

## Experiência 4

### Transformador, retificador de meia onda e de onda completa

**Objetivo:** Verificar o funcionamento de transformadores e retificadores de meia onda e onda completa.

**Teoria:** A energia elétrica fornecida pelas concessionárias e a que chega às residências e comércios é de corrente alternada, mais especificamente, uma onda senoidal de tensão. Dessa forma, o valor da tensão não é fixa, pois ela oscila ao longo do tempo numa determinada frequência, no caso do Brasil, essa frequência é de 60 Hz. Entretanto, para facilitar o entendimento da energia fornecida/consumida por um circuito de corrente alternada, é comum usar o valor RMS ou efetivo da tensão. O valor RMS da tensão alternada é igual ao valor da tensão contínua que forneceria a mesma potência a um circuito resistivo. Por exemplo: o consumo de energia de um circuito resistivo alimentado por uma tensão alternada de valor RMS de 12 V é igual ao consumo do mesmo circuito alimentado por uma tensão contínua de 12 V. O valor RMS de uma tensão alternada é dado por (onde T é o período de oscilação):

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt}$$

Para o caso da tensão senoidal, o valor RMS é igual à tensão de pico dividida por raiz de 2. O mesmo é válido para o valor RMS da corrente alternada. Importante observar que os valores de tensão e corrente indicadas na maioria dos equipamentos eletroeletrônicos são fornecidos em RMS.

$$V_{RMS} = \frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

No entanto, nem todos os equipamentos funcionam com corrente alternada. É o caso de computadores, motores de corrente contínua, dispositivos alimentados por bateria, etc. Nestes casos é necessário converter a corrente alternada (CA) para corrente contínua (CC). Um circuito que realiza essa conversão é o retificador.

Um retificador é um circuito composto basicamente por um transformador, diodos e capacitores. O transformador é responsável baixar a tensão da rede, que entra no primário do transformador, e sai pelo secundário do transformador com um valor menor. O quanto que a tensão é reduzida é dado pela relação de espiras ou relação de transformação do transformador. Quanto maior for esse valor, menor será a tensão de saída em relação à de entrada. Ainda assim, a tensão de saída continuará sendo tensão alternada, como mostrado na Figura 1.

Para obter tensão unidirecional, ou seja, sempre com a mesma polaridade, são usados diodos na saída do transformador. Duas ligações comuns é o retificador de meia onda e o retificador de onda completa. Ambos removem a parte negativa da tensão, porém, o retificador de meia onda possui por meio ciclo um valor de tensão igual a zero, enquanto que o retificador de onda completa não apresenta esse problema (Figura 2).

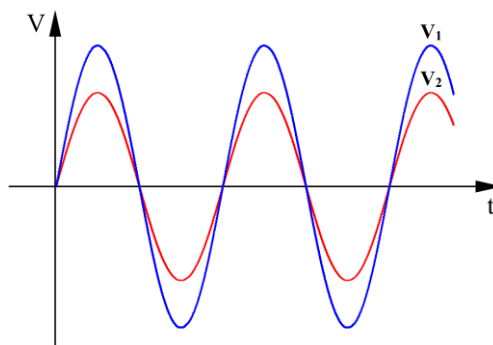


Figura 1: A tensão na entrada do primário do transformador é  $V_1$  e a tensão na saída do secundário é  $V_2$ .

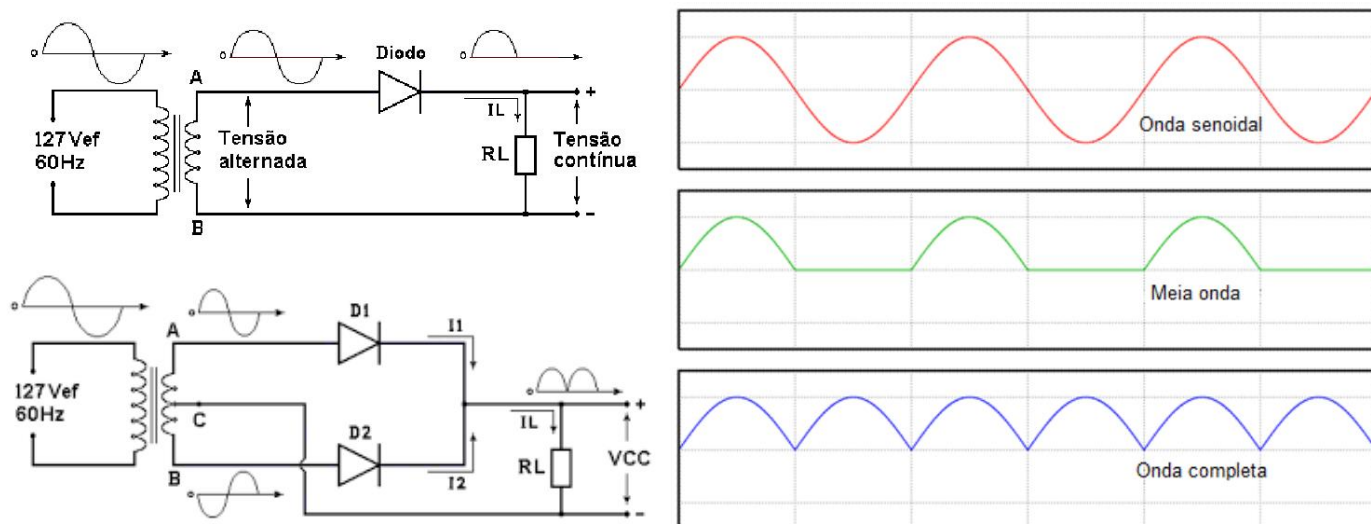


Figura 2: No alto: retificador de meia onda, abaixo: retificador de onda completa, ao lado: as formas de onda.

Mesmo com os diodos no circuito ainda não é obtida uma tensão constante na saída. Para isso é usado um capacitor na saída dos diodos (Figura 3). O capacitor aumentará o valor RMS da tensão e quanto maior for o valor do capacitor em relação a carga, mais constante será a tensão. No entanto sempre haverá uma flutuação da tensão por menor que seja, e essa flutuação é chamada de ripple. Ela é a diferença entre a maior tensão e a menor tensão fornecida em ciclo. A tensão de ripple pode ser calculada por (onde  $f$  é a frequência,  $R$  é a resistência da carga e  $C$  a capacitância do capacitor):

$$V_{Ripple} = \frac{V_{pico}}{2fRC} \quad (2)$$

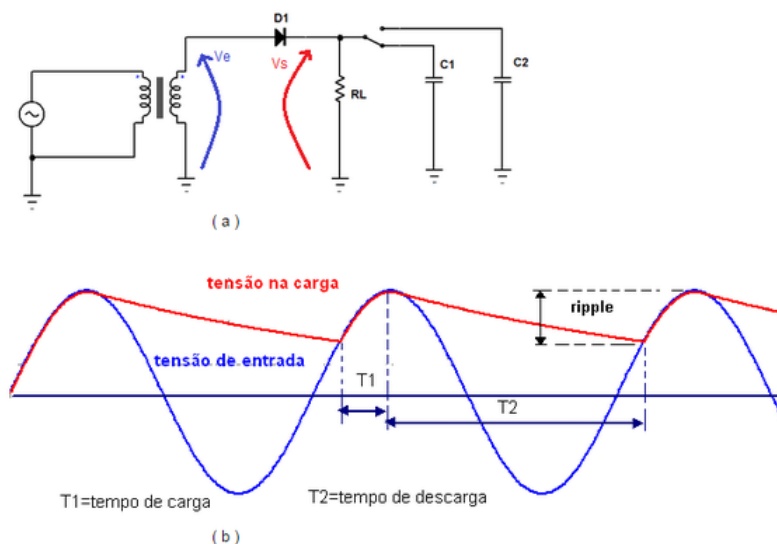


Figura 3: Retificador de meia onda com capacitor

**Equipamentos:** Um transformador, diodos, capacitores, um resistor, um osciloscópio, um protoboard e cabos de ligação.

### Procedimentos:

- 1) Ligar o primário do transformador (127 V - 12 V) na rede. Verificar no osciloscópio a tensão de saída no secundário do transformador (lado de 12 V). Medir valor de pico, frequência da tensão e valor RMS da tensão.  $V_p =$        $f =$        $V_{RMS} =$
- 2) Montar o circuito do retificador de meia onda usando o transformador de tap central (Figura 4), usando um resistor de  $180\Omega$ . Meça no osciloscópio as tensões do secundário do transformador (CH1) e do resistor (CH2). Comparar as duas formas de onda e perceber as diferenças. Verificar as tensões de pico das duas ondas. Capturar pelo menos 10 pontos das ondas (cada ponto tem as coordenadas de tempo e tensão) para desenhar um gráfico.
- 3) Montar o circuito retificador de onda completa com transformador com tap central (Figura 5), porém sem capacitor. Ver no osciloscópio a onda retificada (tensão sobre o resistor). Capturar pelo menos 10 pontos da onda para desenhar um gráfico.
- 4) Acrescente um capacitor de  $100\text{ uF}$  e verifique a forma de onda sobre o resistor. Observe a diferença entre esta forma de onda e do passo 3. Esta é a onda de ripple. Medir a tensão de pico e o tamanho (tensão) de ripple. Capturar pelo menos 10 pontos da onda para desenhar um gráfico.  $V_p =$        $V_r =$
- 5) Trocar o capacitor para  $470\text{ uF}$  e depois para  $1000\text{ uF}$ . Observe o efeito sobre a tensão de ripple.

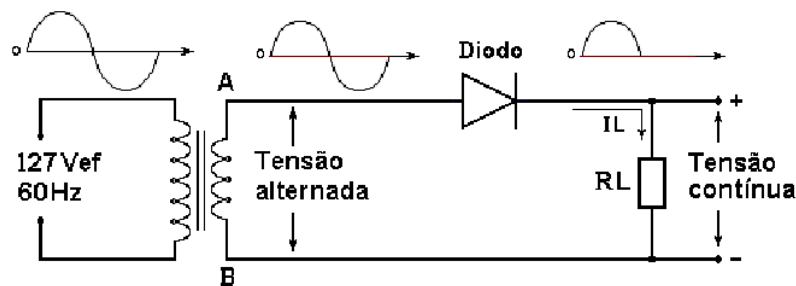


Figura 4: Retificador de meia onda

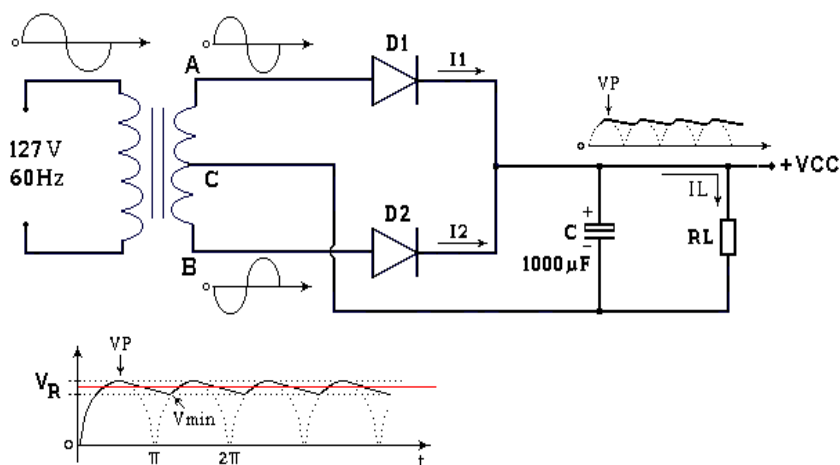


Figura 5: Retificador onda completa

### Questionário:

- 1) A partir do valor de tensão de pico medido em 1), calcule o valor de RMS com a equação (1). Compare com o valor medido. A diferença entre eles é menor do que 10%?

$$Erro(\%) = \frac{|Valor\ medido - Valor\ nominal|}{Valor\ nominal} \times 100\%$$

- 2) Os picos da tensão do secundário do transformador e da saída do diodo do passo 2) são iguais? Se não forem, qual seria a razão para essa discrepância?
- 3) Trace os gráficos dos dados coletados em 2), 3) e 4). Compare os gráficos das tensões retificadas e discuta a respeito.
- 4) A partir do valor de tensão de pico medido em 4), calcule o valor de tensão de ripple com a equação (2). Compare com o valor medido. A diferença entre eles é menor do que 10%?
- 5) A que conclusão você chegou com a realização do passo 5)? O que aconteceria se a carga fosse aumentada (aumentar a carga significa diminuir o valor da resistência)? E se a frequência da tensão fosse maior? Responda baseada em suas observações e na equação (2).

### CÓDIGO DE CORES

Cores	1º anel	2º anel	3º anel	4º anel
<b>Prateado</b>	-	-	$10^{-2}$	<b>10%</b>
<b>Dourado</b>	-	-	$10^{-1}$	<b>5%</b>
<b>Preto</b>	-	<b>0</b>	$10^0$	-
<b>Marrom</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	$10^1$	<b>1%</b>
<b>Vermelho</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	$10^2$	<b>2%</b>
<b>Laranja</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	$10^3$	-
<b>Amarelo</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	$10^4$	-
<b>Verde</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	$10^5$	-
<b>Azul</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	$10^6$	-
<b>Violeta</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	$10^7$	-
<b>Cinza</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	$10^8$	-
<b>Branco</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	$10^9$	-
<b>Sem anel</b>	-	-	-	<b>20%</b>