

Objetivo:

Verificar o teorema de Thévenin.

Teoria:

Elementos de circuito.

Todos componentes usados em circuitos eletrônicos possuem três propriedades básicas: resistência, capacitância e indutância. Em muitos casos, apenas uma das três propriedades prevalece. Portanto, podemos tratar componentes como tendo somente uma das três propriedades quando apropriadamente, comporta-se de acordo com as seguintes definições.

Resistência

É a propriedade associada a um componente que exibe oposição a circulação de corrente elétrica.

Capacitância

É a propriedade do componente associada à oposição a qualquer variação em voltagem entre seus terminais.

Indutância

É a propriedade do componente associada à oposição a qualquer variação em corrente entre seus terminais.

Componentes nos quais prevaleça resistência são chamados resistores; aqueles que exibem capacitância são chamados capacitores, e outros que exibem indutância são chamados indutores.

Os resistores, os capacitores e os indutores são denominados componentes lineares, porque a corrente aumenta na proporção direta da tensão aplicada, de acordo com a lei de Ohm. Os componentes que não mantêm essa proporcionalidade são ditos componentes não lineares.

Teorema de Thévenin

A análise de circuitos eletrônicos fica simplificada com a substituição total ou parcial destes circuitos por outro equivalente que, para certos propósitos tem a mesma característica do original.

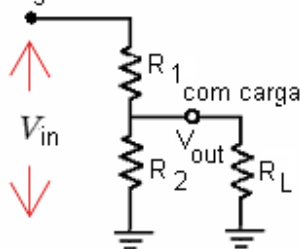
Um dos circuitos mais úteis é o que resulta do teorema de Thévenin. Este teorema estabelece que qualquer circuito de baterias e resistores tendo dois terminais de saída pode ser substituído pela combinação de um resistor e de uma bateria em série como ilustrado nas fig.1a, 1b e 1c.

Ilustração

Circuito divisor de tensão

fig.1a

Comportamento do circuito com carga resistiva

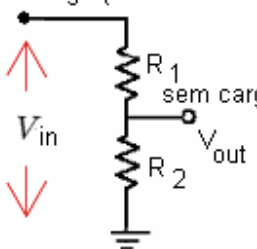


$$V_{out} = \frac{V_{in} (R_2 \parallel R_L)}{(R_1 + R_2 \parallel R_L)}$$

com carga resistiva

fig.1b

Comportamento do circuito sem carga (circuito aberto)

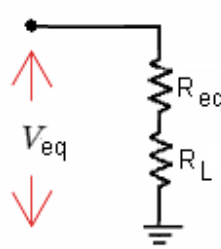


$$V_{out} = \frac{V_{in} R_2}{(R_1 + R_2)}$$

circuito aberto

fig.1c

Equivalente Thevenin



$$V_{eq} = \frac{V_{in} R_2}{(R_1 + R_2)} \quad R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)}$$

A fem equivalente é o potencial nos terminais de saída, quando a corrente de carga é nula, ou seja, é a tensão de circuito-aberto, fig.1b. A resistência equivalente é a razão entre V_{eq} e a corrente de carga quando $R_L = 0$, isto é, a corrente de curto-circuito. A forma do circuito equivalente Thévenin mostra que R_{eq} é a resistência vista dos terminais de saída do circuito, fig. 1b, quando se considera V_{in} substituída por um curto-circuito.

Em outras palavras,

$$V_{eq} = V \text{ (circuito-aberto)}$$

$$R_{eq} = V \text{ (circuito-aberto)} / I_s \text{ (curto-circuito)}$$

Este método aplicado ao circuito divisor de tensão tem como equivalente Thévenin:

1. Tensão em circuito-aberto

$$V = V_{in} R_2 / (R_1 + R_2)$$

2. Corrente de curto-circuito

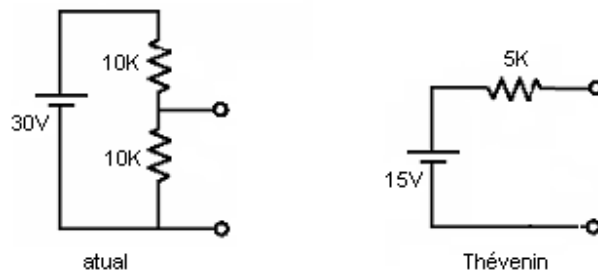
$$I_s = V_{in} / R_1$$

Assim, o equivalente Thevenin é uma fonte de tensão:

$$V_{eq} = V_{in} R_2 / (R_1 + R_2) \text{ em série com um resistor:}$$

$$R_{eq} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

Exemplo
circuito divisor de tensão



Este exemplo mostra que o divisor de tensão não é como uma boa bateria, no sentido de que a tensão de saída cai severamente quando a carga resistiva é conectada ao circuito.

Em circuitos práticos é necessário calcular a queda de tensão para uma dada carga resistiva - O equivalente Thévenin, conectado à carga resistiva, permite calcular a queda de tensão na saída do circuito. (Note que há outro teorema, Teorema de Norton, que diz ser possível fazer a mesma coisa com uma fonte de corrente em paralelo com um resistor).

O conceito de resistência interna equivalente é aplicado a qualquer tipo de fonte, não somente a baterias e divisores de tensão. Gerador de sinais (osciladores, amplificadores e sensores) todos tem resistência interna equivalente. Se conectada uma carga com pequena resistência ou comparável a resistência interna do dispositivo, a saída será consideravelmente atenuada. Esta indesejável redução da voltagem (ou sinal) pela carga é chamada "circuit loading". Portanto, para evitar a atenuação do sinal de uma fonte abaixo da tensão em circuito-aberto, $R_{carga} \gg R_{interna}$.

Conceitos examinados

Fonte de voltagem, fonte de corrente, força eletromotriz (e.m.f), voltagem terminal, operação em circuito-aberto, curto-circuito, lei de Ohm, lei de Kirchhoff.

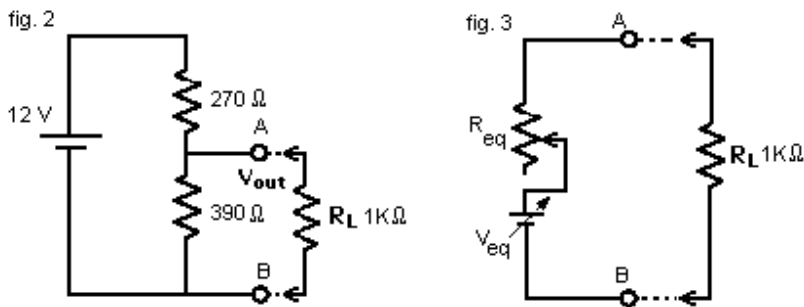
Experimento

Material

Fonte de tensão-12 V d.c
 Resistores-270R / 1/8W, 390R / 1/8W, 1K / 1/8W.
 Potenciômetro linear-4k7 (ou próximo)
 Conectores
 Multímetro
 Protoboard

Procedimento

1. Conecte no "board" o circuito da fig.2.
2. Meça e anote a corrente e a tensão no resistor de carga $R_L = 1K\Omega$.



3. Desconecte o resistor de carga R_L do circuito da fig.2. Com o resistor R_L fora do circuito, meça e anote a tensão V_{eq}
4. Substitua a fonte do circuito da fig.2 por um curto-circuito. Meça e anote a resistência R_{eq}
5. Monte no "board" o circuito da fig.3. Meça e anote a corrente e a tensão no resistor de $1K\Omega$.
6. Compare os valores medidos (steps 2 - 5) de V e I .
7. Calcule o gerador equivalente Thévenin entre os pontos A e B do circuito da fig.2 e compare com os valores medidos.

Nota: discussão de resultados só é completa, quando se compara o resultado obtido e o esperado.

tabela de dados

R_L	V	I
1K Ω		

equivalente Thévenin

R_L	V_{eq}	R_{eq}	V	I
1K Ω				

Referências:

Brophy J. Eletrônica básica, Guanabara Dois S.A., Rio de Janeiro - RJ 1978.
 Plant, Macolm. Basic Eletronics, London, SCDC Publications
 Harowitz P.; Hill W. The Art of Eletronics, USA, Cambridge University Press, 1989.
 Outros textos:
 Purcell, E.M. Eletricidade e Magnetismo, São Paulo, Edgar Blucher, 1970.
 Hesnick, Robert Halliday e Krane Kenneth, Física, Livros técnicos e Científicos Editora S.A. Rio-RJ, 1996.
 Sears, Francis Weston, Física, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1981.
 Orear, Jay. Fundamentos da Física, Livros Técnicos e científicos. Editora S.A. Rio de Janeiro 1982.

Prof.: Franklin Cruzio