

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Electrónica Industrial

Mestrado Integrado em Engenharia Física

UC de Análise de Circuitos

Departamento de Electrónica Industrial e Computadores

Paulo Carvalho
pcarvalho@dei.uminho.pt

■ Métodos Sistemáticos de Análise de Circuitos Lineares de CC

...relembrando

O **método das tensões nodais** permite obter a tensão em cada um dos $(N-1)$ nós de um circuito (o N -ésimo nó é definido pela referência, cuja tensão se conhece à partida ou se admite ser 0 V). As $(N-1)$ variáveis são obtidas por resolução de um sistema de $(N-1)$ equações algébricas linearmente independentes, cuja obtenção se resume à aplicação da KCL aos nós do circuito

O **método das correntes de circulação** permite obter a corrente em cada uma das malhas de um circuito. Note-se que as **correntes nas malhas são fictícias**, não coincidindo necessariamente com as correntes nos componentes do circuito (estas podem, no entanto, ser obtidas por adição ou subtração das correntes nas malhas). Idêntico ao método anterior, aplica a KVL para obter as correntes de circulação.

■ Método das Correntes de Malha/Correntes de Circulação/Correntes Fictícias

A aplicação do método das malhas baseia-se nos seguintes passos:

1. Determinação do número total de malhas, $(R-(N-1))$, do circuito e traçado das correntes, de tal modo que todos os ramos fiquem cobertos

obs 1: a troca dos sentidos nas correntes de malha não altera o resultado final

obs 2: as correntes de malha traçadas devem cobrir todos os ramos (em cada ramo deve passar, pelo menos uma, corrente de malha). Isto quer dizer que uma corrente de malha só é a corrente de um ramo, se essa for a única corrente nesse ramo.

obs 3: num ramo com uma fonte ideal de corrente comum a duas malhas, só deve passar uma corrente fictícia

obs 4: Identificar $R-(N-1)$ malhas no circuito, em que:

$R = n^{\circ}$ ramos

$N = n^{\circ}$ de nós

■ Método das Correntes de Malha

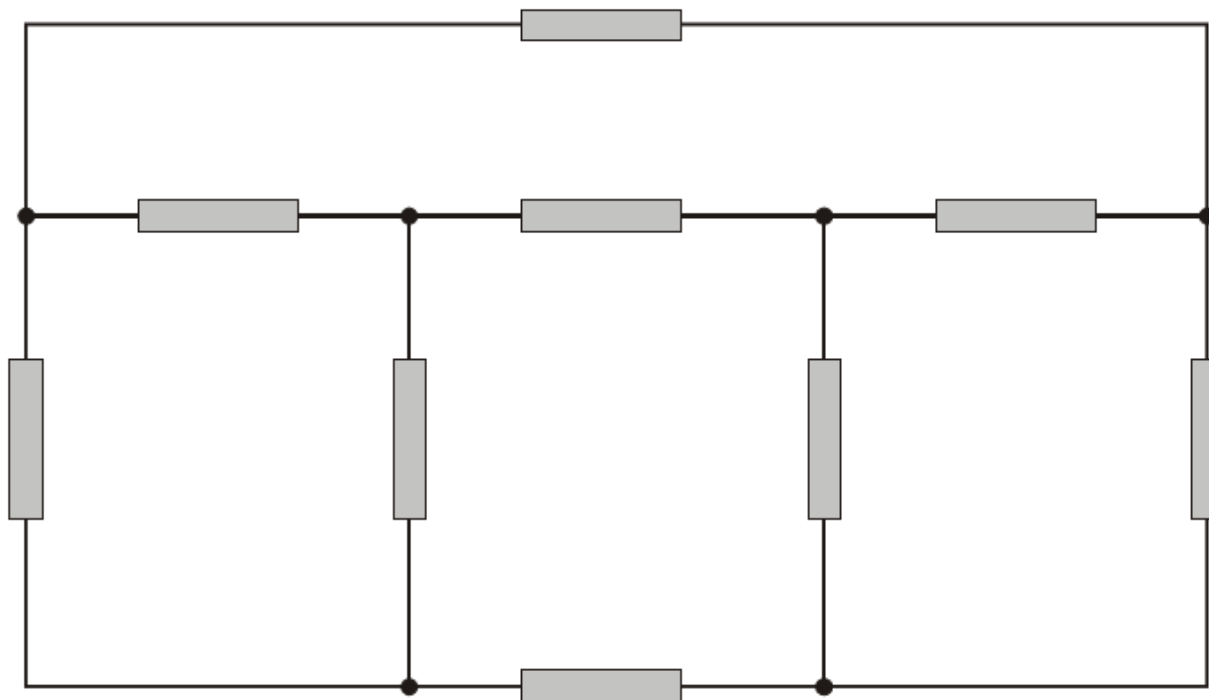
A aplicação do método das malhas baseia-se nos seguintes passos:

2. Definir as polaridades dos componentes de acordo com as correntes de malha adoptadas
3. Aplicação da Lei de *Kirchhoff* das malhas (KVL) a cada uma das malhas que não contenha fontes de corrente
4. Resolução do sistema de equações de ordem $R-(N-1)-C^{(*)}$
5. Calcular as correntes nos ramos a partir das correntes de malha obtidas

(*) C - número de ramos com fontes ideais de corrente

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha

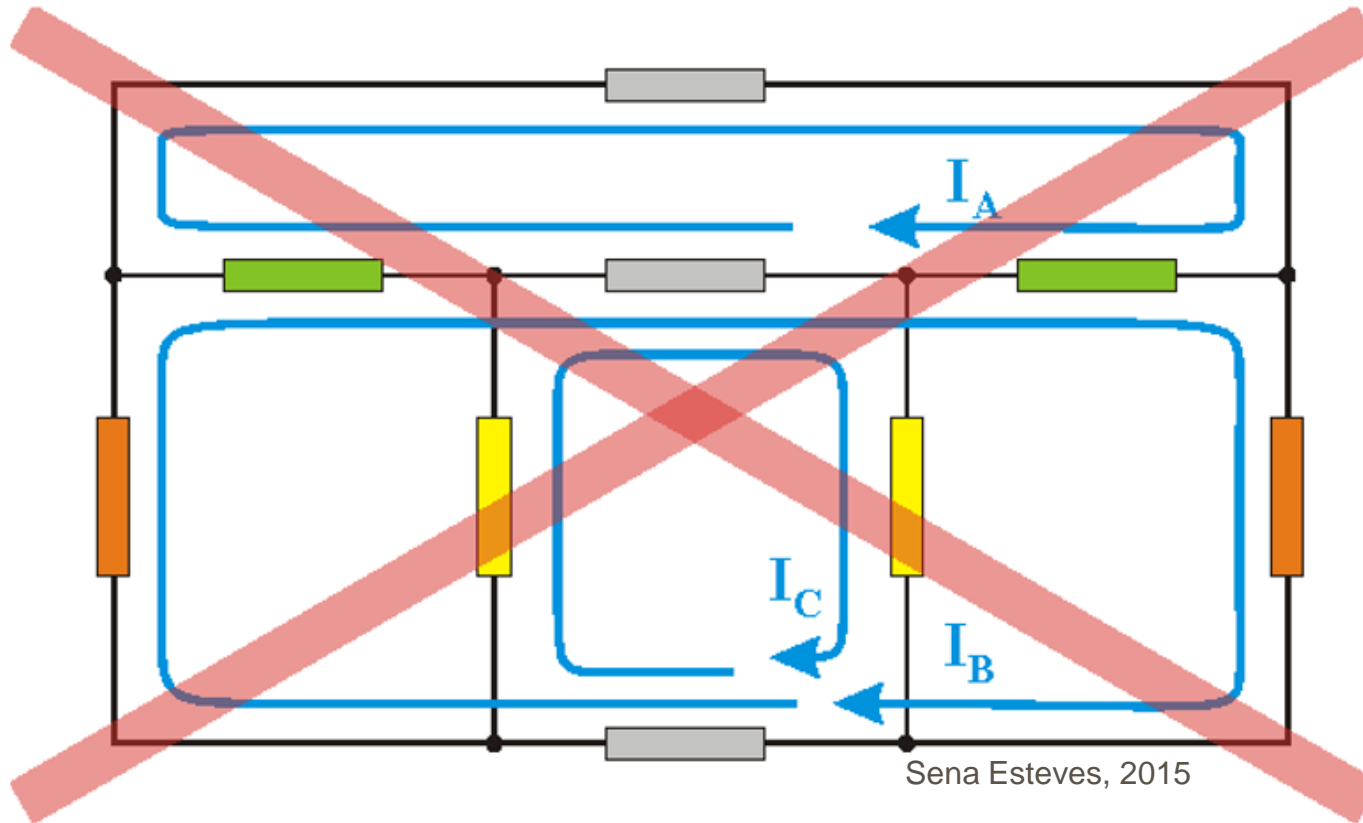


Sena Esteves, 2015

$R = 9$ ramos
 $N = 6$ nós

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha

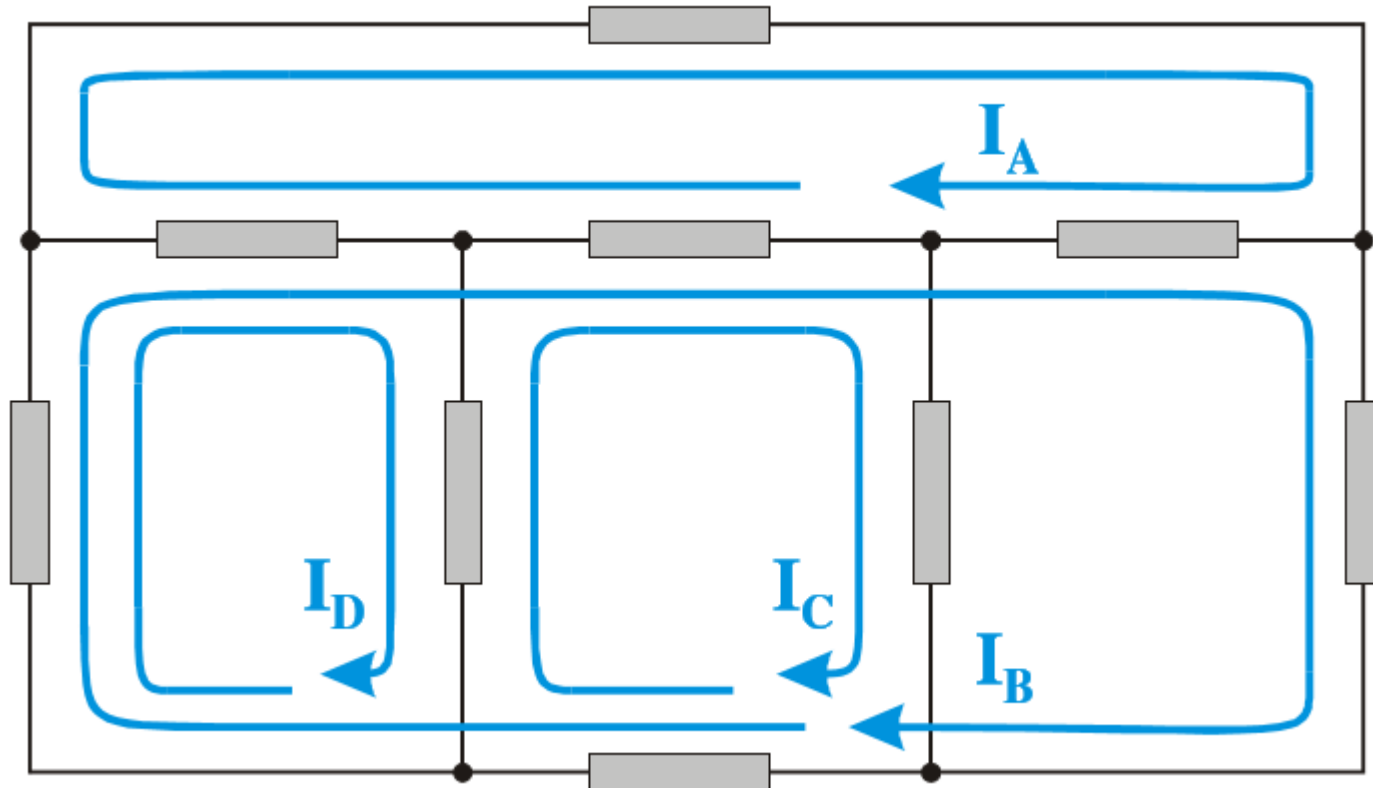


$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{ malhas} &= \\ &= R - (N - 1) \\ &= 9 - (6 - 1) \\ &= 4 \end{aligned}$$

Sena Esteves, 2015

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha

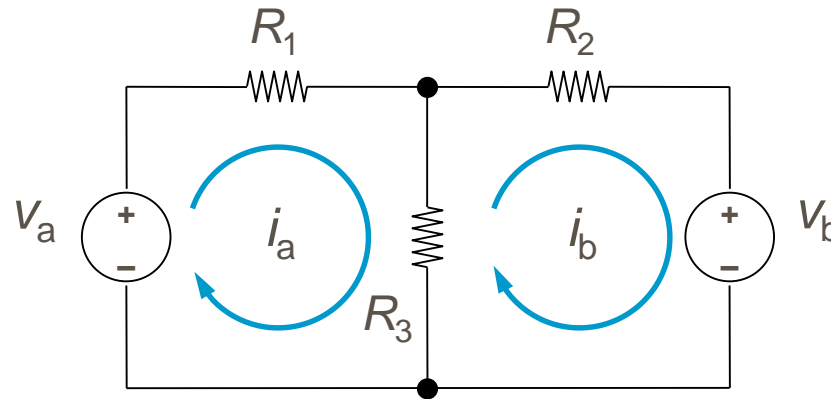


Sena Esteves, 2015

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha

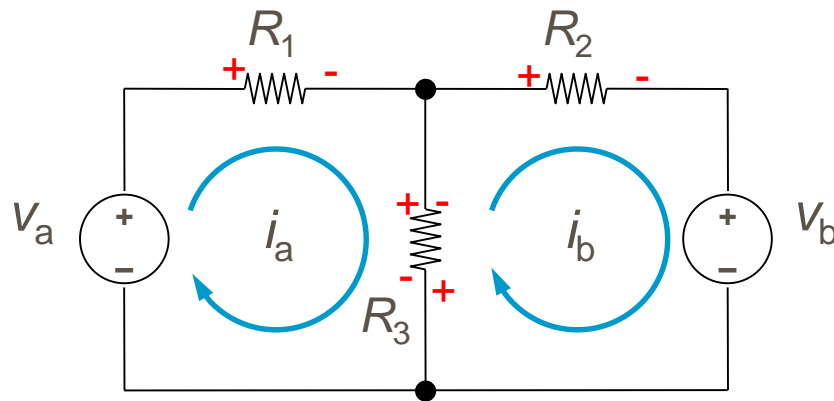
Exemplo



- O circuito inclui 2 malhas pelo que serão necessárias 2 equações para o analisar

■ Método das Correntes de *Malha*

- *Definição das correntes de malha e obtenção das correntes nos componentes do circuito*

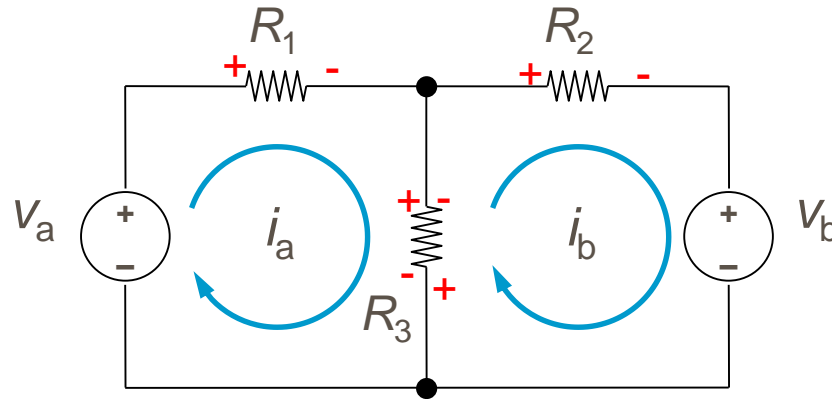


1º passo - Determinação do número total de malhas e traçado das correntes de malha

2º passo – Definir as polaridades dos componentes de acordo com as correntes de malha adoptadas

■ Método das Correntes de Malha

Exemplo



3º passo

- A aplicação da Lei de *Kirchhoff* das tensões às malhas **a** e **b** permite obter as duas equações algébricas seguintes:

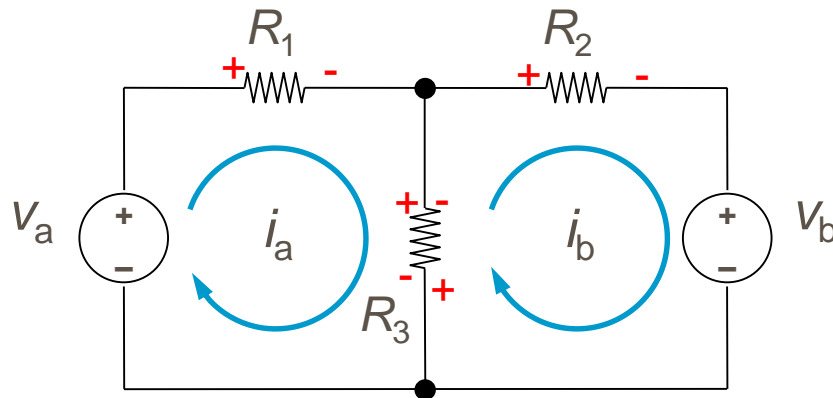
$$\text{Malha } a: \quad V_a = V_1 + V_3$$

$$\text{Malha } b: \quad -V_b = V_2 + V_3$$

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha

Exemplo



4º passo

- A substituição das características tensão-corrente das resistências (lei de *Ohm*) permite rescrever as equações na seguinte forma:

$$\text{Malha } a: v_a = R_1 i_a + R_3 (i_a - i_b)$$

$$\text{Malha } b: -v_b = R_2 i_b + R_3 (i_b - i_a)$$

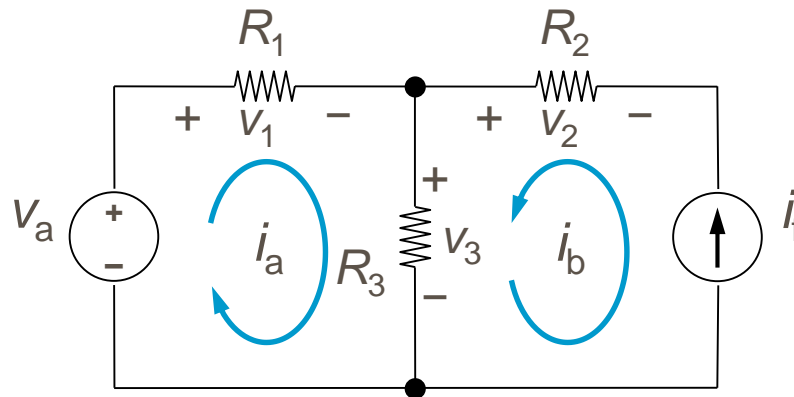
duas eq. (uma por cada malha)

duas incógnitas (i_a e i_b)

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha – Casos Especiais

Caso 1 - Fontes de Corrente Independentes Pertencentes a Uma Só Malha



- Neste caso apenas se aplica a KVL à malha **a**:

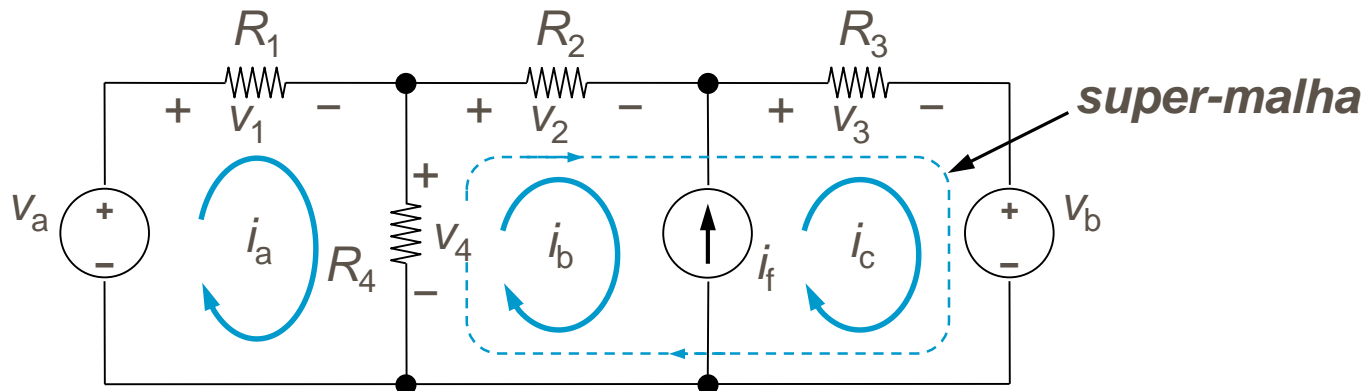
$$\text{Malha } a: \quad v_a = R_1 i_a + R_3 (i_a + i_b)$$

$$\text{Malha } b: \quad i_b = i_f \rightarrow i_a = \frac{1}{R_1 + R_3} v_a - \frac{R_3}{R_1 + R_3} i_f$$

Substituindo na Malha A
e resolvendo em ordem a i_a

■ Método das Correntes de Malha – Casos Especiais

Caso 2 – Fontes de Corrente Independentes Comuns a Duas Malhas



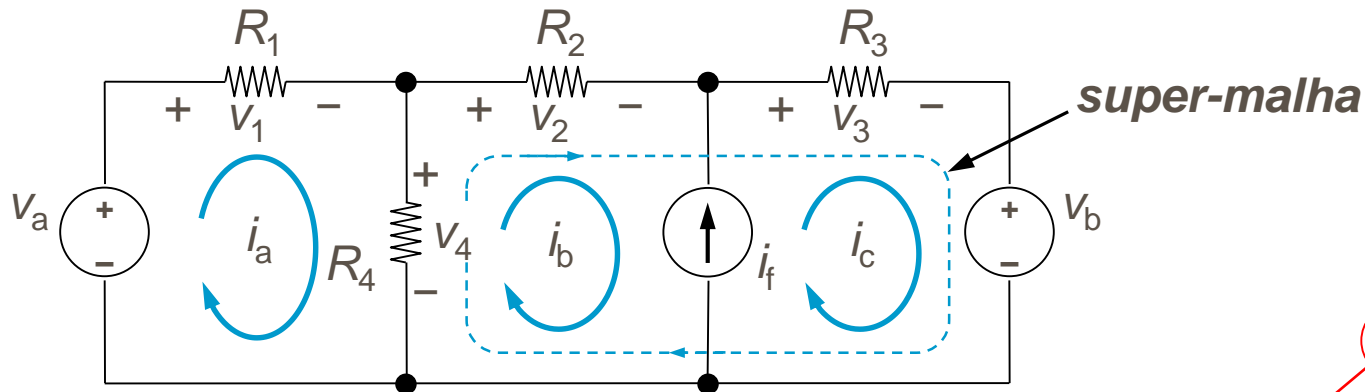
- Embora o circuito tenha 3 malhas, a relação entre i_b e i_c é conhecida (as malhas **b** e **c** definem uma “super-malha”):

$$i_c = i_f + i_b \quad (i_F = iC - iB)$$

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha – Casos Especiais

Caso 2 – Fontes de Corrente Independentes Comuns a Duas Malhas



- Assim, a KVL aplica-se apenas à malha **a** e à super-malha **b-c** (a tracejado na figura):

Malha **a**:
$$v_a = R_1 i_a + R_4 (i_a - i_b)$$

Super-malha **b-c**:
$$-v_b = R_2 i_b + R_3 (i_f + i_b) - R_4 (i_a - i_b)$$

Ficamos com duas eq. E duas incógnitas

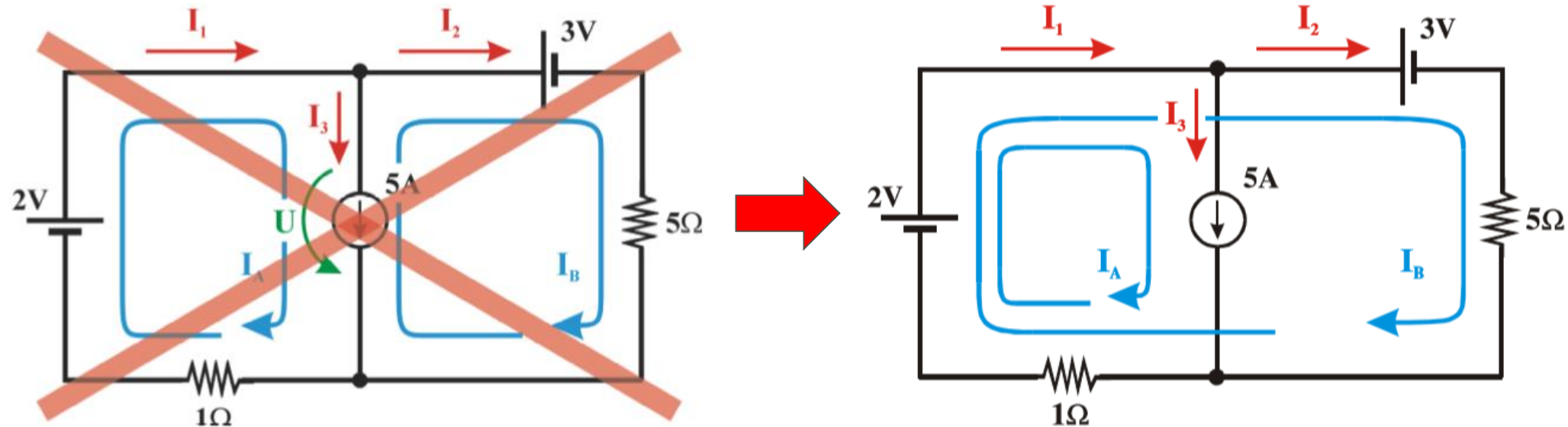
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha – Casos Especiais

Caso 2 – Fontes de Corrente Independentes Comuns a Duas Malhas

Em alternativa, atendendo à observação inicial:

obs 3: num ramo com uma fonte ideal de corrente comum a duas malhas, só deve passar uma corrente fictícia

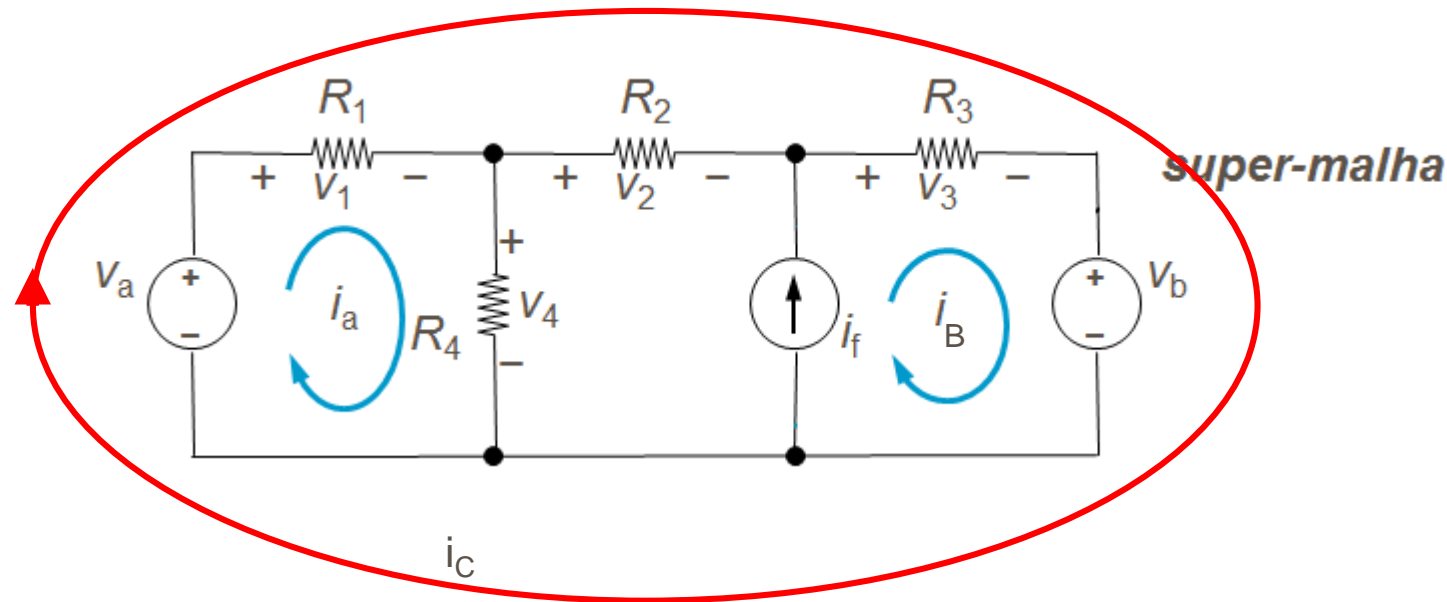


Sena Esteves, 2015

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método das Correntes de Malha – Casos Especiais

Caso 2 – Fontes de Corrente Independentes Comuns a Duas Malhas (cont.)



Malha a: $V_a - R_1(i_a + i_c) - R_4 i_a = 0$

Malha b: $i_b = i_f$

Malha c: $V_a - R_1(i_a + i_c) - R_2 i_c - R_3(i_c + i_b) - V_b = 0$

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Método dos Nós *versus* Método das Malhas

	Método dos Nós	Método das Malhas
Variáveis	Tensões nos nós	Correntes nas malhas
Lei utilizada	Lei de <i>Kirchhoff</i> das correntes	Lei de <i>Kirchhoff</i> das tensões
Número de equações	$n_e - 1$ – (número de fontes de tensão directamente ligadas a nós essenciais)	(número de malhas) – (número de fontes de corrente pertencentes a uma ou mais malhas)
Casos em que se simplifica	Fontes de tensão independentes ligadas ao nó de referência	Fontes de corrente independentes pertencentes a uma só malha
Casos em que se complica	Fontes de tensão ligadas entre dois nós distintos da referência (super-nó)	Fontes de corrente independentes comuns a duas malhas (super-malha)
Especialmente indicado	Circuitos só com fontes de corrente	Circuitos só com fontes de tensão
...		