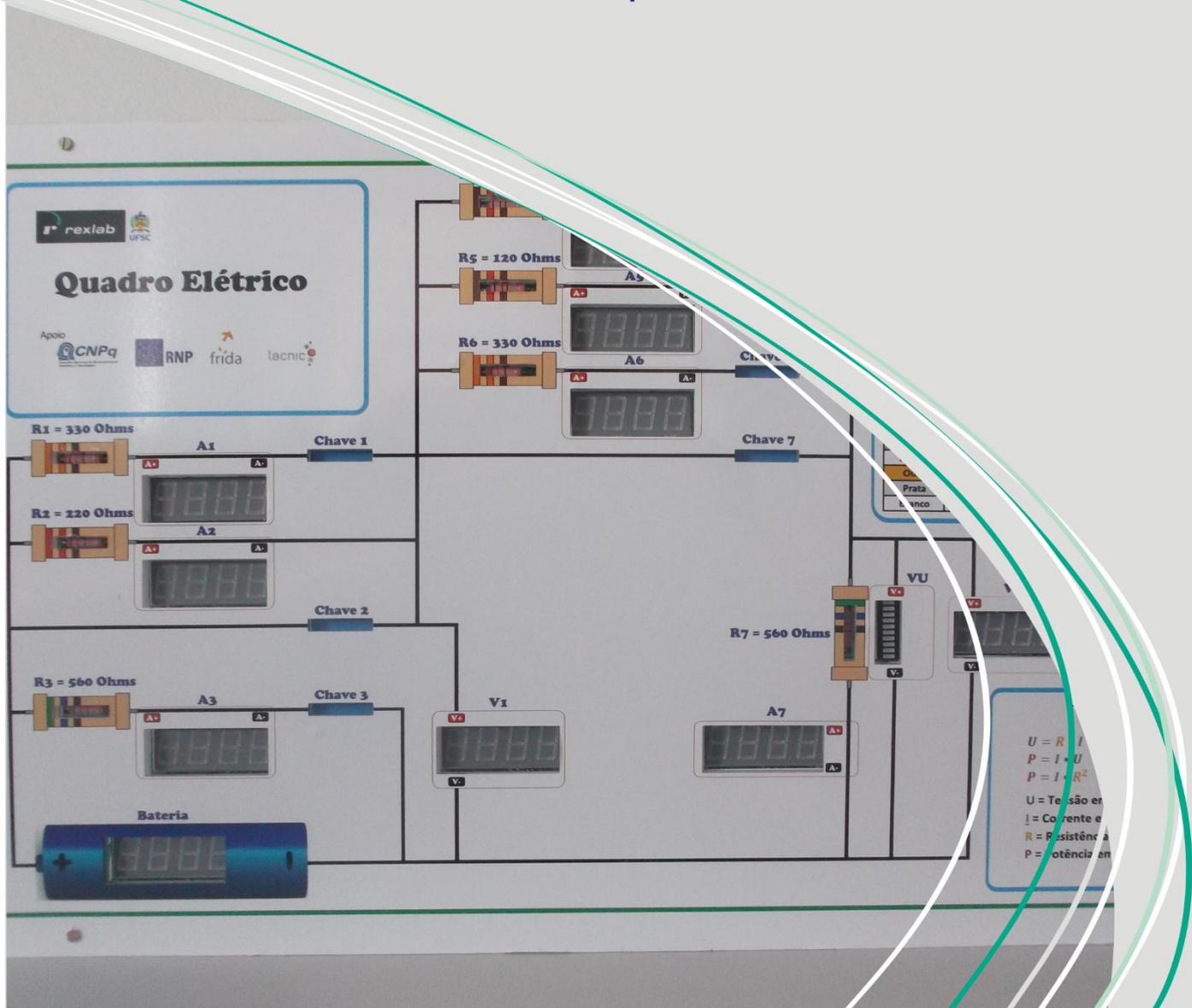


Painel Elétrico DC

Guia de Aplicação:
Circuitos paralelos e divisores de corrente



O trabalho Guia de aplicação: circuitos paralelos e divisores de corrente de SILVA, Juarez B.; xxxxxx está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.



Este manual, cada capítulo e suas imagens estão licenciados sob a licença Creative Commons -Atribuição-Não Comercial-Sem Derivados 4.0 Internacional. Uma cópia desta licença pode ser visualizada em <http://creativecommons.org.nz/licences/licences-explained/>. Ela define que este manual é livre para reprodução e distribuição porém sempre deve ser citado o autor. Não deve ser usado para fins comerciais ou financeiro e não é permitido qualquer trabalho derivado. Se você quiser fazer algum dos itens citados como não permitidos, favor entrar em contato com os organizadores do manual.

O download em edição eletrônica desta obra pode ser encontrado em <http://www.rexlab.ufsc.br>.

Guia de aplicação: circuitos paralelos e divisores de corrente: obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab).

Araranguá – SC, Brasil, 2015

Sumário

Sumário.....	3
Objetivos de aprendizagem.....	4
Breve revisão teórica	5
Divisor de corrente	6
Condutância.....	9
Utilizando o painel para praticar circuitos resistivos paralelos.....	9
Circuito de aplicação nº 1	10
Circuito de aplicação nº 2	13
Referências	23
Índice de Figuras	24
Índice de Tabelas	24

Objetivos de aprendizagem

Ao terminar esta atividade o estudante deverá ser capaz de:

- Identificar um circuito paralelo num diagrama esquemático;
- Identificar os nós num circuito paralelo;
- Localizar num circuito paralelo os percursos da corrente;
- Calcular a resistência equivalente de um circuito que contém duas ou mais resistências em paralelo, usando a fórmula do produto-soma;
- Recordar a relação entre resistência e condutância;
- Calcular a corrente em qualquer um dos laços de um circuito paralelo através do divisor de corrente.

Breve revisão teórica

A Figura 1 apresenta dois circuitos: o circuito 1a é um circuito em série, e tem apenas um percurso de corrente, já o circuito 1b tem os mesmos resistores, porém, está ligado de forma diferente, e tem dois percursos de corrente. Iniciando no polo positivo da bateria, a corrente I_{max} flui até o ponto de junção chamado **nó A**. A corrente I_{max} ao chegar ao **nó A** divide-se em duas partes, I_1 e I_2 . Onde a corrente I_1 flui através do resistor R_1 , e a corrente I_2 flui através do resistor R_2 . Estas duas correntes, encontram-se e combinam-se no ponto de junção chamado **nó B**, retornando finalmente ao polo negativo da bateria. Os circuitos, similares ao da Figura 1b, que tem mais de um percurso de corrente, são denominados “**circuitos paralelos**”.

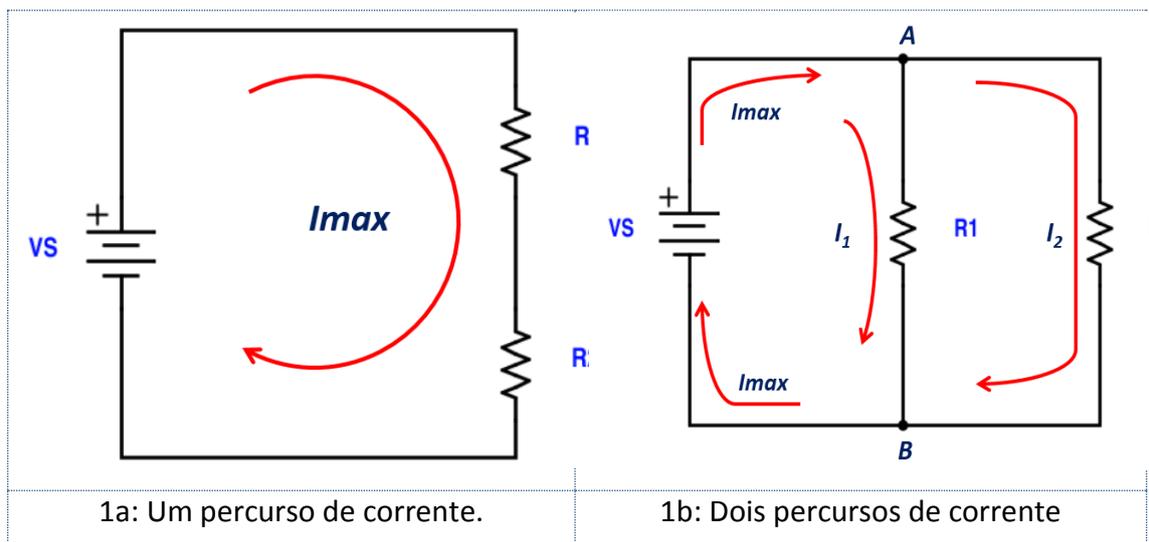


Figura 1: Circuito Paralelo

O circuito da Figura 2 é formado pela associação de dois resistores ligadas em paralelo é equivalente ao circuito mostrado na Figura 1b, é um circuito composto por um só resistor cujo valor é calculado pela regra da associação de resistências em paralelo.

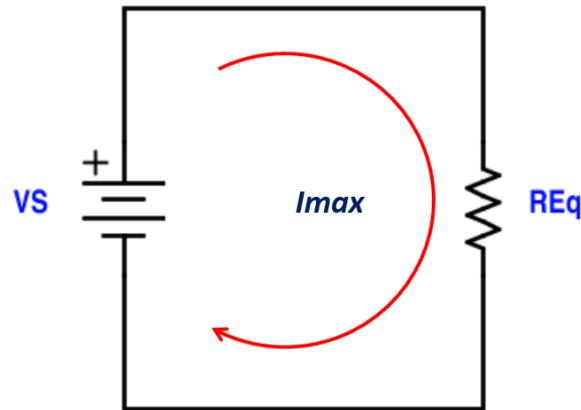


Figura 2: Circuito Equivalente

O valor da resistência equivalente, designada no circuito por REq, pode ser determinada através da seguinte fórmula:

$$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Reescrevendo a equação anterior em função de RE1, obtêm-se a fórmula:

$$R_{Eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$



A partir da equação apresentada acima pode-se constatar que “o valor de REq é sempre menor do que a menor resistência no circuito paralelo”.

Divisor de corrente

A figura 3 apresenta um circuito paralelo contendo três resistores (R1, R2 e R3) e pode-se observar que os três componentes eletrônicos possuem os pontos **a** e **b**

em comum. Uma característica importante dos circuitos paralelos é que a tensão elétrica é a mesma em todos os elementos que fazem parte da associação.

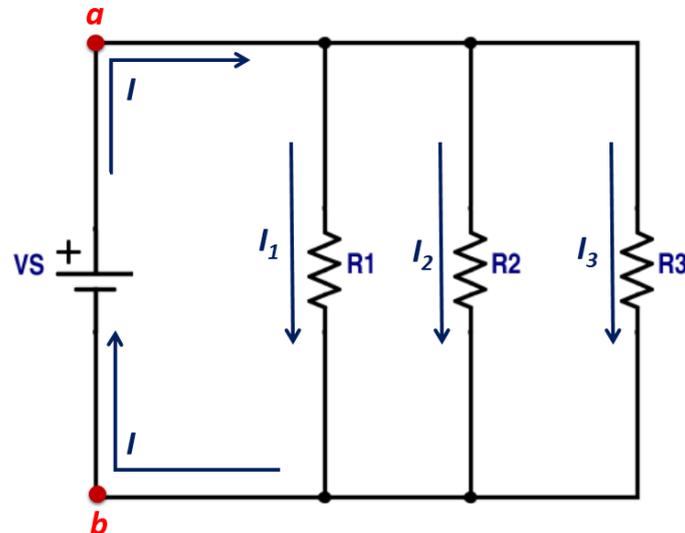


Figura 3: Circuito Paralelo

Os resistores associados em paralelo oferecem diversos caminhos para a fluxo de elétrons, ou seja, uma menor resistência equivalente. Matematicamente, podemos concluir que a Resistência Equivalente de um circuito paralelo é o inverso da soma dos inversos dos n resistores da associação:

$$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Desta forma o circuito paralelo pode ser redesenhado e no lugar dos resistores R_1 e R_2 do exemplo anterior (entre os pontos a e c) podemos substituir pelo Resistor equivalente, vide figura 4, total que tem valor igual ao inverso da soma dos inversos dos resistores da associação.

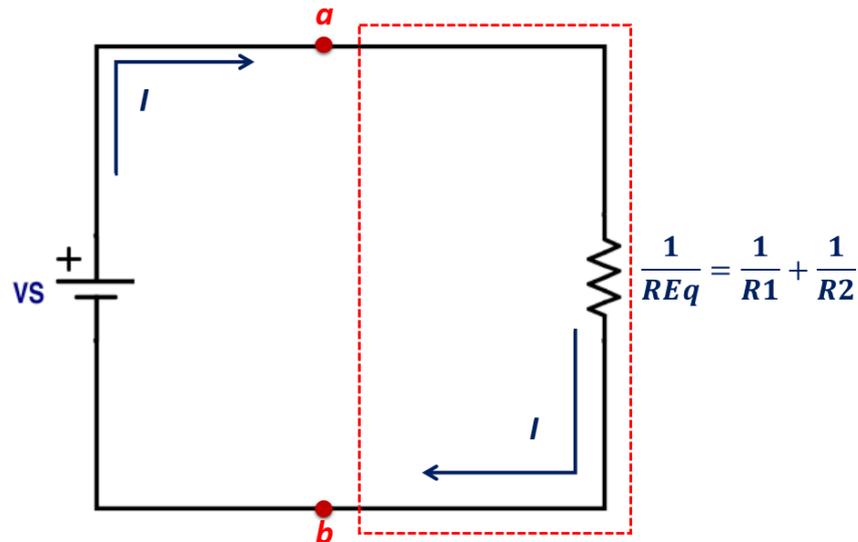


Figura 4: Circuito Paralelo – Resistência equivalente do circuito

Uma vez simplificado o circuito torna-se mais simples o cálculo da corrente elétrica do circuito. Para este caso pode-se utilizar a Lei de Ohm. Uma vez que a tensão **VS** da fonte é fixa, a intensidade da corrente fornecida pela fonte dependerá somente do valor da resistência equivalente **REq**. Assim para o circuito apresentado tem-se:

$$R_{Eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$I = \frac{V_S}{R_{Eq}}$$

Uma vez que, a tensão elétrica aplicada nos componentes do circuito é única, precisamos determinar o valor da corrente elétrica em cada resistor do circuito. Assim podemos calcular as correntes em **R1** e **R2** da seguinte maneira:

$$- IR_1 = \frac{V_S}{R_1}$$

$$- IR_2 = \frac{V_S}{R_2}$$

Condutância

Se o circuito for composto por **n** resistências em paralelo, a fórmula para o cálculo da resistência equivalente do circuito paralelo amplia-se para:

$$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Esta fórmula pode ser usada para qualquer número de resistências ligadas em paralelo. Porém, o melhor procedimento para determinar a resistência equivalente num circuito paralelo é utilizando o método da **condutância**. O significado físico da condutância relaciona-se de forma inversa ao significado da resistência. Um resistor com alto valor de resistência, por exemplo, da ordem dos MegaOhm, é má condutora de eletricidade e a sua condutância tem um valor numérico baixo. A condutância é representada pela letra G e a sua unidade é o Siemens, representado pela letra S, sendo representada como segue abaixo:

$$G = \frac{1}{R}$$

Utilizando o painel para praticar circuitos resistivos paralelos

Utilizando as chaves disponíveis no “Painel DC”, podemos conhecer os circuitos formados por mais de um componente e associados de maneira paralela e aprender o valor equivalente de uma associação Paralela de Resistores. Dois elementos, ramos ou circuitos estão conectados em paralelo quando possuem dois pontos em comum.

Através da diversas combinações possíveis mediante o acionamento das chaves que compõe o painel pode-se implementar uma série de configurações para o exercício de atividades práticas com circuitos seriais. A seguir serão apresentados três exemplos de aplicação.

Circuito de aplicação nº 1

A figura 5 apresenta o circuito pretendido, para fins de estudo, nesta atividade prática.

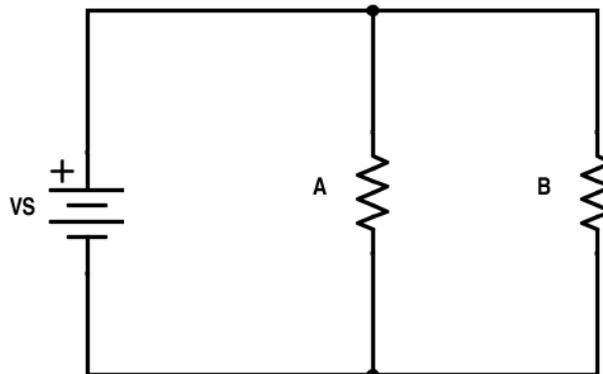


Figura 5: Circuito Paralelo nº 1

O circuito poderá ser obtido de duas maneiras através das combinações de acionamento das chaves que compõe o painel. A tabela 1 apresenta os valores obtidos para as resistências “A” e “B”, representadas na Figura 5, que são resultantes das associações efetuadas e as chaves à serem acionadas.

Tabela 1: Circuito serial nº 3

A	B	Chaves a Fechar
R3 560Ω	R7 560Ω	S2, S3 e S7

A figura 6 apresenta o circuito resultante da combinação proposta na tabela 01.

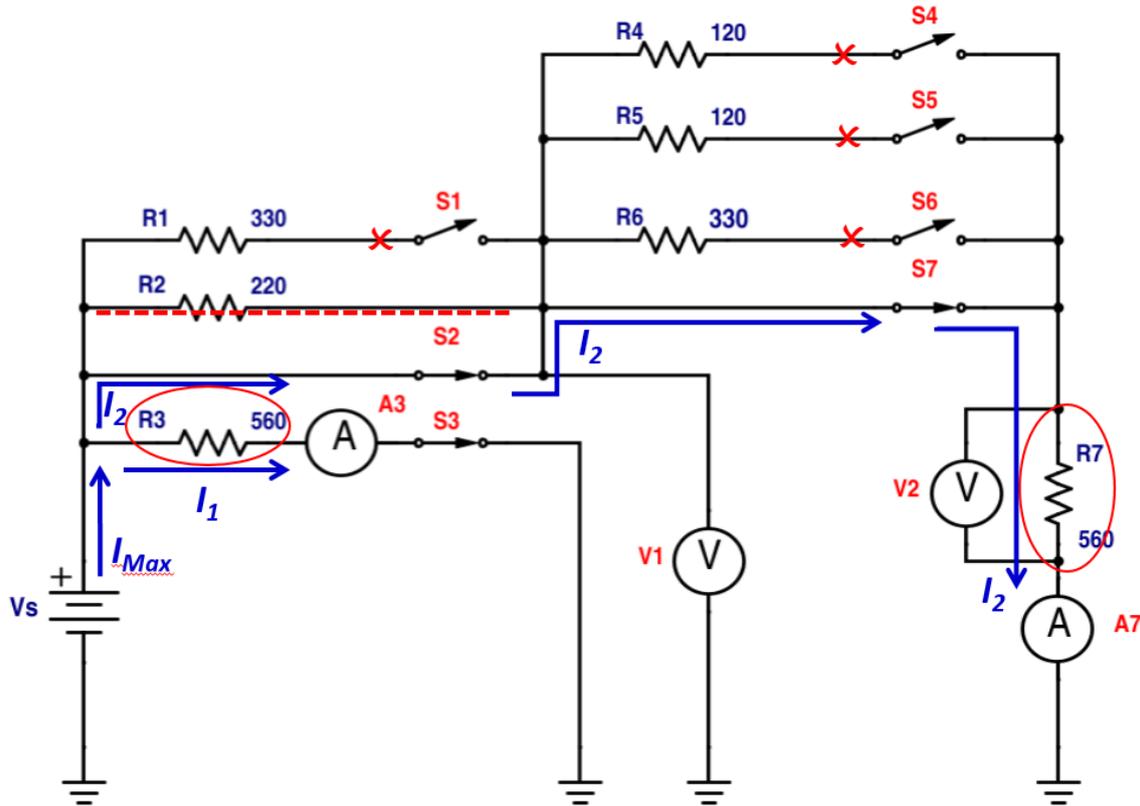


Figura 6: Circuito Paralelo nº 1 – Configuração 1

Os valores de corrente e tensão para as resistências “A” e “B”, no caso R3 e R7, respectivamente, poderão ser visualizados nos monitores de tensão V1 e V2 e nos monitores de corrente A3 e A7.

A Figura 7 apresenta o circuito resultante para a configuração apresentada na Figura 6.

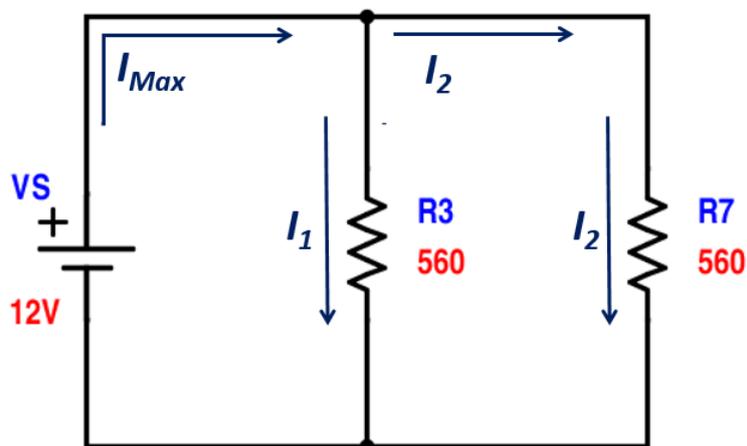


Figura 7: Circuito Paralelo nº 1 – CKT resultante

Calculando os valores de REq , I_{max} , I_1 e I_2 :

$$REq = \frac{R_3 \times R_7}{R_3 + R_7} = \frac{560 \times 560}{560 + 560} = \frac{313600}{1120} = 280\Omega$$

$$I_{max} = \frac{VS}{REq} = \frac{12}{280} = 0,04286 \text{ ou } 42,86mA$$

$$I_1 \text{ e } I_2 = \frac{VS}{R_3} = \frac{12}{560} = 0,02143 \text{ ou } 21,43mA$$

A figura 8 apresenta o acesso ao experimento na “configuração 1”, apresentada na Figura 6.

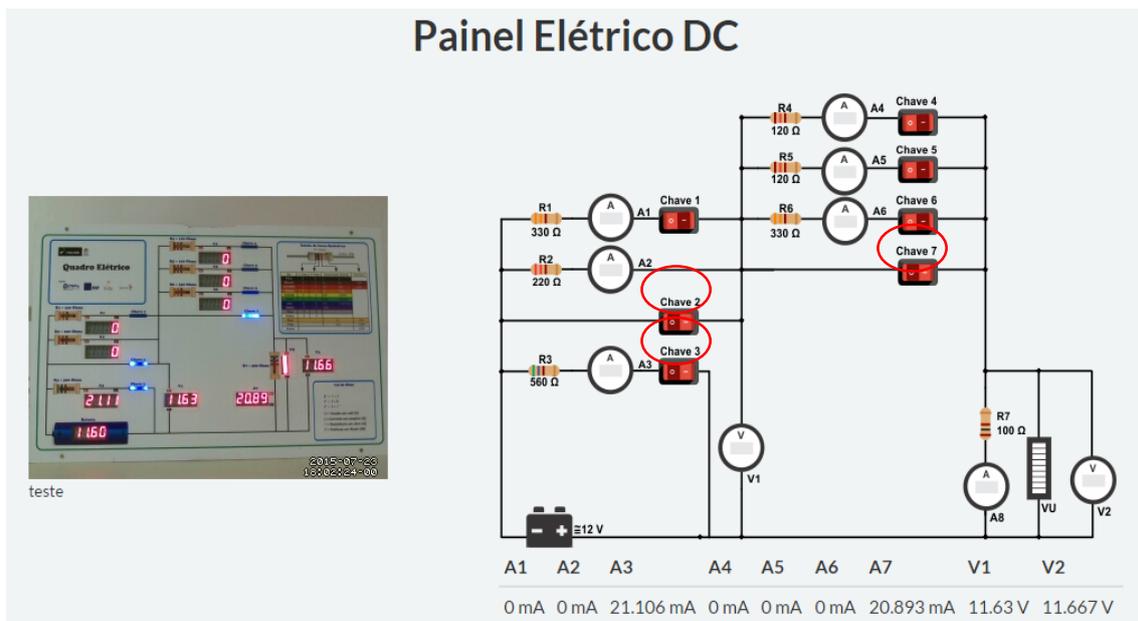


Figura 8: Circuito Paralelo nº 1 – Acesso ao experimento

Comparando com os valores cálculos com os retornados no experimento prático.

Tabela 2: Valor calculados VS Valores lidos no experimento

Parâmetro	Calculado	Experimento
REq	280Ω	280Ω +ou- 5%
I _{max}	42,86mA	41,999mA
I ₁	21,43mA	21,106mA
I ₂	21,43mA	20,893mA
VS	12V	11,60V



- Os valores calculados são ideais;
- Os resistores instalados no Painel Elétrico DC apresentam “tolerância” de 5%;
- A fonte de alimentação VS apresenta variação de valores motivada, por exemplo, por fatores externos;
- Outros fatores tais como: temperatura nos componentes, material de construção, comprimento e secção transversal dos condutores também podem alterar a resistividade do circuito.

Circuito de aplicação nº 2

A figura 9 apresenta o circuito final pretendido para esta atividade prática.

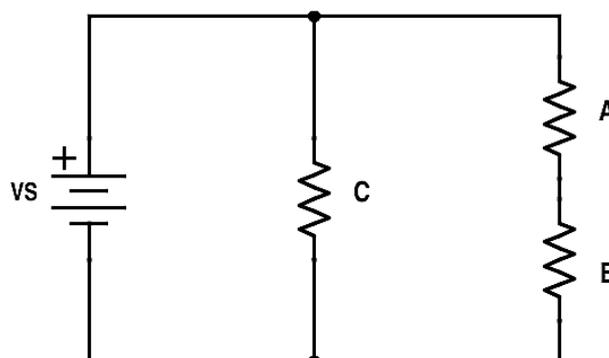


Figura 9: Circuito Paralelo nº 2

O circuito poderá ser obtido de três maneiras através das combinações de acionamento das chaves disponíveis no “Painel Elétrico DC”. A tabela 3 apresenta os valores obtidos para as resistências “A”, “B” e “C”, apresentadas na Figura 9, que são resultantes das associações efetuadas e as chaves à serem acionadas.

Tabela 3: Circuito paralelo nº 2

Circuito	A	B	C	Chaves a Fechar
1	R2 220Ω	R7 560Ω	R3 560Ω	S3 e S7
2	R4 120Ω	R7 560Ω	R3 560Ω	S2, S3 e S4
3	R6 330Ω	R7 560Ω	R3 560Ω	S2, S3 e S6

A figura 10 apresenta o circuito resultante da combinação proposta na tabela 3 para o primeiro circuito.

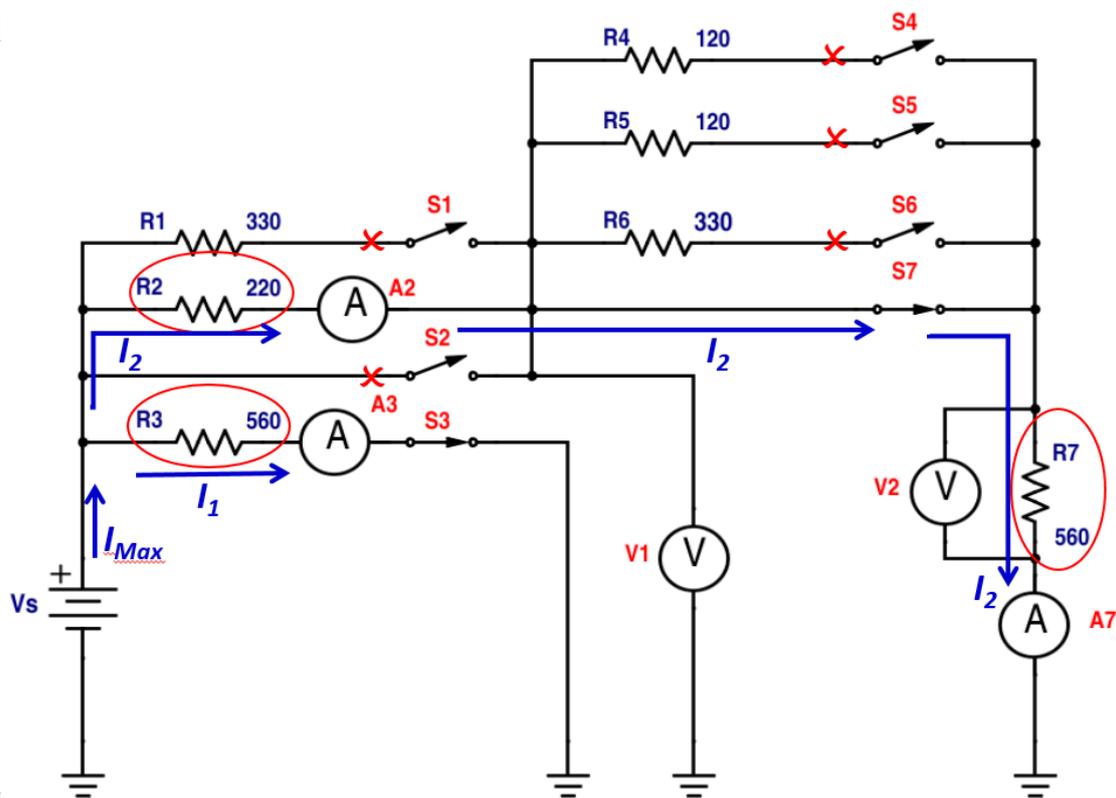


Figura 10: Circuito Paralelo nº 2 – Configuração 1

Os valores de corrente e tensão para as resistências “A”, “B” e “C”, no caso **R2**, **R7** e **R3**, respectivamente, poderão ser visualizados nos monitores de tensão **V1** e **V2** e nos monitores de corrente **A2**, **A3** e **A7**.

A Figura 11 apresenta o circuito resultante para a configuração apresentada na Figura 10.

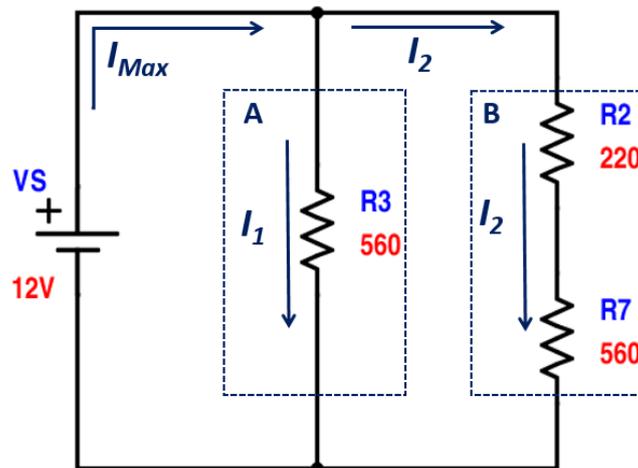


Figura 11: Circuito Paralelo nº 2 – CKT resultante nº 1

Calculando os valores de **REq**, **I_{max}**, **I₁** e **I₂**:

$$REq = \frac{R_3 \times (R_2 + R_7)}{R_3 + (R_2 + R_7)} = \frac{560 \times (220 + 560)}{560 + (220 + 560)} = \frac{436800}{1340} = 325,97\Omega$$

$$I_{max} = \frac{VS}{REq} = \frac{12}{325,97} = 0,03681 \text{ ou } 36,81mA$$

$$I_1 = \frac{VS}{R_3} = \frac{12}{560} = 0,02143 \text{ ou } 21,429mA$$

$$I_2 = \frac{VS}{R_2 + R_7} = \frac{12}{(220 + 560)} = 0,01538 \text{ ou } 15,38mA$$

$$VR_2 = R_2 * I_2 = 220 * 0,01538 = 3,3836V$$

$$VR_7 = R_7 * I_2 = 560 * 0,01538 = 8,6128V$$

A figura 12 apresenta o acesso ao experimento na “configuração 2”, apresentada na Figura 10.

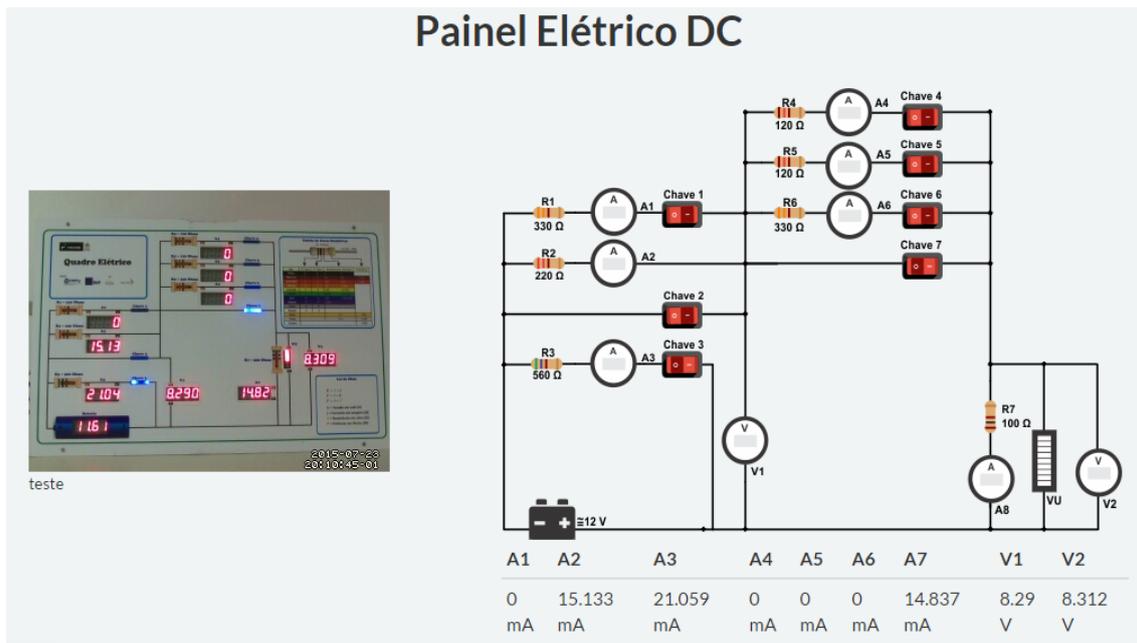


Figura 12: Circuito Paralelo nº 2 – Acesso ao experimento

Comparando com os valores cálculos com os retornados no experimento prático.

Tabela 4: Valor calculados VS Valores lidos no experimento

Parâmetro	Calculado	Experimento
REq	325,97	325,97 +ou- 5%
I _{max}	36,81mA	41,999mA
I ₁	21,43mA	21,059mA
I ₂	15,38mA	15,133mA
V _S	12V	11,61V
V _{R3}	12V	
V _{R2}	3,384V	
V _{R7}	8,613V	8,312V

A figura 13 apresenta o circuito resultante da combinação proposta na tabela 3 para o segundo circuito.

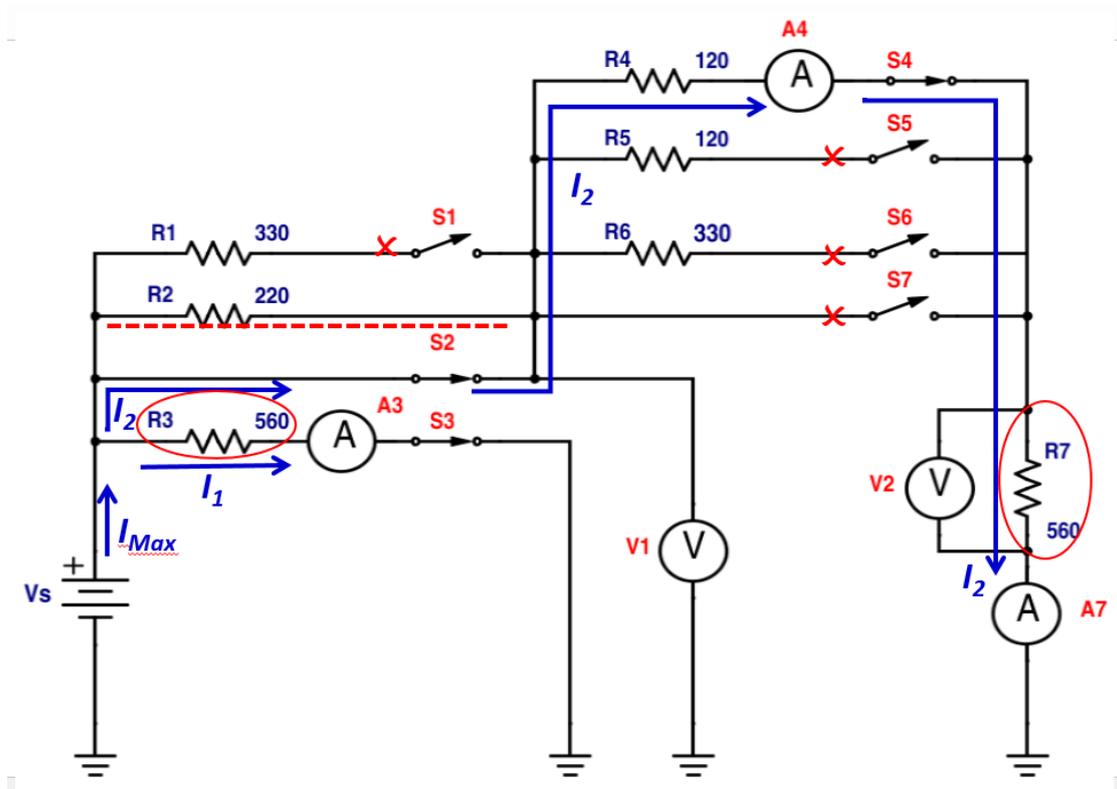


Figura 13: Circuito Paralelo nº 3 – Configuração 2

Os valores de corrente e tensão para as resistências “A”, “B” e “C”, no caso **R4**, **R7** e **R3**, respectivamente, poderão ser visualizados nos monitores de tensão V1 e V2 e nos monitores de corrente A3, A4 e A7.

A Figura 14 apresenta o circuito resultante para a configuração apresentada na Figura 13.

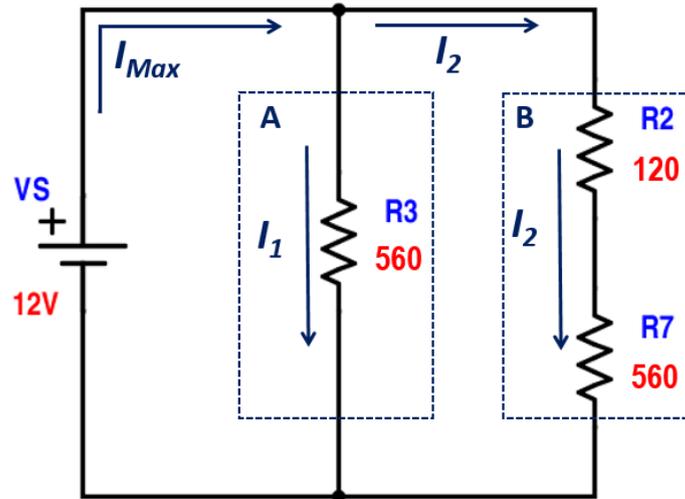


Figura 14: Circuito Paralelo nº 2 – CKT resultante nº 2

Calculando os valores de **REq**, **Imax**, **I1** e **I2**:

$$REq = \frac{R_3 \times (R_4 + R_7)}{R_3 + (R_4 + R_7)} = \frac{560 \times (120 + 560)}{560 + (120 + 560)} = \frac{380800}{1240} = 307,097\Omega$$

$$Imax = \frac{VS}{REq} = \frac{12}{307,097} = 0,03908 \text{ ou } 39,08mA$$

$$I1 = \frac{VS}{R_3} = \frac{12}{560} = 0,02143 \text{ ou } 21,429mA$$

$$I2 = \frac{VS}{R_4 + R_7} = \frac{12}{(120 + 560)} = 0,01765 \text{ ou } 17,65mA$$

$$VR_4 = R_4 * I_2 = 120 * 0,01765 = 2,118V$$

$$VR_7 = R_7 * I_2 = 560 * 0,01765 = 9,884V$$

A figura 15 apresenta o acesso ao experimento na “configuração 2”, apresentada na Figura 13.

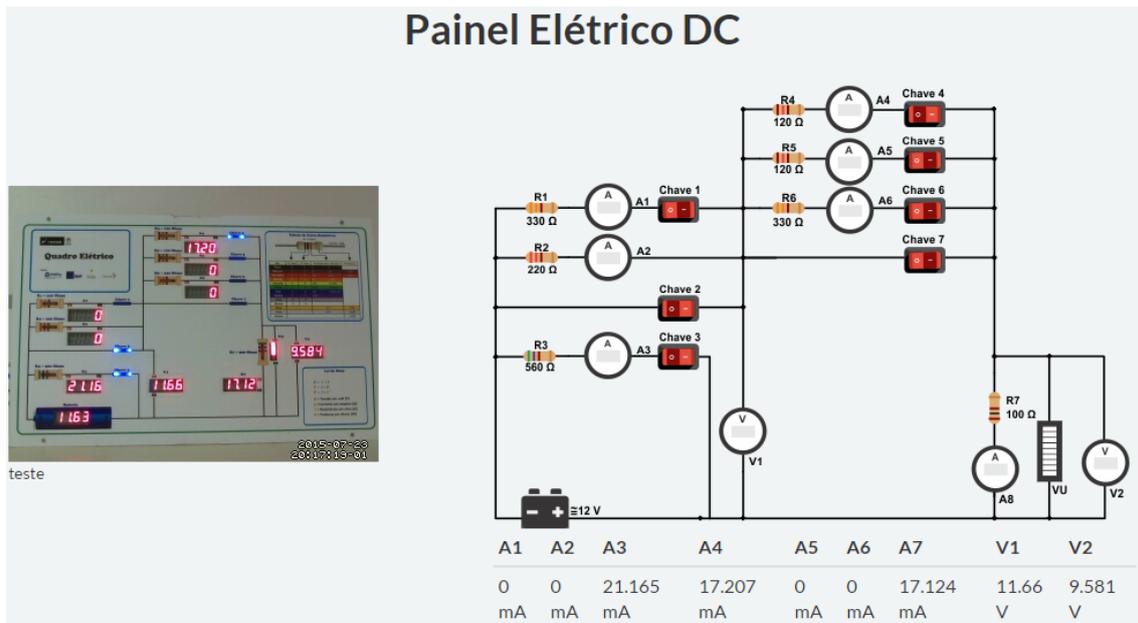


Figura 15: Circuito Paralelo nº 2 – Acesso ao experimento

Os valores de corrente e tensão para as resistências “A”, “B” e “C”, no caso R4, R7 e R3, respectivamente, poderão ser visualizados nos monitores de tensão V1 e V2 e nos monitores de corrente A3, A4 e A7.

Comparando com os valores cálculos com os retornados no experimento prático.

Tabela 5: Valor calculados VS Valores lidos no experimento

Parâmetro	Calculado	Experimento
REq	307,097	307,097 +ou- 5%
I _{max}	39,08mA	41,999mA
I ₁	21,43mA	21,165mA
I ₂	17,65mA	17,207mA
V _S	12V	11,63V
V _{R3}	12V	
V _{R4}	2,118V	
V _{R7}	9,884V	9,581V

A figura 16 apresenta o circuito resultante da combinação proposta na tabela 3 para o terceiro circuito.

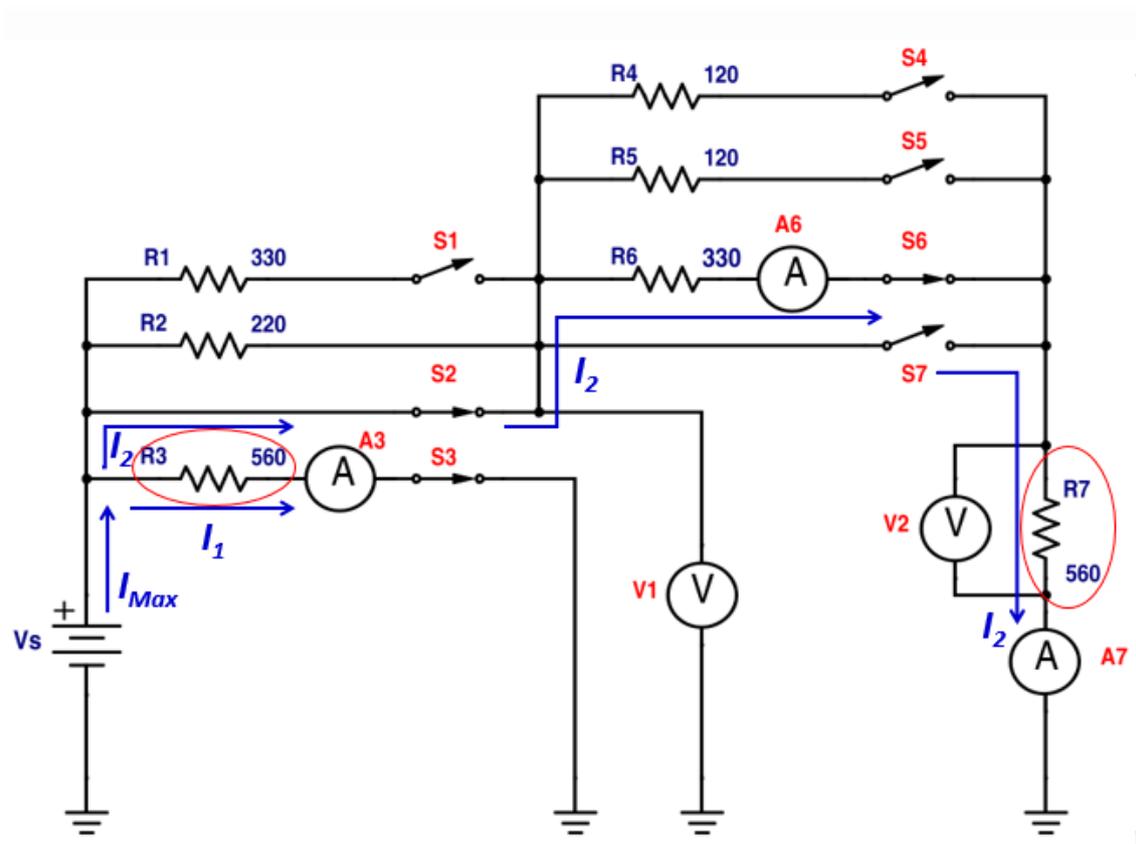


Figura 16: Circuito Paralelo nº 4 – Configuração 3

Os valores de corrente e tensão para as resistências “A”, “B” e “C”, no caso R6, R7 e R3, respectivamente, poderão ser visualizados nos monitores de tensão V1 e V2 e nos monitores de corrente A3, A6 e A7.

A Figura 17 apresenta o circuito resultante para a configuração apresentada na Figura 16.

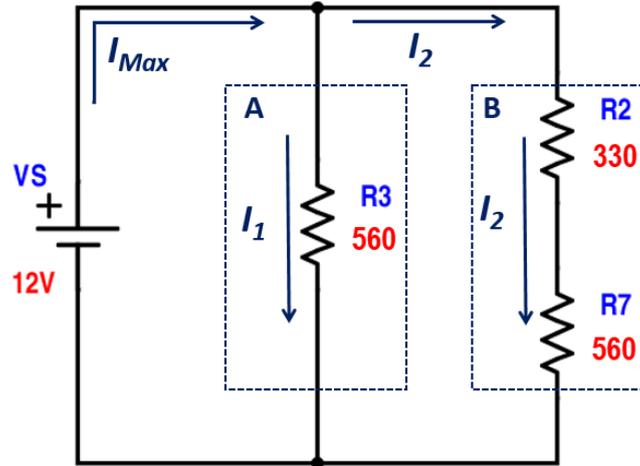


Figura 17: Circuito Paralelo nº 2 – CKT resultante nº 3

Calculando os valores de **REq**, **Imax**, **I1** e **I2**:

$$REq = \frac{R_3 \times (R_6 + R_7)}{R_3 + (R_6 + R_7)} = \frac{560 \times (330 + 560)}{560 + (330 + 560)} = \frac{498400}{1450} = 343,724\Omega$$

$$Imax = \frac{VS}{REq} = \frac{12}{343,724} = 0,03491 \text{ ou } 34,91mA$$

$$I1 = \frac{VS}{R_3} = \frac{12}{560} = 0,02143 \text{ ou } 21,429mA$$

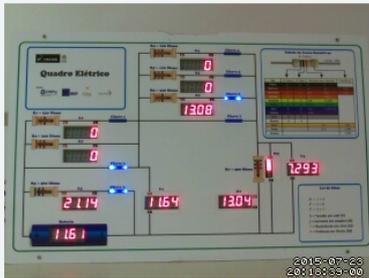
$$I2 = \frac{VS}{R_6 + R_7} = \frac{12}{(330 + 560)} = 0,01348 \text{ ou } 13,48mA$$

$$VR_6 = R_6 * I_2 = 330 * 0,01348 = 4,4484V$$

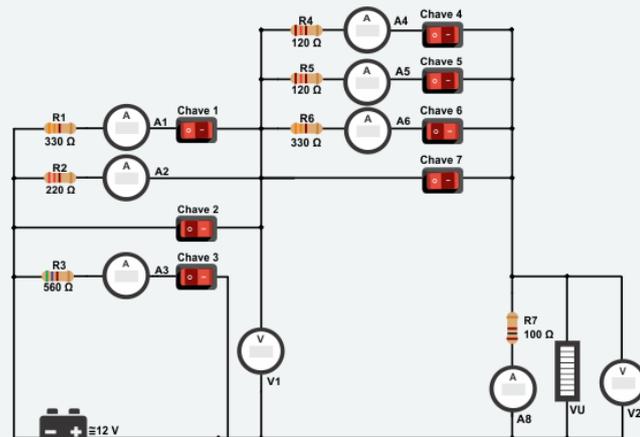
$$VR_7 = R_7 * I_2 = 560 * 0,01348 = 7,5488V$$

A figura 18 apresenta o acesso ao experimento na “configuração 3”, apresentada na Figura 16.

Painel Elétrico DC



teste



A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	V1	V2
0	0	21.141	0	0	13.083	13.047	11.649	7.293
mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	V	V

Figura 19: Circuito Paralelo nº 2 – Acesso ao experimento

Comparando com os valores cálculos com os retornados no experimento prático.

Tabela 6: Valor calculados VS Valores lidos no experimento

Parâmetro	Calculado	Experimento
REq	343,724	343,724 +ou- 5%
I _{max}	34,91mA	41,999mA
I ₁	21,429mA	21,141mA
I ₂	13,48mA	13,083mA
VS	12V	11,61V
VR ₃	12V	
VR ₄	4,4484V	
VR ₇	7,5488V	7,293V

Referências

- SILVA, J.B., MORETTI, A. 2015. **Manual Técnico do Experimento: Painelelétrico DC**. Laboratório de Experimentação Remota (REXLAB), Universidade Federal de Santa Catarina.
- ROMANO, C., TODDAI, R. 1976. **Eletrônica Geral**. 2a Edição. Brasiliense, São Paulo-SP.
- OTERO, C.A.D. 1993. **Teoria e Prática de Eletrônica**. Ed. McGraw-Hill, São Paulo-SP.
- O'MALLEY, J. 1994. **Análise de Circuitos**. Ed. McGraw-Hill, São Paulo-SP.
- CIPELLI, M., MARKUS, O. 1999. **Circuitos em Corrente Contínua**. Ed. Érica, São Paulo-SP.
- SILVA, R.P. 1995. **Eletrônica Básica - Um enfoque voltado à informática**. Ed. UFSC.

Índice de Figuras

Figura 1: Circuito Paralelo	5
Figura 2: Circuito Equivalente.....	6
Figura 3: Circuito Paralelo	7
Figura 4: Circuito Paralelo – Resistência equivalente do circuito	8
Figura 5: Circuito Paralelo nº 1	10
Figura 6: Circuito Paralelo nº 1 – Configuração 1.....	11
Figura 7: Circuito Paralelo nº 1 – CKT resultante	11
Figura 8: Circuito Paralelo nº 1 – Acesso ao experimento	12
Figura 9: Circuito Paralelo nº 2	13
Figura 10: Circuito Paralelo nº 2 – Configuração 1.....	14
Figura 11: Circuito Paralelo nº 2 – CKT resultante nº 1	15
Figura 12: Circuito Paralelo nº 2 – Acesso ao experimento	16
Figura 14: Circuito Paralelo nº 3 – Configuração 2.....	17
Figura 15: Circuito Paralelo nº 2 – CKT resultante nº 2	18
Figura 16: Circuito Paralelo nº 2 – Acesso ao experimento	19
Figura 17: Circuito Paralelo nº 4 – Configuração 3.....	20
Figura 18: Circuito Paralelo nº 2 – CKT resultante nº 3	21
Figura 19: Circuito Paralelo nº 2 – Acesso ao experimento	22

Índice de Tabelas

Tabela 1: Circuito serial nº 3.....	10
Tabela 2: Valor calculados VS Valores lidos no experimento.....	13
Tabela 3: Circuito paralelo nº 2	14
Tabela 4: Valor calculados VS Valores lidos no experimento.....	16
Tabela 5: Valor calculados VS Valores lidos no experimento.....	19
Tabela 6: Valor calculados VS Valores lidos no experimento.....	22