

CAPITOLUL 2. ELEMENTE PASIVE DE CIRCUIT**2.1 REZISTOARE****2.1.1. GENERALITĂȚI PRIVIND REZISTOARELE****A. 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 proprietatea 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: ρ (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

B. UNITĂȚI DE MĂSURĂ

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

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

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

$$1 \text{ k } \Omega \text{ (kiloohm)} = 1000 \Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M } \Omega \text{ (megohm)} = 1000 \text{ k } \Omega = 1.000.000 \Omega = 10^6 \Omega$$

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

C. 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:

$\pm 0,005$	$\pm 0,001$	$\pm 0,02$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	$\pm 2,5$	± 5	± 10	± 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



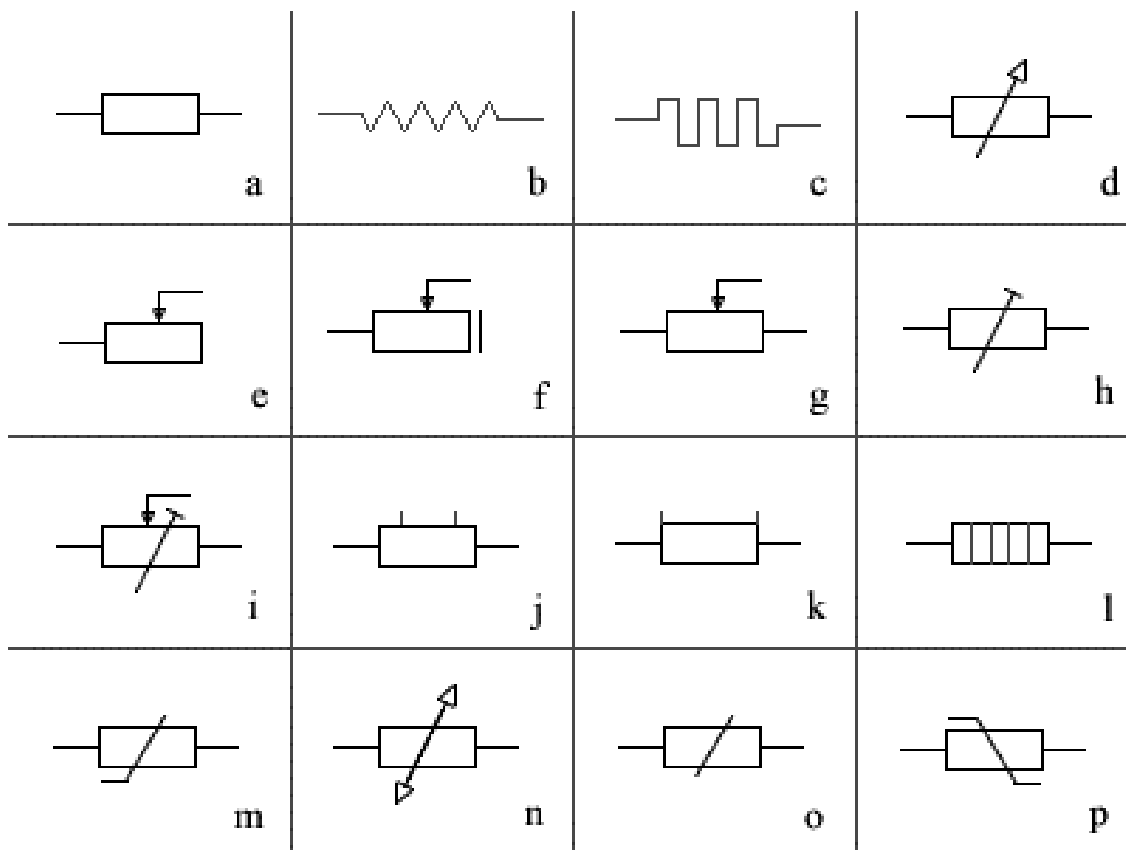
Rezistor cu caracteristicile: 5W ; 2,2 Ω ; $\pm 5\%$
Curentul admis de rezistor ≈ 1500 mA

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:

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

D. 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

2.1.2 MARCAREA REZISTOARELOR

A. 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 sau J (facultativă) – valoarea rezistenței este exprimată în Ω (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 Ω (0hmi).

Exemple:

470 \leftrightarrow 470 Ω ; 330 R \leftrightarrow 330 Ω ; 1R8 \leftrightarrow 1,8 Ω

1K5 \leftrightarrow 1,5 $k\Omega$ = 1500 Ω ; 15K \leftrightarrow 15 $k\Omega$ = 15000 Ω

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

B. 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 $10^4 = 10000$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 $185 \times 10^0 = 185 \times 1 = 185 \Omega$.

AUXILIAR CURRICULAR - TEHNOLOGII ÎN ELECTRONICĂ

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

TABEL 2.1.

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 2.2.

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.

$R = \text{Valoare} \times \text{multiplicator}$. Valoarea rezultată este exprimată în ohmi.

Exemple:

$$18 \leftrightarrow 150 \Omega \quad ; \quad 30 \leftrightarrow 200 \Omega$$

$$05R \leftrightarrow 110 \times 10^{-1} = 110 : 10 = 11 \Omega$$

$$44C \leftrightarrow 280 \times 10^2 = 280 \times 100 = 28000 \Omega = 28 \text{ K}\Omega$$

$$88S \leftrightarrow 806 \times 10^{-2} = 806 : 100 = 8,06 \Omega$$

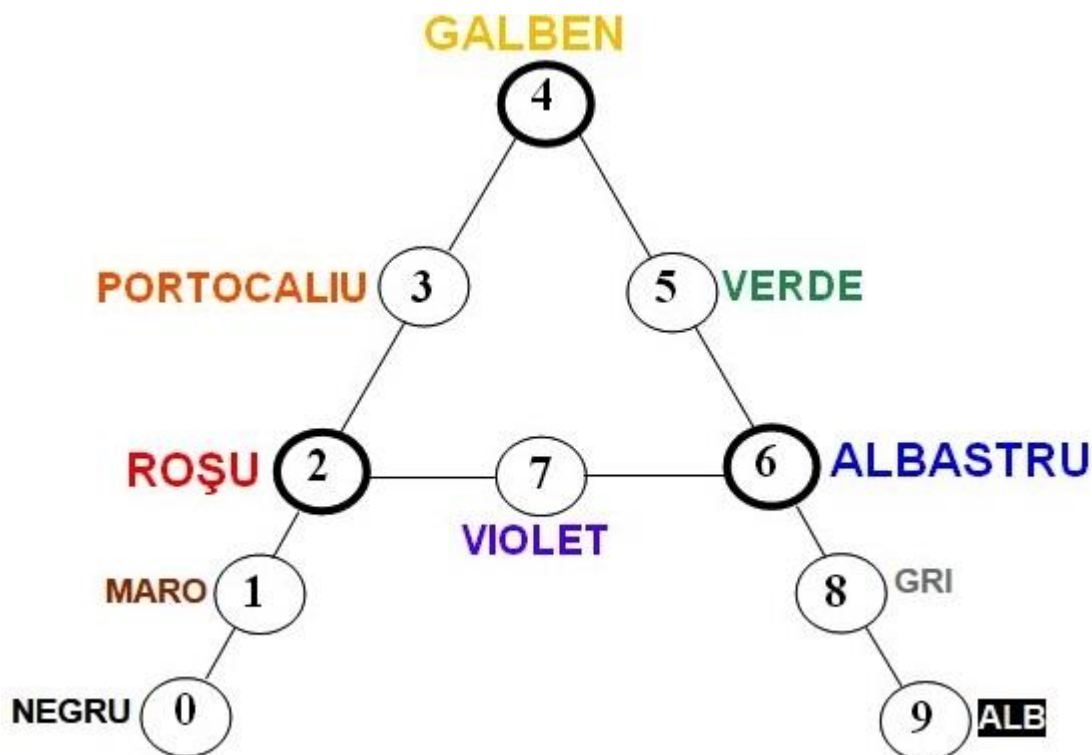
C. MARCARE INDIRECTĂ – PRIN CODUL CULORILOR.

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

AUXILIAR CURRICULAR - TEHNOLOGII ÎN ELECTRONICĂ

Se consideră banda I inelul care este mai aproape de unul dintre terminalele rezistorului.

Când benzile sunt poziționate pe mijlocul rezistorului acestea sunt dispuse în două grupe: o grupă de 3 benzi care reprezintă valoarea rezistorului (banda dinspre terminal este **banda I** și o grupă de o bandă care reprezintă coeficientul de toleranță). Această bandă nu poate avea culoarea: auriu sau argintiu.

În această situație se observă o distanță mai mare între cele două grupe.

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 ($\times 10^{\text{cifră corespunzătoare culorii benzii}}$)

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 ($\times 10^{\text{cifră corespunzătoare culorii benzii}}$)

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 ($\times 10^{\text{cifră corespunzătoare culorii benzii}}$)

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^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7

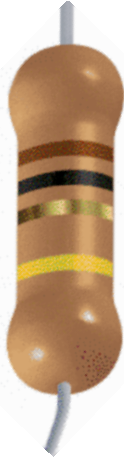
Culori pentru coeficientul de toleranță:

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

VALOAREA OBȚINUTĂ SE EXPRIMĂ ÎN OHMI.

CAPITOLUL 2. ELEMENTE PASIVE DE CIRCUIT

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 %

2.1.3 GRUPAREA REZISTOARELOR

A. GRUPAREA SERIE.

Două sau mai multe rezistoare sunt conectate în **serie** dacă sunt plasate pe aceeași ramură de rețea, au un singur punct comun între ele care **NU** este nod de rețea..

Rezistoarele conectate în serie sunt parcurse de același curent electric.

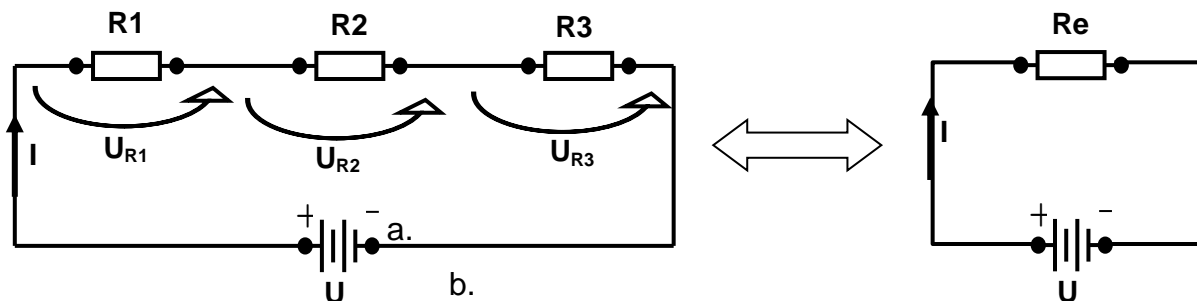


Figura 2.1. a. Rețea de rezistoare conectate în serie b. Schema echivalentă

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.

B. GRUPAREA PARALEL.

Două sau mai multe rezistoare sunt grupate în *paralel* dacă sunt conectate între aceleași două noduri. Rezistoarele au între ele două puncte comune.

Rezistoarele conectate în paralel au aceeași tensiune electrică la borne.

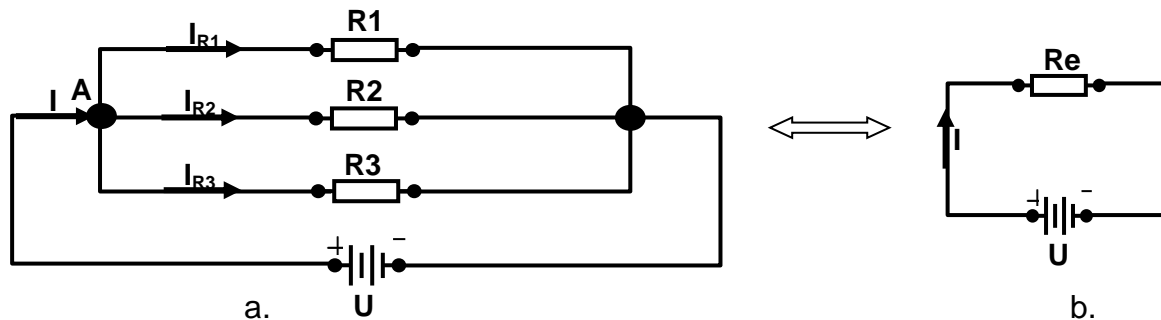


Figura 2.2. a. Rețea de rezistoare conectate în paralel b. Schema echivalentă

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 PARALE 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:

$$(7) \quad R_{12} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

C. 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.

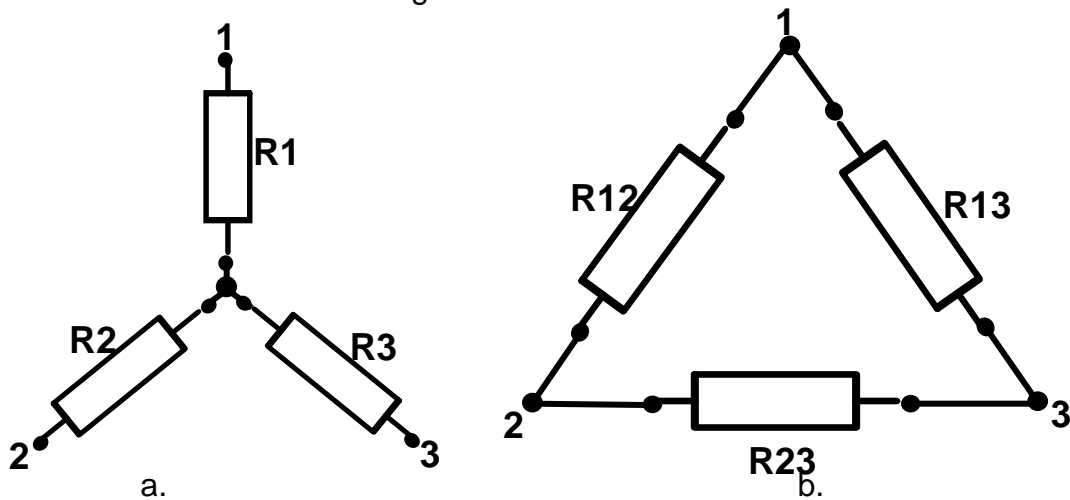
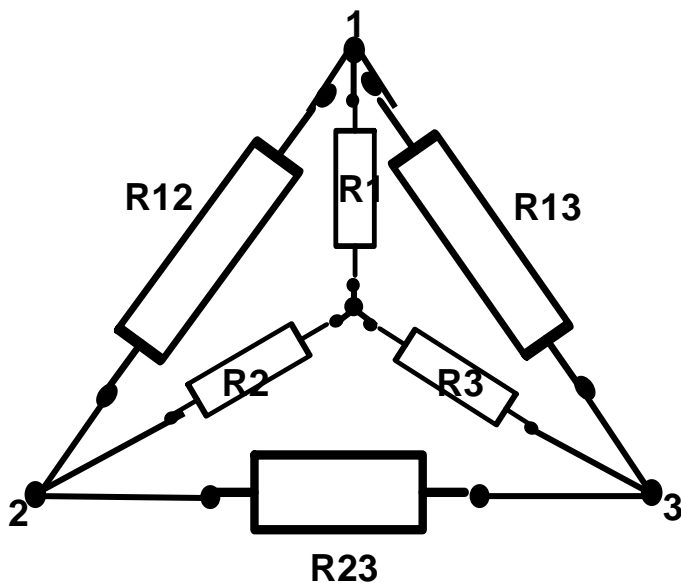


Figura 2.3 a. Rezistoare grupate în stea b. Rezistoare grupate în triunghi

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



La transfigurarea din Δ în Y:

R12 și R13 se transformă în R1

R12 și R23 se transformă în R2

R13 și R23 se transformă în R3

La transfigurarea din Y în Δ :

R1 și R2 se transformă în R12

R1 și R3 se transformă în R13

R2 și R3 se transformă în R23

Relațiile de transformare triunghi – stea

$$R1 = \frac{R12 \cdot R13}{R12 + R13 + R23}$$

$$R2 = \frac{R12 \cdot R23}{R12 + R13 + R23}$$

$$R3 = \frac{R13 \cdot R23}{R12 + R13 + R23}$$

Relațiile de transformare stea - triunghi

$$R12 = R1 + R2 + \frac{R1 \cdot R2}{R3}$$

$$R13 = R1 + R3 + \frac{R1 \cdot R3}{R2}$$

$$R23 = R2 + R3 + \frac{R2 \cdot R3}{R1}$$