

F 329 – Exp. 1. Condutividade de dispositivos

Conceitos

Montagem de circuitos simples, familiarização com os instrumentos de medida, dispositivos ôhmicos e não-ôhmicos.

Introdução

A resistência (R) de um dispositivo eletrônico é definida pela relação $R \equiv V/I$, onde V é a diferença de potencial entre os terminais (extremidades) do dispositivo e I é a corrente passando através dele. É importante lembrar que se há uma diferença de potencial V entre os terminais do dispositivo, então há um campo elétrico dentro dele:

$$V = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Não sabemos se esse campo é uniforme ou como ele afeta os elétrons do dispositivo. Assim, não é possível saber se, a princípio, de que forma a tensão causa a passagem de corrente. A definição de resistência apenas diz que a razão entre tensão aplicada e corrente é chamada de resistência. Outra forma de ver isso é pensar que R é uma função de V e que a corrente, uma consequência de V e R , é razão entre elas.

Quando a resistência é **constante**, ou seja, não varia com a tensão, o dispositivo é chamado Ôhmico, ou seja, $R(V)=R$, onde R é uma constante (para uma dada temperatura). Dispositivos ditos ôhmicos, ou lineares, obedecem a chamada Lei de Ohm: $V = Ri$, onde R é uma constante. Para eles sabemos sempre a relação entre tensão e corrente. A figura 1 ilustra o efeito de uma diferença de potencial aplicado a um dispositivo Ôhmico. O campo elétrico causa um movimento dos elétrons do material que se movem com velocidade média. Esse movimento é observado como a corrente que atravessa o dispositivo.

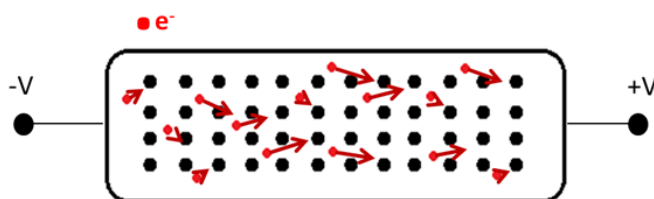


Figura 1: Movimento de cargas elétricas dentro de um sólido devido a um Campo Elétrico entre seus terminais.

Resistores são dispositivos condutores, de resistência especificada, utilizados em circuitos elétricos para, por exemplo, controlar a corrente ou para transformar a energia elétrica em calor. Os tipos de resistor mais usados são os resistores de carvão, resistores de filme metálico e carvão e resistores de fio (níquel-cromo) enrolado, que diferem quanto ao elemento de resistência. **(Tarefa: faça uma pesquisa sobre a construção de cada tipo de resistor).**

Outros dispositivos, tais como diodos, apresentam resistência elétrica que depende da tensão aplicada. Estes dispositivos são ditos não-lineares (ou não-ôhmicos). Em particular, os diodos são dispositivos estruturados formados de uma junção entre dois materiais diferentes. Existem vários tipos de diodos. Os mais comuns são fabricados com silício (que será estudado neste experimento). O silício é um material semicondutor, termo que identifica as propriedades eletrônicas dos materiais para diferenciá-los dos condutores e dos isolantes. A condutividade dos metais é ordens de grandeza maior do que a dos semicondutores. Já os isolantes apresentam resistividades várias ordens de grandeza maiores que as dos semicondutores. Entretanto, a caracterização de um material semicondutor não é dada apenas pela sua resistência, visto inclusive que ela não é constante. Uma propriedade essencial dos semicondutores é a chamada *banda proibida* que gera uma barreira de potencial interno (detalhes estão fora do escopo deste experimento). Diodos podem ser feitos também com outros materiais, como AlGaInP, e emitir luz quando há passagem de corrente. A cor da luz emitida está ligada a largura da banda proibida. Esse tipo de diodo é chamado de LED (sigla em Inglês para Diodo Emissor de Luz). No diodo, há um sentido direto de passagem fácil de corrente e um sentido inverso que bloqueia a corrente. Na verdade a situação é bem mais complicada mas os detalhes não serão discutidos aqui. No sentido direto ele conduz corrente de maneira exponencial em função da tensão aplicada. Para altas polarizações, a expressão para a corrente é da forma:

$$i = i_0 e^{(qV/kT)}$$

onde q é a carga do elétron, V a tensão aplicada, k a constante de Boltzman e T a temperatura. Entretanto, a curva completa é mais complicada devido aos vários mecanismos de condução (que estão fora dos objetivos deste experimento). Desta forma não vamos investigar o comportamento exponencial do diodo. Mas veremos que, de fato, a corrente aumenta de forma muito rápida. No sentido de polarização inversa o diodo conduz muito pouco e a resistência é elevada de forma que a corrente é algumas ordens de magnitude inferior à corrente obtida para polarizações diretas (para mesma tensão).

A figura 1 mostra os símbolos do resistor (2a), do diodo (1b) e do LED (1c), mostrando o sentido em que estes últimos devem ser polarizados para que a corrente possa passar. O símbolo tem uma forma de seta que indica o sentido da corrente. Note que o símbolo do diodo é um triângulo e um traço. O traço indica o lado “negativo” do diodo que deve ser ligado ao potencial elétrico mais baixo para que o mesmo esteja em polarização direta e assim possa conduzir corrente.

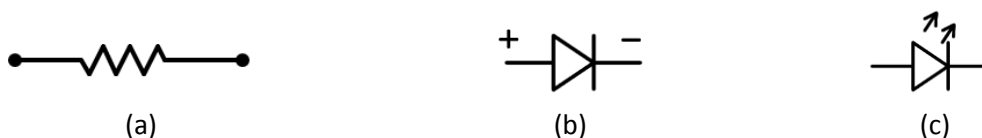


Figura 2. (a) Símbolo do resistor, (b) símbolo do diodo e (c) símbolo do LED.

Curvas características

Neste experimento, pretende-se estudar as “curvas características” de um resistor e do diodo. Para o diodo, estudaremos um diodo de silício. Curvas características são gráficos que indicam como um dispositivo conduz corrente quando tensão é aplicada em seus terminais, ou seja, qual é a corrente que passa em função da tensão. Para medir uma curva característica são medidos valores de tensão aplicada e corrente que passa pelo dispositivo em função da tensão aplicada. Veja abaixo uma curva característica de uma lâmpada incandescente.

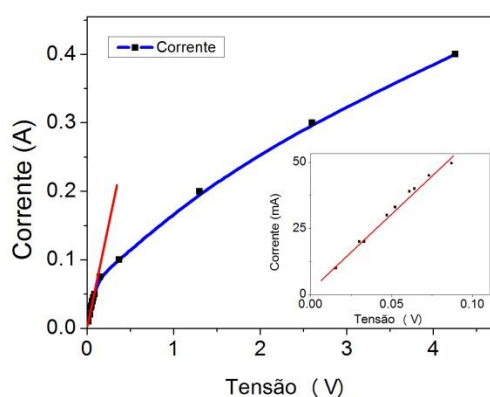


Figura 3: Curva característica de uma lâmpada incandescente.

Medida de curvas características

A medida de curvas características envolve, por exemplo, a utilização de uma fonte de tensão DC ajustável (e não fixa ou alternada) e dois multímetros para medir corrente e tensão. As medidas de corrente e tensão devem ser feitas de forma simultânea para uma mesma tensão aplicada. Uma boa prática é incluir no circuito uma resistência dita de proteção (R_p) para evitar que montagens incorretas coloquem os equipamentos em risco. Dois circuitos típicos para medidas de curvas características são apresentados abaixo, cada um com suas vantagens e desvantagens.

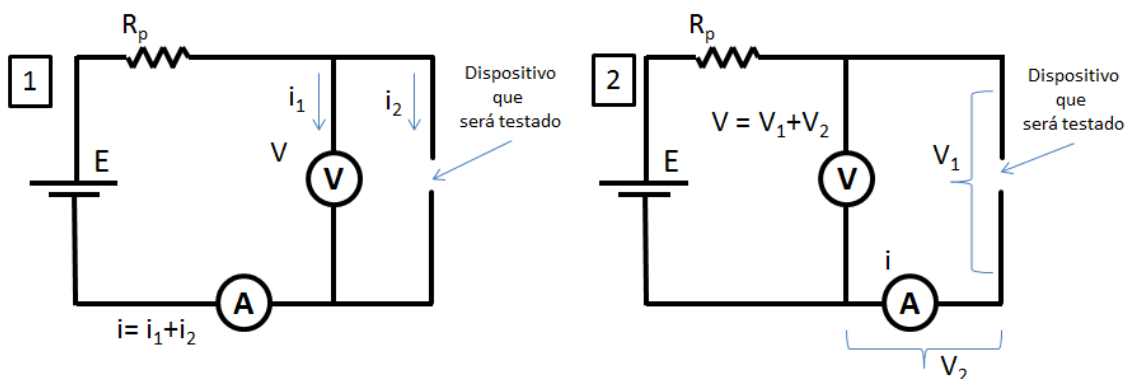


Figura 4: Circuitos para medição de tensão e corrente em um dispositivo.

O circuito 1 da Figura 4 (circuito da esquerda) mede a tensão aplicada no dispositivo que será testado sem interferência, entretanto mede a corrente somando a corrente que passa pelo dispositivo (i_2) com a corrente que passa pelo voltímetro (i_1). Esse circuito só é adequado quando a resistência do dispositivo é pequena com relação à resistência interna do voltímetro (pesquise para saber quanto vale tipicamente e/ou pelo manual). Já o circuito 2 mede a corrente que passa pelo dispositivo sem interferência, entretanto mede a tensão somando a queda de potencial no dispositivo e no amperímetro. Esse circuito só é adequado quando a resistência do dispositivo que será medido é muito maior que a resistência interna do amperímetro (pesquise para saber quanto vale tipicamente e/ou pelo manual). Assim, em função das propriedades do dispositivo para uma dada tensão aplicada, um ou outro circuito deverá ser utilizado. Pesquise qual seria um critério para dizer que algo uma corrente ou tensão é muito menor que outra e que pode ser desprezada.

Objetivos do experimento:

- A.** Determinar a curva característica de um resistor de valor nominal $R_x = 100 \, \Omega$. Determinar se tal resistor é Ôhmico e qual é a sua resistência. Anote também o valor nominal de cada resistência (código de cores) e o valor medido com o ohmímetro (multímetro). Cada medida terá uma incerteza.

Nota: Note que em todos os casos a potência máxima dissipada no resistor não deverá ultrapassar 1,5W, valor compatível com a capacidade de dissipação de calor (2W) dos resistores utilizados na montagem. Calcule a **corrente máxima** que pode ser suportada por **cada** resistência e utilize o menor valor encontrado como corrente máxima a ser utilizado no experimento. Faça um cálculo rápido para resistências em série de quanto deve ser a tensão máxima para a corrente escolhida. Utilize um **$R_p = 10 \, \Omega$** .

- B.** Determinar a curva característica de um diodo de silício, considerando tensão aplicada positiva e negativa. Obtenha os dados com a melhor precisão possível com os equipamentos disponíveis (melhor uso das escalas de corrente: quando conveniente use a escala μA).

Nota: Note que em todos os casos a potência máxima dissipada no resistor não deverá ultrapassar 1,5W, valor compatível com a capacidade de dissipação de calor (2W) dos resistores utilizados na montagem. Utilize um **$R_p = 220 \, \Omega$** . Atenção: MUITO CUIDADO para não danificar os multímetros ao utilizar o diodo no sentido direto. Sempre comece as medidas a partir de pequenos valores de tensão e aumente lentamente. **Não ultrapasse 300 mA de corrente para o diodo.**

Elabore o planejamento do seu experimento com base no guia: “INTRODUÇÃO À AVALIAÇÃO E EXPRESSÃO DE INCERTEZA EM MEDIÇÕES”, disponível no Moodle.

Bibliografia

Halliday D.; Renick R.; Walker, J. Fundamentos de Física vol. 3.
 Burian Jr., Y; Lyra, A.C.C. Circuitos Elétricos.
 Gussow M., Eletricidade Básica.
 Lima Jr., A.W., Eletricidade e Eletrônica Básica.