

Segundo Laboratório de Eletrônica - Larissa Kelmer, Paulo Costa Braga e Rychardson Ribeiro de Souza.

1. Introdução

Nesse sentido, o presente relatório objetiva abordar sobre o conteúdo discutido na disciplina que motiva este projeto, "DCA0213.0 – Eletrônica – Laboratório", sob orientação do professor Dr. Andres Ortiz Salazar. O foco, aqui, é fazer um estudo aplicado do funcionamento e aplicação de diodos semicondutores. O método utilizado para tanto será o software de simulação gráfica LTspice, da empresa Analog Devices, que permite a simulação e análise de circuitos analógicos.

2. Abordagem Teórica

O diodo retificador é o mais utilizado na eletrônica atual, por ele atender às demandas de um bom conjunto de aplicações. Esse dispositivo é capaz de converter sinais de corrente alternada em sinais de corrente contínua, processo conhecido como retificação. Um diodo retificador pode ser de meia onda, em que o sinal de saída se utiliza da área positiva do sinal de entrada ou de onda completa, em que o sinal de saída se utiliza de toda a área do sinal de entrada.

2.1. Retificador de Meia Onda

Como um retificador de meia onda, o diodo, ao ser polarizado diretamente (pela área positiva do sinal que representa a corrente alternada), permite a passagem da corrente e age como um curto-circuito. O sinal de saída é igual ao de entrada. Quando esse mesmo diodo é polarizado inversamente (pela área negativa do sinal que representa a corrente alternada), ele age como um circuito aberto e não permite a passagem da corrente.

2.2. Retificador de Onda Completa

Já o retificador de onda completa é aquele utilizado para a melhoria dos valores finais. Uma das configurações possíveis para um retificador de onda completa é a em ponte. Essa configuração de retificador trabalha em dois semiciclos: um positivo, quando os diodos D2 e D3 estão no modo *on* e os demais no

modo *off*, e o semiciclo negativo, quando os diodos em *on* são os D1 e o D4.

2.3. Grampeadores

Um grampeador é um circuito formado por um diodo, um resistor e um capacitor. Esse último é responsável por deslocar uma forma de onda para um nível CC diferente, sem que esse deslocamento altere o sinal inicialmente aplicado.

2.3. Multiplicador de Tensão

Multiplicadores de tensão agem convertendo a tensão alternada em contínua, sendo essa tensão contínua de saída o dobro do valor de pico da entrada.

3. Experimentos

Os experimentos realizados foram feitos por meio de simulações no software LTspice, a fim de analisar o comportamento de diodos em circuitos.

- Assim, a primeira prática pedia uma análise do circuito a seguir, que é composta por um retificador de onda completa, na configuração ponte. Além disso, propõe a construção desse via LTSpice, a fim de se verificar qual capacitor seria necessário para que fosse obtido um 1.8 Vcc na saída com um ripple de 5% como máximo.

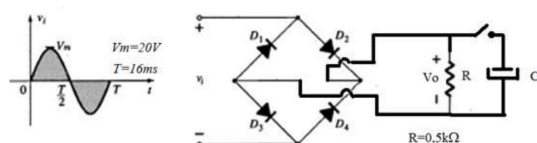


Fig. 1: Circuito 1

Também foram pedidos: a corrente média nos diodos, com e sem capacitor; a forma de corrente na fonte v_i , D2, na saída do retificador, com e sem capacitor; e a eficiência deste circuito (considerando-se a eficiência, $\eta = \text{potência de saída} / \text{potência na entrada}$).

- A segunda prática pedia a montagem do circuito a seguir, considerando, inicialmente, o capacitor C1 descarregado. Deve-se considerar,

também, que a onda de entrada no circuito é V1, segundo a figura 2.

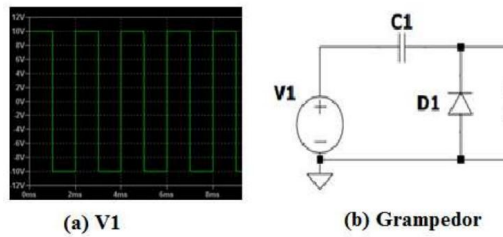
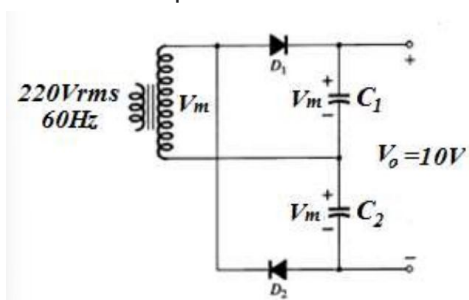


Fig. 2: Circuito 2

Por fim, seria necessário plotar a onda V0 sobre o resistor R1, em $R1 = 1k\Omega$ e em $R1 = 200k\Omega$, a fim de comparar esses resultados; e comentar a influência de constantes de tempo nas formas de onda obtidas.

- O terceiro experimento trabalhava com multiplicadores de tensão e dividia-se em duas partes: na primeira, deveria-se montar o circuito dobrador de tensão de onda completa, no LTSpice e verificar qual seria a forma de onda de saída, dada uma $V_m = 5V$, uma entrada no primário com uma tensão senoidal de 60Hz e 220 Vrms, e na saída 10 Vcc. A segunda parte da atividade pedia a comparação dos valores de tempo para a carga de capacitores com 60Hz na entrada e com 600Hz na mesma entrada. Nesse caso, os capacitores deveriam ter $C1 = C2 = 10\mu F$



4. Resultados

4.1. Primeiro Experimento

Primeiramente, simulou-se o circuito 1 com e sem filtros, que podem ser observados a seguir:

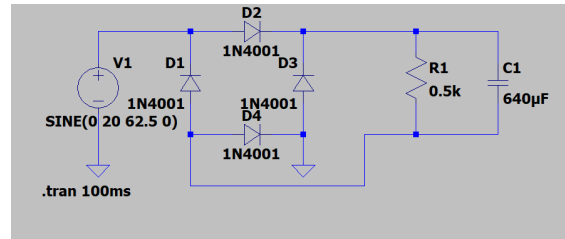


Fig. 4: Circuito com filtro

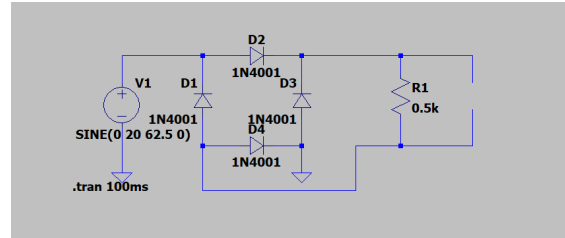


Fig. 5: Circuito sem filtro

Na sequência, buscou-se responder o primeiro ponto acerca do circuito em questão, em que se indagava sobre qual o capacitor deveria ser usado, considerando-se 18 Vcc e *ripple* com 5% de máxima. Para isso, objetivando a objetividade deste estudo, observou-se que os diodos D2 e D4 eram iguais, assim como D1 e D3, e que, por isso, um diodo de cada dupla seria o suficiente para a representação do comportamento da dupla.

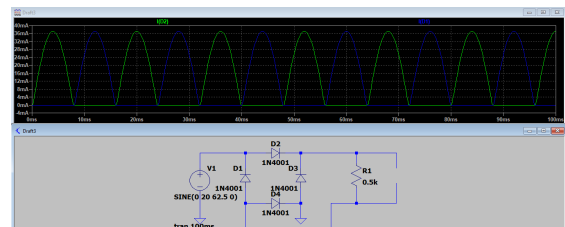


Fig. 6 : Circuito e gráfico sem filtro simulado no LTSpice

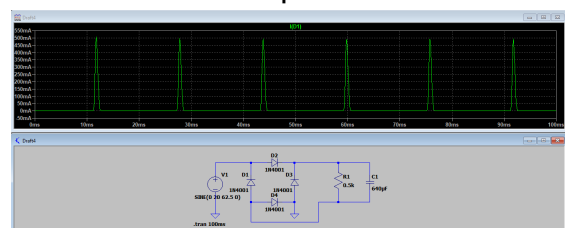


Fig.7 : Circuito e gráfico de D1 com filtro simulado no LTSpice

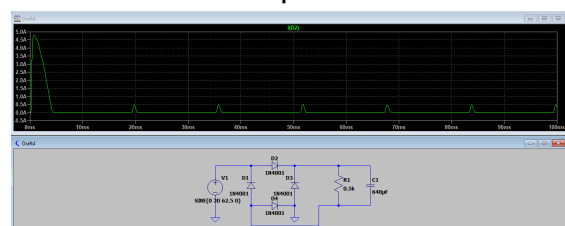


Fig.8 : Circuito e gráfico de D2 com filtro simulado no LTSpice

$T = 16\text{ms}$, $V = 18\text{V}$, $R = 500\Omega$

$$V_{\text{ripple}} = \frac{I \times T}{C}, \quad (1)$$

$$I = \frac{V}{R} \therefore I = 0.036\text{A} \quad (2)$$

Para um *ripple* a 5% de um $V_{cc} = 18\text{V}$, faz-se:

$$V_{\text{ripple}} = 0.05 \times 18 = 0.9\text{V} \quad (3)$$

$$V_{\text{ripple}} = \frac{(0.036 \times 16 \times 10^{-3})}{C} \therefore C = 640\mu\text{F} \quad (4)$$

Para verificar a forma da corrente na fonte V_1 , no D_2 e na saída do retificador com e sem capacitor em todos os casos, tem-se:

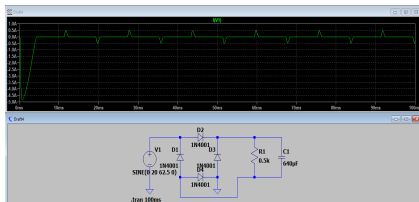


Fig.9 : Forma de corrente na fonte V_1 com filtro simulado no LTspice

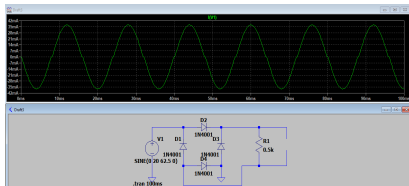


Fig.10 : Forma de corrente na fonte V_1 sem filtro simulado no LTspice

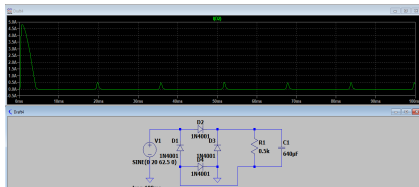


Fig.11 : Forma de corrente no diodo D_2 com filtro simulado no LTspice

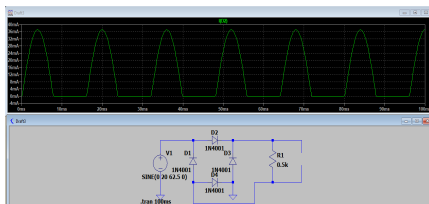


Fig.12 : Forma de corrente no diodo D_2 sem filtro simulado no LTspice

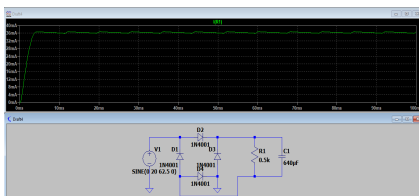


Fig.13 : Forma de corrente no retificador R_1 com filtro simulado no LTspice

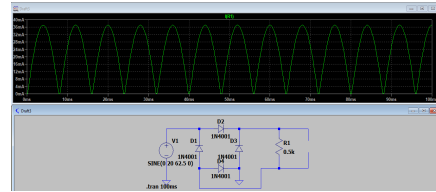


Fig.14 : Forma de corrente no retificador R_1 sem filtro simulado no LTspice

Na figura 10, sem o filtro, nosso gráfico tomará uma característica de onda completa.

Para o último tópico da primeira questão, tem-se que o cálculo da eficiência deve ser dado por:

$$\eta = \frac{\text{Potência-de-Saída}}{\text{Potência-de-Entrada}}$$

Para tanto, vai-se usar a tensão média no resistor, que será a de saída dele, e dividir pela tensão de entrada, a da fonte. O **average** irá representar nossa tensão média para a fonte e para o resistor, no nosso circuito com filtro, representado nas figuras 15 e 16, a nossa eficiência será de 0,3137. Quanto ao nosso circuito sem filtro, das figuras 17 e 18, temos uma eficiência de 0,9121.

Esse resultado está representado nas figuras seguintes:

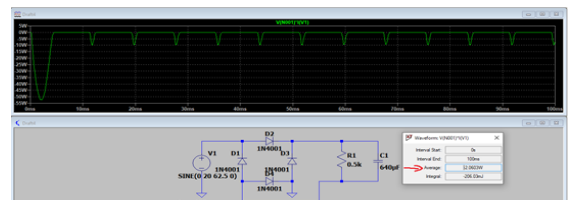


Fig.15 : Circuito com filtro - tensão de entrada na fonte simulado no LTspice

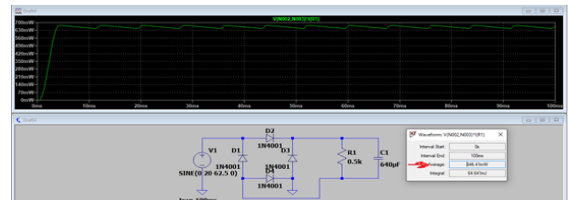


Fig.16 : Circuito com filtro - tensão média no resistor (tensão de saída) simulado no LTspice

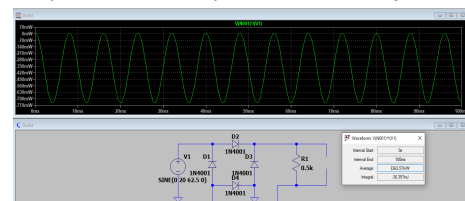


Fig.17 : Circuito sem filtro - tensão de entrada na fonte simulado no LTspice

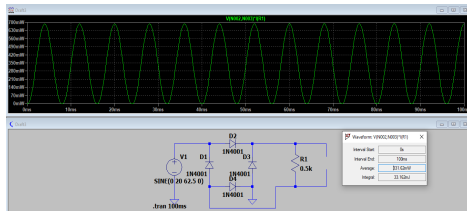


Fig.18 : Circuito sem filtro - tensão média no resistor (tensão de saída) simulado no LTspice

4.2. Segundo Experimento

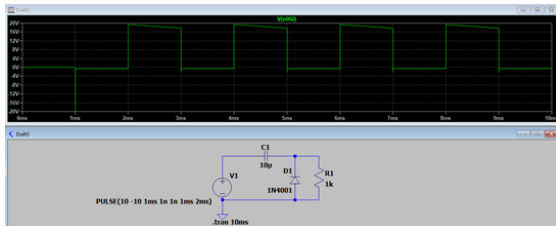


Fig.19: Circuito e comportamento do gráfico para resistor de 1kΩ

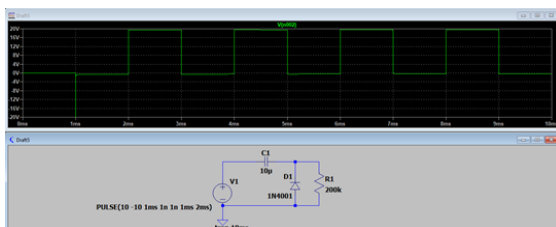


Fig.20: Circuito e comportamento do gráfico para resistor de 200kΩ

Nas figuras 19 e 20, tem-se os gráficos para os resistores de 1kΩ e 200kΩ, onde percebemos que a medida que aumentamos a resistência do nosso R1, o comportamento do mesmo irá se caracterizar por uma menor variação na queda de tensão, naturalmente esperado pela Lei de Ohm.

A constante de tempo será dada por $\tau = RC$, onde R(Ω) será nossa resistência e C(F) será a nossa capacitância, onde influencia diretamente no tempo de carga ou descarga do capacitor.

$$R1 = 1k\Omega, \tau = 1000 \times 0,00001 = 0,01s \quad (5)$$

$$R1 = 200k\Omega, \tau = 200000 \times 0,00001 = 2s \quad (6)$$

4.2. Terceiro Experimento

Na figura 21, percebemos que o gráfico não atinge os 10V esperados, essa queda é proveniente do uso de diodos no circuito. O tempo de carga depende diretamente da frequência, que quanto maior, mais rápido fará com que a carga atinja seu pico, ficando

evidenciado nas figuras 21 e 22, com o tempo de carga para 60Hz e 600Hz, respectivamente, onde este último atingirá o pico 10 vezes mais rápido.

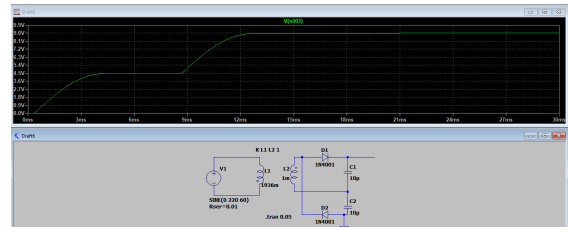


Fig.21: Forma de onda e temporizador a uma frequência de 60Hz simulado no LTspice

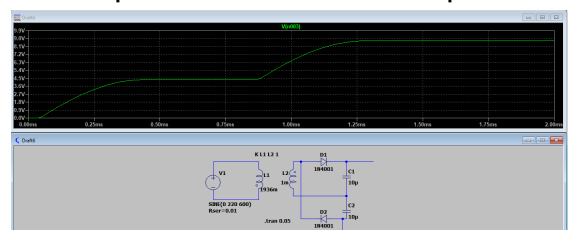


Fig.22: Temporizador a uma frequência de 600Hz simulado no LTspice

5. Comentários e Conclusões

Estando em posse dos resultados das atividades, confirmou-se, de forma experimental, o comportamento de circuitos com diodos - sendo possível a observação de como esse dispositivo age em conjunto com filtros capacitivos e pôde-se comparar os resultados e notar como o filtro age sobre a forma de onda de saída. Além de ter sido possível ver o efeito de diodos sobre a queda de tensão dos circuitos que os incluem, diferentemente do que se vê com diodos ideais. Por fim, foi possível a percepção de como constantes de tempo influenciam a carga/descarga de capacitores, além de a influência da frequência no tempo necessário para atingir o pico da carga.

6. Referências

- [1] BOYLESTAD, Roberto. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. PHB, Rio de Janeiro, 1999.
- [2] SILVA, Italo B. da, et al. **Circuitos Eletrônicos: Diodo. Curso de Automação Industrial**. SEDIS-UFRN, Natal, 2016.
- [3] Silva, Ismael L. da, diodo 1N4001 e suas curvas características usando o LTspice. Disponível em www.embarcados.com.br/diodo-1n4001-suas-curvas-caracteristicas-usando-o-ltspice/