

## **Teoria dos Circuitos e Fundamentos da Electrónica**

### **Relatório do Laboratório T1**

Pedro Vilas, N.º 86361

Engenharia Mecânica (MEMec), Técnico, Universidade de Lisboa

09 de abril, 2021

# Contents

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Análise Teórica</b>	<b>3</b>
2.1	Método das Malhas . . . . .	4
2.2	Método dos Nós . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Análise Ngspice</b>	<b>6</b>
3.1	Análise do Ponto de Operação . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Conclusão</b>	<b>7</b>

# 1 Introdução

O objetivo deste laboratório é estudar um circuito composto por um total de 11 componentes, desde resistências a fontes de tensão e de corrente (independentes e linearmente dependentes).

O circuito tem 8 nós e 4 malhas, como pode ser observado na figura. Os nós foram numerados arbitrariamente e foi definido que o nó 0 está ligado à terra, tendo portanto tensão nula.

As fontes de tensão estão representadas pelas letras  $V_a$  e  $V_c$  e as fontes de corrente por  $I_d$  e  $I_b$ . Ambas,  $I_b$  e  $V_c$  são linearmente dependentes, a partir das respetivas expressões presentes na figura.

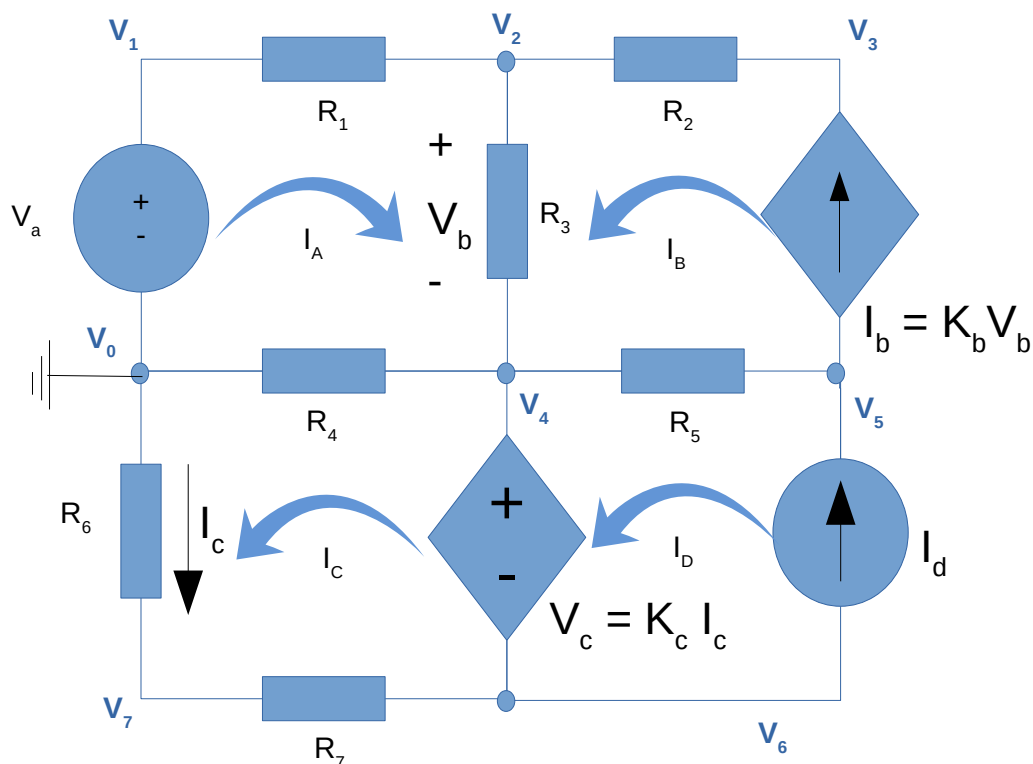


Figure 1: Circuito em Análise

Os valores das resistências, das constantes e das fontes dependentes são gerados por um script de python, a partir do número de aluno 86361, e estão representados na seguinte tabela:

Pretende-se, portanto, analisar o circuito utilizando não só um programa de simulação, como também aplicando 2 métodos teóricos. Na Secção 2, é feita a análise teórica onde são aplicados os métodos dos nós e das malhas. De seguida, na Secção 3, é utilizado o programa Ngspice para simular e analisar o circuito. Os métodos serão comparados na última secção do relatório, secção 4.

## 2 Análise Teórica

Análise do circuito utilizando 2 processos teóricos: método das malhas e método do nós.

Nome	Valores obtidos no script de Python
R1	1.0407324334365136
R2	2.0857867519728686
R3	3.071199615896663
R4	4.041770723234123
R5	3.140660073703873
R6	2.0936811661064763
R7	1.0443244500565343
Va	5.194209863050843
Id	1.0412616050274464
Kb	7.021062278588699
Kc	8.137326206873837

Table 1: Os valores apresentados para as resistências (R) estão em kiloohm (kOhm); Para a fonte de tensão é utilizada a letra Va e está expressa em Volt (V); Id representa a fonte de corrente independente, a qual está em miliAmpere (mA). As constantes Kc e Kb estão representadas em kiloOhm e miliSiemens, respetivamente.

## 2.1 Método das Malhas

Foram criadas 4 variáveis para a aplicação do método das malhas, a correntes das malhas. Esta variáveis estão identificadas pelas letras IA, IB, IC e ID, na figura apresentada abaixo, onde também podem ser observados os sentidos utilizados. Sabendo os valores destas correntes e aplicando a lei de Ohm, são calculados os valores das correntes em cada um dos componentes e as tensões nos nós. Para determinar as 4 correntes das malhas, foram utilizadas as equações apresentadas abaixo, que foram resolvidas com o auxílio do Octave.

$$R_1 I_A + R_3 (I_A + I_B) + R_4 (I_A + I_C) = V_a \quad (1)$$

$$R_6 I_A + R_7 I_C + R_4 (I_C + I_A) = K_c I_C \quad (2)$$

$$I_B = K_b R_3 (I_A + I_B) \quad (3)$$

$$I_D = I_d \quad (4)$$

## 2.2 Método dos Nós

Na aplicação do método dos nós foram considerados 9 nós, ou seja foi adicionada uma fonte de corrente fictícia o nó 7 e a resistência 6, criando assim mais um nó. Isto, porque na simulação feita no Ngspice era necessário definir a corrente sobre a qual a fonte de tensão Vc depende. Para haver uma coerência entre as 2 análises, manteve-se esta fonte fictícia. Obtêm-se então 9 equações, 5 diretamente obtidas aplicando a Lei de Kirchhoff para as correntes (KCL) em cada um dos nós não ligados a fontes de corrente, 2 obtidas fazendo a diferença potencial entre os terminais das fontes de tensão e, por fim, 2 definindo a voltagem no nó 0 como nula e igualando as voltagens V8 e V7. As equações são as seguintes:

$$V_0 = 0 \quad (5)$$

$$V_8 = V_7 \quad (6)$$

$$\frac{V_2 - V_4}{R_3} + \frac{V_2 - V_3}{R_2} + \frac{V_2 - V_1}{R_1} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{V_1 - V_2}{R_1} + \frac{V_0 - V_8}{R_6} + \frac{V_0 - V_4}{R_4} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{V_5 - V_4}{R_5} + K_b(V_2 - V_4) = I_d \quad (9)$$

$$\frac{V_7 - V_6}{R_7} + \frac{V_7 - V_0}{R_6} = 0 \quad (10)$$

$$\frac{V_3 - V_2}{R_2} = K_b(V_2 - V_4) \quad (11)$$

$$V_1 - V_0 = V_a \quad (12)$$

$$V_4 - V_6 = K_c \frac{V_0 - V_7}{R_6} \quad (13)$$

Os valores obtidos para as correntes em cada um dos componentes e para as voltagens em cada um dos nós estão representados na seguinte tabela:

Nome	Método das Malhas	Métodos dos Nós
@Gb	-0.247658	-0.247658
@id	1.041262	1.041262
@r1	-0.236173	-0.236173
@r2	-0.247658	-0.247658
@r3	-0.011485	-0.011485
@r4	1.233046	1.233046
@r5	1.288920	1.288920
@r6	-0.996874	-0.996874
@r7	-0.996874	-0.996874
V1	5.194210	5.194210
V2	4.948417	4.948417
V3	4.431855	4.431855
V4	4.983691	4.983691
V5	9.031749	9.031749
V6	-3.128195	-3.128195
V7	-2.087136	-2.087136
V8	-2.087136	-2.087136

Table 2: As variáveis que representam correntes estão precedidas pelo símbolo @ e expressas em miliampere (mA); As restantes variáveis representam tensões e estão expressas em Volt (V)

Pode verificar-se resultados exatamente iguais entre os 2 métodos, tal como esperado.

### 3 Análise Ngspice

Análise do circuito utilizando o programa Ngspice.

#### 3.1 Análise do Ponto de Operação

Como mencionado na secção anterior, teve de ser criada uma fonte de tensão fictícia entre o nó 7 e a resistência 6 de valor nulo. A razão já foi mencionada anteriormente e deve-se apenas ao funcionamento do programa. Na tabela representada abaixo, podem ser observados os resultados obtidos na simulação.

Pode ser observado que os valores obtidos coincidem com total precisão com os valores obtidos utilizando os métodos teóricos.

Nome	Valores (mA or V)
@gb[i]	-2.47658e-01
@id[current]	1.041262e+00
@r1[i]	-2.36173e-01
@r2[i]	-2.47658e-01
@r3[i]	-1.14853e-02
@r4[i]	1.233046e+00
@r5[i]	1.288920e+00
@r6[i]	-9.96874e-01
@r7[i]	-9.96874e-01
v(1)	5.194210e+00
v(2)	4.948417e+00
v(3)	4.431855e+00
v(4)	4.983691e+00
v(5)	9.031749e+00
v(6)	-3.12820e+00
v(7)	-2.08714e+00
v(8)	-2.08714e+00

Table 3: Ponto de operação. As variáveis que representam correntes estão precedidas pelo símbolo @ e expressas em miliampere (mA); As restantes variáveis representam tensões e estão expressas em Volt (V)

## 4 Conclusão

O objetivo deste laboratório foi cumprido com sucesso. Os resultados obtidos utilizando os diferentes métodos teóricos e a simulação no programa Ngspice coincidiram com precisão total, o que era esperado no circuito analisado. Isto porque o mesmo é composto apenas por componentes lineares e, como tal, os resultados não devem sofrer alterações dependendo do método utilizado, tal como mencionado nas aulas.

Foi, portanto, um laboratório bastante útil para aplicar os conhecimentos teóricos obtidos nas aulas e perceber um pouco melhor o funcionamento deste tipo de circuitos. Para além disso, o laboratório foi também proveitoso para uma introdução às ferramentas utilizadas. Esta nova realidade obriga a uma adaptação constante e ferramentas como o Github, Ngspice e Latex podem ser bastante úteis para uma melhor iteração à distância. Foi também necessária uma integração com o sistema operativo Linux e os respetivos ficheiros Make, o que não foi propriamente fácil, mas que veio acrescentar conhecimento que poderá vir a ser útil no futuro.