



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA.
CAMPUS SÃO JOSÉ

CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM TELECOMUNICAÇÕES

INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA ITE60804

COLETÂNEA DE TEXTOS

E

ROTEIROS DE EXPERIÊNCIAS

Revisão, agosto de 2013

Texto Teórico 01: ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS

2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS

2.1 - Valor Nominal

Boa parte dos componentes possui uma característica principal que define sua função, e cujo valor é de suma importância, por exemplo: a resistência elétrica de um resistor, a capacitância de um capacitor, o ganho de um transistor, etc.. Denomina-se **valor nominal** o valor especificado pelo fabricante, ou seja, o valor esperado para aquele componente em particular.

As indústrias de componentes, contudo, não fabricam componentes com todos os valores nominais possíveis. Ao invés disso, fabricam apenas alguns valores pré-determinados, com os quais cobrem toda a faixa de valores possíveis. Sendo assim, quando se projeta um circuito, deve-se selecionar os valores comerciais mais adequados com relação aos valores teóricos calculados. Ao conjunto de valores pré-determinados fabricados denomina-se **série**. Há diversas séries, conforme se observa na tabela 1, abaixo. Repare que o número que representa cada série é exatamente a quantidade de valores existentes dentro de uma década. Como exemplo pode-se imaginar um determinado tipo de resistor fabricado na série **E3**, na faixa de décimos de ohms até dezenas de quilohms. Isto significa que são fabricados os seguintes valores: **0,10Ω; 0,22Ω; 0,47Ω; 1,0Ω; 2,2Ω; 4,7Ω; 10Ω; 22Ω; 47Ω; 0,10kΩ; 0,22kΩ; 0,47kΩ; 1,0kΩ; 2,2kΩ; 4,7kΩ; 10kΩ; 22kΩ; e 47kΩ.**

Tabela 1 - Valores nominais para as diversas séries comerciais. (* Série mais utilizada)

Série	Valores Nominais dentro de uma década																										
E3	10								22										47								
E6	10				15				22				33						47					68			
E12*	10		12		15		18		22		27		33		39		47		56		68		82				
E24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91			
E48	100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169	178	187	196	205	215	226	237	249	261	274	287	301			
	316	332	348	365	383	402	422	442	464	487	511	536	562	590	619	649	681	715	750	787	825	866	909	953			
E96	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130	133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174			
	178	182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232	237	243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309			
	316	324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412	422	432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549			
	562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732	750	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976			

2.1.1 - Múltiplos e Submúltiplos das Grandezas

As representações de alguns valores ficariam demasiadamente extensas, dificultando sua leitura. Para facilitá-la, tornando mais rápida a compreensão da ordem de grandeza de cada valor, utilizamos os **múltiplos** e **submúltiplos** das grandezas. Estes são prefixos adicionados às unidades, e representam a multiplicação do valor por um múltiplo (10; 100; 1.000; 1.000.000) ou submúltiplo (0,1; 0,01; 0,001; 0,000001) do número dez (10). As tabelas 2 (a) e 2 (b) apresentam alguns múltiplos e submúltiplos. Os mais utilizados em eletricidade são aqueles a partir da terceira linha de cada tabela (múltiplos de 1.000).

Tabela 2 – Alguos a) múltiplos e b) submúltiplos das unidades de medidas.

MÚLTIPLOS			
Nome	Símbolo	Multiplicador	
		direto	exponencial
deca	da	10	10 ¹
hecto	h	100	10 ²
quilo	k	1.000	10 ³
mega	M	1.000.000	10 ⁶
giga	G	1.000.000.000	10 ⁹
tera	T	1.000.000.000.000	10 ¹²
peta	P	1.000.000.000.000.000	10 ¹⁵
exa	E	1.000.000.000.000.000.000	10 ¹⁸

SUBMÚLTIPLOS				
Nome	Símbolo	Multiplicador		DIVISOR
		direto	exponencial	
deci	d	0,1	10 ⁻¹	10
centi	c	0,01	10 ⁻²	100
mili	m	0,001	10 ⁻³	1000
micro	μ	0,000001	10 ⁻⁶	1.000.000
nano	n	0,000000001	10 ⁻⁹	1.000.000.000
pico	p	0,0000000000001	10 ⁻¹²	1.000.000.000.000
fempto	f	0,0000000000000001	10 ⁻¹⁵	1.000.000.000.000.000
atto	a	0,000000000000000001	10 ⁻¹⁸	1.000.000.000.000.000.000

Em eletrônica é muito comum descrever os componentes com a letra do múltiplos substituindo a posição da vírgula.
 Ex.: 0R47Ω = 0,47Ω; R56 = 0,56Ω 2R2Ω = 2,2Ω; 1k2Ω = 1,2kΩ; 1M5Ω = 1,5MΩ
 3n3F = 3,3nF; 1μ0F = 1,0μF; 3p9F = 3,9pF; 6m8H = 6,8mH; 8μ2H = 8,2μH

2.2 - Tolerância

Todo processo de fabricação de qualquer produto sempre apresenta imperfeições que levam a desvios com relação à especificações iniciais. No caso dos componentes eletrônicos, nem sempre o valor nominal desejado é obtido com exatidão. Geralmente o fabricante consegue construir um componente apenas próximo do especificado. Sendo assim, o fabricante, além de indicar o valor nominal, informa também a tolerância de fabricação. A tolerância indica a incerteza contida no valor, ou o limite de erro máximo que o fabricante cometeu. Em outras palavras, indica os limites da faixa onde se situa o valor real do componente. É, normalmente, expressa em porcentagem. Esta faixa pode ser calculada através das Eq. 1 e Eq. 2, abaixo.

$$V_{MÁX} = V_{NOM} * (1 + \frac{Tol\%}{100}) \quad [na \text{ unidade de } V_{NOM}] \quad (1)$$

$$V_{MÍN} = V_{NOM} * (1 - \frac{Tol\%}{100}) \quad [na \text{ unidade de } V_{NOM}] \quad (2)$$

Se expressa em partes por milhão (ppm), as equações modificam-se um pouco (Eq. 3 e Eq. 4).

$$V_{MÁX} = V_{NOM} * (1 + \frac{Tolppm}{106}) \quad [na \text{ unidade de } V_{NOM}] \quad (3)$$

$$V_{MÍN} = V_{NOM} * (1 - \frac{Tolppm}{106}) \quad [na \text{ unidade de } V_{NOM}] \quad (4)$$

Exemplo:

Ex. 1.1 - Quando se adquire um resistor de 4,7kΩ, cuja tolerância seja de ±10%, é possível que sua resistência real seja qualquer valor dentro da faixa calculada abaixo:

$$R_{MÁX} = R_{NOM} * (1 + \frac{Tol\%}{100}) = 4.700 * (1 + \frac{10}{100}) = 4.700 * 1,10 = \mathbf{5,2k\Omega}$$

$$R_{MÍN} = R_{NOM} * (1 - \frac{Tol\%}{100}) = 4.700 * (1 - \frac{10}{100}) = 4.700 * 0,90 = \mathbf{4,2k\Omega}$$

É fácil concluir que quanto menor a tolerância de um determinado componente, melhor será sua qualidade.

Comercialmente existem tolerâncias desde ±0,01% até ±50%. Além disso, há componentes que possuem uma faixa de variação assimétrica, como, por exemplo, alguns tipos de capacitores, cuja tolerância pode ser de -20 e +50%, ou -0 e +100%, etc.. A tolerância do componente está diretamente relacionada à série na qual é fabricado. Por exemplo: um componente cuja tolerância de fabricação seja **10%** normalmente possuirá valores distribuídos segundo a série **E12**.

A tolerância é um fator muito importante num componente, uma vez que todo sistema eletrônico possuirá, inevitavelmente, uma tolerância (incerteza) maior que a tolerância do pior componente utilizado.

Texto Teórico 02: RESISTORES

1 - INTRODUÇÃO

São componentes elétricos que têm a finalidade de oferecer uma RESISTÊNCIA ELÉTRICA preestabelecida, de modo a limitar a corrente elétrica num determinado ponto de um circuito. É importante saber diferenciar:

- resistor: é o componente que oferece oposição a passagem da corrente;
- resistência: é a propriedade física apresentada pelo resistor, ou seja, a oposição ao deslocamento de elétrons livres.
- resistor: não armazena energia, apenas a dissipa em forma de calor.

2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS RESISTORES

2.1 - Valor Nominal e Tolerância

Ao conjunto de valores pré-determinados fabricados denomina-se **série**. Há diversas séries, conforme se observa na tabela 1, abaixo. Repare que o número que representa cada série é exatamente a quantidade de valores existentes dentro de uma década. Como exemplo pode-se imaginar um determinado tipo de resistor fabricado na série **E3**, na faixa de décimos de ohms até dezenas de quilohms. Isto significa que são fabricados os seguintes valores: **0,10Ω; 0,22Ω; 0,47Ω; 1,0Ω; 2,2Ω; 4,7Ω; 10Ω; 22Ω; 47Ω; 0,10kΩ; 0,22kΩ; 0,47kΩ; 1,0kΩ; 2,2kΩ; 4,7kΩ; 10kΩ; 22kΩ; e 47kΩ**. Para cada série de resistores há como característica comum a mesma tolerância: Exemplo: todos os resistores da série E12 possuem uma tolerância de 10%.

Tabela 1 - Valores nominais para as diversas séries comerciais. (* Série mais utilizada)

Série	Valores Nominais dentro de uma década																								
E3	10										22									47					
E6	10				15						22				33					47					68
E12*	10		12		15		18		22		27		33		39		47		56		68		82		
E24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91	
E48	100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169	178	187	196	205	215	226	237	249	261	274	287	301	
	316	324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412	422	432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549	
E96	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130	133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174	
	178	182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232	237	243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309	
	316	324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412	422	432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549	
	562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732	750	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976	

A tolerância (incerteza, ou limite de erro) nos resistores é expressa em porcentagem. Comercialmente existem tolerâncias de 20%(E6), 10%(E12), 5%(E24), 2%(E48), 1%(E96) e, para aplicações especiais, de 0,1% a 0,01%.

O valor nominal de um resistor e sua tolerância normalmente estão inscritos no próprio componente de duas formas: usando números e letras ou através do código de cores.

2.1.1 – Código de Cores

Caso os resistores pertençam às séries: **E3, E6, E12** ou **E24**, o código de cor é formado conforme o desenho e a tabela da figura 1.

Exemplo:

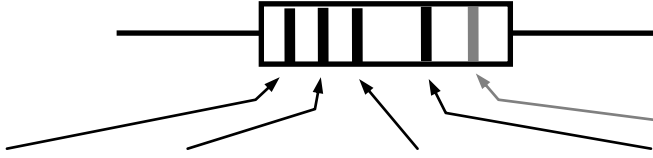
- Ex.2.1** - faixa 01 = verde : 5
 faixa 02 = azul : 6
 faixa 03 = laranja : x 1.000
 faixa 04 = ouro : 5%

logo o resistor é de 56 x 1.000 , com tolerância de ±5%, ou seja: **56kΩ ±5%**.

Calculando-se os valores máximo e mínimo possíveis para este resistor através das Eq. 1.1 e Eq. 1.2, obtém-se:

$$R_{\max} = R_{\text{nom}} * (1 + \frac{\text{Tol}\%}{100}) = 56.000 * (1 + \frac{5}{100}) = 56.000 * 1,05 = \mathbf{58,8k\Omega}$$

$$R_{\min} = R_{\text{nom}} * (1 - \frac{\text{Tol}\%}{100}) = 56.000 * (1 - \frac{5}{100}) = 56.000 * 0,95 = \mathbf{53,2k\Omega}$$



<u>COR</u>	<u>1ª FAIXA</u> (1º DÍGITO)	<u>2ª FAIXA</u> (2º DÍGITO)	<u>3ª FAIXA</u> (MULTIPLICADOR)	<u>4ª FAIXA</u> (TOLERÂNCIA)	<u>FAIXA EXTRA (5ª ou 6ª)</u> (COEFICIENTE DE TEMP.) nem sempre presente
preto	—	0	x 1	—	—
marrom	1	1	x 10	1%	100
vermelho	2	2	x 100	2%	50
laranja	3	3	x 1000	3%	—
amarelo	4	4	x 10.000	4%	—
verde	5	5	x 100.000	—	—
azul	6	6	x 1.000.000	—	—
violeta	7	7	—	—	—
cinza	8	8	—	—	—
branco	9	9	—	—	—
Ouro	—	—	x 0,1	5%	—
Prata	—	—	x 0,01	10%	—

Figura 1 – Tabela de cores/valores de resistores e disposição das faixas sobre o transistor.

2.1.2 – Código de Cores para Resistores de Precisão

Cabe ressaltar que os resistores denominados de precisão (tolerâncias menores ou iguais a 2%) são fabricados nas séries E48 e E96, necessitando de uma faixa extra, uma vez que seus valores nominais são expressos com **três dígitos significativos**, ilustrado na figura 2.

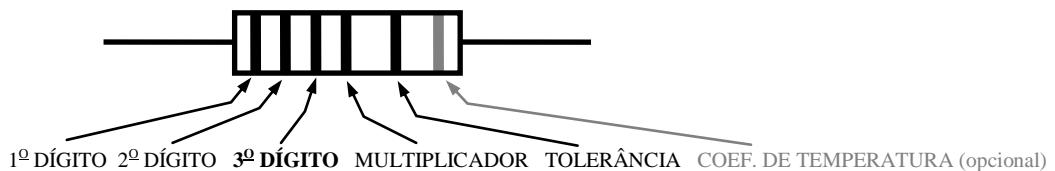


Figura 2 – Disposição das faixas de código sobre um resistor de precisão.

Ex.2.2 - faixa 01 = verde : 5
 faixa 02 = azul : 6
faixa 03 = vermelho : 2
 faixa 04 = laranja : x 1.000
faixa 05 = marrom : 1%
 faixa 06 = vermelho : CT = 50ppm/°C

logo o resistor é de 562 x 1.000 , com tolerância de ±1%, ou seja:

$$562k\Omega \pm 1\%. \quad (\text{com coeficiente de temperatura de } 50\text{ppm})$$

Calculando-se os valores máximo e mínimo possíveis para este resistor obtém-se:

$$R_{\text{máx}} = R_{\text{nom}} * (1 + \text{Tol\%/100}) = 56.000 * (1 + 1/100) = 56.000 * 1,01 = 568k\Omega$$

$$R_{\text{mín}} = R_{\text{nom}} * (1 - \text{Tol\%/100}) = 56.000 * (1 - 1/100) = 56.000 * 0,99 = 556k\Omega$$

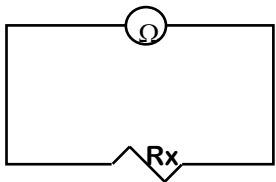
1) Determine o valor da resistência ou o código de cores dos resistores da tabela a seguir:

resistor	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	4ª faixa	5ª faixa	valor	tolerância
01	amarelo	violeta	laranja	ouro			
02	amarelo	violeta	preto	ouro			
03	azul	branco	cinza	ouro	marrom		
04	azul	cinza	ouro	ouro			
05	azul	cinza	preto	ouro			
06	azul	cinza	verde	ouro			
07	branco	verde	laranja	amarelo	vermelho		
08	branco	violeta	azul	laranja	marrom		
09	cinza	vermelho	verde	prata			
10	cinza	vermelho	verde	ouro			
11	cinza	vermelho	verde	laranja	marrom		
12	laranja	branco	amarelo	ouro			
13	laranja	branco	preto	ouro			
14	laranja	branco	verde	ouro			
15	marrom	preto	vermelho	prata			
16	marrom	verde	prata	prata			
17	marrom	verde	vermelho	prata			
18	marrom	vermelho	prata	prata			
19	marrom	vermelho	verde	prata			
20	verde	azul	ouro	ouro			
21	verde	azul	preto	ouro			
22	verde	azul	vermelho	ouro			
23	vermelho	lilaz	amarelo	laranja	Marrom		
24	violeta	laranja	vermelho	preto	marrom		
25						2k2Ω	5%
26						62kΩ	10%
27						340kΩ	1%
28						7R5Ω	5%
29						9,31kΩ	2%
30						0R82Ω	10%

I - OHMÍMETRO

- ohmímetro, para medição de resistência elétrica.

Sua forma de operação, apresentada resumidamente no “quadro 1”, varia.

FUNÇÃO SELECIONADA	GRANDEZ A MEDIDA	FORMA DE UTILIZAÇÃO	<u>CUIDADOS</u>	CONEXÃO AO CIRCUITO
OHMÍMETRO	RESISTÊNCIA ELÉTRICA	Em PARALELO com o circuito do qual se deseja medir a resistência.	- JAMAIS medir com o circuito energizado; - selecionar a ESCALA mais próxima do valor lido (utilizar o FUNDO DA ESCALA); - conferir os BORNES utilizados.	

QUADRO 1 - Funções básicas do multímetro.

Uma característica dos instrumentos de medição em geral, é o fato de apresentarem uma INCERTEZA (erro) na medida que realizam.

Para equipamentos analógicos. Esta incerteza é dada pela “classe de precisão” do instrumento, indicada, geralmente, em percentual [E%]. Para calcular a incerteza (ou erro) que o instrumento analógico possui numa dada escala deve-se utilizar a seguinte fórmula:

$$IM = \frac{E\% \cdot VFE}{100}, \text{ onde:}$$

IM - é a Incerteza de Medição (erro que “PODE TER OCORRIDO NA MEDIDA” com relação ao VALOR REAL);

E% - é a classe de precisão do instrumento (Erro que o instrumento pode cometer no momento de realizar a medição); é dado em percentual do Valor de Fundo de Escala;

VFE - é o Valor de Fundo de Escala (valor máximo que o instrumento mede na escala utilizada).

Para equipamentos digitais:

Os instrumentos digitais SEMPRE apresentam uma incerteza de medição de, NO MÍNIMO, 1 (UM) DÍGITO MENOS SIGNIFICATIVO (LSB), ou seja, o último algarismo do valor que indicam pode estar 1 dígito acima ou abaixo do valor real.

Para calcular a incerteza (ou erro) que o instrumento digital possui numa dada escala deve-se utilizar a seguinte fórmula:

$$IM = \frac{E\% \cdot VL}{100} + ND \cdot \frac{VFE}{2000}, \text{ onde:}$$

IM - é a Incerteza de Medição (erro que “PODE TER OCORRIDO NA MEDIDA” com relação ao VALOR REAL);

E% - é a classe de precisão do instrumento (Erro que o instrumento pode cometer no momento de realizar a medição); é dado em percentual do Valor da Leitura;

VL - é o Valor da Leitura (obtido através da associação do valor lido com o Valor a escala utilizada);

ND - Número de Dígitos de incerteza do instrumento (indicado pelo fabricante);

VFE - é o Valor de Fundo de Escala (valor máximo que o instrumento mede na escala utilizada. O valor de 2000 no denominador é válido para instrumentos com Display de cristal líquido (LCD) de 3 ½ dígitos, para equipamentos com Display de cristal líquido (LCD) de 4 ½ dígitos seria 20000);

Obs.: I - um multímetro terá “um valor diferente de Incerteza de Medição para cada escala de cada função que possuir”.

Dados do multímetro digital modelo MD-360 da INSTRUTERM, utilizado no laboratório de instrumentação eletrônica.

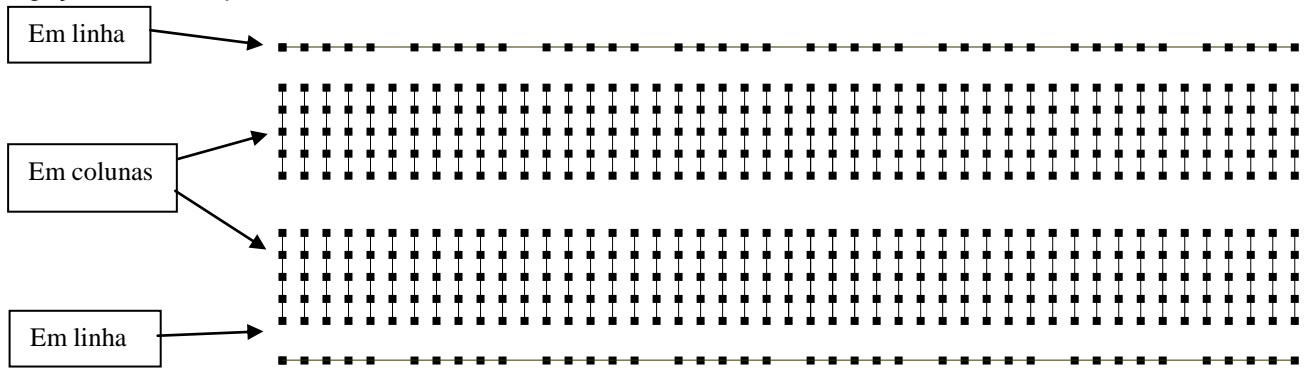
- Display de cristal líquido (LCD) de 3 ½ dígitos
- Tensão DC: 200mV, 2V, 20V, 200V, 1000V
- Precisão: $\pm 0,5\%$ da leitura + 1 dígito
- Tensão AC: 200mV, 2V, 20V, 200V, 750V
- Precisão: $\pm 0,8\%$ da leitura + 3 dígitos
- Corrente DC: 2mA, 20mA, 200mA, 20A
- Precisão básica: $\pm 1,3\%$ da leitura + 1 dígito
- Corrente AC: 2mA, 20mA, 200mA, 20A
- Precisão básica: $\pm 1,9\%$ da leitura + 3 dígitos
- Resistência: 200 Ω , 2K Ω , 20K Ω , 200K Ω , 2M Ω , 20M Ω , 200M Ω
- Precisão básica: $\pm 1\%$ da leitura + 2 dígitos
- Capacitância: 20nF, 200nF, 2 μ F, 20 μ F, 50 μ F
- Precisão: $\pm 2,5\%$ de leitura + 1 dígito.
- Zero automático de medição de capacitância
- Botão Hold: Congelamento de leitura das escalas
- Teste de diodo, transistor (hFE) e continuidade audível (Bip)
- Temperatura de Operação: 0 a 40°C
- Alimentação: 1 Bateria de 9V
- Dimensões: 88 x 172 x 36mm
- Peso: 340g.
- Fornecido: 1 Bateria de 9V, holster, pontas de prova e manual de instruções
- Opcionais: Certificado de calibração, Maleta para Transporte Mod.MA-800, Maleta para Transporte Mod.MA-810



Texto Teórico 04: Matriz de Contatos

A “matriz de contato”, também denominada “proto-board” (placa de protótipos), é um elemento importante numa bancada de testes de circuitos eletrônicos. Sua função é permitir a montagem rápida de protótipos, possibilitando ao técnico avaliar a performance de circuitos sem perder tempo com projeto e confecção de placas de circuito impresso e com soldagem de componentes.

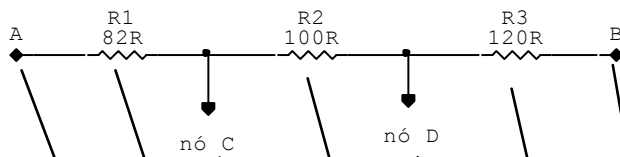
Abaixo, temos um exemplo de matriz disponível nos laboratórios da UNED/SJ. Observe com atenção as ligações entre os pinos.



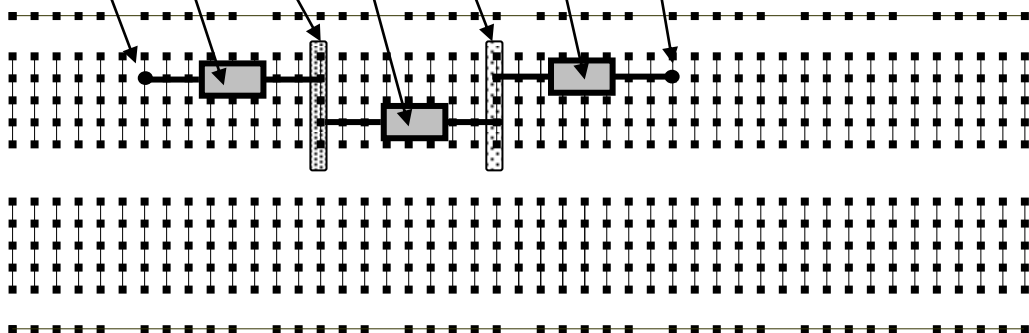
A matriz de contato apresenta limitações de uso em circuitos que operam com: alta frequência, alta corrente, alta tensão, alta potência e componente com terminais grandes.

Exemplo de circuito montado em matriz de contato.

Circuito:

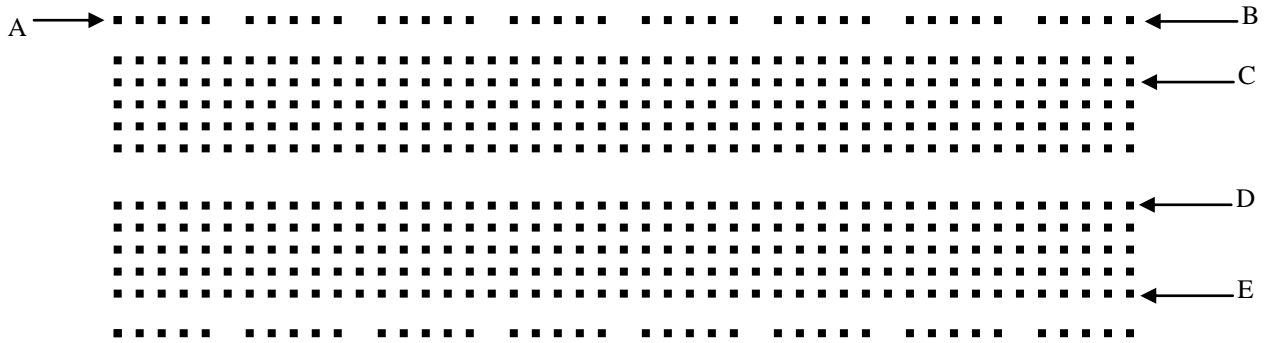


Montagem:

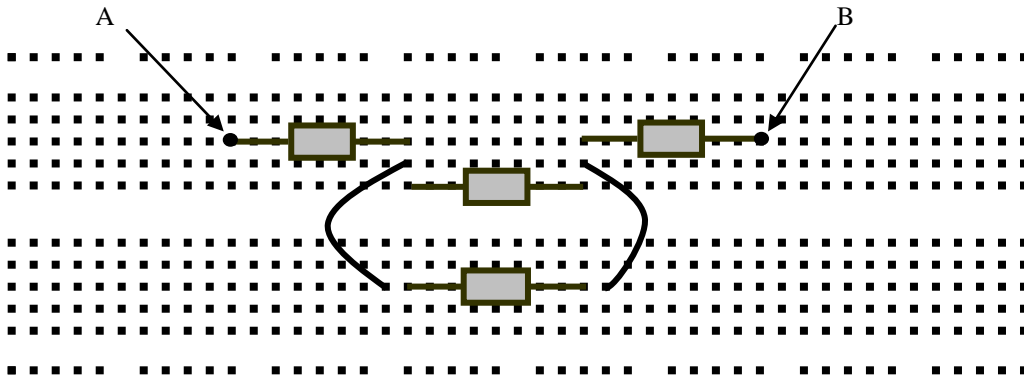


Exercícios

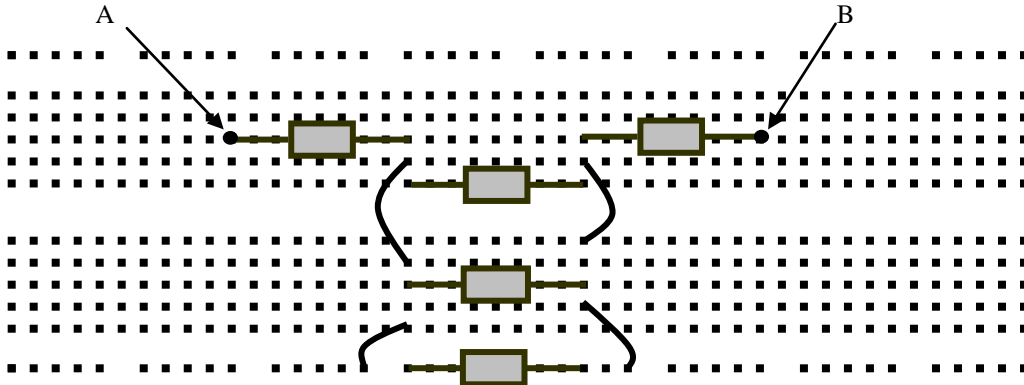
1ª Questão: Na "matriz de contato", desenhada abaixo qual o valor das seguintes resistências: $R_{AB} = 0 \Omega$
 $R_{BC} = \infty \Omega$ $R_{CD} = \infty \Omega$ $R_{DE} = 0 \Omega$



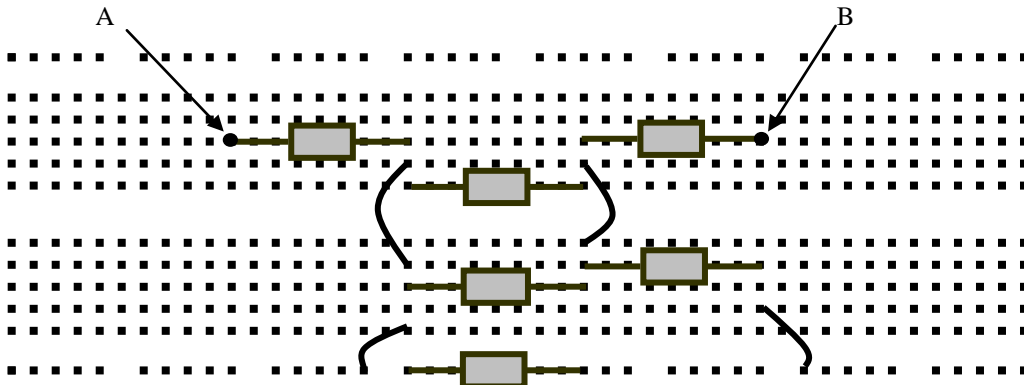
2ª Questão: Sabendo que todos os resistores tem 10Ω . Qual o valor da resistência equivalente R_{AB} ?
 $R_{AB} = 30 \Omega$



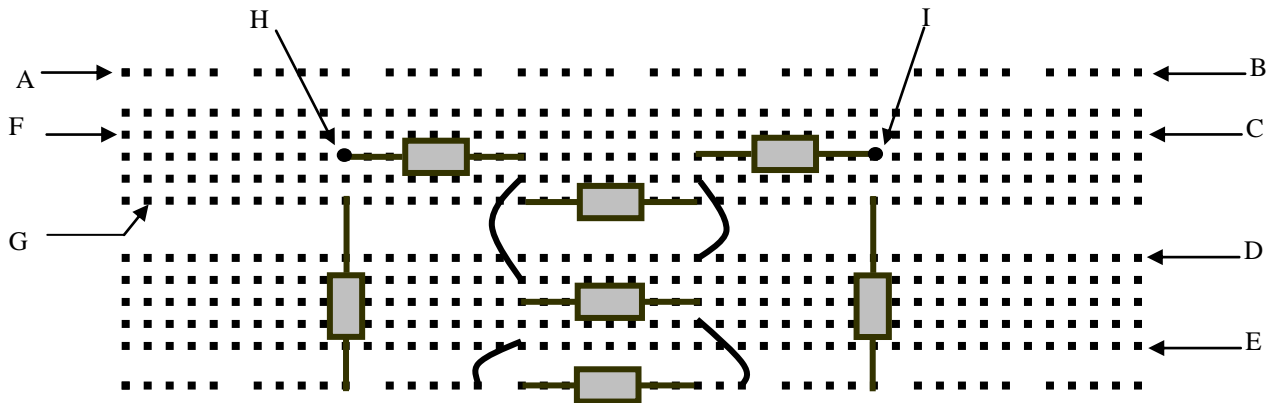
3ª Questão: Sabendo que todos os resistores tem 10Ω . Qual o valor da resistência equivalente R_{AB} ?
 $R_{AB} = 20 \Omega$



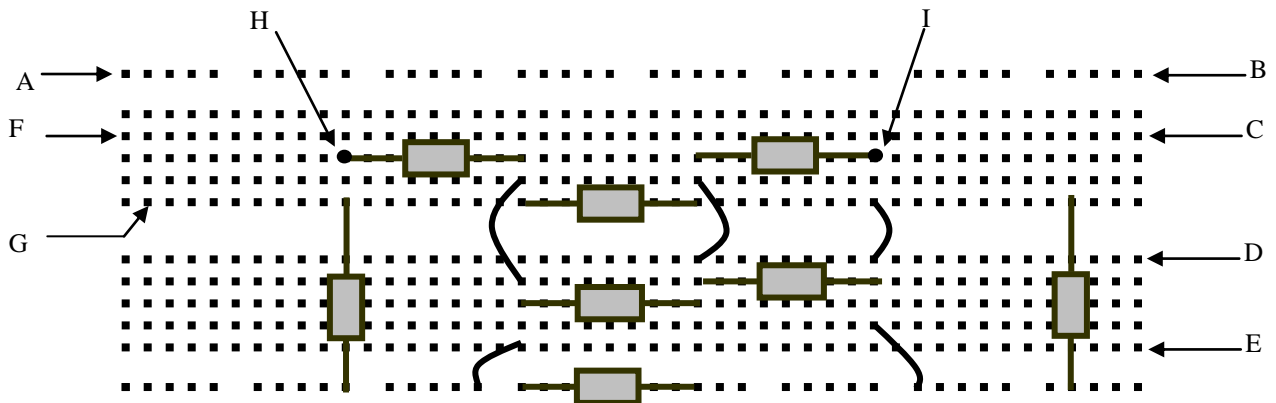
4ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 10Ω . Qual o valor da resistência equivalente R_{AB} ?
 $R_{AB} = 23,33 \Omega$



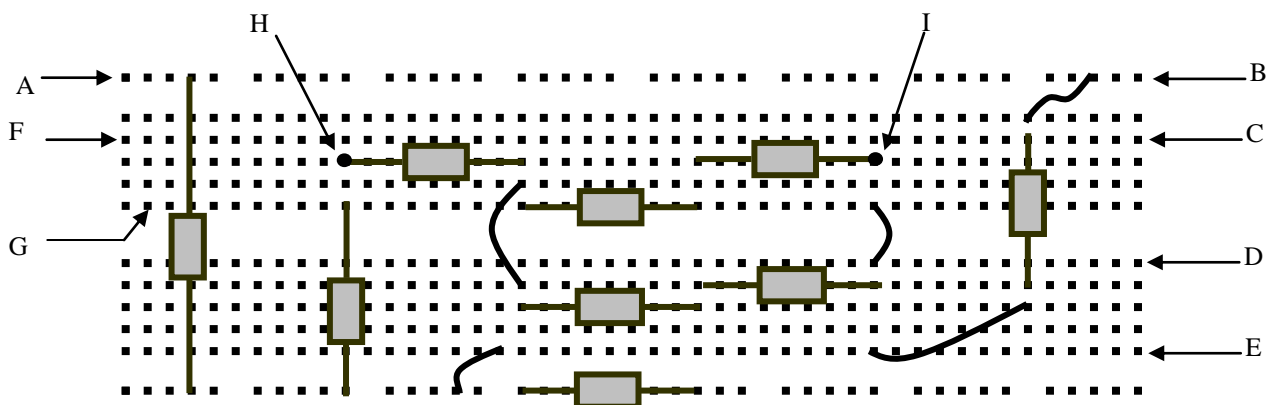
5ª Questão: Sabendo que todos os resistores tem 10Ω . Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor das seguintes resistências: R_{FG} e R_{HI} ? $R_{FG} = \infty \Omega$; $R_{HI} = 10 \Omega$



6ª Questão: Sabendo que todos os resistores tem 10Ω . Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor da resistência R_{HI} ? Indique o caminho da corrente H_I . $R_{HI} = 5 \Omega$

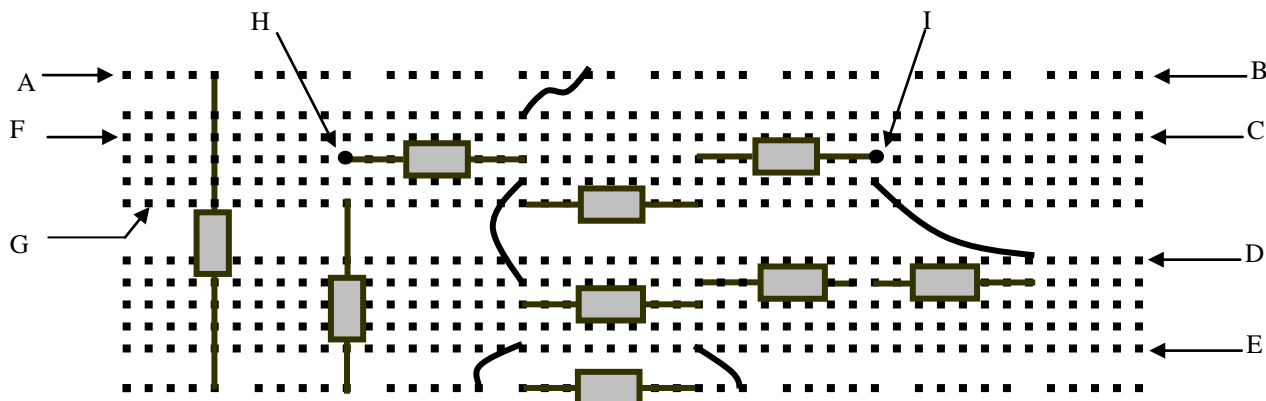


7ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 10Ω . Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor da resistência R_{HI} ? Indique o caminho da corrente H_I . $R_{HI} = 12 \Omega$



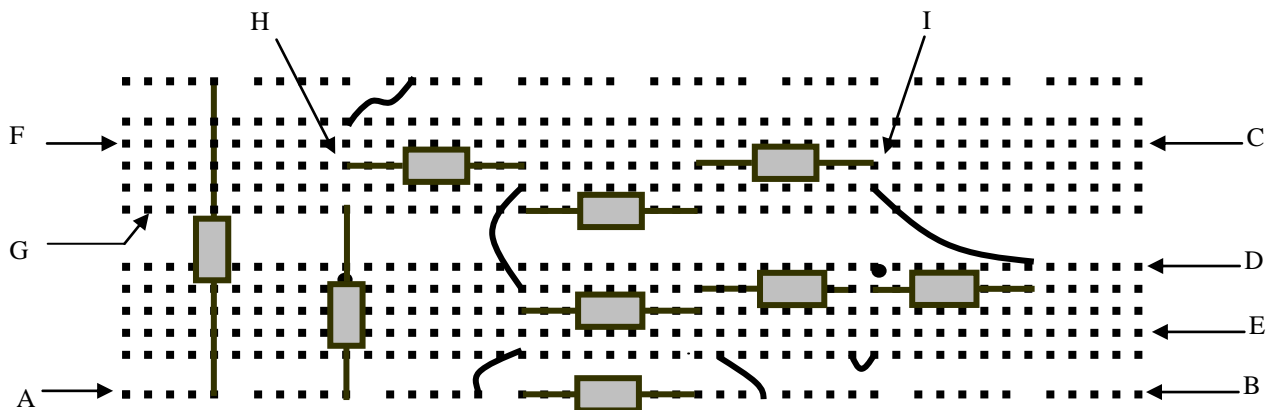
8ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 10Ω . Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor da resistência RHI? Indique o caminho da corrente HI.

RHI = 25Ω



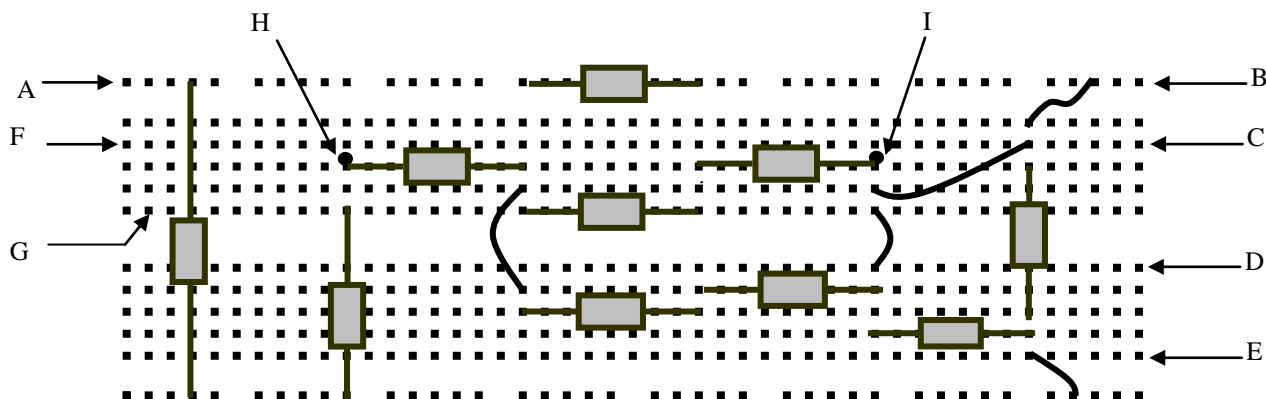
9ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 100Ω . Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor da resistência RHI? Indique o caminho da corrente HI.

RHI = $15,33\Omega$

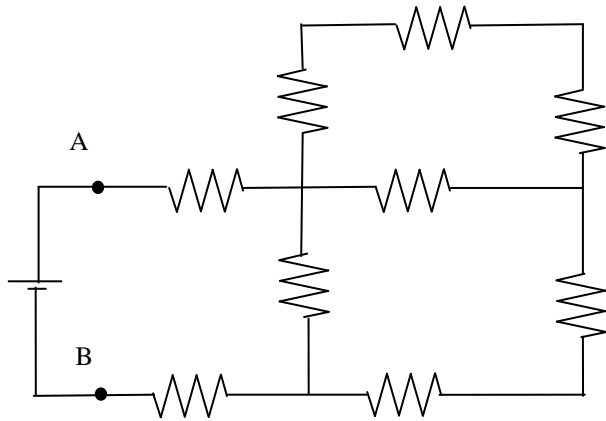


10ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 100Ω . Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor da resistência RHI? Indique o caminho da corrente HI.

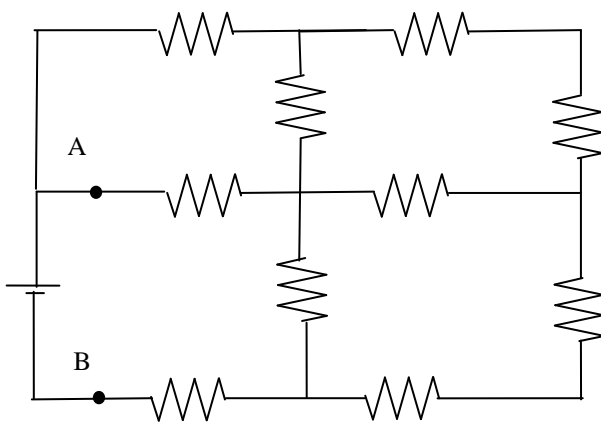
RHI = 8Ω



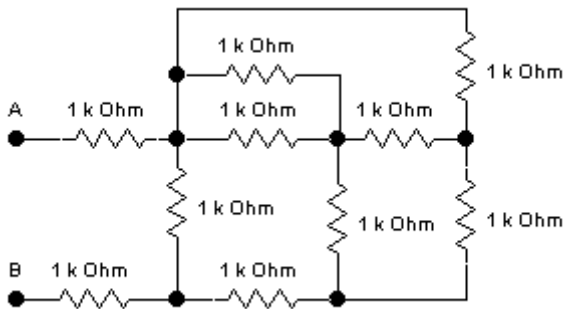
2ª Questão: Desenhe o circuito montado na matriz de contato, indicando os pontos A e B.



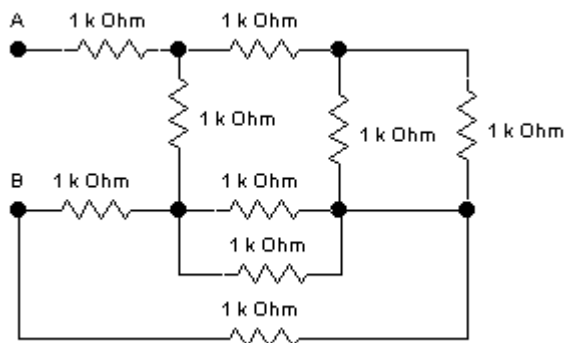
2ª Questão: Desenhe o circuito montado na matriz de contato, indicando os pontos A e B.



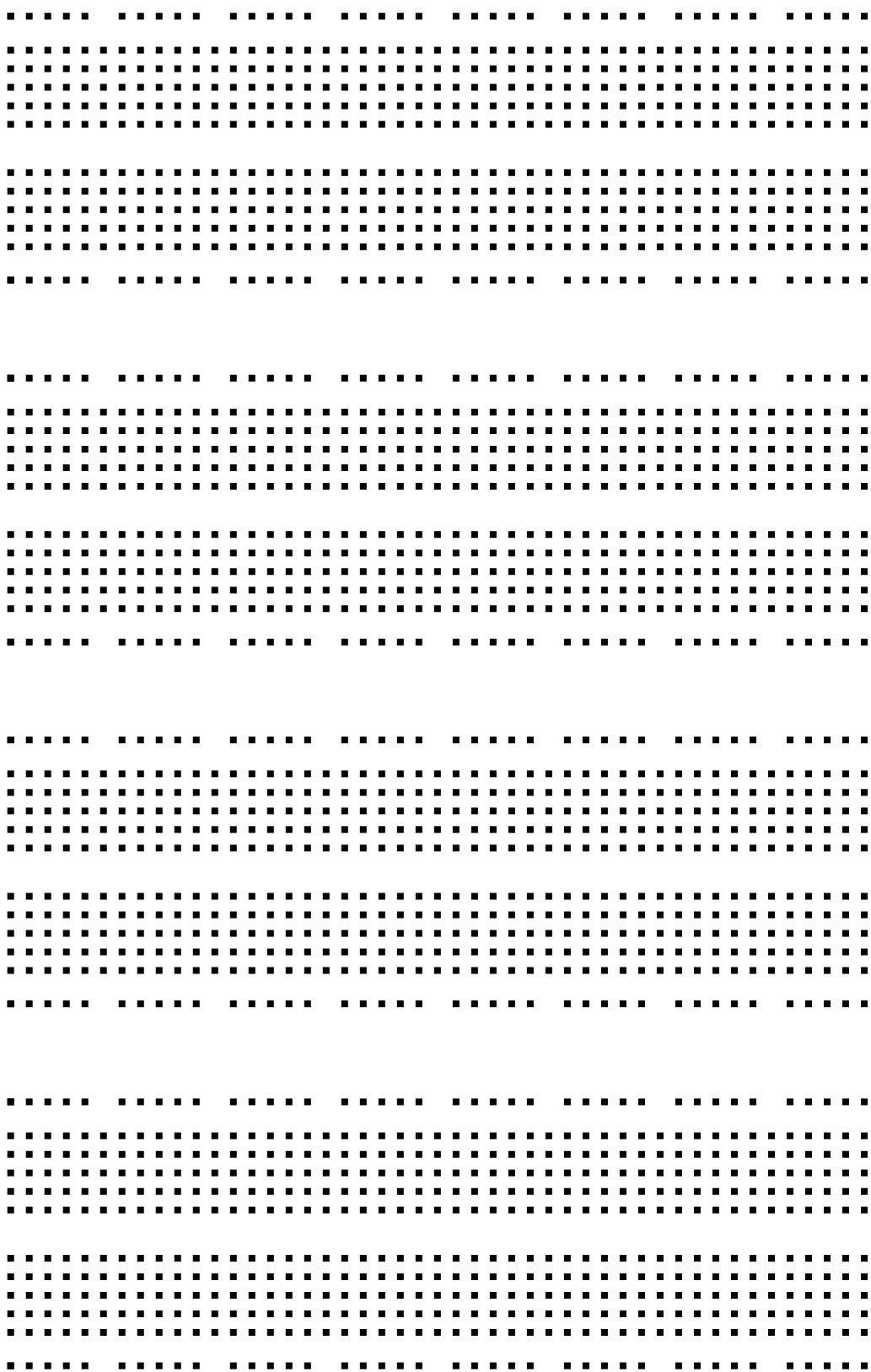
2ª Questão: Desenhe o circuito montado na matriz de contato



2ª Questão: Desenhe o circuito montado na matriz de contato, indicando os pontos A e B.



Gabarito de matriz para treinamento de montagem de circuitos.



CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

Matéria: Laboratório de Instrumentação Eletrônica

Prof.: Volney Duarte Gomes

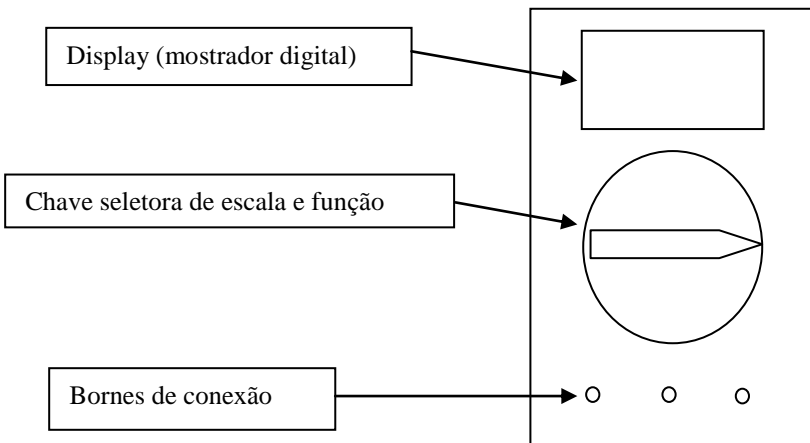
2)MULTÍMETRO (digital):

Os multímetros geralmente apresentam três partes:

Chave seletora: é formada geralmente por botão com uma seta(indicador). Através desta chave escolhemos a função e a escala

Display: apresenta os valores.

Bornes de conexão: terminais onde deve-se realizar as ligações.



2.1)REGRA GERAL:

Para utilização de um multímetro deve-se realizar os seguintes passos:

a)selecionar a função desejada (posicionando a chave seletora):ohmímetro; voltímetro CC; voltímetro CA; amperímetro CC; etc;

b)selecionar a escala apropriada (posicionando a chave seletora): - o valor da escala selecionada é o máximo valor que o multiteste consegue medir. Portanto, este valor deve ser maior do que valor a medir;

Nota: caso apareça no display: significa que o valor medido é maior do que a escala selecionada.

Observação: quando se mede com uma escala de valor superior a apropriada está se aumentando a incerteza no valor medido.

c)selecionar os bornes apropriados , de acordo com a função desejada.

Nota: alguns multímetros apresentam um botão chamado HOLD que congela a leitura das escalas.

2.2)OHMÍMETRO

2.2.1)Passos para medida de resistência de resistor:

a)selecionar a função OHMÍMETRO – posicione a chave seletora na função ohmímetro (em geral a região tem o símbolo Ω)

b)selecionar a escala apropriada: posicione a chave seletora na escala imediatamente superior ao valor do resistor (exemplo: para $47k\Omega$ deve estar na escala de $200k\Omega$)

Nota: Se você não tem idéia do valor a ser medido – inicie com a menor escala e vá ampliando seu valor até aparecer no display um valor diferente de , esta é a escala apropriada para a leitura.

Observação:quando se mede com uma escala de valor superior a apropriada está se aumentando a incerteza no valor medido.

c)selecionar os bornes apropriados: Geralmente estão marcados pelos símbolos:1) GND, COM ou



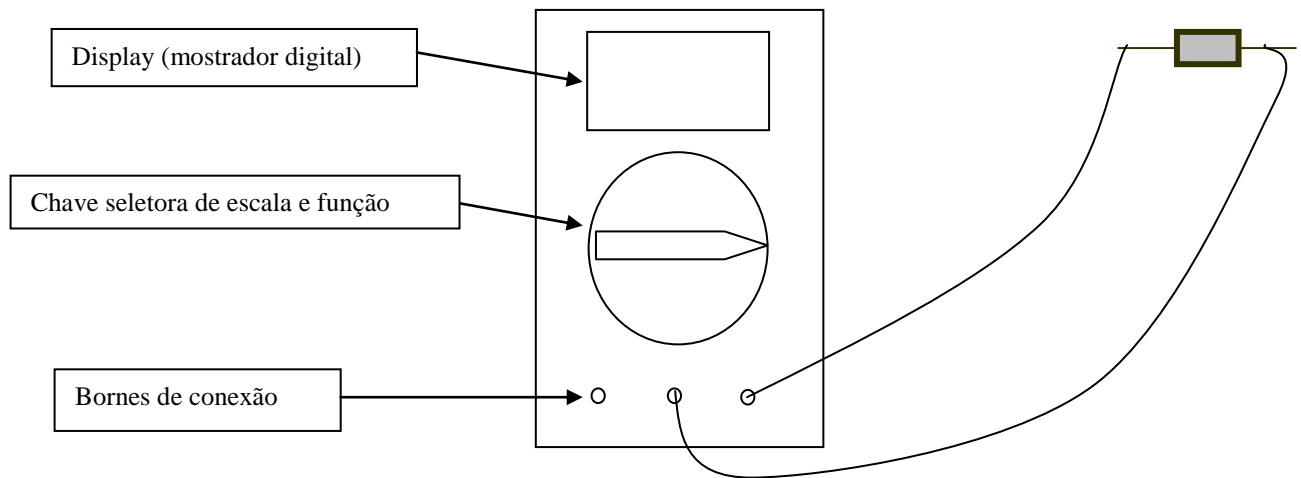
2) OHM ou Ω

d) conecte os fios(cabos) as extremidades do resistor a ser medido.

e) Valor medido – é formado pelo valor que aparece no display (valor lido) associado a escala utilizada na medição(valor indicado pela ponta da chave seletora). Exemplos

valor do display	escala	Valor medido da resistência (valor nominal)
82.0	200	82,0 Ω (ou 82R0 Ω)
82.0	200k	82,0k Ω (ou 82K0 Ω)
1820	2000	1820 Ω (ou 1k820 Ω)
1.820	2k	1820 Ω (ou 1k820 Ω)
8.18	20M	8,18M Ω (ou 8M18 Ω)

Através do multímetro, identifique e meça a resistência dos resistores que estão sobre a bancada.



Preencha a tabela a seguir:

valor inscrito no componente	120 Ω	100 Ω	82 Ω
Tolerância (%)			
Incerteza alor nominal (Ω)			
valor do display (valor lido)			
escala utilizada			
valor nominal medido			
Incerteza de Medição - (Ω) = $\pm 1\%$ da leitura + 2 dígitos			

2.2.2)Passos para medida de resistência de associação de resistor:

Neste caso, a única diferença é que os fios(cabos) devem ser conectados as extremidades da associação de resistores a ser medida.

Lembre-se: Se você não tem idéia do valor a ser medido – inicie com a menor escala e vá ampliando seu valor até aparecer no display um valor diferente de , esta é a escala apropriada para a leitura.

Roteiro de Laboratório 01: Matriz de Contatos

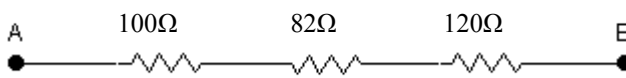
Material: - Matriz de Contato: - Resistores 1/3W: 10Ω, 27Ω; 33Ω, 39Ω, 56Ω, 68Ω, 82Ω, 100Ω, 120Ω, 120kΩ, 2x270Ω, 390Ω, 2x1MΩ e potenciômetro de 100kΩ.

Monte os demais circuitos propostos:

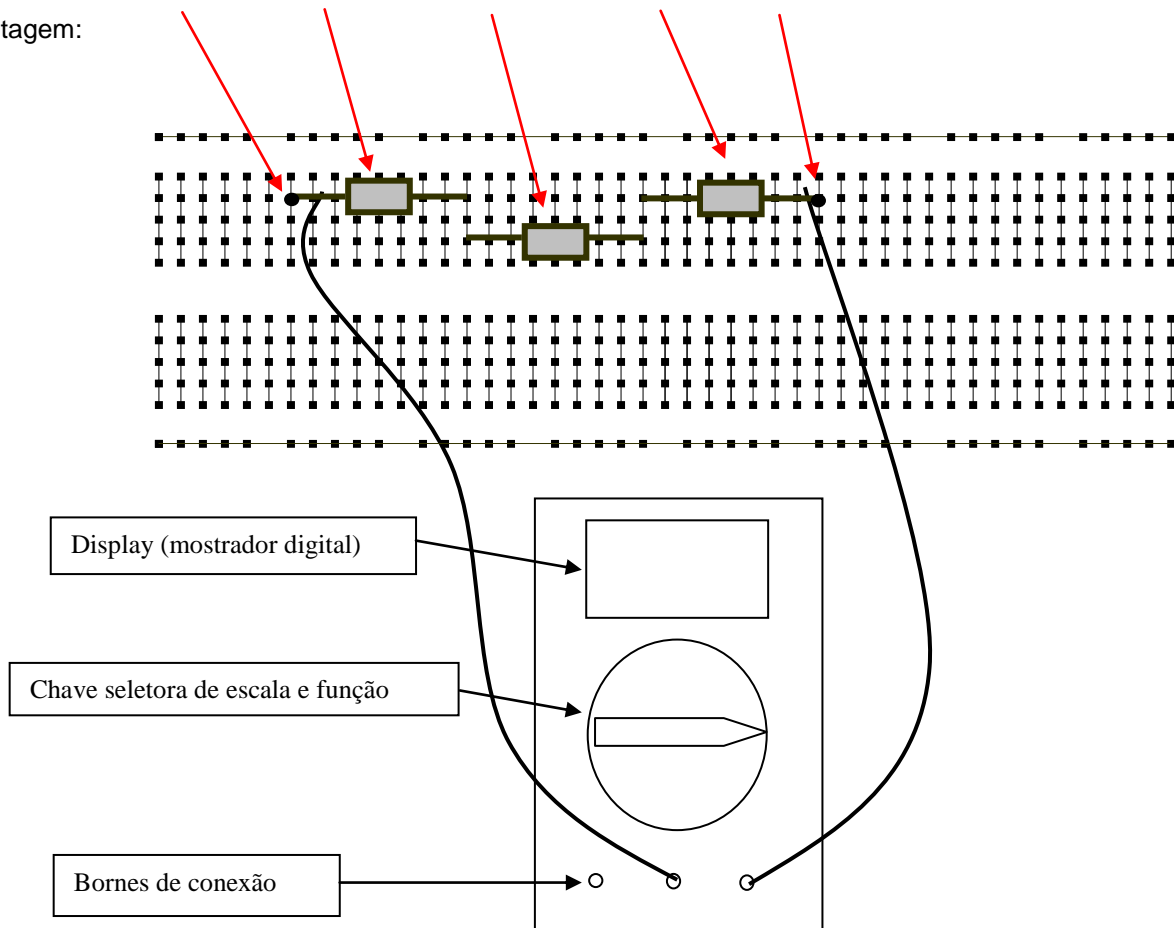
Monte os circuitos a seguir, e preencha a tabela abaixo:

Circuito	série	paralelo	misto
valor calculado da resistência da associação	302Ω	32,7Ω	59,7Ω
valor do display			
escala utilizada			
valor medido da resistência da associação			
Incerteza de Medição (Ω)			
Precisão: ± 1% da leitura + 2 dígitos			

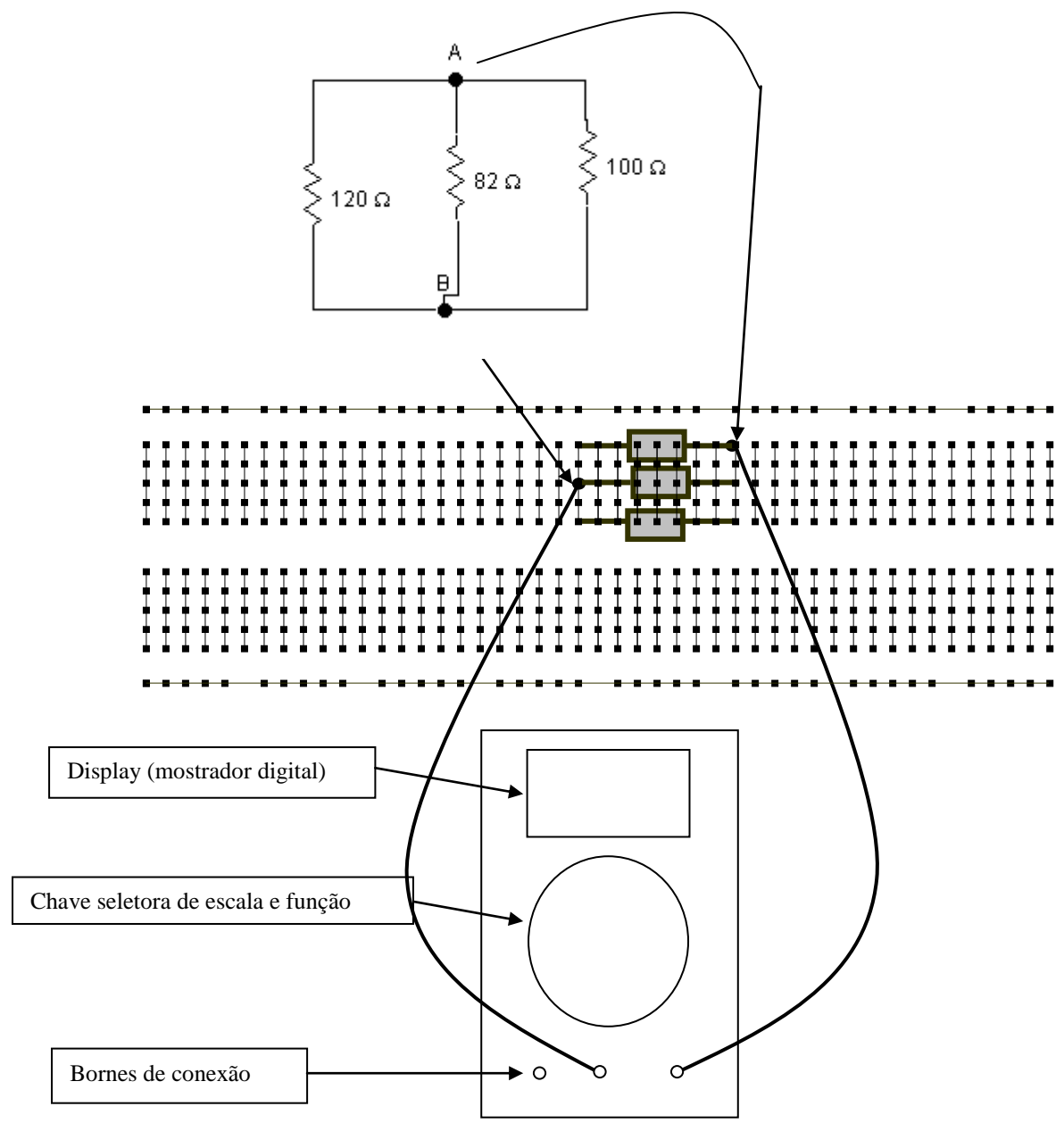
Circuito com resistores associados em **série**:



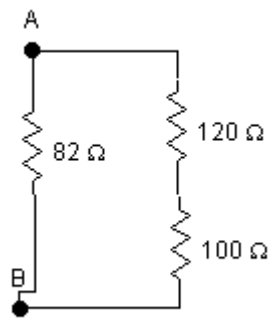
Montagem:



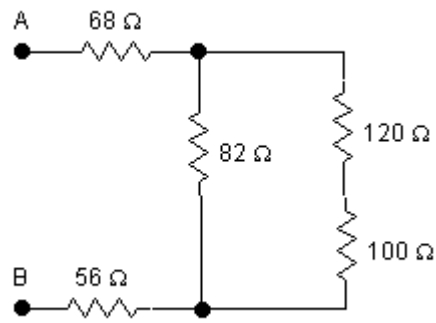
Circuito com resistores associados em **paralelo**:



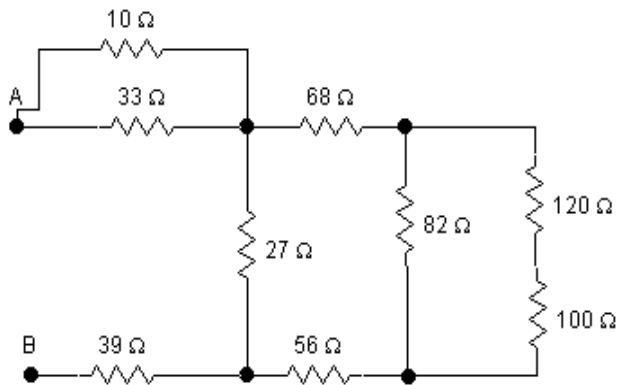
c) Circuito com resistores associação **mista**:



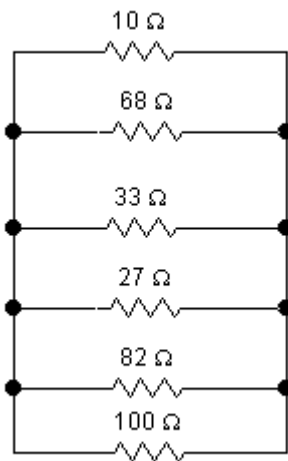
d) 183.7Ω



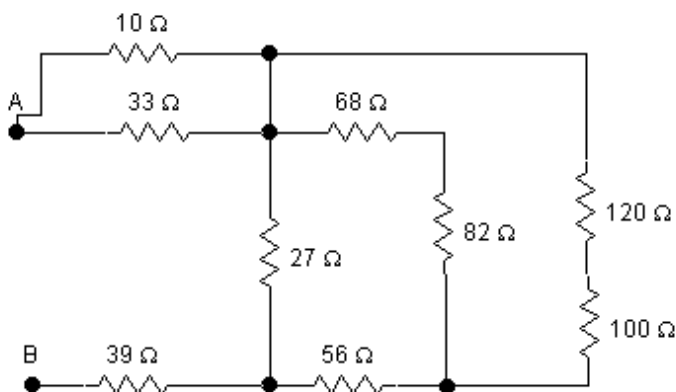
e) 70.2Ω



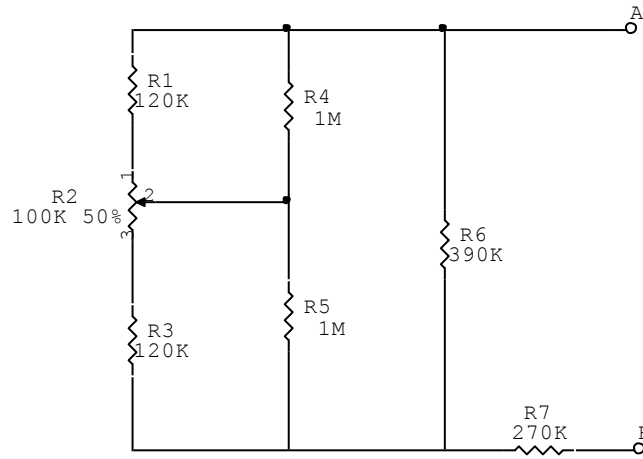
f) 4.9Ω



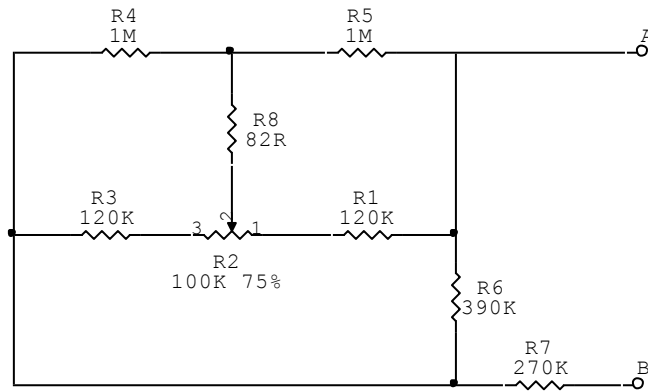
g) 69.4Ω



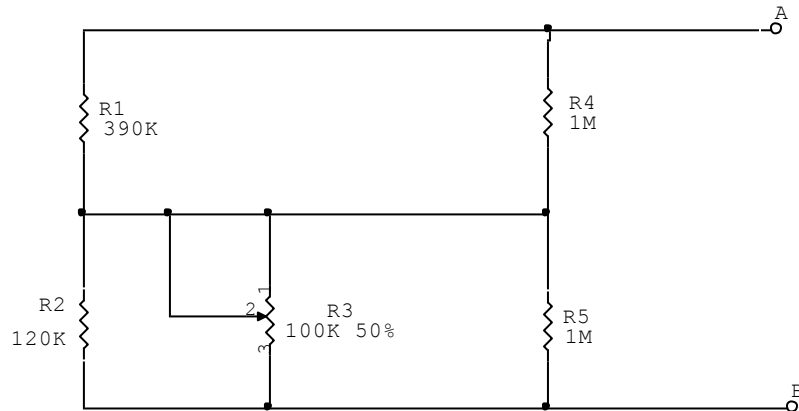
h) $436.520,2\Omega$



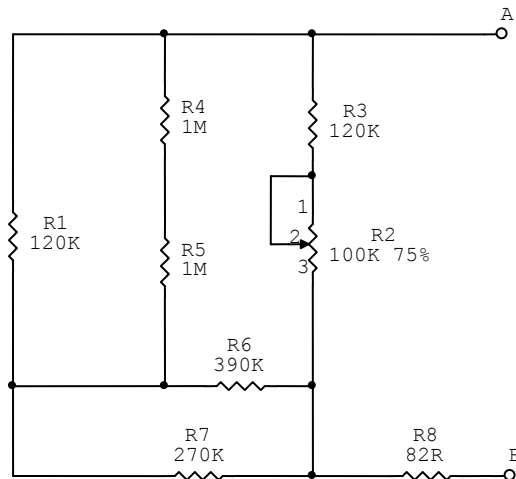
h) Ω



h) $314.666,4\Omega$



i) $R_{\min}=83.417,74\Omega$; $R_{\max}=121.858,3\Omega$



CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM TELECOMUNICAÇÕES

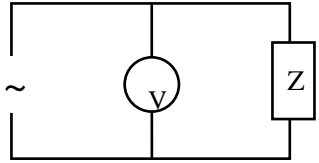
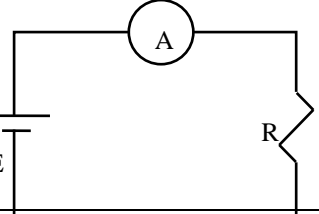
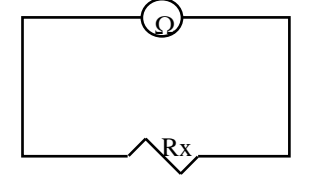
Texto Teórico 03: Multímetro e Fonte de Alimentação CC.

I - MULTÍMETRO

O “multímetro”, também denominado “multiteste”, é um equipamento versátil, capaz de desempenhar 3 funções básicas distintas, selecionadas individualmente pelo operador, a saber:

- voltímetro, para medição de tensão elétrica, seja contínua (cc) ou alternada (ca);
- amperímetro, para medição de corrente elétrica, seja contínua (cc) ou alternada (ca); e
- ohmímetro, para medição de resistência elétrica.

Os multímetros podem ser portáteis (à pilha) ou de bancada (alimentados a partir da rede elétrica). Sua forma de operação, apresentada resumidamente no “quadro 1”, varia conforme a função selecionada.

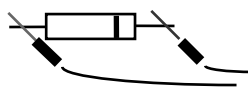
FUNÇÃO SELECIONADA	GRANDEZA MEDIDA	FORMA DE UTILIZAÇÃO	<u>CUIDADOS</u>	CONEXÃO AO CIRCUITO
VOLTÍMETRO	TENSÃO	Em PARALELO com o circuito do qual se deseja medir a tensão.	NÃO conectar em série com o circuito, sob pena de alterar seu funcionamento; - selecionar a ESCALA mais próxima do valor lido (utilizar o FUNDO DA ESCALA); - conferir os BORNES utilizados.	
AMPERÍMETRO	CORRENTE	Em SÉRIE com o circuito do qual se deseja medir a corrente.	JAMAIS conectar em paralelo com o circuito, sob pena de DANIFICAR o CIRCUITO e o MULTÍMETRO; - selecionar a ESCALA mais próxima do valor lido (utilizar o FUNDO DA ESCALA); - conferir os BORNES utilizados.	
OHMÍMETRO	RESISTÊNCIA ELÉTRICA	Em PARALELO com o circuito do qual se deseja medir a resistência.	JAMAIS medir com o circuito energizado; - selecionar a ESCALA mais próxima do valor lido (utilizar o FUNDO DA ESCALA); - conferir os BORNES utilizados.	

QUADRO 1 - Funções básicas do multímetro.

Além das 3 funções básicas descritas, alguns multímetros podem desempenhar outras mais específicas, que aumentam tanto sua versatilidade quanto seu custo. No “quadro 2” estão listadas algumas destas funções. Aquelas primeiramente citadas são mais facilmente encontradas nos multímetros que aquelas do final do quadro.

A forma como os multímetros indicam as medidas em seus mostradores também pode variar:

- multímetros analógicos: A) indicam a medida por intermédio de um ponteiro móvel sobre uma escala graduada; B) possuem polaridade preferencial de conexão ao circuito (podem queimar se invertidos durante a medição de tensão e corrente); C) são os mais antigos, sendo pouco utilizados atualmente;
- multímetros digitais: A) indicam diretamente em algarismos acompanhados do ponto decimal; B) indicam a polaridade (sinal) da grandeza; C) não possuem polaridade preferencial para conexão ao circuito; D) são mais precisos que os analógicos; E) são os mais comuns atualmente.

FUNÇÃO SELECIONADA	GRANDEZA MEDIDA	FORMA DE UTILIZAÇÃO	<i>CUIDADOS</i>	CONEXÃO AO CIRCUITO
TESTE DE DIODOS	“estado do diodo” (bom, em curto, ou em aberto)	em PARALELO com o diodo do qual se deseja medir o estado.	- JAMAIS medir com o circuito energizado; - conferir os BORNES utilizados.	
TESTE DE CONTINUIDADE (BIP)	“resistência baixa” (caso a resistência esteja abaixo de 5 Ω , o multímetro emite um “ BIP ”)	em PARALELO com o circuito do qual se deseja medir a continuidade (resistência quase nula).	- JAMAIS medir com o circuito energizado; - conferir os BORNES utilizados; <i>Obs.:</i> algumas vezes a função de BIP é selecionada juntamente com a menor escala de resistência.	IDEM OHMÍMETRO
TESTE DE TRANSISTORES	GANHO (de transistores bipolares)	selecionar a função <i>Hfe</i> e colocar os terminais do transistor no conector apropriado, sobre o multímetro.	- conferir a pinagem do transistor.	DIRETAMENTE SOBRE O MULTÍMETRO
CAPACÍMETRO	CAPACITÂNCIA	colocar os terminais do capacitor no conector apropriado, sobre o multímetro.	- DESCARREGAR O CAPACITOR ANTES DE CONECTÁ-LO ao multímetro; - conferir a polaridade do capacitor; - conferir se a capacidade esperada está dentro da faixa de medição do multímetro.	DIRETAMENTE SOBRE O MULTÍMETRO
FREQUENCÍMETRO	FREQUÊNCIA	em PARALELO com a saída do circuito do qual se deseja medir a frequência (sinal ca).	- observar a TENSÃO MÁXIMA DE ENTRADA permitida pelo multímetro, sob pena de danificá-lo; - observar a faixa de frequências na qual o multímetro opera.	IDEM VOLTÍMETRO

QUADRO 2 - Outras funções do multímetro.

Dados do multímetro digital modelo MD-360 da INSTRUTERM, utilizado no laboratório de instrumentação eletrônica.

- Display de cristal líquido (LCD) de 3 ½ dígitos
- Tensão DC: 200mV, 2V, 20V, 200V, 1000V
- Precisão: $\pm 0,5\%$ da leitura + 1 dígito
- Tensão AC: 200mV, 2V, 20V, 200V, 750V
- Precisão: $\pm 0,8\%$ da leitura + 3 dígitos
- Corrente DC: 2mA, 20mA, 200mA, 20A
- Precisão básica: $\pm 1,3\%$ da leitura + 1 dígito
- Corrente AC: 2mA, 20mA, 200mA, 20A
- Precisão básica: $\pm 1,9\%$ da leitura + 3 dígitos
- Resistência: 200 Ω , 2K Ω , 20K Ω , 200K Ω , 2M Ω , 20M Ω , 200M Ω
- Precisão básica: $\pm 1\%$ da leitura + 2 dígitos
- Capacitância: 20nF, 200nF, 2 μ F, 20 μ F, 50 μ F
- Precisão: $\pm 2,5\%$ de leitura + 1 dígito.
- Zero automático de medição de capacitância
- Botão Hold: Congelamento de leitura das escalas
- Teste de diodo, transistor (hFE) e continuidade audível (Bip)
- Temperatura de Operação: 0 a 40°C
- Alimentação: 1 Bateria de 9V
- Dimensões: 88 x 172 x 36mm
- Peso: 340g.
- Fornecido: 1 Bateria de 9V, holster, pontas de prova e manual de instruções
- Opcionais: Certificado de calibração, Maleta para Transporte Mod.MA-800, Maleta para Transporte Mod.MA-810



II - FONTES DE ALIMENTAÇÃO

As fontes de alimentação são circuitos destinados a fornecer a energia necessária aos equipamentos eletrônicos de modo geral. A energia é entregue nas condições exigidas pelo circuito, após ser devidamente tratada pela fonte (adequação dos níveis de tensão ou corrente, retificação, filtragem, proteção contra defeitos, etc.).

Muitas vezes a fonte encontra-se incorporada ao próprio equipamento, como é o caso dos computadores, televisores, centrais telefônicas, fac-símiles, multímetros de bancada, osciloscópios, fotocopiadoras, porteiros eletrônicos, etc.. Porém, em laboratório, geralmente são montados circuitos experimentais, para os quais seria perda de tempo desenvolver e montar, também, uma fonte de alimentação. Nestes casos utiliza-se **fonte de alimentação de bancada**. Tais fontes são ditas de uso geral, pois se destinam a alimentar qualquer circuito.

II.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES DE ALIMENTAÇÃO DE BANCADA

A - Quanto à GRANDEZA DE SAÍDA:

- A.1) Fontes de TENSÃO: fornecem uma **tensão regulada** ao circuito alimentado, ou seja, a tensão permanece constante, no valor ajustado, **independentemente da corrente que a fonte esteja fornecendo**. A grande maioria das fontes encontradas comercialmente fornecem uma tensão na saída;
- A.2) Fontes de CORRENTE: fornecem uma **corrente regulada** ao circuito alimentado, ou seja, a corrente permanece constante, no valor ajustado, **independentemente da tensão que a fonte esteja fornecendo**.

Obs.: na prática, a diferença entre uma fonte de tensão e uma fonte de corrente está nas suas impedâncias de saída:

- FONTE DE TENSÃO possui **IMPEDÂNCIA DE SAÍDA BAIXA COM RELAÇÃO À CARGA**;
- FONTE DE CORRENTE possui **IMPEDÂNCIA DE SAÍDA ALTA COM RELAÇÃO À CARGA**.

B - Quanto ao COMPORTAMENTO DA GRANDEZA DE SAÍDA:

- B.1) Fontes CONTÍNUAS (CC): fornecem uma **saída constante ao longo do tempo** ao circuito alimentado, ou seja, a tensão ou a corrente de saída é contínua (V_{cc} ou I_{cc}). A grande maioria das fontes encontradas comercialmente é do tipo contínua;
- B.2) Fontes ALTERNADAS (CA): fornecem uma **saída variante ao longo do tempo** ao circuito alimentado, ou seja, a tensão ou a corrente de saída é alternada (V_{ca} ou I_{ca}), exatamente igual à tensão da rede de energia elétrica.

C - Quanto ao AJUSTE DO VALOR DE SAÍDA:

- C.1) Fontes FIXAS: fornecem sempre o mesmo valor de saída, pré-determinado de fábrica. Geralmente sua saída é dada em tensão, e os valores mais comuns são: 5V; 12V; e 15V;
- C.2) Fontes VARIÁVEIS ou AJUSTÁVEIS: o valor de saída pode ser **ajustado pelo operador**, através de um potenciômetro instalado no painel da fonte. As faixas de saídas mais comuns são:
- em tensão: 0 a 15V; 0 a 20V; 0 a 30V; e 0 a 50V; e
 - em corrente: 0 a 1A; 0 a 3A; e 0 a 5A.

D - Quanto ao NÚMERO DE SAÍDAS:

- D.1) Fontes com SAÍDA ÚNICA: fornecem apenas uma saída de energia ao circuito alimentado, ou seja, há apenas uma saída de tensão ou de corrente;
- D.2) Fonte com MÚLTIPLAS SAÍDAS: fornecem diversas saídas de energia ao(s) circuito(s) alimentado(s), ou seja, há várias saídas de tensão ou de corrente.

E - Quanto à **RELAÇÃO ENTRE AS SAÍDAS**:

E.1) Fontes com **SAÍDA(S) SIMPLES**: cada saída de energia é independente de todas as demais;

E.2) Fonte com **SAÍDAS SIMÉTRICAS**: ao menos duas das saídas de energia mantém uma **relação de simetria entre si** (ambas as saídas possuem o mesmo valor em módulo, porém uma saída é positiva enquanto a outra é negativa). Geralmente estas são fontes com várias saídas de tensão. Os valores mais comuns são: $\pm 12V$; e $\pm 15V$.

II.2 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS FONTES DE ALIMENTAÇÃO DE BANCADA

As classificações comentadas acima não descrevem totalmente uma fonte de alimentação. É necessário citar outras características de modo a especificá-la corretamente. A seguir, discutir-se-á tais características complementares.

A - Entrada de **ALIMENTAÇÃO** da fonte:

Qualquer equipamento eletro-eletrônico necessita de uma fonte de energia. As fontes de alimentação não são exceção. Para funcionarem devem ser conectadas a uma tomada da rede de distribuição de energia elétrica. No Brasil há, basicamente duas tensões padronizadas (110 e 220Vca), logo, é necessário selecionar corretamente a tensão de alimentação da fonte de acordo com a tensão da rede de energia local.

B - **POTÊNCIA MÁXIMA** da saída:

Potência é a quantidade de energia consumida ou fornecida por um determinado sistema durante um certo intervalo de tempo. Como a função das fontes de alimentação é, justamente, fornecer energia a um dado circuito, é importante saber quanta energia poderá ser retirada a cada instante, ou seja, qual é a potência máxima da fonte. Caso ultrapassado o limite de potência, os componentes internos sobreaquecerão, danificando-se e inutilizando o equipamento. Portanto, ao utilizar uma fonte de alimentação, deve-se **conhecer e respeitar seu limite de potência**.

C - **CORRENTE MÁXIMA** da saída:

Numa **fonte de tensão**, deve-se observar o valor máximo de corrente que esta pode fornecer. Para calcular a corrente que está sendo retirada da fonte, deve-se somar todas as correntes de alimentação dos circuitos conectados. Caso seja ultrapassado o limite de corrente, ainda que por um breve momento, a fonte poderá ser danificada.

No caso de **fontes de corrente**, deve-se verificar se a faixa de valores de corrente de saída abrange o valor exigido pelo circuito a ser alimentado.

D - **TENSÃO MÁXIMA** da saída:

Numa **fonte de corrente**, deve-se observar o valor máximo de tensão que esta pode fornecer. Caso seja ultrapassado o limite de tensão, a fonte saturará, ou seja, a corrente de saída decrescerá, enquanto a tensão manter-se-á praticamente fixa no valor máximo.

No caso de **fontes de tensão**, deve-se verificar se a faixa de valores de tensão de saída abrange o valor exigido pelo circuito a ser alimentado. Logicamente, caso a saída seja do tipo fixa, esta deve possuir valor idêntico ao necessário para alimentação do circuito sob teste.

E - **REGULAÇÃO DE LINHA** da saída:

Numa fonte de tensão, esta característica indica o quanto as variações da tensão de entrada da fonte influenciam no valor da saída. **Deve ser a menor possível**. A regulação de linha é dada em **mV**. Uma regulação de linha de 10mV é considerada boa para uma fonte de bancada.

F - **REGULAÇÃO DE CARGA** da saída:

Numa fonte de tensão, esta característica indica o quanto as variações da corrente de saída da fonte (variações de carga) influenciam no valor da tensão de saída. Em outras palavras, é a diferença entre os valores da tensão de saída com a saída em aberto ($I_o = 0A$) e com a saída a plena carga ($I_o = I_{MÁXIMA}$). **Deve ser a menor possível**. A regulação de carga é dada em **mV**. Uma regulação de carga de 100mV é considerada regular para uma fonte de bancada.

Da mesma forma, pode-se especificar a regulação de carga para uma fonte de corrente em **mA**.

G - REGULAÇÃO CRUZADA da saída:

É a combinação dos efeitos da regulação de carga e de linha. Em outras palavras, é a diferença entre os valores da tensão de saída nas seguintes condições:

- a) com a saída em aberto ($I_o = 0A$) e a tensão de entrada no seu valor máximo
 - b) com a saída a plena carga ($I_o = I_{MÁXIMA}$) e a tensão de entrada no seu valor mínimo
- Deve ser a menor possível. A regulação de linha é dada em **mV** ou em percentagem

H - IMPEDÂNCIA DE SAÍDA:

Numa **fonte de tensão**, indica sua impedância (ou resistência) **equivalente Thévenin** de saída. Esta característica está diretamente associada à **regulação de carga**, pois a impedância de saída forma um **divisor de tensão** com a carga, roubando parte da tensão original da fonte. Numa fonte de tensão deve ser a menor possível.

Numa **fonte de corrente**, indica sua impedância (ou resistência) **equivalente Norton** de saída. Esta característica está diretamente associada à **regulação de carga**, pois a impedância de saída forma um **divisor de corrente** com a carga, roubando parte da corrente original da fonte. Numa fonte de corrente deve ser a maior possível.

A impedância de saída (Z_o) é dada em Ω . É possível medi-la lendo-se, primeiramente, o valor de saída da fonte em aberto (para fontes de tensão) ou em curto (para fontes de corrente), e em seguida o valor de saída da fonte com uma carga de valor próximo ao valor de carga limite da fonte (obs.: para uma **fonte de tensão** a carga limite é uma **baixa resistência**, enquanto para uma **fonte de corrente** a carga limite é uma **resistência elevada**). Após efetuar a medição, utiliza-se a fórmula apropriada, indicada abaixo:

Fontes de Tensão:

$$Z_o = \frac{R_L \cdot V_{S_{ABERTO}}}{V_{S_{CARGA}}} - R_L$$

Fontes de Corrente:

$$Z_o = \frac{R_L}{\frac{I_{S_{CURTO}}}{I_{S_{CARGA}}} - 1}$$

I - RIPPLE da saída:

Esta característica indica a amplitude das variações da saída da fonte, geralmente devidas à filtragem não ideal da onda de 60Hz da rede elétrica retificada. Deve ser a menor possível. O ripple é dado em valores de pico-a-pico (mVpp ou mApp), ou em valores eficazes (mVca ou mAca).

Finalmente, cabe dizer que, **normalmente**, quando alguém se refere a uma **FONTE DE ALIMENTAÇÃO**, está implícito que a fonte possua saída em TENSÃO, do tipo CONTÍNUA. Contudo deve-se especificar as demais características da fonte.

Abaixo, no quadro 3, estão descritos alguns detalhes técnicos e de operação das fontes de tensão e corrente.

GRANDEZA DE SAÍDA	FORMA DE UTILIZAÇÃO	<u>CUIDADOS</u>
TENSÃO	em PARALELO com o circuito a ser alimentado.	- JAMAIS curtocircuitar a saída, sob pena de DANIFICAR A FONTE , pois possuem baixíssima impedância de saída; - caso seja possível, ajustar o limite de corrente (proteção) para um valor cerca de 30% acima da corrente máxima que o circuito alimentado consome.
CORRENTE	em SÉRIE com o circuito a ser alimentado.	- JAMAIS manter a saída em aberto, sob pena de DANIFICAR o CIRCUITO , pois a tensão sobre o circuito pode se tornar muito elevada (a tensão interna da fonte e sua impedância de saída são elevadíssimas); - caso seja possível, ajustar o limite de tensão (proteção) para um valor cerca de 10% acima da tensão máxima permitida pelo circuito alimentado .

QUADRO 3 - Características das fontes de tensão e de corrente.

Dados da fonte de alimentação modelo FA-3003 da INSTRUTERM, utilizado no laboratório de instrumentação eletrônica.

- Dois displays de cristal líquido (LCD) de 3 ½ dígitos
- Categoria de sobre tensão: CAT II 300V
- Tensão de saída: 0 a 30V
- Precisão: $\pm 1\% + 2$ dígitos
- Corrente de saída: 0 a 3A (mod. FA-3003)
0 a 5A (mod. FA-3005)
- Precisão: $\pm 1,5\% + 2$ dígitos

- Potenciômetros de corrente e tensão para ajuste grosso e fino
- Efeito de fonte: $\leq 0,01\% + 1\text{mV}$
- Regulagem de linha: $\leq 0,2\% + 2\text{mA}$
- Efeito de carga: $\leq 0,01\% + 3\text{mV}$
- Ondulação e ruído: $\leq a 0,5\text{mV RMS}$
- Proteção contra sobrecarga e curto circuito
- Proteção de entrada: Fusível 4A
- Temperatura de operação: 0 a 40°C
- Umidade de operação: 20 a 80% UR
- Alimentação: 110/220 VCA
- Dimensões: 291 x 158 x 136mm
- Alça para transporte
- Peso: 5kg (mod. FA-3003)
6kg (mod. FA-3005)
- Fornecido: Cabo de alimentação e manual de instruções
- Opcionais: Certificado de calibração
- Possui proteção contra sobrecarga, curto-circuito e inversão.de polaridade.



•

Roteiro de Laboratório 02: Fonte de Tensão CC e Multímetro

Objetivos: conhecer e operar fontes de tensão CC ajustáveis de bancada e multímetros digitais.

Material: - Fonte de tensão de bancada - Multímetro digital portátil - Matriz de contatos
- Ponteiras - Fios para *jumper*s
- Resistores 1/3W: 330Ω; 470Ω; 560Ω; 820Ω; 1,2kΩ; 1,8kΩ; 3x3,3kΩ; 4,7kΩ;
6,8kΩ; 8,2kΩ; 18kΩ; 47kΩ; 56kΩ; 82kΩ; 100kΩ.

Prática

1) Fonte de tensão CC ajustável:



As Fontes de tensão CC ajustáveis geralmente apresentam as seguintes partes:

- ◆ Botão liga/desliga: serve para ligar e desligar a fonte;
- ◆ Display(esquerdo): apresenta o valor da corrente elétrica fornecido pela fonte;
- ◆ Display(direito): apresenta o valor da tensão fornecida pela fonte;
- ◆ Botão LIGHT: quando apertado acende a luz de fundo nos displays;
- ◆ Botão de ajuste grosso de corrente: realiza uma alteração grande, mas grosseira, do valor da corrente máxima fornecida pela fonte;
- ◆ Led(esquerdo): indica que a fonte está funcionando no limite máximo de corrente;
- ◆ Botão de ajuste fino de corrente: realiza uma alteração pequena, mas precisa, do valor da corrente máxima fornecida pela fonte;
- ◆ Botão de ajuste grosso de tensão: realiza uma alteração grande, mas grosseira, do valor da tensão de saída;
- ◆ Led(direito): indica que a fonte está funcionando abaixo do limite máximo de corrente;
- ◆ Botão de ajuste fino de tensão: realiza uma alteração pequena, mas precisa, do valor da tensão de saída;
- ◆ Bornes de conexão: terminais onde se devem realizar as ligações.

Para utilização de uma fonte de tensão cc ajustável deve-se realizar os seguintes passos:

- a) ligar a fonte: quando esta ligado o display esta aceso;
- b) ajustar o valor máximo de corrente de saída desejado:

b1) ajuste a tensão da fonte para 2V { o objetivo é reduzir a energia acumulada nos capacitores de saída $E_c = 1/2C(V_c)^2$ };

b2) gire os botões de ajuste grosso e fino da corrente no sentido anti-horário, até o fim do cursor { com esta operação estamos tornando zero a corrente máxima da fonte};

b3) realize um curto na saída da fonte, conectando o borne preto ao vermelho (o led esquerdo deve estar ativo, pois, a fonte está operando no limite máximo de corrente);

b4) O valor apresentado no display é o valor máximo de corrente que a fonte fornecerá, então ajuste o limite máximo de corrente de saída: gire o botão de ajuste grosso até o valor da corrente no display estiver próximo do valor desejado. Então gire o botão de ajuste fino, até o valor da corrente no display estiver igual ao valor desejado.

B5) desfaça o curto na saída da fonte (**seja rápido**, pois esta é uma situação indesejável para a fonte) {o led direito deve estar ativado, pois a fonte deve estar operando fora do limite máximo de corrente};

c) ajustar o valor de tensão desejado: gire o botão de ajuste grosso até o valor da tensão no display estiver próximo do valor desejado. Então gire o botão de ajuste fino, até o valor da tensão no display estiver igual ao valor desejado;

d) selecionar os bornes: **Geralmente** estão marcados da seguinte forma:
terminal negativo: de cor preta com os seguintes símbolos: GND ou
terminal positivo: de cor vermelho com os seguintes símbolos ou 2) Vcc ou
e) conectar os fios (cabos) ao circuito a ser alimentado.



Prática: ajuste a fonte alimentação para as seguintes situações:

situação	Tensão de saída (V)	Corrente máxima (A)
1	5,0	0,10
2	9,0	0,15
3	12,0	0,20
4	15,0	0,25

2.3)VOLTÍMETRO CC E CA

O procedimento de medição de tensão CC e CA são similares, mudando apenas o primeiro passo: seleção da função.


2.3.1)Passos para medida de tensão CC:

a)selecionar a função **VOLTÍMETRO CC** – posicione a chave seletora na função voltímetro (em geral a região tem o símbolo DCV, V_{CC} ou V_{---})

b)selecionar a escala apropriada: posicione a chave seletora na escala imediatamente superior ao valor da tensão a ser medida (exemplo: para 5V deve estar na escala de 20V)

Nota: Se você não tem idéia do valor a ser medido – inicie com a maior escala e vá diminuindo seu valor até aparecer no display um valor igual a: então volte à escala anterior, esta é a escala apropriada para a leitura.

Observação: quando se mede com uma escala de valor superior a apropriada está se aumentando a incerteza no valor medido.

c)selecionar os bornes apropriados. Geralmente estão marcados pelos símbolos: 1) GND, COM ou  2) V, V_{CC} ou V_{---}

d)conecte os fios(cabos) aos nós em que desejar medir a diferença de potencial (tensão), de modo que o multímetro fique em paralelo.

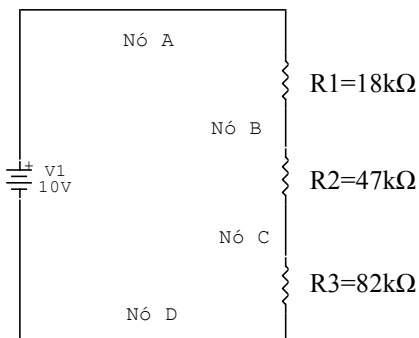
e)valor medido – é formado pelo valor que aparece no display (valor lido) associado a escala utilizada na medição(valor indicado pela ponta da chave seletora). Exemplos:

valor do display	escala	Valor medido da tensão (valor nominal)
82.2	200 mV	82,2mV (ou 0,0822V)
82.2	200V	82,2V
1820	2000 mV	1820mV (ou 1,82V)
1.820	2V	1820mV (ou 1,82V)

Medição de tensão em um circuito série.

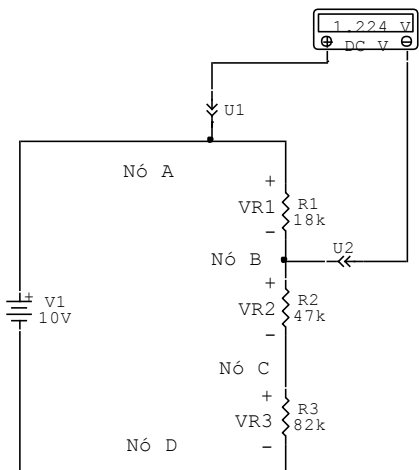
Ligue a fonte, ajuste a corrente máxima da fonte para 50mA (0,05A) e a tensão para 10V e a desligue.

Monte o circuito série a seguir e preencha a tabela abaixo:

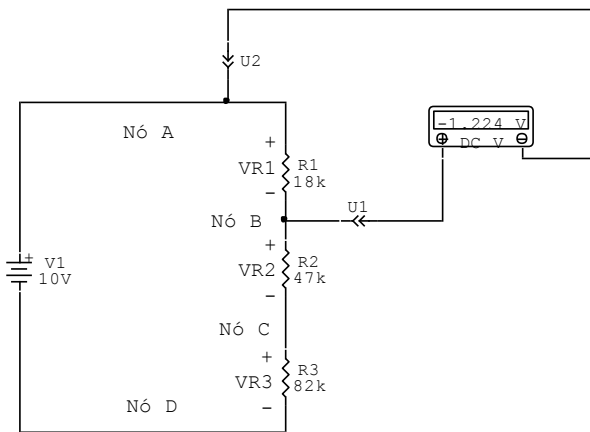


Circuito	$V_{AB} = V_{R1}$	$V_{BC} = V_{R2}$	$V_{CD} = V_{R3}$	$V_{AD} = V_1$
Valor calculado da tensão	1,224V	3,197V	5,578V	10,00V
Valor do display no multíteste (valor lido)				
Escala utilizada				
Valor nominal da tensão (valor medido)				
Incerteza Medição (V)				
Precisão: $\pm 0,5\%$ da leitura + 1 dígito				

a) Para medir a diferença de potencial elétrico entre os nós A e B (tensão V_{AB} , $V_{AB} = V_A - V_B = VR1$), conecte o multímetro conforme indicado a seguir, observe como as ponteiros estão conectadas. $V_{AB} = VR1 =$ _____

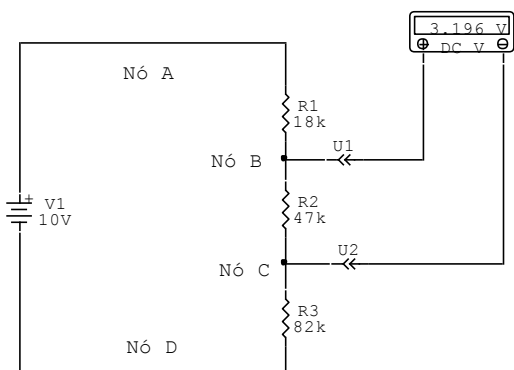


Se invertermos a posição das ponteiros do multímetro teríamos a diferença do potencial do nó B para o nó A (tensão V_{BA} , $V_{BA} = V_B - V_A = -VR1$). Inverta a posição da ponteira do multímetro como mostrado no circuito a seguir e confirme o resultado. $V_{AB} = VR1 =$ _____

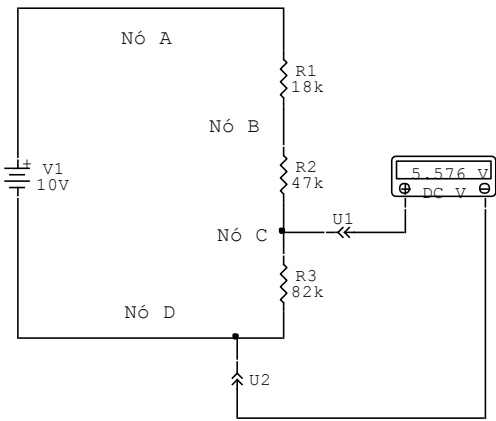


Importante: Sempre defina primeiro a convenção das tensões a serem medidas e depois conecte o multímetro de acordo com as mesmas. Este procedimento evitará erros e possíveis dúvidas sobre as medidas.

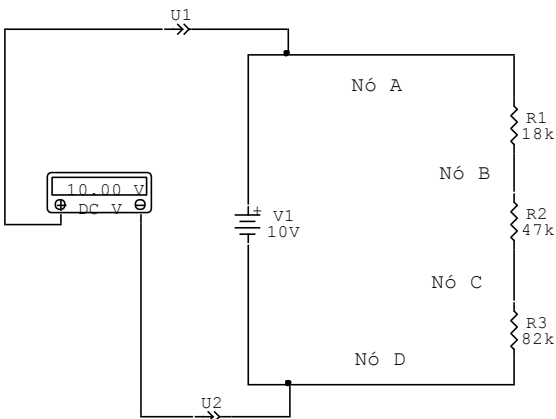
b) Para medir a diferença de potencial elétrico entre os nós B e C (tensão V_{BC} , $V_{BC} = V_B - V_C = VR2$), conecte o multímetro conforme indicado a seguir. $V_{BC} = VR2 =$ _____



c) Para medir a diferença de potencial elétrico entre os nós C e D (tensão V_{CD} , $V_{CD} = V_C - V_D = VR3$), conecte o multímetro conforme indicado a seguir. $V_{CD} = VR3 =$ _____



d) Para medir a diferença de potencial elétrico entre os nós A e D (tensão V_{AD} , $V_{AD} = V_A - V_D = V1$), conecte o multímetro conforme indicado a seguir. $V_{AD} = V1 =$ _____



Podemos ter interesse em medir uma diferença de potencial que não seja sobre um componente específico, mas a diferença de potencial em relação a uma determinada referência. No circuito a seguir foi escolhido o nó D como nó de referência e então foram obtidas as seguintes tensões:

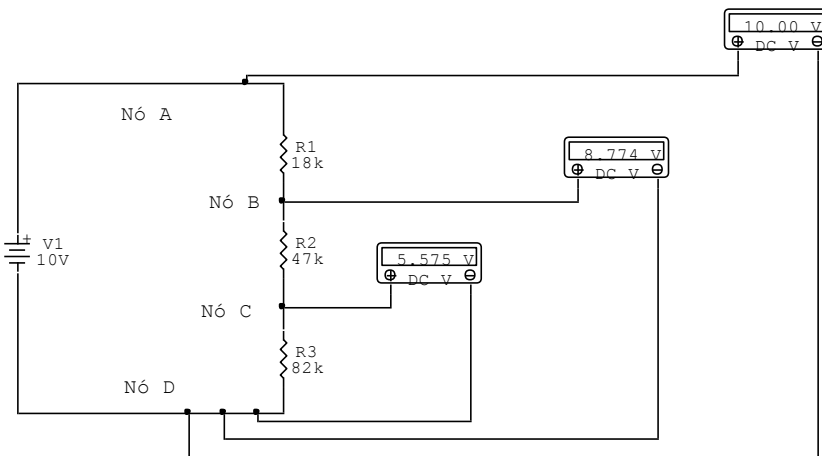
$$V_{CD} = V_C - V_D = VR3$$

$$V_{BD} = V_B - V_D = VR3 + VR2$$

$$V_{AD} = V_A - V_D = VR3 + VR2 + VR1$$

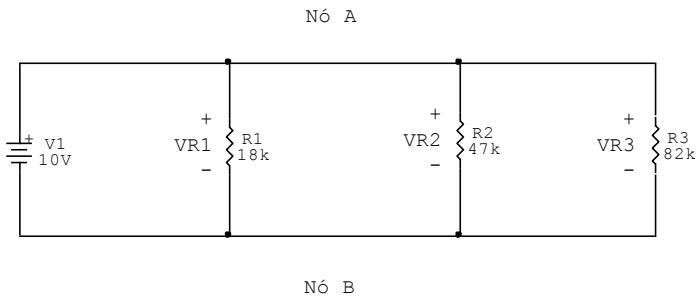
Preencha a tabela abaixo.

Circuito	$V_{AD} = VR1$	$V_{BD} = VR2$	$V_{CD} = VR3$
Valor calculado da tensão	10,00V	8,774V	5,578V
Escala utilizada			
Valor nominal da tensão (valor medido)			



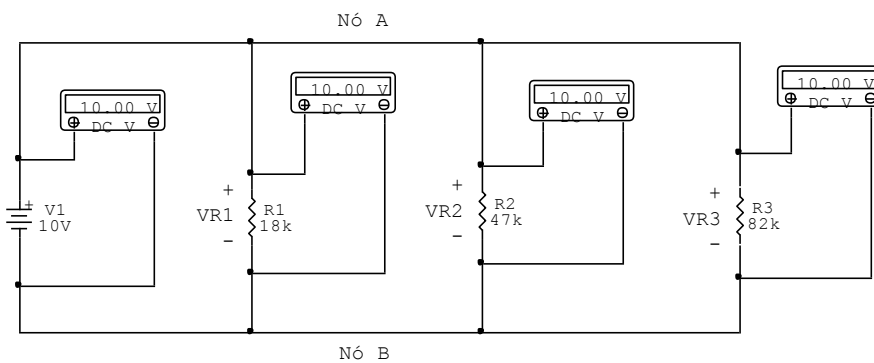
Medição de tensão em um circuito paralelo.

Monte o circuito paralelo a seguir:



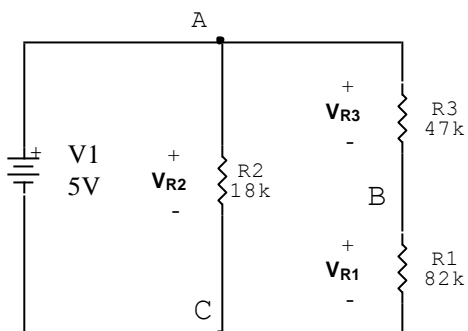
Como todos os componentes estão conectados aos nós A e B, terão a mesma tensão, então:
 $V_{AB} = V_A - V_B = VR1 = VR2 = VR3$. Logo, basta medir uma das tensões, para sabermos o valor de todas. No circuito a seguir, vemos o multímetro em quatro posições diferentes com o mesmo valor, verifique se isto também acontece em seu circuito. Preencha a tabela a seguir.

Circuito	V_{R1}	V_{R2}	V_{R3}	V_1
Valor calculado da tensão	10,00V	10,00V	10,00V	10,00V
Escala utilizada				
Valor nominal da tensão (valor medido)				



Medição de tensão em um circuito misto.

Monte o circuito misto a seguir:

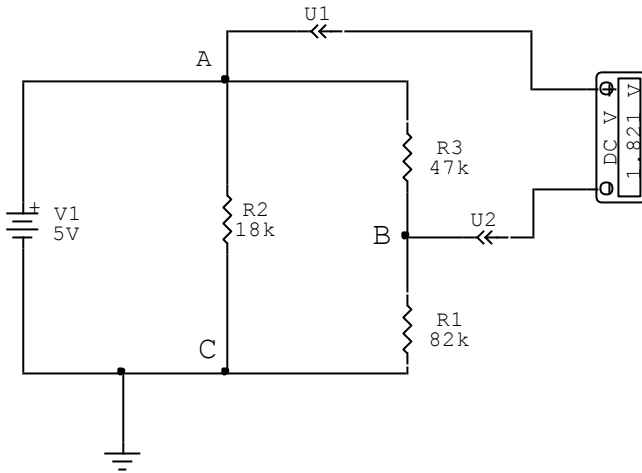


Estabeleça a convenção da tensão a ser medida, seguindo a lei de Ohm.

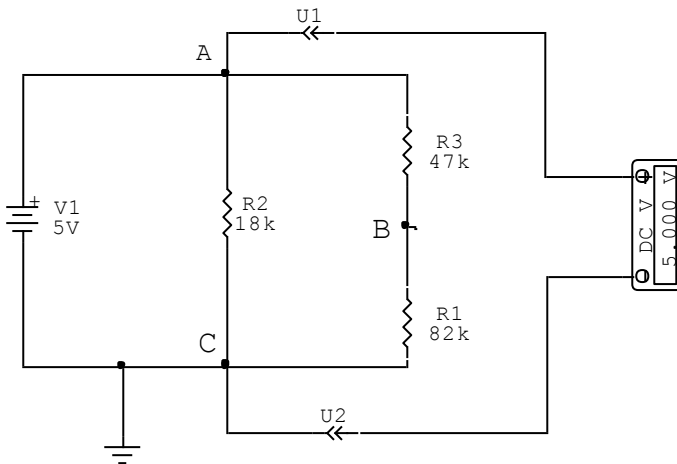
Preencha a tabela a seguir

Circuito	$V_{AB} = V_{R3}$	$V_{AC} = V_{R2} = V_{fonte}$	$V_{BC} = V_{R1}$
Valor calculado da tensão	1,822V	5V	3,178V
Valor lido no multíteste (valor do display)			
Escala utilizada			
Valor medido da tensão (valor nominal)			
Incerteza Medição (V)			
Precisão: $\pm 0,5\%$ da leitura + 1 dígito			

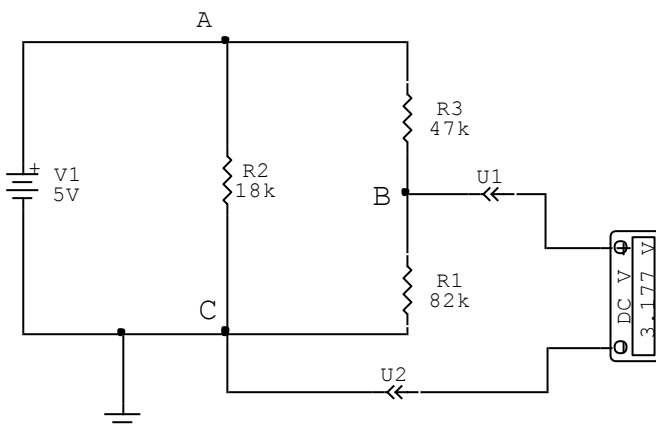
Modo ligação para medir a tensão (diferença de potencial) entre os nós A e B: $V_{AB} = V_{R3}$



Modo ligação para medir a tensão (diferença de potencial) entre os nós A e C: $V_{AC} = V_{R2} = V_{fonte}$



Modo ligação para medir a tensão (diferença de potencial) entre os nós B e C: $V_{BC} = V_{R1}$



CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM TELECOMUNICAÇÕES

2.4)AMPERÍMETRO CC E CA

O procedimento de medição de corrente CC e CA são similares, mudando apenas o primeiro passo: seleção da função.


2.4.1)Passos para medida de corrente CC:

a)selecionar a função AMPERÍMETRO CC – posicione a chave seletora na função amperímetro (em geral a região tem o símbolo DCA, Acc ou A_—)

b)selecionar a escala apropriada: posicione a chave seletora na escala imediatamente superior ao valor da corrente a ser medida (exemplo: para 120mA deve estar na escala de 200mA)

Nota: Se você não tem idéia do valor a ser medido – inicie com a maior escala e vá diminuindo seu valor até aparecer no display um valor igual a: então volte à escala anterior, esta é a escala apropriada para a leitura.

Observação:quando se mede com uma escala de valor superior a apropriada está se aumentando a incerteza no valor medido.

c)selecionar os bornes apropriados. Geralmente estão marcados pelos símbolos:1) GND, COM ou  2a) normalmente para corrente até 200mA: **mA** e 2b) normalmente para corrente até 10A: **10A**

d)conecte os fios(cabos) de modo ao multímetro ficar em **série** ao ramo que desejar medir a corrente elétrica.

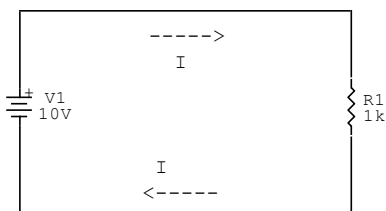
e)valor medido – é formado pelo valor que aparece no display (valor lido) associado a escala utilizada na medição(valor indicado pela ponta da chave seletora). Exemplos:

valor do display	escala	Valor medido da corrente
1820	2000 μ	1820 μ A (ou 1,820mA)
1.820	2m	1,820mA
82.2	200 μ	82,2 μ A (ou 0,0822mA)
82.2	200m	82,2mA

Medição de corrente em um circuito série.

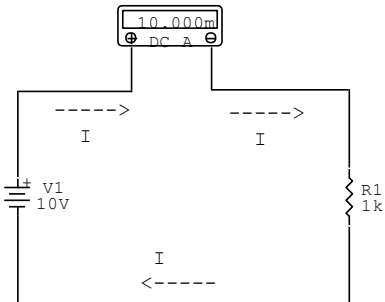
Ligue a fonte, ajuste a corrente máxima da fonte para 50 mA (0,05A) e a tensão para 10V e a desligue.

Monte o circuito série a seguir e preencha a tabela abaixo:

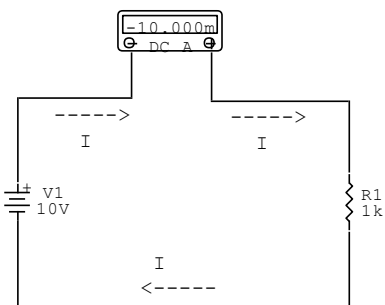


Corrente	$I = IV1 = IR1$
Valor calculado da corrente	10,00mA
Valor lido no multímetro (valor do display)	
Escala utilizada	
Valor medido da corrente (valor nominal)	
Incerteza Medição (mA)	
Precisão básica: $\pm 1,3\%$ da leitura + 1 dígito	

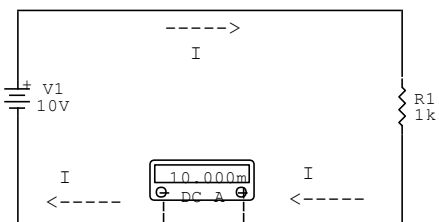
Como um amperímetro mede a corrente que **passa** por ele, então para medir a corrente elétrica devemos conectar o amperímetro em série, conforme mostrado a seguir. $I = IV1 = IR1 = \underline{\hspace{2cm}}$.



Se invertermos a posição das ponteiros do multímetro teríamos um valor negativo, pois a corrente é oposta ao modo medido. $I = IV1 = IR1 = \underline{\hspace{2cm}}$.

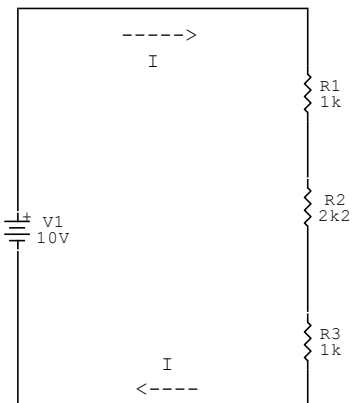


Se mudarmos a posição do multímetro, mas mantê-lo em série ao mesmo ramo o valor medido será o mesmo. $I = IV1 = IR1 = \underline{\hspace{2cm}}$.



Medição de corrente em um circuito série com vários resistores.

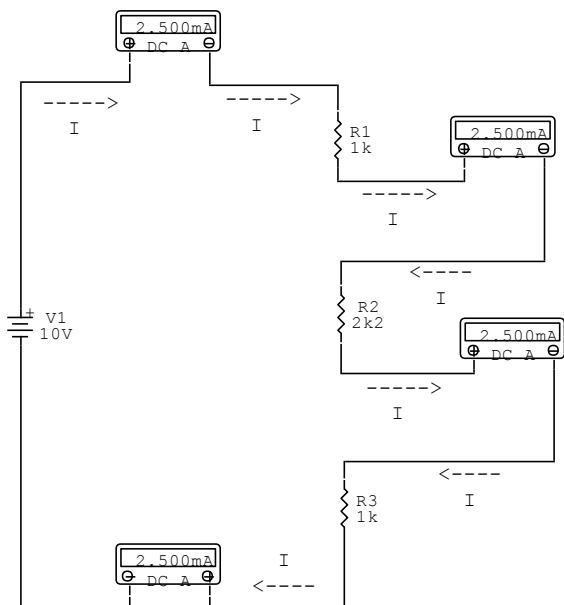
Ligue a fonte, ajuste a corrente máxima da fonte para 50 mA (0,05A) e a tensão para 10V e a desligue. Monte o circuito série a seguir e preencha a tabela abaixo:



Corrente	$I = IV1 = IR1 = IR2 = IR3$
Valor calculado da corrente	2,50mA
Escala utilizada	
Valor medido da corrente (valor nominal)	
Incerteza Medição (mA)	
Precisão básica: $\pm 1,3\%$ da leitura + 1 dígito	

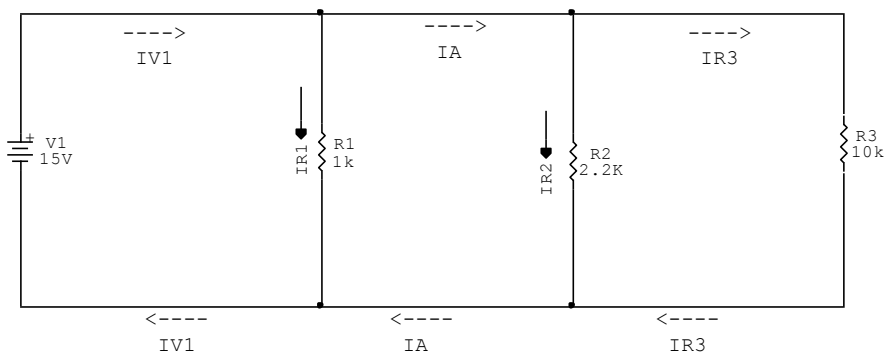
Note que a corrente é mesma em todo o circuito, então em todos os ramos teremos as mesmas medidas. Assim se medirmos uma única vez, saberemos a corrente em todos os componentes.

$$I = IV1 = IR1 = IR2 = IR3 = \underline{\hspace{2cm}}$$



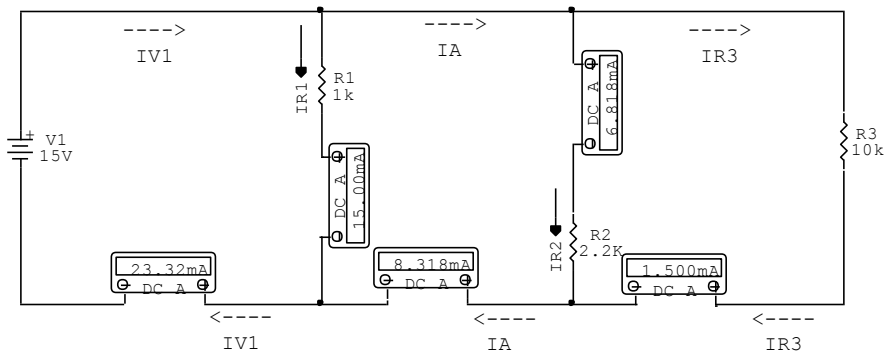
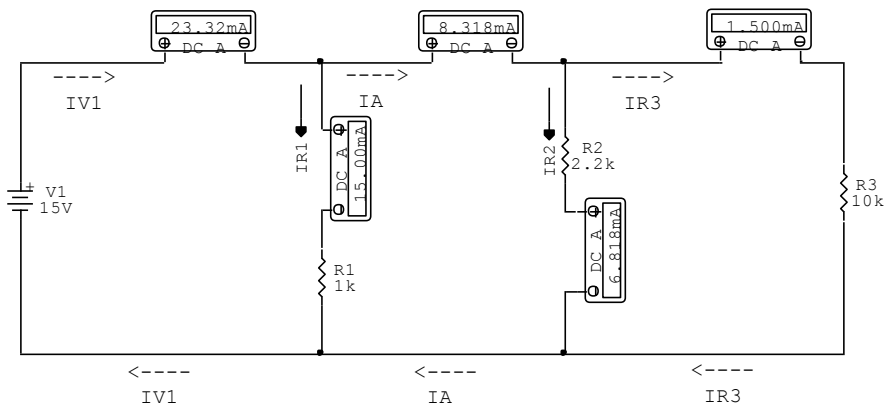
Medição de corrente em um circuito paralelo.

Monte o circuito paralelo a seguir e preencha a tabela abaixo:



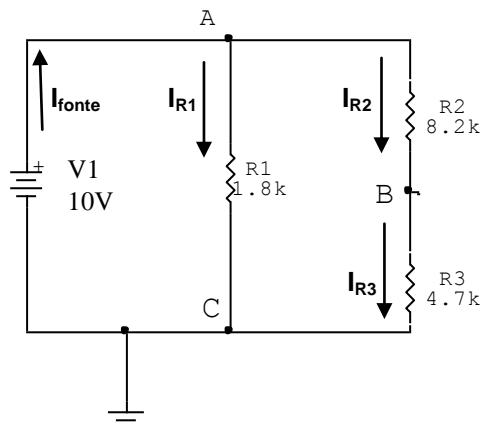
Corrente	IV1	IR1	IA	IR2	IR3
Valor calculado da corrente	23,32mA	15,00mA	8,32mA	6,08mA	1,5mA
Escala utilizada					
Valor medido da corrente (valor nominal)					
Incerteza Medição (mA)					
Precisão básica: ± 1,3% da leitura + 1 dígito					

Cada corrente indicada pode ser medida com o multímetro em duas posições diferentes conforme indicado nos circuitos a seguir.



Medição de corrente em um circuito misto.

Monte o circuito misto a seguir e preencha a tabela abaixo:

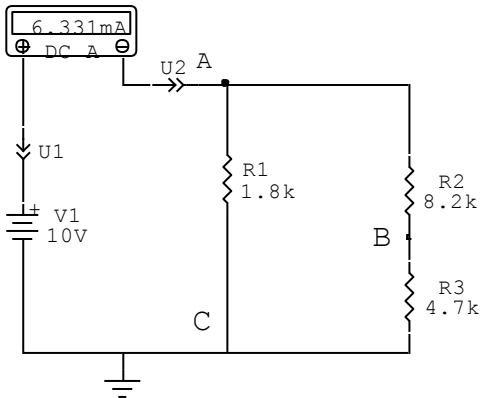


Corrente	$I_{R2} = I_{R3}$	I_{fonte}	I_{R1}
Valor calculado da corrente	0,775mA	6,33mA	5,556mA
Escala utilizada			
Valor medido da corrente (valor nominal)			

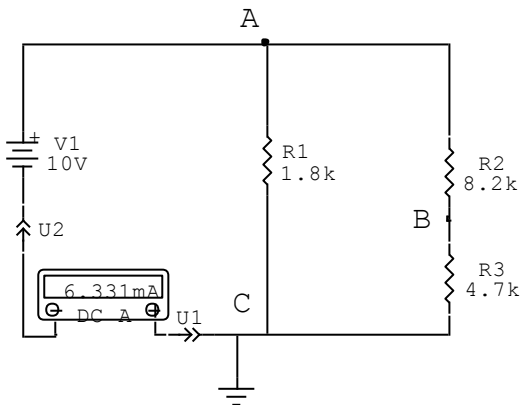
A medição de corrente em um ramo pode ser feita inserindo o amperímetro antes ou depois do elemento do ramo. Exemplos

Modos ligação para medir corrente da fonte:

a) Com o amperímetro entre a fonte e o nó A

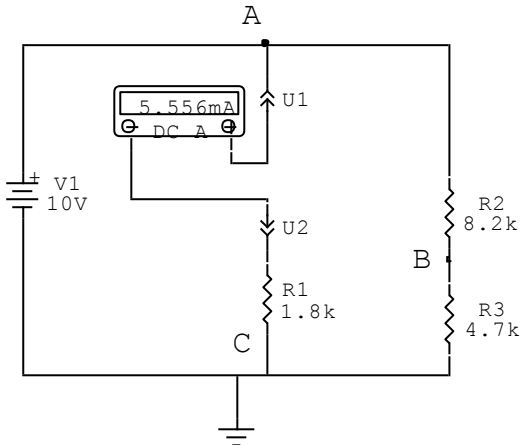


b) Com o amperímetro entre a fonte e o nó C

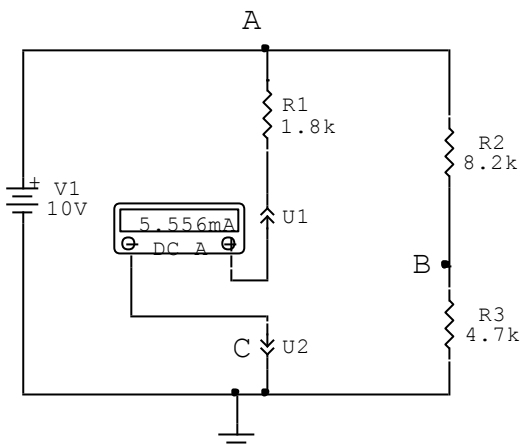


Modos ligação para medir do resistor R1 (I_{R1})

a) Com o amperímetro entre o resistor R1 e o nó A



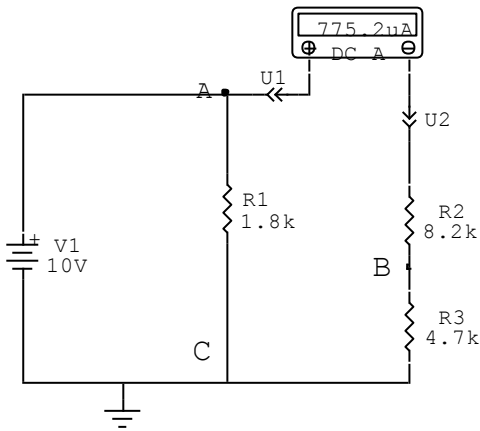
Com o amperímetro entre o resistor R1 e o nó C



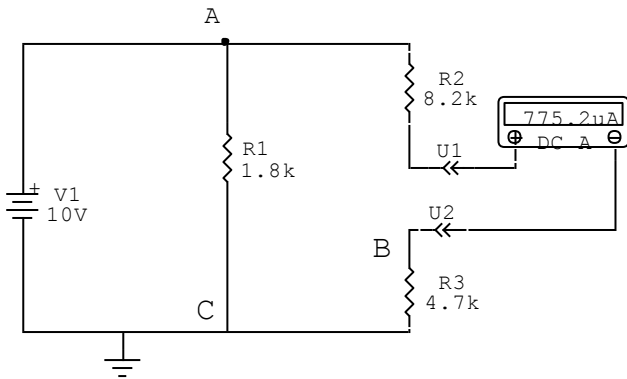
Quando temos uma rede com varios ramos em série basta fazer apenas a leitura em apenas um ponto pois a corrente é mesma. Exemplo

Modos ligação para medir a corrente na rede em série formada pelos elementos R2 (I_{R2}) e R3 (I_{R3})

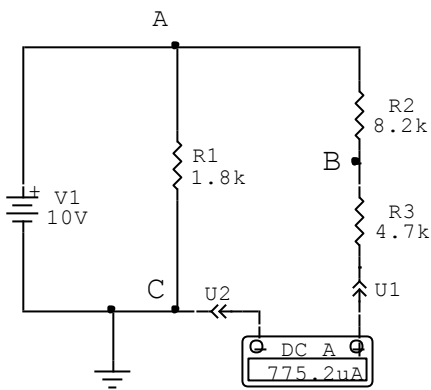
a) Com o amperímetro entre o resistor R2 e o nó A



b) Com o amperímetro entre o resistor R2 e o resistor R3



c) Com o amperímetro entre o resistor R3 e o nó C



Como $I_{R2} = I_{R3}$ as três forma de medir apresentaram o mesmo valor.

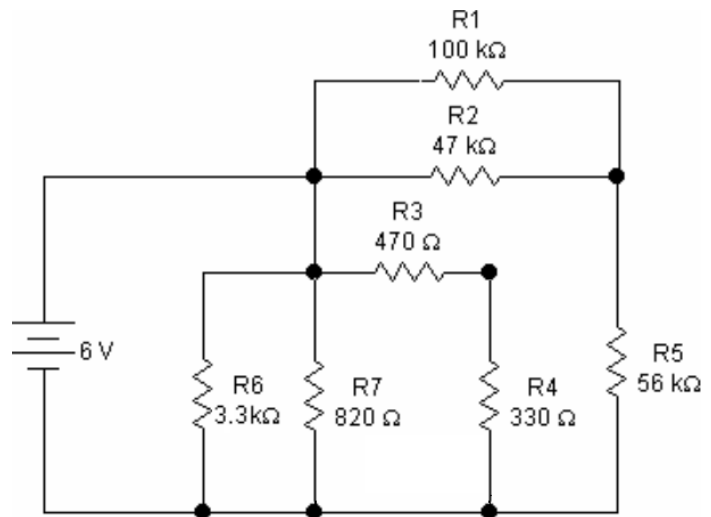
2.5)USO SIMULTÂNEO DAS TRÊS FUNÇÕES:- OHMÍMETRO, VOLTÍMETRO E AMPERÍMETRO

os procedimentos são os apresentados para cada função.

Monte o circuito resistivo a seguir e meça a resistência equivalente ($R_{eq}=359,2\Omega$). Ligue a fonte e ajuste a corrente máxima da fonte para 30mA (0,03A). Conecte a fonte ao circuito resistivo e preencha a tabela abaixo:

Componente		Fonte	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Corrente	Valor calculado	16,70mA	21,80 μ A	46,40 μ A	7,50mA	7,50mA	68,20 μ A	1,82mA	7,32mA
	Valor medido								
	Escala								
	Incerteza Medição								
Tensão	Valor calculado	6,00V	2,18V	2,18V	3,52V	2,48V	3,82V	6V	6V
	Valor medido								
	Escala								
	Incerteza Medição								

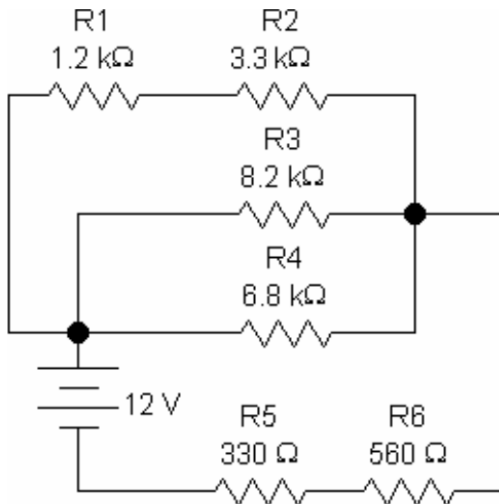
Estabeleça a convenção da tensão ou da corrente a ser medida, segundo a lei de Ohm.



Monte o circuito resistivo a seguir e meça a resistência equivalente ($R_{eq}= 2925,7 \Omega$). Ligue a fonte e ajuste a corrente máxima da fonte para 10mA (0,01A). Conecte a fonte ao circuito resistivo e preencha a tabela abaixo:

Componente		Fonte	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Corrente	Valor calculado	4,102mA	1,855mA	1,855mA	1,018mA	1,228mA	4,102mA	4,102mA
	Valor medido							
	Escala							
	Incerteza Medição							
Tensão	Valor calculado	12,000V	2,227V	6,123V	8,350V	8,350V	1,353V	2,297V
	Valor medido							
	Escala							
	Incerteza Medição							

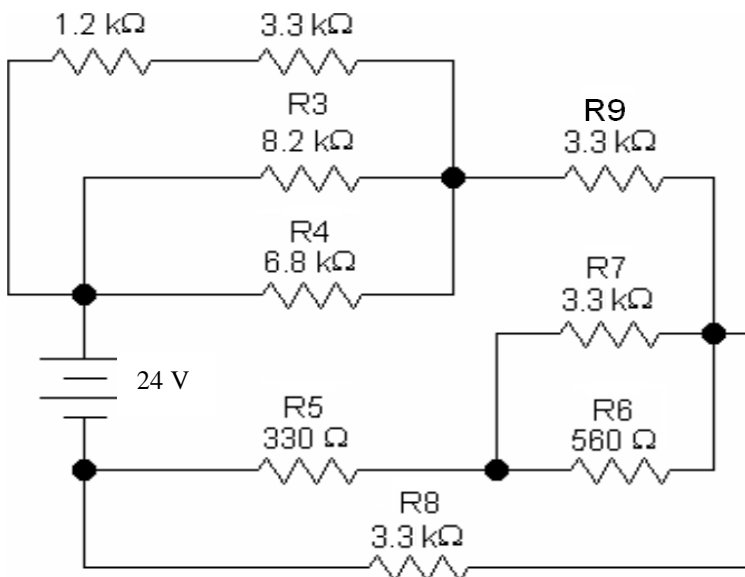
Estabeleça a convenção da tensão ou da corrente a ser medida, segundo a lei de Ohm.



Monte o circuito resistivo a seguir e meça a resistência equivalente ($R_{eq} = 5985,3 \Omega$). Ligue a fonte e ajuste a corrente máxima da fonte para 10mA (0,01A). Conecte a fonte ao circuito resistivo e preencha a tabela abaixo:

Componente		Fonte	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Corrente	Valor calculado	4,01mA	1,81mA	1,81mA	0,99mA	1,20mA	3,21mA	2,75mA	0,46mA	0,79mA	4,01mA
	Valor medido										
	Escala										
	Incerteza Medição										
Tensão	Valor calculado	24,0V	2,18V	5,97V	8,16V	8,16V	1,06V	1,54V	1,54V	2,60V	13,23V
	Valor medido										
	Escala										
	Incerteza Medição										

Estabeleça a convenção da tensão ou da corrente a ser medida, segundo a lei de Ohm.



Roteiro de Laboratório 05: Resistores Variáveis

Objetivos: Apresentar ao aluno o aspecto físico e o funcionamento do potenciômetro.

Material: - Potenciômetro linear de 100kΩ e de 470Ω - Led (qualquer cor, leitoso)
- Resistor 1/3W de 470Ω; 2x2k7Ω; 2x390Ω;

Pré-requisitos: Leitura prévia dos textos a sobre especificações de componentes eletrônicos e sobre resistores.

I – POTENCIÔMETROS

I.1- Apresentação e preparação

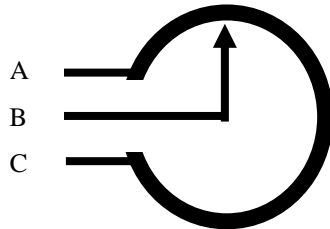
O potenciômetro pode variar a resistência entre seus terminais de diversas formas. Tome-os em suas mãos e acostume-se com seu aspecto físico.

I.2- Prática

I.2.1- Medição da resistência do potenciômetro

Utilize o multímetro digital medição das resistências do potenciômetro de 100K.

a) Meça a resistência elétrica RAC = _____.



Mantenha o ohmímetro conectado entre os terminais A e C do potenciômetro de modo a ficar medindo RAC, varie o cursor. Podemos concluir que RAC _____.

b) Gire o cursor no sentido anti-horário, até o fim do curso. Meça a resistência elétrica RAB = _____.

Mantenha o ohmímetro conectado entre os terminais A e B do potenciômetro de modo a ficar medindo RAB, varie o cursor no sentido horário. Podemos concluir que RAB _____ até atingir o valor de RAC. Quando giramos o cursor no sentido anti-horário o valor de RAB _____.

c) Gire o cursor no sentido anti-horário, até o fim do curso. Meça a resistência elétrica RBC = _____.

Mantenha o ohmímetro conectado entre os terminais B e C do potenciômetro de modo a ficar medindo RBC, varie o cursor no sentido horário. Podemos concluir que RBC _____ até atingir o valor de zero. Quando giramos o cursor no sentido anti-horário o valor de RBC _____.

Notamos que RAB opera de modo inverso de RBC e $RAC = RAB + RBC$

I.2.2 - Aplicação – variação da corrente do circuito.

→ A) Ligue a fonte de tensão cc de bancada, regule a corrente máxima para 30mA desligue-a.

→ B) Monte o circuito da figura a seguir.

→ C) Gire o potenciômetro todo para a esquerda (sentido anti-horário), e religue a fonte.

→ D) Gire o potenciômetro lentamente para a outra extremidade, observando o que ocorre com a luminosidade do led.

→ E) Anote este comportamento e comente o que houve: _____

- Led

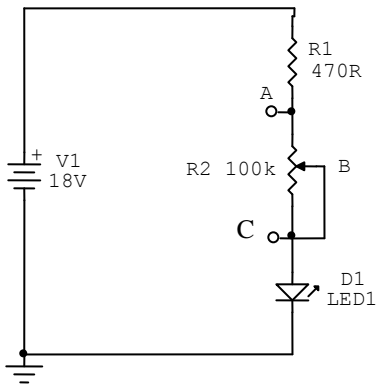


Terminal Anodo; A; +

Terminal: Catodo; K; -



Vista Inferior



→ F) É possível relacionar a luminosidade do led com a posição do cursor do potenciômetro? Como? _____

→ G) Inverta a ligação do terminal “B” (conecte-o agora ao terminal “A”, ao invés do “C”) e descreva o que ocorreu. ____

→ H) Calcule as correntes máxima e mínima que percorrem o led.

$I_{LED\ máx} =$ _____; $I_{LED\ mín} =$ _____.

Obs: O resistor R1 é o responsável por limitar o valor máximo de corrente.

I.2.2 - Aplicação – variação da tensão de referência(V_N).

→ A) Ligue a fonte de tensão cc de bancada, regule a corrente máxima para 20mA desligue-a.

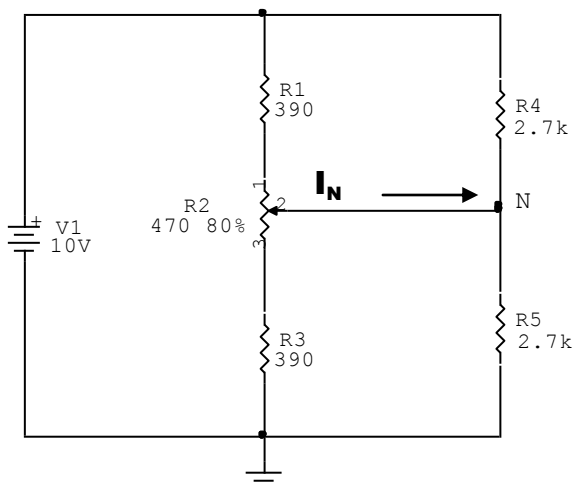
→ B) Monte o circuito da figura abaixo.

→ C) Gire o potenciômetro todo para a esquerda (sentido anti-horário), e religue a fonte.

→ D) Meça o valor de $V_N =$ _____. Gire o potenciômetro lentamente para a outra extremidade, observando o que ocorre com a tensão no nó **N**. $V_N =$ _____. Estes são os batentes da tensão V_N ,

→ E) Gire o potenciômetro todo para a esquerda (sentido anti-horário). Meça o valor de $I_N =$ _____. Gire o potenciômetro lentamente para a outra extremidade, observando o que ocorre com a corrente I_N . $I_N =$ _____

Nota: Você deve ter observado que o sentido de I_N se inverteu, portanto sempre que fizer uma leitura de corrente ou tensão é muito importante deixar claro a convenção adotada e realizar as medidas de acordo com esta.

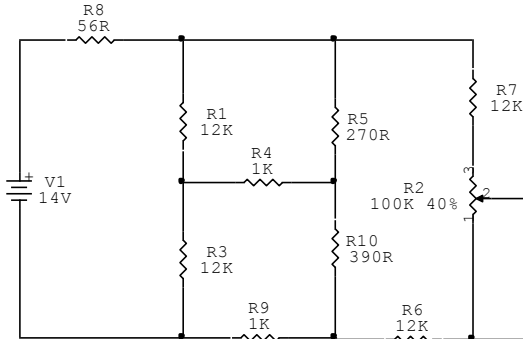


R1 e R2 são responsáveis por formar o limite superior e inferior da tensão V_N .

Atividade de completas de laboratório

Atividade 1

- Ajuste o potenciômetro para que a resistência entre os pinos 1 e 2 seja 40kΩ.
- Ajuste a fonte de tensão para que forneça uma corrente máxima de 70mA e a tensão indicada no circuito.
- Monte este circuito abaixo e mostre ao professor.
- Defina as convenções tensão/corrente adotadas nos componentes do circuito abaixo e preencha as tabelas a seguir com os valores medidos e as respectivas escalas utilizadas.



Tensão	Valor nominal	Escala
fonte		
R1		
R2 Pin1 - 3		
R2 Pin1 - 2		
R2 Pin2 - 3		
R3		
R4		
R5		
R7		
R8		
R9		
R10		

Corrente	Valor nominal	Escala
fonte		
R1		
R2 Pin1		
R2 Pin2		
R2 Pin3		
R3		
R5		
R5		
R7		
R8		
R9		
R10		

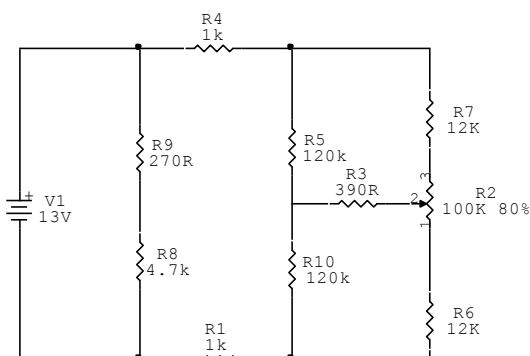
Modelo do multímetro:

	Valor medido	
	Valor nominal	escala
Resistência equivalente do circuito		

Atividade 2

- Ajuste o potenciômetro para que a resistência entre os pinos 1 e 2 seja 70kΩ.
- Ajuste a fonte de tensão para que forneça uma corrente máxima de 90mA e a tensão indicada no circuito.
- Monte este circuito abaixo e mostre ao professor.
- Defina as convenções tensão/corrente adotadas nos componentes do circuito abaixo e preencha as tabelas a seguir com os valores medidos e as respectivas escalas utilizadas.

Modelo do multímetro:



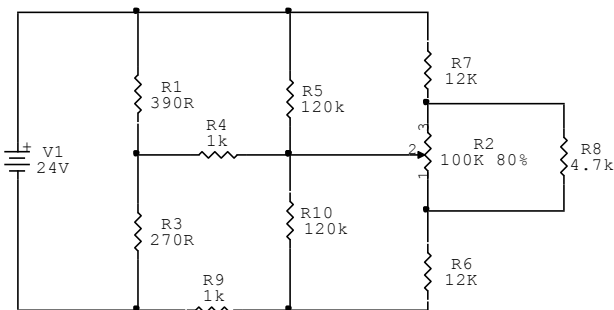
<u>Tensão</u>	<u>Valor nominal</u>	<u>Escala</u>
<u>fonte</u>		
<u>R1</u>		
<u>R2 Pin1 - 3</u>		
<u>R2 Pin1 - 2</u>		
<u>R2 Pin2 - 3</u>		
<u>R3</u>		
<u>R4</u>		
<u>R5</u>		
<u>R7</u>		
<u>R8</u>		
<u>R9</u>		
<u>R10</u>		

<u>Corrente</u>	<u>Valor nominal</u>	<u>Escala</u>
<u>fonte</u>		
<u>R1</u>		
<u>R2 Pin1</u>		
<u>R2 Pin2</u>		
<u>R2 Pin3</u>		
<u>R3</u>		
<u>R5</u>		
<u>R5</u>		
<u>R7</u>		
<u>R8</u>		
<u>R9</u>		
<u>R10</u>		

	Valor medido	
	Valor nominal	escala
Resistência equivalente do circuito		

Atividade 3

- Ajuste o potenciômetro para que a resistência entre os pinos 1 e 2 seja 80kΩ.
- Ajuste a fonte de tensão para que forneça uma corrente máxima de 100mA e a tensão indicada no circuito.
- Monte este circuito abaixo e mostre ao professor.
- Defina as convenções tensão/corrente adotadas nos componentes do circuito abaixo e preencha as tabelas a seguir com os valores medidos e as respectivas escalas utilizadas.



<u>Tensão</u>	<u>Valor nominal</u>	<u>Escala</u>
<u>fonte</u>		
<u>R1</u>		
<u>R2 Pin1 - 3</u>		
<u>R2 Pin1 - 2</u>		
<u>R2 Pin2 - 3</u>		
<u>R3</u>		
<u>R4</u>		
<u>R5</u>		
<u>R7</u>		
<u>R8</u>		
<u>R9</u>		
<u>R10</u>		

<u>Corrente</u>	<u>Valor nominal</u>	<u>Escala</u>
<u>fonte</u>		
<u>R1</u>		
<u>R2 Pin1</u>		
<u>R2 Pin2</u>		
<u>R2 Pin3</u>		
<u>R3</u>		
<u>R5</u>		
<u>R5</u>		
<u>R7</u>		
<u>R8</u>		
<u>R9</u>		
<u>R10</u>		

	Valor medido	
	Valor nominal	escala
Resistência equivalente do circuito		