

Egyenáramú áramkörök

Áttekintés

- Alapmértékegységek
- Prefixumok
- Villamos alapmenyiségek (töltés, áram, feszültség, ellenállás, teljesítmény)
- Villamos alaptörvények (Ohm törvény, Kirchhoff törvények)
- Ellenállás, mint villamos alkatrész (forrasztástechnikai bevezető)
- Ellenállás redukció
- Vezetékek ellenállása
- Speciális ellenállások (potenciométerek, feszültségfüggő ellenállások)

Alapmértékegységek

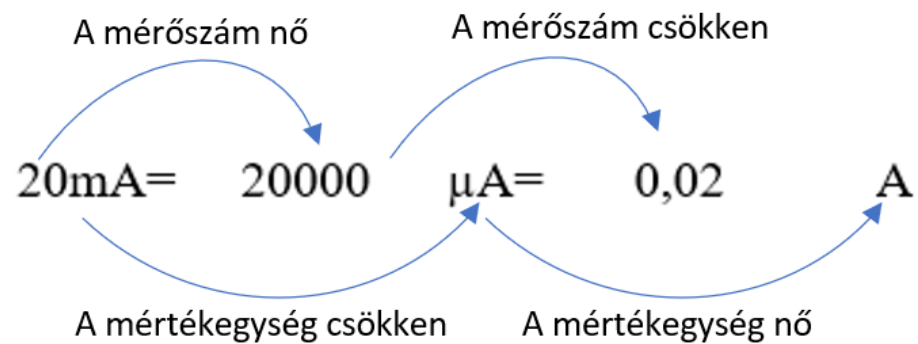
- Az alapmértékegységeket a Nemzetközi Mértékegységrendszer (SI) alapján képzik
- 7 alapmértékegység van, minden más ezekből kerül származtatásra:

Alapmennyiség	Mennyiség jele	Mértékegység	Mértékegység jele
Idő	t	másodperc	s
Hosszúság	l	méter	m
Tömeg	m	kilogramm	kg
Áramerősség	I	amper	A
Hőmérséklet	T	kelvin	K
Anyagmennyiség	n	mól	mol
Fényerősség	I_v	kandela	cd

Prefixumok

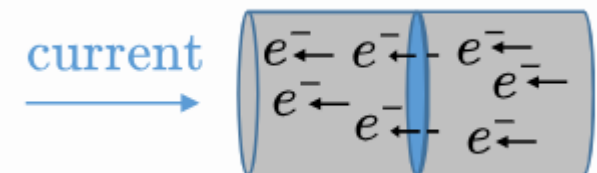
Név	Jelölés	Érték
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
SI		
mili	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

- 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, vagy többszörösét használjuk, ekkor az adott mennyiséget át kell váltani
- Átváltás során hasznos lehet a következő:



Töltés/áramerősség

- A villamos töltés jele: Q , mértékegysége: C (Coulomb) vagy As (Amperszekundum)
- $1C = 6,24 \cdot 10^{18}$ db elektron
- Az elektromos áram az elektronok egyirányú rendezett mozgása:
$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \equiv \text{áramerősség} = \frac{\text{átáramlott töltés}}{\text{áramlási idő}}$$
- Az áramerősség jele általános esetben $i = i(t)$, mértékegysége: A (amper)
- Az áramerősség megmutatja, hogy mennyi az a vezető keresztmetszetén, adott időegység alatt átáramlott elektromos tulajdonságú részecskék együttes töltése
- Egyenáram esetén (megegyezés szerint) az elektronok a pozitív kapocstól a negatív kapocs fele áramlanak (+ $\rightarrow$ -)
- Egyenáramú esetben a jelölés nagybetűvel történik, pl.: $I = 125mA$
- Áram csak **ZÁRT** áramkörben folyik (lásd.: vízcső)
- **Az áram mindig „folyik”**



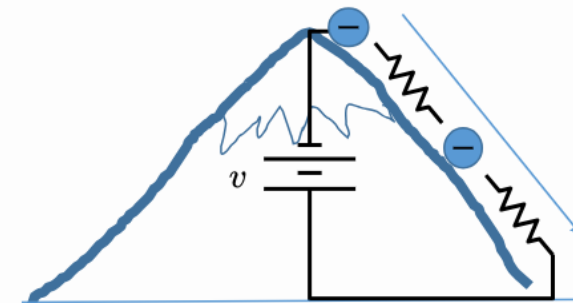
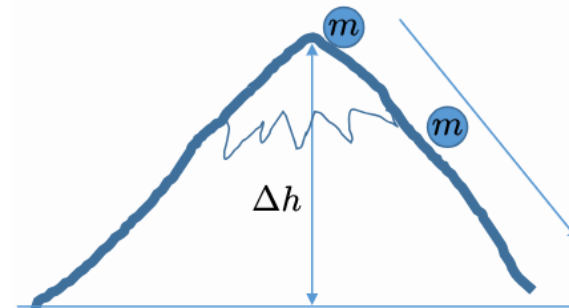
Feszültség

- A feszültség energetikai viszonyokat fejez ki
- A feszültség két pont közötti potenciálkülönbség VAGY az elektromos tér munkavégző képessége
- 1V a feszültség az elektromos mező két pontja között akkor, ha 1C töltés átáramoltatása közben a végzett munka 1J.
- A feszültség jele általános esetben $u = u(t)$, mértékesége: V (Volt)
- Egyenáramú esetben a jelölés nagybetűvel történik, pl.: $U = 94V$

- A feszültség kiszámítható:

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

- Tehát a feszültséget mindig valamihez képest mérjük: A földponthoz képest, vagy egy másik feszültséghez képest. Így tehát viszonylagos. **Példa:** -5V-hot képest a -2V pozitívabb feszültség.
- **A feszültség mindig „esik”** (vízerőmű)



Ellenállás

- Az ellenállás az áram folyásának akadályozását jelenti
- Az ellenállás jele: R , mértékegysége Ω (Ohm)
- Egy fogyasztó ellenállását a kapcsain mérhető feszültség és a rajta átfolyt áramerősség hányadosaként számítjuk ki:

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

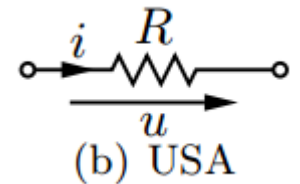
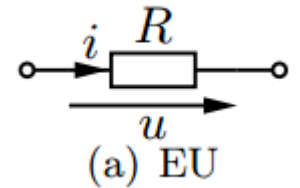
$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

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

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

- Az Ohm törvény három fomája:

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



Teljesítmény

- A teljesítmény időfüggvénye villamos esetben az áram és a feszültség időfüggvényének szorzata, azaz:

$$p(t) = u(t)i(t)$$

- Egyenáramú esetben pedig:

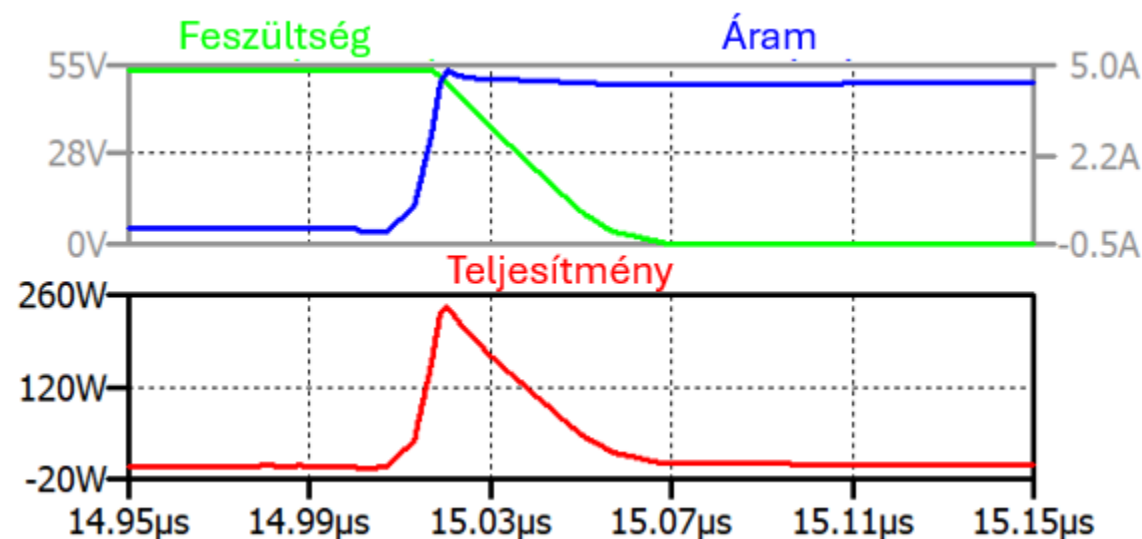
$$P = UI$$

- A teljesítmény jele tehát a P , mértékegysége a watt, melyet W-vel jelölünk
- A teljesítmény lehet pozitív (fogyasztó jelleg), negatív (termelő jelleg), vagy zérus
- Összességében elmondható, hogy a villamos hálózatokra is érvényes az energiamegmaradás elve, azaz

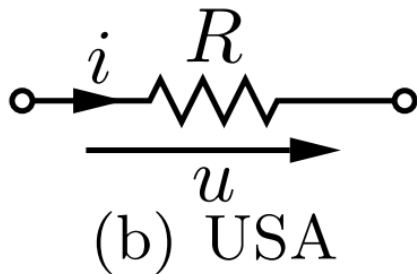
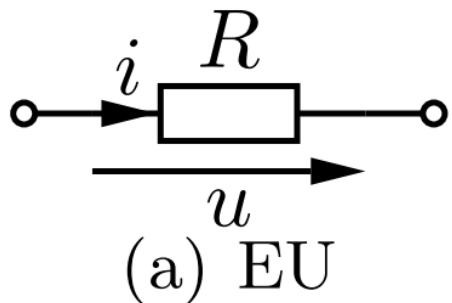
$$\sum_{i=1}^n p_i = 0$$

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

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



Villamos áramköri elemek – ellenállás, katalógusparaméterek



5% Resistor Table (E24)											
100	110	120	130	150	160	180	200	220	240	270	300
330	360	390	430	470	510	560	620	680	750	820	910
Standard Values: 1, 10, 100, 1k, 10k, 100k, 1M											

- Ellenállásérték (pl.: 1k Ω , 1k6, 4,7k Ω , 4R7 stb.)
- Teljesítmény (pl.: 0,25W; 20W stb.)
- Tűrés (tolerancia)
- Értéksor (E-sor, IEC60063 alapján):
 - E3: 50% tűrés
 - E6: 20% tűrés
 - E12: 10% tűrés
 - E24: 5% tűrés
 - E48: 2% tűrés
 - E96: 1% tűrés
 - E192: 0.5, 0.25, 0.1% és még ennél is kisebb tűrés...

Példa: Az E24 sorozat egy tartományon belül 24 logaritmikusan egyenletesen elosztott értéket tartalmaz. Ez azt jelenti, hogy minden egymást követő érték egy állandó szorzóval nagyobb az előzőnél.

Ez a szorzó E24-nél:

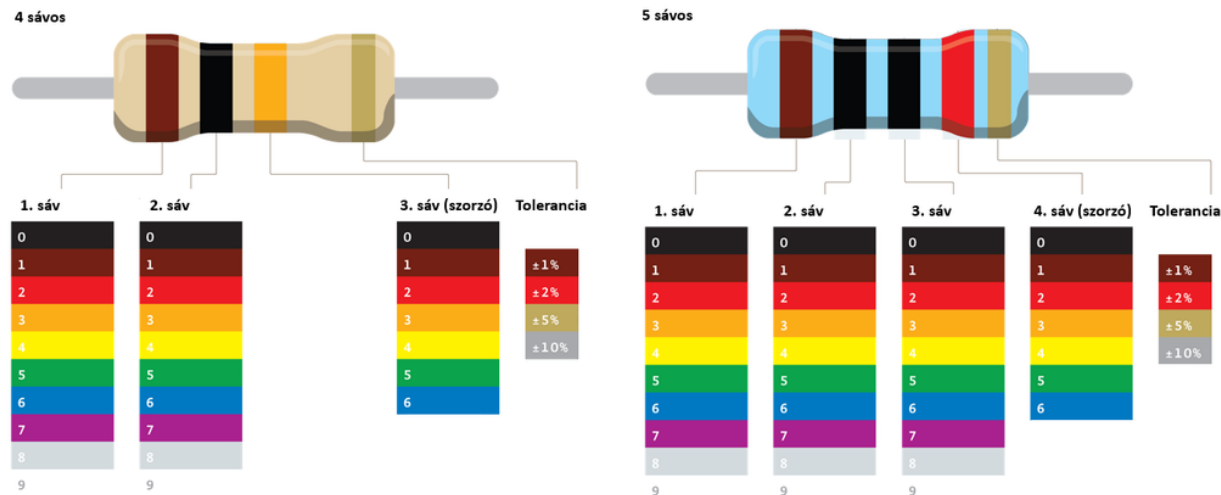
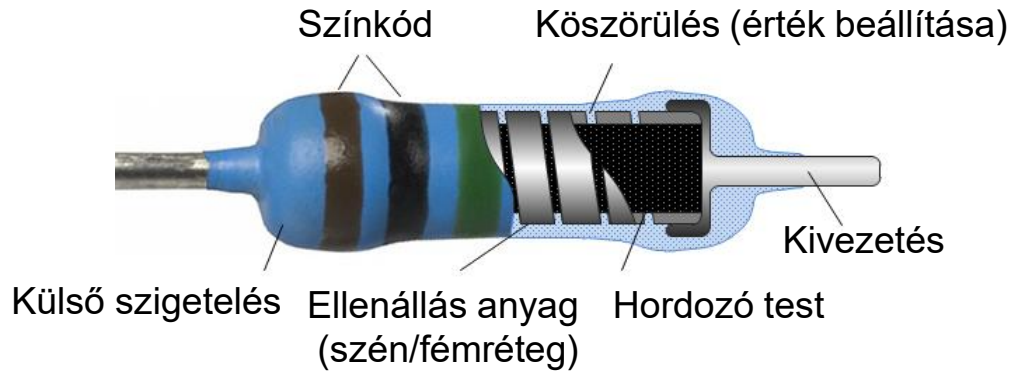
$$k = 10^{\frac{1}{24}} \approx 1.096478$$

A kapott értéket kerekíteni szükséges:

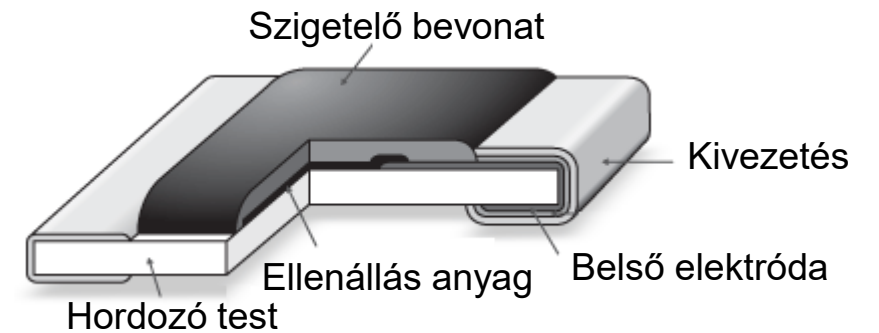
- E6 $\rightarrow$ 1 szignifikáns számjegy
- E12 $\rightarrow$ 2
- E24 $\rightarrow$ 2
- E48/E96/E192 $\rightarrow$ 3 vagy több számjegy

Villamos áramköri elemek, ellenállás, felépítés

Furatátmenetes (Through hole)



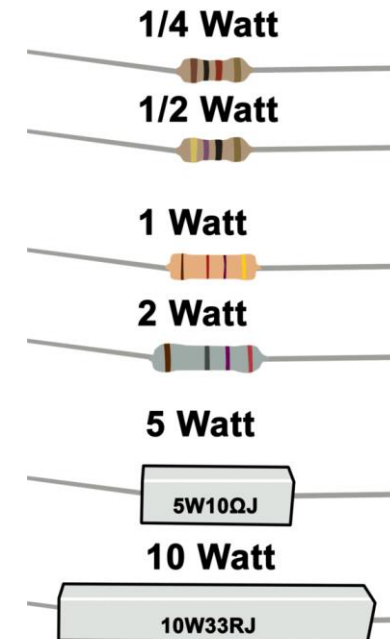
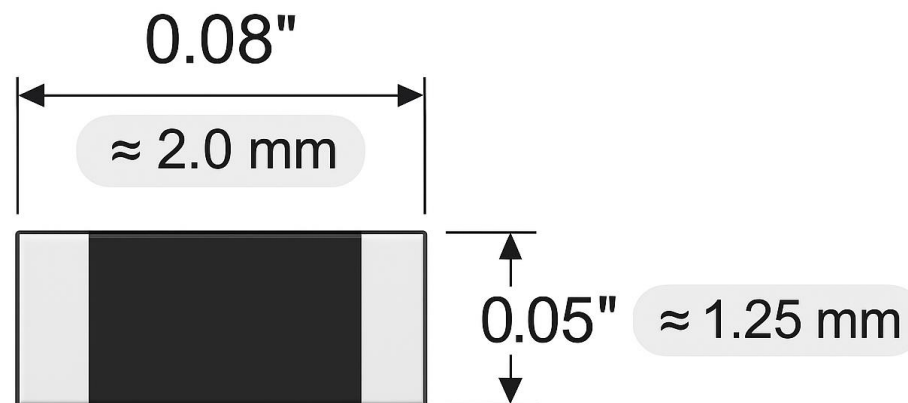
Felületszerelt (Surface-Mount Device – SMD)



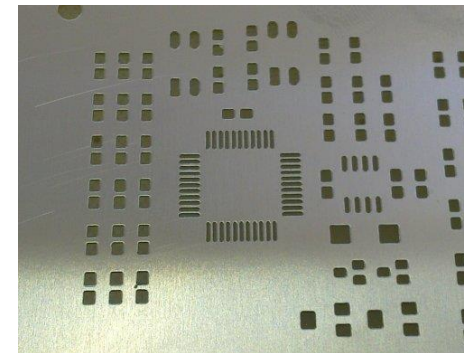
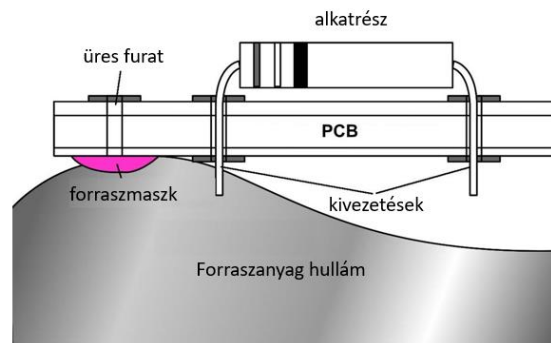
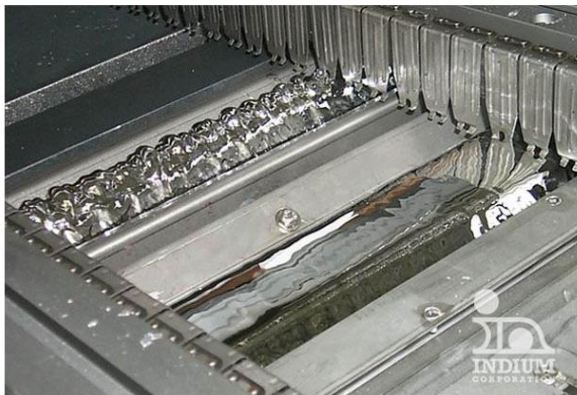
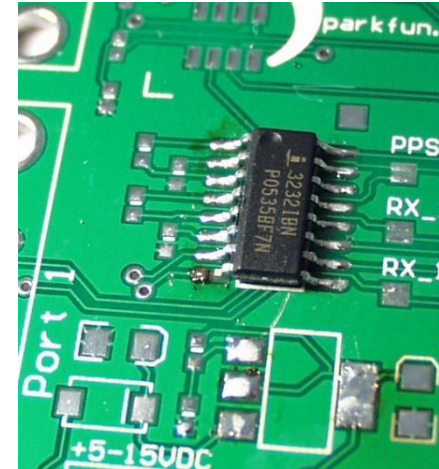
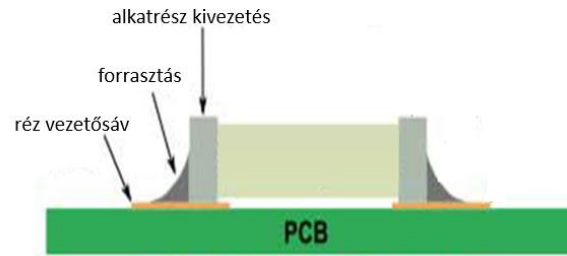
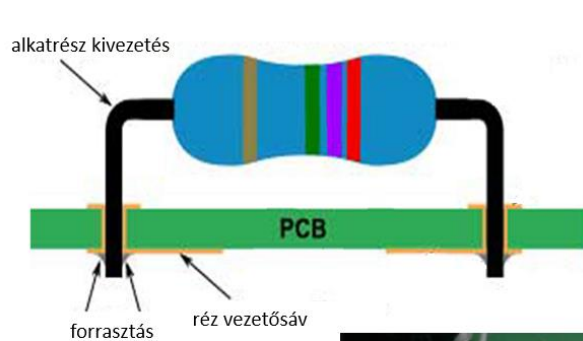
Villamos áramköri elemek, ellenállás, tokozás, teljesítmény

- A tokozás méretes szoros összefüggésben van a disszipált (hő)teljesítménnyel
- A kisebb ellenállások néhány tized wattól több wattig (szén és fémréteg), míg komolyabb teljesítmény esetén néhányszor 10W-ig (huzalellenállás)
- Utóbbi belsejében ellenálláshuzal (amely általában nikkel-króm ötvözet) található, ami kerámia testre van feltekerve. Ezt cementes vagy kerámia pasztával rögzítik, ami nagyon jó hővezető, mechanikailag stabil és véd a külső behatásoktól
- Az ellenállásra kapcsolható maximális értékek (feszültség és áram) Ohm törvénye és az ellenállás teljesítménye alapján számíthatók
- A felületszerelt ellenállások tokozása angolszász méret („inch”) szerint értendő

0201	0.02" × 0.01" 0,6 × 0,3
0402	0.04" × 0.02" 1,0 × 0,5
0603	0.06" × 0.05" 1,6 × 0,8
0805	0.08" × 0.05" 2,0 × 1,25
1206	0.12" × 0.06" 3,2 × 1,6
1210	0.12" × 0.10" 3,2 × 2,5



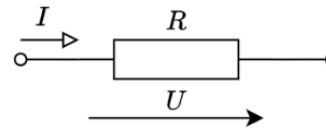
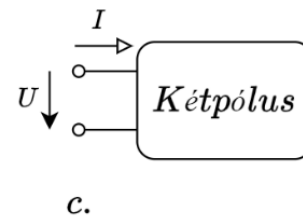
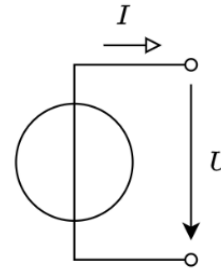
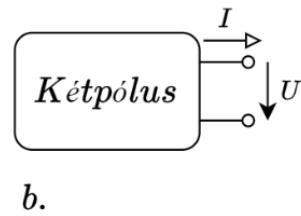
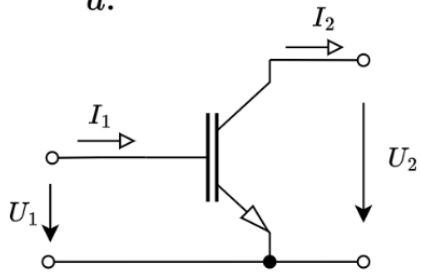
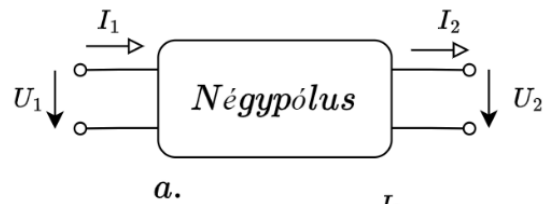
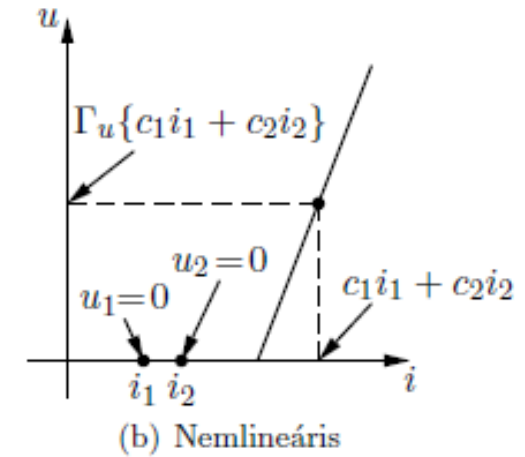
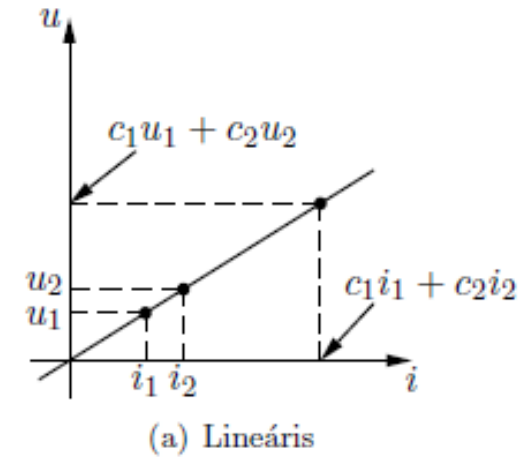
Nyomtatott áramkör kialakítása/forrasztása – átmenőfuratos/felületszerelt alkatrészek esetén



12

Hálózatelméleti alapfogalmak: kétpólusok, négypólusok

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



*A kétpólusok sok más villamos szempont szerint osztályozhatók, de az egyszerűség kedvéért most csak ezeket vesszük figyelembe.

Forrás: Dr. Kuczmán Miklós – Kovács Gergely: Villamosságtan

Hálózatelméleti alapfogalmak: Kirchhoff törvények



- Tetszőleges hálózat komponensek („alkatrészek”) összekapcsolásából áll
- Az egyes komponensek a hálózat csomópontjaiban kapcsolódnak egymáshoz, melyet teli körrel (ponttal, pöttyel) szokás jelölni
- A hálózati egyenletek az úgynevezett Kirchhoff egyenletekkel fogalmazhatók meg:
 - Csomóponti törvény: a csomópontba befolyó áramok összege megegyezik az onnan kifolyó áramok összegével. A kifolyó áramokat pozitív, míg a befolyó áramokat negatív előjellel szokás figyelembe venni.

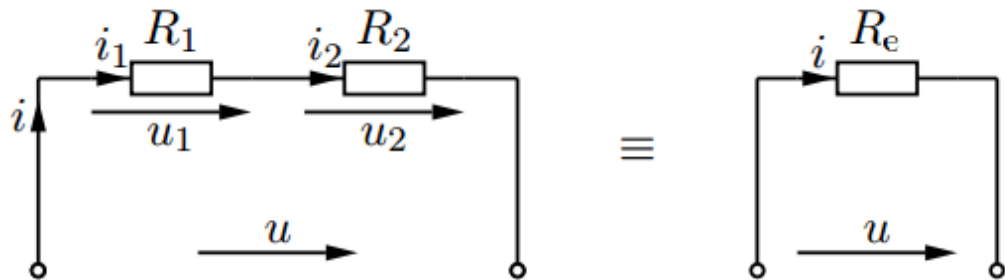
$$\sum_{k=1}^m i_k(t) = 0$$

- Huroktörvény: a huroktörvény kimondja, hogy zárt hurokban a feszültségek előjeles összege zérus. A hurok körüljárási iránya tetszőleges.

$$\sum_{k=1}^m u_k(t) = 0$$

m mindkét esetben a hálózatban található komponensek számát jelenti

Ellenállások kapcsolása – Soros kapcsolás



- Az ellenállásokon (áramköri elemeken) folyó áramok nagysága azonos, azaz:

$$i_1 = i_2$$

- Az feszültségek az ellenállások arányában oszlanak meg, de megállapíthatjuk, hogy

$$u = u_1 + u_2 + \dots + u_n = \sum_{k=1}^n u_k$$

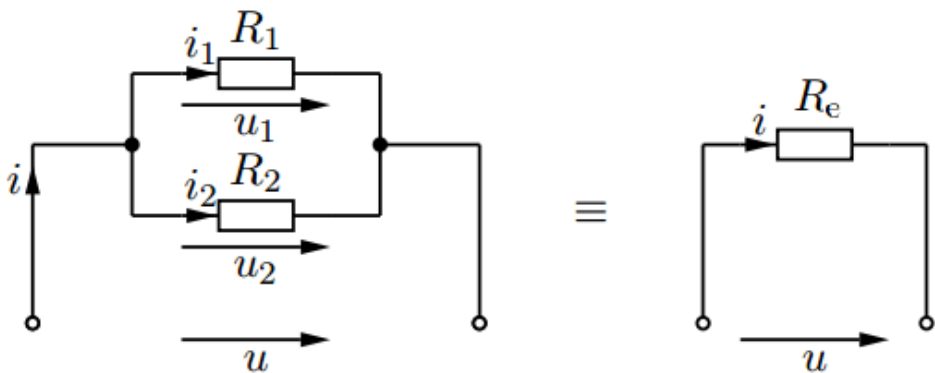
- Az ellenállások helyettesíthetők egy ellenállással, vagyis:

$$R_e = \frac{u_1 + u_2}{i} = \frac{u_1}{i} + \frac{u_2}{i} = R_1 + R_2$$

- Megállapítható, hogy az eredő ellenállás:

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Ellenállások kapcsolása – Párhuzamos kapcsolás



- Az ellenállásokon (áramköri elemeken) eső feszültségek nagysága azonos, azaz:

$$u_1 = u_2$$

- Az áramerősségek a vezetések ($G = 1/R$) arányában oszlanak meg, de megállapíthatjuk, hogy

$$i = i_1 + i_2 + \dots i_n = \sum_{k=1}^n i_k$$

- Az ellenállások helyettesíthetők egy ellenállással, vagyis:

$$R_e = R_1 \otimes R_2 = \frac{u}{i} = \frac{u}{i_1 + i_2} = \frac{1}{\frac{i_1}{u} + \frac{i_2}{u}}$$

- Megállapítható, hogy az eredő ellenállás:

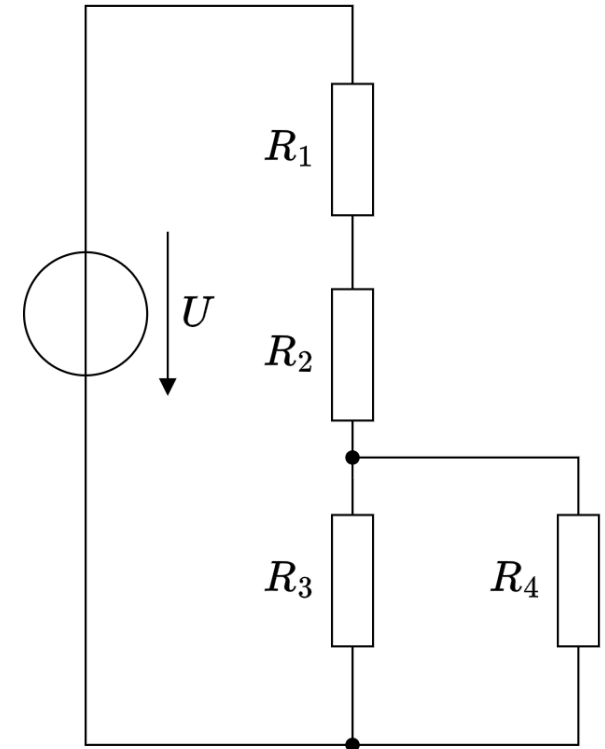
$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Két párhuzamos ellenállás esetén az alábbi formula is használható eredő ellenállás számítására:

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

Összetett hálózatok vizsgálata –referenciairányok felvétele

- Egy összetett hálózat vizsgálata esetén leggyakrabban eredőellenállást, áram és feszültségértékeket kell kiszámítani, részben, vagy a teljes hálózatra vonatkoztatva
- Kirchhoff törvényei alapján tudjuk, hogy a csomópontba befolyó áramok negatív, míg az onnan kifolyó áramok pozitív előjelet kapnak, továbbá a hurokban a körüljárással megegyező komponens feszültsége pozitív, míg az azzal ellentétes negatív
- De honnan tudom az áram és a feszültség irányát egy ismeretlen hálózatban?
- Ezeket az irányokat (referencia irányokat) önkényesen vesszük fel:
 - Amennyiben a számítás végén pozitív előjelet kapunk, a felvett változó előjele pozitív, úgy az a tényleges irányt mutatja
 - Amennyiben negatív, a felvett irány ellentétes a tényleges iránnyal
- Mit is jelent ez? A gyakorlatban az áram és feszültségértékek nagyságáról és irányáról méréssel bizonyosodunk meg. Például ha R_1 áramát a tényleges áramiránynak megfelelően csatlakoztatjuk, akkor a mutató pozitív irányba tér ki (vagy DMM esetén az érték pozitív) ellenkező esetben a mutató „balra indulna el” (ez természetesen kerülendő) vagy DMM esetén az érték negatív
- Két fontos szabályt kell még szem előtt tartani:
 - **A források referenciairányát nem változtathatjuk meg!**
 - **A fogyasztókon a feszültség és áramirány azonos kell legyen!**



Hálózati egyenletek teljes rendszere

- Minden egyes hálózatról elmondható, hány csomóponti és hány hurokegyenlettel írható le, ezek összessége alkotja a hálózati egyenletek teljes rendszerét
- Amennyiben a hálózat n csomópontot (n – node) tartalmaz, úgy a csomóponti egyenletek száma:

$$r = n - 1$$

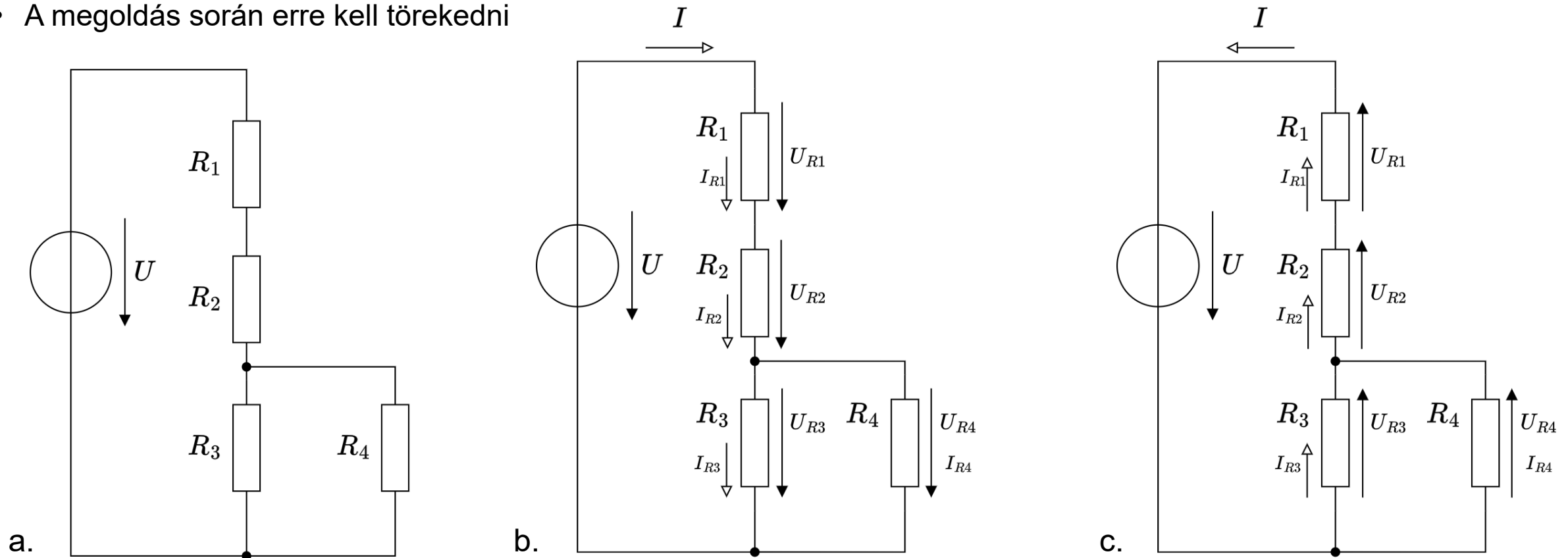
- Amennyiben a hálózatban b számú kétpólus (b – branch) található, úgy a hurokegyenletek száma:

$$l = b - n + 1$$

- Fontos, hogy nem minden esetben van szükség a teljes egyenletrendszerre, bizony esetekben redukált formát is használhatunk

Illusztratív példa

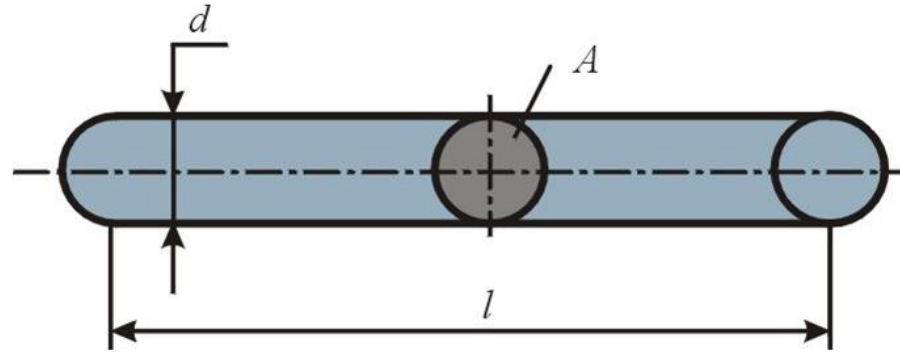
- A referenciairányokat kétféleképp vehetjük fel, mindkét esetben (b, c) jó megoldást kapunk, de csak az egyik adja a tényleges (valós) irányt
- A források iránya tehát fix, mivel pl. egy feszültségforrás kapcsai nem változtathatók meg, egy módon csatlakozunk hozzá
- Ennek megfelelően –kis rutinnal- tudjuk, hogy a b. referenciairányokkal jelölt kapcsolás egyezik meg a tényleges iránnyal
- A megoldás során erre kell törekedni



Példafeladat megoldása

- -lásd előadáson-

Ellenállás meghatározása geometriai paraméterek alapján



- Az vezeték ellenállása kiszámítható a geometria paramétereiből is. Ehhez szükséges tudni:
 - A vezeték hosszát: l [m]
 - Anyagát: ρ $\left[\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}\right]$ (Ezt szokás Ωm -ben is megadni. $1 \Omega\text{m} = 10^6 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$.)
 - Keresztmetszetét: A [mm^2]
- A paraméterek ismeretében a vezeték ellenállása a következő összefüggéssel számítható ki (a gyakorlatban célszerű a vezeték hosszát méterben, a keresztmetszetet pedig mm^2 -ben behelyettesíteni, ekkor az ellenállást Ω -ban kapjuk meg):

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

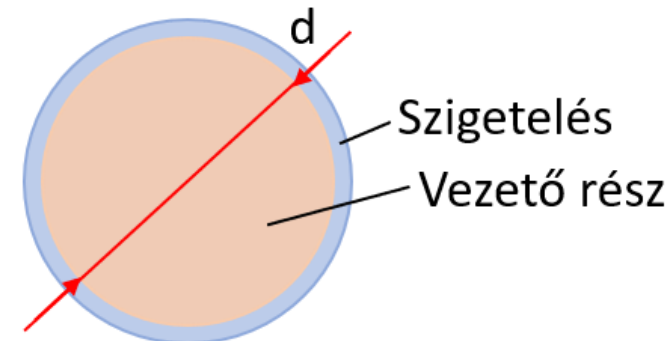
-folytatás-

- Amennyiben a vezető rész keresztmetszete (területe) nem adott, számításal kell meghatározni
- Ez kiszámítható a kör területéből (amennyiben a vezető formája kör alakú) 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



Anyag	Vegyjel	$\rho \left(\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$
Réz	Cu	0,0178
Alumínium	Al	0,0286
Ezüst	Ag	0,016
Arany	Au	0,022

Vezetékek áramsűrűsége

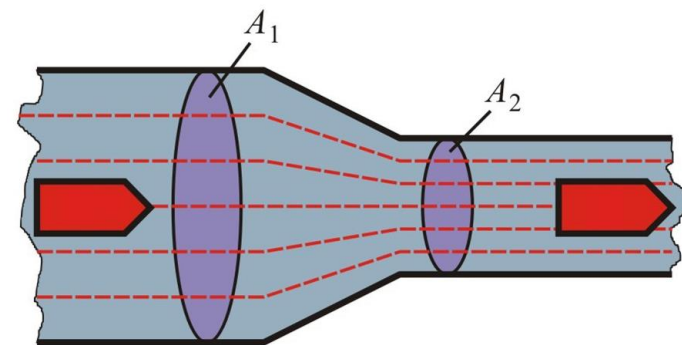
- A vezetékek fontos paramétere az áramsűrűség, mely megadja, hogy a vezető (vezeték) egységnyi keresztmetszetére mekkora áramerősség jut.

- Jele: J , mértékegysége A/mm^2 .

- Képletszerűen:

$$J = \frac{I}{A}$$

- 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 $4-5 A/mm^2$ jó kezdőérték lehet.
- Ugyanakkora áramerősség mellett kisebb keresztmetszet esetén az áramsűrűség nagyobb lesz.
- Továbbá, nagyobb áramsűrűség mellett a vezető (vezeték) jobban melegszik.



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

Ellenállások (vezetők) hőfokfüggése

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

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

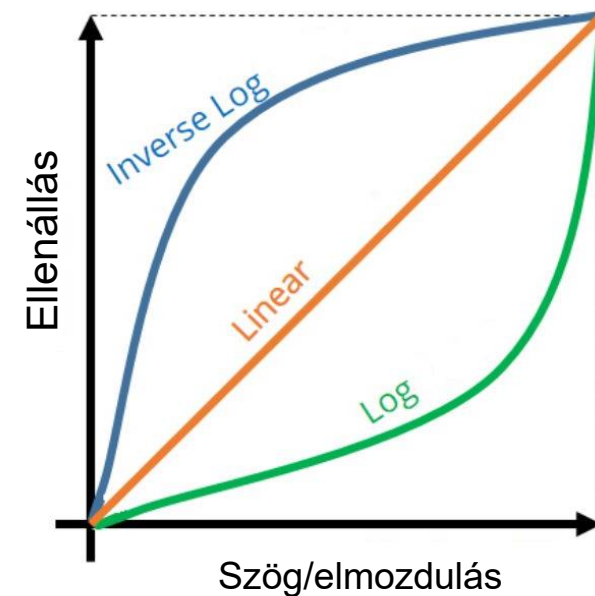
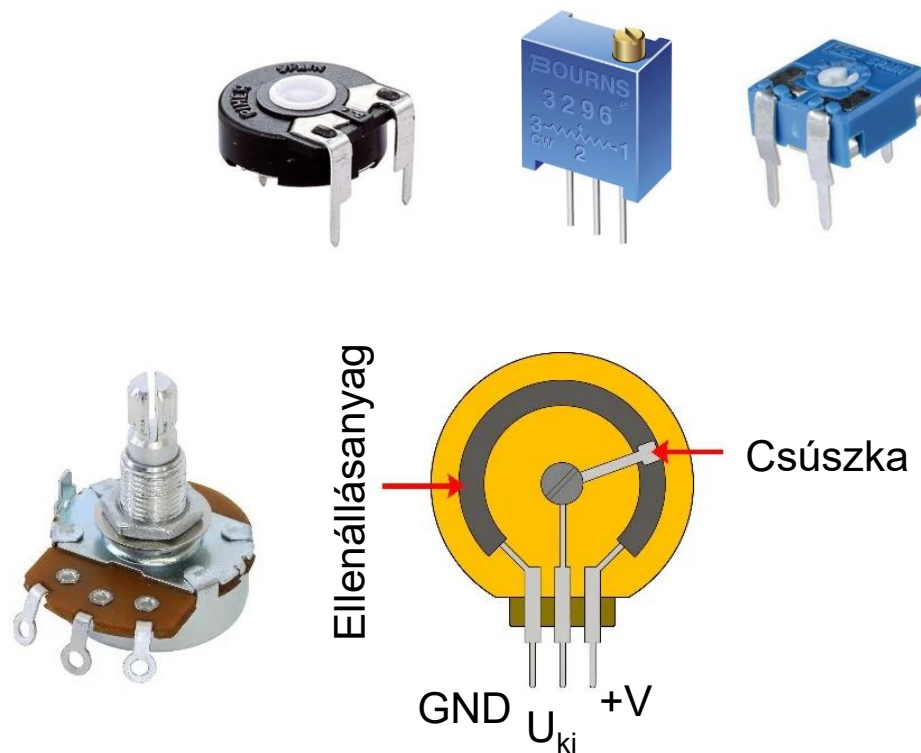
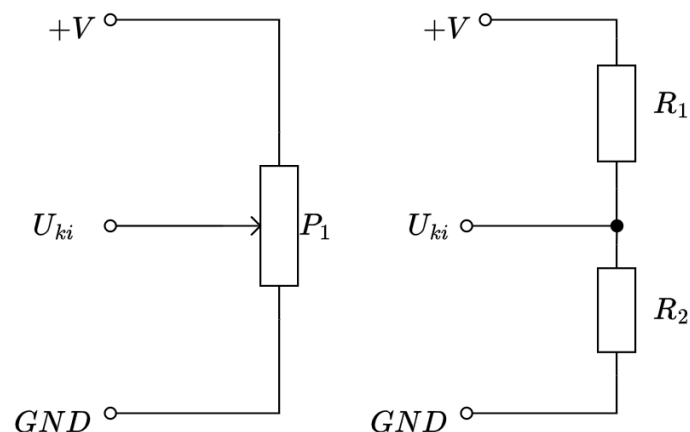
- Az „ α ” a hőmérsékleti együttható. Megmutatja, hogy az adott anyag egy darabja 1°C (1K) hőmérséklet változás hatására mennyivel változtatja az ellenállását. Mértékegysége: [1/°C] vagy [1/K]
- Az R_{20} az adott anyag 20°C-on mért ellenállása (katalógusadat)
- ΔT a hőmérséklet differencia: $\Delta T = T_x - T_{20}$
- 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.

Különleges ellenállások

- A klasszikus értelemben vett ellenállásokon kívül számos más típusú ellenállás létezik
 - Potenciométer, trimmer
 - Feszültségfüggő ellenállás
 - Fényfüggő ellenállás
 - Nyúlásmérő bélyeg.... stb.

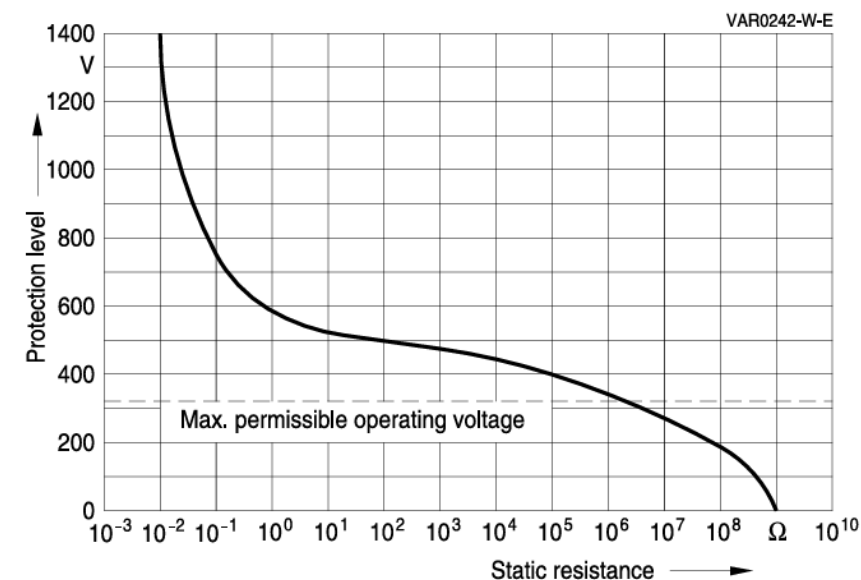
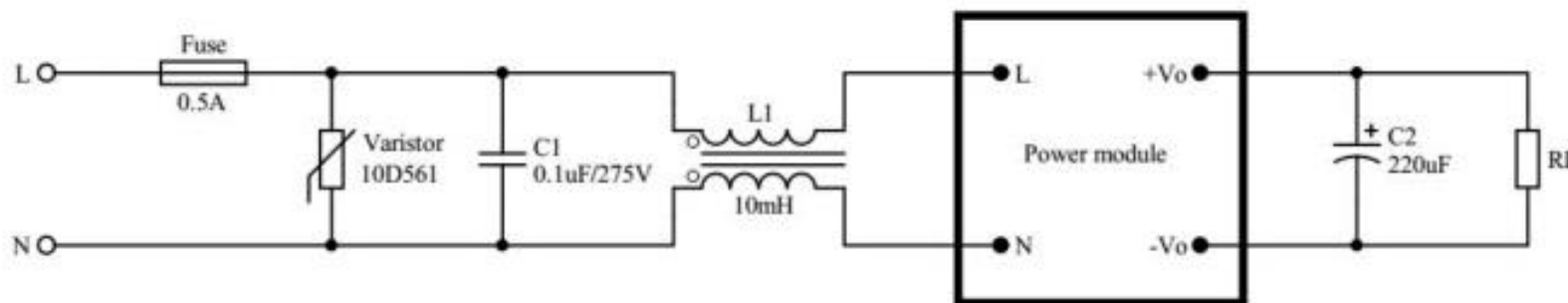
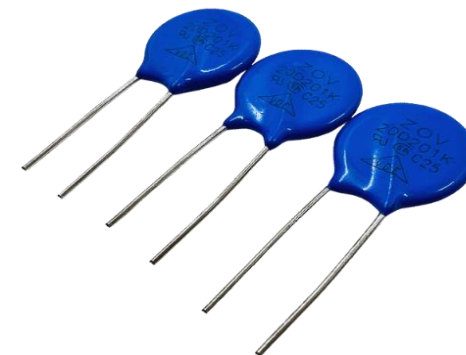
Potenciométerek, trimmerek

- A potenciométerek és trimmerek olyan változtatható ellenállások, ahol a kimeneti ellenállás szögelfordulás vagy elmozdulás függvénye
- A potenciométer általában nagyobb kialakítású, a trimmer pedig közvetlenül az áramkörbe (NYÁK-ba) építhető
- Kimeneti karakterisztikájukat tekintve lehetnek:
 - Lineáris
 - Logaritmikus
 - Inverz logaritmikus jellegűek



Feszültségfüggő, fényfüggő ellenállások

- A feszültségfüggő ellenállás, azaz VDR (Voltage Dependent Resistor) vagy más néven varisztor, egy olyan feszültségfüggő ellenállás, amelynek ellenállása a rajta ejtett feszültség nagyságától függően változik:
- Magas feszültségnél meredeken csökken az ellenállása, így kiválóan alkalmas túlfeszültség-védelemre, áramkorlátozásra, de hogyan?



Forrás: tdk-electronics.tdk.com