

Elektrotechnika Egyenáramú (DC) áramkörök



Ajánlott irodalom

- Tóth Endre: Elektrotechnika. Műszaki könyvkiadó. Budapest. 1964.
- Dr. Kuczmann Miklós, Kovács Gergely: Villamosságtan lineáris hálózatok elmélet I. Universitas-Győr Nonprofit Kft. 2013
- Dr. Kuczmann Miklós: Felzárkóztató tananyag villamosságtanból, elektronikus tananyag.
- Gergely István: Elektrotechnika. General Press Kiadó. Budapest. 2009.

Prefixumok

Név	Jelölés	Érték
Exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M (Meg)	10^6
kilo	k	10^3
mili	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	N	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	F	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

- Minden mennyiséget mérőszámmal és mértékegységgel együtt adunk meg. Például:

$$R = 100\Omega$$

- Íratlan szabály, hogy általában 0,1 és 1000 közötti mérőszámot célszerű választani
- A gyakorlatban előfordul, hogy SI-ben használt mértékegységek töredékét használjuk csak
- Átváltás során hasznos lehet a következő:

$$1k\Omega = 1000\Omega \rightarrow \text{A mértékegység **CSÖKKEN**}$$

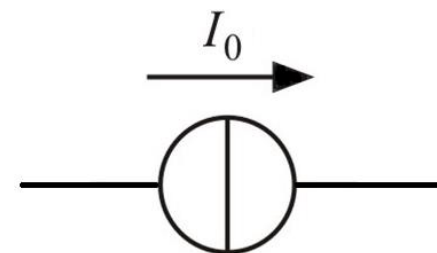

A mérőszám **NÖVEKSZIK**

Elektromos töltés, áramerősség

- Villamos töltés: Jele **Q**, mértékegysége [**C**] (Coulomb) vagy [**As**] (Amperszekundum)
- $1C = 6,24 \cdot 10^{24}$ db elektron
- Az elektromos áram az elektronok egyirányú rendezett mozgása: Jele **I**, mértékesége [**A**] (amper)

$$I = \frac{Q}{t} \equiv \text{áramerősség} = \frac{\text{átáramlott töltés}}{\text{áramlási idő}}$$

- Az áramerősség megmutatja, hogy mennyi az a vezető keresztmetszetén, 1mp alatt átáramlott elektromos tulajdonságú részecskék együttes töltése
- Egyenáram esetén (megegyezés szerint) az elektronok a pozitív kapocstól a negatív kapocs fele áramlanak (+ → -)
- Áram csak **ZÁRT** áramkörben folyik (lásd.: vízcső)
- **Az áram mindig „folyik”**

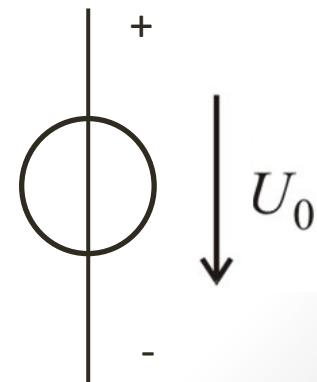


Elektromos feszültség

- Definíció: Két pont közötti potenciálkülönbség VAGY az elektromos tér munkavégző képessége. Jele: **U**, mértékegysége [**V**] (Volt)

$$U = \frac{W}{Q} \equiv \text{feszültség} = \frac{\text{elektromos munka}}{\text{átáramlott töltés}}$$

- 1V a feszültség az elektromos mező két pontja között akkor, ha 1C töltés átáramoltatása közben a végzett munka 1J.
- Tehát a feszültséget mindig valamihez képest mérjük: A földponthoz képest, egy másik feszültséghez képest. Így tehát viszonylagos.
Példa: -5V-hot képest a -2V pozitívabb feszültség.
- A feszültség mindig „esik”** (vízerőmű)



Ellenállás, vezetés, Ohm-törvény

- Definíció: Akadály az áram útjában.
- Az ellenállás jele: **R**, mértékegysége [**Ω**] (Ohm)
- Egy fogyasztó ellenállását a kapcsain mérhető feszültség és a rajta átfolyt áramerősség hányadosaként számítjuk ki:

$$R = \frac{U}{I} \equiv \text{Ellenállás} = \frac{\text{Feszültség}}{\text{Áramerősség}}$$

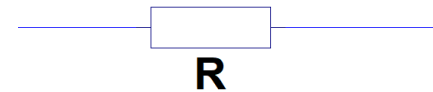
$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

- A vezetés az ellenállás reciproka. Jele: **S**, mértékegysége [**S**] (Siemens). A „jó” vezetőnek kicsi az ellenállása.

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

- Az Ohm törvény három alakja:

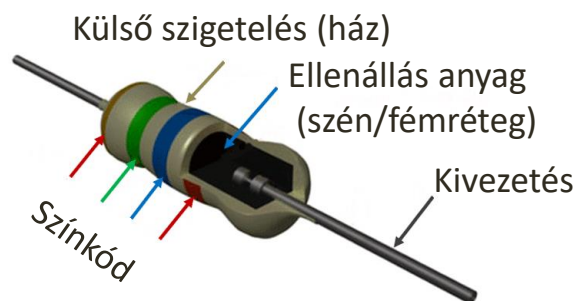
- $R = \frac{U}{I}$ Nagyobb feszültség, nagyobb áram
- $I = \frac{U}{R}$ Nagyobb feszültség, nagyobb ellenállás
- $U = I \cdot R$ Nagyobb ellenállás, kisebb áram.



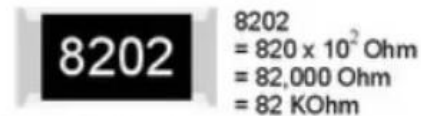
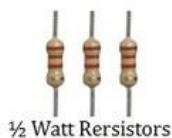
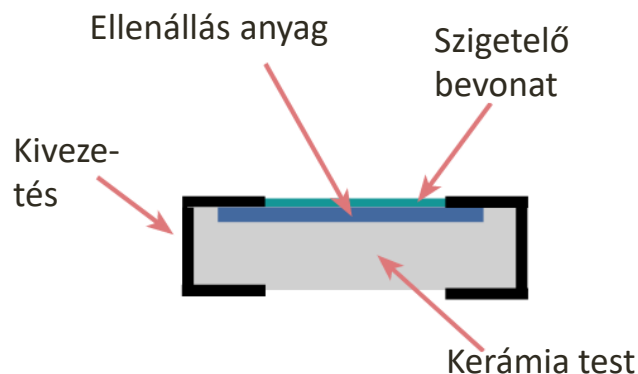
Megjegyzés: Ohm az utolsó összefüggésre jött rá, „hivatalosan” ez az Ohm törvény, a többi ebből származtatott.

Ellenállás, mint alkatrész

Furatátmenetes (Through hole)

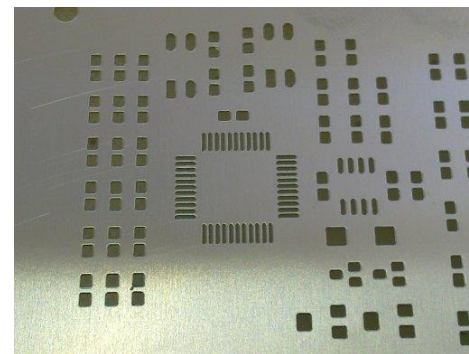
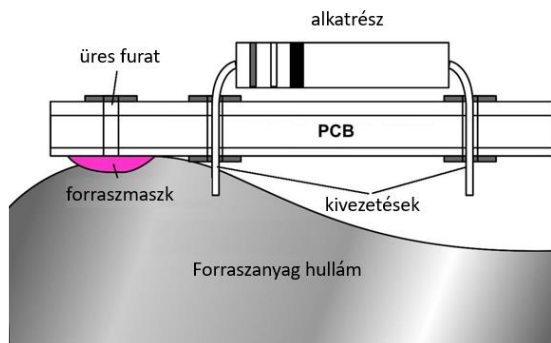
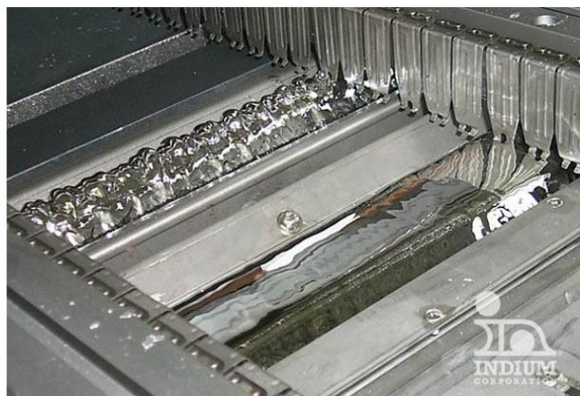
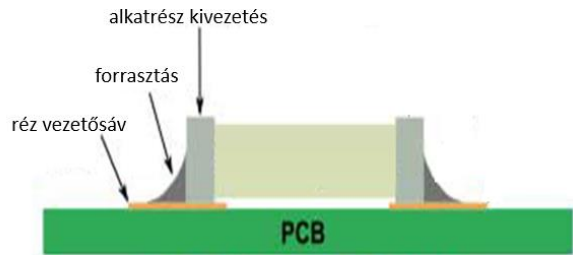
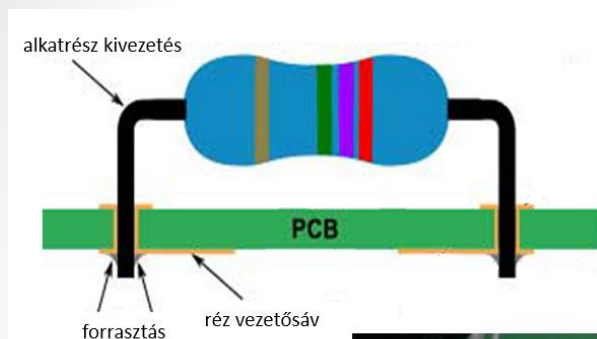


Felületszerelt (SMT)



Package type	Size in inches	Size in mm	Power rating
0201	0.024" × 0.012"	0.6 mm × 0.3 mm	1/20W
0402	0.04" × 0.02"	1.0 mm × 0.5 mm	1/32W 1/16W
0603	0.063" × 0.031"	1.6 mm × 0.8 mm	1/16W
0805	0.08" × 0.05"	2.0 mm × 1.25 mm	1/10W
1206	0.126" × 0.063"	3.2 mm × 1.6 mm	1/8W
1210	0.12" × 0.10"	3.2 mm × 2.6 mm	1/4W
2020	0.20" × 0.20"	5.08 mm × 5.08 mm	1/2W
2512	0.25" × 0.12"	6.35 mm × 3.0 mm	1W

Nyomtatott áramköri kialakítás



Villamos munka és teljesítmény

- Az elektromos tulajdonságú részecskék az elektromos mező hatására áramlanak. Ilyenkor az elektromos mező munkát végez. Az elektromos mezőt munkavégzés szempontjából a feszültség jellemzi.

- Vizsgálva a feszültség definíciójára:

$$U = \frac{W}{Q} \quad \longrightarrow \quad W = U \cdot Q$$

- Az elektromos töltés:

$$I = \frac{Q}{t} \quad \longrightarrow \quad Q = I \cdot t$$

- Innen:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

- A teljesítmény az időegységre jutó munka. Jele: **P**, mértékegysége: [**W**] (Watt):

$$P = \frac{W}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I$$

- A teljesítmény kiszámítható az ellenállás és az áram/feszültség ismeretben:

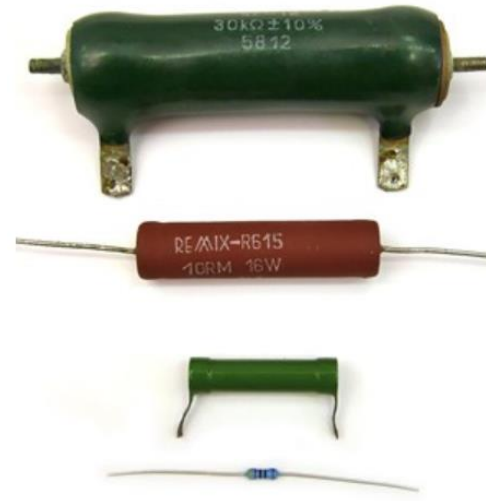
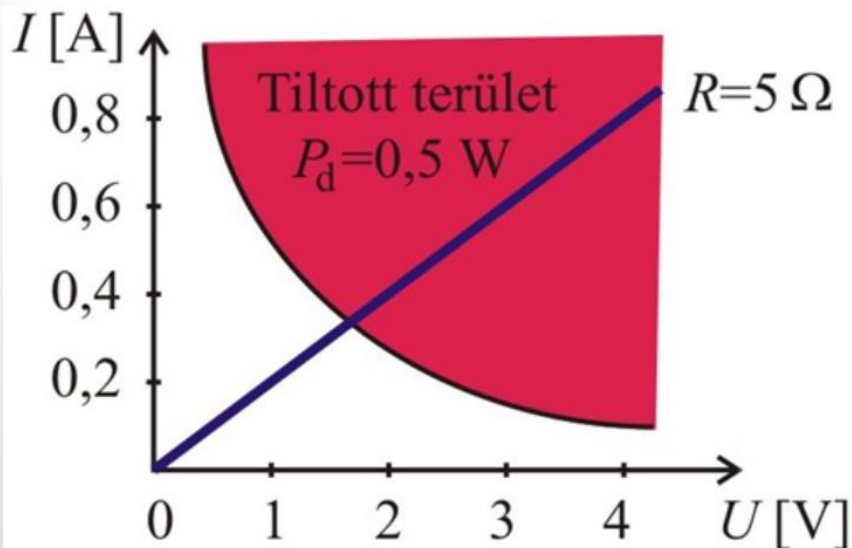
$$P = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$



Ellenállások terhelhetősége (disszipáció)

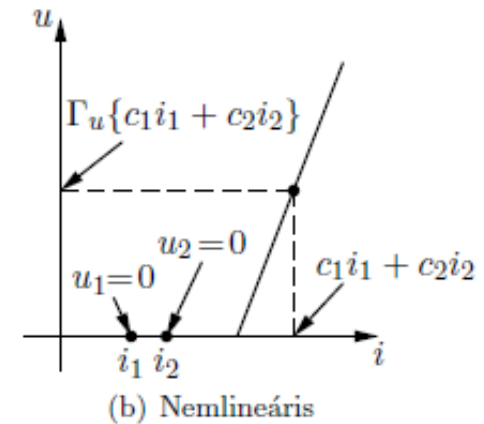
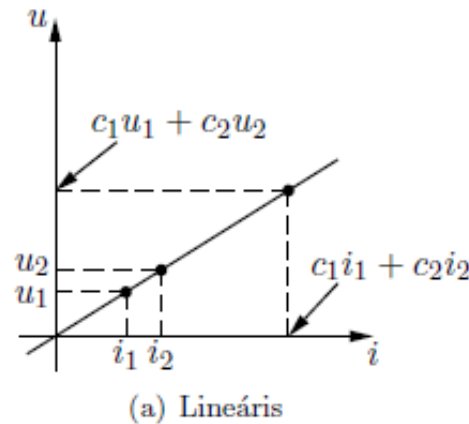
- Az ellenállások fontos paramétere a terhelhetőség, amely szabványosított katalógus adat (0,05W; 0,1W; 0,25W; 0,5W; 1W)
- A megadott értéket nem szabad túllépni, mivel az alkatrész tönkremenetelét idézi elő
- Gyártástechnológiai tekintetben több típust is megkülönböztetünk: szénréteg, fémréteg, huzal ellenállások
- Vegyünk például egy 5Ω-s és 0,5W terhelhetőségű ellenállást, Ezen az ellenálláson a disszipációt több módon is számíthatjuk:

$$P_d = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$



Kétpólusok, négy-pólusok

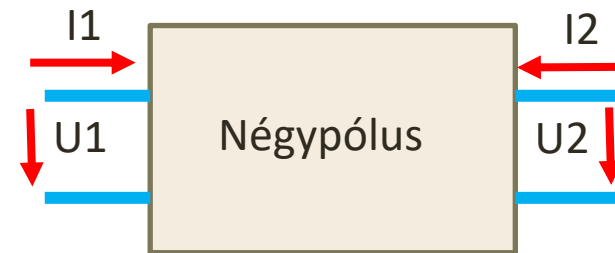
- *Jelleg szerint lehetnek:
 - Aktív
 - passzív
- Linearitás szerint:
 - Lineáris
 - Nem lineáris



Forrás: Dr. Kuczmann Miklós – Kovács Gergely: Villamosságtan



Pl. Dióda, ellenállás



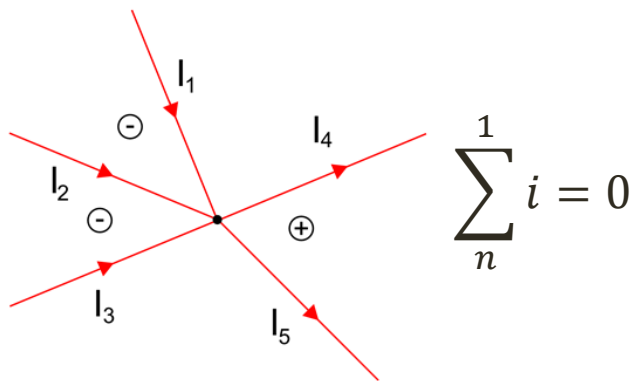
Pl. Tranzisztor
Átviteli paraméterek
(impedancia, áram és
feszültségerősítés)

Csomóponti és huroktörvény

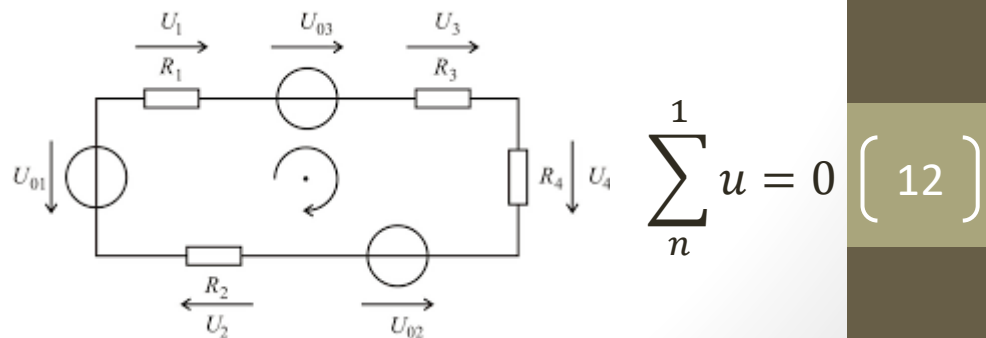
Gustav Kirchhoff nevéhez fűződik. Gyakran említik Kirchhoff I. és Kirchhoff II. törvényeként.



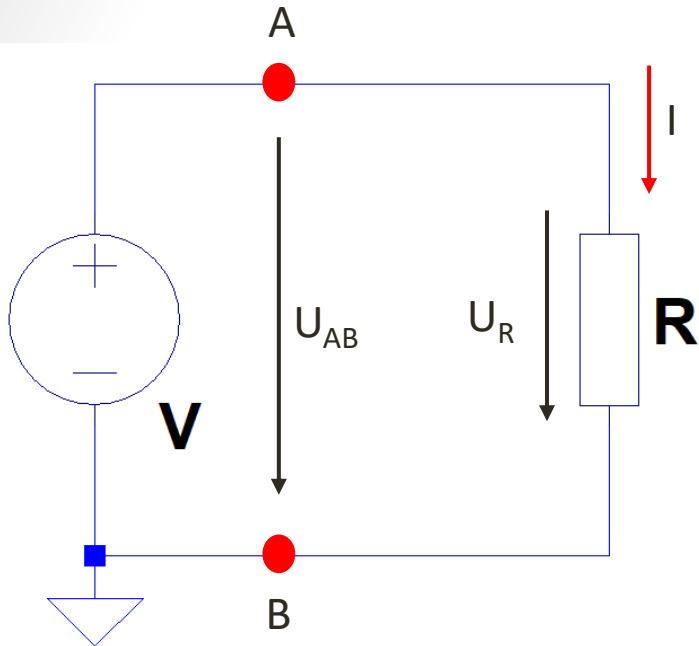
Kirchhoff I. törvénye (csomóponti) kimondja, hogy bármely csomópontban az áramok előjeles összege zérus. Kicsit „pongyolábban” fogalmazva, ami befolyik az ki is.



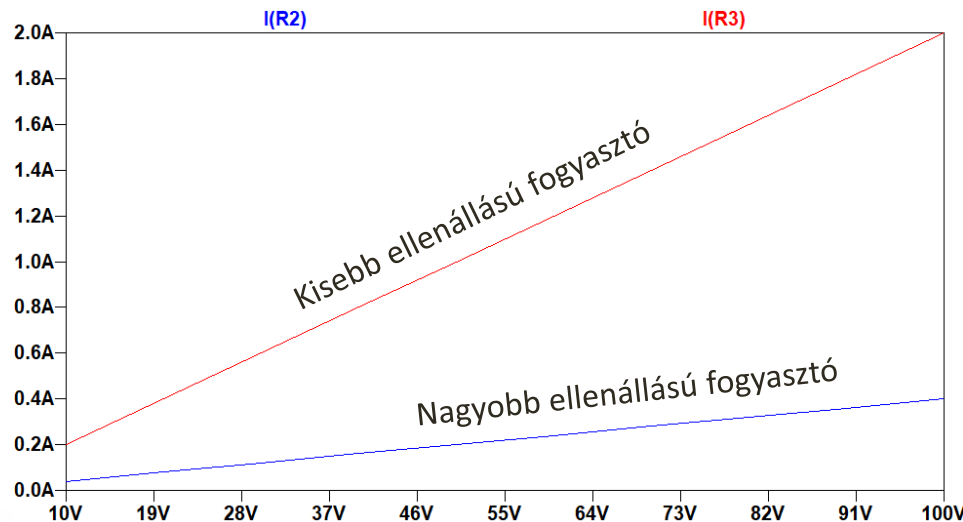
Kirchhoff II. törvénye (hurok) kimondja, hogy bármely hurokban az feszültségek előjeles összege zérus. Ehhez a hurokban egy körüljárási irány felvétele szükséges.



Elektromos áramkör

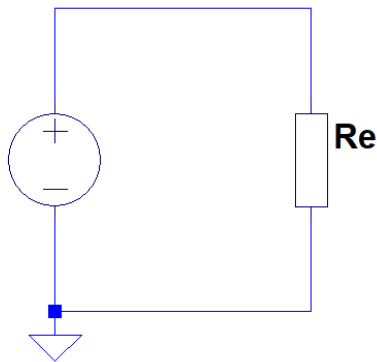
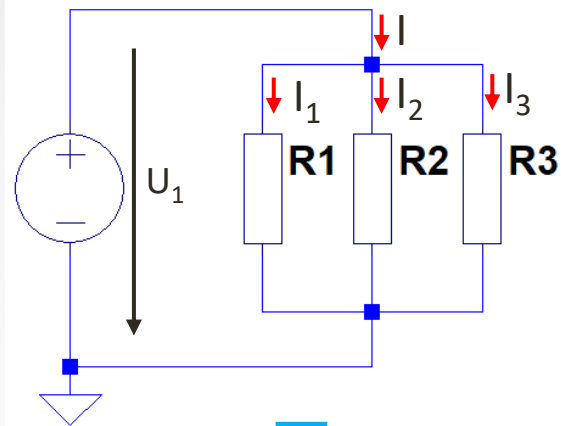


- A legegyszerűbb áramkör legalább egy feszültség/áramforrásból (generátor) és egy fogyasztóból áll
- A példában az ellenállás feszültsége megegyezik a generátor feszültségével ($U_{AB} = U_R$), az áramkörben egy áram alakul ki (mivel egy hurok van)



$$\frac{U}{I} = \text{állandó}$$

Több ellenállás az áramkörben (ellenállás redukció-párhuzamos)



- Az ellenállásokon eső feszültség azonos:
 $U_{R1} = U_{R2} = U_{R3}$
- Az áramok a vezetések arányában oszlanak meg $\left(G = \frac{1}{R}\right)$, de megállapíthatjuk, hogy
$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots I_n$$

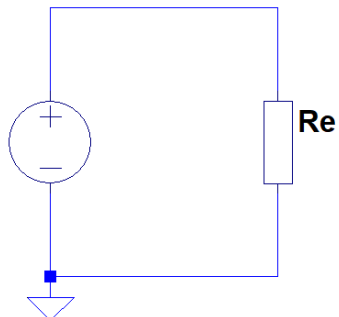
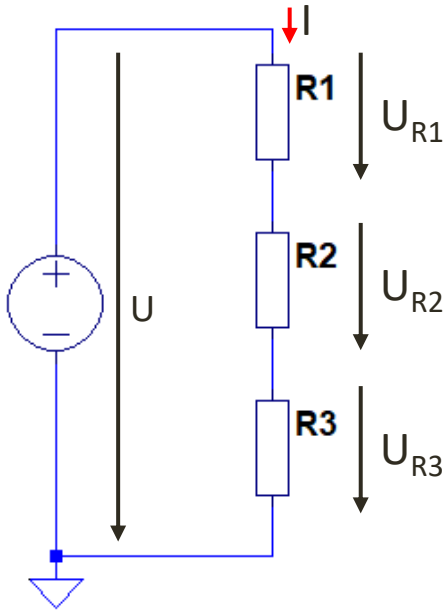
- Az ellenállások helyettesíthetők egy ellenállással:

$$R_{eredő} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

- Két ellenállás esetén használható a következő képlet:

$$R_1 \otimes R_2 = R_e = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Több ellenállás az áramkörben (ellenállás redukció-soros)



- Az ellenállásokon folyó áram azonos:
$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3}$$
- Az feszültségek az ellenállások arányában oszlanak meg, de megállapíthatjuk, hogy

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

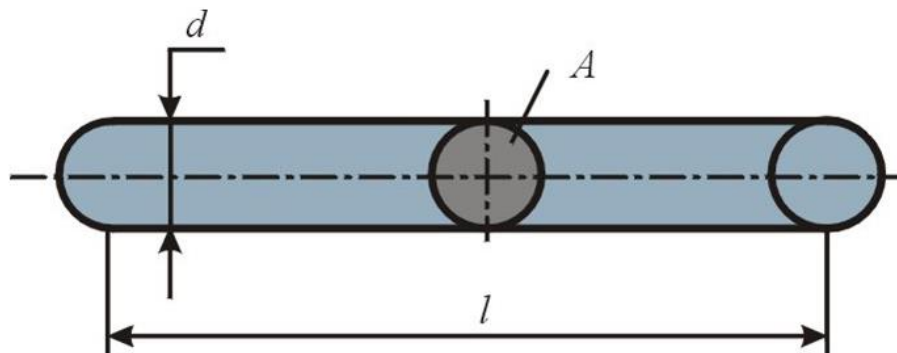
- Az ellenállások helyettesíthetők egy ellenállással:

$$R_{eredő} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

- Azonos ellenállások esetén az eredő ellenállás az egyik részellenállás n -szerese:

$$R_e = n \cdot R_1$$

Ellenállás meghatározása geometriai paraméterek alapján



- Az vezeték ellenállása kiszámítható a geometria paramétereiből is. Ehhez szükséges tudni:
 - A vezeték hosszát: l [m]
 - Anyagát: $\rho \left[\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right]$
 - Keresztmetszetét: A [mm²]
- A paraméterek ismeretében a vezeték ellenállása a következő összefüggéssel számítható ki (a gyakorlatban célszerű a vezeték hosszát méterben, a keresztmetszetet pedig mm²-ben behelyettesíteni, ekkor az ellenállást Ω -ban kapjuk meg):

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \equiv \left[\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

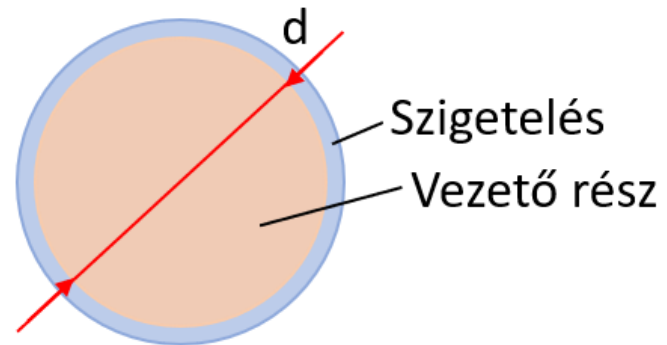
Ellenállás meghatározása geometriai paraméterek alapján –folytatás-

- Amennyiben a vezető rész keresztmetszet (területe) nem adott, számítással kell azt meghatározni
- Ez kiszámítható a kör területéből a sugár ($r=d/2$) ismeretében, vagy az átmérő segítségével (d):

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} \text{ vagy } A = r^2 \pi$$

(a kettő egymással ekvivalens)

- Fontos, hogy a szigetelést nem szabad beleszámolni a hasznos keresztmetszetbe!
- A számítások során az anyagok (pl. réz) fajlagos ellenállása adott, melyet a jobb oldali táblázat tartalmaz.

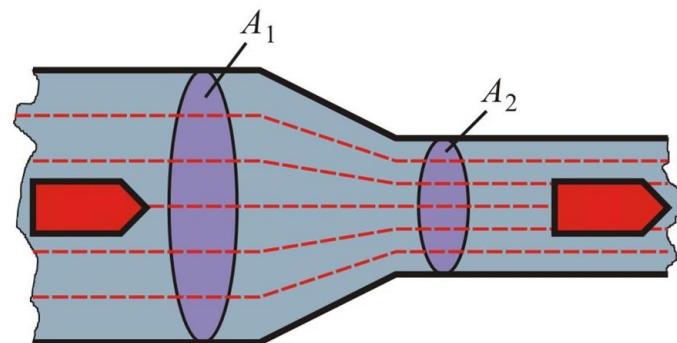


Anyag	Vegyjel	$\rho \left[\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right]$
réz	Cu	0,0178
alumínium	Al	0,0286
ezüst	Ag	0,0160
arany	Au	0,0220

Vezetékek áramsűrűsége

- A vezetékek fontos paramétere az áramsűrűség, mely megadja, hogy a vezető (vezeték) egységnyi keresztmetszetére mekkora áramerősség jut. Jele: J , mértékegysége $[A/mm^2]$.
- A megengedett értéket szabvány írja elő, mely függhet például:
 - A beépítés jellegétől (szabad vezető, vagy falba épített vezető);
 - A vezető anyagától (Cu, Al);
- Amennyiben általánosan méretezünk, a **4-5A/mm²** jó kezdőérték lehet.
- Ugyanakkora áramerősség mellett kisebb keresztmetszet esetén az áramsűrűség nagyobb lesz.
- Továbbá, nagyobb áramsűrűség mellett a vezető (vezeték) jobban melegszik.

$$J = \frac{I}{A} [A/mm^2]$$



$$J_1 = \frac{I}{A_1} \quad J_1 < J_2 \quad J_2 = \frac{I}{A_2}$$

Ellenállások hőfokfüggése, termisztorok

- A vezetők ellenállása a hőmérséklettől nagyban függ: bizonyos esetekben lineáris, de általában más leképezésű.
- Az ellenállások hőfokfüggését a következő összefüggés írja le:

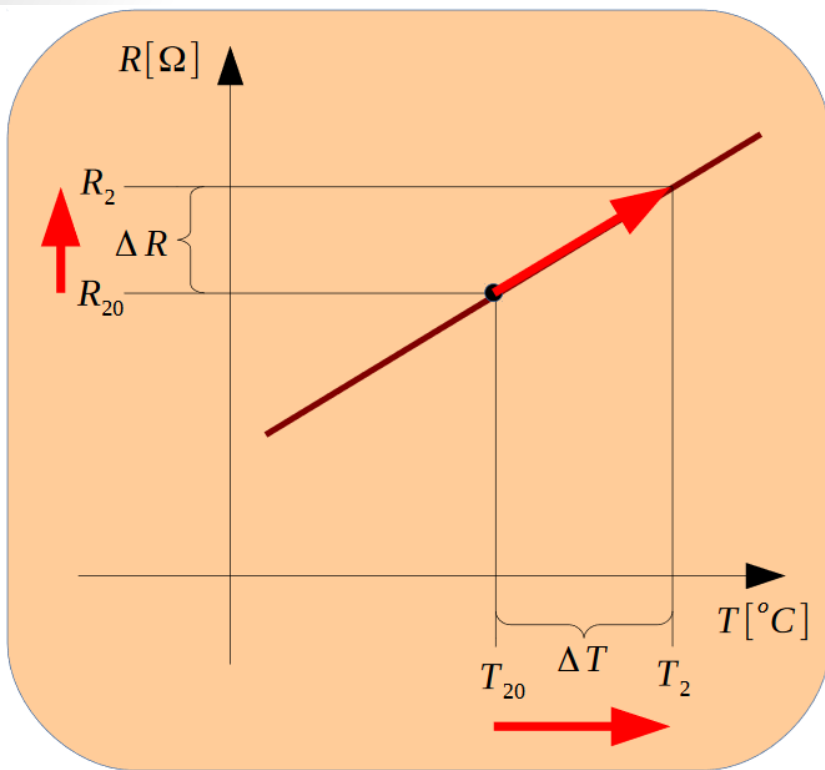
$$R_x = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

- Az „ α ” a hőmérsékleti együttható. Megmutatja, hogy az adott anyag egy darabja 1°C (1K) hőmérséklet változás hatására mennyivel változtatja az ellenállását. Mértékegysége: [1/°C] vagy [1/K]
- Az R_{20} az adott anyag 20°C-on mért ellenállása (katalógusadat)
- ΔT a hőmérséklet differencia: $\Delta T = T_x - T_{20}$
- Azokat az ellenállásokat, ahol α pozitív **PTC** (vagy **PTK**) (*Positive Temperature Coefficient*), ahol α negatív, **NTC** (vagy **NTK**) (*Negative Temperature Coefficient*)-nek nevezzük. Előbbiek növekvő hőmérsékletre növelik az ellenállásukat. Ilyen a legtöbb fém. Utóbbiak pedig növekvő hőmérséklet esetén csökkentik ellenállásukat. Ilyenek például a grafit, vagy a félvezető anyagok.

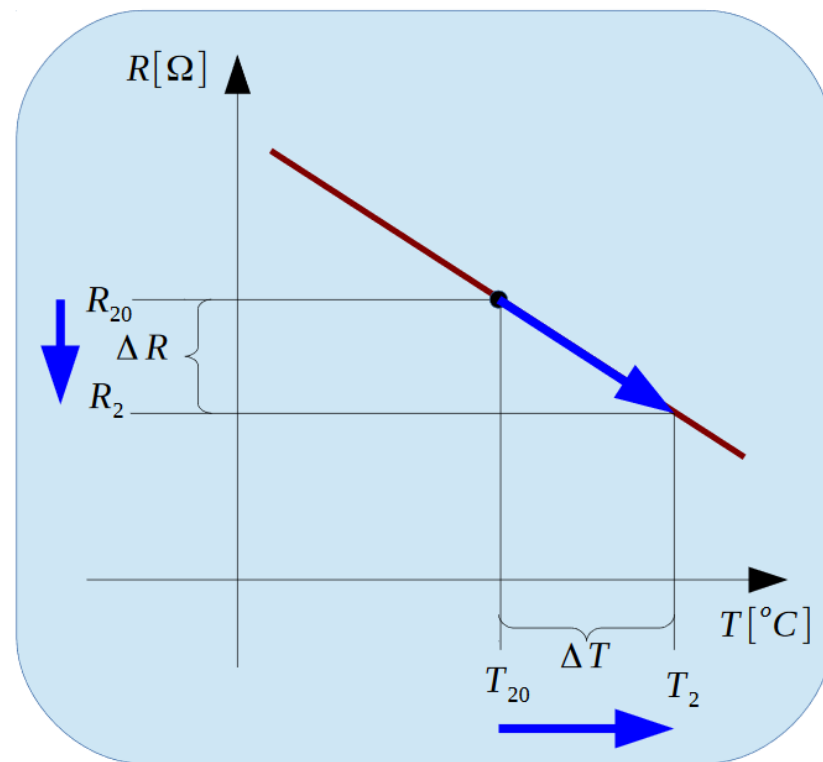
α	T	R
+	nő	nő
-	nő	csökken



Ellenállások hőfokfüggése



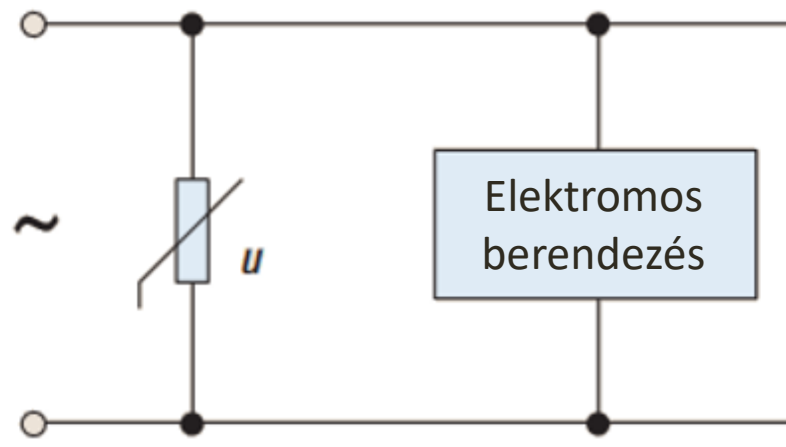
PTC ellenállás melegítése



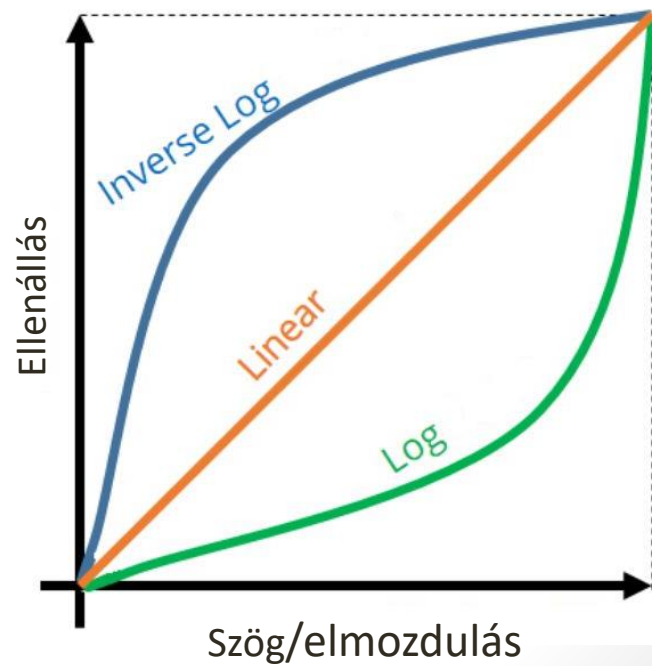
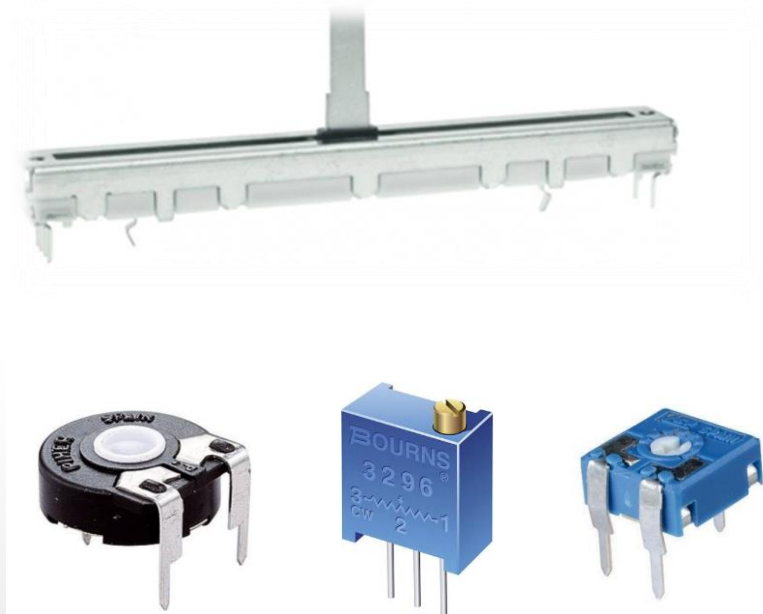
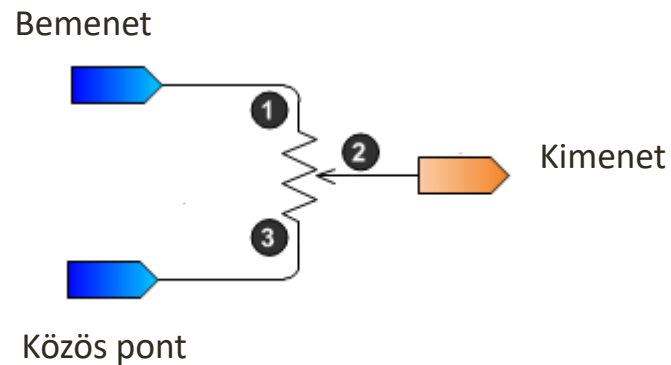
NTC ellenállás melegítése

Különleges ellenállások - varisztor

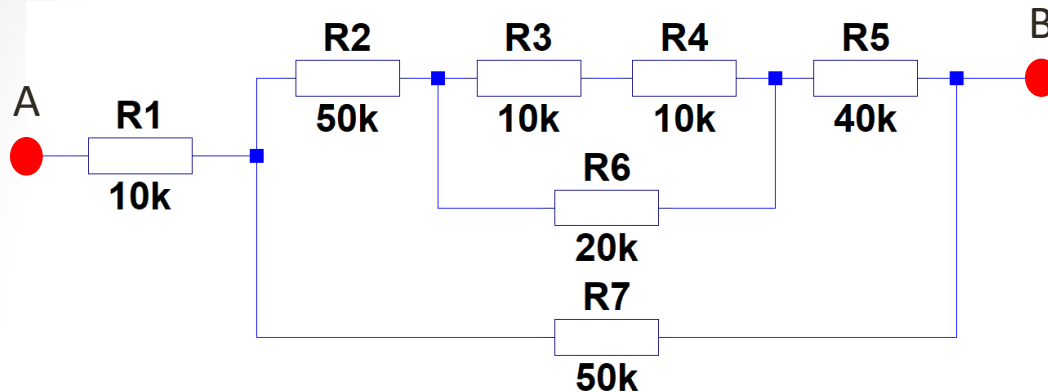
- A varisztor (régebben használatos néven VDR - Voltage Dependent Resistor - egyfajta fém-oxid ellenállás nemlineáris karakterisztikával.
- A rákapcsolt feszültség adott értékének elérésekor hirtelen csökken az ellenállása, elkezd vezetni az áramot
- Ezt a tulajdonságát túlfeszültség korlátozására, vagyis az áramkör védelmére lehet használni: az eszköz egyszerűen eldisszipálja a túlfeszültség energiáját.
- A gyakorlatban többféle túlfeszültség védelem is előfordul:
 - Crowbar protection
 - Zener-diódás védelem
 - Varisztor
 - TVS-dióda



Különleges ellenállások – potenciométer-



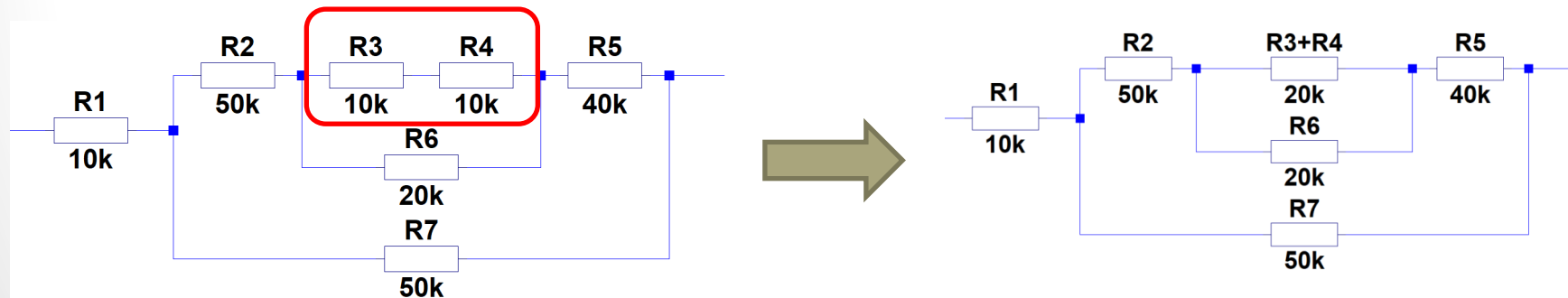
Példafeladatok, ellenállás redukció



Mekkora az ellenállás A és B pontok között?

1.

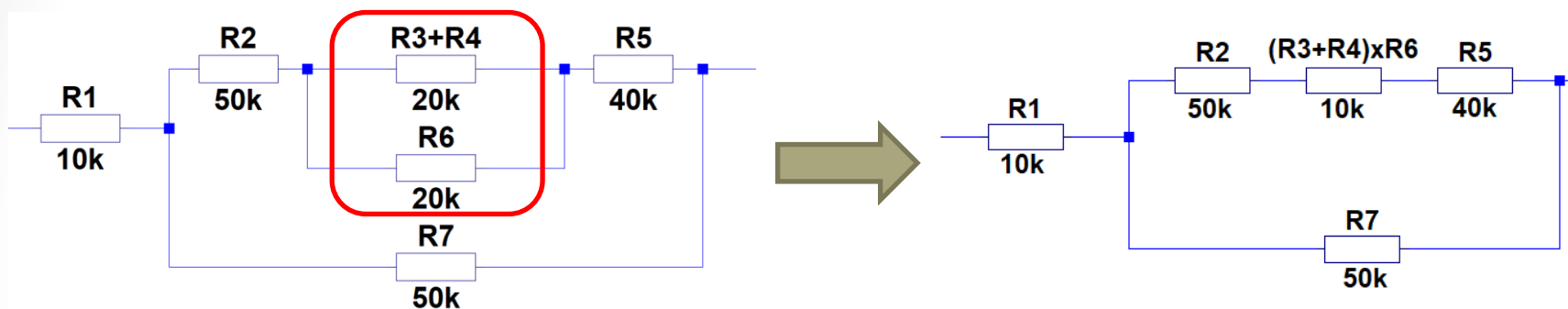
Sorban



Ellenállás redukció

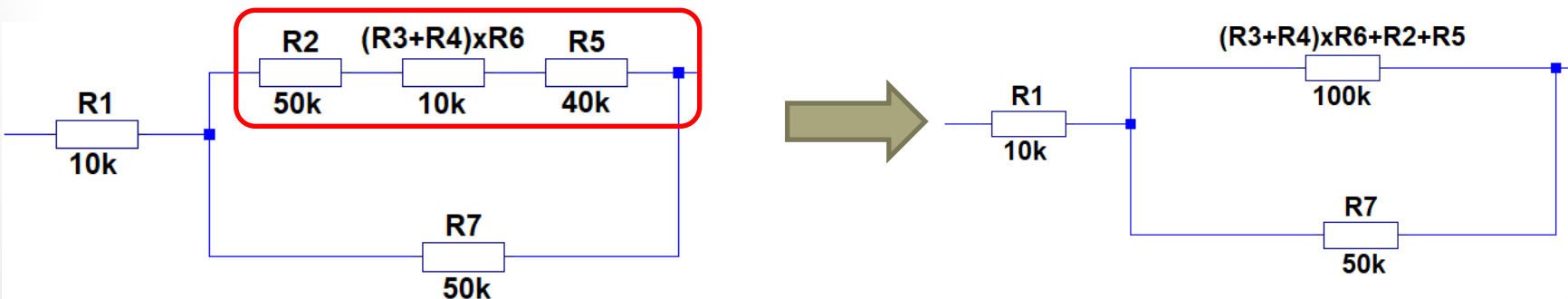
2.

Párhuzamosan



3.

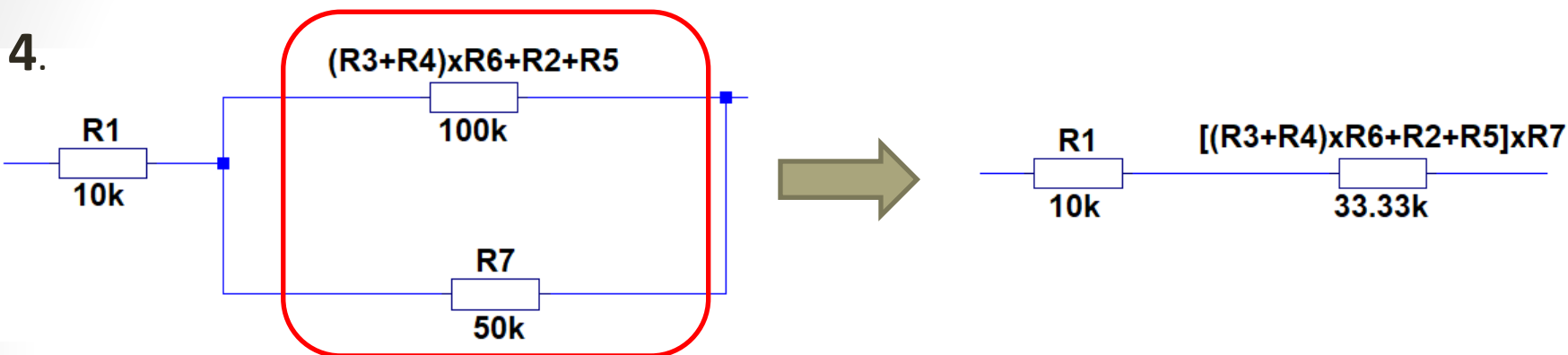
Sorban



Ellenállás redukció

Párhuzamosan

4.



5.

Sorban



Ellenállások hőfokfüggése példa

Egy transzformátor egyik tekercsének ellenállása 20°C-on 12Ω. Mekkora lesz a tekercs ellenállása, ha üzem közben a hőmérséklete 60°C-ra emelkedik?

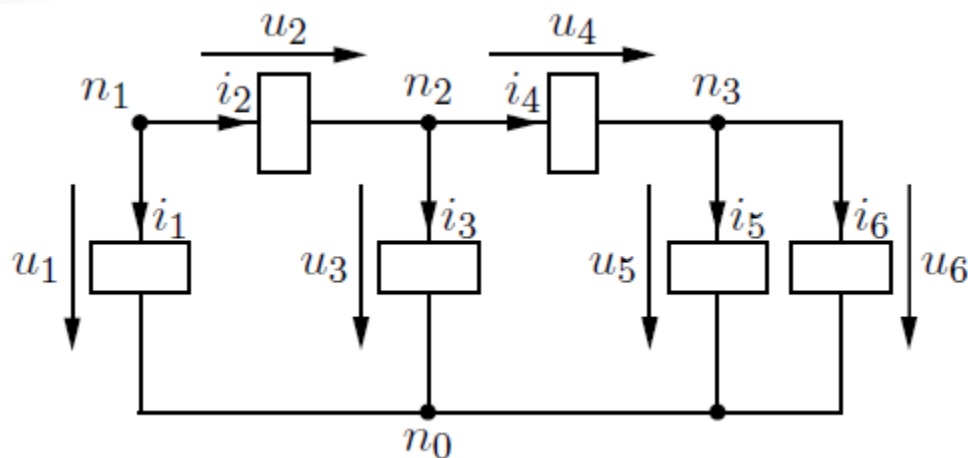
- Megoldás:

A transzformátor tekercsének anyag réz, melynek hőmérsékleti együtthatója (táblázatból): $\alpha = 0,0038 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

Innen:

$$T_{60} = 12\Omega \cdot \left(1 + 0,0038 \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (60^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})\right) = \mathbf{13,824\Omega}$$

Kirchhoff törvények – csomóponti törvény- példa



Kifolyó áram: +
Befolyó áram: -

- Ha a hálózatunk n darab csomópontot tartalmaz, akkor független csomópontok száma (r a hálózat rangjára utal, n pedig az angol node (csomópontra)):

$$r = n - 1$$

- Ebben az esetben ez tehát

$$r = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

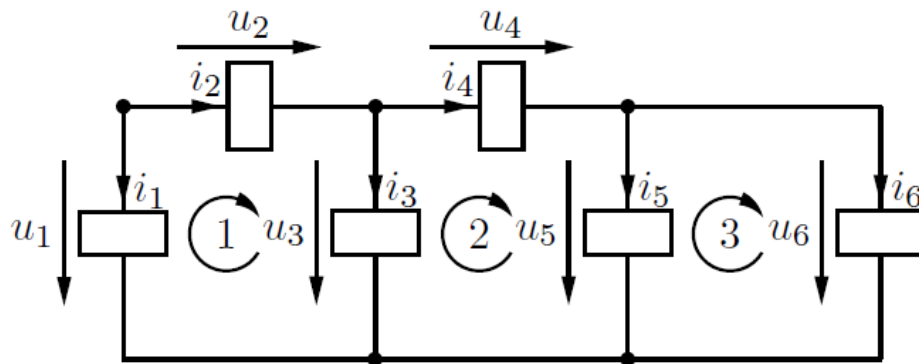
- A három csomópont egyenlete:

$$n_1: i_1 + i_2 = 0$$

$$n_2: -i_2 + i_3 + i_4 = 0$$

$$n_3: -i_4 + i_5 + i_6 = 0$$

Kirchhoff törvények – huroktörvény - példa



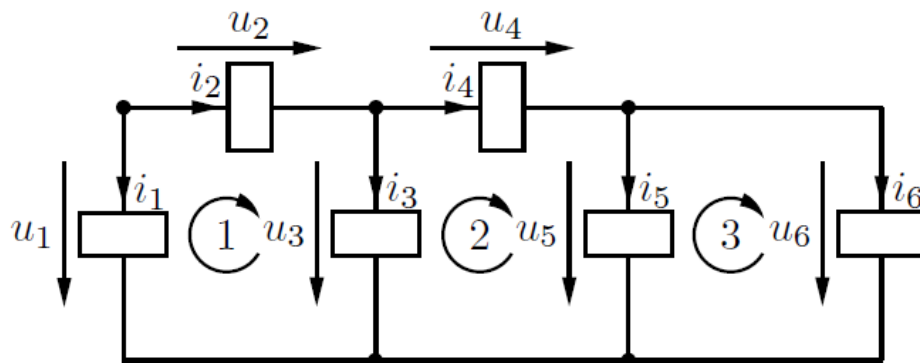
- Az ismeretlen hurkok számát a következő összefüggés adja meg:

$$l = b - n + 1$$

, ahol

- l a független hurkok számát
- b a hálózatban található kétpólusok számát
- n a hálózatban lévő csomópontok számát jelöli
- A csomóponti törvény esetén a kifolyó áramokat jelöltük pozitív előjellel, míg az adott csomópontból kifolyó áramokat negatívvá
- Ebben az esetben a körüljárás irány szerint járunk el:
 - A vele megegyezőt pozitív előjellel
 - Míg a vele ellentétest negatív előjellel vesszük figyelembe
- A hurokáram irányának felvétele önkényes

Kirchhoff törvények – huroktörvtvény - példa



- Hány független hurok írható fel az ábrán látható áramkörben?

$$l = b - n + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$$

- A korábbiakat figyelembe véve:

$$1.: -u_1 + u_2 + u_3 = 0$$

$$2.: -u_3 + u_4 + u_5 = 0$$

$$3.: -u_5 + u_6 = 0$$