

# 1. REZISTOARE

## 1.1. GENERALITĂȚI PRIVIND REZISTOARELE

### 1.1.1 DEFINIȚIE.

**REZISTORUL** – este o componentă electronică pasivă, prevăzută cu 2 terminale, care are proprietatea fizică de a se opune trecerii curentului electric.

Mărimea fizică care caracterizează rezistorul se numește **rezistență electrică ( R )**

**Rezistorul** este un dispozitiv fizic iar **rezistența electrică** este o proprietate fizică .

Rezistența electrică se poate exprima în 2 moduri:

- în funcție de proprietățile materialului din care este construit rezistorul (la rece)

$$(1) R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

unde:  $\rho$  (rho) = rezistivitatea electrică a materialului

$l$  = lungimea conductorului din care este construit rezistorul

$S$  = secțiunea transversală a conductorului

- în funcție de valorile mărimilor electrice dintr-un circuit electric (la cald)

$$(2) R = \frac{U}{I} \quad (\text{Legea lui Ohm})$$

unde:  $U$  = tensiunea electrică la bornele rezistorului

$I$  = curentul electric care circulă prin rezistor

### 1.1.2 UNITĂȚI DE MĂSURĂ

Rezistența electrică se măsoară în **ohmi ( $\Omega$ )**. **1ohm** este rezistența unui rezistor parcurs de un curent de **1 amper** atunci când la bornele sale se aplică o tensiune de **1 volt**.

**Rezistența electrică**  $R = \frac{U}{I}$   $[R] = \frac{1V}{1A} = 1\Omega$

Deoarece 1 ohm are valoarea mică, în practică se utilizează multiplii acestuia:

**1 k  $\Omega$  (kiloohm) = 1000  $\Omega$  =  $10^3 \Omega$**

**1 M  $\Omega$  (megohm) = 1000 k  $\Omega$  = 1.000.000  $\Omega$  =  $10^6 \Omega$**

**Rezistivitatea electrică**  $\rho = R \cdot \frac{S}{l}$   $[\rho] = \Omega \cdot \frac{mm^2}{mm} = \Omega \cdot mm$

**Conductivitatea electrică**  $G = \frac{1}{R}$   $[G] = \frac{1}{\Omega} = 1S(\text{Siemens})$

### 1.1.3 PARAMETRII ELECTRICI SPECIFICI REZISTOARELOR

#### a. REZISTENȚA NOMINALĂ ( $R_n$ )

Reprezintă valoarea, în ohmi, a rezistenței pentru care a fost construit rezistorul, măsurată la temperatura de 20° C.

#### b. COEFICIENTUL DE TOLERANȚĂ (%)

Reprezintă abaterea în procente, în plus sau în minus, ( $\pm\%$ ) a rezistenței reale a rezistorului față de rezistența nominală înscrisă pe acesta.

Coeficientul de toleranță (%) poate fi marcat și în cod de litere, conform tabelului:

$\pm 0,005$	$\pm 0,001$	$\pm 0,02$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 2,5$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 20$
E	L	P	W	B	C	D	F	G	H	J	K	M

#### c. PUTEREA NOMINALĂ ( $P_n$ )

Reprezintă puterea maximă admisibilă (în curent continuu) ce poate fi disipată pe un rezistor, pe o perioadă îndelungată, fără ca acesta să se supraîncălzească.

Puterea se exprimă în wați  $[P] = W (wat)$

**Puterea** nominală depinde de **dimensiunile rezistorului**, de **materialul utilizat** pentru elementul rezistiv și de **tehnologia de construcție**.

Rezistoarele utilizate cel mai frecvent în echipamentele electronice au următoarele puteri:

**0,1W ; 0,125W ; 0,25W ; 0,5W ; 1W ; 2W ; 5W ; 10W.**

Puterea nominală pe rezistor se calculează cu formulele  $P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$

Conform formulelor de mai sus, cunoscând puterea și rezistența nominală a unui rezistor

se poate determina curentul maxim admis astfel:  $I[mA] = 1000 \cdot \sqrt{\frac{P[W]}{R[\Omega]}}$

Exemple: un rezistor cu  $R = 100\Omega$  și  $P = 1W$  suportă un curent de 100 mA

un rezistor cu  $R = 100\Omega$  și  $P = 5W$  suportă un curent de 225 mA



Rezistor cu caracteristicile: **5W ; 2,2  $\Omega$  ;  $\pm 5\%$**

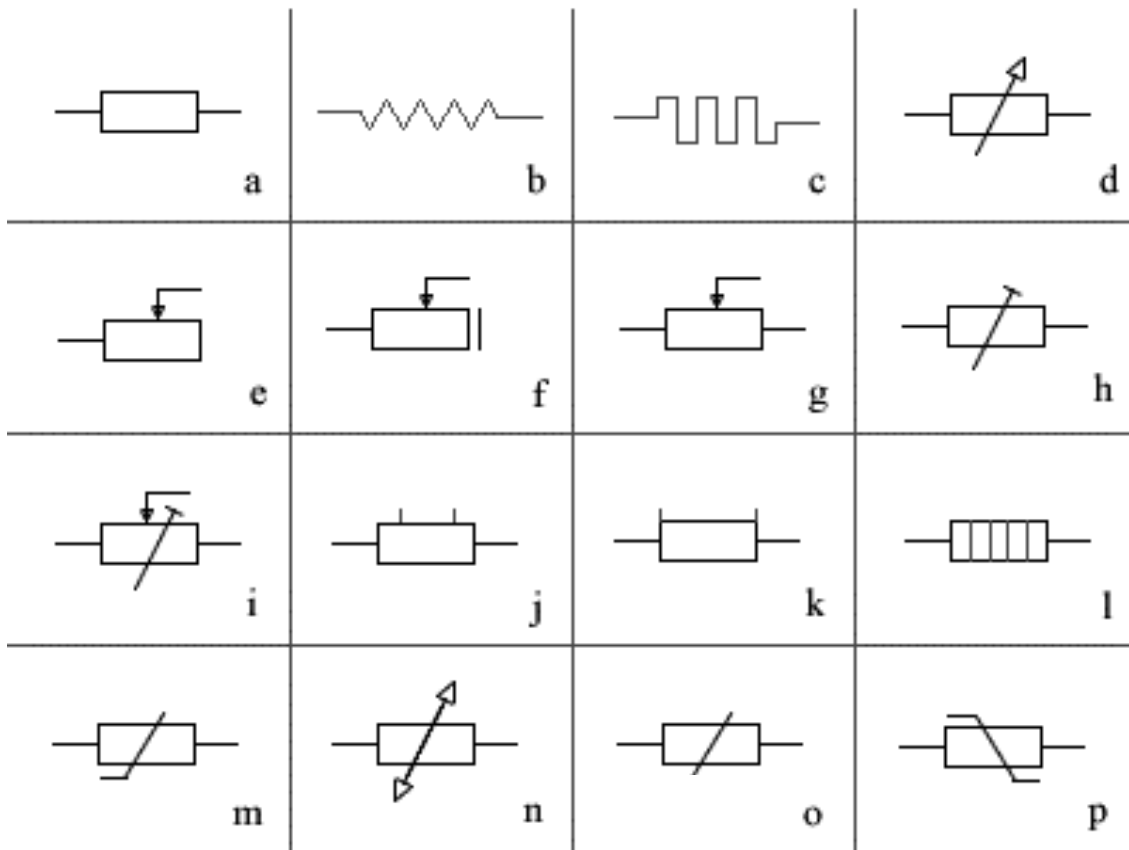
Curentul admis de rezistor  $\approx 1500$  mA

#### d. TENSIUNEA NOMINALĂ ( $U_n$ )

Reprezintă tensiunea maximă ce poate fi aplicată la bornele unui rezistor fără ca acesta să se supraîncălzească. Tensiunea nominală se calculează cu formula:

$U[V] = \sqrt{P[W] \cdot R[\Omega]}$  Pentru rezistorul de mai sus  **$U_n = 3,3$  V.**

## 1.1.4 SIMBOLURILE REZISTOARELOR



a. rezistor - semn general

b. rezistor - semn tolerat

c. rezistor - semn nestandardizat

d. rezistor cu rezistență variabilă

e. rezistor cu contact mobil

f. rezistor cu contact mobil cu poziție de întrerupere

g. potențiomtru cu contact mobil

h. potențiomtru cu ajustare (semi-reglabil) - semn general

i. potențiomtru cu ajustare predeterminată

j. rezistor cu doua prize fixe

k. șunt

l. element de încălzire

m. rezistor cu rezistență neliniară dependentă de temperatură (termistor)

n. rezistor cu rezistență neliniară dependentă de temperatură - semn tolerat

o. rezistor cu rezistență neliniară dependentă de tensiune (varistor)

p. rezistor cu rezistență neliniară dependentă de tensiune - semn tolerat

## 1.2. MARCAREA REZISTOARELOR

### 1.2.1 MARCARE DIRECTĂ – PRIN COD ALFANUMERIC.

Acest cod este format din una sau mai multe cifre și o literă. Litera poate fi plasată după grupul de cifre (situație în care valoarea rezistenței este un număr întreg), sau între cifre (situație în care are rol de virgulă iar valoarea rezistenței este un număr zecimal).

Litera poate avea următoarea semnificație:

**R** (facultativă) – valoarea rezistenței este exprimată în  **$\Omega$  (ohmi)**

**K** – valoarea rezistenței este exprimată în  **$k\Omega$  (kiloohmi)**

**M** - valoarea rezistenței este exprimată în  **$M\Omega$  (megohmi)**

***Dacă după numărul de pe rezistor nu este nici o literă din cele prezentate mai sus valoarea rezistenței este exprimată în  $\Omega$  (Ohmi).***

**Exemple:**

$$470 \leftrightarrow 470 \Omega ; 330 R \leftrightarrow 330 \Omega ; 1R8 \leftrightarrow 1,8 \Omega$$

$$1k5 \leftrightarrow 1,5 k\Omega = 1500 \Omega ; 15K \leftrightarrow 15 k\Omega = 15000 \Omega$$

$$2M2 \leftrightarrow 2,2 M\Omega = 2.200 k\Omega ; 10M \leftrightarrow 10 M\Omega = 10.000 k\Omega$$

### 1.2.2 MARCARE INDIRECTĂ – PRIN COD NUMERIC.

Acest cod se utilizează pentru marcarea rezistoarelor de dimensiuni mici și a rezistoarelor SMD (de tip chip).

Pentru rezistoarele de dimensiuni mici codul este format din 2 sau 3 cifre semnificative și o cifră care reprezintă coeficientul de multiplicare.

Coeficientul de multiplicare este întotdeauna ultima cifră și valoarea acestei cifre reprezintă exponentul (puterea) lui 10.

$$0 \leftrightarrow 10^0 = 1 , 1 \leftrightarrow 10^1 = 10 , 2 \leftrightarrow 10^2 = 100 , 3 \leftrightarrow 10^3 = 1000 , 4 \leftrightarrow 10^4 = 10000 \dots \dots \text{etc.}$$

**Valoarea rezultată este exprimată în ohmi.**

**Exemple:**

$$681 \leftrightarrow 68 \times 10^1 = 680 \Omega$$

$$153 \leftrightarrow 15 \times 10^3 = 15 \times 1000 = 15000 \Omega = 15 k\Omega$$

$$4252 \leftrightarrow 425 \times 10^2 = 425 \times 100 = 42500 \Omega = 42,5 k\Omega$$

$$1850 \leftrightarrow 185 \times 10^0 = 185 \times 1 = 185 \Omega.$$

Pentru citirea valorii rezistenței de pe rezistoarele SMD se utilizează tabele de mai jos:

**TABEL 1.**

Code	Valoare	Code	Valoare	Code	Valoare	Code	Valoare
01	100	25	178	49	316	73	562
02	102	26	182	50	324	74	576
03	105	27	187	51	332	75	590
04	107	28	191	52	340	76	604
05	110	29	196	53	348	77	619
06	113	30	200	54	357	78	634
07	115	31	205	55	365	79	649
08	118	32	210	56	374	80	665
09	121	33	215	57	383	81	681
10	124	34	221	58	392	82	698
11	127	35	226	59	402	83	715
12	130	36	232	60	412	84	732
13	133	37	237	61	422	85	750
14	137	38	243	62	432	86	768
15	140	39	249	63	442	87	787
16	143	40	255	64	453	88	806
17	147	41	261	65	464	89	825
18	150	42	267	66	475	90	845
19	154	43	274	67	487	91	866
20	158	44	280	68	499	92	887
21	162	45	287	69	511	93	909
22	165	46	294	70	523	94	931
23	169	47	301	71	536	95	953
24	174	48	309	72	549	96	976

**TABEL 2.**

LITERA	S	R	A	B	C	D	E	F
Multiplicator	$10^{-2}$	$10^{-1}$	10	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$

Rezistența este marcată cu un cod de cifre din tabelul 1, sau cu un cod de cifre din tabelul 1 urmat de o literă din tabelul 2.

La fiecare cod de cifre din tabelul 1 îi corespunde o anumită valoare.

Dacă rezistența este marcată cu un cod de cifre urmat de o literă valoarea se determină astfel: grupul de cifre care corespunde codului din tabelul 1 se înmulțește cu multiplicatorul care corespunde literei din tabelul 2.

**R = Valoare x multiplicator**

**Valoarea rezultată este exprimată în ohmi.**

**Exemple:**

**18 ↔ 150 Ω ; 30 ↔ 200 Ω**

**05R ↔ 110 x 10<sup>-1</sup> = 110 : 10 = 11 Ω**

**44C ↔ 280 x 10<sup>2</sup> = 280 x 100 = 28000 Ω = 28 KΩ**

**88S ↔ 806 x 10<sup>-2</sup> = 806 : 100 = 8,06 Ω**

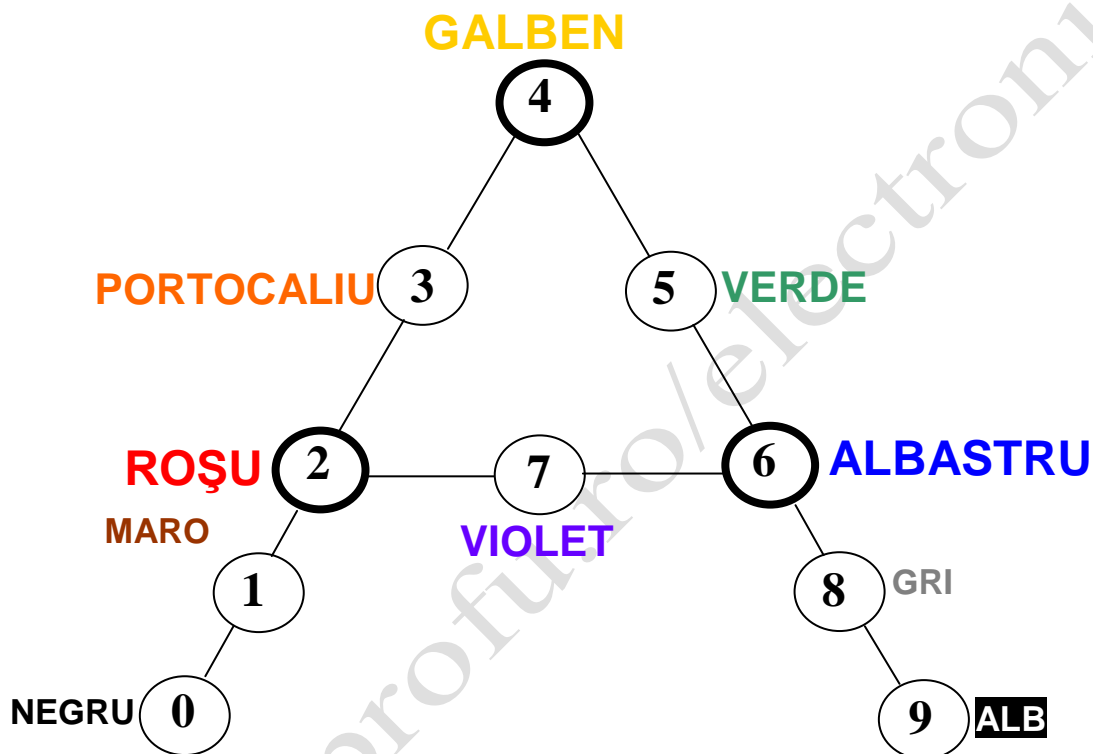
### 1.2.3 MARCARE INDIRECTĂ – PRIN CODUL CULORILOR.

Marcarea se face cu 3, 4 sau 5 benzi colorate. La fiecare culoare îi corespunde o cifră , după cum este explicat în cele ce urmează.

## CODUL CULORILOR

În electronică codul culorilor se utilizează pentru marcarea indirectă a rezistoarelor și condensatoarelor. Aceste componente se marchează cu 3 sau mai multe inele colorate. La fiecare culoare corespunde o cifră. Cifrele corespunzătoare inelelor colorate formează un număr care reprezintă valoarea componentei respective.

În desenul de mai jos am prezentat o metodă de reținere mai ușoară a acestui cod.



### INTERPRETAREA DESENULUI DE MAI SUS.

- Se reprezintă un triunghi.
- În vârfurile lui sunt marcate primele trei cifre pare **2, 4, 6** la care le corespund culorile drapelului **roșu, galben, albastru**.
- Pe laturile triunghiului se află cifrele impare corespunzătoare celor pare din vârfuri - respectiv **3, 5, 7** la care le corespund culorile ce rezultă din combinația culorilor din vârfuri astfel:

roșu+galben → **portocaliu**

galben+albastru → **verde**

roșu+albastru → **violet**

- La cifrele **0** și **1** le corespund culorile cele mai închise, respectiv **negru** și **maro**
- La cifrele **8** și **9** le corespund culorile cele mai deschise, respectiv **gri** și **alb**

Se consideră **banda I** inelul care este mai aproape de unul dintre terminalele rezistorului. Dacă benzile sunt poziționate pe mijlocul rezistorului pentru a se determina care este **banda I** se face o măsurare aproximativă a rezistenței cu ohmetrul.

Această bandă nu poate avea culoarea: **auriu** sau **argintiu**.

### Semnificația benzilor.

#### ➤ REZISTOARELE CU 3 BENZI:

**Banda I** reprezintă **prima cifră a numărului**

**Banda II** reprezintă **a doua cifră a numărului**

**Banda III** reprezintă **coeficientul de multiplicare ( x 10<sup>cifră corespunzătoare culorii benzii</sup>)**

**La aceste rezistoare coeficientul de toleranță este 20%**

#### ➤ REZISTOARELE CU 4 BENZI:

**Banda I** reprezintă **prima cifră a numărului**

**Banda II** reprezintă **a doua cifră a numărului**

**Banda III** reprezintă **coeficientul de multiplicare ( x 10<sup>cifră corespunzătoare culorii benzii</sup>)**

**Banda IV** reprezintă **coeficientul de toleranță**

#### ➤ REZISTOARELE CU 5 BENZI:

**Banda I** reprezintă **prima cifră a numărului**

**Banda II** reprezintă **a doua cifră a numărului**

**Banda III** reprezintă **a treia cifră a numărului**

**Banda IV** reprezintă **coeficientul de multiplicare ( x 10<sup>cifră corespunzătoare culorii benzii</sup>)**

**Banda V** reprezintă **coeficientul de toleranță**

### Culori pentru coeficientul de multiplicare:

Culoare	Argintiu	Auriu	Negru	Maro	Roșu	Portocaliu	Galben	Verde	Albastru	Violet
Coef. M	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>

### Culori pentru coeficientul de toleranță:

Culoare	Violet	Albastru	Verde	Maro	Roșu	Portocaliu	Galben	Auriu	Argintiu
Coef. T	0,1%	0,25%	0,5%	1%	2%	3%	4%	5%	10%

**EXEMPLE:**



MARO  
NEGRU  
AURIU

GALBEN

$$R = 10 \times 10^{-1} = 10 : 10 = 1 \Omega$$

**Coef. toleranță = 4 %**



PORTOCALIU

PORTOCALIU  
GALBEN

AURIU

$$R = 33 \times 10^4 = 33 \times 10000 = 330000 \Omega = 330 \text{ K}\Omega$$

**Coef. toleranță = 5 %**



MARO

ALB

ALBASTRU

MARO

MARO

$$R = 196 \times 10^1 = 196 \times 10 = 1960 \Omega = 1,96 \text{ K}\Omega$$

**Coef. toleranță = 1 %**



PORTOCALIU

NEGRU

NEGRU

ROȘU

MARO

$$R = 300 \times 10^2 = 300 \times 100 = 30000 \Omega = 30 \text{ K}\Omega$$

**Coef. toleranță = 1 %**



### 1.3. GRUPAREA REZISTOARELOR

#### 1.3.1 GRUPAREA SERIE.

Două sau mai multe rezistoare sunt conectate în **serie** dacă sunt plasate pe aceeași ramură de rețea iar între ele nu sunt noduri de rețea.

La conectarea în serie 2 rezistoare învecinate au comune numai câte un terminal.

**Rezistoarele conectate în serie sunt parcurse de același curent electric.**

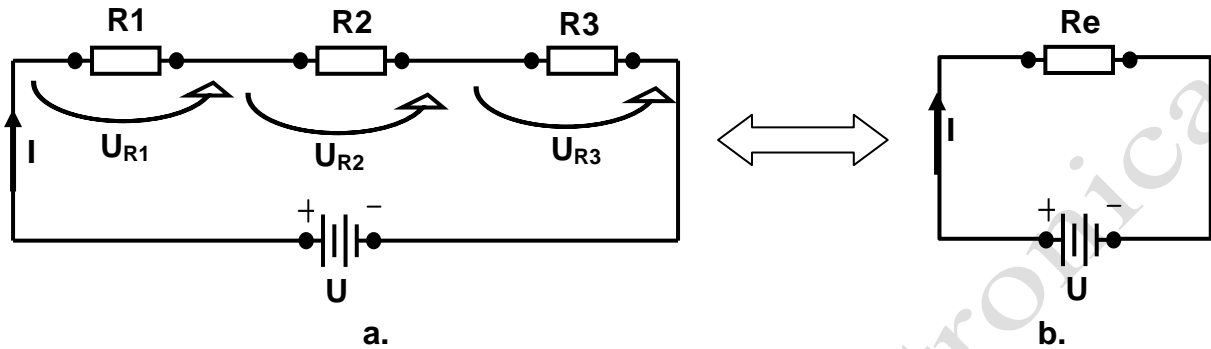


Figura 1.3.1. a. Rețea de rezistoare conectate în serie b. Schema echivalentă

Tensiunea la bornele rețelei este egală cu suma tensiunilor de pe fiecare rezistor.

$$(1) U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3}$$

Conform Legii lui Ohm tensiunile electrice din rețeaua de mai sus se exprimă astfel:

$$(2) U = R_e \cdot I \quad U_{R1} = R1 \cdot I \quad U_{R2} = R2 \cdot I \quad U_{R3} = R3 \cdot I$$

Prin înlocuirea relațiilor (2) în relația (1) se obține relația:

$$(3) R_e \cdot I = R1 \cdot I + R2 \cdot I + R3 \cdot I = (R1 + R2 + R3) \cdot I$$

Dacă relația (3) se împarte la  $I$  se obține formula rezistenței echivalente a rețelei:

$$(4) R_e = R1 + R2 + R3$$

În mod similar, pentru  $n$  rezistoare conectate în serie rezistența echivalentă este:

$$(5) R_e = R1 + R2 + R3 + R4 + \dots \dots \dots Rn$$

Dacă în rețea sunt  $n$  rezistoare cu aceeași valoare  $R$ , rezistența echivalentă este:

$$(6) R_e = n \cdot R$$

**La gruparea în SERIE a rezistoarelor, rezistența echivalentă a rețelei CREȘTE, va fi mai mare decât valoarea oricărui rezistor din rețea.**

### 1.3.2 GRUPAREA PARALEL.

Două sau mai multe rezistoare sunt grupate în **paralel** dacă sunt conectate între aceleași două noduri.

La conectarea în paralel 2 rezistoare învecinate au comune terminalele două câte două.

**Rezistoarele conectate în paralel au aceeași tensiune electrică la borne.**

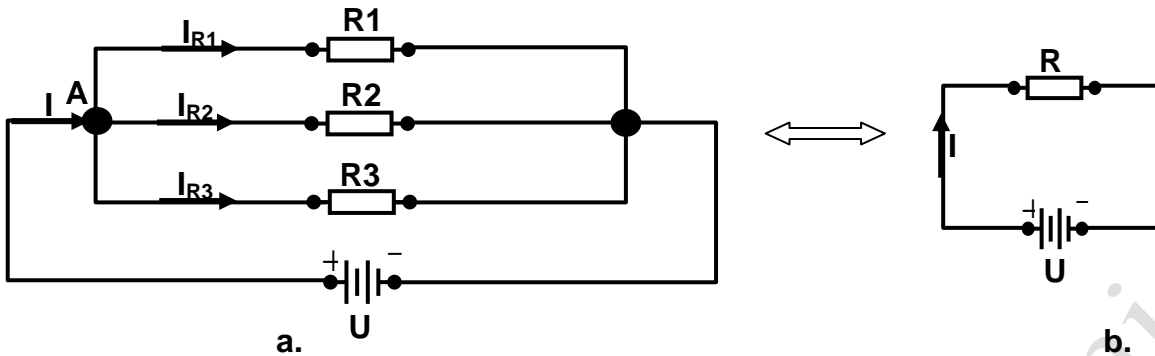


Figura 1.3.2. a. Rețea de rezistoare conectate în paralel b. Schema echivalentă

Conform Legii I a lui Kirchhoff, în schema de mai sus, curentul electric care intră în nodul A este egal cu suma curenților care ies din nod.

$$(1) \quad I = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

Conform Legii lui Ohm curenții electrici din rețeaua de mai sus se exprimă astfel:

$$(2) \quad I = \frac{U}{R_e} \quad I_{R1} = \frac{U}{R1} \quad I_{R2} = \frac{U}{R2} \quad I_{R3} = \frac{U}{R3}$$

Prin înlocuirea relațiilor (2) în relația (1) se obține relația:

$$(3) \quad \frac{U}{R_e} = \frac{U}{R1} + \frac{U}{R2} + \frac{U}{R3}$$

Dacă în relația (3) se scoate U factor comun apoi se împarte la U se obține formula rezistenței echivalente a rețelei:

$$(4) \quad \frac{1}{R_e} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$$

În mod similar, pentru n rezistoare conectate în serie rezistența echivalentă este:

$$(5) \quad \frac{1}{R_e} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4} + \dots + \frac{1}{Rn}$$

Dacă în rețea sunt n rezistoare cu aceeași valoare R, rezistența echivalentă este:

$$(6) \quad R_e = \frac{R}{n}$$

**La gruparea în PARALEL a rezistoarelor, rezistența echivalentă a rețelei SCADE, va fi mai MICĂ decât valoarea oricărui rezistor din rețea.**

În practică, rezistoarele conectate în paralel, se grupează câte două, iar rezistența echivalentă (R12) a celor două rezistoare (R1 și R2) se calculează cu formula:

$$(7) \quad R12 = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

### 1.3.3 TRANSFIGURAREA TRIUNGHI – STEA (STEA – TRIUNGHI).

Rețelele de rezistoare complexe, pot fi reduse la conexiuni accesibile calculului, prin transformarea conexiunilor din triunghi în stea sau invers.

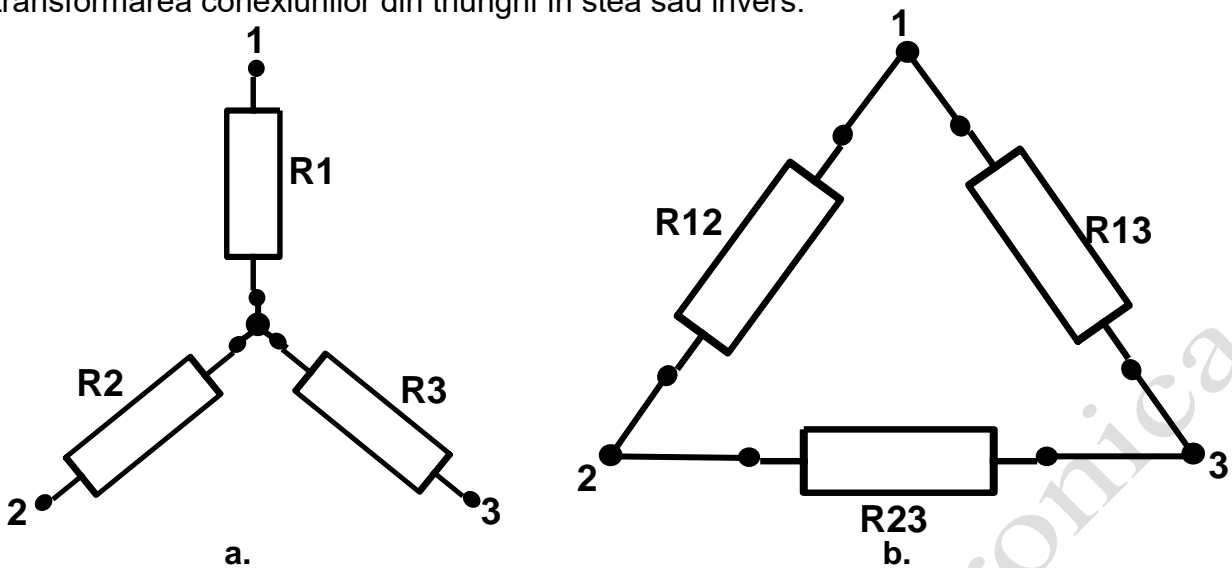
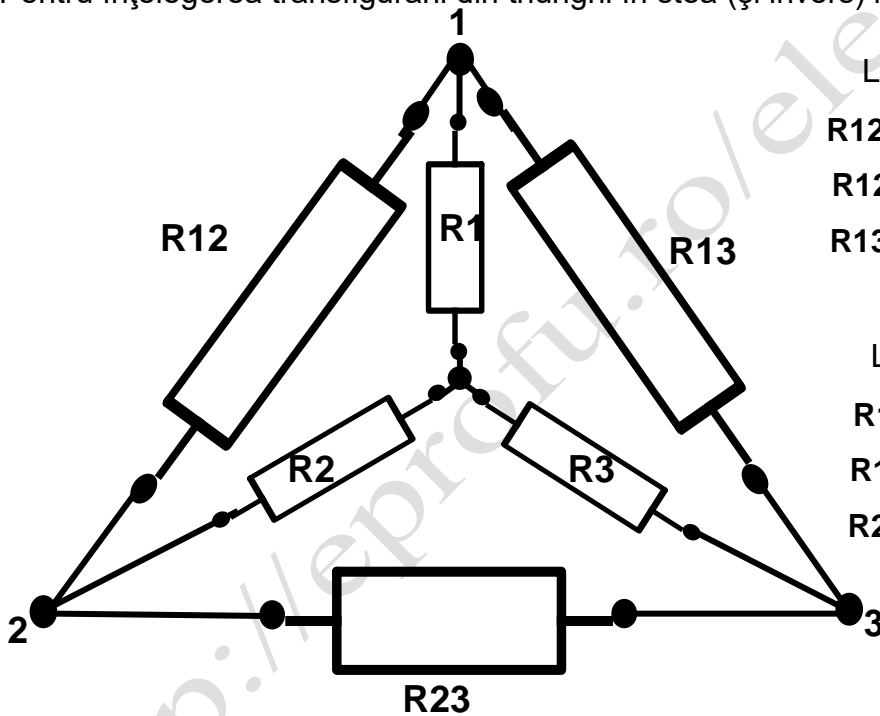


Figura 1.3.3 a. Rezistoare grupate în stea b. Rezistoare grupate în triunghi

Pentru înțelegerea transfigurării din triunghi în stea (și invers) realizez schema de mai jos:



La transfigurarea din  $\Delta$  în Y:

$R_{12}$  și  $R_{13}$  se transformă în  $R_1$

$R_{12}$  și  $R_{23}$  se transformă în  $R_2$

$R_{13}$  și  $R_{23}$  se transformă în  $R_3$

La transfigurarea din Y în  $\Delta$ :

$R_1$  și  $R_2$  se transformă în  $R_{12}$

$R_1$  și  $R_3$  se transformă în  $R_{13}$

$R_2$  și  $R_3$  se transformă în  $R_{23}$

Relațiile de transformare triunghi – stea

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

$$R_3 = \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

Relațiile de transformare stea - triunghi

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$$

$$R_{13} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

## 1.4. DIVIZORUL DE TENSIUNE

### 1.4.1 CIRCUITE DIVIZOARE DE TENSIUNE.

O aplicație practică a conectării rezistoarelor în serie o reprezintă **divizorul de tensiune**.

**Divizorul de tensiune** – este un circuit format din 2 sau mai multe rezistoare conectate în serie și alimentate cu o sursă de tensiune continuă. Pe fiecare rezistor cade o fracțiune din valoarea tensiunii de alimentare în funcție de valoarea rezistorului respectiv.

În cele ce urmează voi determina **formula divizorului de tensiune** cu ajutorul căreia se poate determina rapid căderea de tensiune pe fiecare rezistor din circuitul divizorului.

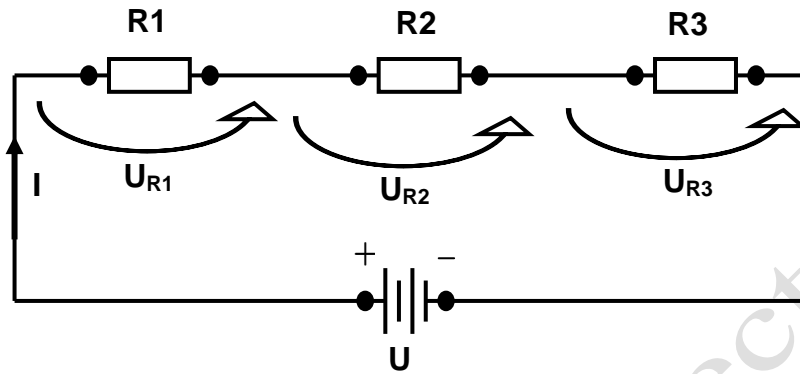


Figura 1.4.1 Divizor de tensiune cu 3 rezistoare

Fac următoarele notații:

**Re** – rezistența echivalentă a celor 3 rezistoare conectate în serie

**Rn** – rezistența rezistorului **n** din circuitul divizorului de tensiune

**Un** – căderea de tensiune pe rezistorul **n** din circuitul divizorului de tensiune.

Aplicând repetat Legea lui Ohm în circuitul din figura 1.4.1 se obțin formulele:

$$(1) \quad I = \frac{U}{R_e} \quad (2) \quad U_n = I \cdot R_n \quad \text{înlocuind relația (1) în relația (2) se obține:}$$

$$(3) \quad U_n = \frac{U}{R_e} \cdot R_n \Rightarrow (4) \quad U \cdot R_n = U_n \cdot R_e \Rightarrow (5) \quad \frac{U_n}{U} = \frac{R_n}{R_e}$$

Relația (5) reprezintă **formula divizorului de tensiune** și se poate exprima astfel:

*Raportul dintre tensiunea de pe un rezistor și tensiunea de alimentare este egal cu raportul dintre valoarea rezistorului respectiv și rezistența echivalentă a circuitului.*

Din formula divizorului de tensiune se deduce căderea de tensiune pe un rezistor **n**:

$$(6) \quad U_n = \frac{R_n}{R_e} \cdot U \Rightarrow (7) \quad \begin{cases} U_{R1} = \frac{R1}{R1 + R2 + R3} \cdot U \\ U_{R2} = \frac{R2}{R1 + R2 + R3} \cdot U \\ U_{R3} = \frac{R3}{R1 + R2 + R3} \cdot U \end{cases}$$

## 1.4.2 POTENȚIOMETRUL.

**Potențiometrul** – este un rezistor variabil cu 3 terminale și un element mobil (cursor) care se deplasează între capetele rezistorului.

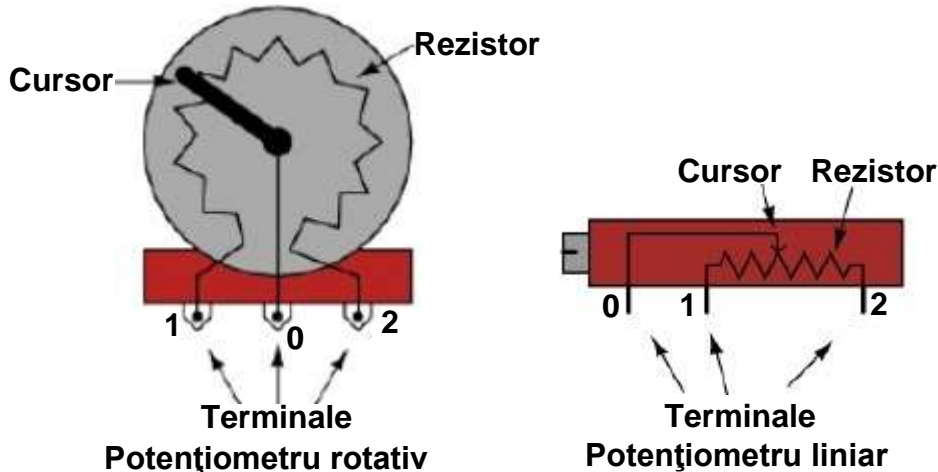


Figura 1.4.2 Construcția potențiometrului

Potențiometrul este un divizor de tensiune a cărei funcționare este prezentată în fig. 1.4.3.

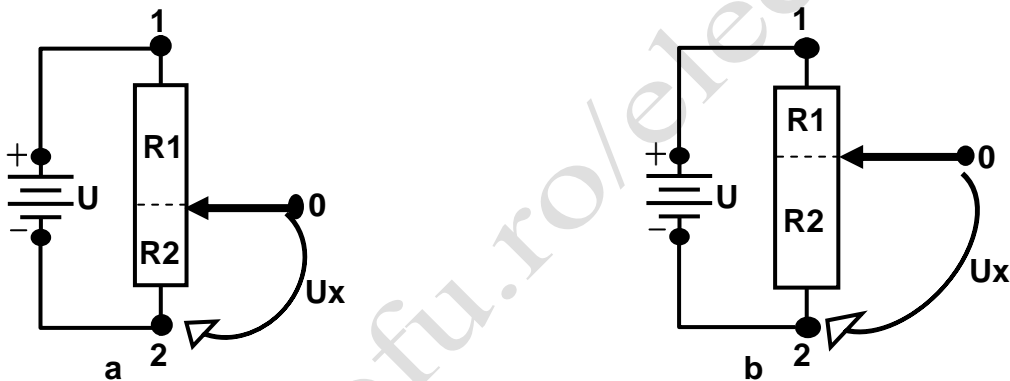


Figura 1.4.3 Funcționarea potențiometrului

În figura 1.4.3 a cursorul 0 este mai aproape de terminalul 2  $\Rightarrow R2 < R1$

În figura 1.4.3 b cursorul 0 este mai aproape de terminalul 1  $\Rightarrow R2 > R1$

Prin deplasarea cursorului 0 dinspre terminalul 1 spre terminalul 2, rezistența dintre cursor și terminalul 2 ( $R2$ ) crește, iar rezistența dintre cursor și terminalul 1 ( $R1$ ) scade.

Conform formulei divizorului de tensiune, la creșterea rezistenței  $R2$  crește și valoarea tensiunii electrice  $U_x$  pe această rezistență.

$$U_x = \frac{R2}{P} \cdot U$$

unde  $P$  este rezistența potențiometrului ( $P = R1 + R2$ )



Figura 1.4.4 Potențiometre

## 1.5. DIVIZORUL DE CURENT

### 1.5.1 CIRCUITE DIVIZOARE DE CURENT.

O aplicație practică a conectării rezistoarelor în paralel o reprezintă **divizorul de curent**.

**Divizorul de curent** – este un circuit format din două sau mai multe rezistoare conectate în paralel și alimentate de la o sursă de tensiune continuă. Prin fiecare rezistor trece o fracțiune din valoarea curentului absorbit de la sursa de alimentare în funcție de valoarea rezistorului respectiv.

În cele ce urmează voi determina **formula divizorului de curent** cu ajutorul căreia se poate determina rapid curentul prin fiecare rezistor din circuitul divizorului.

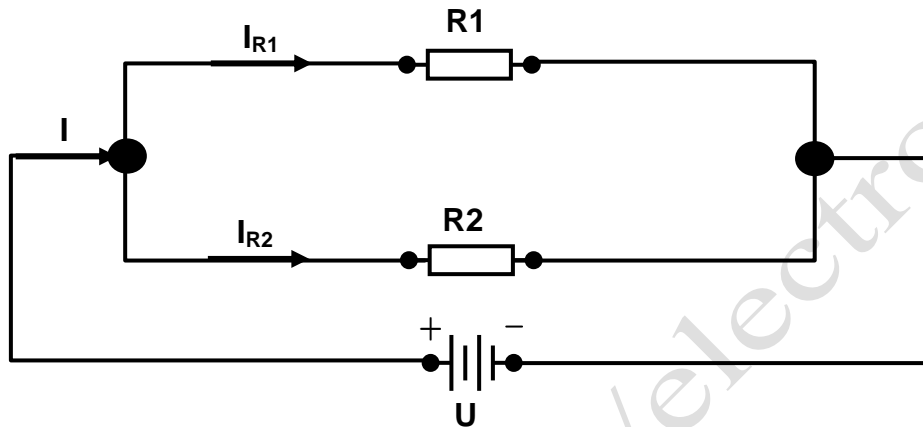


Figura 1.5.1 Divizor de curent cu 2 rezistoare

Fac următoarele notații:

**Re** – rezistența echivalentă a celor 2 rezistoare conectate în paralel

**Rn** – rezistența rezistorului **n** din circuitul divizorului de curent

**In** – curentul prin rezistorul **n** din circuitul divizorului de curent.

**I** – curentul total, absorbit de montaj de la sursa de alimentare

Aplicând repetat Legea lui Ohm în circuitul din figura 1.5.1 se obțin formulele:

$$(1) U = R_n \cdot I_n \quad (2) U = R_e \cdot I \quad \text{înlocuind relația (1) în relația (2) se obține:}$$

$$(3) R_n \cdot I_n = R_e \cdot I \Rightarrow (5) \frac{I_n}{I} = \frac{R_e}{R_n}$$

Relația (5) reprezintă **formula divizorului de curent** și se poate exprima astfel:

*Raportul dintre curentul printr-un rezistor și curentul total din circuit este egal cu raportul dintre rezistența echivalentă a circuitului și rezistența rezistorului respectiv.*

Din formula divizorului de curent se deduce valoarea curentului printr-un rezistor **n**:

$$(6) I_n = I \cdot \frac{R_e}{R_n} \Rightarrow (7) \begin{cases} I_1 = I \cdot \frac{R_e}{R_1} \\ I_2 = I \cdot \frac{R_e}{R_2} \end{cases} \quad \text{unde } R_e = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

## 1.5.2 APLICAȚII ALE DIVIZOARELOR DE TENSIUNE ȘI CURENT.

### a. Extinderea domeniului de măsurare la voltmetre. Rezistența adițională.

Este o aplicație a **divizorului de tensiune** și constă în conectarea în serie cu rezistența proprie a voltmetrului a unei rezistențe (rezistență adițională) cu scopul de a măsura cu acel voltmetru o tensiune mai mare decât tensiunea nominală a voltmetrului.

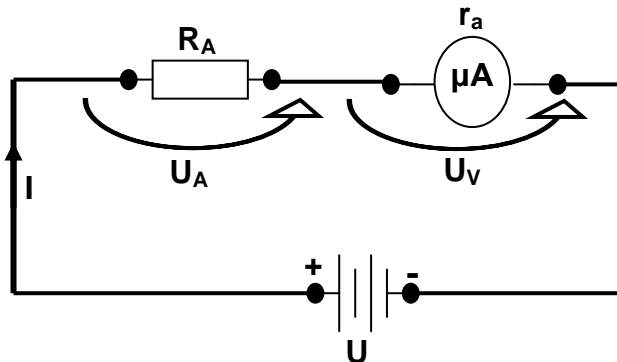


Figura 1.5.2 Schema de principiu a utilizării rezistenței adiționale

În circuitul prezentat se cunosc:

$r_a$  – rezistența internă a instrumentului de măsură a voltmetrului (este un microampermetru)

$U_V$  – valoarea tensiunii maxime ce poate fi aplicată instrumentului

Se alege valoarea  $U$  a tensiunii la care se dorește extinderea domeniului și se calculează rezistența adițională  $R_A$  care trebuie conectată în serie cu voltmetru, astfel:

- se aplică formula divizorului de tensiune pentru determinarea tensiunii  $U_V$

$$(1) U_V = \frac{r_a}{R_A + r_a} \cdot U$$

- din relația (1) se determină formula rezistenței adiționale  $R_A$  astfel:

$$(2) U_V(R_A + r_a) = U \cdot r_a \Rightarrow (3) U_V \cdot R_A = r_a(U - U_V) \Rightarrow (4) R_A = r_a \left( \frac{U}{U_V} - 1 \right)$$

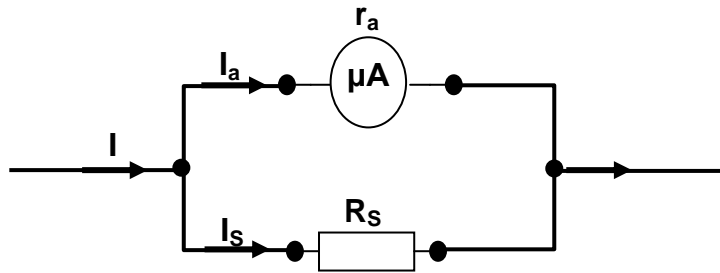
- notăm cu  $n = \frac{U}{U_V}$ ,  $n =$  coeficient de multiplicare a tensiunii

- înlocuind pe  $n$  în relația (4) se obține formula finală a rezistenței adiționale:

$$(5) R_A = r_a (n - 1)$$

### b. Extinderea domeniului de măsurare la ampermetre. Rezistența de șunt.

Este o aplicație a **divizorului de curent** și constă în conectarea în paralel cu rezistența proprie a ampermetrului a unei rezistențe (rezistență de șunt) cu scopul de a măsura cu acel ampermetru un curent mai mare decât curentul nominal al ampermetrului.



**Figura 1.5.3** Schema de principiu a utilizării rezistenței de șunt

În circuitul prezentat se cunosc:

$r_a$  – rezistența internă a instrumentului de măsură a ampermetrului

$I_a$  – valoarea maximă a intensității curentului care poate fi măsurată de instrument

Se alege valoarea  $I$  a intensității curentului la care se dorește extinderea domeniului și se calculează rezistența de șunt  $R_S$  care trebuie conectată în paralel cu ampermetru, astfel:

- se aplică formula divizorului de curent pentru determinarea curentului  $I_a$

$$(1) I_a = I \cdot \frac{R_S}{R_S + r_a} \text{ dar } R_S = \frac{I_a \cdot r_a}{I - I_a} \Rightarrow (2) I_a = I \cdot \frac{R_S}{R_S + r_a}$$

- din relația (2) se determină formula rezistenței de șunt  $R_S$  astfel:

$$(2) I \cdot R_S = I_a \cdot R_S + I_a \cdot r_a, \text{ împart relația (2) la } I_a \text{ și obțin relația:}$$

$$(3) \frac{I}{I_a} \cdot R_S = R_S + r_a$$

- notez cu  $n = \frac{I}{I_a}$ ,  $n =$  coeficient de multiplicare (șuntare) a intensității curentului

- înlocuind pe  $n$  în relația (3) se obține formula finală a rezistenței de șunt:

$$(4) n \cdot R_S = R_S + r_a \Rightarrow (5) n \cdot R_S - R_S = r_a \Rightarrow (6) R_S (n - 1) = r_a$$

$$\Rightarrow (7) R_S = \frac{r_a}{n - 1}$$

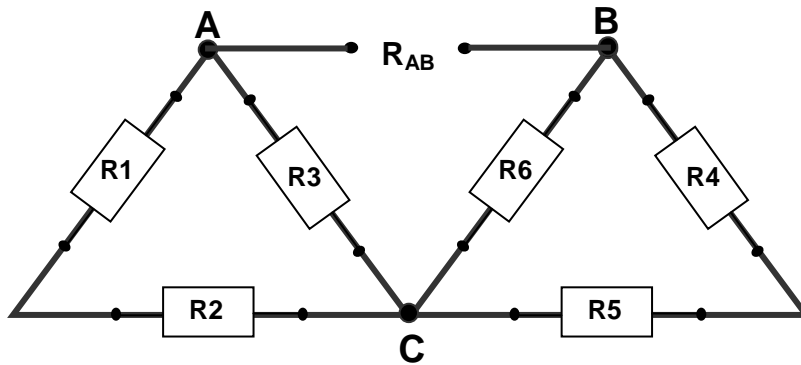
După calcularea valorii rezistenței de șunt  $R_S$  se calculează puterea electrică pentru care

trebuie să fie construit rezistorul (8)  $P_S = R_S \cdot I_S^2$



## 1.6. REȚELE DE REZISTOARE. APLICAȚII.

a. Determinarea rezistenței echivalente a unei rețele de rezistoare simplă.



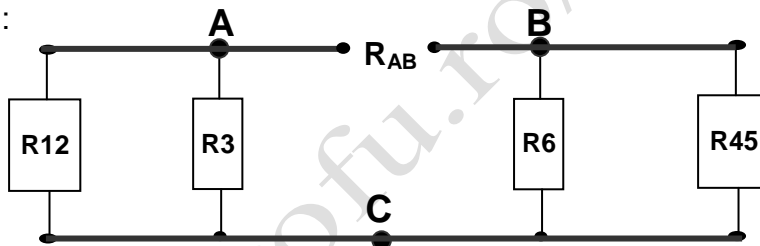
**OBSERVAȚIE:** Calculez rezistența echivalentă a câte 2 rezistoare care nu au ambele capete în noduri de rețea (în cazul nostru punctele **A**, **B**, **C** sunt noduri de rețea deoarece la ele sunt conectate mai mult de 2 conductoare).

- Calculez rezistența echivalentă a rezistoarelor **R1** și **R2** (conectate în **serie**) și rezistența echivalentă a rezistoarelor **R4** și **R5** (conectate în **serie**).

$$(1) R_{12} = R_1 + R_2$$

$$(2) R_{45} = R_4 + R_5$$

- În schema inițială rezistoarele **R1** și **R2** sunt înlocuite de rezistența echivalentă **R12**, iar rezistoarele **R4** și **R5** sunt înlocuite de rezistența echivalentă **R45** și schema arată astfel:

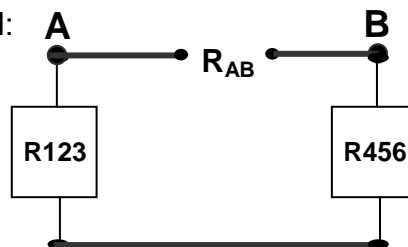


- Calculez rezistența echivalentă a rezistoarelor **R12** și **R3** (conectate în **paralel**) și a rezistoarelor **R45** și **R6** (conectate în **paralel**).

$$(3) R_{12-3} = \frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3}$$

$$(4) R_{45-6} = \frac{R_{45} \cdot R_6}{R_{45} + R_6}$$

- În schema precedentă rezistoarele **R12** și **R3** sunt înlocuite de rezistența echivalentă **R123**, iar rezistoarele **R45** și **R6** sunt înlocuite de rezistența echivalentă **R456** și schema arată astfel:



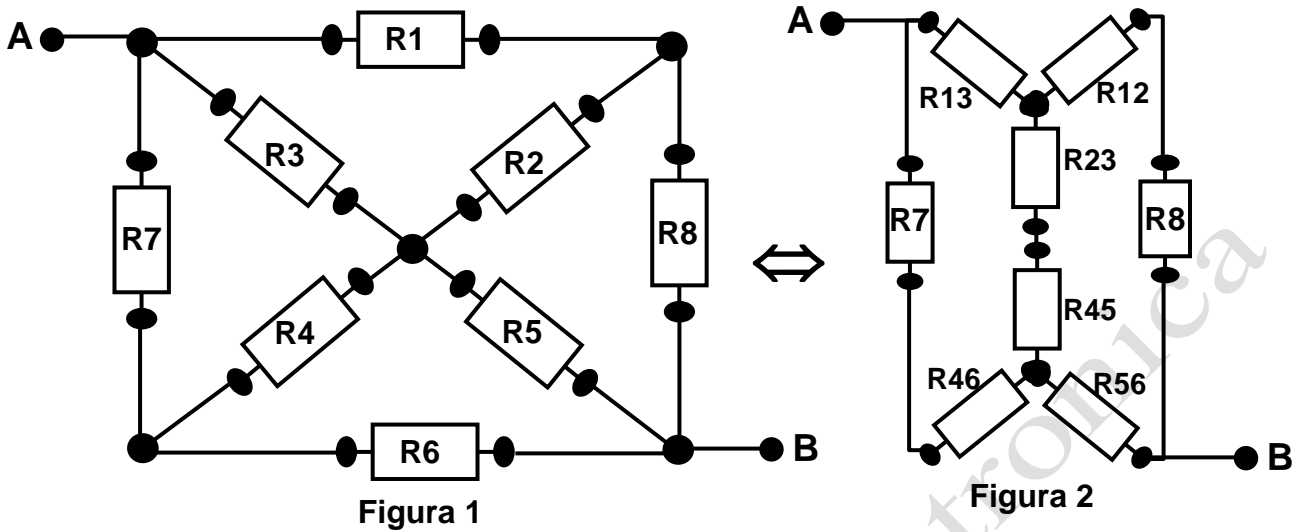
- Calculez rezistența echivalentă a rezistoarelor **R123** și **R456** (conectate în **serie**)

$$(5) R_{AB} = R_{123} + R_{456}$$

**b. Determinarea rezistenței echivalente a unei rețele de rezistoare complexă.**

Pentru rețeaua din figura 1 trebuie calculată rezistența echivalentă între punctele **A** și **B**.

Pentru a simplifica calculele consider ca toate rezistoarele din rețeaua de mai jos au aceeași valoare  $R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=R_8=R$ .



- În prima etapă **transform** *triunghiul* format din rezistoarele **R1, R2, R3** în *stea* și *triunghiul* format din rezistoarele **R4, R5, R6** în *stea*, apoi calculez rezistențele echivalente. În urma acestor transformări se obține rețeaua din figura 2.

$$(1) \left\{ \begin{aligned} R_{12} &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{R \cdot R}{R + R + R} = \frac{R^2}{3R} = \frac{R}{3} \\ R_{13} &= \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{R \cdot R}{R + R + R} = \frac{R^2}{3R} = \frac{R}{3} \\ R_{23} &= \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{R \cdot R}{R + R + R} = \frac{R^2}{3R} = \frac{R}{3} \end{aligned} \right.$$

$$(2) \left\{ \begin{aligned} R_{45} &= \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{R \cdot R}{R + R + R} = \frac{R^2}{3R} = \frac{R}{3} \\ R_{46} &= \frac{R_4 \cdot R_6}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{R \cdot R}{R + R + R} = \frac{R^2}{3R} = \frac{R}{3} \\ R_{56} &= \frac{R_5 \cdot R_6}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{R \cdot R}{R + R + R} = \frac{R^2}{3R} = \frac{R}{3} \end{aligned} \right.$$

Prin aranjarea rezistoarelor în rețeaua din figura 2 se obține rețeaua din figura 3.

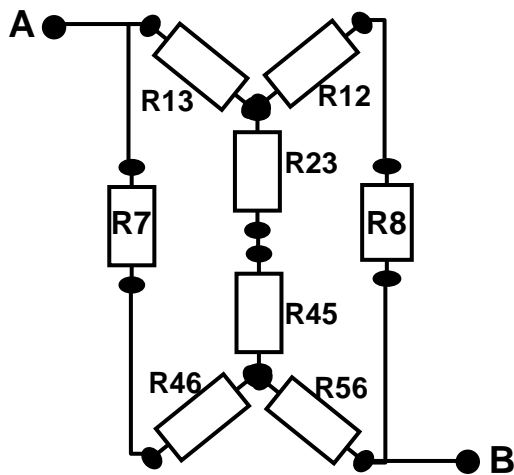


Figura 2

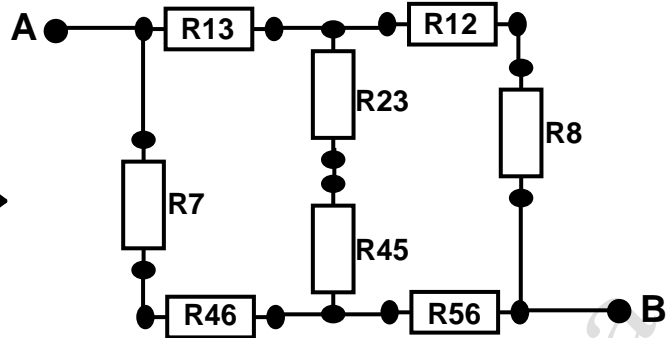


Figura 3

- În rețeaua din figura 3 grupez și calculez rezistența echivalentă a următoarelor rezistoare(serie): **R12 și R8** ; **R23 și R45** ; **R46 și R7**. Se obține rețeaua din fig. 4.

$$(3) \begin{cases} R_{12-8} = R_{12} + R_8 = \frac{R}{3} + R = \frac{4R}{3} \\ R_{23-45} = R_{23} + R_{45} = \frac{R}{3} + \frac{R}{3} = \frac{2R}{3} \\ R_{46-7} = R_{46} + R_7 = \frac{R}{3} + R = \frac{4R}{3} \end{cases}$$

Rețeaua din figura 4 este echivalentă cu rețeaua din figura 5.

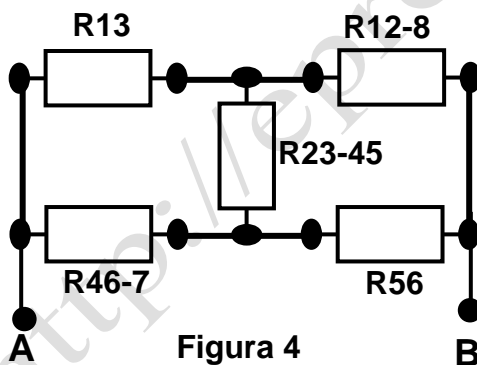


Figura 4

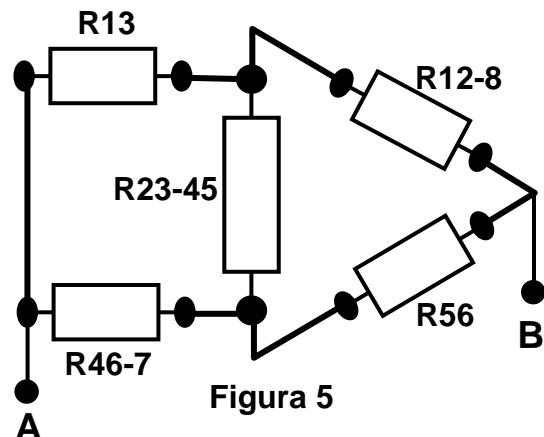
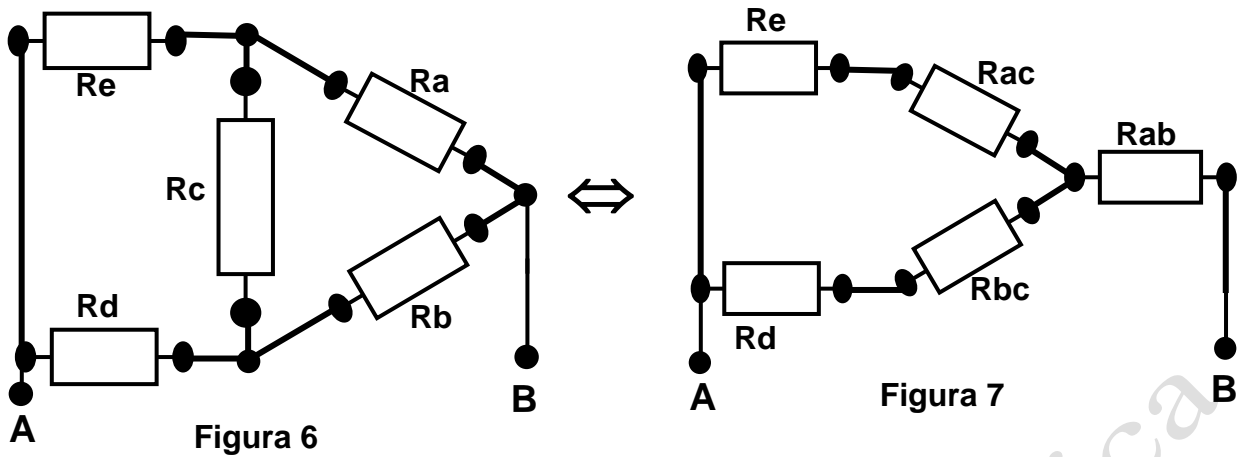


Figura 5

- Pentru a ușura calculul voi redenumii rezistoarele din figura 5 (păstrând valorile lor) astfel:

$$(4) \begin{cases} R_{12-8} = R_a = \frac{4R}{3} & R_{56} = R_b = \frac{R}{3} & R_{23-45} = R_c = \frac{2R}{3} \\ R_{46-7} = R_d = \frac{4R}{3} & R_{13} = R_e = \frac{R}{3} \end{cases}$$

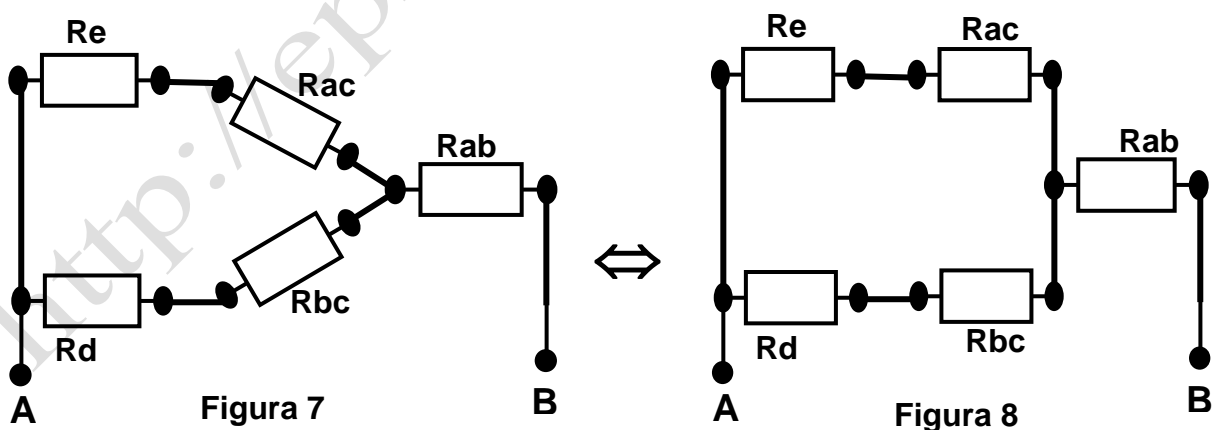
După redenumirea rezistoarelor rețeaua arată ca în figura 6.



➤ Transform triunghiul format de rezistențele  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$  în stea, apoi calculez rezistențele echivalente. În urma acestor transformări se obține rețeaua din figura 7.

$$(5) \left\{ \begin{aligned} R_{ab} &= \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b + R_c} = \frac{\frac{4R}{3} \cdot \frac{R}{3}}{\frac{4R}{3} + \frac{R}{3} + \frac{2R}{3}} = \frac{4R^2}{9} \cdot \frac{3}{7R} = \frac{4R}{21} \\ R_{ac} &= \frac{R_a \cdot R_c}{R_a + R_b + R_c} = \frac{\frac{4R}{3} \cdot \frac{2R}{3}}{\frac{4R}{3} + \frac{R}{3} + \frac{2R}{3}} = \frac{8R^2}{9} \cdot \frac{3}{7R} = \frac{8R}{21} \\ R_{bc} &= \frac{R_b \cdot R_c}{R_a + R_b + R_c} = \frac{\frac{R}{3} \cdot \frac{2R}{3}}{\frac{4R}{3} + \frac{R}{3} + \frac{2R}{3}} = \frac{2R^2}{9} \cdot \frac{3}{7R} = \frac{2R}{21} \end{aligned} \right.$$

Rețeaua din figura 7 este echivalentă cu rețeaua din figura 8.

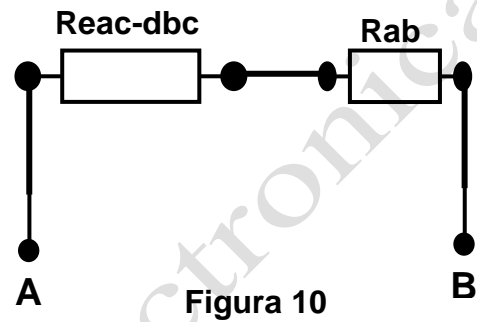
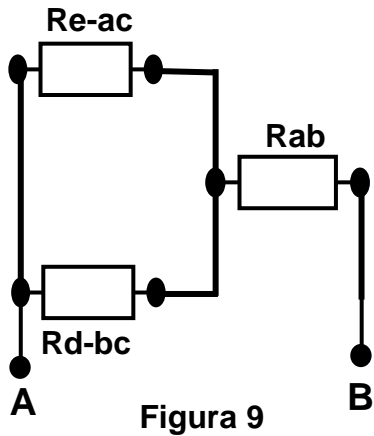


➤ În rețeaua din figura 8 grupez și calculez rezistența echivalentă a următoarelor rezistoare:  $R_{ac}$  și  $R_e$  (serie),  $R_{bc}$  și  $R_d$  (serie), obținând rețeaua din figura 9.

$$(6) \left\{ \begin{aligned} R_{e-ac} &= R_e + R_{ac} = \frac{R}{3} + \frac{8R}{21} = \frac{15R}{21} = \frac{5R}{7} \\ R_{d-bc} &= R_d + R_{bc} = \frac{4R}{3} + \frac{2R}{21} = \frac{30R}{21} = \frac{10R}{7} \end{aligned} \right.$$

- În rețeaua din figura 9 grupez și calculez rezistența echivalentă a rezistoarelor **Re-ac** și **Rd-bc** (paralel) și obțin rețeaua din figura 10, în care calculez rezistența echivalentă **R<sub>AB</sub>**.

$$(7) R_{eac-dbc} = \frac{R_{eac} \cdot R_{dbc}}{R_{eac} + R_{dbc}} = \frac{\frac{5R}{7} \cdot \frac{10R}{7}}{\frac{5R}{7} + \frac{10R}{7}} = \frac{50R^2}{49} \cdot \frac{7}{15R} = \frac{10R}{21}$$



$$(8) R_{AB} = R_{eac-dbc} + R_{ab} = \frac{10R}{21} + \frac{4R}{21} = \frac{14R}{21} = \frac{2R}{3}$$

$$R_{AB} = \frac{2R}{3}$$

<http://epofu.ro/electronică>