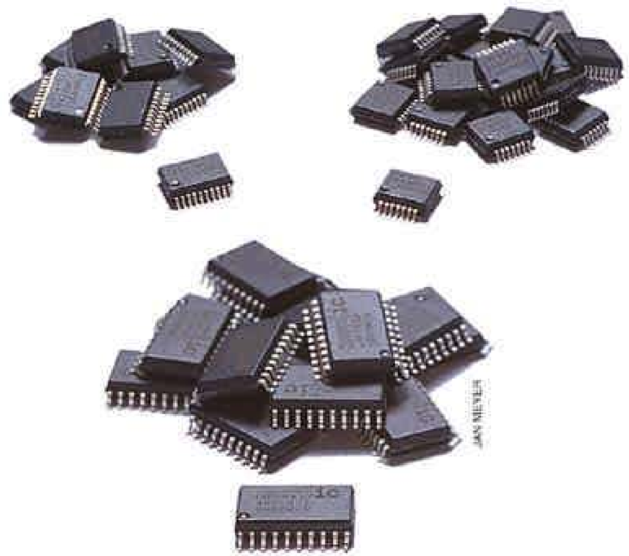
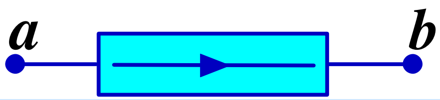
T. Circuitos

Desenvolvimento de técnicas para análise de Circuitos eléctricos/electrónicos lineares.

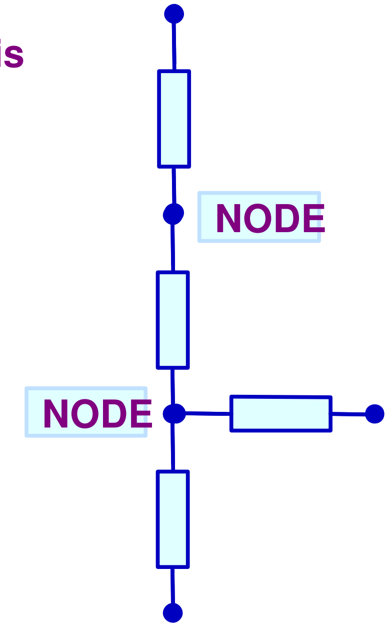


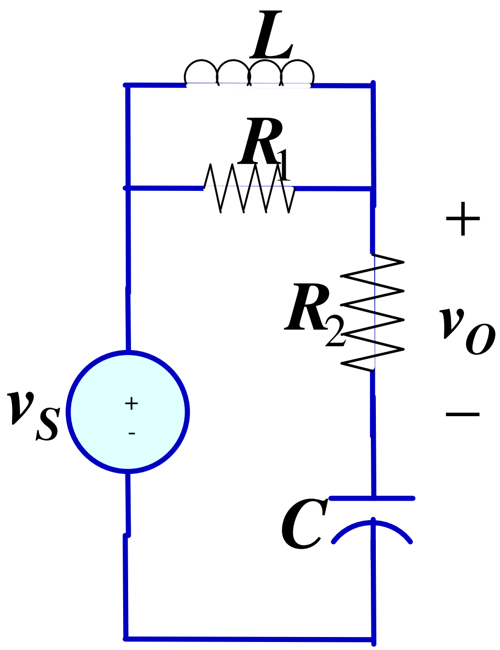
Circuito Eléctrico: Interligação entre componentes

Componentes com 2 teminais

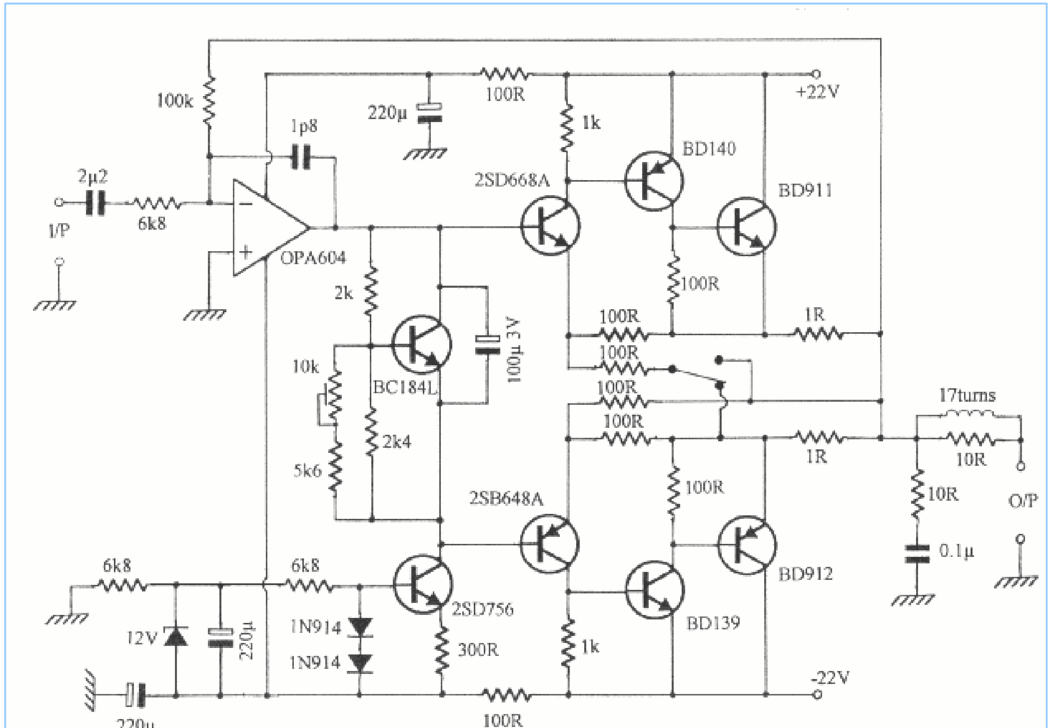


Caracterizado
Pela corrente que o
atravessa e pela tensão
Aos terminais





Circuito linear típico



LOW DISTORTION POWER AMPLIFIER

ONE AMPERE OF CURRENT CARRIES ONE COULOMB OF CHARGE EVERY SECOND.

$$A = C \times s$$

$$1 \ \text{COULOMB} = 6.28 \times 10^{18} \ \text{(e)}$$

$$\text{(e) IS THE CHARGE OF ONE ELECTRON}$$

VOLT IS A MEASURE OF ENERGY PER CHARGE.
TWO POINTS HAVE A VOLTAGE DIFFERENCE OF ONE VOLT IF ONE COULOMB OF CHARGE GAINS ONE JOULE OF CHARGE WHEN IT IS MOVED FROM ONE POINT TO THE OTHER.

$$V = \frac{J}{C}$$

OHM IS A MEASURE OF THE RESISTANCE TO THE FLOW OF CHARGE.
THERE IS ONE OHM OF RESISTENCE IF IT IS REQUIRED ONE VOLT OF ELECTROMOTIVE FORCE TO DRIVE THROUGH ONE AMPERE OF CURRENT

$$\Omega = \frac{V}{A}$$

IT IS REQUIRED ONE WATT OF POWER TO DRIVE ONE AMPER OF CURRENT AGAINST AN ELECTROMOTIVE DIFFERENCE OF ONE VOLTS

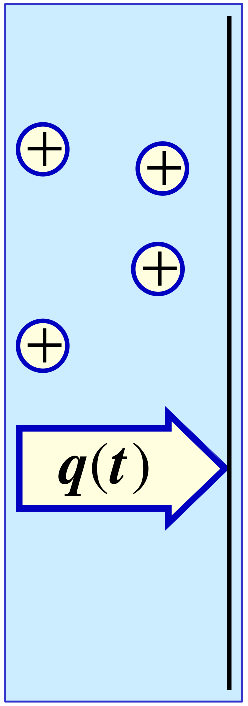
$$W = V \times A$$

A carga é quantidade elementar num circuito e corrente decorre do movimento destas.
No entanto podemos encarar a corrente como uma quantidade básica e calcular a carga

An electric circuit is essentially a pipeline that facilitates the transfer of charge from one point to another. The time rate of change of charge constitutes an electric *current*. Mathematically, the relationship is expressed as

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \qquad \text{or} \qquad q(t) = \int_{-\infty}^{t} i(x)\, dx$$

Although we know that current flow in metallic conductors results from electron motion, the conventional current flow, which is universally adopted, represents the movement of positive charges.



Qual o significado de um valor negativo para *q(t)?*

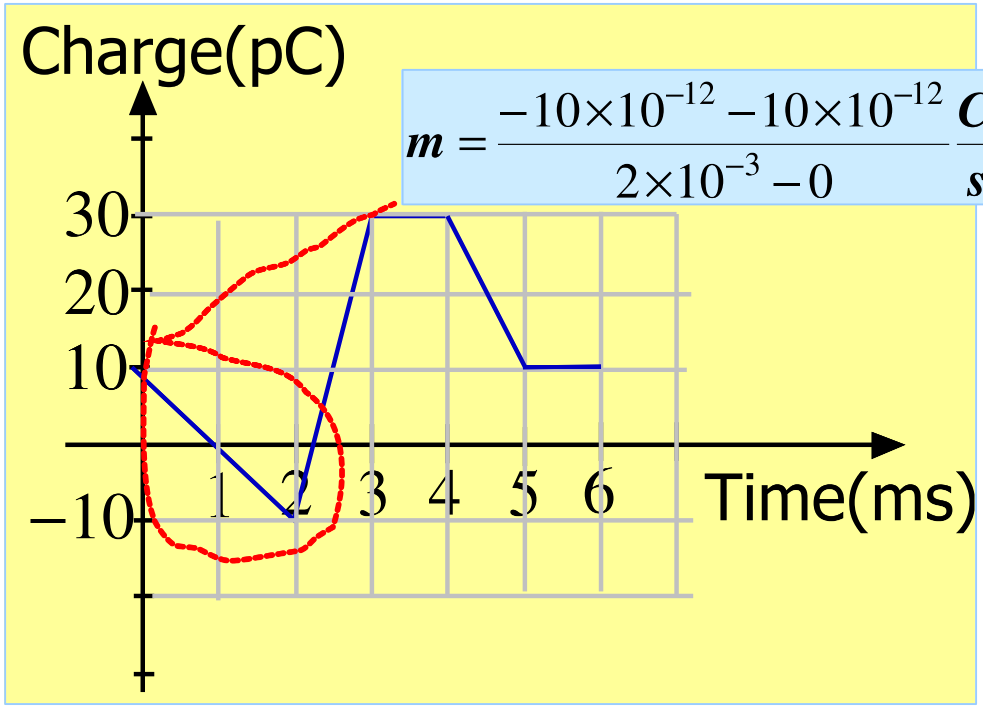
<u>PROBLEM SOLVING TIP</u>
SE A CARGA É CONHECIDA DEDUZ A CORRENTE POR DIFERENCIAÇÃO
SE A CORRENTE É CONHECIDA DETERMINA A CARGA POR INTEGRAÇÃO

Uma analogia física, é a identificação da corrente com o fluxo de água
E a carga com as partículas (moléculas)

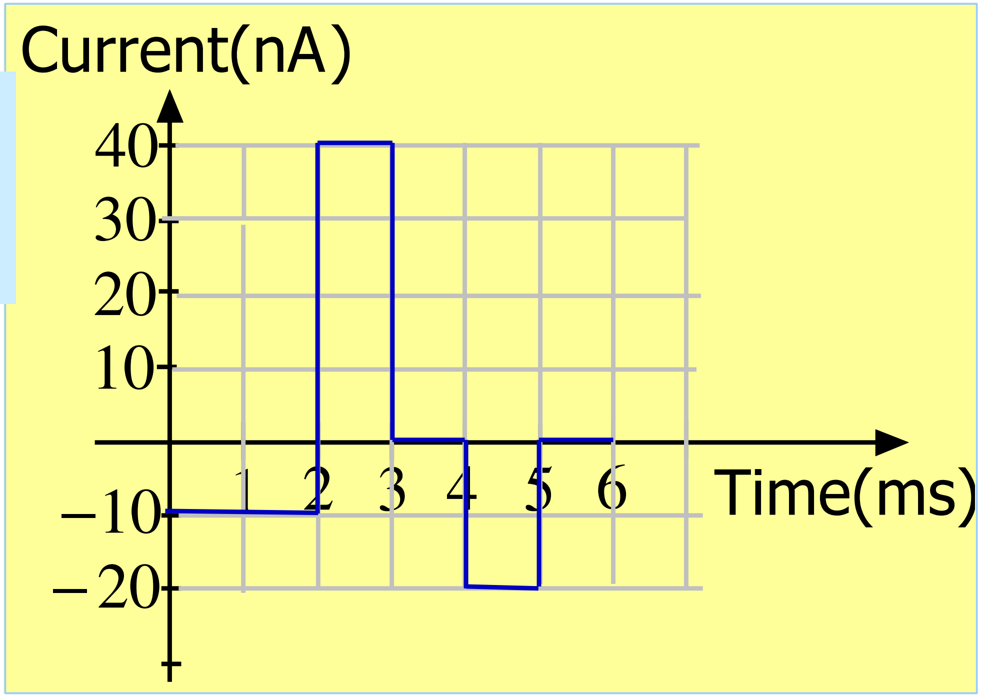
DETERMINE THE CURRENT

Here we are given the charge flow as function of time.

$$m = \frac{-10\times10^{-12} - 10\times10^{-12}}{2\times10^{-3} - 0}\frac{C}{s} = -10\times10^{-9}(C/s)$$



To determine current we must take derivatives.
<u>PAY ATTENTION TO UNITS</u>

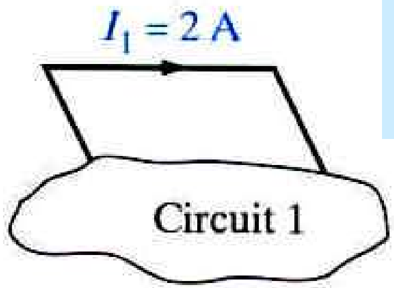


CONVENÇÃO PARA CORRENTES

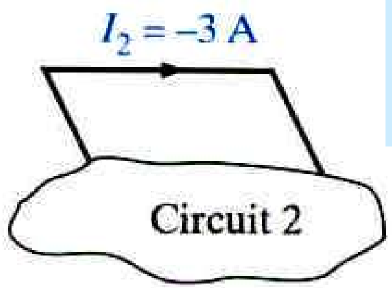
É ABSOLUTAMENTE NECESSÁRIO INDICAR A DIRECÇÃO DO MOVIMENTO DAS CARGAS.

A CONVENÇÃO UNIVERSALMENTE ACEITE, É DE QUE A CORRRENTE REPRESENTA O FLUXO DE CARGAS POSITIVAS, PELO QUE SE DEFINE A DIRECÇÃO DO FLUXO COMO

-DIRECÇÃO DE REFERÊNCIA-



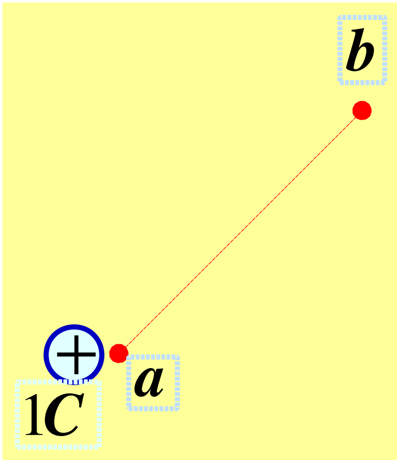
UM VALOR POSITIVO PARA A CORRENTE INDICA FLUXO NO SENTIDO DA SETA



VALOR NEGATIVO INDICA FLUXO NO SENTIDO CONTRÁRIO.

CONVENÇÃO PARA TENSÃO ELÉCTRICA

UMA DEFENIÇÃO PARA VOLT
2 PONTOS TÊM UMA DIFERENÇA DE TENSÃO DE UM VOLT
SE UM COULOMB DE CARGA GANHA (OU PERDE) UM JOULE
DE ENERGIA QUANDO SE MOVIMENTA DE UM PONTO PARA OUTRO



SE A CARGA GANHA ENERGIA
AO IR DE a PARA b ENTÃO b TEM MAIOR TENSÃO
DO QUE a. Se PERDE, ENTÃO b TEM MENOR TENSÃO
DO QUE a.

DIMENSIONALMENTE O VOLT DERIVA DE OUTRAS GRANDEZAS

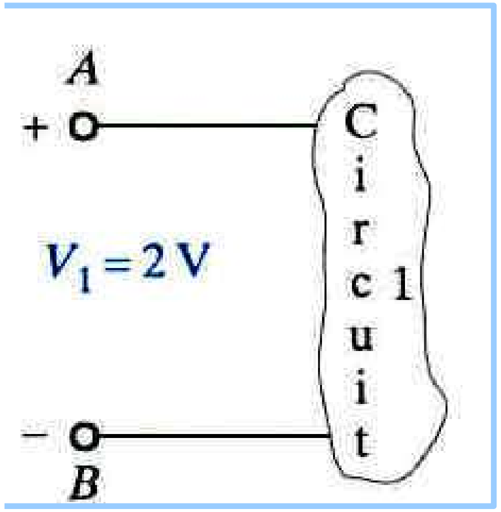
$$\mathrm{VOLT} = \frac{W}{q} = \frac{\mathrm{JOULE}}{\mathrm{COULOMB}} = \frac{\mathrm{N} \bullet \mathrm{m}}{\mathrm{A} \bullet \mathrm{s}}$$

TENSÃO ELÉCTICA É UMA GRANDEZA (RELATIVA) ENTRE 2 PONTOS

É FUNDAMENTAL QUEA NOTAÇÃO ESCLAREÇA QUAL DOS PONTOS TEM MAIOR TENSÃO ELÉCTRICA.

NOTAÇÃO DE DOIS INDÍCES

O primeiro índice indica a tensão positiva.

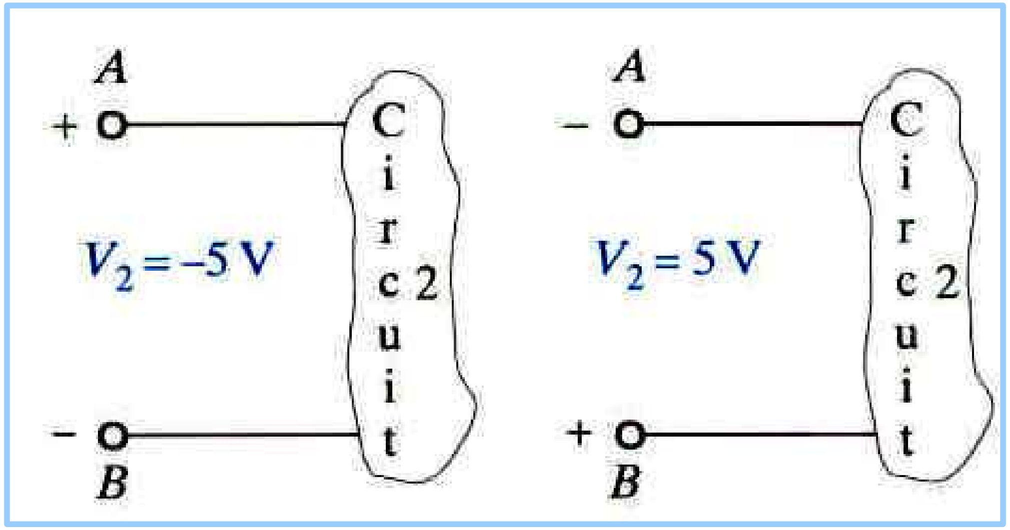


$$V_{AB} = 2V$$

QUAL A ENERGIA NECESSÁRIA PARA MOVER 120C DE B PARA A

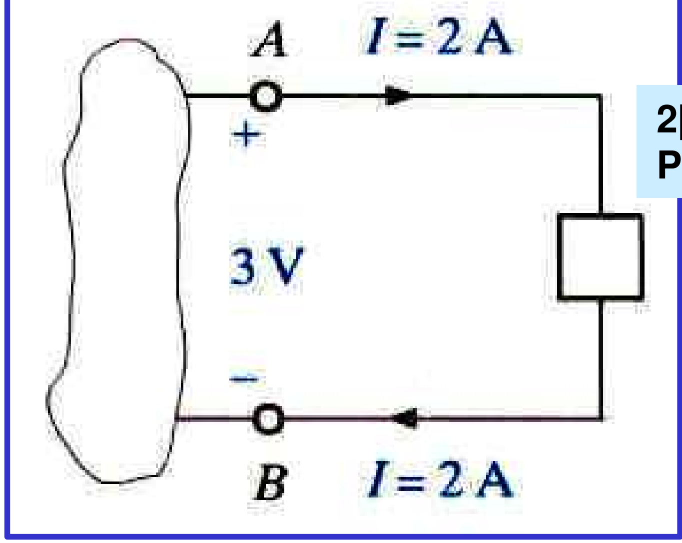
$$V = \frac{W}{Q} \Rightarrow W = VQ = 240J$$

CARGAS MOVERAM-SE PARA UM PONTO DE MAIOR TENSÃO –GANHARAM ENERGY



$$V_{AB} = -5V \qquad V_{AB} = -V_{BA} \qquad V_{BA} = 5V$$

ENERGIA E POTÊNCIA



2[C/s] PASSAM PELO ELEMENTO

CADA COULOMB DE CARGA PERDE 3[J]
OU FORNECE 3[J] DE ENERGIA AO ELEMENTO

O ELEMENTO RECEBE ENERGIA À TAXA DE 6[J/s]

A POTÊNCIA ABSORVIDA PELO ELEMENTO É DE 6[W]

IN GENERAL

$$P = VI$$

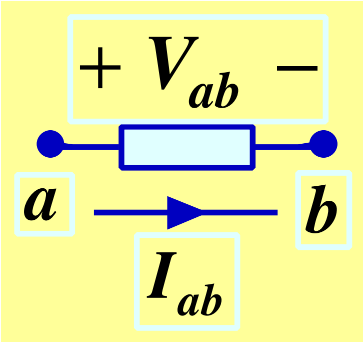
$$w(t_2, t_1) = \int_{t_1}^{t_2} p(x)dx$$

$$vi = \frac{dw}{dq}\frac{dq}{dt} = \frac{dw}{dt} = p$$

COMO SE RECONHECE SE UM ELEMENTO ABSORVE OU FORNECE ENERGIA?

PASSIVE SIGN CONVENTION

POWER RECEIVED IS POSITIVE WHILE POWER SUPPLIED IS CONSIDERED NEGATIVE

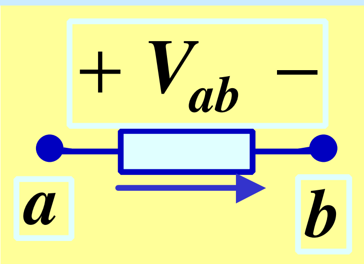


$P = V_{ab} I_{ab}$

IF VOLTAGE AND CURRENT ARE BOTH POSITIVE THE CHARGES MOVE FROM HIGH TO LOW VOLTAGE AND THE COMPONENT RECEIVES ENERGY --IT IS A PASSIVE ELEMENT

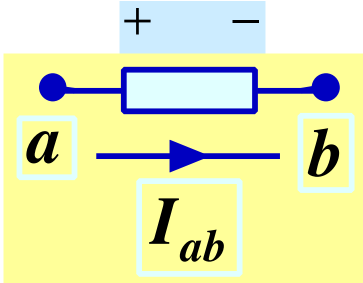
A CONSEQUENCE OF THIS CONVENTION IS THAT THE REFERENCE DIRECTIONS FOR CURRENT AND VOLTAGE ARE NOT INDEPENDENT -- IF WE ASSUME PASSIVE ELEMENTS

GIVEN THE REFERENCE POLARITY



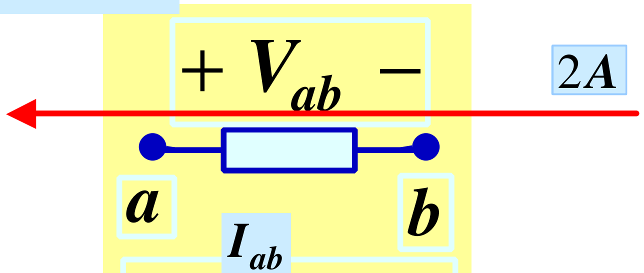
REFERENCE DIRECTION FOR CURRENT

THIS IS THE REFERENCE FOR POLARITY



IF THE REFERENCE DIRECTION FOR CURRENT IS GIVEN

EXAMPLE



$V_{ab} = -10V$

THE ELEMENT RECEIVES 20W OF POWER. WHAT IS THE CURRENT?

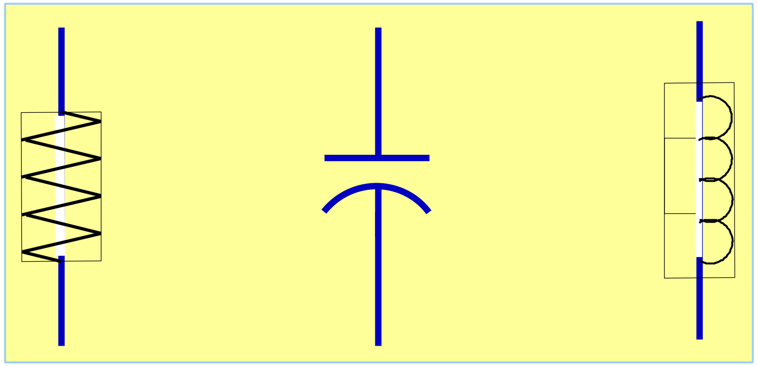
SELECT REFERENCE DIRECTION BASED ON PASSIVE SIGN CONVENTION

$20[W] = V_{ab} I_{ab} = (-10V) I_{ab}$

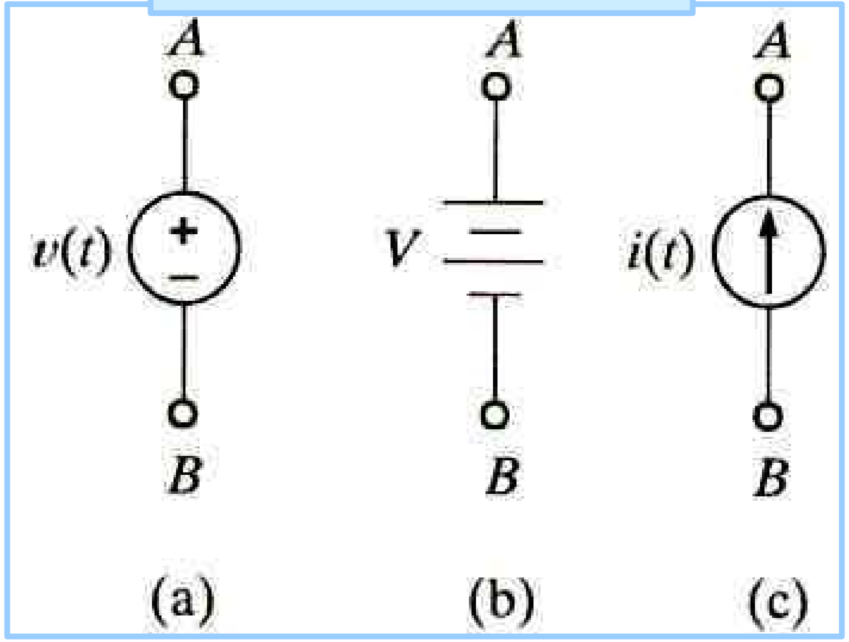
$I_{ab} = -2[A]$

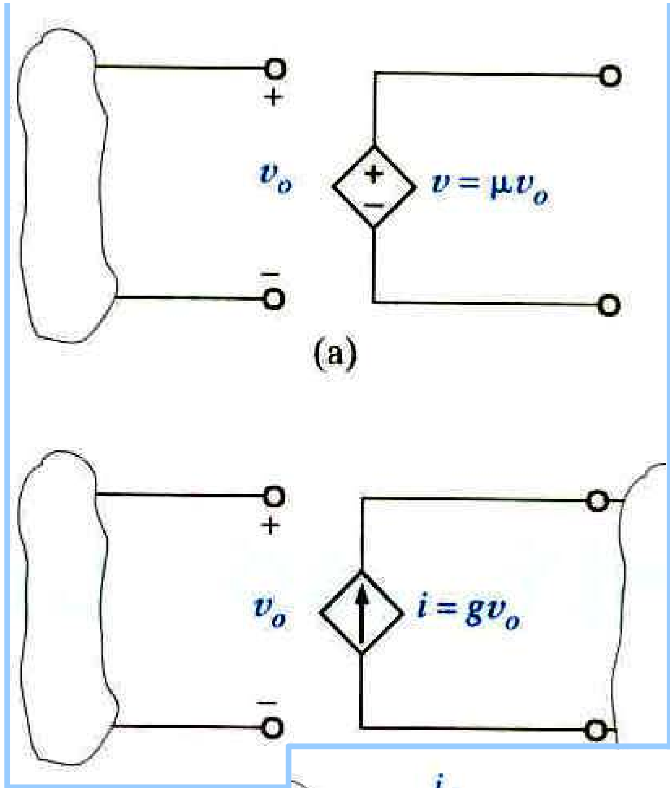
ELEMENTOS DE CIRCUITO

ELEMENTOS PASSIVOS



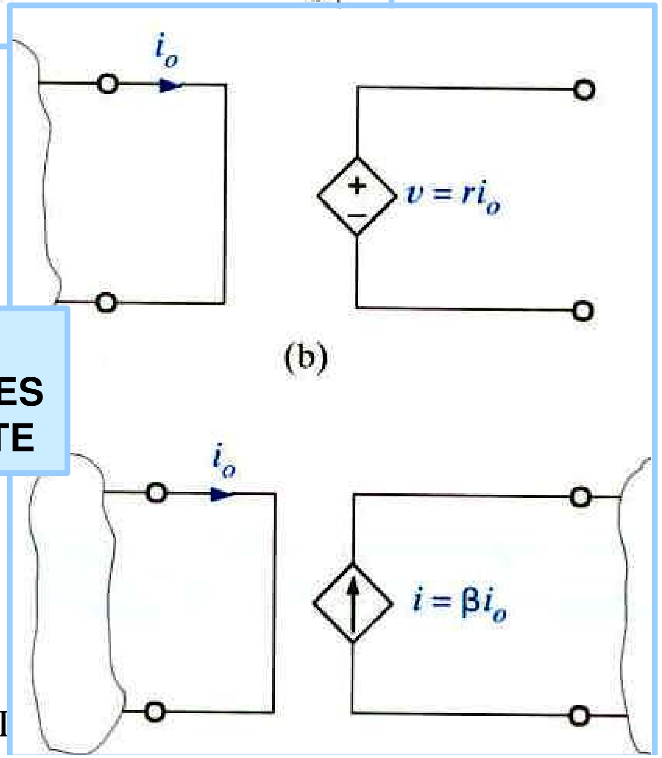
FONTES INDEPENDENTES





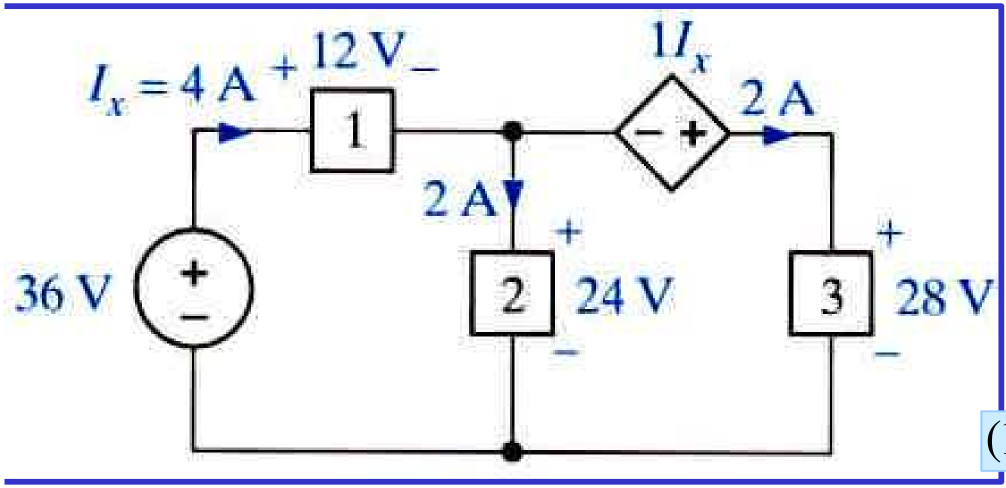
FONTES DEPENDENTES DE TENSÃO

UNIDADES

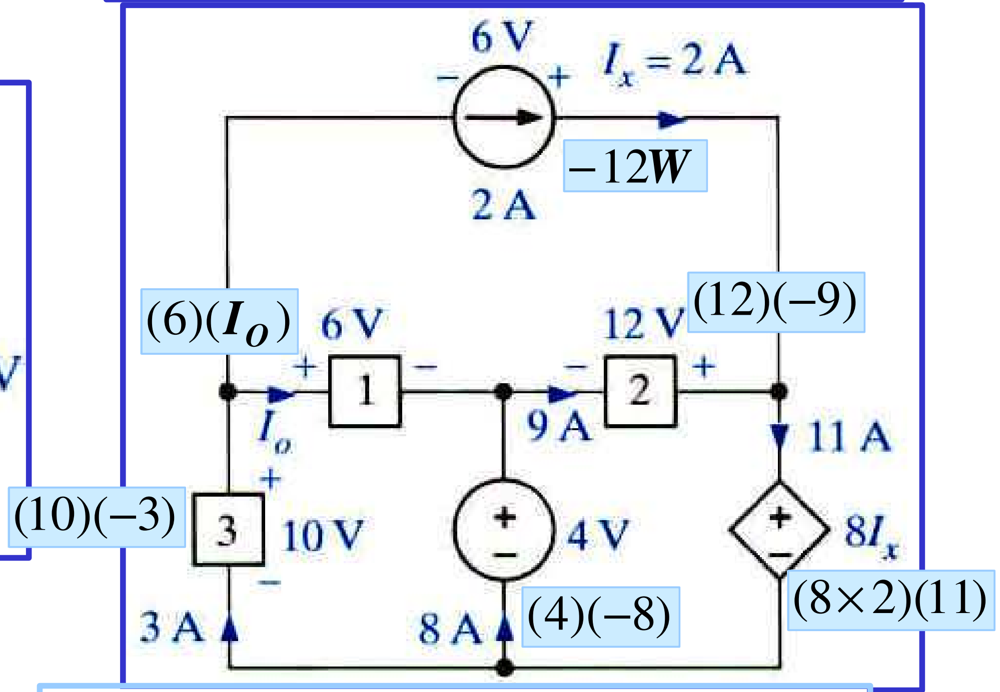


FONTES DEPENDENTES DE CORRENTE

POWER ABSORBED OR SUPPLIED BY EACH ELEMENT



USE POWER BALANCE TO COMPUTE Io



$$P_1 = (12V)(4A) = 48[W]$$

$$P_2 = (24V)(2A) = 48[W]$$

$$P_3 = (28V)(2A) = 56[W]$$

$$P_{DS} = (1I_x)(-2A) = (4V)(-2A) = -8[W]$$

$$P_{36V} = (36V)(-4A) = -144[W]$$

NOTICE THE POWER BALANCE

$$P_{2\,A} = (6)(-2) = -12 \text{ W}$$

$$P_1 = (6)(I_o) = 6I_o \text{ W}$$

$$P_2 = (12)(-9) = -108 \text{ W}$$

$$P_3 = (10)(-3) = -30 \text{ W}$$

$$P_{4\,V} = (4)(-8) = -32 \text{ W}$$

$$P_{DS} = (8I_x)(11) = (16)(11) = 176 \text{ W}$$

POWER BALANCE

$$-12 + 6I_o - 108 - 30 - 32 + 176 = 0$$

$$I_O = 1[A]$$

CIRCUITOS RESISTIVOS

Leis fundamentais para análise de cirtuitos: Ohm KCL KVL

O que devemos aprender hoje!!!!!!!

- LEI de OHM'S –Define o elemento passivo mais simples:resistência

- LEIS KIRCHHOFF'S – leis fundamentais de conservação- KIRCHHOFF CURRENT (KCL) E KIRCHHOFF VOLTAGE (KVL)

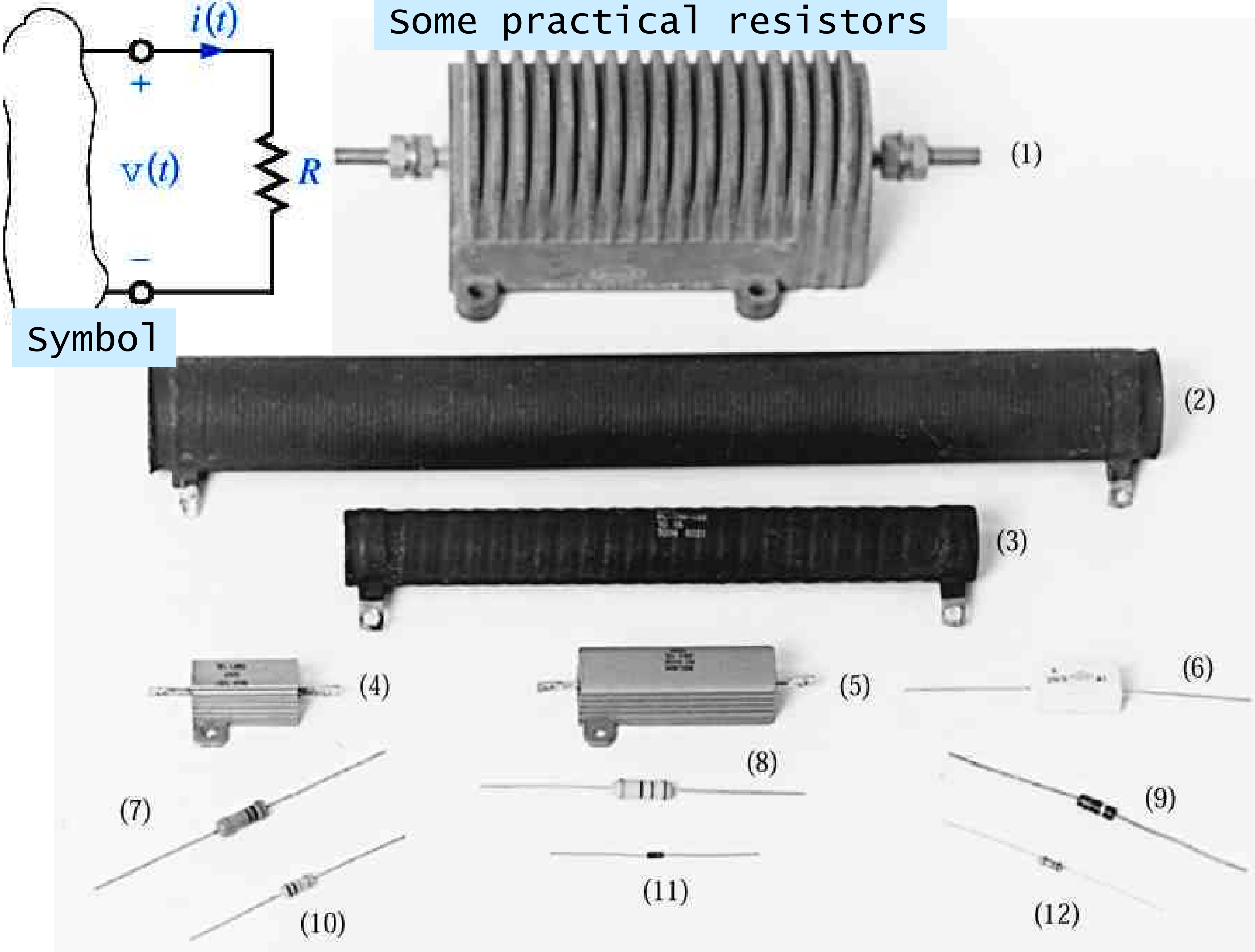
- A prender a analiSar circuitos simples
  - Circ c/ 1 malha- Divisor de tensão
  - Circ c/ 1 nó – Divisor de corrente

- COMBINA^ÇÔES SERIE/PARALLELO – TÉCNICA DE REDUÇÃO DE COMPLEXIDADE EM CIRCUITOS.

- WYE - DELTA TRANSFORMATION – Técnica de redução de circuitos que nao são nem série nem paralelos

- CIRCUITOS COM FONTES DEPENDENTES - (Nada de especial…)

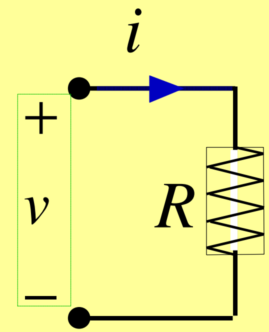
Some practical resistors



Uma resistência linear obede à lei de OHM's

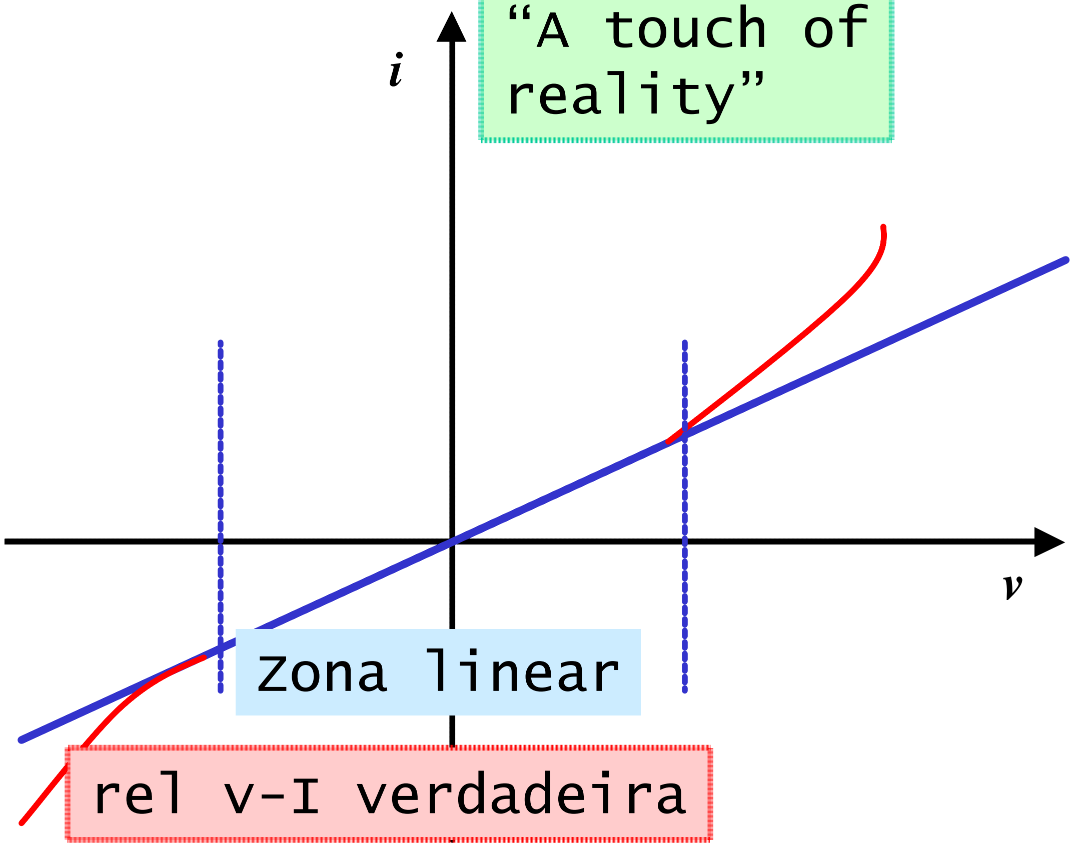
$$v(t) = Ri(t)$$

Reparem na convenção



Circuit Representation

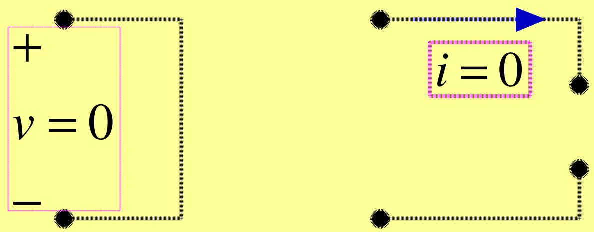
“A touch of reality”



Zona linear

rel v-I verdadeira

Dois casos especiais



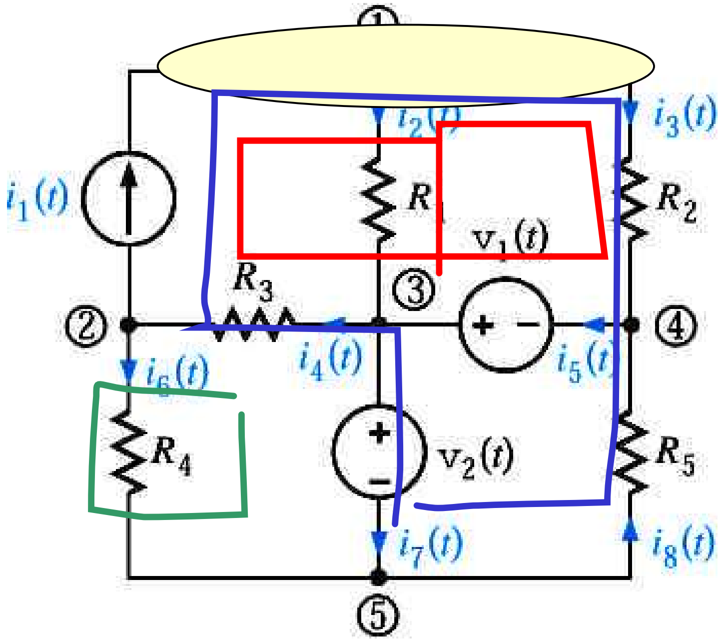
Short Circuit	Open Circuit
$R = 0$	$R = \infty$
$G = \infty$	$G = 0$

KIRCHHOFF CURRENT LAW

ONE OF THE FUNDAMENTAL CONSERVATION PRINCIPLES IN ELECTRICAL ENGINEERING

"CHARGE CANNOT BE CREATED NOR DESTROYED"

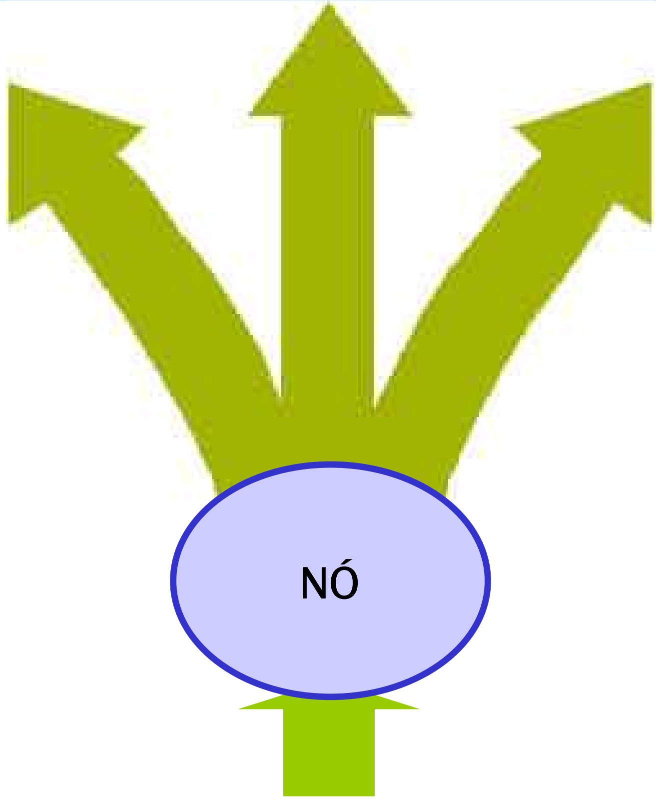
Nós, Ramos, Malhas



UM NÓ LIGA VÁRIOS COMPONENTES MAS NÃO CONCENTRA NENHUMA CARGA.

A CORRENTE TOTAL QUE ENTRA NO NÓ É IGUAL À CORRENTE TOTAL QUE SAI.

(UM PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DE CARGA)



NÓ: junção entre 2 ou mais elementos (e.g., "big" nó 1)

MALHA: um caminho fechado que nunca passa 2 vezes pelo mesmo nó.

O caminho a vermelho NÃO é uma malha

BRANCH: Component connected between two nodes (e.g., component R4)

LEI DE KIRCHHOFF DAS CORRENTES (KCL)

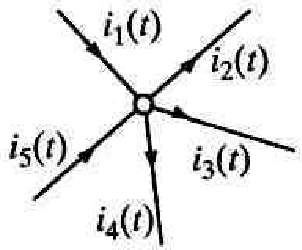
NÓ GENERALIZADO É QUALQUER PARTE DO CIRCUITO ONDE NÃO HÁ CONCENTRAÇÃO DE CARGA. KCL É VALIDA EM SUPERFÍCIES.

SOMA DAS CORRENTES QUE ENTRAM NUM NÓ É IGUAL À SOMA DAS CORRENTES QUE SAEM DO NÓ

SOMA ALGÉBRICA DAS CORRENTES QUE FLUEM DE UM NÓ É ZERO.

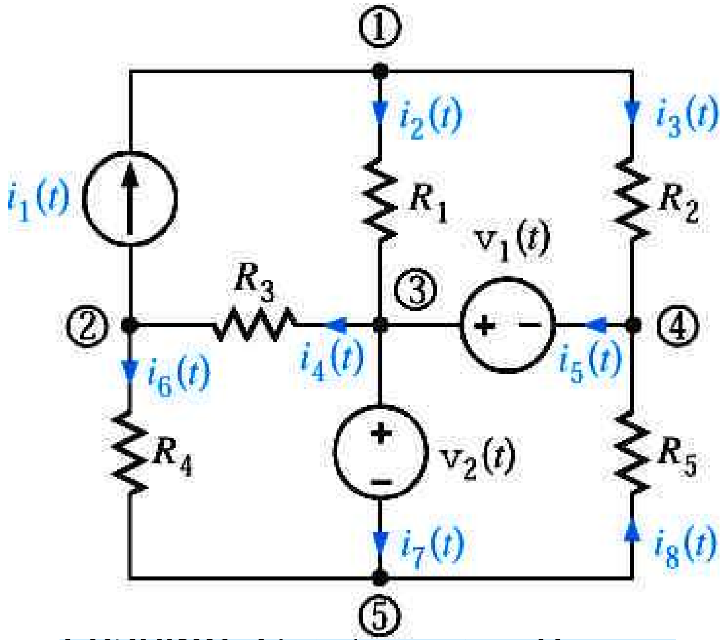
SOMA ALGÉBRICA DAS CORRENTES QUE FLUEM PARA UM NÓ É ZERO.

D2.3 Write the KCL equation for the following node:



$$i_1(t) - i_2(t) - i_3(t) - i_4(t) + i_5(t) = 0$$

... TAMBÉM CONHECIDO POR SUPERNÓ



Leaving 2: $i_1 + i_6 - i_4 = 0$

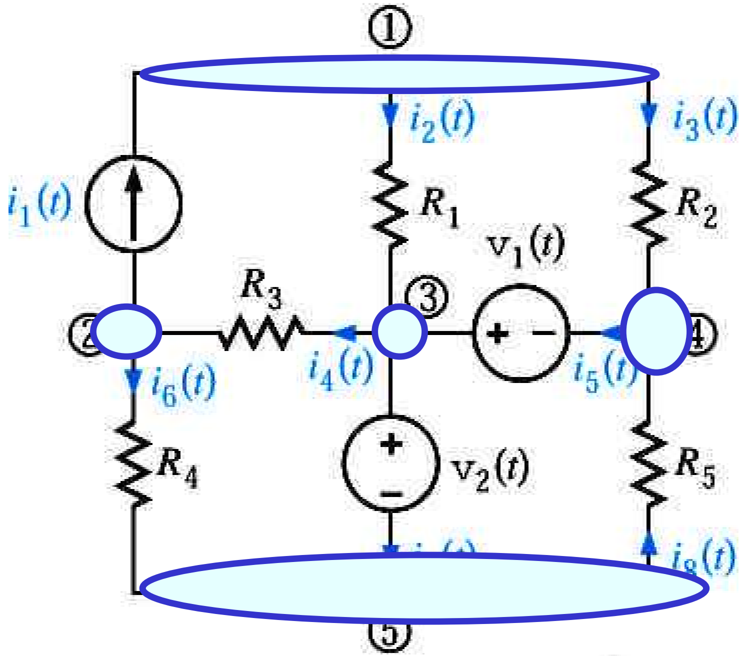
Leaving 3: $-i_2 + i_4 - i_5 + i_7 = 0$

Adding 2 & 3: $i_1 - i_2 - i_5 + i_6 + i_7 = 0$

INTERPRETATION: SUM OF CURRENTS LEAVING NODES 2&3 IS ZERO

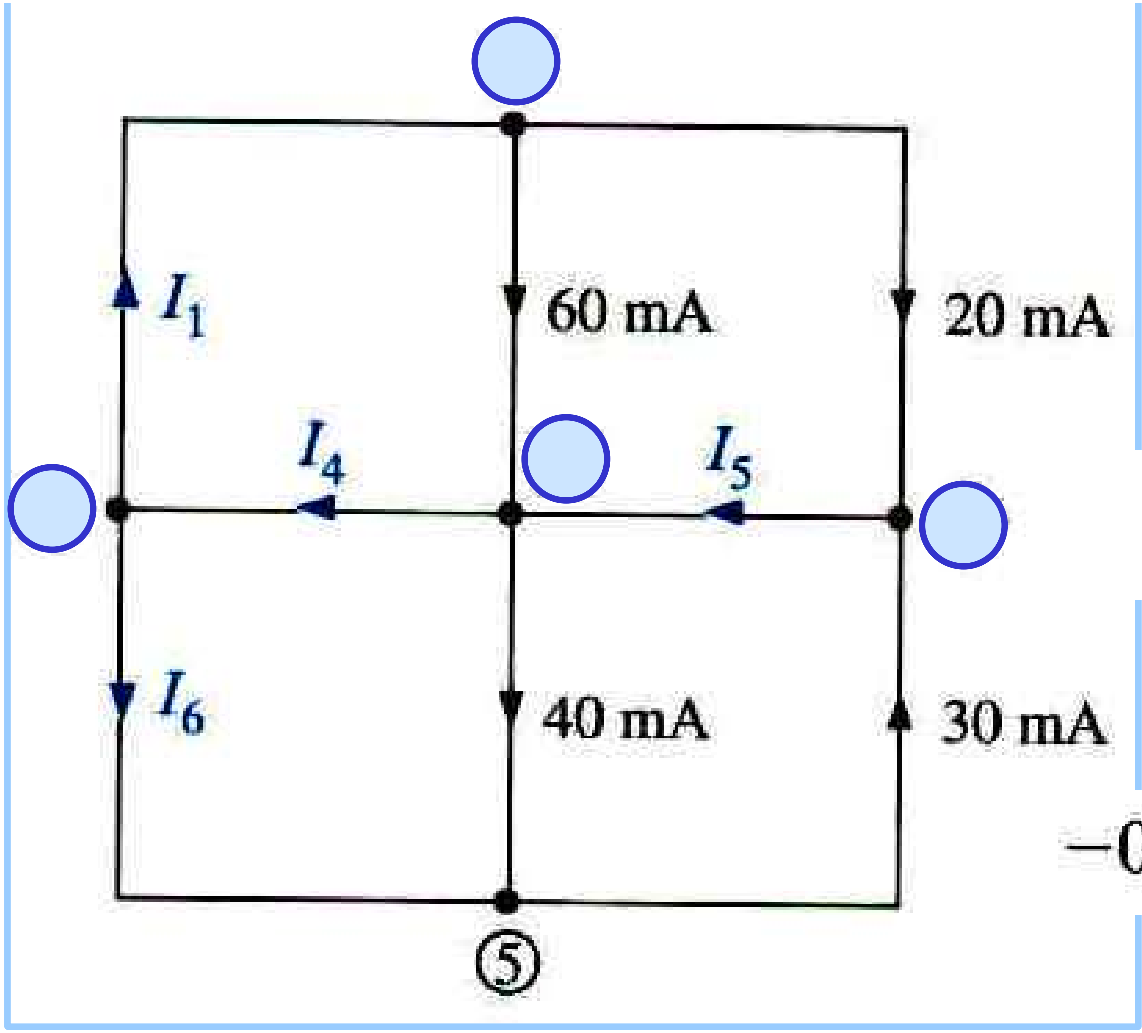
VISUALIZATION: WE CAN ENCLOSE NODES 2&3 INSIDE A SURFACE THAT IS VIEWED AS A GENERALIZED NODE (OR SUPERNODE)

KCL PERMITE CALCULAR AS CORRENTES DESCONHECIDAS…



$$-i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) = 0$$
$$i_1(t) - i_4(t) + i_6(t) = 0$$
$$-i_2(t) + i_4(t) - i_5(t) + i_7(t) = 0$$
$$-i_3(t) + i_5(t) - i_8(t) = 0$$
$$-i_6(t) - i_7(t) + i_8(t) = 0$$

EQ REDUNTANTE…
SOMA DAS 4 ANTERIORES



QUAL VALOR DAS CORRENTES DESCONHECIDAS ?

$$-I_1 + 0.06 + 0.02 = 0$$

$$I_1 - I_4 + I_6 = 0$$

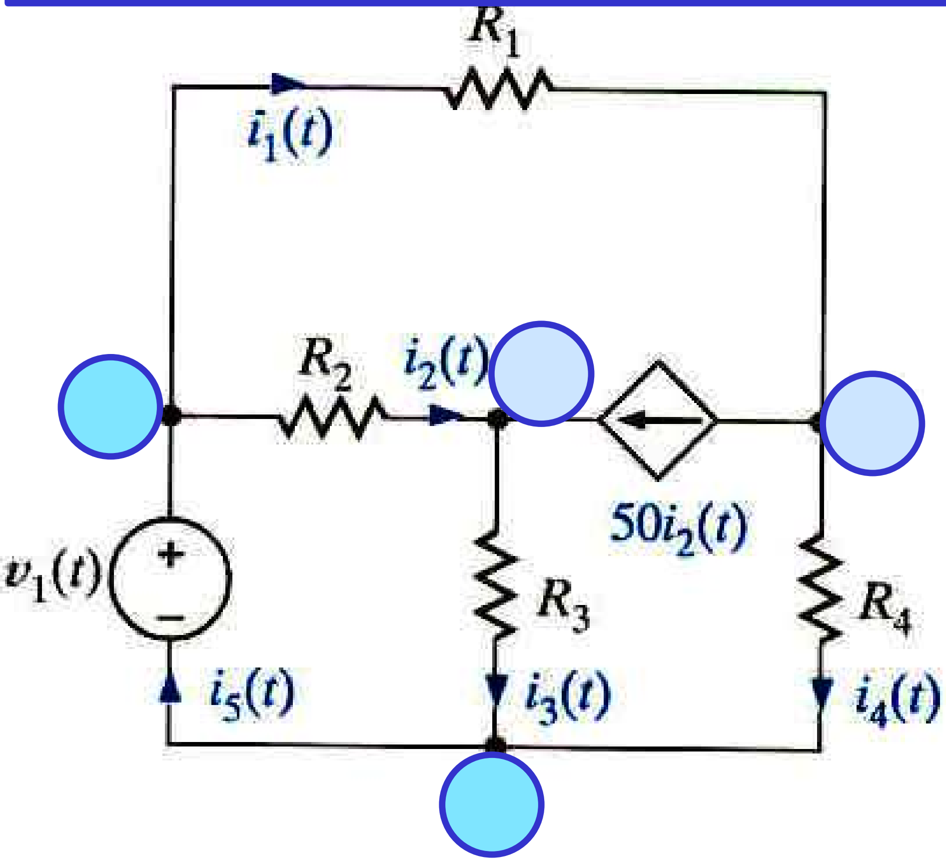
$$-0.06 + I_4 - I_5 + 0.04 = 0$$

$$-0.02 + I_5 - 0.03 = 0$$

KCL DEPENDE APENAS DAS LIGAÇÕES. O TIPO DE COMPONENTE É IRRELEVANTE, ISTO É …

KCL DEPENDE APENAS DA TOPOLOGIA DO CIRCUITO

QUAIS AS EQUAÇÕES KCL DO CIRCUITO ?



$$i_1(t) + i_2(t) - i_5(t) = 0$$

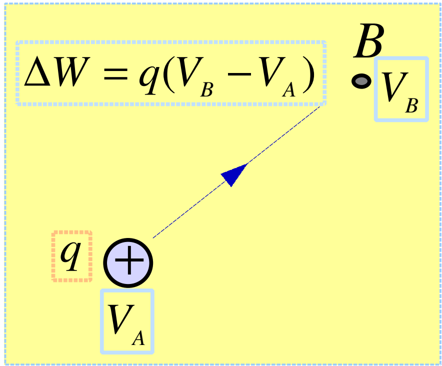
$$-i_2(t) + i_3(t) - 50i_2(t) = 0$$

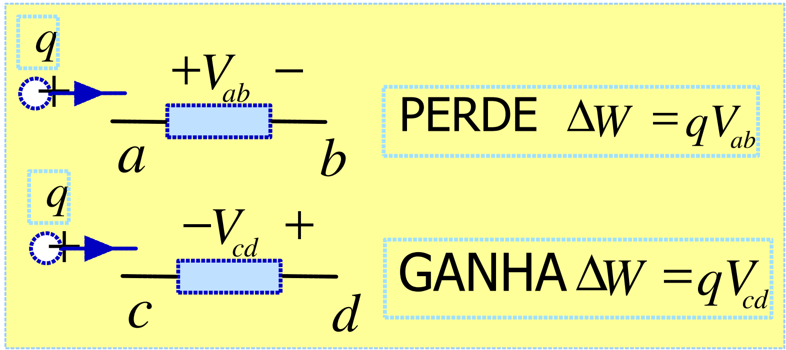
$$-i_1(t) + 50i_2(t) + i_4(t) = 0$$

$$i_5(t) - i_3(t) - i_4(t) = 0$$

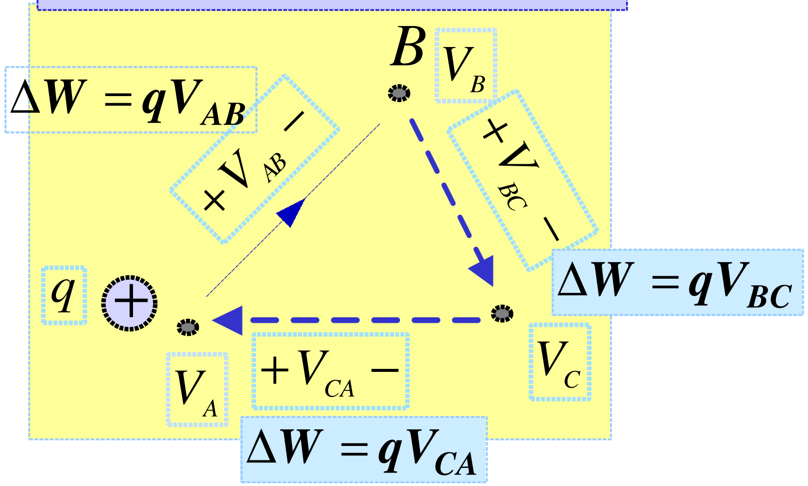
LEI DE KIRCHHOFF DAS TENSÕES (KVL)

KVL É UM PRINCIPIO DE CONS. DE ENERGIA





IMAGINEM ….

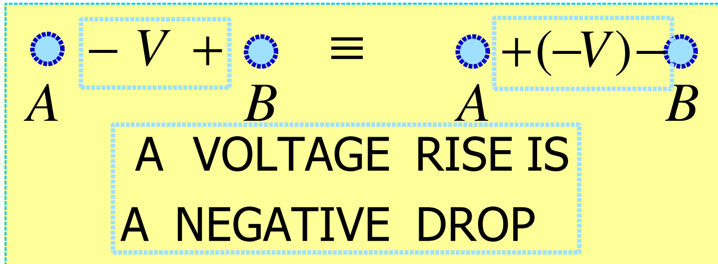


SE A CARGA VOLTA AO PONTO DE PARTIDA, O GANHO DE ENERGIA DEVERÁ SER NULO (rede conservativa)

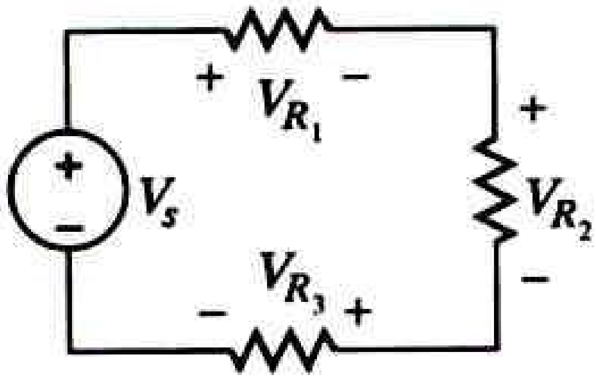
CASO CONTRÁRIO PODERIA ABSORVER OU FORNERCER ENERGIA INFINITA.

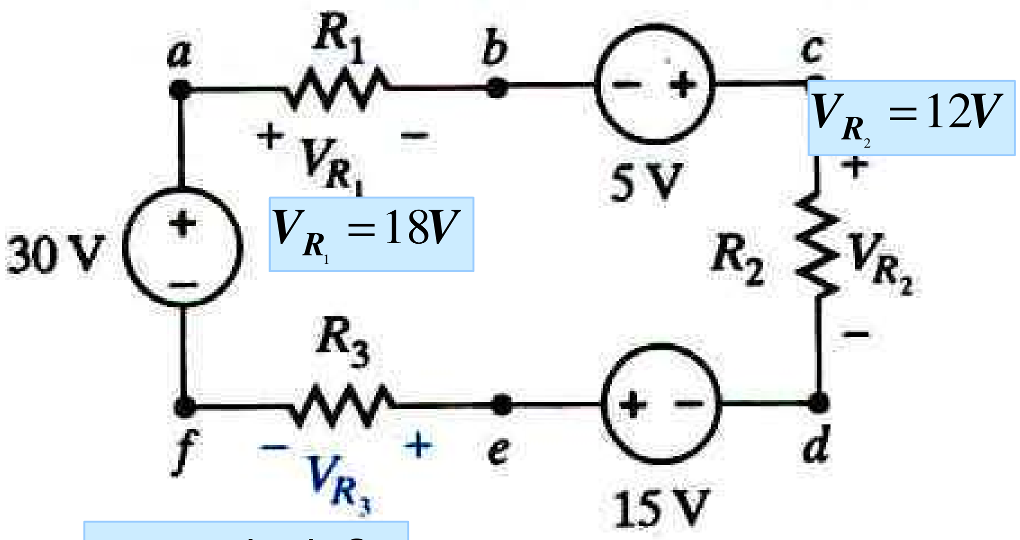
$$q(V_{AB} + V_{BC} + V_{CD}) = 0$$

KVL: A SOMA ALGÉBRICA DAS QUEDAS DE TENSÃO NUMA MALHA SÃO ZERO.



D2.4 Write the KVL equation for the following loop, traveling clockwise:



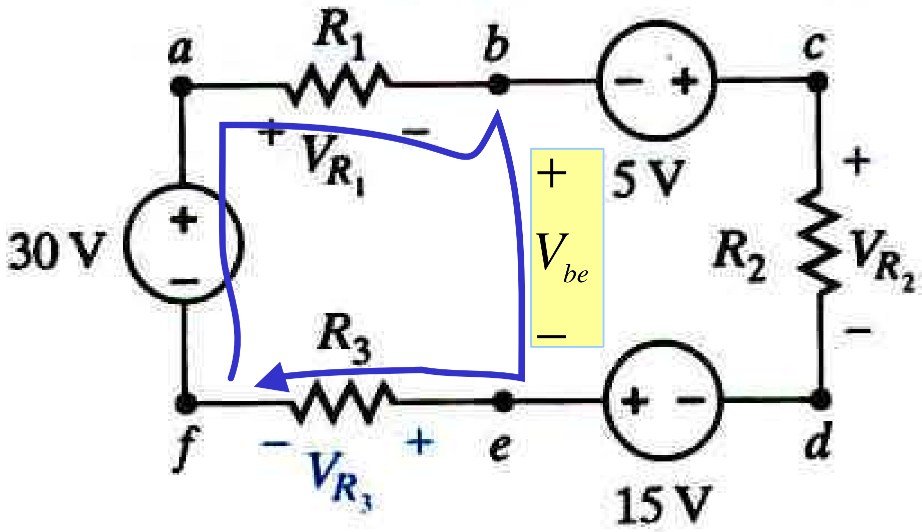


LOOP abcdefa

$$+V_{R_1} - 5 + V_{R_2} - 15 + \boxed{V_{R_3}} - 30 = 0$$

PROBLEM SOLVING TIP: KVL IS USEFUL TO DETERMINE A VOLTAGE - FIND A LOOP INCLUDING THE UNKNOWN VOLTAGE

THE LOOP DOES NOT HAVE TO BE PHYSICAL

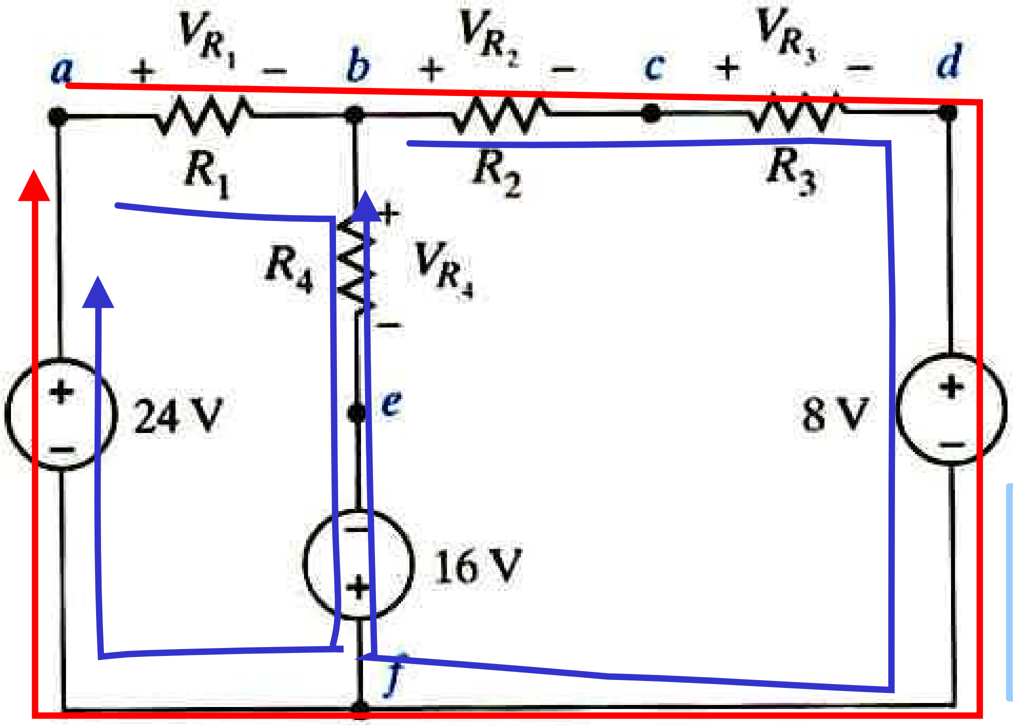


EXAMPLE: V_{R1}, V_{R3} ARE KNOWN
DETERMINE THE VOLTAGE V_{be}

$$V_{R_1} + V_{be} + V_{R_3} - 30[V] = 0$$

NEM TODAS AS EQUAÇÕES KVL SÃO INDEPENDENTES (TAL COMO KCL).

NUMERO DE EQUAÇÕES LINEARMENTE INDEPENDENTES



IN THE CIRCUIT DEFINE

N **NUMBER OF NODES**

B **NUMBER OF BRANCHES**

$N-1$	LINEARLY INDEPENDENT KCL EQUATIONS
$B-(N-1)$	LINEARLY INDEPENDENT KVL EQUATIONS

EXAMPLE: FOR THE CIRCUIT SHOWN WE HAVE N = 6, B = 7.
HENCE THERE ARE ONLY TWO INDEPENDENT KVL EQUATIONS

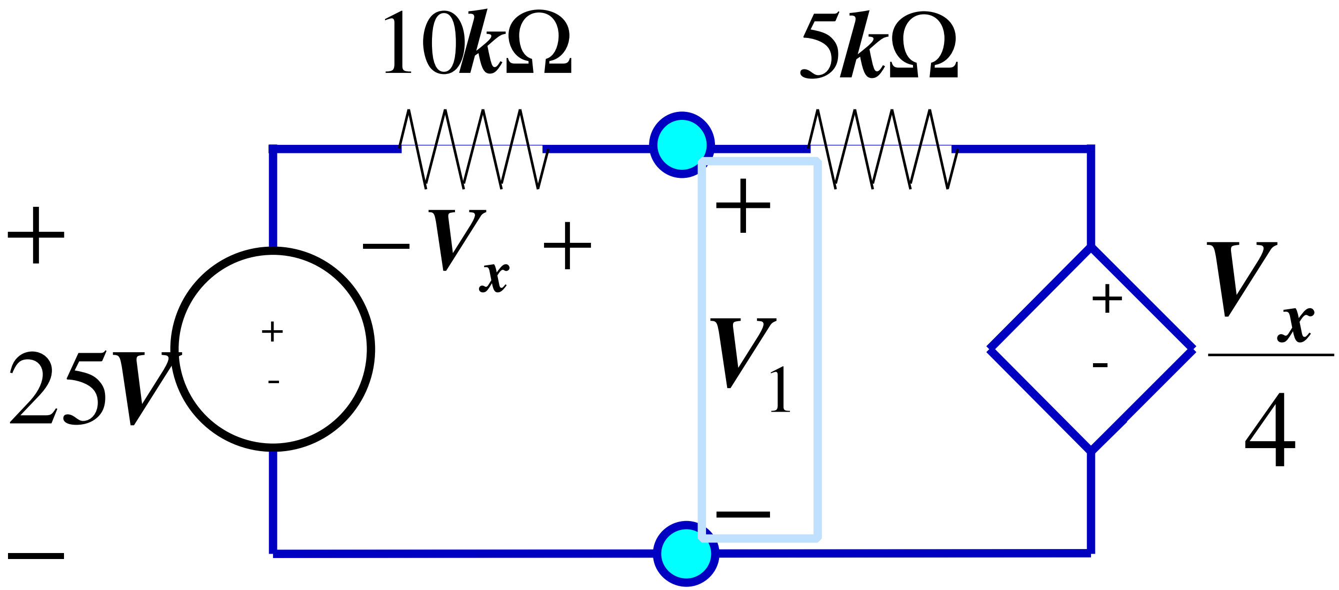
$$V_{R_1} + V_{R_4} - 16 - 24 = 0$$

$$V_{R_2} + V_{R_3} + 8 + 16 - V_{R_4} = 0$$

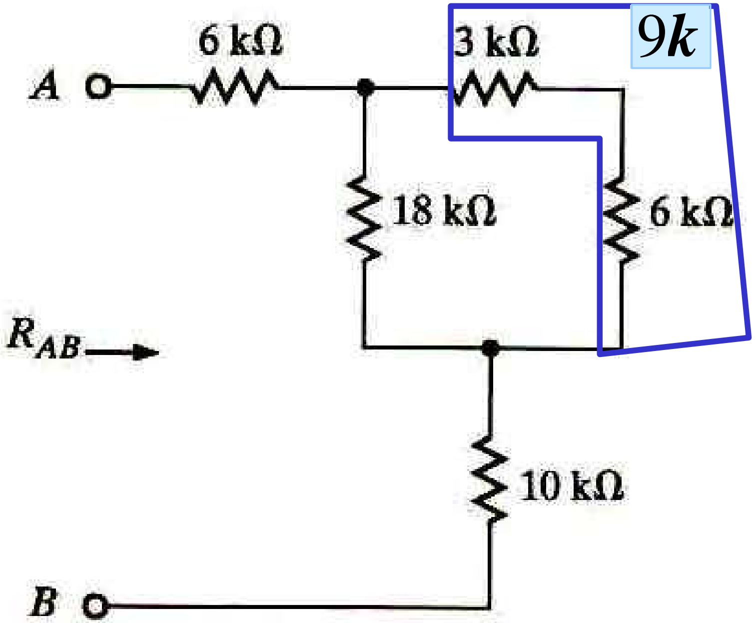
$$\boxed{V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + 8 - 24 = 0}$$

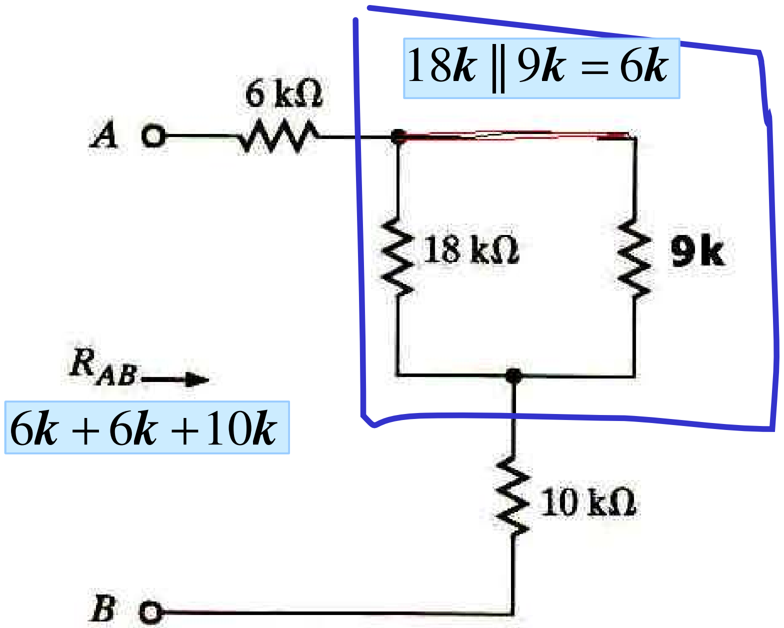
THE THIRD EQUATION IS THE SUM OF THE OTHER TWO!!

There are no loops with only one unknown!!!

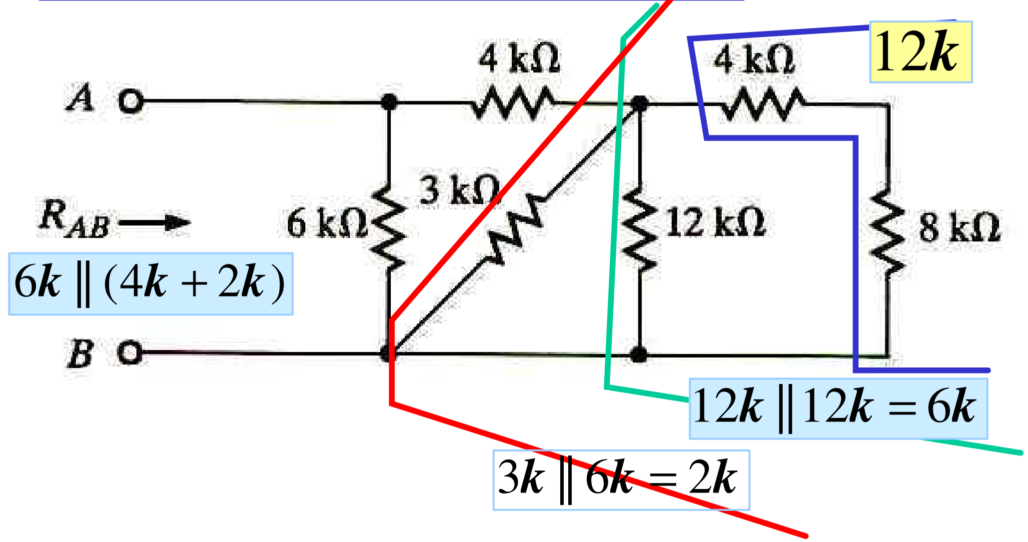


Combinações serie paralelo





AN EXAMPLE WITHOUT REDRAWING



RESISTORS ARE IN SERIES IF THEY CARRY EXACTLY THE SAME CURRENT

RESISTORS ARE IN PARALLEL IF THEY ARE CONNECTED EXACTLY BETWEEN THE SAME TWO NODES

Método dos nós e das malhas

objectivos

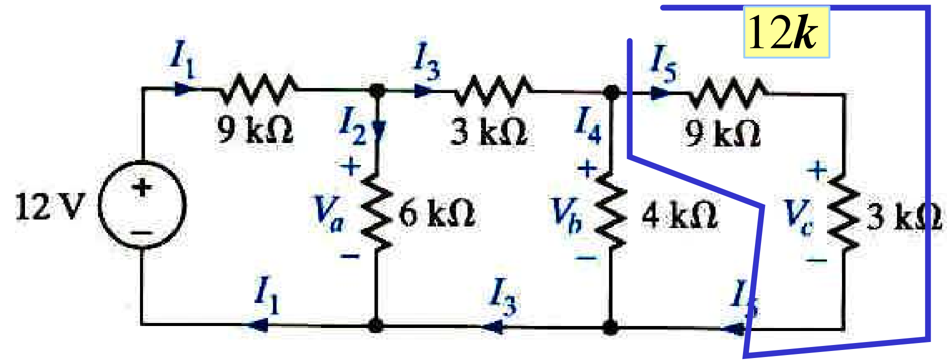
Análise nodal
Análise nas malhas

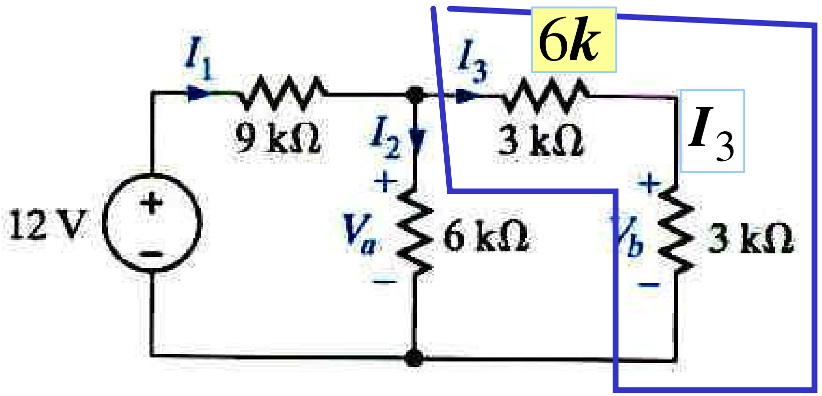
Desenvolver técnicas sistemáticas de determinação das Tensões e correntes no circuito.

ANÁLISE NODAL

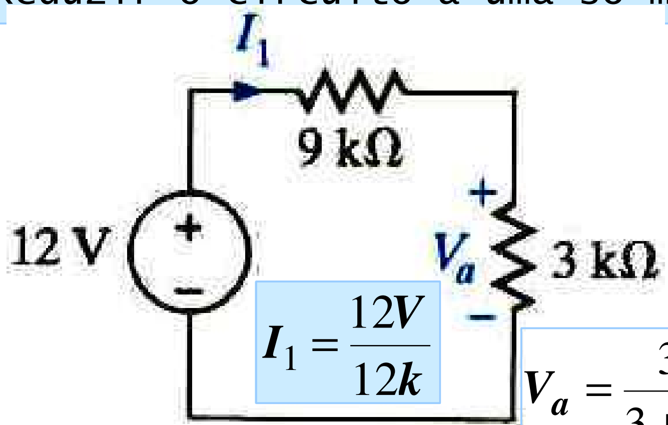
As variáveis utilizadas para descrever o circuito são As "Tensões Nodais".
-- A tensão de cada nó do circuito relativamente a um nó de referência.

We wish to find all the currents and voltages labeled in the ladder network shown





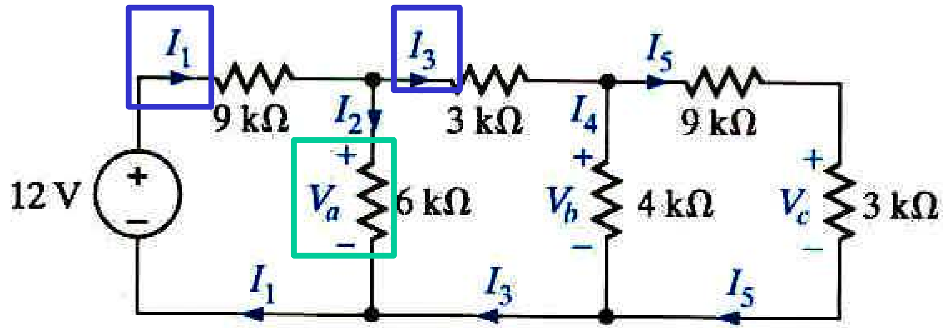
1 - Reduzir o circuito a uma só malha.



$$I_1 = \frac{12V}{12k}$$

$$V_a = \frac{3}{3+9}(12)$$

2 - “BACKTRACK” USANDO KVL, KCL OHM’S



OHM'S: $I_2 = \frac{V_a}{6k}$

KCL: $I_1 - I_2 - I_3 = 0$

OHM'S: $V_b = 3k * I_3$

…OTHER OPTIONS...

$$I_4 = \frac{12}{4+12} I_3$$

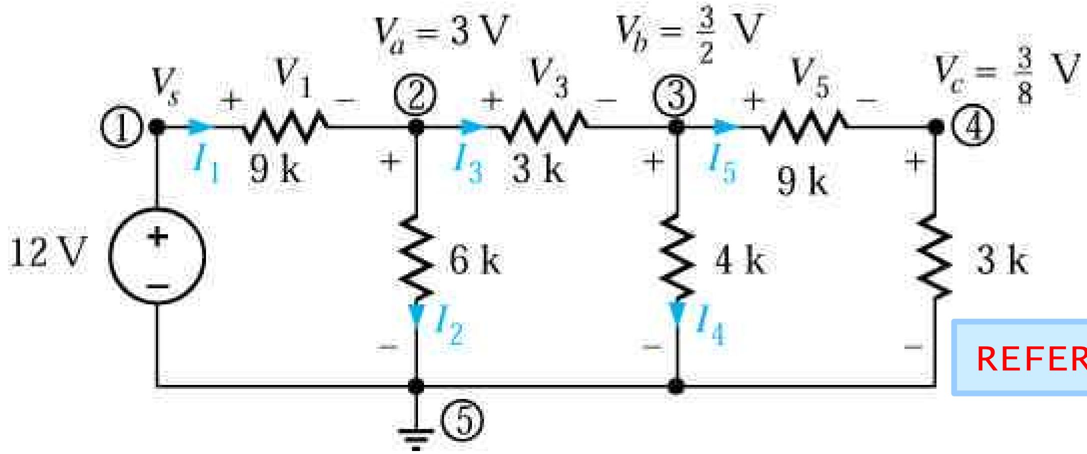
$$V_b = 4k * I_4$$

KCL: $I_5 + I_4 - I_3 = 0$

OHM'S: $V_C = 3k * I_5$

A PERSPECTIVA DA ANÁLISE NODAL: EXPRIMIR TENSÕES NAS RESIST. FUNÇÃO DAS TENSÕES NODAIS

5 NÓS: 1 DE REF. LOGO SOBRAM 4 TENSÕES NODAIS POR DETERMINAR.



REFERENCE

$$V_1 = V_S - V_a$$
$$-V_S + V_1 + V_a = 0$$

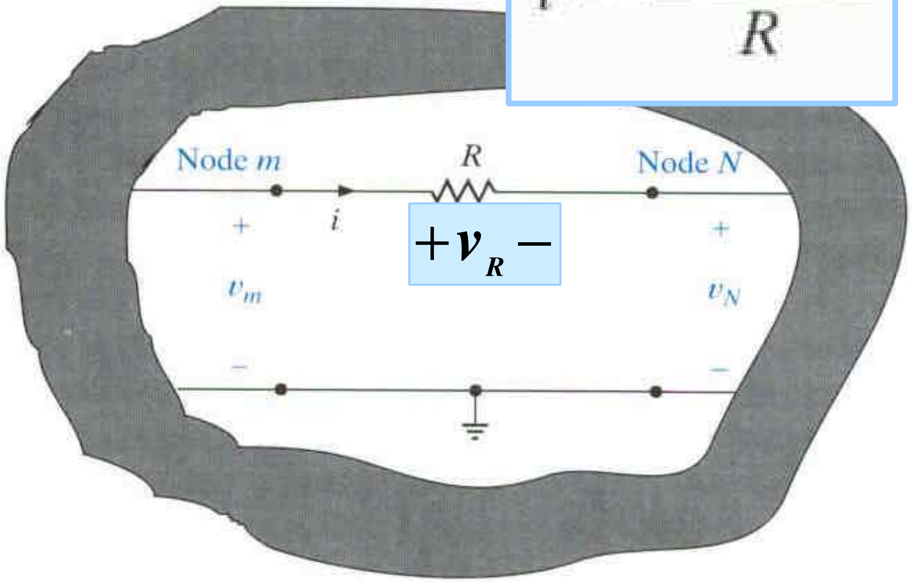
$$V_3 = V_a - V_b$$
$$-V_a + V_3 + V_b = 0$$

$$V_5 = V_b - V_c$$
$$-V_c - V_5 + V_b = 0$$

SABENDO AS TENSÕES CALCULAM-SE AS CORRENTES RECORRENDO À LEI DE OHM'S

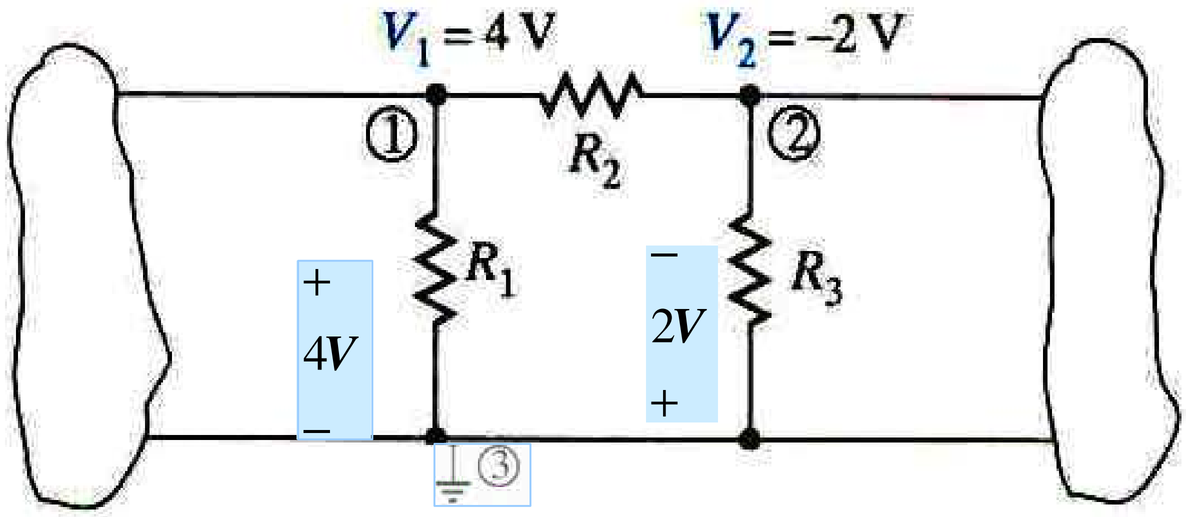
$$v_R = v_m - v_N$$

$$i = \frac{v_m - v_N}{R}$$



TEOREMA: SE AS TENSÕES DOS NÓS RELATIVAMENTE A UM NÓ REFERÊNCIA SÃO CONHECIDAS … PODE SABER-SE TUDO SOBRE O CIRCUITO

DEFINIR O NÓ DE REFERÊNCIA É VITAL



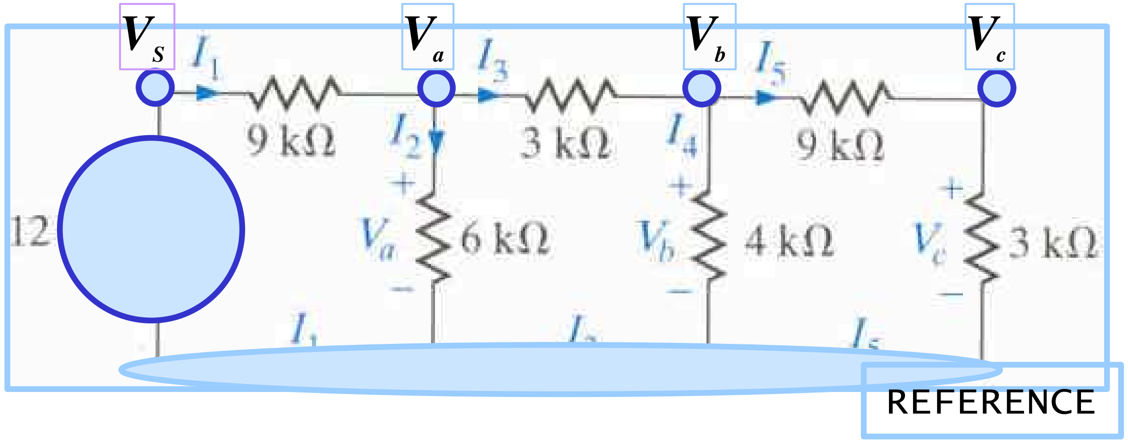
DIZER QUE V1=4V É DISPARATE. . . .

ATÉ QUE SE DEFINA O PONTO DE REFERÊNCIA!

POR CONVENÇÃO O SÍMBOLO DE TERRA (MASSA) INDICA O PONTO DE REFERÊNCIA (NÓ)

<u>TODAS AS TENSÕES SÃO RELATIVAS AO PONTO DE REFERÊNCIA</u>

ESTRATÉGIA PARA ANÁLISE NODAL



1. INDENTIFIQUE TODOS OS NÓS E ESCOLHA O DE REFERÊNCIA.

2. IDENTIFIQUE TENSÕES CONHECIDAS

3. EM CADA NÓ (C/V DESCONHECIDO ESCREVAA EQ. KCL EQUATION (e.g.,SOMA CORRENTES SAEM =0)

4. SUBSTITUA CORRENTES POR TENSÕES DOS NÓS ATRAVÉS LEI DE OHM.

OBTÉM-SE CONJUNTO DE EQUAÇÕES ALGÉBRICAS NAS TENSÕES DOS NÓS ... RESOLVER USANDO QQ. MÉTODO!

$$@V_a: \quad -I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$\frac{V_a - V_s}{9k} + \frac{V_a}{6k} + \frac{V_a - V_b}{3k} = 0$$

$$@V_b: \quad -I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

$$\frac{V_b - V_a}{3k} + \frac{V_b}{4k} + \frac{V_b - V_c}{9k} = 0$$

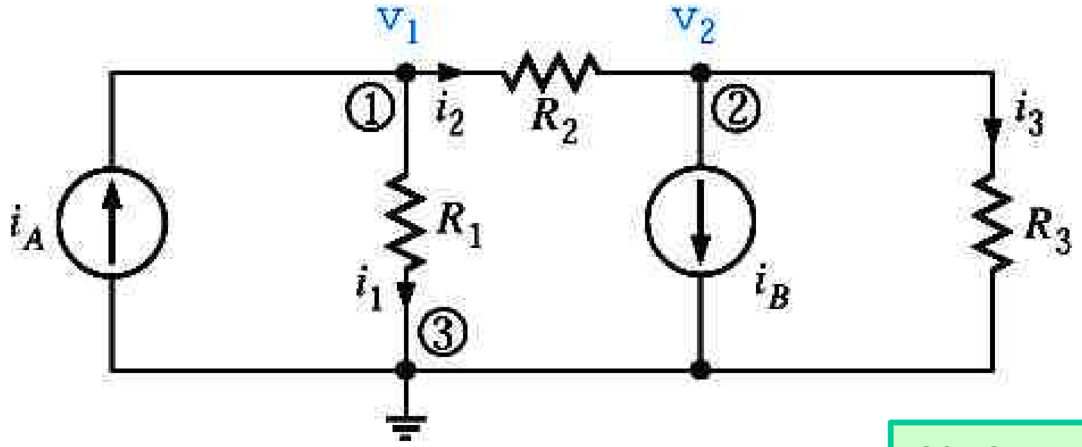
$$@V_c: \quad -I_5 + I_6 = 0$$

$$\frac{V_c - V_b}{9k} + \frac{V_c}{3k} = 0$$

<u>SHORTCUT:</u> ESTAS EQ. SÓ PRECISAM DE EXISTIR NA SUA CABEÇA...

TREINE ESCREVENDO ESTAS DIRECTAMENTE.

CIRCUITOS APENAS COM FONTES DE CORRENTE INDEPENDENTES.



@ NODE 1

CONSELHO: A NOTAÇÃO FICA MAIS CLARA SE UTILIZARMOS CONDUTÂNCIAS EM VEZ DE RESISTÊNCIAS.

REORDERING TERMS

$$(G_1 + G_2)v_1 - G_2 v_2 = i_A$$

@ NODE 2

REORDERING TERMS

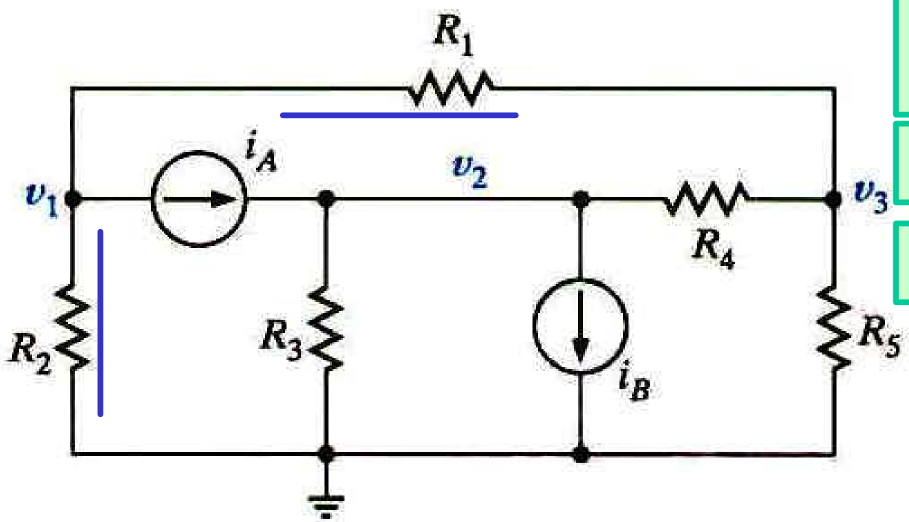
$$-G_2 v_1 + (G_2 + G_3)v_2 = -i_B$$

O MODELO PARA O CIRCUITO É UM CONJUNTO DE EQ. ALGÉBRICAS.

$$\begin{aligned}(G_1 + G_2)v_1 - G_2 v_2 &= i_A \\ -G_2 v_1 + (G_2 + G_3)v_2 &= -i_B\end{aligned}$$

SISTEMAS DE EQUAÇÕES ALGÉBRICAS SÃO EFICIENTEMENTE TRATADAS UTILIZANDO ÁLGEBRA DE MATRIZES…

MANEIRA EXPEDITA DE ESCREVER EQ.



CIRCUITOS APENAS COM FONTES INDEPENDENTES A MATRIZ É SIMÉTRICA

ELEMENTOS DA DIAGONAL SÃO POSITIVOS

ELEMENTOS FORADA DIAGONAL SÃO NEGATIVS

Conductances connected to node 1

Conductances between 1 and 2

Conductances between 1 and 3

Conductances between 2 and 3

$$v_1\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)-v_2(0)-v_3\left(\frac{1}{R_1}\right)=-i_A$$

$$-v_1(0)+v_2\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)-v_3\left(\frac{1}{R_4}\right)=i_A-i_B$$

$$-v_1\left(\frac{1}{R_1}\right)-v_2\left(\frac{1}{R_4}\right)+v_3\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}\right)=0$$

VÁLIDO PARA CIRCUITOS SEM FONTES DEPENDENTES

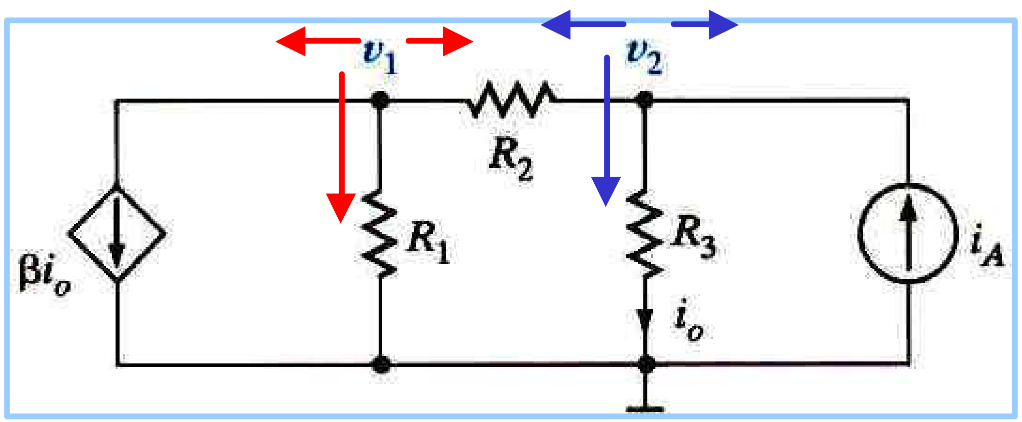
$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & 0 & -\frac{1}{R_1} \\ 0 & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_4} \\ -\frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_4} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} -i_A \\ i_A-i_B \\ 0 \end{bmatrix}$$

CIRCUITOS COM FONTES DEPENDENTES

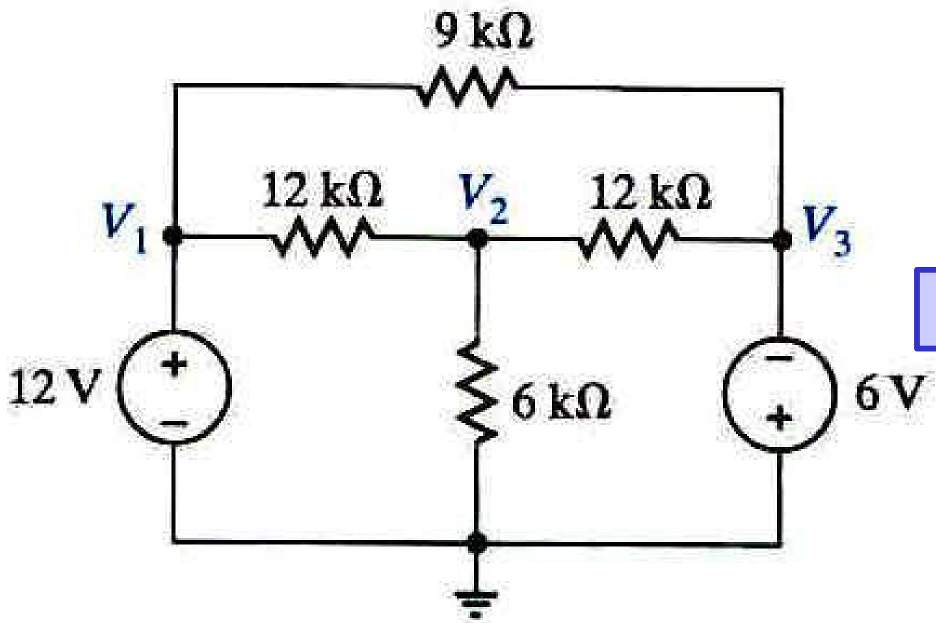
CIRCUITOS COM FONTES DEPENDENTES NÃO SE PODE USAR O MÉTODO EXPEDITO… A SIMETRIA É PERDIDA.

<u>PROCEDIMENTO</u>

- ESCREVER AS EQUAÇÕES DOS NÓS TRATANDO AS FONTES DEPENDENTES COMO SE FOSSEM INDEPENDENTES.
- POR CADA FONTE DEPENDENTES, ESCREVE-SE UMA EQ. EXTRA COM A EQUAÇÃO DE CONTROLO DA FONTE EM FUNÇÃO DAS TENSÕES NODAIS

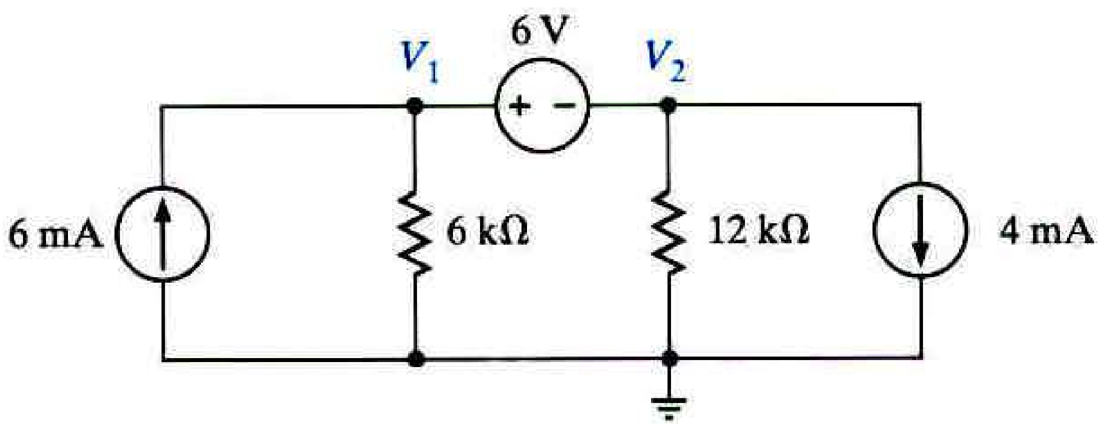


CIRCUITOS COM FONTES INDEPENDENTES DE TENSÃO



SÓ É NECESSÁRIO 1 KCL

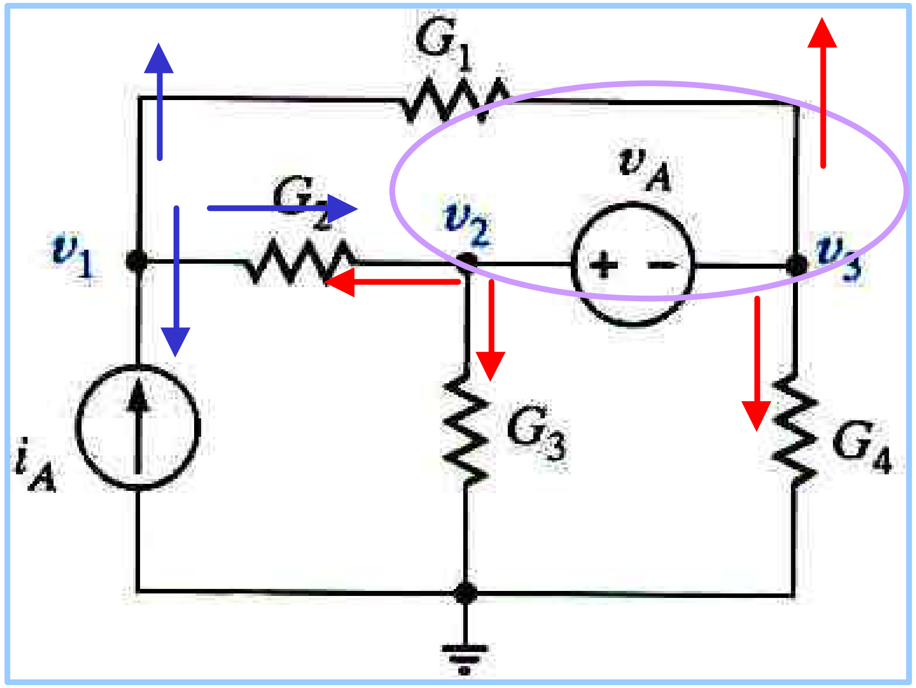
A TÉCNICA DO SUPERNÓ



The supernode technique

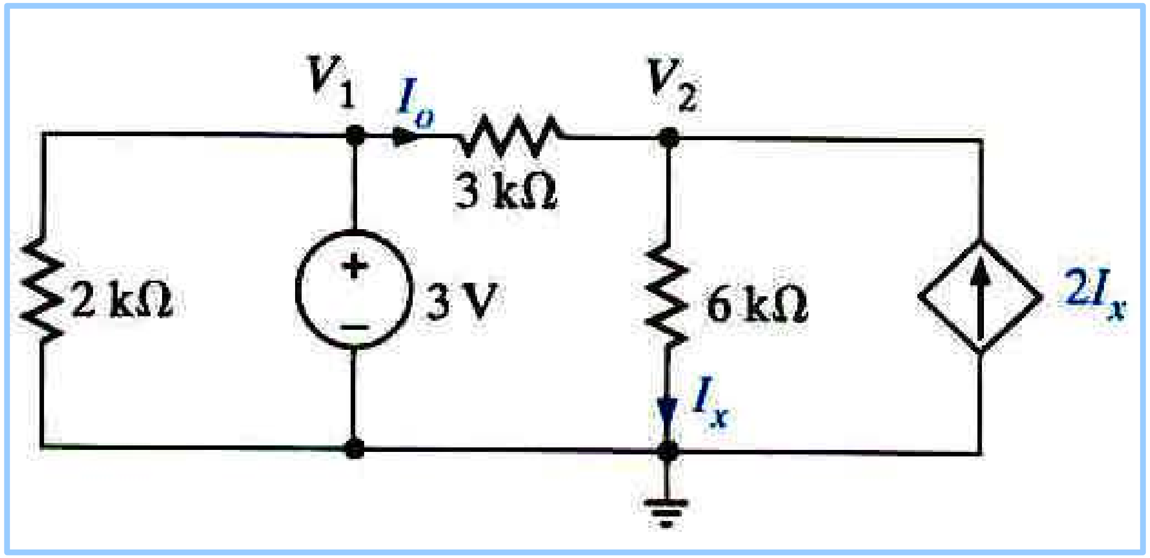
- Used when a branch between two nonreference nodes contains a voltage source.
- First encircle the voltage source and the two connecting nodes to form the supernode.
- Write the equation that defines the voltage relationship between the two nonreference nodes as a result of the presence of the voltage source. $@\, v_1$
- Write the KCL equation for the supernode.
- If the voltage source is dependent, then the controlling equation for the dependent source is also needed.

WRITE THE NODE EQUATIONS

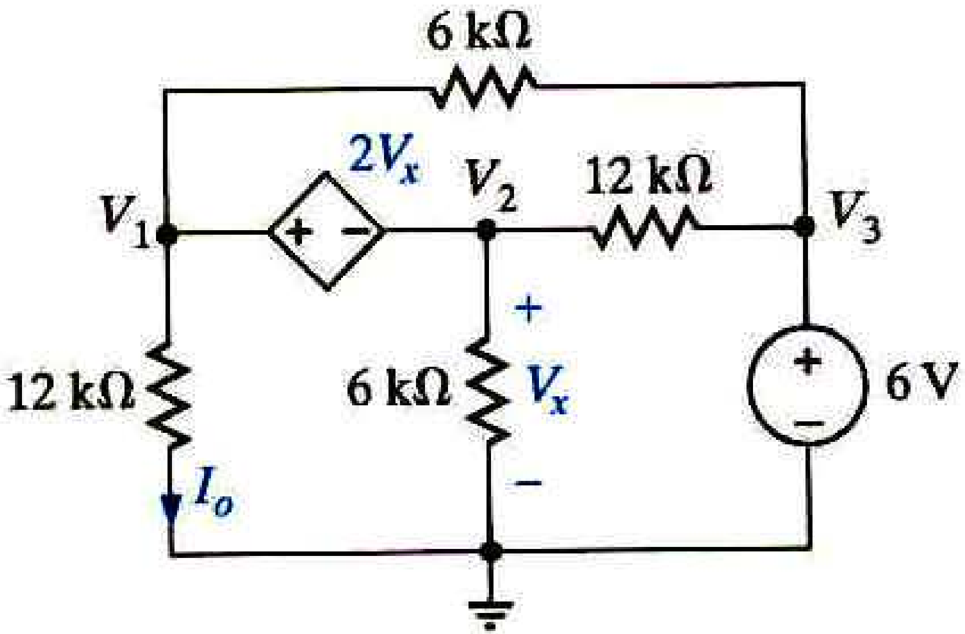


CIRCUITS WITH DEPENDENT SOURCES PRESENT NO SIGNIFICANT ADDITIONAL COMPLEXITY. THE DEPENDENT SOURCES ARE TREATED AS REGULAR SOURCES

WE MUST ADD ONE EQUATION FOR EACH CONTROLLING VARIABLE



V1
Io
3 kΩ
V2
2 kΩ
3 V
6 kΩ
2Ix
Ix



6 kΩ
2Vx
V2
12 kΩ
V1
V3
12 kΩ
6 kΩ
Vx
6 V
Io

MÉTODO DAS MALHAS

A segunda técnica sistemática de determinação de V's e I's...

- também a que permite criatividade

IT IS DUAL TO NODE ANALYSIS - IT FIRST DETERMINES ALL CURRENTS IN A CIRCUIT AND THEN IT USES OHM'S LAW TO COMPUTE NECESSARY VOLTAGES

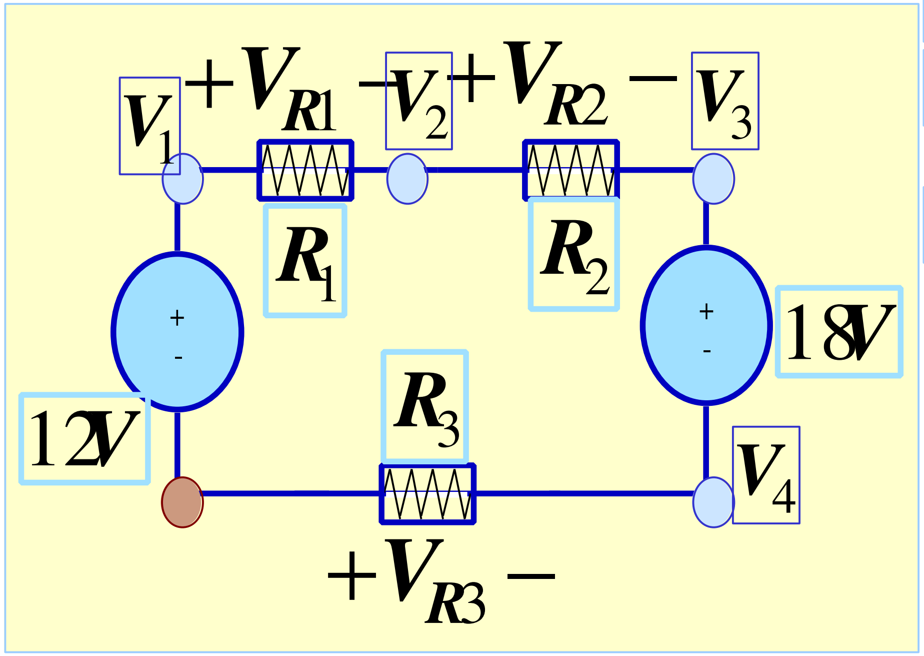
THERE ARE SITUATION WHERE NODE ANALYSIS IS NOT AN EFFICIENT TECHNIQUE AND WHERE THE NUMBER OF EQUATIONS REQUIRED BY THIS NEW METHOD IS SIGNIFICANTLY SMALLER

PELO MÉTODO DOS NÓS . . .

4 NÓS

1 SUPERNÓ

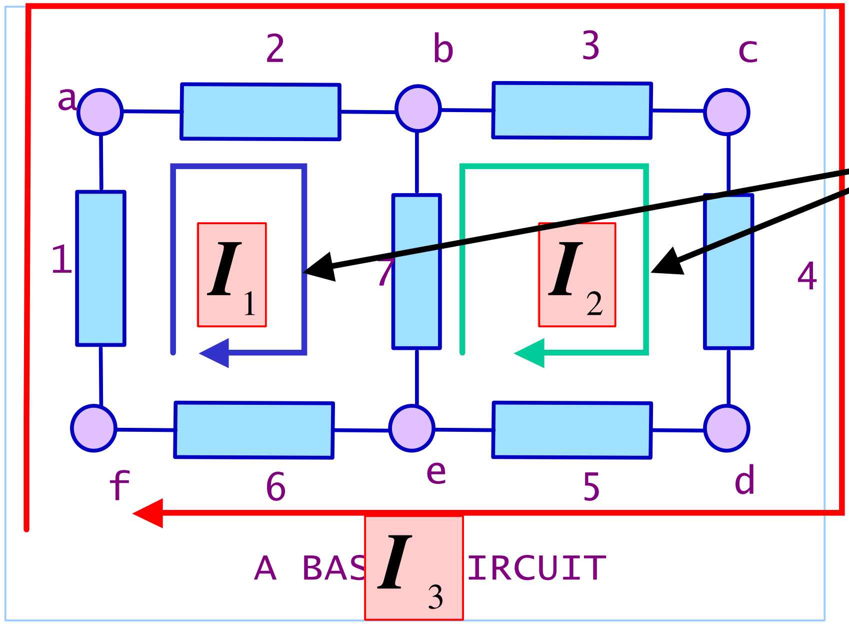
1 FONTE DE TENSÃO LIGADA A MASSA



MÉTODO DOS NÓS = 3 EQUAÇÕES

… MAS SÓ HA UMA ÚNICA CORRENTE QUE FLUI POR TODOS OS COMPONENTES.
SE FICAR DETERMINADA SABEMOS TODAS AS TENSÕES

APLICANDO KVL…



MALHA: CAMINHO FECHADO QUE NÃO PASSA 2 VEZES PELO MESMO NÓ.
MALHAS INTERIORES SÃO CIRCULAÇÕES SEM ELEMENTOS NO SEU INTERIOR

CORRENTE DE MALHA: CORRENTE <u>FICTÍCIA</u> QUE FLUI (À VOLTA) NUMA MALHA.

I_1, I_2, I_3 SÃO CORRENTES DE MALHA

<u>AFIRMAÇÃO ! </u>IN NUM CIRCUITO AS CORRENTES PODEM SER EXPRESSAS ATRAVÉS DAS CORRENTES DE MALHA.   - A SUA DIRECÇÃO É RELEVANTE -

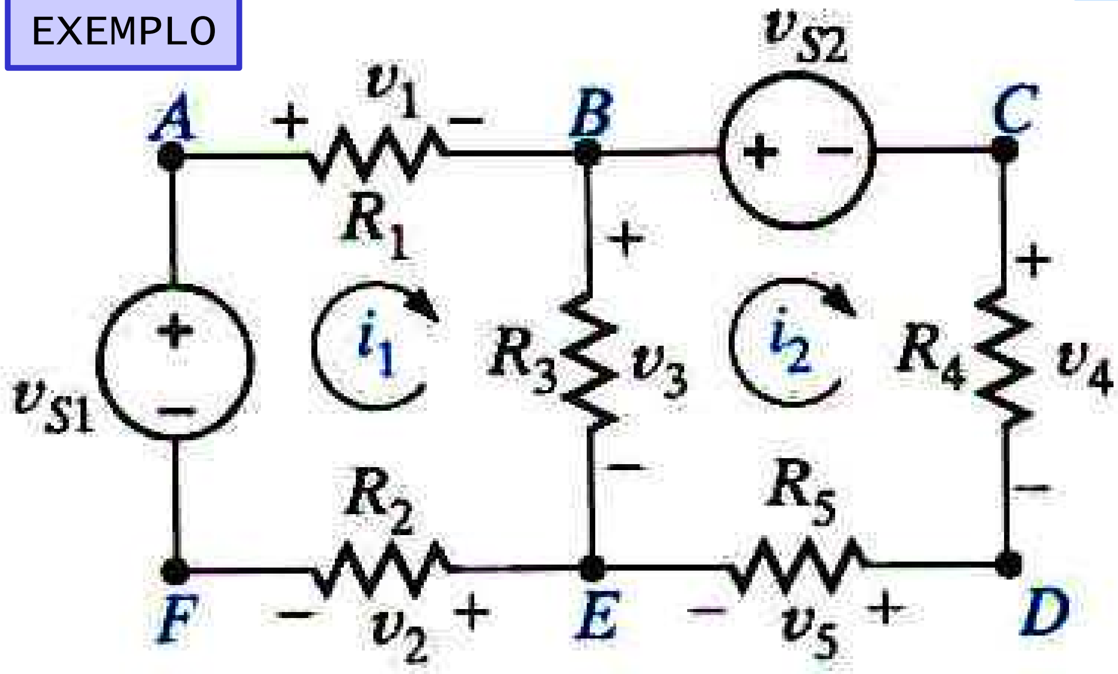
B NÚMERO DE RAMOS
N NÚMERO DE NÓS

NÚMERO MÍNIMO DE CORRENTES DE MALHA NECESSÁRIAS É:

$$L = B - (N - 1)$$

CORRENTES DAS MALHAS INTERIORES SÃO SEMPRE INDEPENDENTES.

EXEMPLO



$B = 7$

$N = 6$

$L = 7 - (6 - 1) = 2$

SÃO NECESSÁRIAS 2 CORRENTES DE MALHA.

MÉTODO DAS MALHAS:

ESCOLHER MALHAS INTERIORES E SENTIDO DAS CORRENTES DAS MALHAS
todas c/mesmo sentido.

KVL NAS MALHAS – 1 EQ P/MALHA

LEI DE OHM – SUBST. V P/ I MALHA

RESOLVER SISTEMAS DE EQUAÇÕES ALG.

EXPLICAR MÉTODO EXPEDITO.

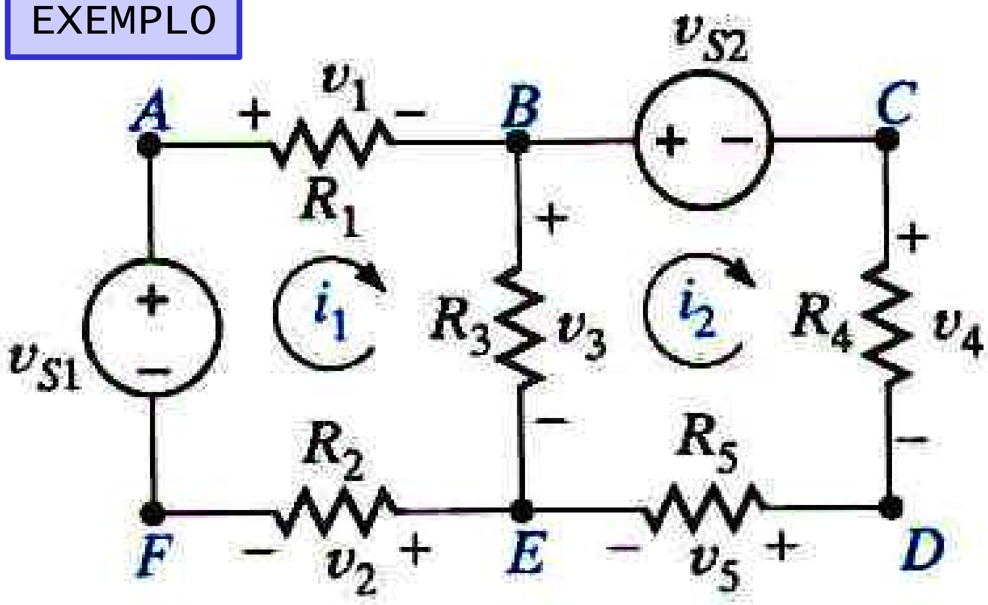
B	NÚMERO DE RAMOS
N	NÚMERO DE NÓS

NÚMERO MÍNIMO DE CORRENTES DE MALHA NECESSÁRIAS É:

$$L = B - (N - 1)$$

CORRENTES DAS MALHAS INTERIORES SÃO SEMPRE INDEPENDENTES.

EXEMPLO



$B = 7$

$N = 6$

$L = 7 - (6 - 1) = 2$

SÃO NECESSÁRIAS 2 CORRENTES DE MALHA.

DETERMINAÇÃO DAS CORRENTES DE MALHA

KVL NA MALHA 1

$$+v_1 + v_3 + v_2 - v_{S1} = 0$$

KVL NA MALHA 2

$$+v_{S2} + v_4 + v_5 - v_3 = 0$$

LEI DE OHM

$$v_1 = i_1 R_1, v_2 = i_1 R_2, v_3 = (i_1 - i_2) R_3$$

$$v_4 = i_2 R_4, \text{ and } v_5 = i_2 R_5$$

SUBSTITUINDO E REARRANJANDO.

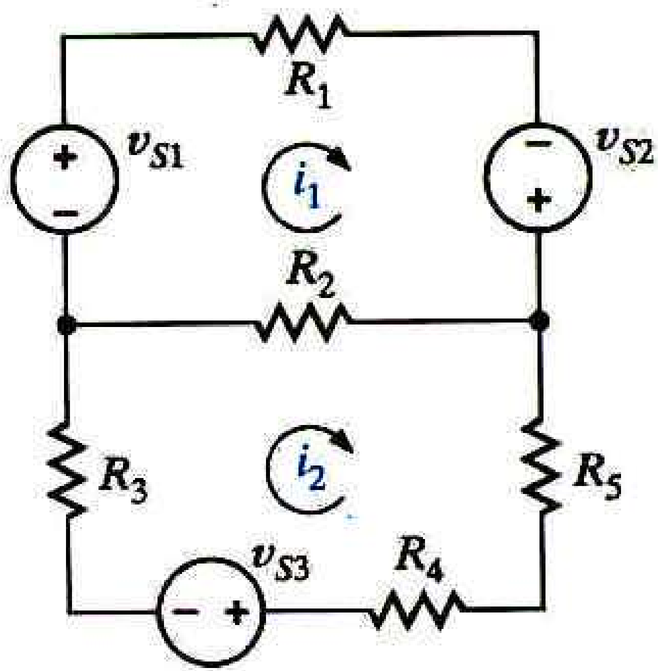
$$i_1(R_1 + R_2 + R_3) - i_2(R_3) = v_{S1}$$

$$-i_1(R_3) + i_2(R_3 + R_4 + R_5) = -v_{S2}$$

FORMA MATRICIAL

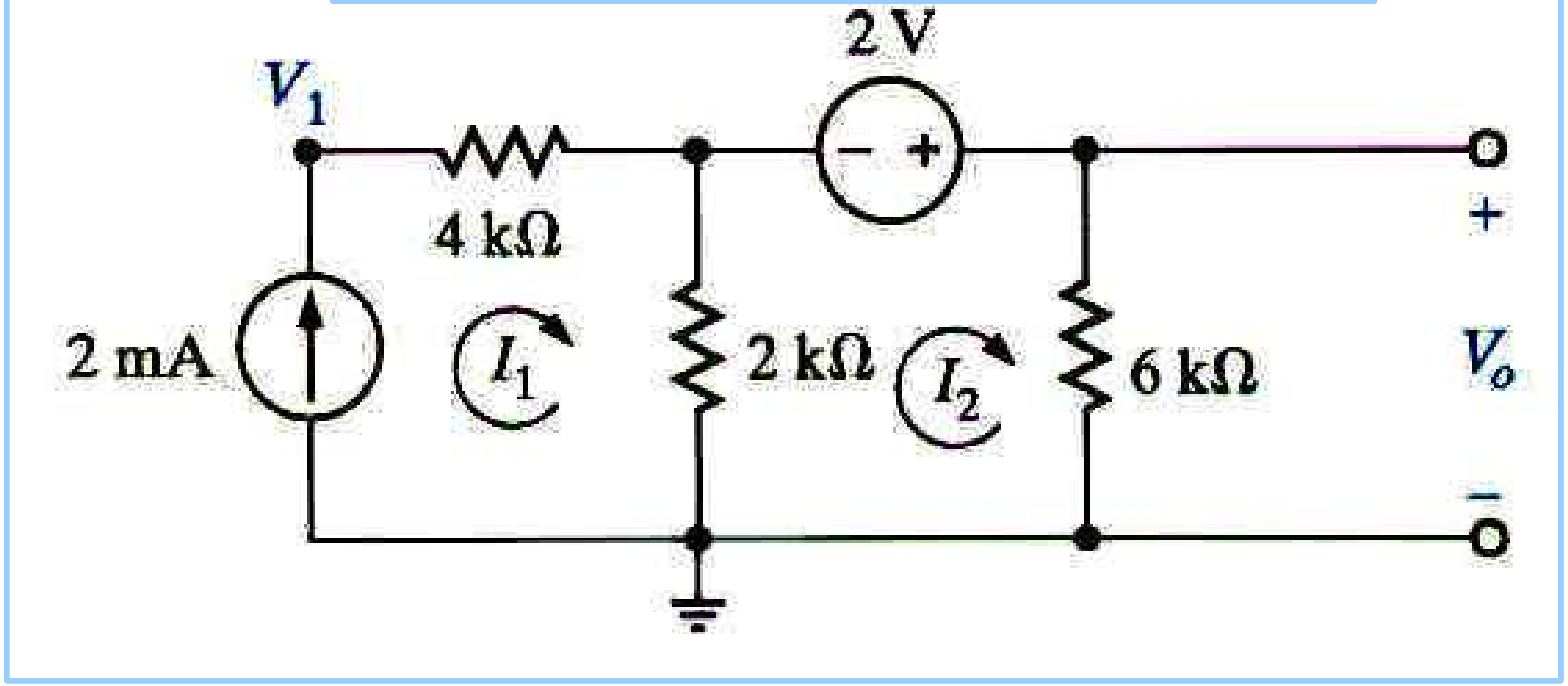
$$\begin{bmatrix} R_1 + R_2 + R_3 & -R_3 \\ -R_3 & R_3 + R_4 + R_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{S1} \\ -v_{S2} \end{bmatrix}$$

EQUAÇÕES DAS MALHAS PARA O CIRCUITO


R_1
v_{S1}
i_1
v_{S2}
R_2
R_3
i_2
R_5
v_{S3}
R_4

CIRCUITOS COM FONTES INDEPENDENTES DE CORRENTE

find both V_o and V_1 in the circuit



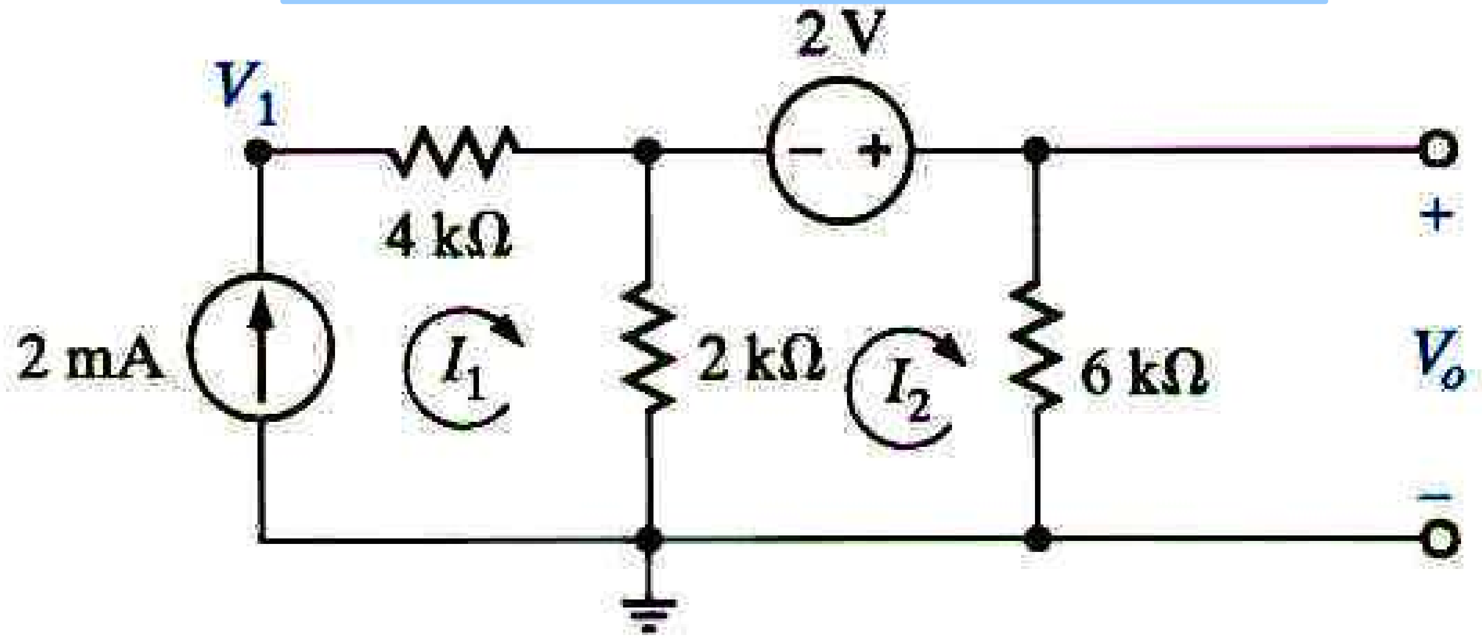
MALHA 1

MALHA 2

FONTES DE CORRENTE QUE NÃO SÃO PARTILHADAS
POR OUTRAS MALHAS DEFINEM IMEDIATAMENTE
O VALOR DA CORRENTE NA MALHA.

CIRCUITOS COM FONTES INDEPENDENTES DE CORRENTE

find both V_o and V_1 in the circuit



FONTES DE CORRENTE QUE NÃO SÃO PARTILHADAS POR OUTRAS MALHAS DEFINEM IMEDIATAMENTE O VALOR DA CORRENTE NA MALHA.

MESH 1 EQUATION $I_1 = 2mA$

MESH 2 $2k(I_2 - I_1) - 2 + 6kI_2 = 0$

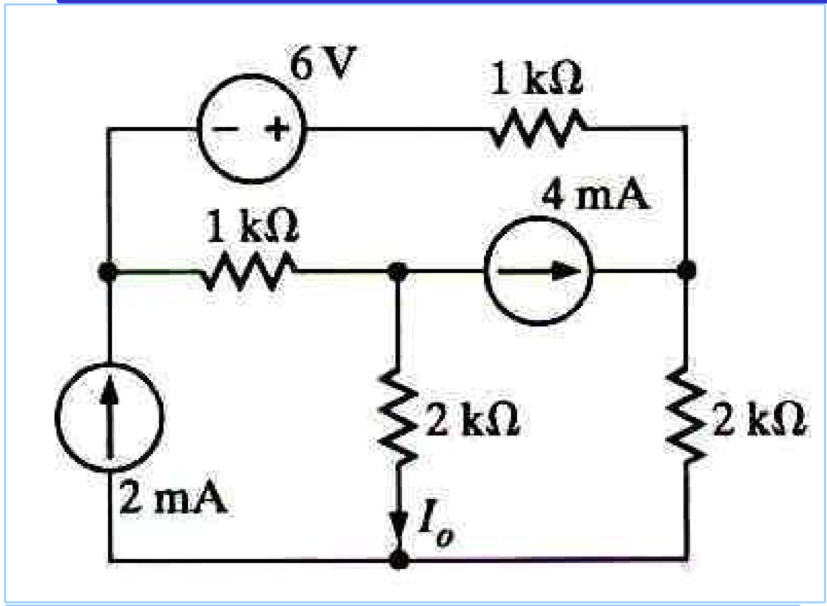
"BY INSPECTION" $-2kI_1 + 8kI_2 = 2V$

$$I_2 = \frac{2k \times (2mA) + 2V}{8k} = \frac{3}{4} mA \Rightarrow V_O = 6kI_2 = \frac{9}{2} [V]$$

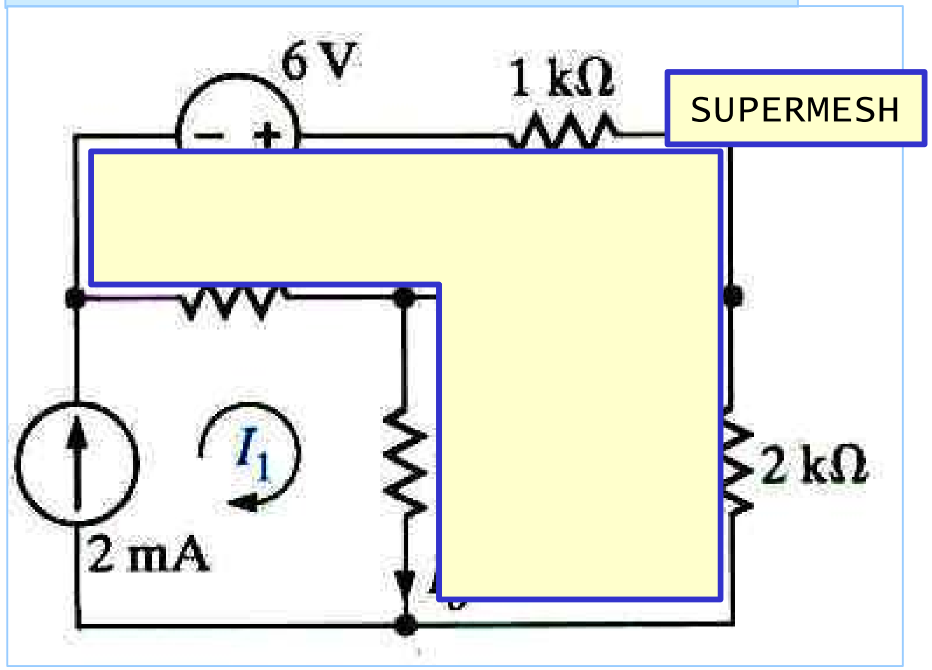
TO OBTAIN V1 APPLY KVL TO ANY CLOSED PATH THAT INCLUDES V1

$$-V_1 + 4kI_1 - 2 + 6kI_2 = 0$$

FONTES DE CORRENTE PARTILHADA P/2 MALHAS – A SUPERMALHA!



1. ESCOLHER CORRENTES NAS MALHAS



2. ESCREVER A EQUAÇÃO DE PARTILHA DA FONTE PELAS DUAS CORRENTES.

$$I_2 - I_3 = 4mA$$

3. ESCREVER AS EQUAÇÕES DAS OUTRAS MALHAS

$$I_1 = 2mA$$

4. DEFINE A <u>SUPERMALHA</u> REMOVENDO (MENTALMENTE) A FONTE DE CORRENTE.

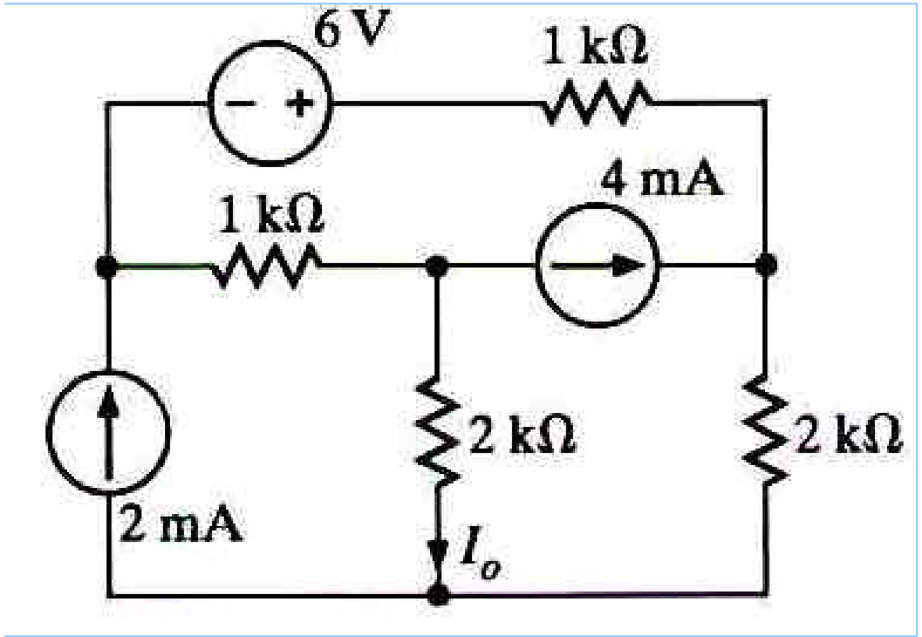
5. ESCREVER KVL NA SUPERMALHA

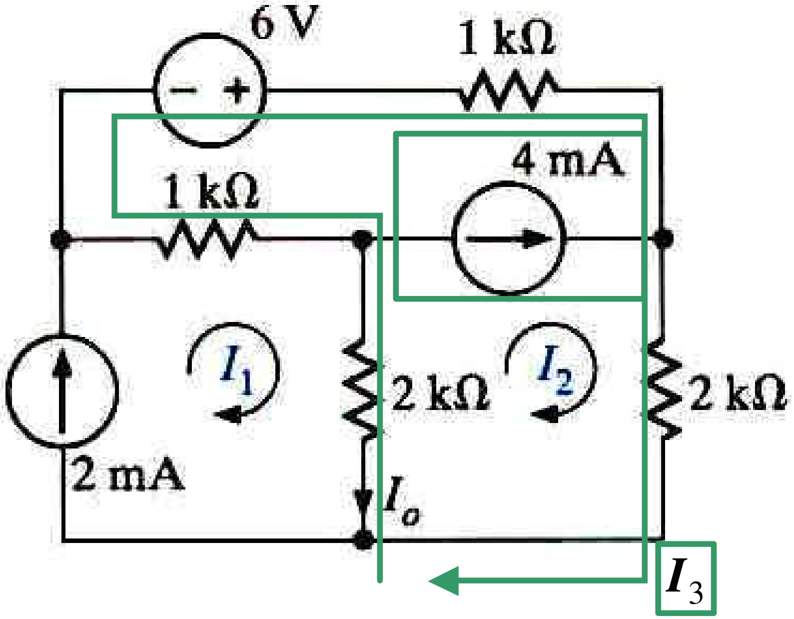
$$-6 + 1kI_3 + 2kI_2 + 2k(I_2 - I_1) + 1k(I_3 - I_1) = 0$$

3 EQUAÇÕES A 3 INCÓGNITAS…

MODELO COMPLETO

FONTES DE CORRENTE PARTILHADAS POR MALHAS – CIRCULAÇÃO ESPECIAL





ESTRATÉGIA – DEFINIR MALHAS QUE NÃO PARTILHAM FONTES DE CORRENTE.

MESMO QUE ISSO SIGNIFIQUE UTILIZAR MALHAS NÃO-INTERIORES.

EQUAÇÕES SÃO:

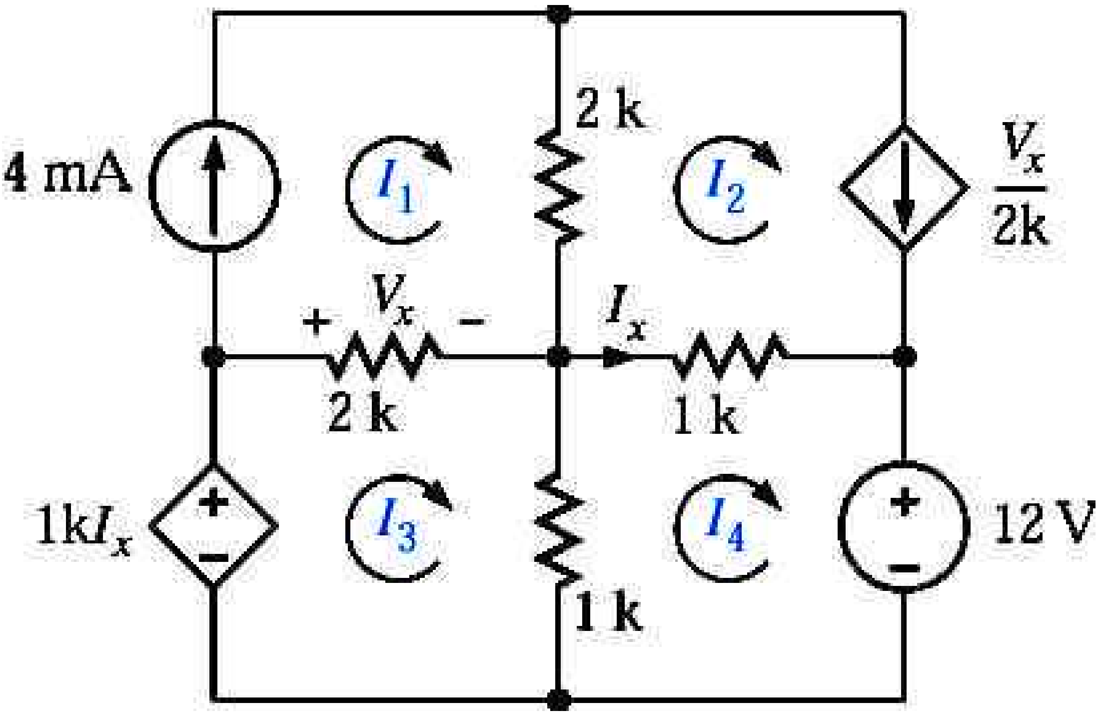
MALHA 1 - $I_1 = 2mA$

MALHA 2 - $I_2 = 4mA$

EQUAÇÃO PARA A MALHA EXTERIOR.

$$-6[V] + 1kI_3 + 2k(I_3 + I_2) + 2k(I_3 + I_2 - I_1) + 1k(I_3 - I_1) = 0$$

CIRCUITOS COM FONTES DEPENDENTES



Trata-se a fonte dependente como se fosse independente.

Junta-se mais uma equação (eq. da fonte) que relaciona o parâmetro de controlo com correntes das malhas.

$$I_1 = 4mA$$

$$I_2 = \frac{V_X}{2k}$$

MESH 3: $-1kI_x + 2k(I_3 - I_1) + 1k(I_3 - I_4) = 0$

MESH 4: $1k(I_4 - I_3) + 1k(I_4 - I_2) + 12V = 0$

VARIÁVEIS DE CONTROLO

$I_x = I_4 - I_2 \qquad V_x = 2k(I_3 - I_1)$

NÃO ESQUECER:

método das malhas:

KVL + Ohm -> determina correntes nas malhas.

método dos nós:

KCL+Ohm -> determina tensões nós.

OUTRAS TÉCNICAS DE ANÁLISE

(as mais importantes p/ pequenos circuitos)

OBJECTIVOS

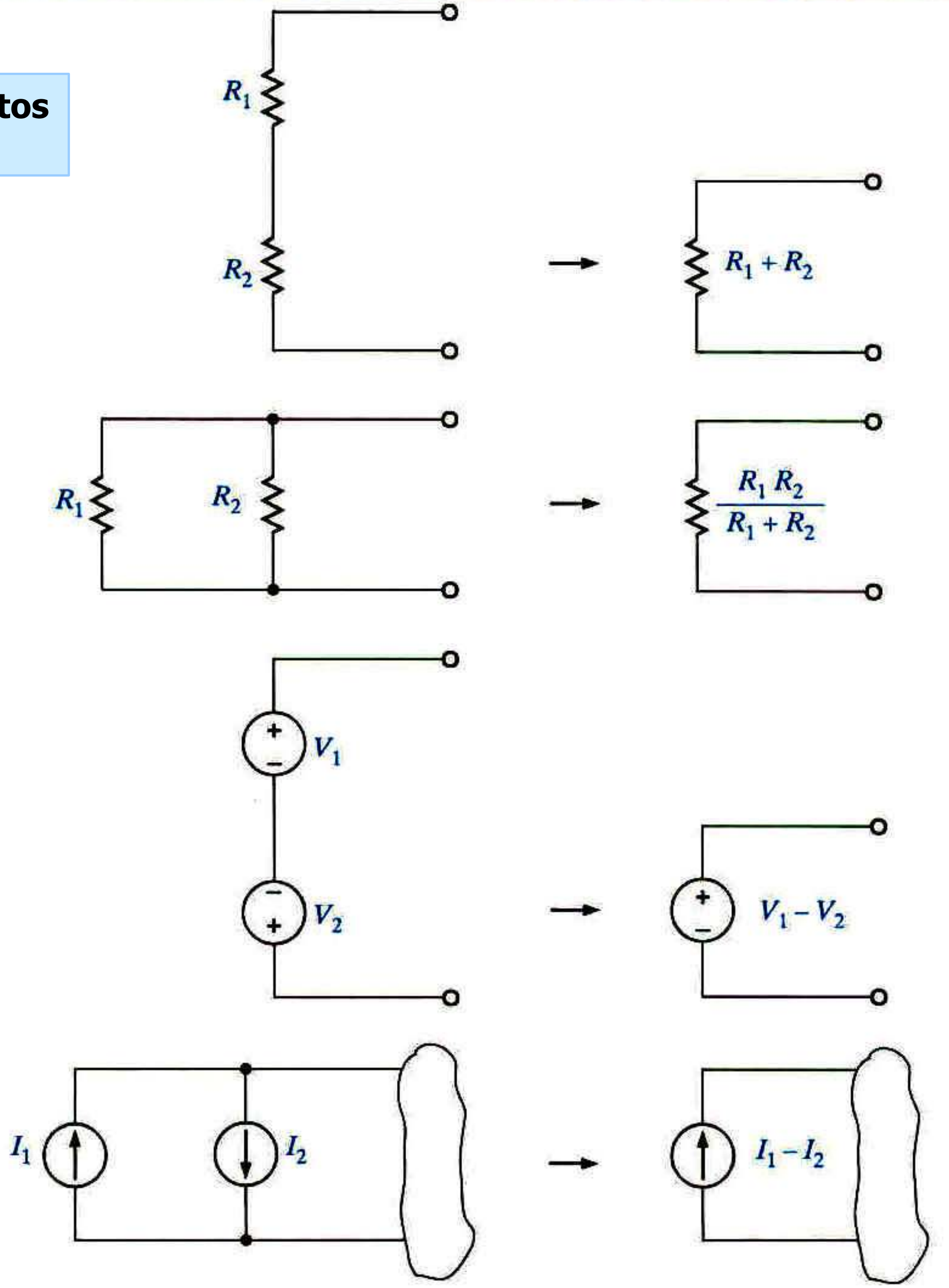
Propriedade da Linearidade –

Aplicar sobreposição
Utilizar este princípio para resolver circuitos-

TEOREMAS DE THEVENIN E NORTON
Importantes teoremas que ajudam a esconder a complexidade e a Focar na parte do circtuito em que estamos interessados.

MÁXIMA TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA

Exemplos de circuitos Equivalentes.



LINEARIDADE

OS MODELOS UTILIZADOS. MATEMATICAMENTE SIGNIFICA QUE OBEDECEM AO PRINCÍPIO DA SOBREPOSIÇÃO

UM MODELO $y = Tu$ É LINEAR SSE

$$T(\alpha_1 u_1 + \alpha_2 u_2) = \alpha_1 T u_1 + \alpha_2 T u_2$$

para todos os pares de entrada possíveis u_1, u_2

e todos os escalares possíveis α_1, α_2

Recorrendo ao método dos nós obtém-se uma Equação do tipo.

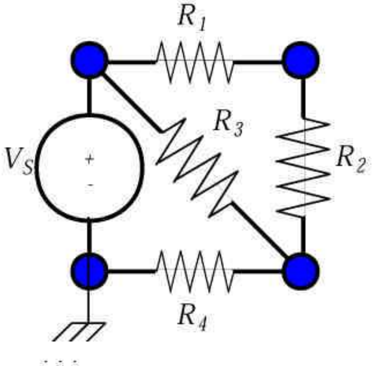
$$Av = f$$

v É UM VECTOR COM AS TENSÕES DOS NÓS E f É UM VECTOR DEPENDENTED APENAS DAS FONTES INDEPENDENTES.

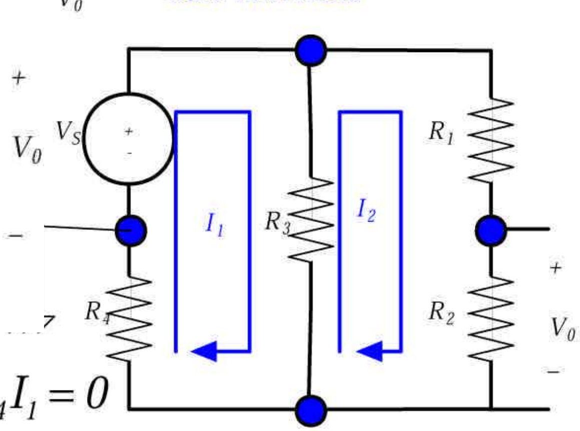
OU. . . ALTERNATIVAMENTE

O MODELO $y = Tu$ É LINEAR SSE

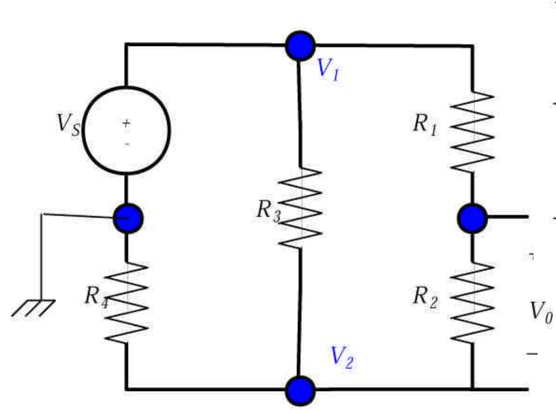
1. $T(u_1 + u_2) = Tu_1 + Tu_2 \,, \forall u_1, u_2$ **aditividade**
2. $T(\alpha u) = \alpha T u, \ \forall \alpha, \forall u$ **homogeneidade**



LOOP ANALYSIS



NODE ANALYSIS



$$V_1 = V_S$$

$$\frac{V_2 \quad V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_4} + \frac{V_2 \quad V_0}{R_2} = 0$$

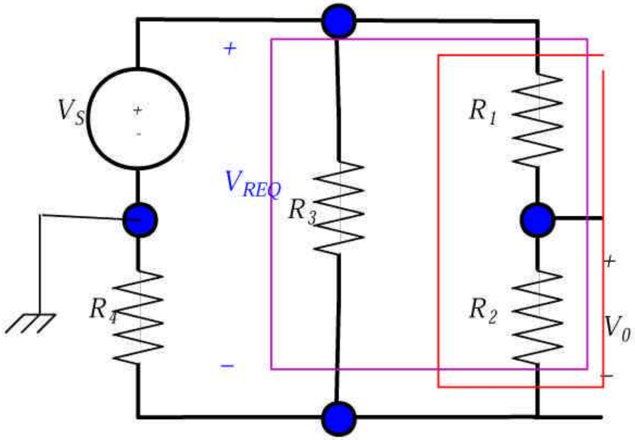
$$\frac{V_0 \quad V_2}{R_2} + \frac{V_0 \quad V_1}{R_1} = 0$$

$$V_S + R_3(I_1 \quad I_2) + R_4 I_1 = 0$$

$$R_3(I_2 \quad I_1) + (R_1 + R_2) I_2 = 0$$

$$V_0 = R_2 I_2$$

COMBINATION SERIES/PARALLEL



$$V_{REQ} = \frac{R_{EQ}}{R_{EQ} + R_4} V_S$$

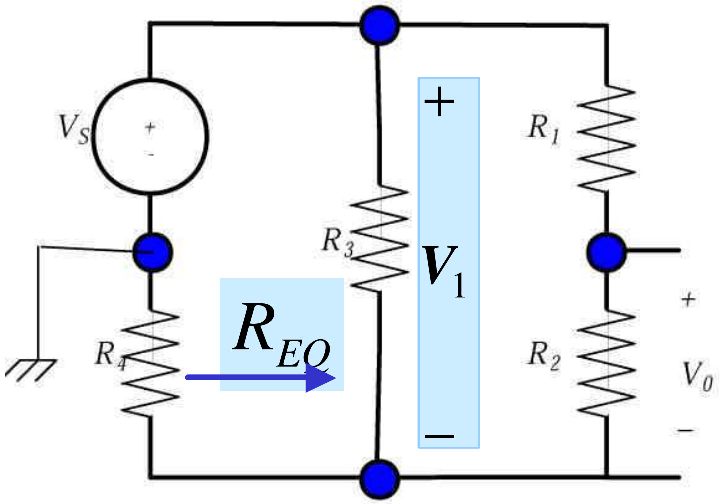
VOLTAGE DIVIDER

$$V_0 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_{REQ}$$

$$R_{EQ} = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_{EQ} = ||R_3, (R_1 + R_2)||$$

USANDO A HOMOGENEIDADE



Assume that the answer is known. Can we Compute the input in a very easy way ?!!

If Vo is given then V1 can be computed using an inverse voltage divider.

$$V_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_0$$

… And Vs using a second voltage divider

$$V_S = \frac{R_4 + R_{EQ}}{R_{EQ}} V_1 = \frac{R_4 + R_{EQ}}{R_{EQ}} \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_0$$

Solve now for the variable Vo

The procedure can be made entirely algorithmic

1. Give to Vo any arbitrary value (e.g., V'o =1)

2. Compute the resulting source value and call it V'_s

3. Use linearity. $V_S^{'} \rightarrow V_0^{'} \Rightarrow kV_S^{'} \rightarrow kV_0^{'}, \forall k$

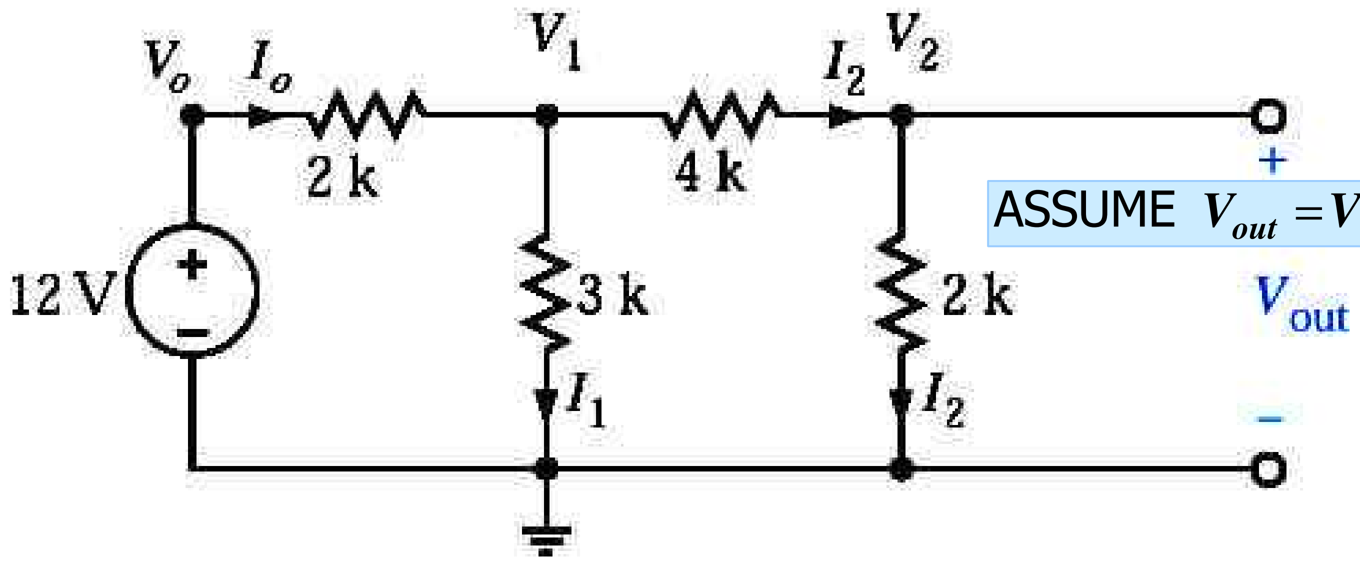
4. The given value of the source (V_s) corresponds to $k = \dfrac{V_S}{V_S^{'}}$

Hence the desired output value is

$$V_0 = kV_0^{'} = \frac{V_S}{V_S^{'}} V_0^{'}$$

This is a nice little tool for special problems. Normally when there is only one source and when in our judgement solving the problem backwards is actually easier

UTILIZEMOS A HOMOGENEIDADE



ASSUME $V_{out} = V_2 = 1[V]$

$$I_2 = \frac{V_2}{2k} = 0.5 \text{ mA} \Rightarrow V_1 = 4kI_2 + V_2 = 3 \text{ V} \Rightarrow I_1$$

$$I_1 = \frac{V_1}{3k} = 1 \text{ mA} \Rightarrow I_o = I_1 + I_2 = 1.5 \text{ mA} \Rightarrow V_O$$

$$V_o = 2kI_o + V_1 = 6 \text{ V}$$

NOW USE HOMOGENEITY

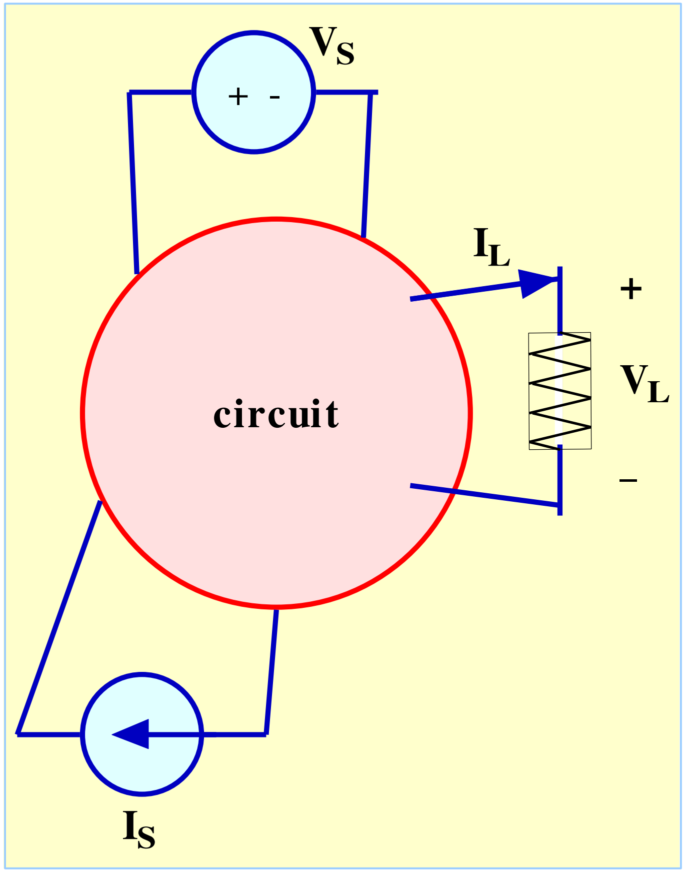
$$V_O = 6[V] \rightarrow V_{out} = 1[V]$$
$$V_O = 12[V] \rightarrow V_{out} = 2[V]$$

SOBREPOSIÇÃO DE FONTES

É uma aplicação directa da linearidade.

É util quando o circuito tem poucas fontes.

Exemplo c/ 2 fontes



Pela linearidade

$$V_L = \boxed{a_1 V_S} + \boxed{a_2 I_S}$$

CONTRIBUTION BY V_S → V_L^1

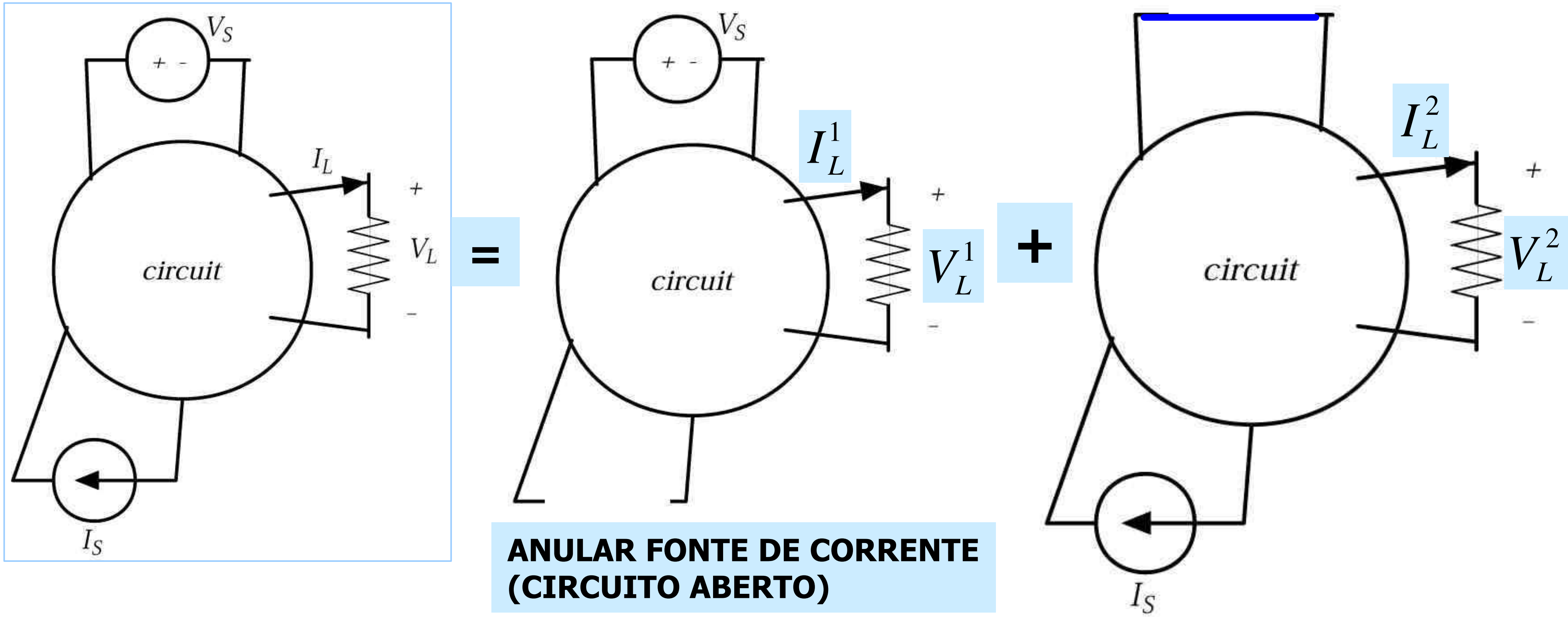
CONTRIBUTION BY I_S → V_L^2

$V^1{}_L$ — **Pode ser calculada anulando a fonte de corrente**

$V^2{}_L$ — **Pode ser calculada anulando a fonte de tensão**

SOBREPOSIÇÃO DE FONTES

ANULAR FONTE DE TENSÃO (CURTO CIRCUITO)



ANULAR FONTE DE CORRENTE (CIRCUITO ABERTO)

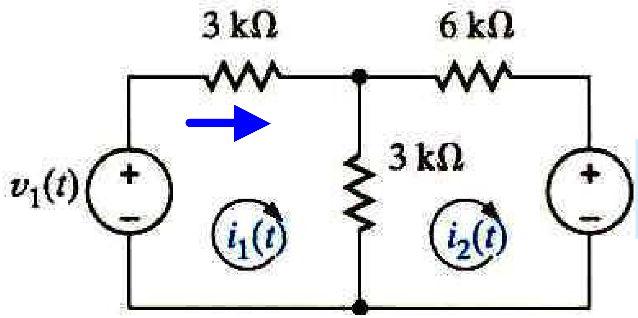
PELA LINEARIDADE DO CIRCUITO DEVEMOS TER

$$I_L = I_L^1 + I_L^2 \qquad V_L = V_L^1 + V_L^2$$

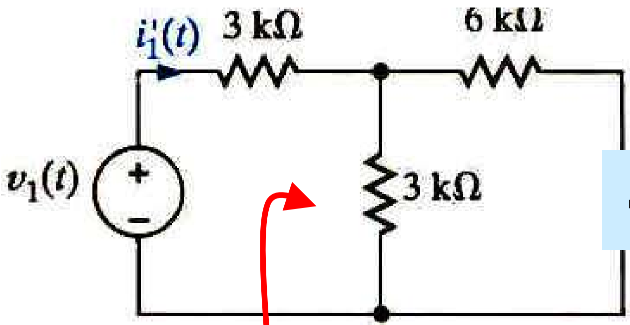
Princípio da sobreposição

EXEMPLO

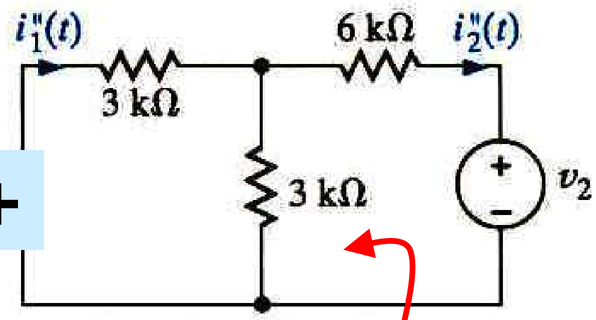
PRETENDE-SE CALCULAR A CORRENTE i_1



=



+



$$6ki_1(t) - 3ki_2(t) = v_1(t)$$

$$-3ki_1(t) + 9ki_2(t) = -v_2(t)$$

EQUAÇÕES DAS MALHAS

$$R_{eq} = 3 + 3 \| 6 \; [k]$$

$$i_1'(t) = \frac{v_1(t)}{3k + \dfrac{(3k)(6k)}{3k + 6k}} = \frac{v_1(t)}{5k}$$

CONTRIBUIÇÃO DE v1

$$R_{eq} = 6 + (3 \| 3) \; [k]$$

$$i_2'' = \frac{v_2}{R_{eq}}$$

$$i_1''(t) = \frac{-2v_2(t)}{15k}\left(\frac{3k}{3k + 3k}\right) = \frac{-v_2(t)}{15k}$$

CONTRIBUIÇÃO DE V2

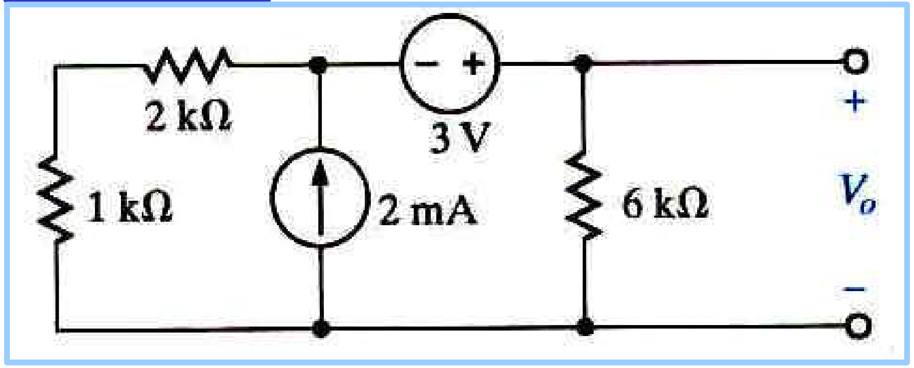
CONHECIDOS OS CIRCUITOS PARCIAIS

DEVERÃO SER RESOLVIDOS COM EFICIÊNCIA, OUSEJA:

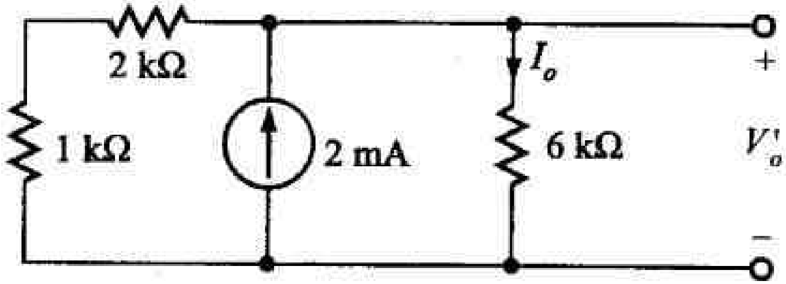
SABER MUITO BEM ASSOCIAR RESISTÊNCIAS ....☺

EXEMPLO

CALCULE V_0 USANDO SOBREPOSIÇ ÃO DE FONTES



ANULAR FONTE DE TENSÃO



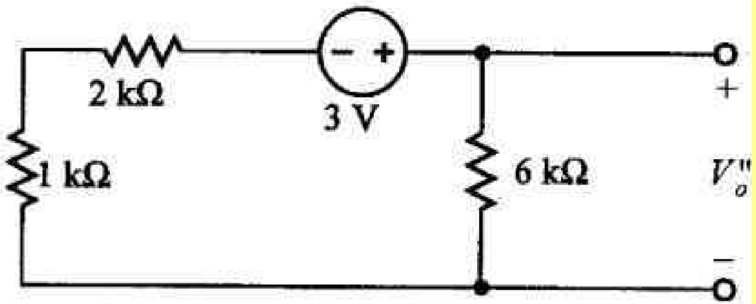
$$I_o = (2 \times 10^{-3})\left(\frac{1k + 2k}{1k + 2k + 6k}\right)$$

Divisor de corrte

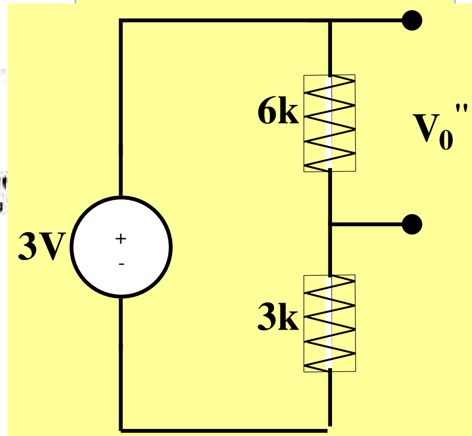
$$V'_0 = I_0(6k) = 4\ \text{V}$$

Lei Ohm

Anular fonte de corrente



Divisor de tensão



$$V''_o = 3\left(\frac{6k}{1k + 2k + 6k}\right) = 2[V]$$

$$V_0 = V_0' + V_0'' = 6[V]$$

SUMÁRIO

1. Num circuito com múltiplas fontes independentes, cada fonte é aplicada independentemente anulando as outras fontes
2. Para anular uma fonte independente de tensão substituimo-la por um curto circuito e para anular uma de corrente por um circuito aberto.
3. Aplicar todas as técnicas e leis aprendidas (kvl,kcl,divisores V el, nós, malhas) para calcular a variável de interesse.
4. Somar ALGEBRICAMENTE as contribuições de cada fonte para obter a solução final.

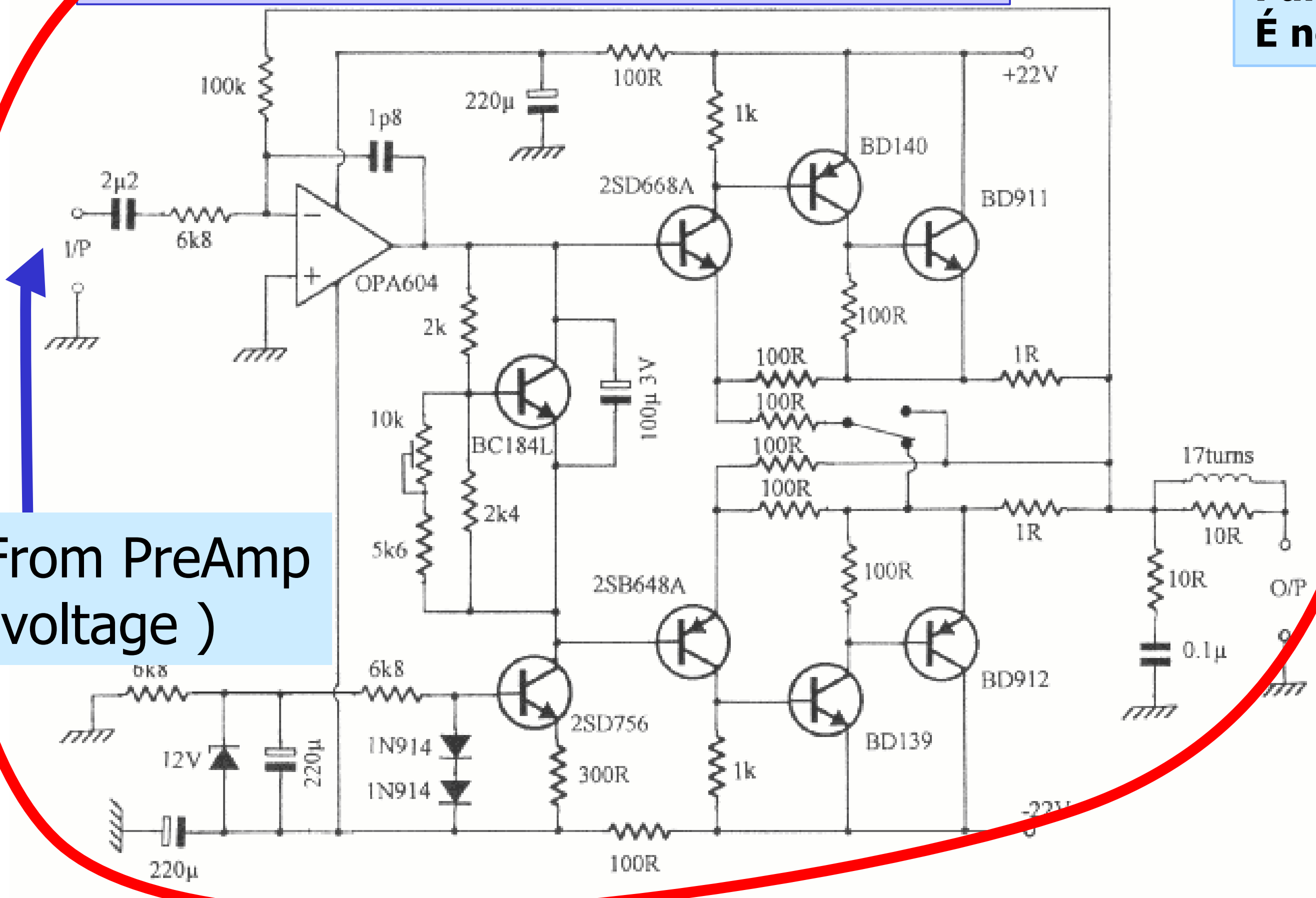
TEOREMAS DE THEVENIN E NORTON

UM DOS RESULTADOS MAIS IMPORTANTE NA ANÁLISE DE CIRCUITOS.

Permite esconder a complexidade recorrendo a uma “sintese” de um circuito.

Low distortion audio power amplifier

Para “calcular” o melhor altifalante
É necessário resolver o circuito.



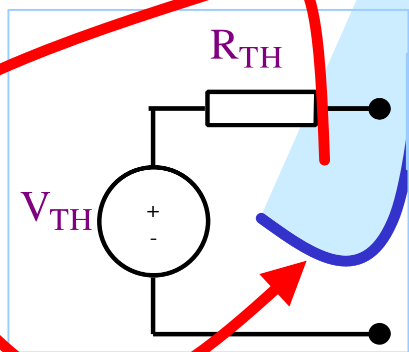
From PreAmp
(voltage)

To speakers

Courtesy of M.J. Renardson

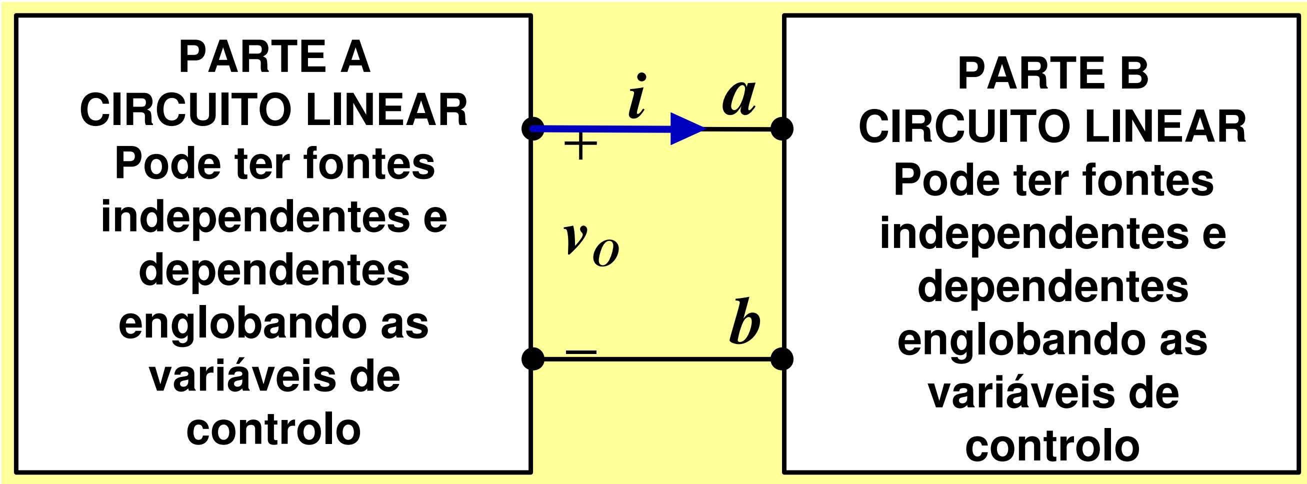
http://angelfire.com/ab3/mjramp/index.html

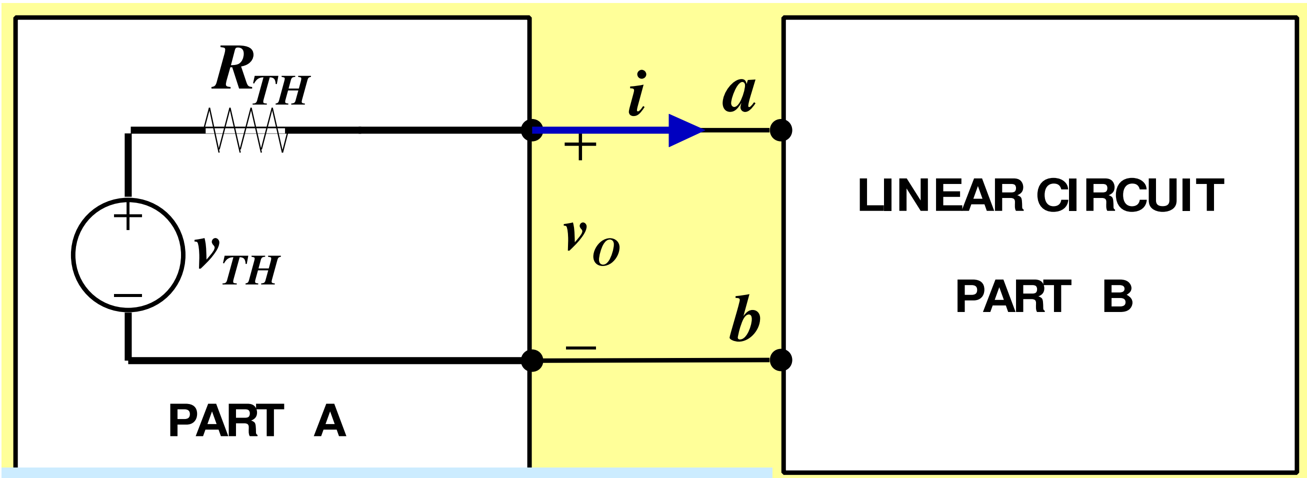
Para ajustar os speakers ao amplificador
É muito mais simples se utilizar o modelo simplificado!



Substituir o amplif.
Por um circuito equiv.

TEOREMA DE EQUIVALÊNCIA DE THEVENIN





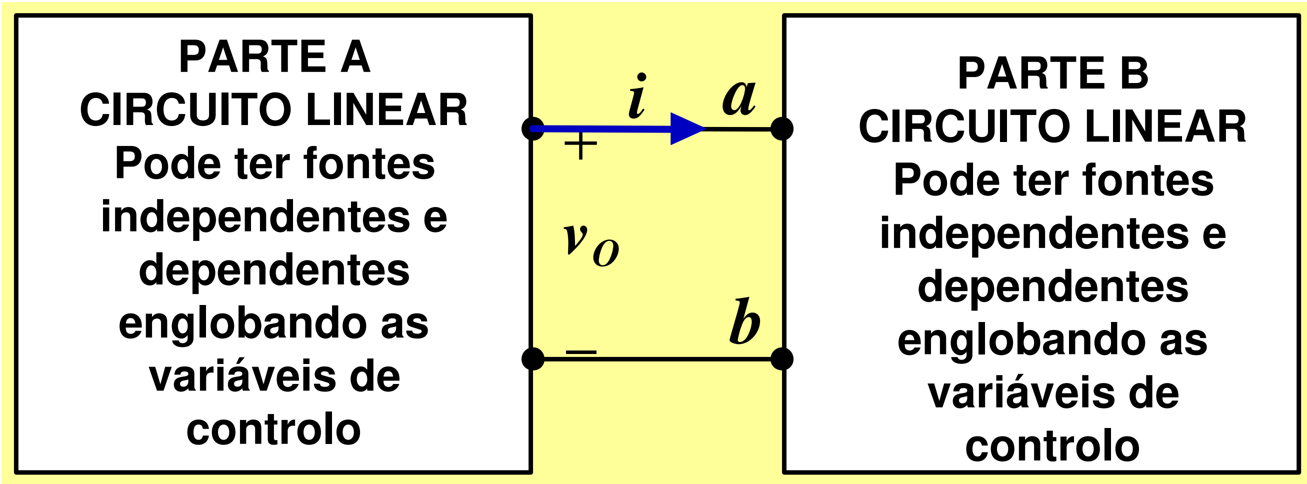
Circuito equivalente de Thevenin

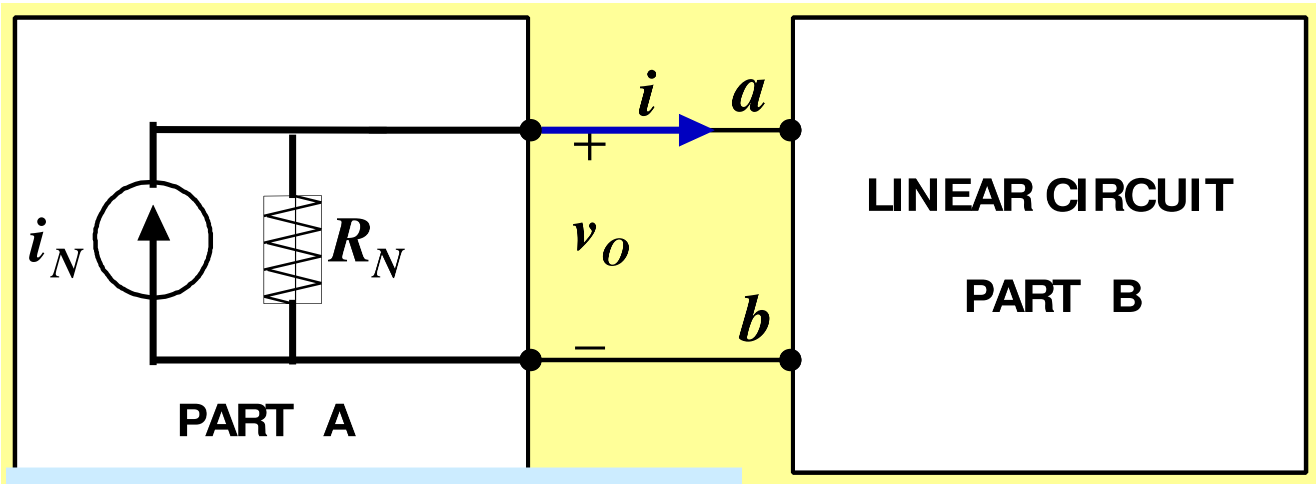
Para a PARTE A

v_{TH} **Fonte equivalente de Thevenin**

R_{TH} **Resistencia equivalente de Thevenin**

TEOREMA DA EQUIVALÊNCIA NORTON





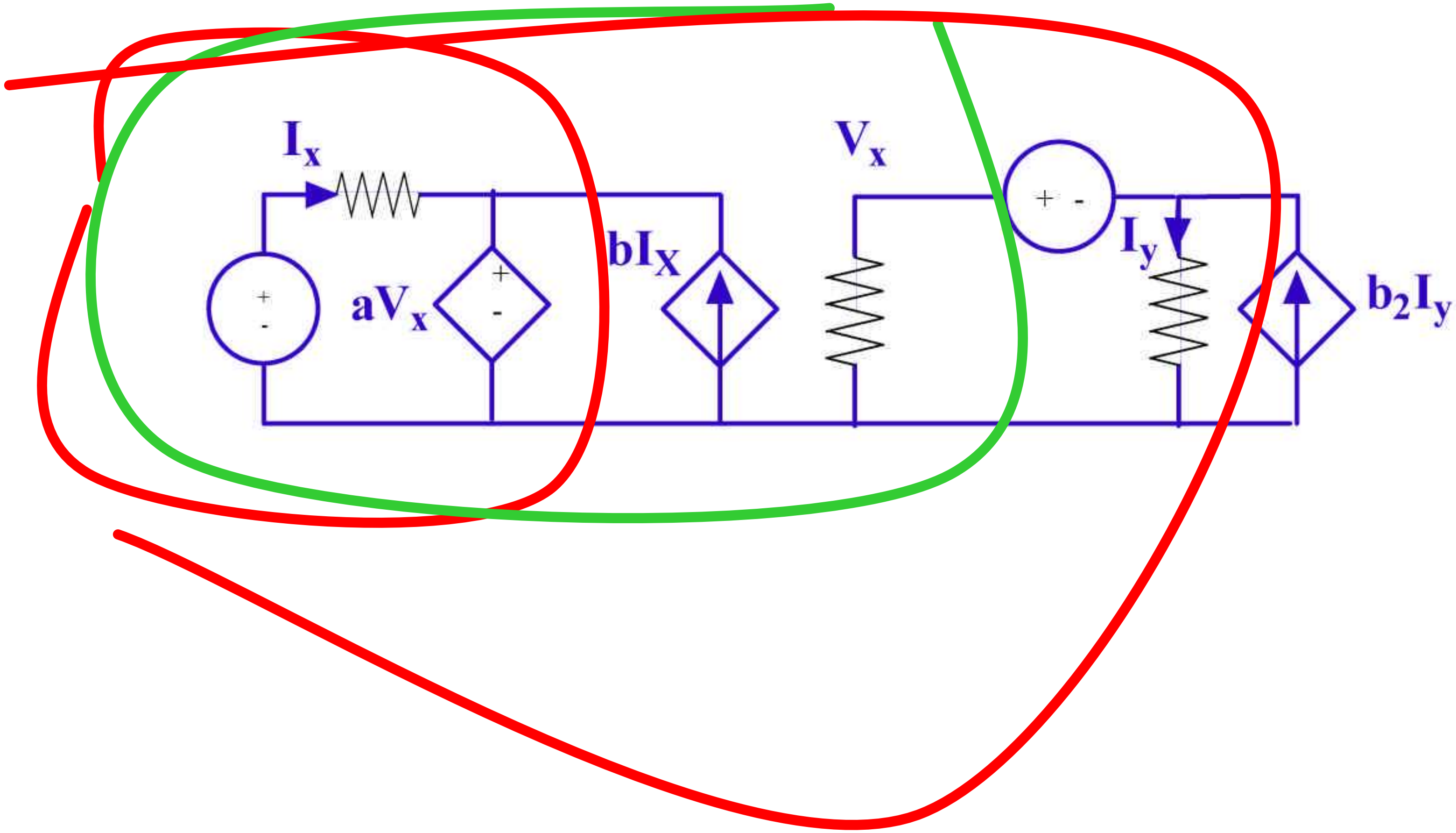
Circuito Equivalente de Norton

Para a PARTE A

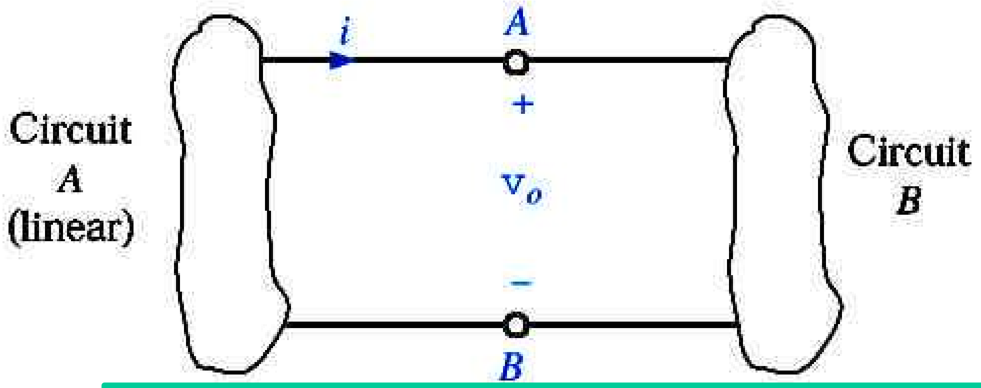
i_N Fonte equivalente de Norton

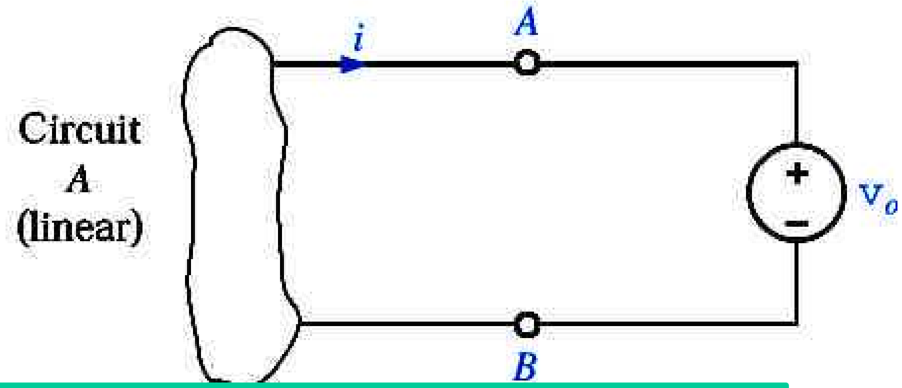
R_N Resistencia Equivalente de Norton

Examples de Partições Válidas e Inválidas



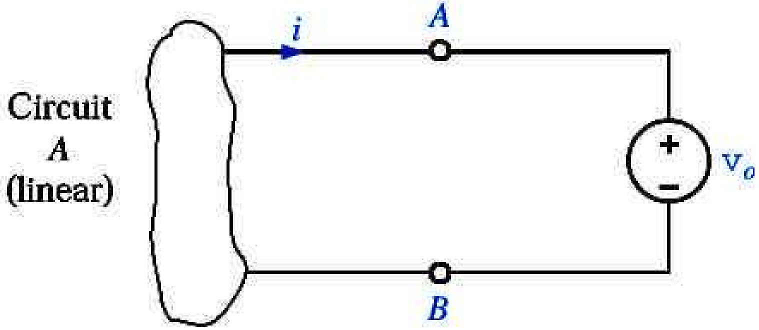
COMO ???? - version 1





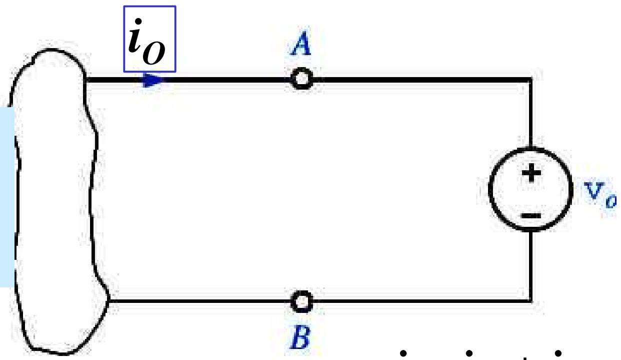
Se o circuito A não é alterado a corrente é a mesma qualquer que seja Vo

TEOREMA DA SOBREPOSIÇÃO

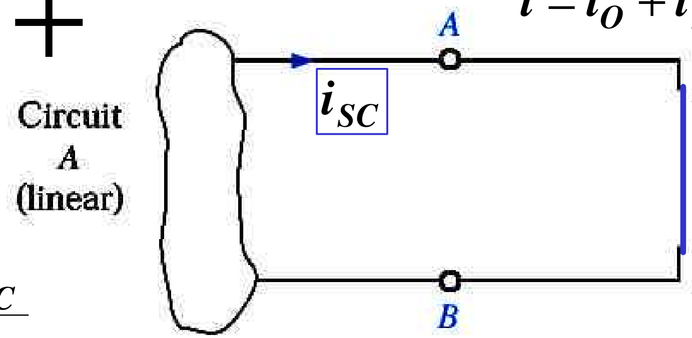


=

ANULAR FONTES INDEPENDENTES EM A



+



$$i = i_O + i_{SC}$$

$$\textbf{DEFINESE}\quad R_{TH} = -\frac{v_O}{i_O} \Rightarrow i = -\frac{v_O}{R_{TH}} + i_{SC};\ \forall v_O$$

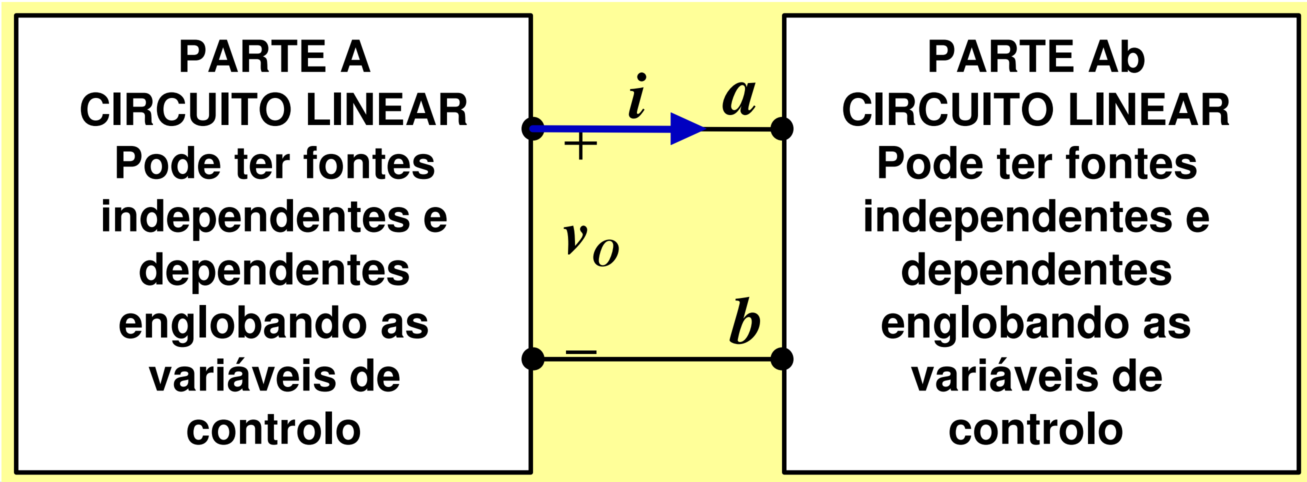
CASO ESPECIAL : CIRCUITO ABERTO ($i = 0$)

$$v_O = v_{OC} \Rightarrow 0 = -\frac{v_{OC}}{R_{TH}} + i_{SC} \qquad \Rightarrow R_{TH} = \frac{v_{OC}}{i_{SC}} \Rightarrow i_{SC} = \frac{v_{OC}}{R_{TH}}$$

$$i = -\frac{v_O}{R_{TH}} + i_{SC} \Rightarrow v_O = v_{OC} - R_{TH}\, i$$

COMO SE INTERPRETA O RESULTADO ?

OUTLINE OF PROOF - version 2



1. POR SEREM CIRCUITOS LINEARES, QUALQUER QUE SEJA A FORMA DO CIRCTUI B, V0 E I RELACIONAM-SE POR: $v_O = m * i + n$

2. O resultado é verdadeiro para qualquer circ. B que se imagine

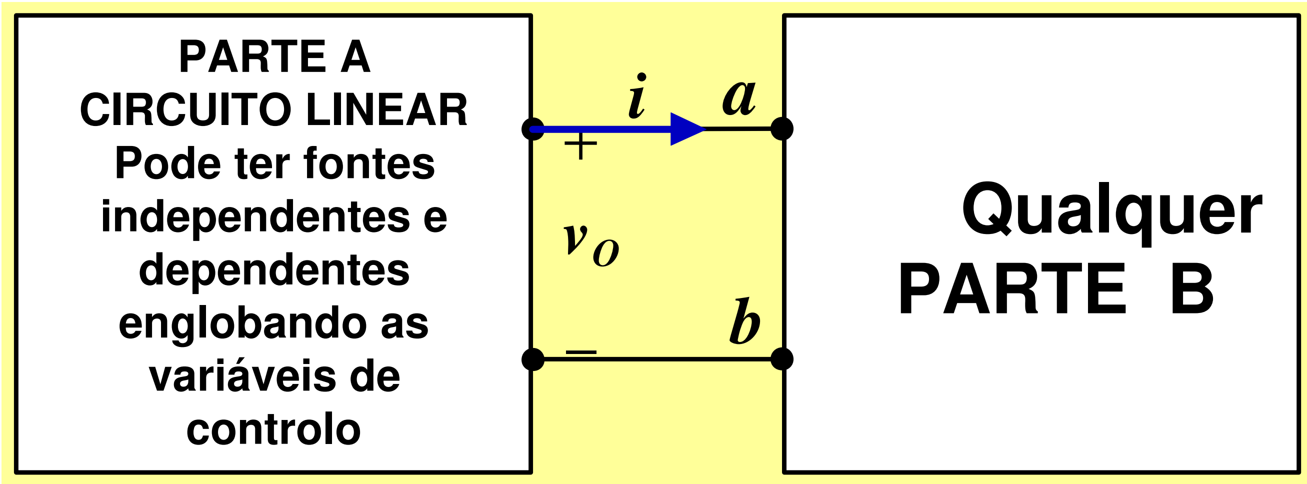
3. SE B for um circuito aberto, então i=0 , e $n = v_{OC}$

4. Se B for um curto-circuito, V0=0. Então ...

$$0 = m * i_{SC} + v_{OC} \Rightarrow m = -\frac{v_{OC}}{i_{SC}} = -R_{TH}$$

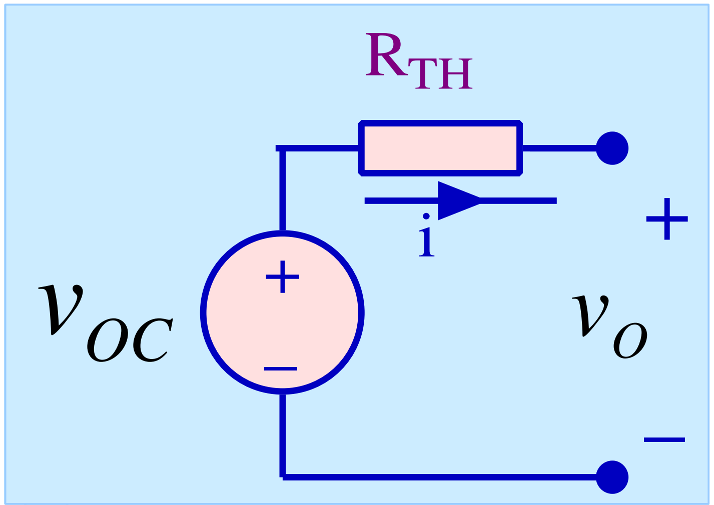
$$v_O = -R_{TH} i + v_{OC}$$

EQUIVALENTE DE THEVENIN



$$v_O = -R_{TH} i + v_{OC}$$

Qualquer que seja o circuito B



EQUIVALENTE DE THEVENIN PARA A PARTE A DO CIRCTUITO

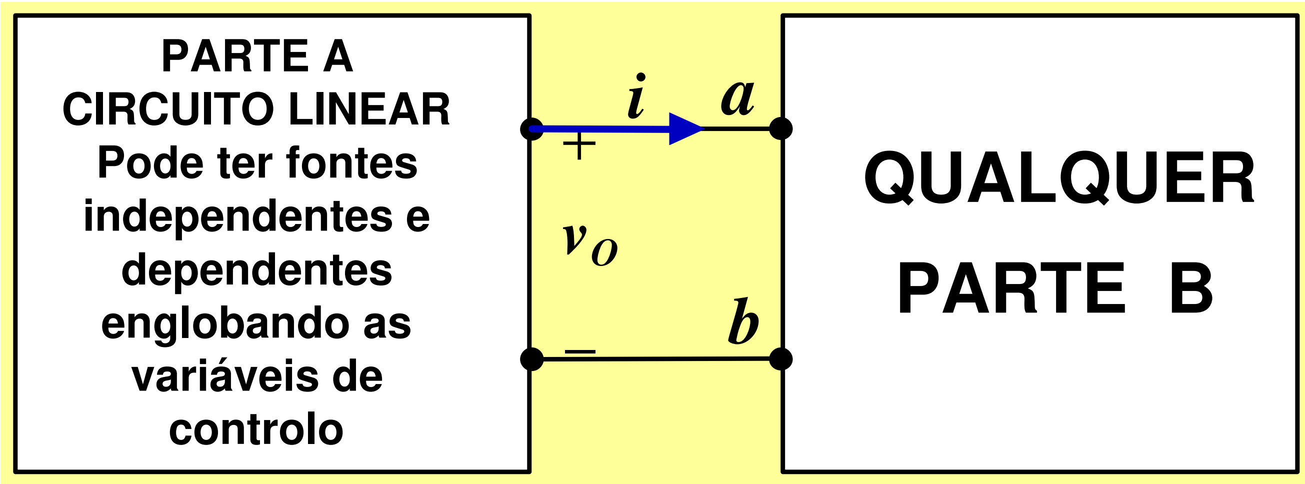
A fonte de tensão chama-se FONTE EQUIVALENTE DE THEVENIN

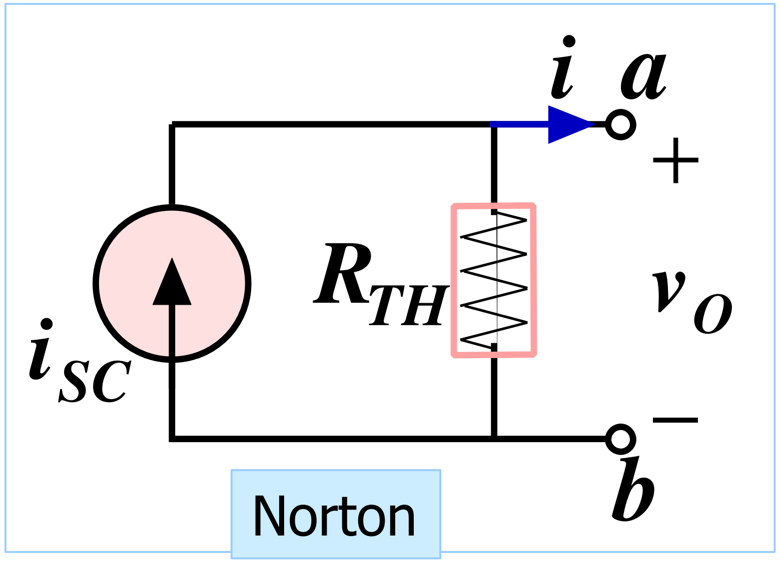
A resistência chama-se a RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE THEVENIN

Equivalente Norton

$$v_O = v_{OC} - R_{TH} i \Rightarrow i = \frac{v_{OC}}{R_{TH}} - \frac{v_O}{R_{TH}}$$

$$\frac{v_{OC}}{R_{TH}} = i_{SC}$$



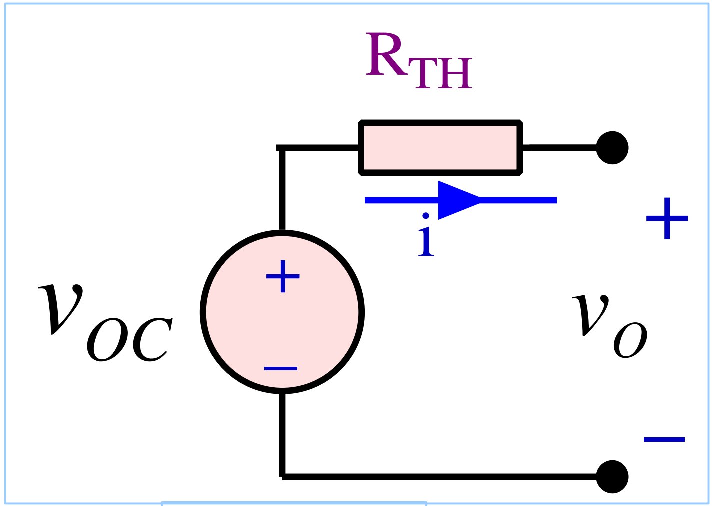


Equivalente de Norton

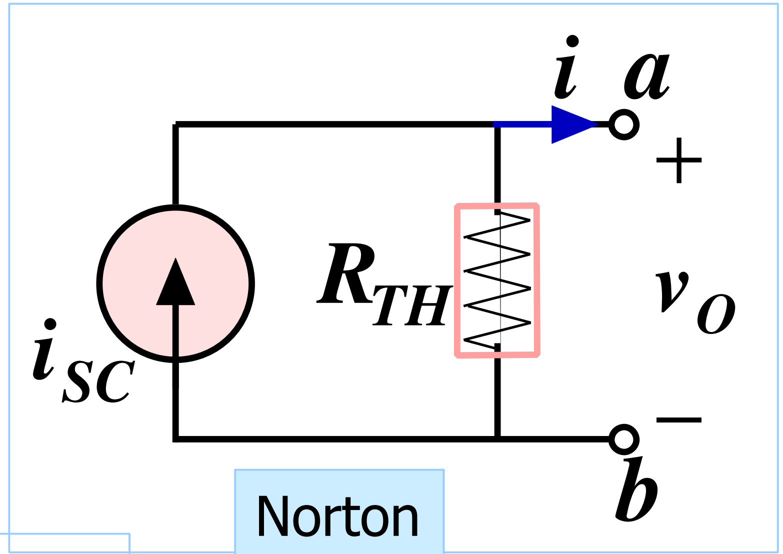
Representação para o circ. A

i_{SC} **Fonte equivalente de Norton**

OUTRO PONTO DE VISTA SOBRE OS TEOREMAS THEVENIN E NORTON



Thevenin



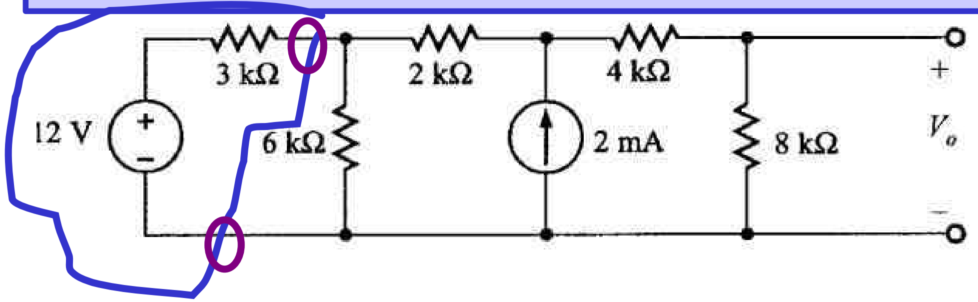
Norton

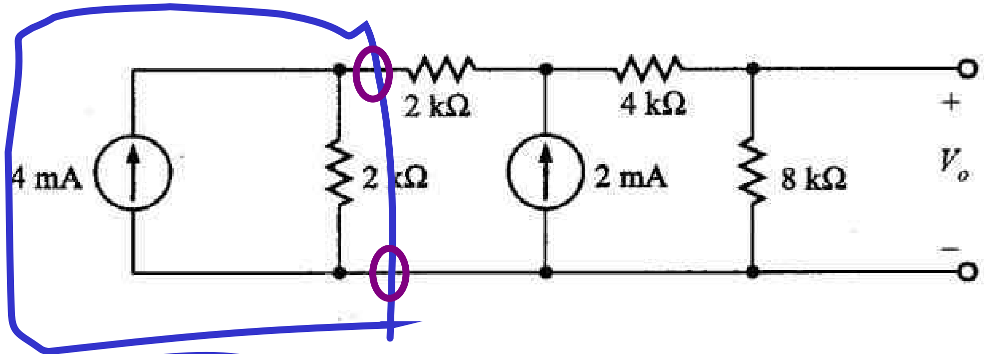
$$i_{SC} = \frac{v_{OC}}{R_{TH}}$$

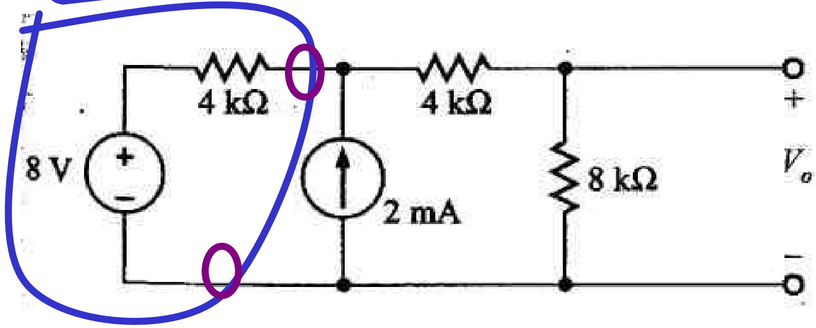
A equivalência pode ser vista como um modo de transformar fontes: Uma fonte de tensão em série com uma resistência, numa fonte de corrente com uma resistência em paralelo

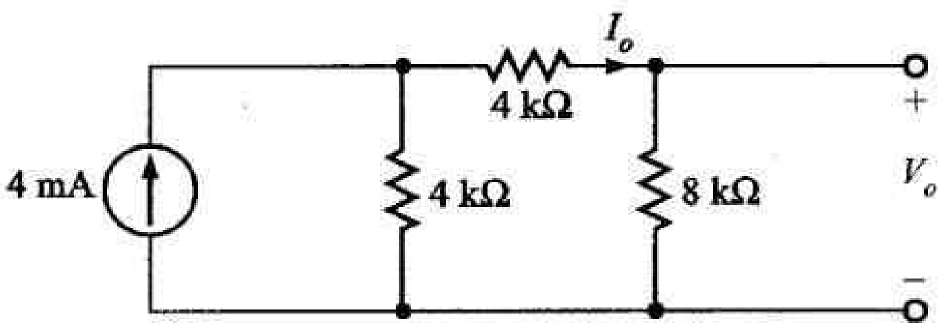
Equivalentes são ferramentas importantes para reduzir complexidade

EXEMPLO: RESOLUÇÃO UTILIZANDO TRANSF. FONTES

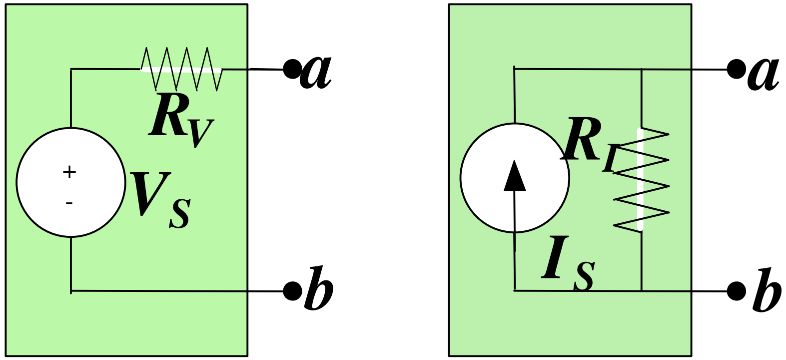








RESUMO: TRANSF. DE FONTES



OS MODELOS SÃO EQUIVALENTES QUANDO:

$$R_V = R_I = R$$

$$V_S = RI_S$$

PROCEDIMENTO GERAL PARA DETERMINAR EQUIV. THEVENIN

v_{TH} **Tensão de circuito - aberto**

tensão em a - b retirando a parte B

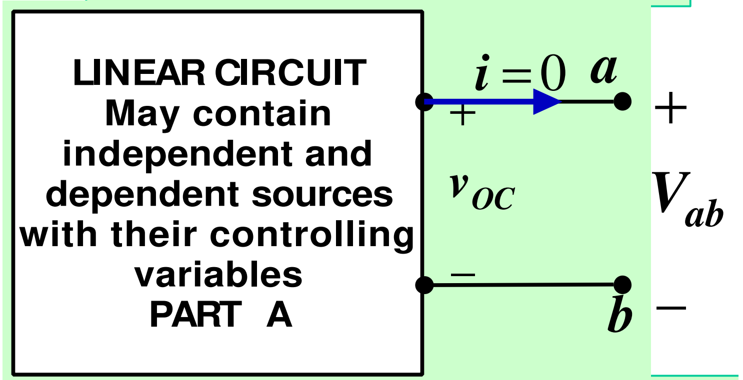
i_{SC} **Corrente de curto - circuito**

corrente em a - b quando se substitui B

por um curto - circuito

$R_{TH} = \dfrac{v_{TH}}{i_{SC}}$ **Resistência equivalente de Thevenin**

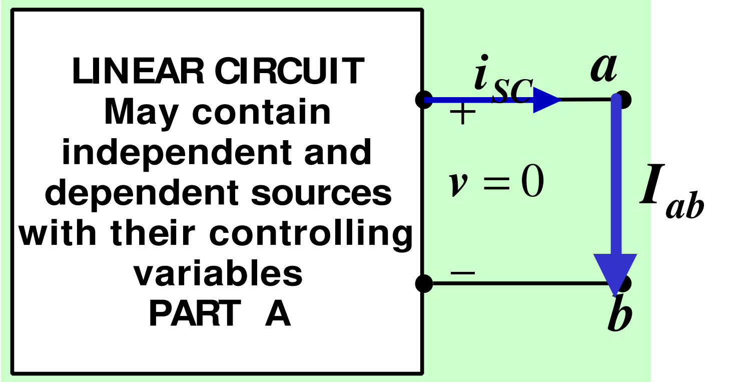
UM CIRC. A RESOLVER



1. Determinar a Tensão de THEVENIN

Retirar a parte B e calcular a tensão CIRC. ABERTO V_{ab}

OUTRO CIRC. A RESOLVER



2. Determinar a CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO

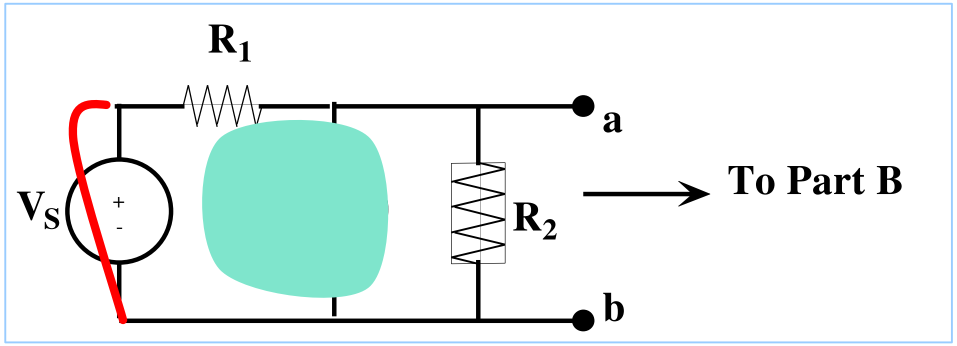
Retirar o circ B e calcular A CORRENTE DE CURTO CIRCUITO I_{ab}

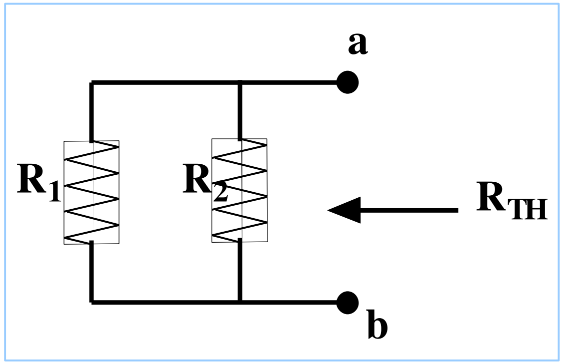
$$v_{TH} = v_{OC}, R_{TH} = \frac{v_{OC}}{i_{SC}}$$

EQUIVALENTE DE THEVENIN , SÓ COM FONTES INDEPENDENTES

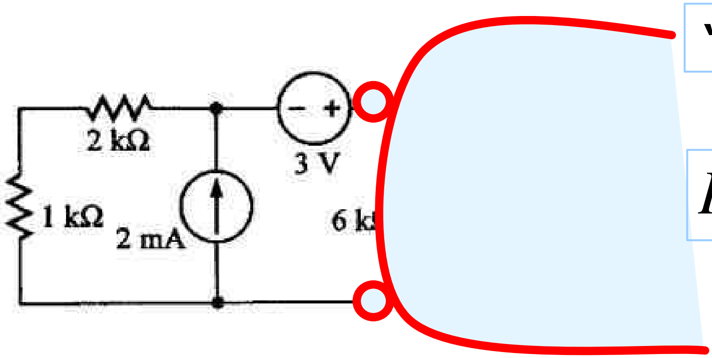
Vth = V CIRCUITO ABERTO

RESISTÊNCIA DE THEVENIN É A RESISTÊNCIA EM a-b ANULANDO TODAS AS FONTES ....

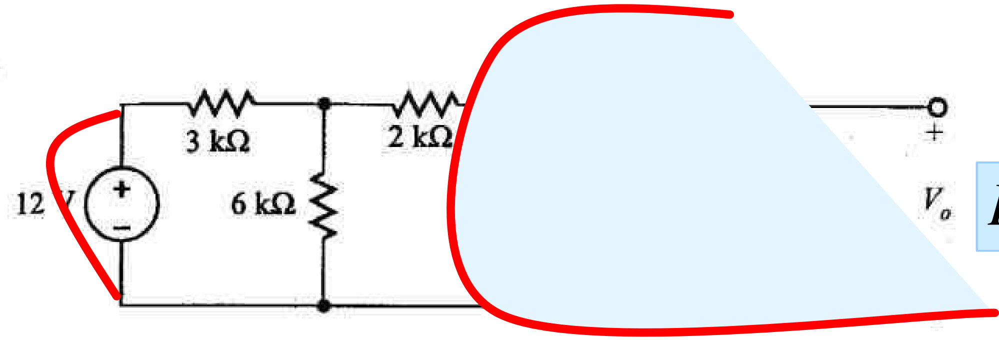




"Part B"



$$R_{TH} = 3k\Omega$$

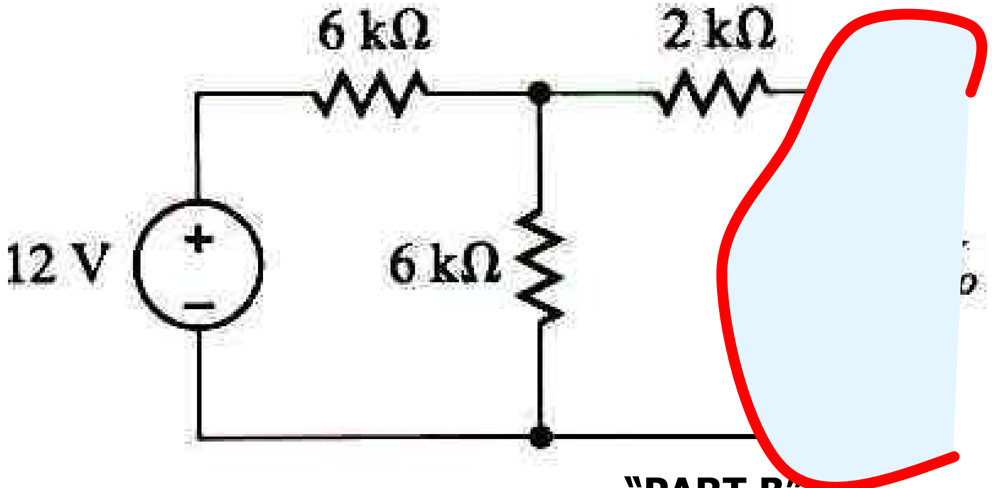


$$R_{TH} = 4k\Omega$$

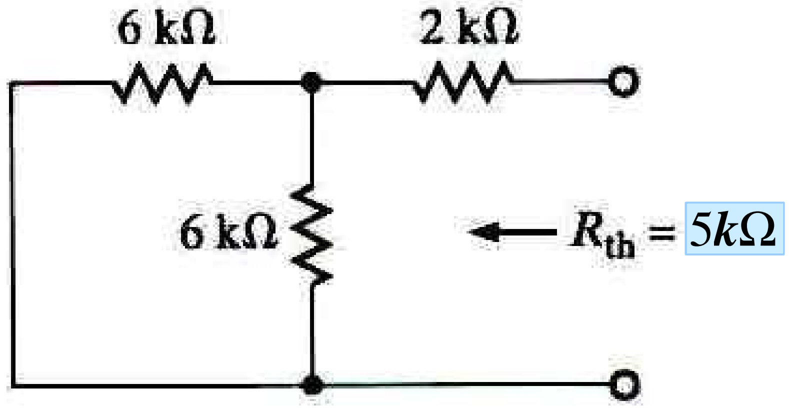
"Part B"

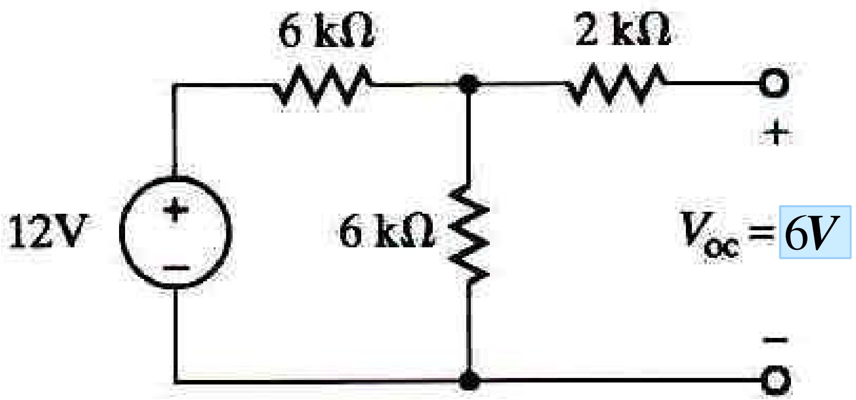
LEARNING BY DOING

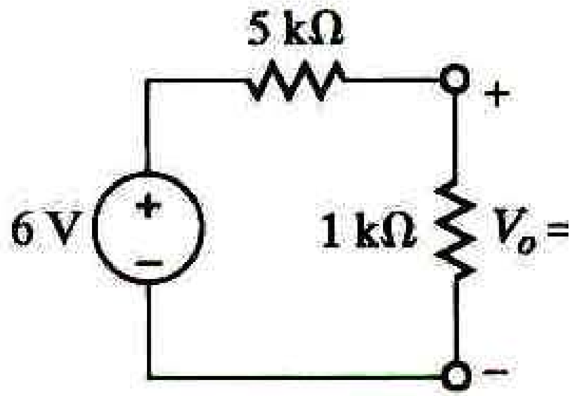
Find V_o in the following network using Thévenin's theorem.



"PART B"

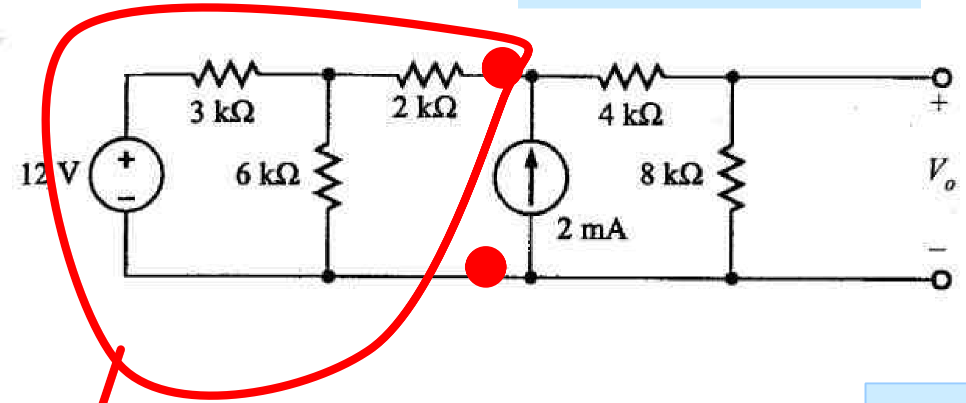






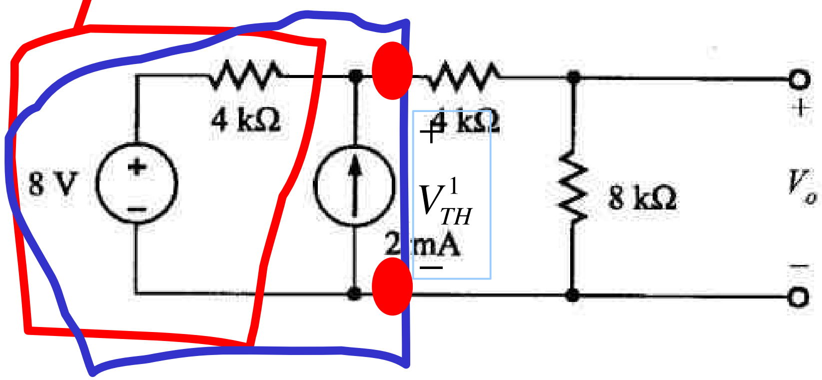
$$V_O = \frac{1k}{1k + 5k}(6V) = 1[V]$$

DETERMINAR Vo



$$R_{TH} = 4k\Omega$$

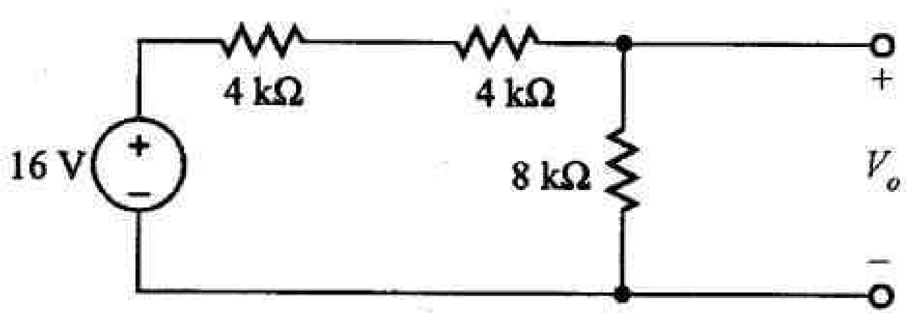
$$V_{TH} = \frac{6}{3+6} 12[V] = 8[V]$$



$$R^1{}_{TH} = 4k\Omega$$

VOC – UTILIZA-SE KVL

$$V^1_{TH} = 4k * 2mA + 8V = 16V$$



$$V_0 = \frac{8}{8+8} 16[V] = 8V$$

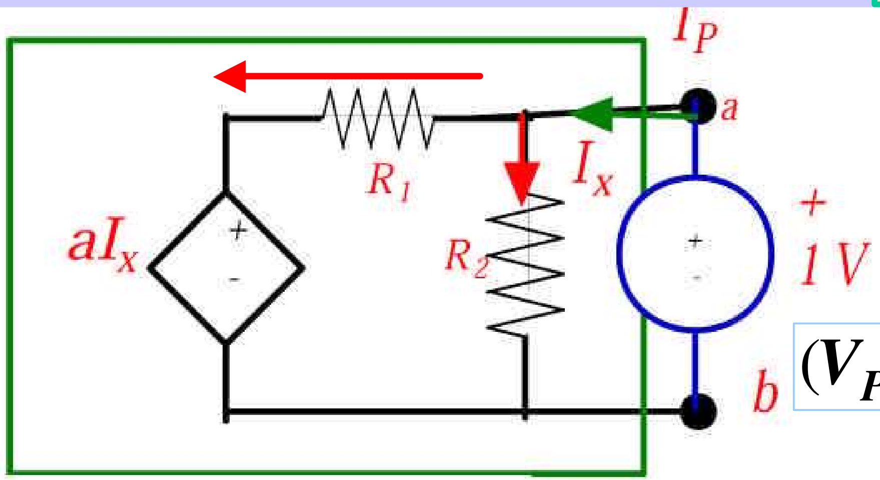
CIRCUITOS SÓ COM FONTES DEPENDENTES

Só tem resistência equivalente !!!

Só que ... $i_{sc}=0$, $v_{oc}=0$ => R_th é indeterminado.

CIRC. SÓ COM FONTES DEPENDENTES UTILIZA-SE TENSÃO DE "TESTE"...

...E CALCULA-SE A CORRENTE FORNECIDA AO CIRCUITO

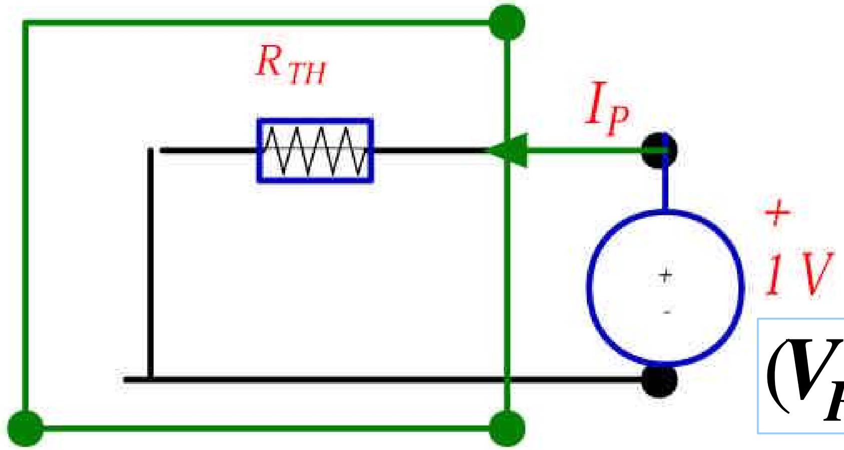


(V_P)

$$I_P = I_X + \frac{V_P - aI_X}{R_1}$$

$$I_X = \frac{V_P}{R_2}$$

$$I_P = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} - \frac{a}{R_1 R_2}\right) V_P$$



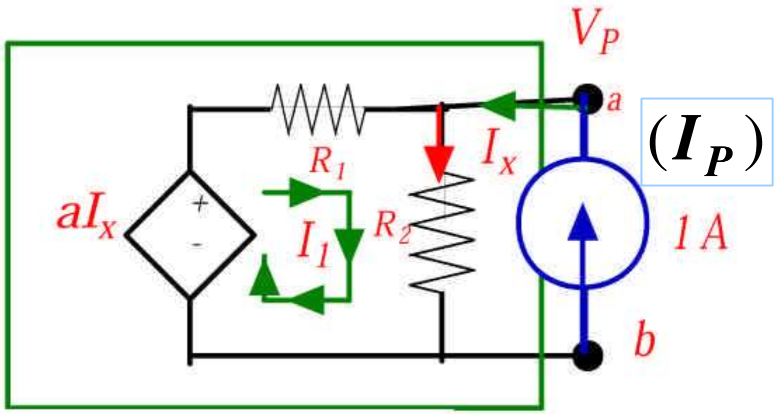
(V_P)

$$R_{TH} = \frac{V_P}{I_P}$$

$$R_{TH} = \frac{V_P}{\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} - \frac{a}{R_1 R_2}\right) V_P}$$

O valor da fonte de teste é irrelevante. Por exemplo 1V .

USANDO FONTE AUXILIAR DE CORRENTE



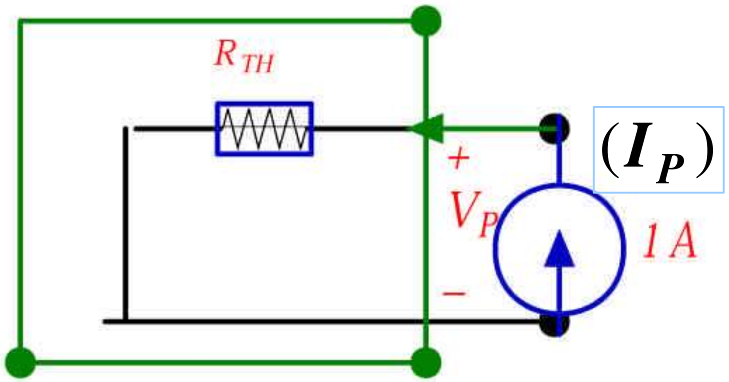
É NECESSÁRIO CALC. TENSÃO NÓ V_p

KCL

$$\frac{V_P}{R_2}+\frac{V_P-aI_X}{R_1}-I_P=0$$

$$I_X=\frac{V_P}{R_2}$$

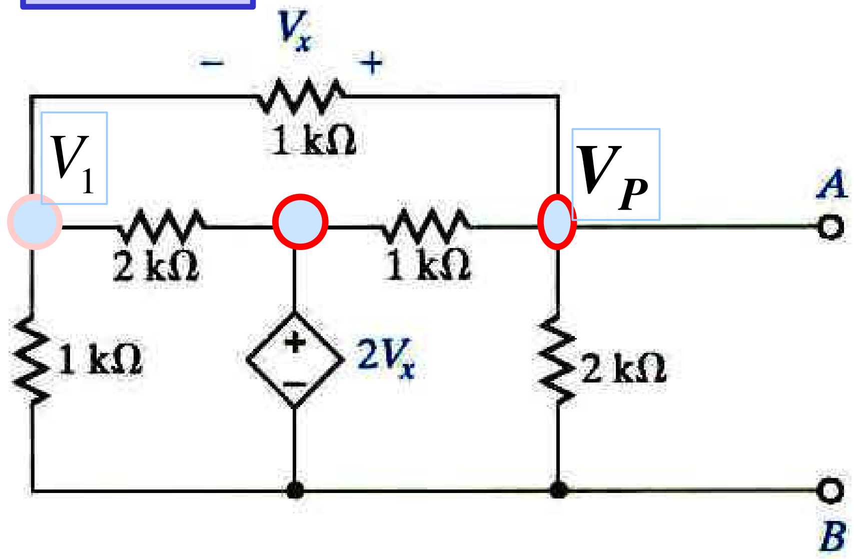
$$\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_1}-\frac{a}{R_1R_2}\right)V_P=I_P$$



$$R_{TH}=\frac{V_P}{I_P}$$

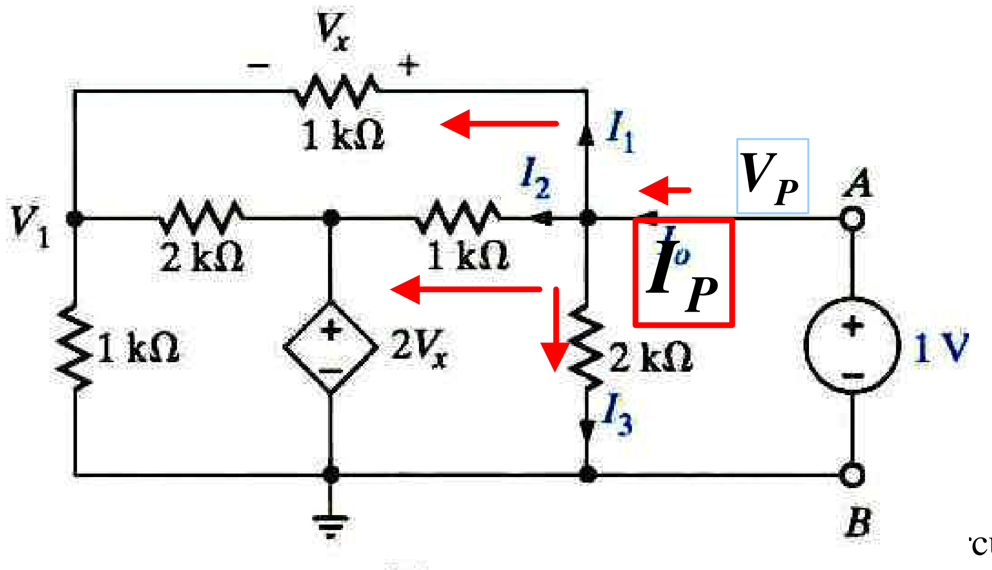
O valor da corrente de teste também é irrelevante

Exemplo



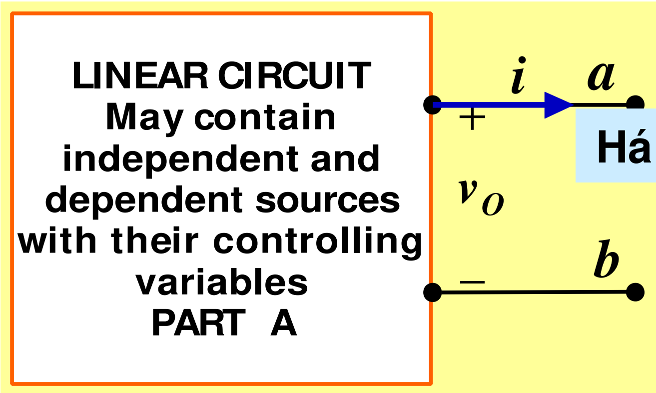
Pomos uma fonte de corrente ou de tensão?

Usando o método dos nós só ha um nó!!!!!!



$$R_{TH} = \frac{V_P}{I_P} = \frac{14}{15} k\Omega$$

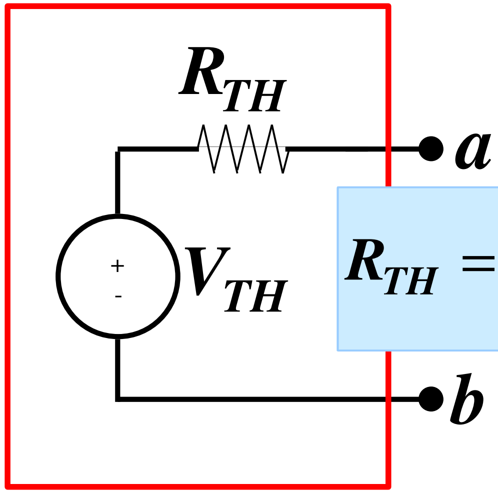
Equivalente de Thevenin
circuitos com fontes dependentes e independentes



Há que calcular a corrente de c.c. e tensão c. a.

Para cada equivalente há que resolver 2 circuitos !!!

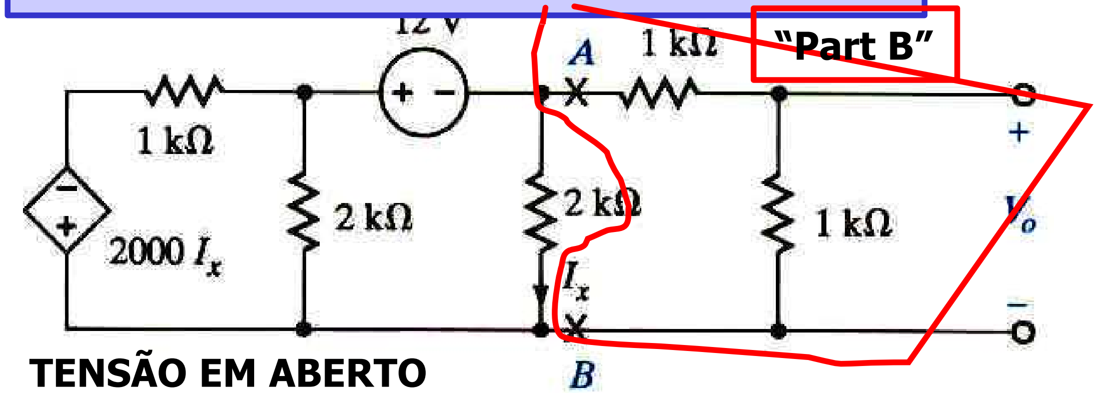
Utiliza-se a “artilharia” toda : KVL, KCL, NÓS, MALHAS, ASS. RES. SOBREPOSIÇÃO, HOMOGENEIDADE … ETC



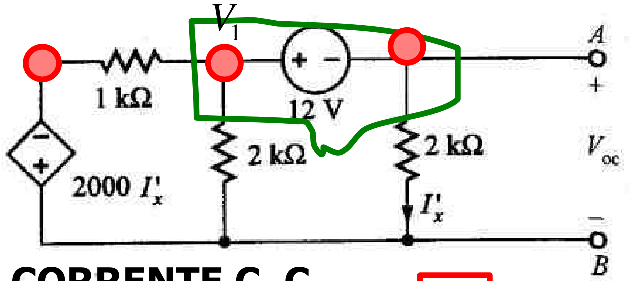
$$R_{TH} = \frac{V_{OC}}{I_{SC}}$$

$$V_{TH} = V_{OC}$$

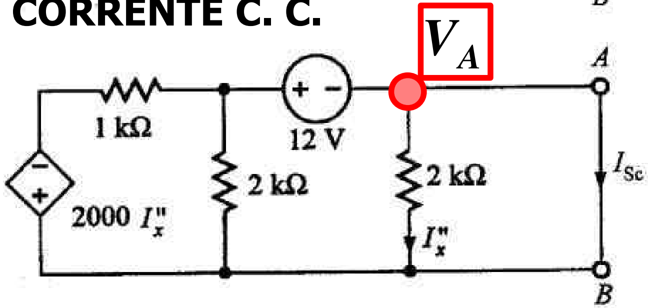
EXAMPLE Use Thevenin to determine Vo



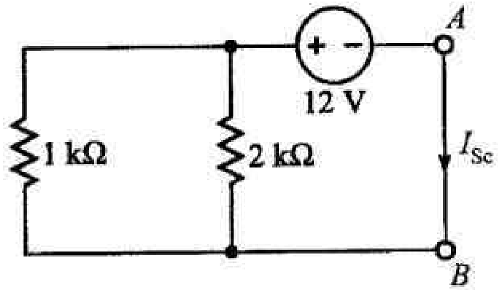
TENSÃO EM ABERTO



CORRENTE C. C.

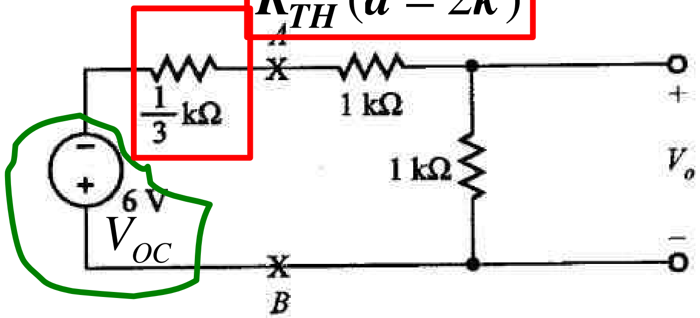


$$I''_X = \frac{V_A}{2k} = 0$$



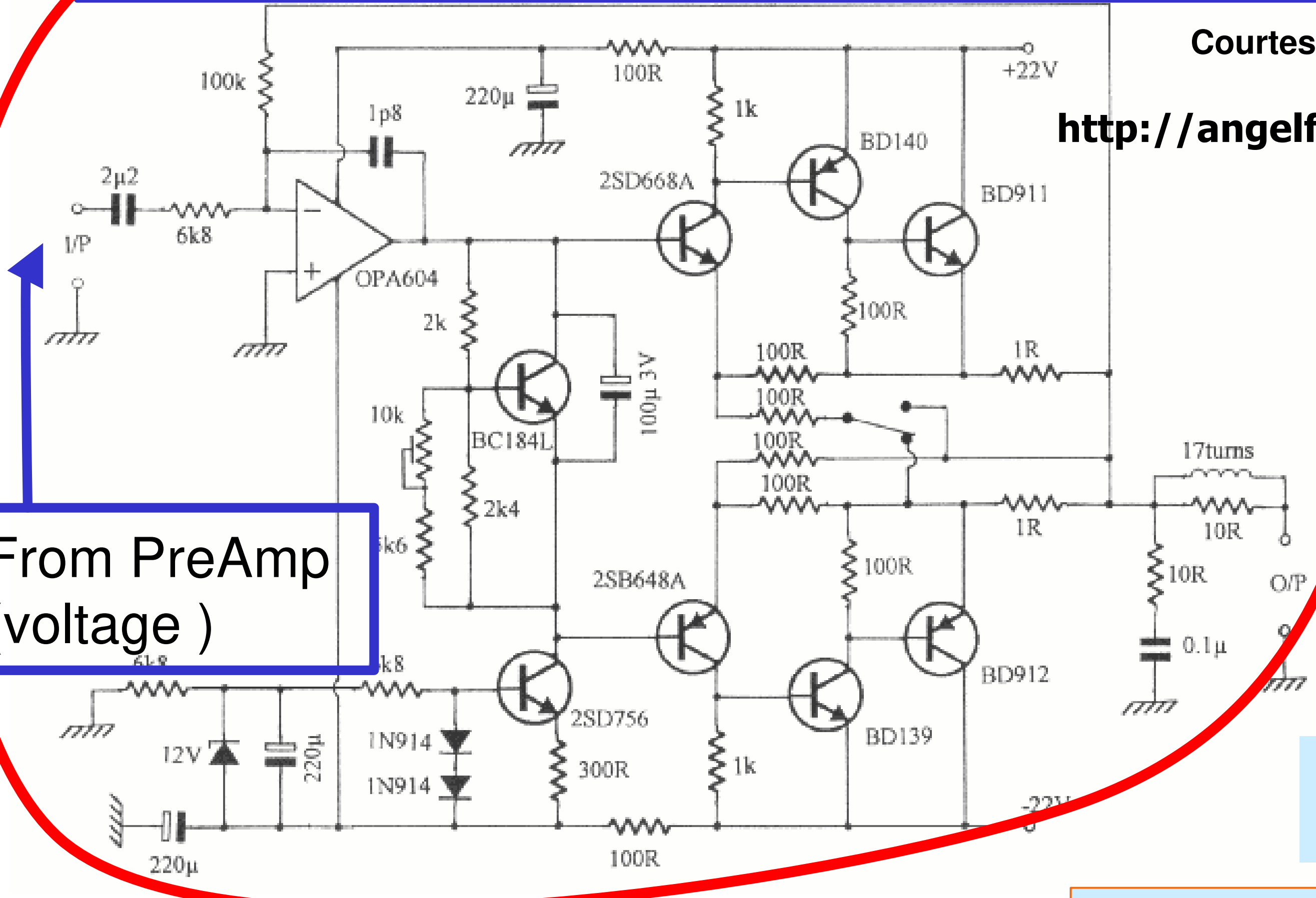
SOLUÇÃO

$$R_{TH}\,(a = 2k)$$



$$V_0 = \frac{1k}{1k + 1k + R_{TH}} V_{TH}$$

MÁXIMA TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA



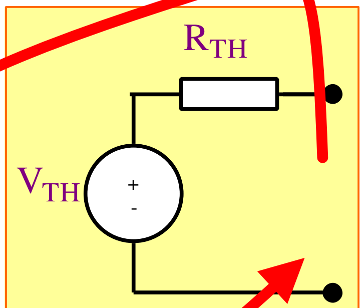
Courtesy of M.J. Renardson

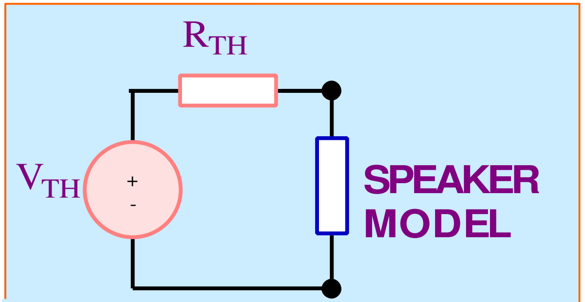
http://angelfire.com/ab3/mjramp/index.html

From PreAmp (voltage)

To speakers

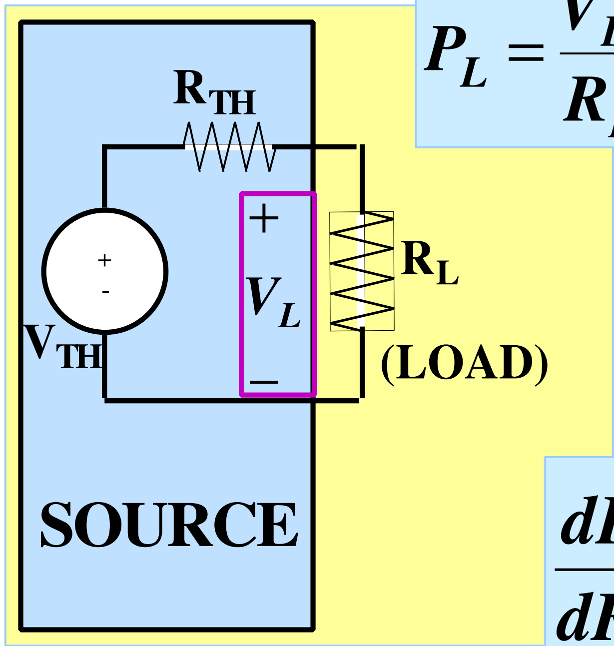
The simplest model for a speaker is a resistance...





BASIC MODEL FOR THE ANALYSIS OF POWER TRANSFER

TEOREMA DA MÁXIMA TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA



$$P_L = \frac{V_L^2}{R_L};\ V_L = \frac{R_L}{R_{TH}+R_L} V_{TH}$$

$$P_L = \frac{R_L}{(R_{TH}+R_L)^2} V_{TH}^2$$

$$\frac{dP_L}{dR_L} = V_{TH}^2 \left(\frac{(R_{TH}+R_L)^2 \cancel{-} 2R_L \cancel{(R_{TH}+R_L)}}{(R_{TH}+R_L)^{4-3}} \right) = 0$$

$$R_{TH} + R_L - 2R_L = 0 \Rightarrow \boxed{R_L^* = R_{TH}}$$

A CARGA QUE MAXIMIZA A TRANSF. DE POTÊNCIA É IGUAL À RESIST. EQUIVALENTE DE THEVENIN.

$$P_L(\max) = \frac{V_{TH}^2}{4R_{TH}}$$