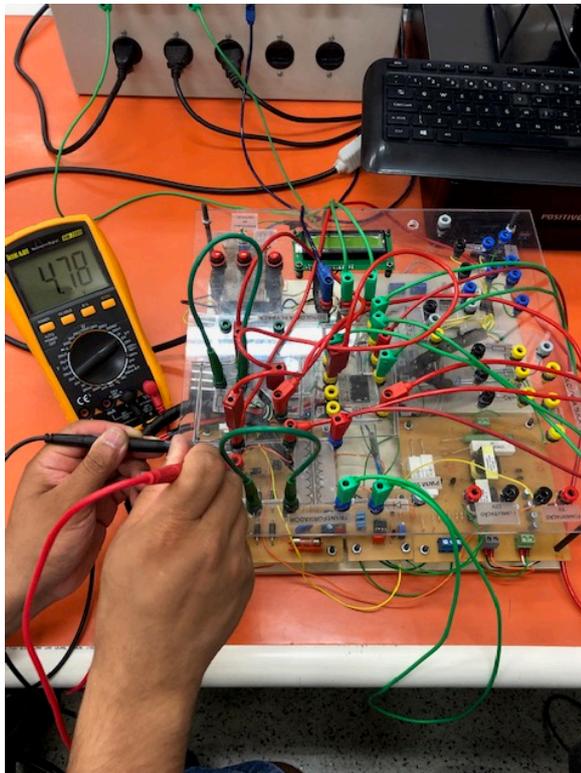
O funcionamento desta topologia segue da seguinte forma:

Ligada direto à rede elétrica o circuito dispõe de proteções contra curto circuito e sobre tensão, utilizando fusíveis e varistores respectivamente. Na entrada terá um borne soldado a placa onde serão conectados os cabos de alimentação da rede elétrica 110VAC / 220VAC e o Terra. Após passagem pelo circuito de proteção temos a primeira etapa da topologia cuja função é retificar a rede elétrica através de uma ponte de diodos (retificação onda completa). Após essa etapa obtemos um sinal contínuo, porém não é um sinal perfeito e necessita-se de uma correção. Para a correção do ripple se faz necessário da utilização de um capacitor de alto valor (1000µF). Devido ao capacitor não estar carregado possui uma baixa impedância e ao ligar o circuito ele se comporta como um curto. Como também se faz necessário ligar em série um NTC para proteção do circuito. A utilização do NTC interligado minimiza aumentando a impedância no ligamento da fonte a frio e com um tempo ele diminui a resistência deixando assim o circuito funcionando normalmente. Interligado há um NTC em série com o capacitor para correção do ripple. O NTC é um componente que possui uma alta resistividade, tendo a

função de proteger os componentes de um curto circuito quando a fonte é ligada. A fonte Flyback é ligada na rede elétrica AC tendo como objetivo um circuito DC, com uma tensão de 12V na saída da mesma, e sendo projetada para suportar uma corrente de 1A controlado através do microcontrolador. Através da mesma saída da fonte Flyback, será possível com a utilização de cabos bananas, interligar a entrada de outra topologia denominada como Buck

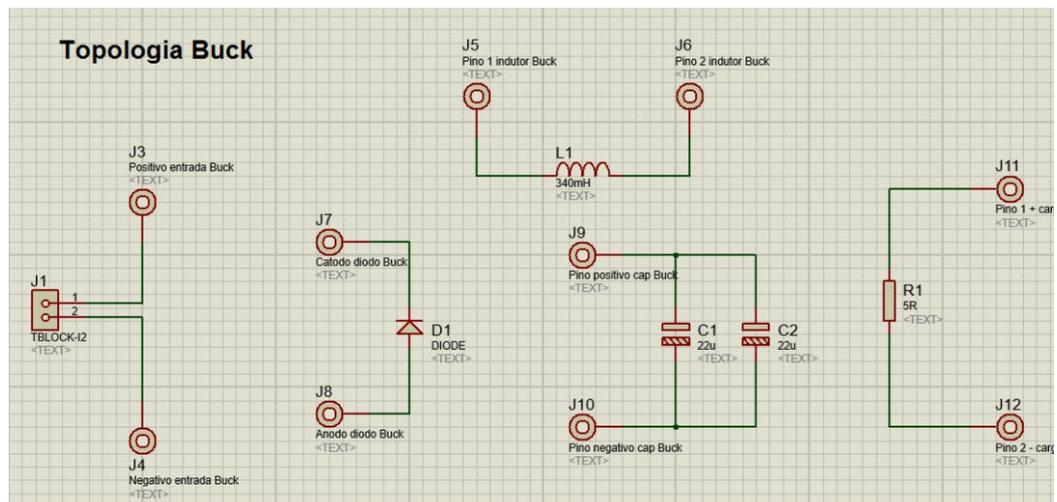


2. Figura – Circuito montado pelos alunos na protoboard



3. Figura – Kit finalizado com a topologia Flyback montada

Topologia Buck

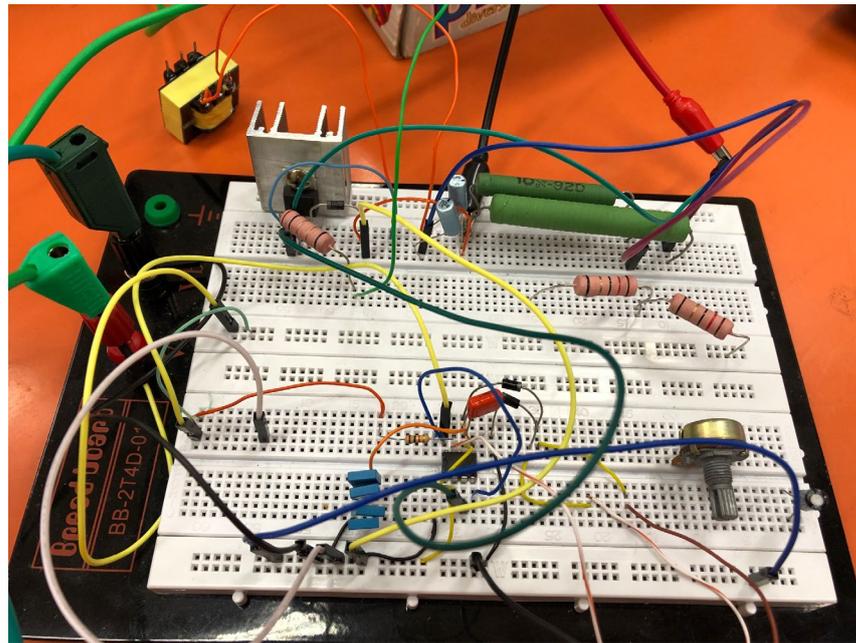


4. Figura - Esquemático desenvolvido pelos alunos no software

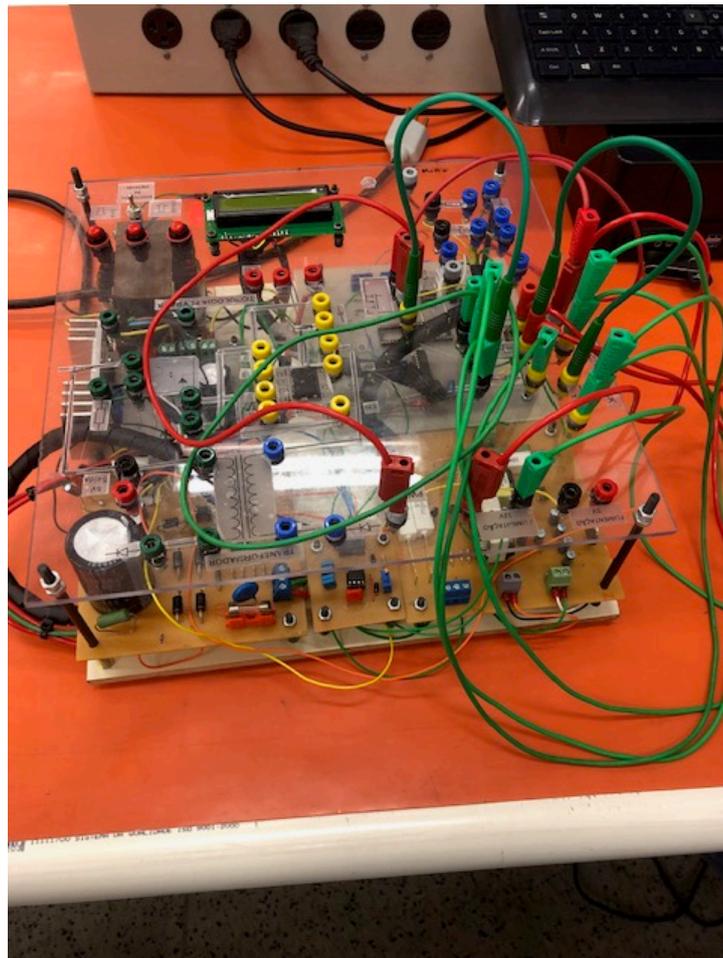
Acima segue circuito da topologia Buck que foi desenvolvida pelos alunos no software de simulação de circuitos (Protheus).

A topologia Buck consiste em um conversor CC/CC, que na sua entrada possui um valor de tensão maior, e na sua saída possui um valor de tensão menor, ou seja, uma redução de tensão. Tanto a tensão de entrada como a de saída possui a mesma polaridade, o ruído gerado para saída é baixo devido à configuração do circuito L1, C1, que forma um filtro passa-baixa.

Seu funcionamento segue, quando o MOSFET entra em condução, a tensão de entrada é conectada diretamente ao circuito L1, C1 e RS. Nesse período, o diodo está inversamente polarizado, não conduzindo nesse momento, o sinal do PWM em seu estado Ton, aciona o gate do mosfet fazendo assim o mesmo conduzir, a corrente elétrica que circula por L1 criará um campo magnético na bobina. Quando o PWM atingir o estado Toff, o mosfet deixa de conduzir, nesse momento o diodo que conduz, o campo magnético do indutor induz uma corrente elétrica no circuito e o capacitor mantém a tensão na carga até o próximo tempo Ton.

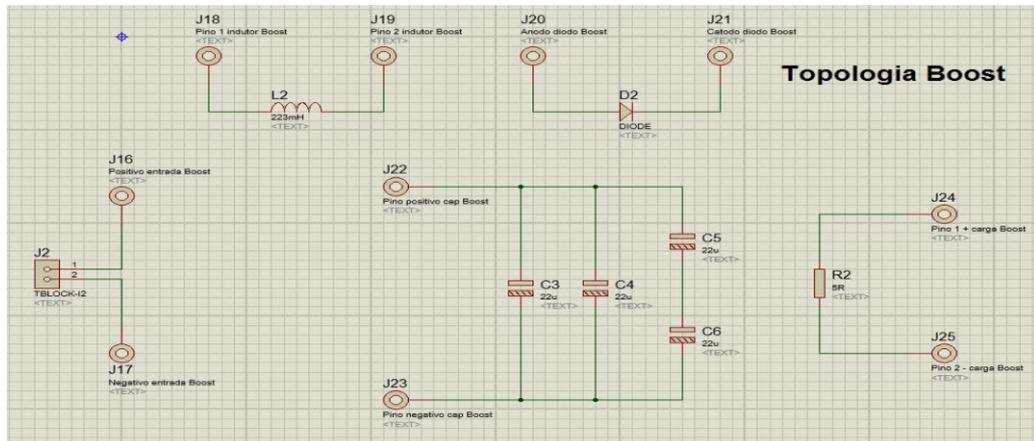


5. Figura – Circuito montado pelos alunos na protoboard



6. Kit final com a topologia Buck montada

Topologia Boost

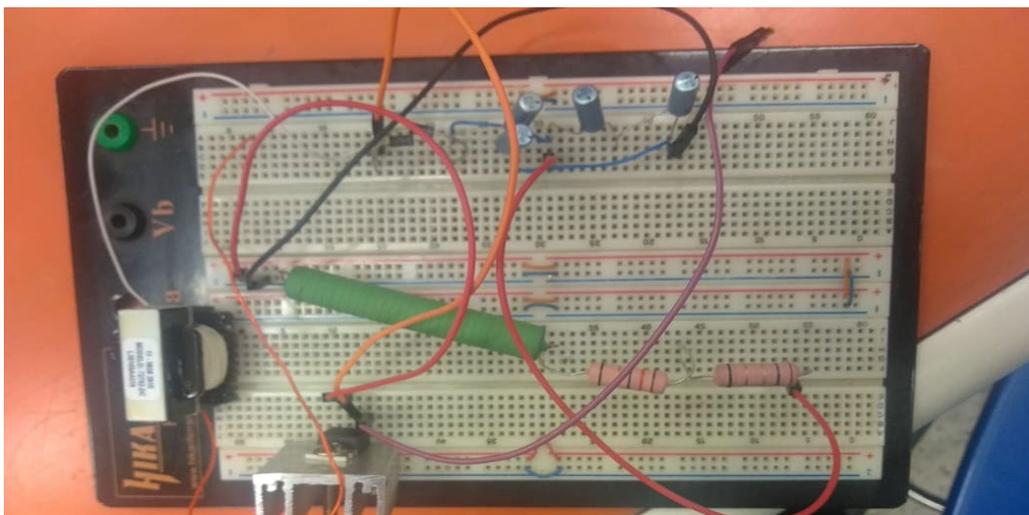


7. Figura - Esquemático desenvolvido pelos alunos no software

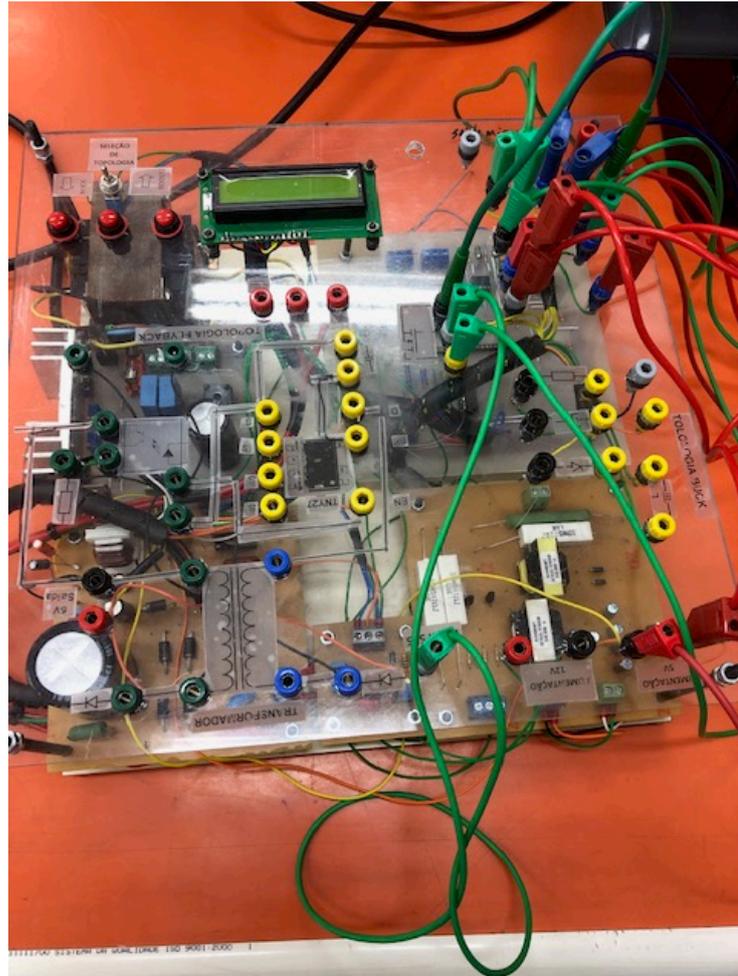
Acima segue circuito da topologia Boost que foi desenvolvida pelos alunos no software de simulação de circuitos (Protheus).

A topologia Boost é o contrário da Buck, esse conversor possui uma entrada com um valor de tensão menor, e na sua saída possui uma elevação de tensão, nesse conversor o ruído gerado para a saída é alto devido aos pulsos de corrente gerados a cada pulso.

O circuito funciona da seguinte maneira, quando o mosfet conduz através do sinal do PWM em seu estado Ton, o diodo fica inversamente polarizado, a corrente elétrica que circula por L1 criará um campo magnético na bobina. Quando o PWM atingir o estado Toff, o mosfet deixa de conduzir, o diodo conduz a corrente do indutor L1, assim a energia é transferida para o capacitor C1 e para a carga R1.



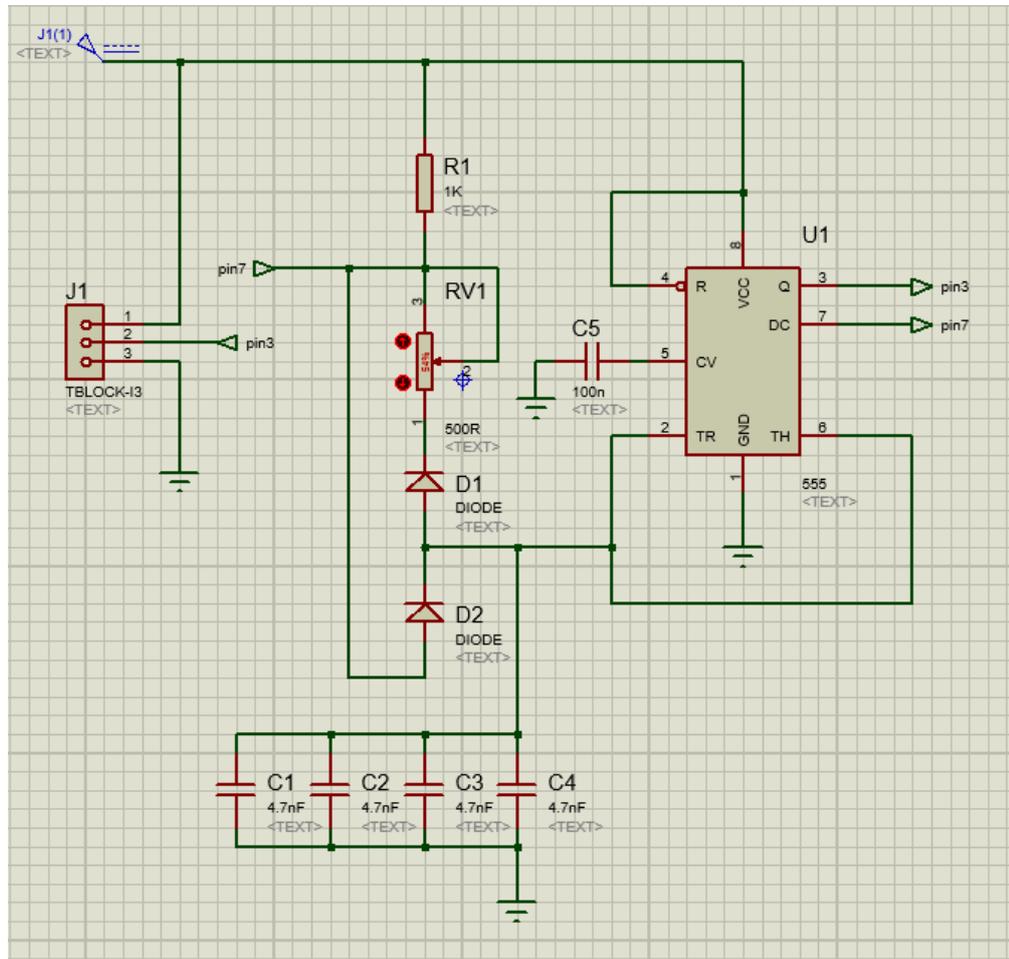
8. Figura – Circuito montado pelos alunos na protoboard



9. Figura – KIT finalizado com a topologia Boost montada

Outras placas que compõe o projeto são a do oscilador, a da fonte linear e a do microcontrolador.

A placa do oscilador



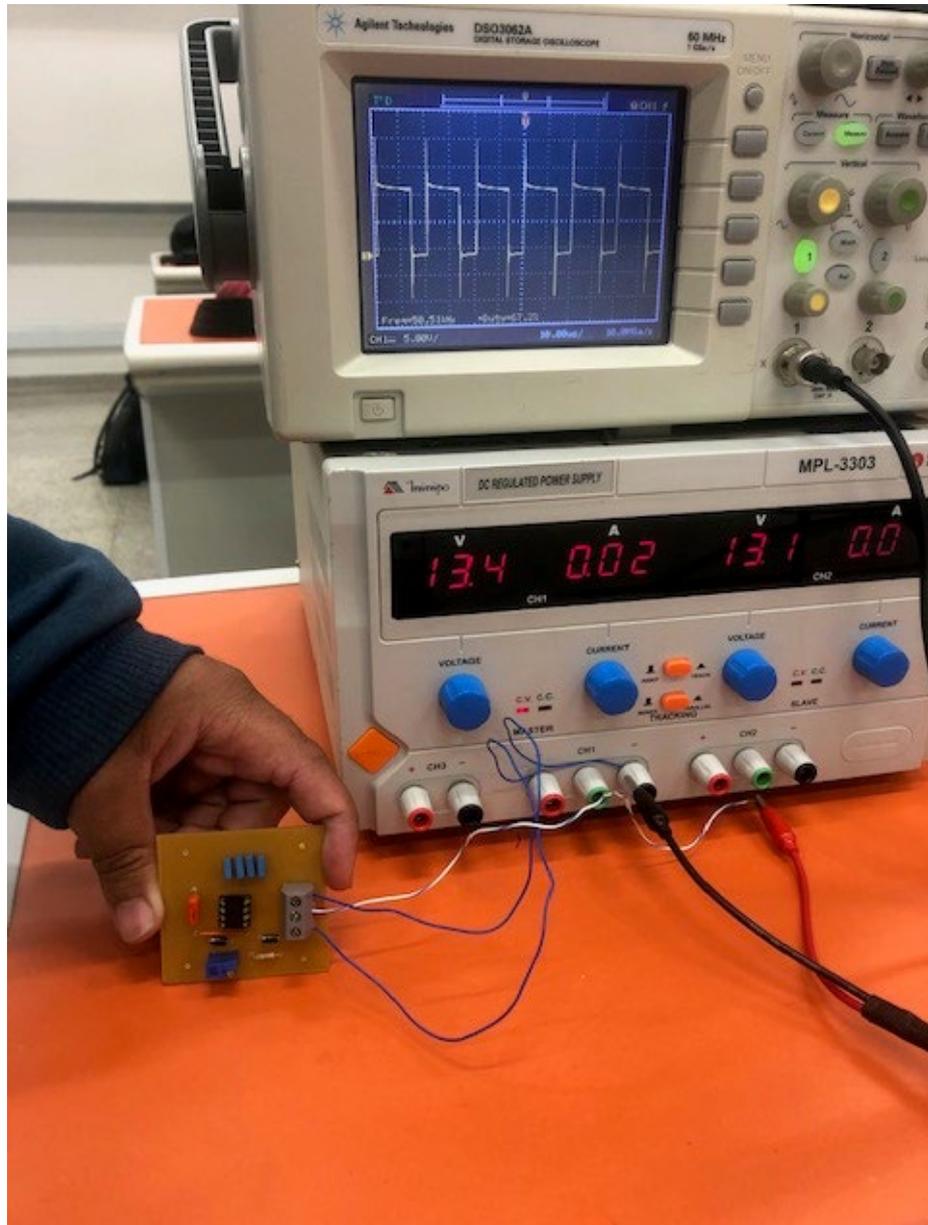
10. Figura - Esquemático desenvolvido pelos alunos no software

A primeira coisa que ocorre é o capacitor C começar a carregar, feito isso a tensão em cima dos pinos TRIG e THR é próxima de 0. Com isso, $0 < 1/3V_{cc}$ logo o comparador ligado ao pino S é acionado e o flip flop manda sinal de nível alto na saída. A medida que o capacitor carrega a tensão sobe, e uma hora ela chega a um valor minimamente acima de $1/3V_{cc}$, logo o comparador não é mais acionado. Desse modo, o flip flop recebe 0 em ambos os pinos, que, nesse caso, apenas mantém o ultimo estado da saída (continua em nível alto).

O capacitor continua carregando até que a tensão atinge um valor minimamente acima de $2/3V_{cc}$ e o comparador ligado ao pino R é acionado. Então, o flip flop manda um sinal de nível baixo na saída, fazendo com que o transistor de descarga seja ativado (pois ele está ligado na saída barrada). Com ele ativado, o capacitor começa imediatamente a descarregar. Ele faz isso até que a tensão fique minimamente abaixo de $1/3V_{cc}$ e assim o comparador do pino S é acionado.

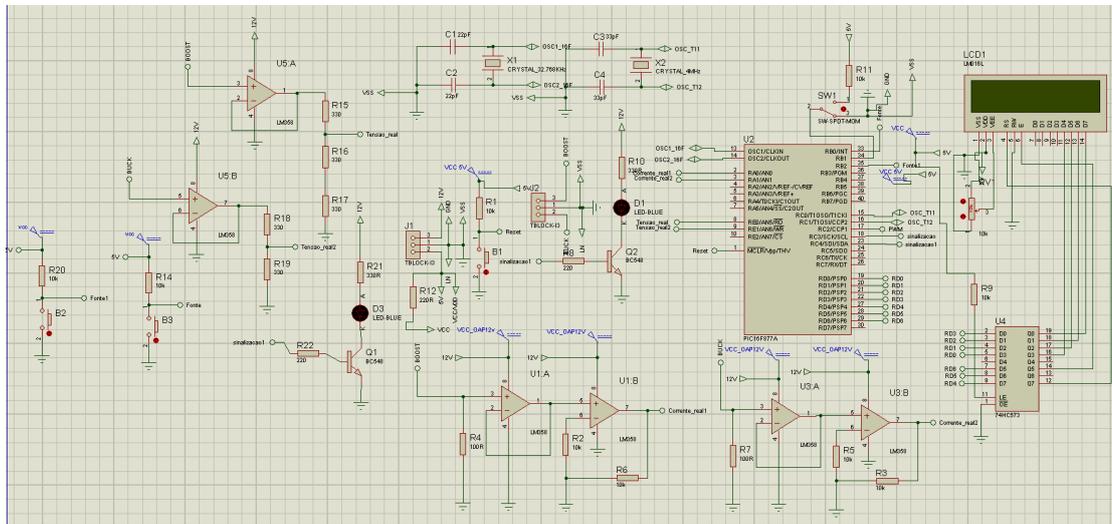
Isso faz com que: a saída vá para nível alto novamente, o transistor de descarga seja desativado e o capacitor, sem ter onde descarregar começa seu ciclo de carga novamente. E assim, esse ciclo se repete, criando uma onda quadrada na saída do 555 com um determinado período.

Abaixo segue a placa final do oscilador



11. Figura – Placa final do oscilador, com as ondas geradas

Microcontrolador



12. Figura - Esquemático desenvolvido pelos alunos no software

Foi utilizado o PIC16F877A, pois o grupo já havia trabalhado com ele nas aulas durante o curso. Devido a esse fato foi optado pela praticidade, relacionado aos materiais de apoio e devido os orientadores já conhecerem o microcontrolador e poderem auxiliar o grupo melhor.

Foi criado um código para controlar a tensão elétrica da fonte boost e Buck, utilizando os resistores que irão detectar as quedas de tensões nas duas fontes acima. Como a tensão da fonte boost é igual a 12 V e a Buck 5 V, foi utilizado resistores para rebaixar a tensão, para assim ser lido nas entradas AD do conversor analógico do microcontrolador sem queima-lo.

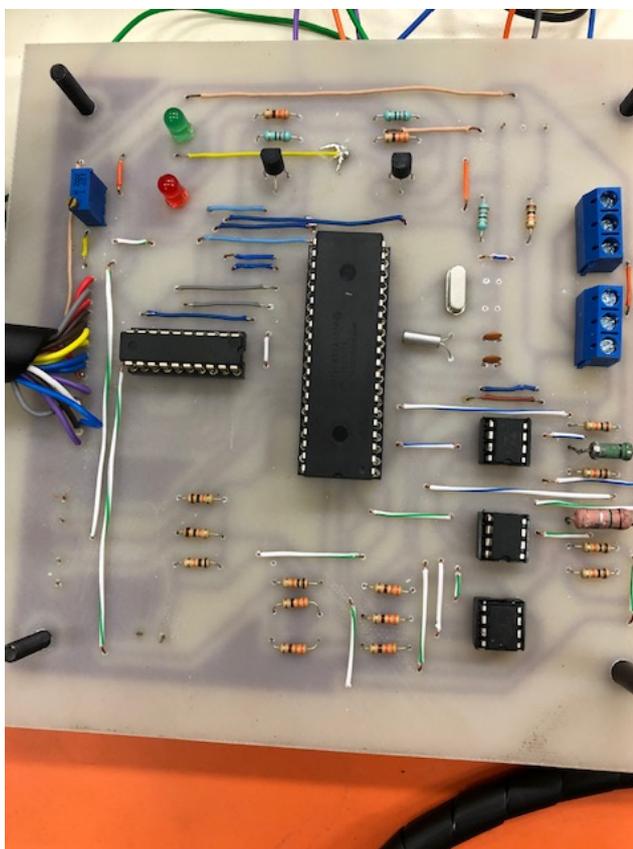
Foi utilizado também um resistor de 0,03 ohms para topologia boost e um de 0,04 ohms para Buck, com o objetivo de monitorar a corrente elétrica em tempo real através do método shunt, com isto foi possível ler em tempo real o valor da corrente elétrica no display LCD.

Segue abaixo o funcionamento

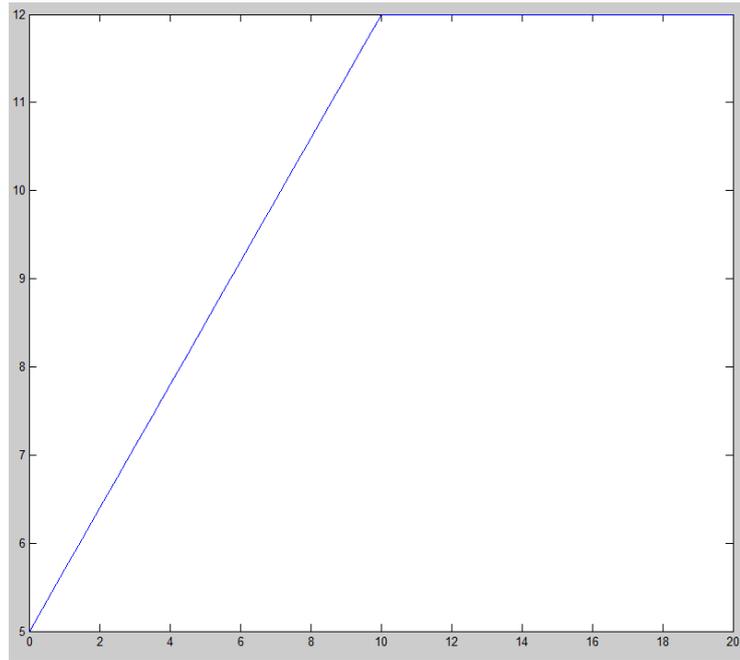
Se o aluno acionar a chave de três posições para o nível lógico 1 o código criado irá entender que a fonte selecionada é a buck, mas se a variável $tensaoAD2 > tensaoAD1$ significa que o que está lendo no momento é a boost e não a buck, para não ocorrer o problema do usuário estar lendo a fonte errada foi realizado esta condição acima. A informação de “Topologia errada” aparecerá no display LCD. Contudo se a $tensaoAD1 > tensaoAD2$ e a chave de três posições estiver no nível lógico 1, o código irá prosseguir, pois neste momento o mesmo está lendo a entrada certa. Depois de ler a tensão no conversão AD, foi realizado a configuração do PWM para uma Frequência de 50 Khz com um duty cycle de

60 %. Foi estipulado no controle que a tensão de saída da fonte tem que estar entre 4,5 e 5,5. Caso não estiver nestes valores acima o Controle irá atuar no chaveamento dos mosfets diminuindo ou aumentando o duty cycle. Aparecerá no display LCD o valor de corrente e tensão da fonte Buck.

Se o aluno acionar a chave de três posições para o nível lógico 0 o código criado irá entender que a fonte selecionada é a Boost, mas se a variável $tensaoAD1 > tensaoAD2$ significa que o que está lendo no momento é a buck e não a boost, para não ocorrer o problema do usuário estar lendo a fonte errada realizamos esta condição acima. A informação de “Topologia errada” aparecerá no display LCD. Contudo se a $tensaoAD2 > tensaoAD1$ e a chave de três posições estiver no nível lógico 0, o código irá prosseguir, pois neste momento o mesmo está lendo a entrada certa. Depois de ler a tensão no conversor AD, foi realizado a configuração do PWM para uma Frequência de 50 KHz com um duty cycle de 60 %. Foi estipulado no controle que a tensão de saída da fonte tem que estar entre 10,8 e 13,2. Caso não estiver nestes valores acima, o Controle irá atuar no chaveamento dos mosfets diminuindo ou aumentando o duty cycle. Aparecerá no display LCD o valor de corrente e tensão da fonte Boost.

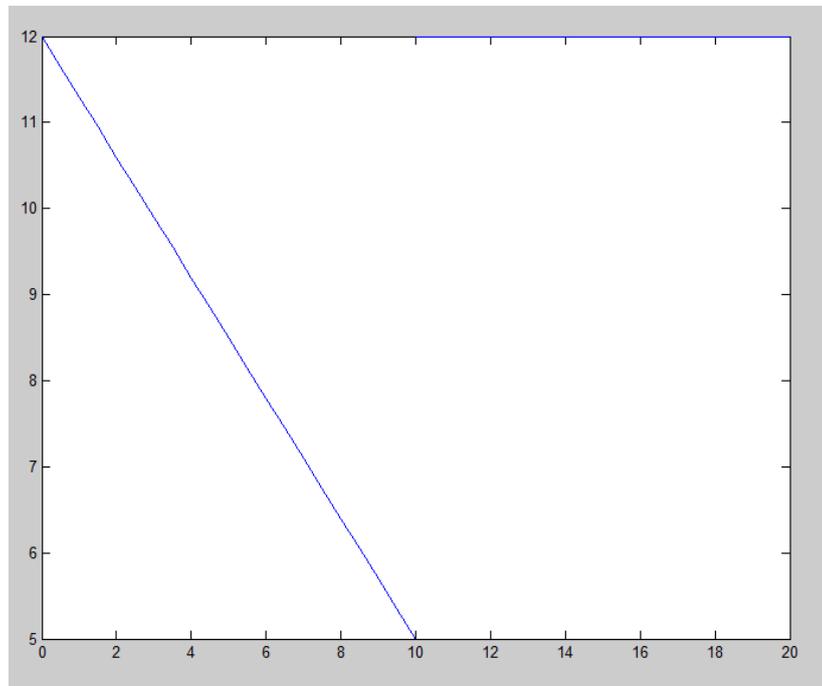


13. Figura - Placa final do microcontrolador

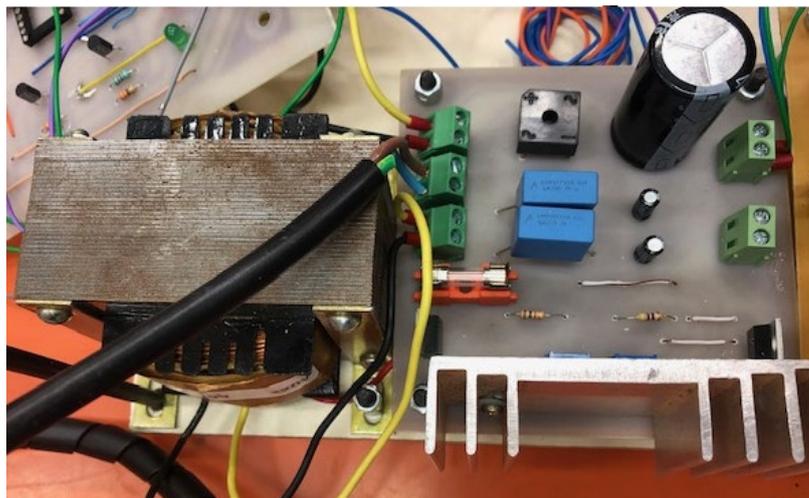


14. Figura – Gráfico do controle da topologia Boost

Foi realizada uma simulação no software Matlab, onde foi determinado um setpoint de 12 V, caso o mesmo esteja fora do valor pré-determinado, o programa corrigirá.



15. Figura – Gráfico do controle da topologia Boost



17. Figura – Placa final da fonte linear juntamente com o transformador

2.1 Materiais utilizados e testes feitos

Para ser confeccionado esse projeto, foram utilizados inúmeros materiais e ferramentas que nos auxiliaram. Abaixo segue alguns materiais e algumas ferramentas de apoio.

2.1.1 Materiais

Esta seção contém uma enumeração dos requisitos relacionados aos seguintes aspectos do experimento:

- Mecânica:
 - Estrutura de acrílico;
 - Parafusos de fixação
 - Porcas

- Eletrônica de Potência:
 - Driver de Acionamento (Transistor e Mosfet's)

- Eletrônica de Controle:
 - Microcontrolador PIC16F877A;

Para realizar os experimentos descritos neste trabalho, foram utilizados os seguintes recursos:

- Instrumentos:
 - Furadeira de Bancada;
 - Serra fita;
 - Brocas 0,9mm’;
 - Osciloscópio;
 - Fonte de Tensão;
 - Multímetro;
 - Estação de Solda;
 - Gerador de função.

- Softwares:
 - Proteus ARES;
 - Proteus ISIS;
 - Micro C;
 - Word;
 - Excel;
 - Matlab
 - Power Point
 - Paint

2.1.2 Testes feitos

Todas as placas foram testadas em protoboard no laboratório de projetos antes de serem soldadas na placa final.

A Buck e a Boost apresentaram os mesmos problemas, derivadas das mesmas causas. O primeiro problema que detectado nessas topologias foi o fato do indutor não ser o adequado. Foi enrolado diversas vezes o fio do indutor para se obter o resultado desejado, antes mesmo de ser realizado a compra do próprio indutor do projeto. Outro problema que tivemos foi o fato do microcontrolador não gerar a tensão suficiente para acionar o mosfet. Para solucionarmos esse problema utilizamos um drive que gerou na saída uma tensão de 12 V suficiente para acionar o mosfet

2.2 Dificuldades encontradas

Para a realização desse projeto foram encontradas diversas dificuldades, algumas já planejadas e outras nas quais foram inesperadas. Abaixo serão relatadas algumas delas.

- Componentes

Antes de serem comprados os componentes, os mesmos foram dimensionados pelo grupo. Foram realizados diversos cálculos a fim de se obter o valor exato deles. Depois de dimensionados os componentes, a maior dificuldade foi encontrar o lugar onde seriam comprados os indutores, pois os fabricantes não faziam em poucas unidades, e sim em lotes. E esses indutores não são baratos. Para ser solucionado esse problema tivemos a ajuda do orientador de projetos que tinha um amigo que tinha uma fábrica onde vendiam esses indutores e forneceu os componentes ao grupo. Os demais componentes foram comprados em sites ou em lojas físicas.

- Programação

Na programação foi a maior dificuldade que foi encontrada, pois a programação é o ponto onde o grupo tinha menos eficiência. A ideia era que utilizar o PWM do microcontrolador para controlar a topologia Buck e Boost. E todo o controle seria feito através de lógicas de programação.

- Montagem

Outra dificuldade encontrada foi na montagem da parte estrutural, pois os fios ficaram muito visíveis. A parte de cima do KIT foi feita com acrílico transparente, ou seja, é possível ver a parte interna do KIT, todas as placas e componentes que compõe as topologias. Pensando nisso, os fios foram agrupados por topologias e foi utilizado espiral duto para deixar os fios juntos e consequentemente deixar o KIT apresentável.

- Poka Yoke

Outro ponto que foi bastante difícil foi aplicar a técnica Poka Yoke no projeto, pois a ideia primária era utilizar conectores com formatos e cores diferentes. Entretanto não foi encontrado conectores de tamanhos diferentes, somente de cores diferentes.

- Topologia Flyback

Na topologia flyback a ideia era utilizar um circuito pronto do datasheet do TNY278. Entretanto o circuito era de fonte profissional, ou seja, muitos componentes que

compunha aquele circuito eram dedicados e extremamente difíceis de serem encontrados. Por isso o circuito teve que ser adaptado pelo grupo para que fosse possível utilizar aquele componente e conseqüentemente o circuito do datasheet.

- Dificuldade para medir a corrente elétrica

A princípio a ideia era utilizar o módulo ACS 712 para medir a corrente e controlá-la. Entretanto após muitos testes e fracassos foi descoberto que a resolução do módulo era muito baixa, e por esse motivo o mesmo não conseguia ler a corrente que foi era desejada. Pensando nisso foi trocado o método e foi utilizado o método shunt para medir a corrente que nada mais é que medir a tensão que passa por um resistor e levantar a reta de carga do mesmo. Ou seja com a tensão conhecida, através da equação que foi levantada no Excel saberíamos a corrente que estava passando naquele ponto do circuito, e com isso o microcontrolador saberia se era para aumentar ou diminuir o duty cycle.

3 CONCLUSÃO

Podemos concluir que mediante os esforços dos alunos e capacidade de todos os integrantes, não saímos felizes com os resultados, pois das cinco placas que fizemos apenas quatro funcionaram. A placa da topologia Flyback funcionou, entretanto quando se coloca a carga, a tensão vai à zero. Portanto o nosso objetivo final não foi atingido, foram realizados diversos testes para tentar identificar o problema, entretanto não obtivemos sucesso. Temos como principal objetivo fazer com que a topologia Flyback funcione, e como melhoria iremos implementar um controle mais avançado, com tecnologias diferentes, e com mais estudos e dedicação dos integrantes do grupo.

REFERÊNCIAS

Barros, Marcelo, **A revolução das fontes chaveadas**, Next Pro, 2019, Disponível em: <<https://www.amplificadoresnextpro.com.br/index.php/blog/de-marcelo-barros/113-a-revolucao-das-fontes-chaveadas>>, Acesso em: 06.11.2019

Mehl, Ewaldo L.M, **Fontes Chaveadas**, UFPR, 2019, Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/FontesChaveadas.pdf>>, Acesso em: 04.11.2019.

Mello, Luiz Fernando Pereira de, **Projetos de fontes chaveadas: teoria e prática**. 1. Ed. Érica, 2001, 279p.

Pertence Júnior, Antônio, **Amplificadores operacionais e filtros ativos**. 7. Ed., São Paulo, Bookman, 2012, 324p.

Pereira Fabio, **Microcontroladores PIC: Programação em C**. 7. Ed. São Paulo: Érica, 2007. 360p.