

RELATÓRIO 2: RETIFICADOR DE MEIA ONDA E ONDA COMPLETA SEM FILTRO

Professor: Egídio Raimundo Neto

Monitores: Danilo de Oliveira Palma, Fábio Luiz Fiorita Pontes, Heytor Daniel Vicente Rizo, Hyago Vieira Lemes Barbosa Silva, Isadora Silva Brandão, Letícia Calixto Alves, Marina Ribeiro Barba e Raissa Lara Moura Brito Borin.

Nomes: _____

1. INTRODUÇÃO

1.1 RETIFICADOR DE MEIA ONDA

Circuitos eletrônicos fazem uso de baterias para a sua alimentação. Devido ao alto custo da bateria, se comparado ao uso da energia elétrica, torna-se necessário um circuito que transforme a tensão alternada da rede de distribuição elétrica em uma tensão contínua que substitua uma bateria. O diodo é um componente importante nessa transformação.

O emprego do diodo nestas aplicações dá-se de muitas formas. A aplicação mais conhecida é o circuito retificador, etapa fundamental na conversão de tensão alternada em tensão contínua.

Há três formas clássicas para se construir um circuito retificador: o retificador de meia onda, que usa apenas um diodo para eliminar um dos semiciclos da tensão alternada, o retificador de onda completa usando transformador com *Center Tap* e dois diodos e o retificador de onda completa em ponte que, com a utilização de quatro diodos, dispensa o uso do *Center Tap* no transformador. A retificação em onda completa aproveita os dois semiciclos da tensão alternada.

Como a forma de onda a ser retificada é senoidal, devemos definir os seus valores médio e eficaz:



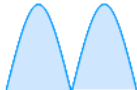
VALOR EFICAZ: O valor eficaz está relacionado com a energia gasta no transporte de cargas elétricas e pode ser determinado pela expressão:

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [E_{(m)} \sin(wt)]^2 d(wt)}$$

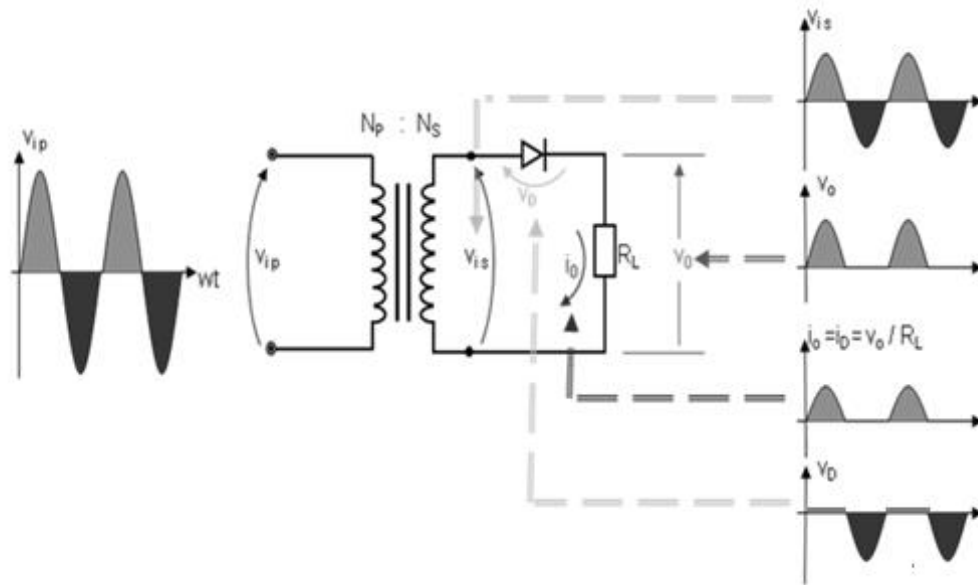
VALOR MÉDIO: o valor médio está relacionado com o trabalho realizado para transportar cargas elétricas e pode ser determinado pela expressão:

$$E_{(av)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} E_{(m)} \sin(wt) d(wt)$$

As expressões anteriores aplicadas às formas de onda senoidal, meia senoide e pulso senoidal resultam nas fórmulas apresentadas na tabela a seguir, que permitem o cálculo dos valores médio e eficaz das correspondentes formas de onda.

Forma de Onda			
Valor Médio	0	$\frac{E_{(m)}}{\pi}$	$\frac{2 E_{(m)}}{\pi}$
Valor Eficaz	$\frac{E_{(m)}}{\sqrt{2}}$	$\frac{E_{(m)}}{2}$	$\frac{E_{(m)}}{\sqrt{2}}$

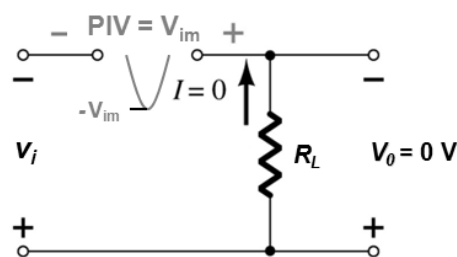
A figura a seguir ilustra o processo de retificação em meia onda sem filtro. A especificação do diodo semicondutor a ser utilizado nos retificadores é feita basicamente em função dos seus parâmetros V_{RRM} , I_{FRM} , $I_{F(AV)}$ e I_{FSM} :



- **V_{RRM} (Peak Recurrent Reverse Voltage):** fornecido no *datasheet* do componente, este valor deve ser maior do que a Tensão de Pico Inversa (PIV) a que o diodo estiver submetido quando em polarização reversa.
- **I_{FRM} (Recurrent Peak Forward Current):** fornecido no *datasheet* do componente, este valor deve ser maior do que a corrente de pico repetitiva a que o diodo estiver submetido quando em polarização direta.
- **$I_{F(AV)}$ (Forward Current Average):** fornecido no *datasheet* do componente, este valor deve ser maior do que a corrente média que circula pelo diodo quando em polarização direta.
- **I_{FSM} (Peak Forward Surge Current):** Fornecido no *datasheet* do componente, este valor deve ser maior do que a corrente de surto a que o diodo for submetido o equipamento for ligado.

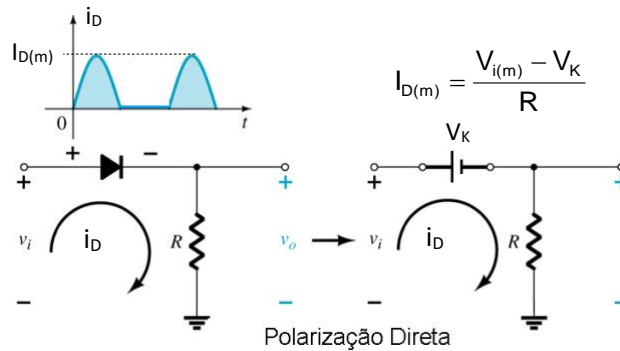
Os parâmetros do circuito retificador de meia onda podem ser determinados como a seguir:

- **Tensão de Pico Inversa (PIV):**



Polarização Reversa

- **Corrente de Pico Repetitiva pelo Diodo ($I_{D(m)}$):**



- **Corrente Direta Média pelo Diodo ($I_{D(av)}$):** Usando a equação que calcula o valor médio de meia senoidal, encontramos:

$$I_{D(av)} = \frac{I_{D(m)}}{\pi}$$

- **Fator de Ondulação ou Fator de ripple:** O sinal retificado em meia onda ou em onda completa apresenta um valor médio (componente dc) e uma tensão de ondulação (componente ac). O fator de ripple é definido por:

$$r = \frac{\text{tensão de ondulação (rms)}}{\text{tensão média (dc)}}$$

O fator de ripple normalmente é expresso em porcentagem.

Para retificadores de meia onda, temos:

$$V_{o(rms)} = \frac{V_{o(m)}}{2} \quad V_{o(av)} = \frac{V_{o(m)}}{\pi} \quad V_{r(rms)} = \sqrt{V_{o(rms)}^2 - V_{o(av)}^2}$$

O que resulta em um fator de ripple de 121%.

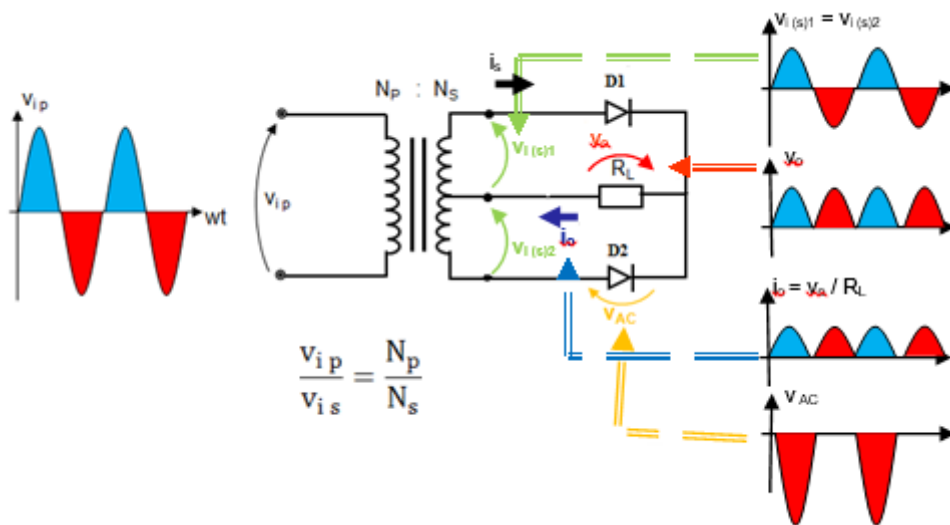
1.2 RETIFICADOR ONDA COMPLETA

A principal diferença entre a retificação em meia onda e a de onda completa está no rendimento do circuito, uma vez que o retificador de meia onda ceifa uns dos semiciclos do sinal aplicado a sua entrada, enquanto que o

retificador de onda completa aproveita os dois semiciclos do sinal aplicado a sua entrada.

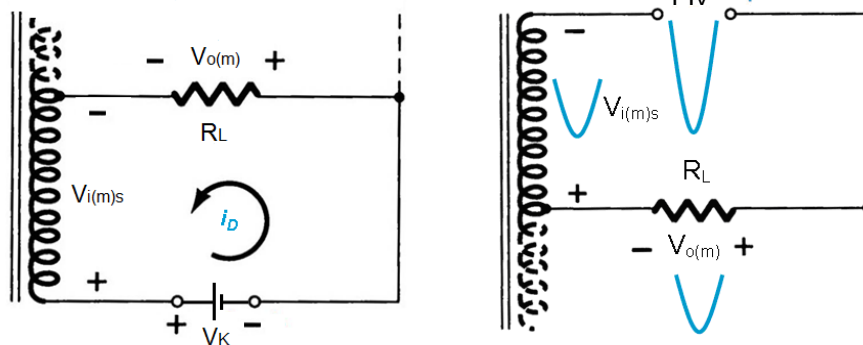
Devido a essa característica o retificador de onda completa está presente na maioria das fontes de alimentação comerciais.

A figura a seguir ilustra o processo de retificação de onda completa sem filtro, utilizando o retificador em ponte. São mostradas as formas de onda na entrada do circuito retificador, no diodo e na carga.



Os parâmetros do circuito retificador de onda completa com CT são determinados como a seguir:

○ **Tensão de Pico Inversa (PIV):**

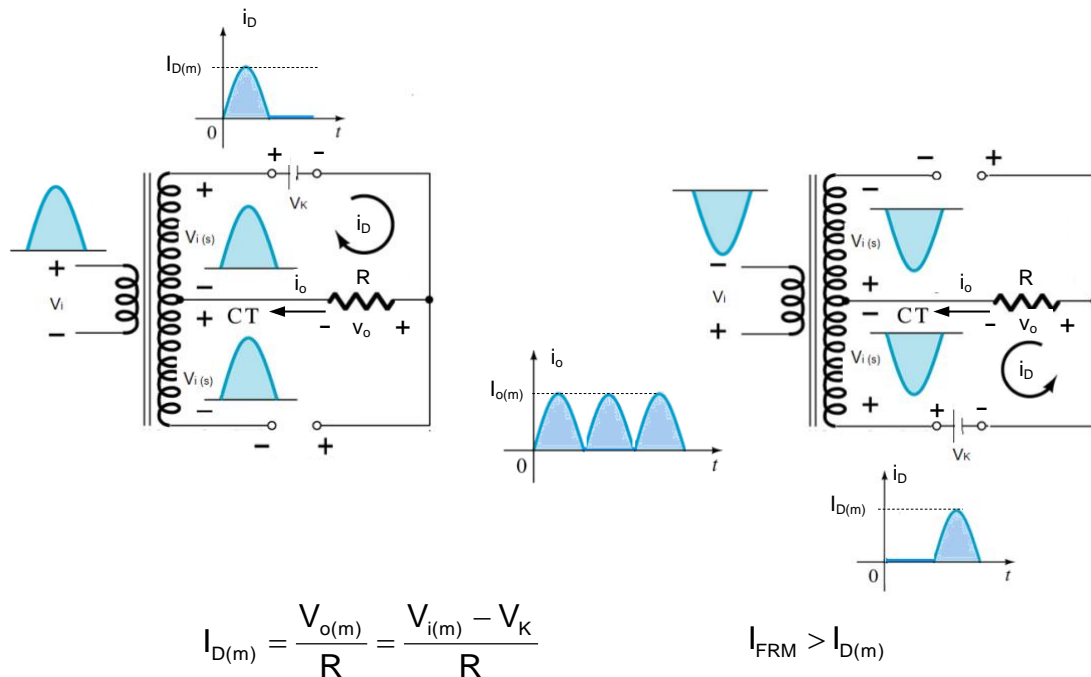


$$V_{o(m)} = V_{i(m)s} - V_K$$

$$PIV = V_{i(m)s} + V_{o(m)} = 2V_{i(m)s} - V_K$$

$$V_{RRM} > PIV$$

- **Corrente de Pico Repetitiva pelo Diodo ($I_{D(m)}$):**



- **$I_{D(av)}$ e $I_{D(surto)}$:** Equivalente aos conceitos de meia onda citados nas páginas 4 e 5.

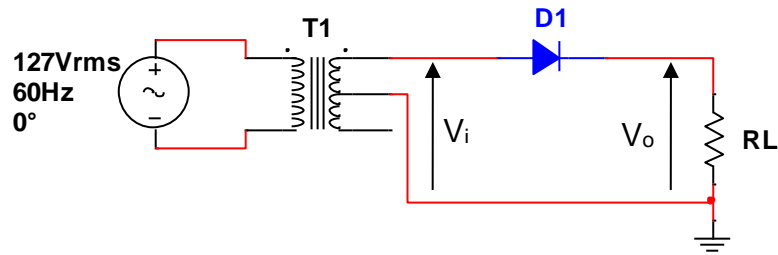
Fator de Ondulação ou Fator de ripple: Para retificadores de onda completa, temos:

$$V_{o(rms)} = \frac{V_{o(m)}}{\sqrt{2}} \quad V_{o(av)} = \frac{2V_{o(m)}}{\pi} \quad V_{r(rms)} = \sqrt{V_{o(rms)}^2 - V_{o(av)}^2} \quad \%r = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(av)}} \times 100$$

- O que resulta em um fator de ripple de 48%.

2 – PARTE TEÓRICA

1) Dado o circuito retificador de meia onda a seguir, calcule o que se pede e esboce as formas de onda solicitadas, com indicação dos valores correspondentes às escalas de amplitude e tempo. Considere o diodo de Silício:



Dados: $R_L = 1k\Omega$ e $T_1 = 127 V_{(ef)} / (9 + 9) V_{(ef)}$

Calcule:

- $V_{o(m)} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $V_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $V_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $V_{r(rms)} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $\%r = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $I_{D(av)} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $I_{D(m)} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $PIV = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $N_p / N_s = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- $P_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$
- Demonstre que a potência eficaz entregue pelo retificador à carga é igual a soma das potências média e de ripple dissipada por R_L .
- Utilizando o datasheet do diodo 1N4007, verifique se ele poderá ser utilizado na construção do retificador analisado.

Agora, esboce as formas de onda solicitadas:

a) Forma de onda da tensão no secundário do transformador:

b) Forma de onda da tensão pelo diodo D_1 :

c) Forma de onda da tensão na carga R_L :

2) Dado o circuito retificador de onda completa a seguir, calcule o que se pede e

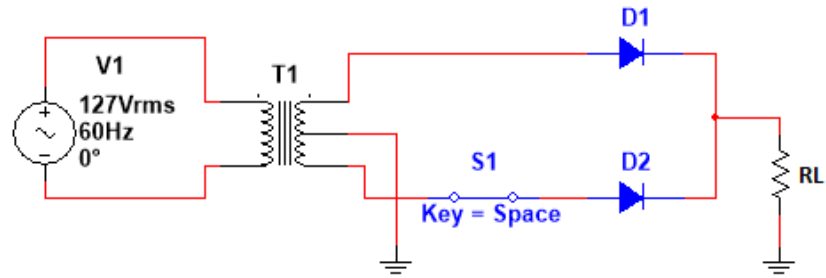
e) Forma de onda da tensão sobre o diodo D_1 :

f) Forma de onda da tensão sobre o diodo D_2 :

3 – SIMULAÇÃO

Utilizando o Software Multisim 13.0 – da National Instruments monte o circuito a seguir (use o Diodo 1N4007). Por simulação e utilizando um osciloscópio, visualize e esboce as formas de onda das tensões no secundário do transformador, sobre o diodo e sobre a carga. Meça, utilizando o menu MEASURE do osciloscópio, os valores de pico (positivo e negativo) das tensões sobre a carga e sobre o diodo, o valor médio e eficaz da tensão na carga e calcule o PIV dos diodos e o fator de ripple do circuito retificador. Utilizando agora o multímetro, meça a corrente média na carga e refaça a medida dos valores médios e eficazes das tensões na carga e no secundário do transformador.

Obs: Utilize os valores do exercício teórico.



Para S1 aberta:

Com o Osciloscópio	Com o Multímetro:
a) $V_{o(+)} =$	a) $I_{o(av)} =$
b) $V_{o(-)} =$	b) * $V_{o(av)} =$
c) $V_{D(+)} =$	c) * $V_{o(rms)} =$
d) $V_{D(-)} =$	d) * $V_{r(rms)} =$
e) $V_{o(av)} =$	
f) $V_{o(rms)} =$	
Calcule:	
g) $V_{r(rms)} =$	
h) $PIV =$	
i) $\%r =$	

Para S1 fechada:

Com o Osciloscópio	Com o Multímetro:
a) $V_{o(av)} =$	a) $I_{o(av)} =$
b) $V_{o(rms)} =$	b) * $V_{o(av)} =$
Calcule:	c) * $V_{o(rms)} =$
c) $V_{r(rms)} =$	d) * $V_{r(rms)} =$
d) $PIV =$	e) $V_{s(at-at)(rms)} =$
e) $\%r =$	f) $V_{s(av)} =$

c) Forma de onda tensão na carga R_L :

OBS.: Para realização da medida da **tensão eficaz de ripple**, ajustar o **acoplamento** do Osciloscópio para **ac** e efetuar a medida da **Valor Eficaz** da tensão na carga.

Meia Onda:

- a) $V_{o(+)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- b) $V_{o(-)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- c) $V_{D(+)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- d) $V_{D(-)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- e) $PIV = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- f) $V_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- g) $V_{r(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- h) $V_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- i) $\%r = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- j) $I_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- k) $V_{s(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []

Onda Completa:

- a) $V_{o(+)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- b) $V_{o(-)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- c) $V_{D(+)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- d) $V_{D(-)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- e) $PIV = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- f) $V_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- g) $V_{r(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- h) $V_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- i) $\%r = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- j) $I_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []
- k) $V_{s(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ []

