

## TRABALHO DE CONCLUSÃO DO PROJETO FLYBACK

ECHEANDIA LA TORRE, Adolfo III.<sup>1</sup>

FELDMANN, Ricardo A.R.<sup>2</sup>

ZANCHET, Ederson.<sup>3</sup>

### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a elaboração do projeto, definição de componentes, impressão de placa para posterior construção de um conversor CC-CC Flyback, visando a melhor absorção dos conhecimentos na matéria de Eletrônica de Potência Industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conversor, Flyback, Chaveamento,

### 1. INTRODUÇÃO

O início do projeto foi baseado em cálculos e definição de componentes necessários para a montagem do conversor Flyback que proporciona o isolamento entre a fonte e a carga, faz a acumulação de energia quando o transistor é fechado, se adapta a tensão necessária no secundário. Portanto, o principal objetivo do conversor é modular o pulso para que forneça uma potência adequada ao sistema implantado. Devido aos conceitos brevemente ditos, foram determinadas características do circuito para que atenda exigência dos componentes escolhidos, e principalmente, atenda aos requisitos do sistema como um todo, envolvendo todas grandezas posteriormente descritas.

### 2. DESENVOLVIMENTO

---

<sup>1</sup>Acadêmico do 10º período de Engenharia Elétrica do Centro Universitário FAG, [adolfo3eng@gmail.com](mailto:adolfo3eng@gmail.com)

<sup>2</sup>Acadêmico do 10º período de Engenharia Elétrica do Centro Universitário FAG, [feldmann.ricardo@gmail.com](mailto:feldmann.ricardo@gmail.com)

<sup>3</sup>Mestrando em Engenharia Elétrica e Informática Industrial UTFPR, [ederson.zt@gmail.com](mailto:ederson.zt@gmail.com)

Para compreender melhor o funcionamento do conversor, alguns quesitos devem ser pontuados baseados em pesquisas referentes a projetos chaveados e controlados por PWM (modulador por largura de pulso), que consistiam de um tiristor e um mosfet:

#### PWM:

Pulse Width Modulation, refere-se ao conceito de pulsar rapidamente um sinal digital em um condutor. Além de várias outras aplicações, esta técnica de modulação pode ser utilizada para simular uma tensão estática variável e é comumente aplicada no controle de motores elétricos, aquecedores, LEDs ou luzes em diferentes intensidades ou frequências.

Um dispositivo digital como um microcontrolador pode trabalhar com entradas e saídas que possuem apenas dois estados: ligado ou desligado. Assim, você pode facilmente usá-lo para controlar o estado de um LED por exemplo ligando ou desligando o mesmo. Da mesma forma que você pode usá-lo para controlar qualquer dispositivo elétrico usando dispositivos adequados (transistor, triac, relés etc).

Por meio de pesquisa o controlador escolhido foi o SG3525A que é um circuito integrado do controlador PWM de modo de tensão. É um circuito integrado de 16 pinos, tem duas saídas PWM e outra vantagem do SG3525 é que ele foi construído em um driver PWM de base.

#### Tiristor:

É um componente semiconductor que trabalha em forma de chaveamento, a partir de sua construção baseada no conceito multicamada de elementos semicondutores com pelo menos três junções (P-N-P-N). Os **Tiristores** em sua maioria apresentam o chaveamento do estado de bloqueio para o estado de condução. Os Tiristores podem ser classificados como SCR ou TRIAC: os SCR se comportam como chaves em circuitos de corrente contínua, enquanto em circuito de corrente alternada, seu comportamento será como um retificador controlado. Já o TRIAC são utilizados para a comutação de corrente alternada

Mosfet:

Acrônimo para Metal-oxide Semiconductor Field-effect Transistor (transistor de efeito de campo de semicondutor de óxido metálico), é um dispositivo semicondutor de efeito de campo em circuitos digitais ou analógicos. Eles são usados em vários circuitos para conversão de voltagens. Um MOSFET tem quatro terminais de semicondutores, chamados de fonte (source), comporta (gate), dreno (drain) e corpo. A fonte e dreno estão localizados no corpo do transistor, enquanto o gate está acima desses três terminais, posicionado entre a fonte e o dreno. O gate é separado dos outros terminais por uma fina camada de isolamento.

Por definição será utilizado o mosfet FQPF10N60C que atua nas faixas de frequência, tensão e corrente necessárias.

Para os cálculos foram utilizados como base os slides passados em sala e para resolução dos mesmos foram utilizados alguns softwares, PSIM e MATHCAD, para facilidade do entendimento do circuito, os valores utilizados nos cálculos são apropriados dos parâmetros propostos pelo próprio docente sendo eles:

$$V_{out} = 400V_{cc}$$

$$P_{out} = 300 \text{ a } 400 \text{ W}$$

$$\text{Frequência de entrada} = 60 \text{ Hz}$$

$$\text{Frequência de saída} = 50.000 \text{ Hz}$$

$$V_{in} = 220 \text{ Vca}$$

$$\text{Oscilação de tensão} = 10\% * V_{out}$$

$$\text{Oscilação de corrente} = 30\% * I_{out}$$

Após todos os cálculos e simulações serem efetuadas e entregues ao professor em duas etapas, sendo a primeira etapa referente aos cálculos de potência (apêndice A) e a segunda aos cálculos de controle (apêndice B), foram iniciadas as atividades de confecção da placa que comportaria os componentes necessários.

## 2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

### **Materiais Utilizados:**

Transformadores 220/24V, 220/400V;

Capacitores, 470mFx400V; 10nF\*50V, 100mFx50V, 4.7nFx50V;

Resistores, 630 $\Omega$ , 7.5k $\Omega$ , 2.5k $\Omega$ , 350k $\Omega$ ;

Circuito Integrado SG3525A

Mosfet FQPF10N60C

Placa de circuito;

Percloroeto de ferro;

Estanho;

### **Montagem:**

Tendo o circuito definido e impresso na placa por método de corrosão, segue a etapa de montagem. Utilizando uma furadeira e uma broca de 2mm são feitos os orifícios onde os componentes são afixados por meio de solda com estanho e em seguida são executados os primeiros testes.

Primeiramente é testado o circuito de potência e descobre-se que o transformador elevador não foi produzido com isolamento adequada, ou seja, é insuficiente para a tensão de saída almejada de 400V e para solucionar esse problema foi elaborado um dobrador de tensão que infelizmente mesmo depois de retificado alcançou apenas 320Vcc. Outro problema encontrado foi que os pontos de conexão do mosfet estavam muito próximos e ao alimentar o circuito os trilhos da placa acabaram rompendo, sendo assim foi decidido trocar a placa impressa por uma placa ilhada onde as interligações são feitas por meio de trilhas de estanho ou cabos (jumpers).

Na sequência é testado o circuito de controle onde o objetivo é alcançar uma frequência de chaveamento de 50kHz e sabendo que o SG3525A opera em função do capacitor ligado ao pino Cx, e aos resistores ligados tanto ao pino Rx como ao pino do ciclo de trabalho (Duty Cycle) foram

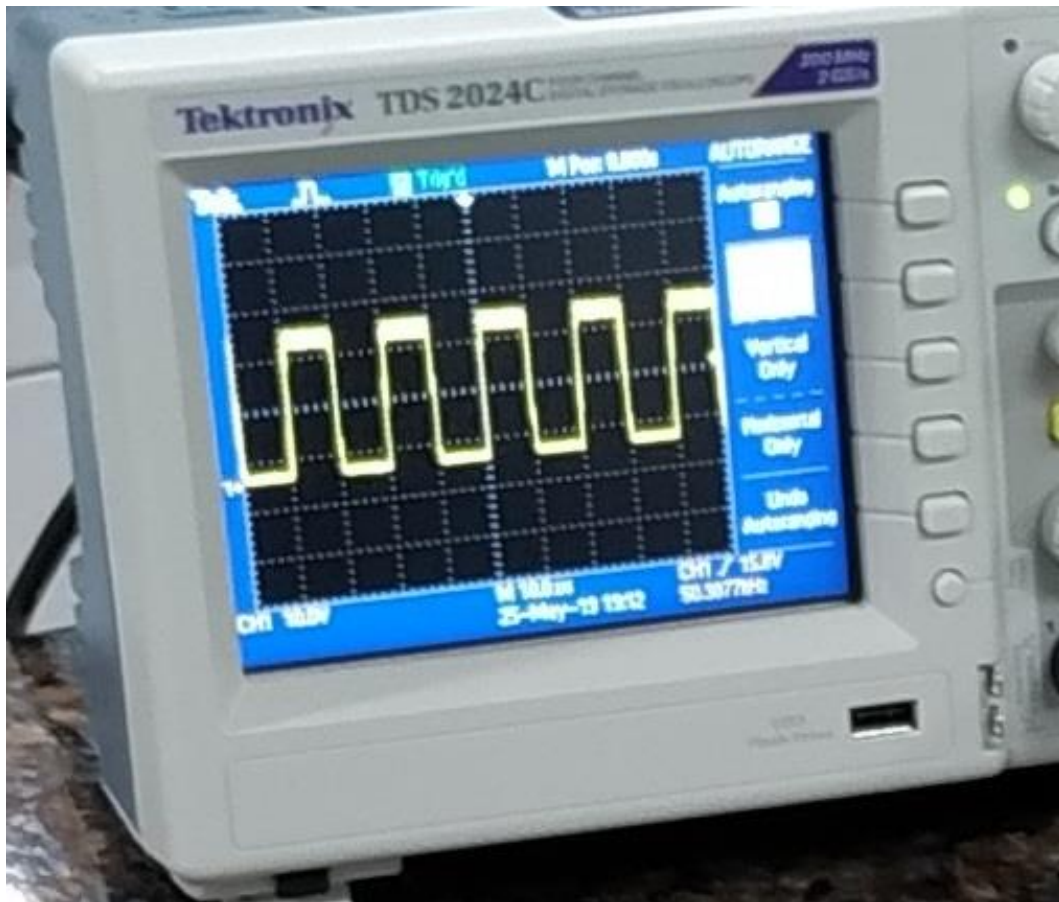
utilizados dois potenciômetros para ter um método de ajuste. Porém o que se descobriu neste teste é que ao invés de potenciômetros deveriam ser utilizados trimpots, pois os potenciômetros não tem um ajuste fixo e ao menor movimento o sinal de saída oscilava, no entanto foi possível calcular quais seriam resistores necessários. Posterior a substituição dos potenciômetros por resistores fixos a frequência de saída operou de modo estável e muito próximo ao desejado, algo em torno de 50,387kHz. Também a tensão de saída do sinal para acionar o mosfet se encontrava satisfatória aferido em 16.8Vcc, sendo 17Vcc (+20%) o ideal apontado pelo datasheet do transistor, resultados estes que podem ser observados pelas figuras 1 e 2.

**Figura 1** – Flyback conectado ao osciloscópio



Fonte: Autor

**Figura 2** – Detalhamento da tela do osciloscópio

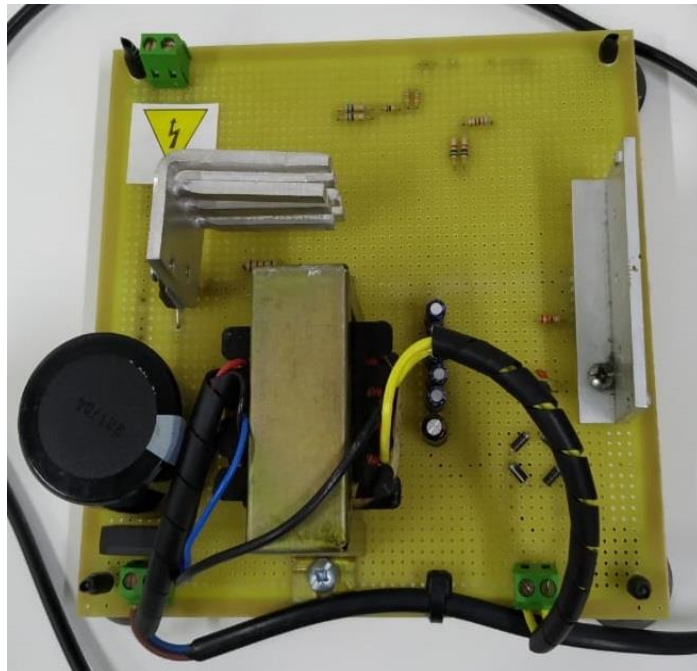


Fonte: Autor

Em seguida são efetuados os testes finais, e desta vez o Flyback opera tanto potência quanto controle juntos apresentando sinais de funcionamento adequado, todavia o teste de carga seria realizado apenas no dia da apresentação e funcionamento juntamente com o orientador e docente da matéria de Eletrônica de Potência Industrial.

No dia da apresentação o conversor funcionou de modo esperado ainda que não tenha alcançado tensão de saída de 400Vcc foi possível ligar uma carga de 120 watts, aproximadamente 0,375 amperes sem queda de tensão expressiva como mostram as figuras 3, 4 e 5.

**Figura 3** – Conversor Flyback montado.



Fonte: Autor

**Figura 4** – Flyback ligado em carga: Duas Lâmpadas 127v 40w ligadas em série.



Fonte: Autor

**Figura 5** – Autores acadêmicos juntamente com orientador



Fonte: Autor

Sendo assim nota-se que o conversor Flyback cumpriu de forma plausível seu propósito didático.



### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com os resultados obtidos observamos que o projeto de elaboração e construção de um conversor CC-CC Flyback nos proporcionou uma ótima aquisição de conhecimentos em Eletrônica de Potência Industrial. Apesar de algumas mudanças na execução em relação ao projeto elaborado notamos que os efeitos alcançados confrontados com a teoria foram muito próximos aos esperados.

Sendo assim o referido trabalho construtivo foi evidentemente de suma importância para alcançarmos um melhor entendimento prático e teórico da matéria em questão.

## REFERÊNCIAS

- [1]. BARBI, Ivo. Eletrônica de Potência – Editora UFSC, série didática, 7º ed, Edição do Autor, Florianópolis 2013.
- [2]. BARBI, Ivo. Projetos de fontes chaveadas – Editora UFSC, série didática, 7º ed, Edição do Autor, Florianópolis 2013.
- [3] HART , Daniel W. Eletrônica de Potência: Análise e Projetos de Circuitos - Editora McGraw-Hill Brasil 2012.
- [4].<[www.onsemi.com/pub/Collateral/SG352AD.PDF](http://www.onsemi.com/pub/Collateral/SG352AD.PDF)> acessado em 07 de abril de 2019.

## APENDICE A – TRABALHO REFERENTE AOS CÁLCULOS DE POTÊNCIA PROVENIENTES AO PROJETO FLYBACK.

### Cálculos

Utilizando:

$$P_{med} = 350W.$$

$$V_{med} = 400V_{cc}.$$

Calculo de potência aparente no secundário do transformador:

$$S_2 := 1.11 \cdot P_{med}$$

$$S_2 := 1.11 \cdot 350 = 388.5 \frac{1}{W} \cdot W$$

Calculo da corrente media na carga:

$$P_{med} := V_{med} \cdot I_{med}$$

$$I_{med} := \frac{350}{400} = 0.875 \frac{1}{A} \cdot A$$

Calculo da Resistencia na carga:

$$I_{med} := \frac{V_{med}}{R_{carga}}$$

$$R_{carga} := \frac{400}{0.875} = 457.143 S \cdot \Omega$$

Calculo da tensão no diodo que é igual a tensão de pico:

$$V_{diodo} := V_{pico}$$

$$V_{diodo} := \sqrt{2} \cdot V_s$$

$$V_{diodo} := \sqrt{2} \cdot 440 = 622.254 \frac{1}{V} \cdot V$$

Relação de transformação no trafo:

$$\eta := \frac{V_p}{V_s}$$

$$\eta := \frac{220}{440} = 0.5$$

Calculo da corrente eficaz no primário e no secundário do transformador:

$$I_{ef2} := I_{med}$$

$$I_{ef2} := 0.875 \text{ A}$$

$$I_{ef1} := \eta \cdot I_{med}$$

$$I_{ef1} := 0.5 \cdot 0.875 = 0.438 \frac{1}{A} \cdot A$$

Tensão eficaz no secundário:

$$V_{ef2} := \frac{V_{lmed}}{0.9}$$

$$V_{ef2} := \frac{400}{0.9} = 444.444 \frac{1}{V} \cdot V$$

Corrente de pico:

$$I_{pico} := \sqrt{2} \cdot I_{lmed}$$

$$I_{pico} := \sqrt{2} \cdot 0.875 = 1.237 \frac{1}{A} \cdot A$$

Razão cíclica:

$$V_{lmed} := \frac{\sqrt{2} \cdot V_{in} \cdot \text{sen}(\omega t)}{1 - D_{max}}$$

$$D_{max} := 0.54$$

Indutor usado RL:

$$I_{pmax} := \frac{V_{in} \cdot D_{max}}{f \cdot L}$$

$$L := 1.587 \text{ mH}$$

Área do núcleo do transformador:

$$A_{nucleo} := \sqrt{S2}$$

$$A_{nucleo} := \sqrt{388} = (1.97 \cdot 10^5) \frac{1}{m^2} \cdot cm^2$$

Capacitor:

$$C := \frac{I_o \cdot D_{max}}{f \cdot (V_{fcap} - V_{icap})}$$

$$C := 42.52 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

Oscilação de tensão máxima permitida:

$$\delta V := 10\% \cdot V_{lmed}$$

$$\delta V := 10\% \cdot 400 = 40 \frac{1}{V} \cdot V$$

$$V_{max} := 440 \text{ V}_{cc}$$

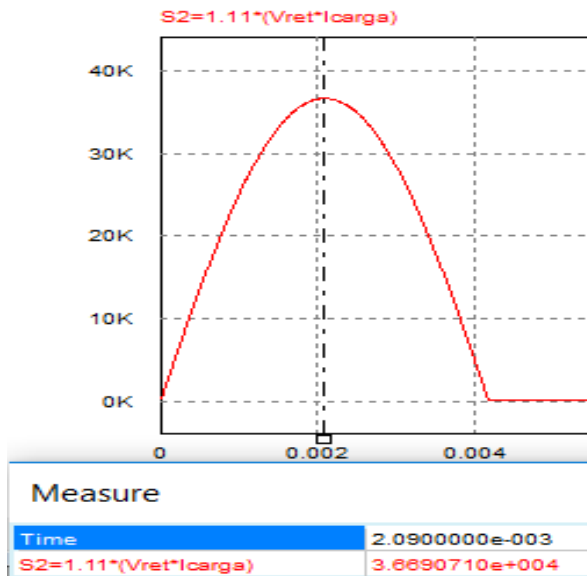
Oscilação de corrente máxima permitida:

$$\delta I := 30\% \cdot I_{lmed}$$

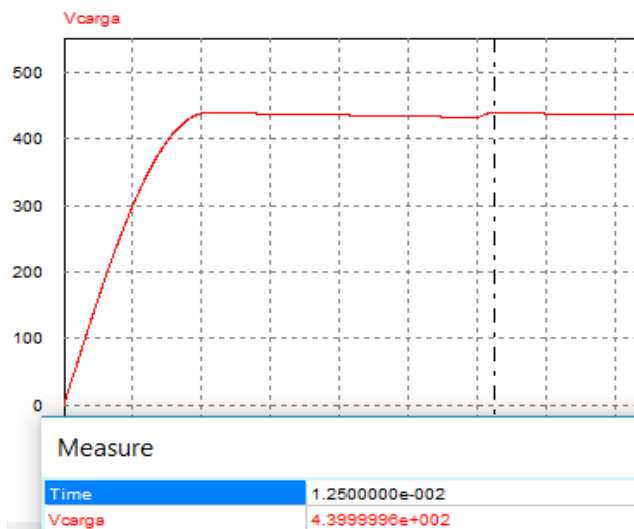
$$\delta I := 30\% \cdot 0.875 = 0.263 \frac{1}{A} \cdot A$$

$$I_{max} := 1.1375 \text{ A}$$

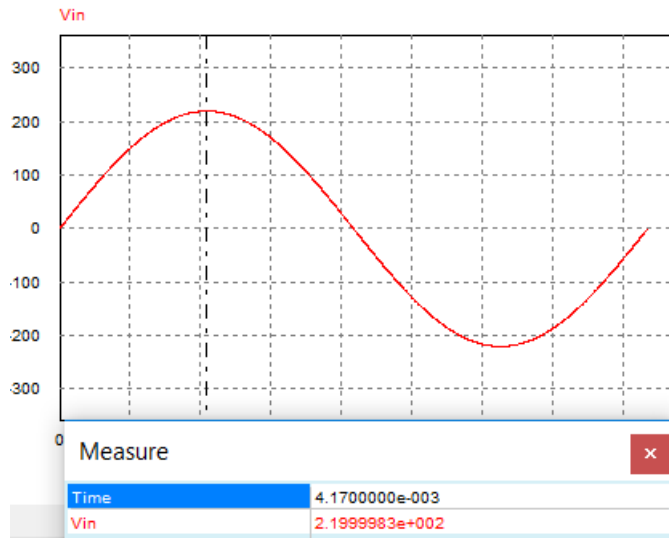
Simulação cálculo da potência no secundário do transformador.



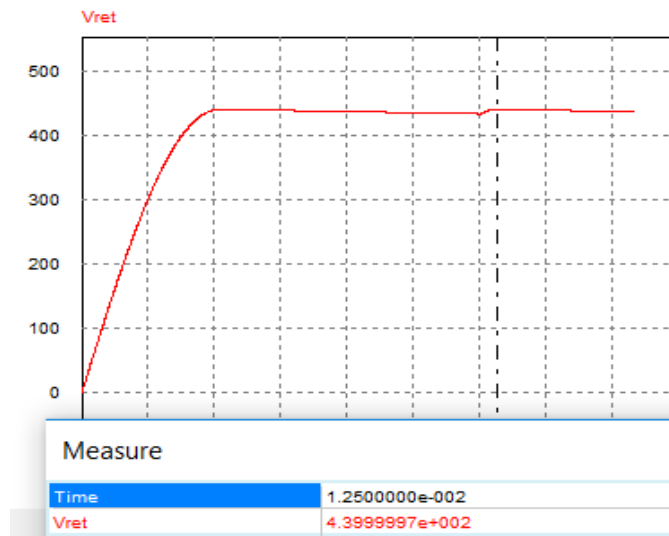
Simulação da tensão de saída na carga em Vcc porém ideal sem queda de tensão nos diodos.



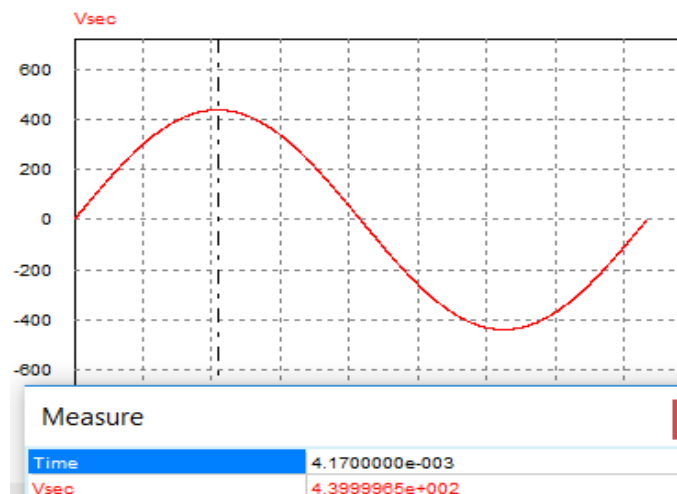
Tensão de entrada no primário do transformador.



Tensão de retificação ideal sem queda de tensão em diodos.

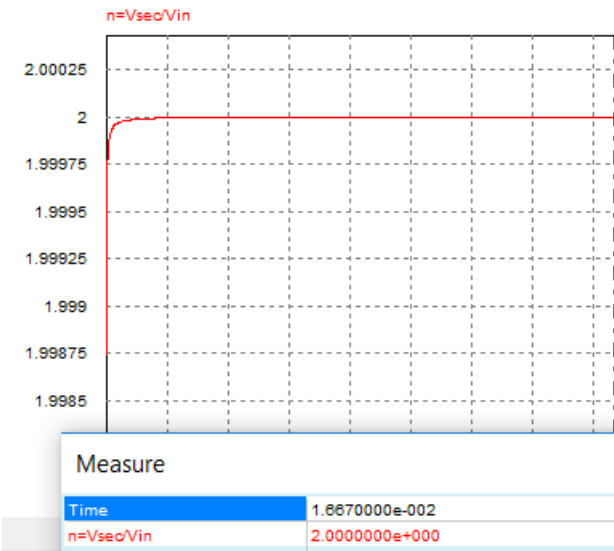


Tensão de saída no secundário do transformador.

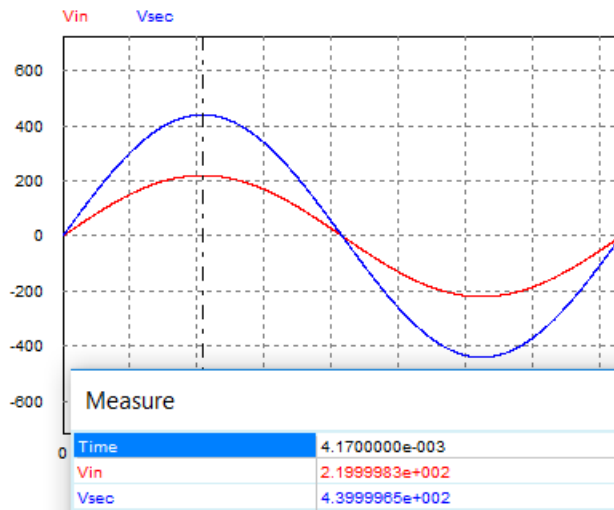




Relação de transformação, transformador elevador



Relação entre tensão de primário com secundário.



## APENDICE B – TRABALHO REFERENTE AOS CÁLCULOS DE CONTROLE PROVENIENTES AO PROJETO FLYBACK.

Para controle do PWM temos que definir qual será o período em que será dado o disparo no Gate (porta).

$$f = 50\text{kHz}$$

$$f := \frac{1}{T}$$

$$T := \frac{1}{f}$$

$$T := \frac{1}{50000} = (2 \cdot 10^{-5}) \frac{1}{s} \cdot s$$

$$T := 20 \mu s$$

$$DutyCycle := 100 \cdot \frac{LargPul}{T}$$

para nosso controle iremos usar  $18 \mu s$  do período ligado e  $2 \mu s$ .

Sendo o período  $T = 20 \mu s$ .

$$DutyCycle := 100 \cdot \frac{18}{20} = 90$$