

# 5. Multiméter, Ohm-törvény a gyakorlatban

Írta: Nagy Péter

Lektorálta: Lágler Gergely, Proksa Gábor

## MULTIMÉTER

---

Ebben a részben a multiméterrel és a hozzá kapcsolódó egyszerű mérésekkel foglalkozunk. Megtanulunk feszültséget, áramerősséget, ellenállást mérni; megismerkedünk az ellenállások párhuzamos, soros kapcsolási módjaival, és terhelhetőségükkel.

Kezdjük azzal mi is az a multiméter. Maga a szó két latin eredetű szóból ered a „multi”-ból és a „méter”-ből. A „multi” szó sokat, többet, sokfélét jelent – gondoljunk csak a multivitaminra. A „méter” pedig a latin „metrum” szóból ered, melynek eredeti jelentése mérni. Ez a szó a mérőeszközre utal, hasonlóan a **voltméter** (feszültségmérő), **manométer** (nyomásmérő), **anemométer** (légsebességmérő) szavainkhoz. Az eszköz nevéből tehát arra következtethetünk, hogy sokféle mennyiség mérésére alkalmas mérőkészülékről beszélünk. Tulajdonképpen egész közel járunk az igazsághoz annyi megkötéssel, hogy csak elektromos mennyiségek mérésére szorítkozunk.

Mik lehetnek ezek a mennyiségek? Legegyszerűbb esetben feszültség, ellenállás és áramerősség. Az ezeket mérő beépített műszerek nevei rendre: feszültségmérő (Volt-meter), ellenállásmérő (Ohm-meter), áramerősségmérő (Ampere-meter). Nagyjából ezeket a mennyiségeket lehetett mérni a régebbi, analóg multiméterekkel is. Ezek a funkciók a modern digitális mérőeszközökben további hasznos lehetőséggel bővültek: kondenzátorok kapacitásmérésével, jelek frekvenciájának mérésével, tekercsek induktivitásmérésével, szakadás, dióda, illetve tranzisztor tesztelővel, esetleg hőmérővel. Ezek a funkciók nem feltétlenül találhatók meg minden multiméterben, a mérhető mennyiségek száma természetesen függ a termék típusától.

Először ismerkedjünk meg az eszköz általános kialakításával, helyes bekötésével. A multiméter három jól elkülöníthető részből áll: egy széles, általában a fenti részén elhelyezkedő digitális kijelzőből, egy forgókapcsolóból, amivel kiválaszthatjuk a mérendő mennyiséget, illetve a bemeneti csatlakozókból, amikhez a mérőkábeleket csatlakoztathatjuk. Bizonyos egyszerű multiméterekben a mérőkábelek a házhoz vannak rögzítve, ilyenkor nincsenek csatlakozók, a multiméterből közvetlenül jönnek ki a vezetékek. Ez megnehezíti egy esetlegesen meghibásodott mérőkábel cseréjét, és egyéb veszélyforrásokat is tartogat, amelyekre később kitérünk az áramerősség-mérésnél.

A fentiekén kívül további nyomógombokat is találhatunk a kijelző alatt. Például az enyémén bal oldalt egy sárga HOLD feliratút, jobb oldalt pedig egy világoskéket, amin egy napot szimbolizáló piktogram látható. Előbbivel az aktuálisan kijelzett értéket lehet tárolni. Ha megnyomjuk, onnantól a kijelző azt az értéket mutatja, amit a lenyomás pillanatában mértünk. A mérést a gomb újbóli megnyomásával folytathatjuk. Az utóbbi kék gomb pedig a kijelző háttérvilágításának ki-bekapcsolására szolgál.

## A FORGÓKAPCSOLÓ ÁLLÁSAI

Nézzük végig, milyen opciókat választhatunk a forgótárcsán! Ha az óramutató járásával megegyező irányba haladunk, az első nagy csoportnál egy V betűt látunk mellette egy folytonos és szaggatott vonallal. Ezzel a beállítással egyenáramú áramkörökben tudunk **feszültséget** mérni. A különböző számok pedig a méréshatárra utalnak, amik ezen a multiméteren a következők: 200 mV, 2000 mV, 20 V, 200 V, 250 V. A méréssel és a méréshatárok jelentőségével később jobban megismerkedünk, annyit azonban előre megjegyzünk, hogy a műszer mindig a méréshatárnak megfelelő mértékegységben mutatja a mért mennyiséget: ha 2000 mV a méréshatár, akkor mV-ban; ha 2 V, akkor már V-ban.

Tovább haladva a tárcsán a következő csoport a **váltakozó feszültség** mérésére szolgáló opciók. A váltakozó feszültség főként nagyteljesítményű rendszerekre jellemző, például otthon is ilyen feszültség van a 230V-os csatlakozókban. (Az 50 V feletti váltakozó feszültség már az életünkre is veszélyes lehet, ilyen jellegű méréseket önállóan, szakértő felügyelete nélkül ne végezzünk!) Ezt a témát itt nem ismertetjük, mert a tananyagban főleg egyenáramú kapcsolásokról lesz szó.

A következő állásban egy dióda rajzjelét és egy hangjelzésre utaló jelet látunk. Ebben az állásban áramköri **szakadásokat** tudunk meghatározni, és félvezető alkatrészek (dióda, tranzisztor) nyitófeszültségét tudjuk megmérni. Ezekről a következő részekben olvashattok bővebben.

A következő állásnál egy úgynevezett **négyszögjel** és egy OUT feliratot látunk. Ekkor a multiméter egy közel 50Hz-es négyszögjel generátorként üzemel, ez például audio eszközök tesztelésénél, javításánál lehet hasznos.

A következő nagy csoport mellett egy A betűt és ugyanazt a folytonos és szaggatott vonalat látjuk, mint korábban az egyenfeszültség-mérésnél. Ebből már kitalálhattad, hogy ezeknél a beállításoknál egyenáramú áramkörökben tudunk különböző méréshatárokig ( $2000\ \mu\text{A}$  – 10 A) **áramerősséget** mérni. Ezt nemsokára részletesebben is megismerjük. **Fontos**, hogy amíg nem olvastuk el az áramerősség mérésről szóló részt, addig ne használjuk ezeket az állásokat, mert tönkretehetjük a mérőműszerünket!

Végül az utolsó nagy csoport, amellyel megismerkedünk, az **ellenállás-mérés** opciók, melyet a nagy  $\Omega$  jelöl. Itt a méréshatárok nálam  $200\ \Omega$  (Ohm)-tól  $200\ \text{M}\Omega$ -ig terjednek.



1. Ábra - A multiméter főbb részei

## A MULTIMÉTER BEKÖTÉSE

Mielőtt a multimétert használni tudnánk, mérőkábeleket kell csatlakoztatnunk a megfelelő bemeneti csatlakozókra. A feketét kössük a jobb oldali COM feliratúra! A COM itt az angol „common” szóra utal, amely szó szerinti fordításban közös pontot, vagyis jelen esetben a föld-, nullpont jelenti. Ez lesz az a pont, amihez képest mérünk. A piros kábelt pedig, ha más utasítást nem kapunk, kössük mindig a középső helyre, ahol a  $V\Omega mA$  feliratot láthatjuk. Fontos megjegyezni, hogy bizonyos multiméterek esetén külön csatlakozó van a  $V\Omega$  (feszültség- és ellenállás-mérés) és a mA (áramerősség mérés mA-es tartományban) mérésekre is. Ezeknél az eszközöknél általánosan a  $V\Omega$  helyre kell kötni a piros vezetéket, kivéve az áramerősség mérésénél, ahol az áramerősségtől függően a mA vagy az A feliratú helyre. Ez az eszköz védelmét szolgálja, hogy még nehezebben tudjuk tönkretenni. Erről részletesebben az áramerősség-mérés résznél olvashatunk majd.

Megjegyzendő, hogy a kábelek színének megválasztása csak a gyakorlatban kialakult szokásokból jön. Ha ezektől eltérnénk, megcserélnénk a piros és fekete kábeleket, vagy esetleg más színű vezetékeket használnánk, az a mérést nem befolyásolná, azonban mind magunknak, mind egy nekünk segíteni akaró társunknak nehézséget okozhatnánk.

## FESZÜLTÉG MÉRÉS

Kezdjük a legegyszerűbb esettel, az egyenfeszültség méréssel. Ennek során két pont között tudjuk megmérni a feszültséget. Ilyenkor a multimétert mindig **párhuzamosan** kötjük a mérendő alkatrészhez, berendezéssel. A feszültségmérő ilyenkor ideálisan egy szakadásnak tekinthető, amin keresztül nem folyik áram.

Ha az áramkörbe sorosan kötjük be, akkor olyan, mintha a két bekötési pontnál megszakítanánk a kapcsolást. (Például hibakeresés esetén ez is lehet a cél, de ilyenkor az áramkörünk nem eredeti állapotában üzemel.)

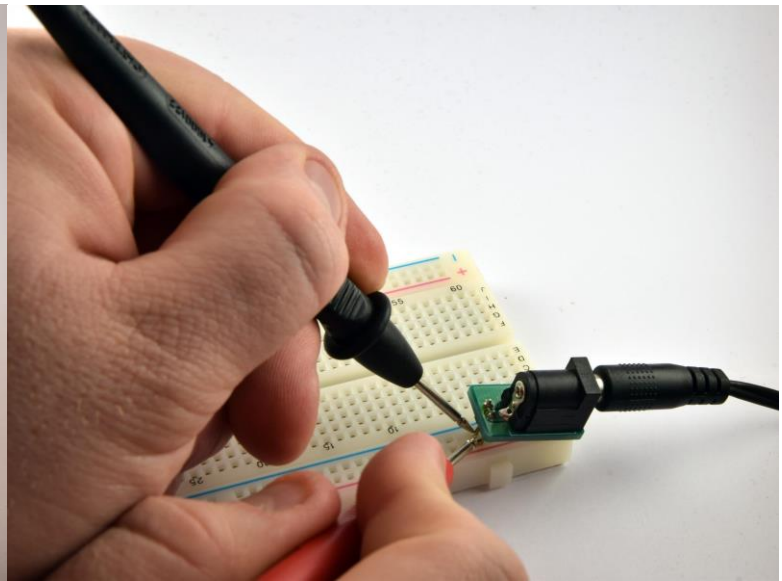
A valóságban természetesen nem tökéletes szakadásként viselkedik a mérőműszer, hanem egy nagy értékű ellenállásként, amelynek nagyságát a gyártó általában ráírja a műszerre. Ez az én multiméteremnél 10 MOhm. Amíg a mért áramköri rész eredő ellenállása nagyságrendileg 10 kOhm alatt van, addig a multiméter bemeneti ellenállása végtelennek, a multiméter pedig szakadásnak tekinthető. Ez az érték

azonban a korábban említett bemeneti ellenállástól, azaz a multiméter típusától függ. Természetesen, ha a mérendő rész ellenállása ennél nagyobb, akkor is mérhetünk, azonban a mérés egyre pontatlanabb lesz, és az áramkör működése is egyre jobban el fog térni az eredetileg tervezettől. Ennek az elméleti hátterét majd később, az ellenállások párhuzamos kapcsolásánál fogjuk megérteni.

A forgótárcsát a „kikapcsolt” (off) állásból forgassuk jobbra (óra járásának megfelelő irányba), ahol egyenfeszültséget tudunk mérni 20 V-os méréshatárral. A méréshatárt úgy érdemes megválasztani, hogy a lehető legkisebb értékre állítsuk, ami még biztosan nagyobb, mint a mérendő érték. Így tudunk a legpontosabban mérni. A modern digitális multiméterek védelme a túlfeszültség ellen általában jó. Ha véletlenül mégis túl kicsi méréshatárt választunk, akkor sem történhet komoly baj. Ilyenkor a multiméter a kijelző bal oldalán megjelenő 1-essel jelzi, hogy a mérendő jel nagyobb a kiválasztott méréshatárnál.

Kezdésként mérjük meg a 12 V-os AC/DC tápegységünk kivezetései közt lévő feszültséget. Kössük be a breadboardba a tápukat, és mérjük meg a két fém tűske között a feszültséget.

**Fontos**, hogy amikor egymáshoz közeli, de különböző feszültségű pontok között mérünk, fokozottan figyeljünk arra, **hogy a mérővezeték végén található fémcsúccsal véletlenül se zárjuk rövidre az áramkört!** Mindig úgy mérjük, hogy a mérőfej csak a kiválasztott pontot érintse az áramkörben! Ha véletlenül egyszerre több helyen ér az egyik csúcs az áramkörhöz, ezeket a pontokat rövidre zárja, ami a mérőműszerre általában nem jelent veszélyt, azonban az éppen mért áramkört vagy a tápegységet tönkretelheti. Ez attól függ, hogy épp mit „sikerült” rövidre zárni. Ha nem vagyunk biztosak a dolgunkban, kössük be inkább a breadboardba két vezetékét egymástól távol. Az egyiket csatlakoztassuk a negatív sorra (sínre), a másikat pedig a pozitívra. Ezek után a fekete mérőkábelt érintsük a negatív kivezetéshez, a pirosat pedig a pozitívhoz (vagy a megfelelő újonnan csatlakoztatott vezeték végéhez). Figyeljünk arra, hogy a mérés során az érintkezés megfelelő legyen a mérőkábel és az éppen mért pont között. Ha a kijelző által mutatott érték jelentősen ingadozik, akkor az érintkezés valószínűleg nem megfelelő. Ha mindent jól csináltunk a műszerünk nagyjából 12 V-ot mutat. Az én esetemben ez 12,15 V volt.

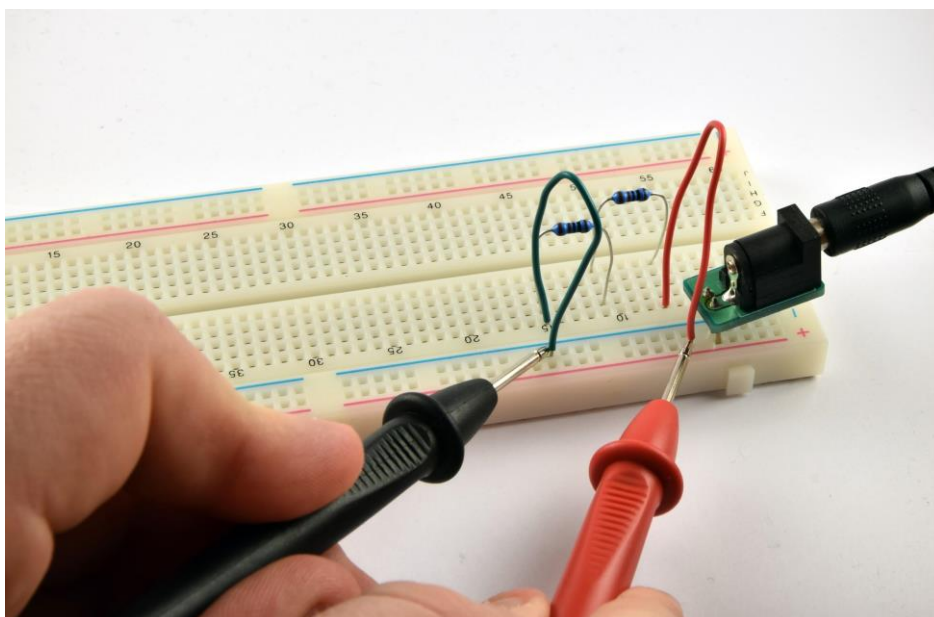


2. Ábra - A tápfeszültség kimérése

### Kitekintés

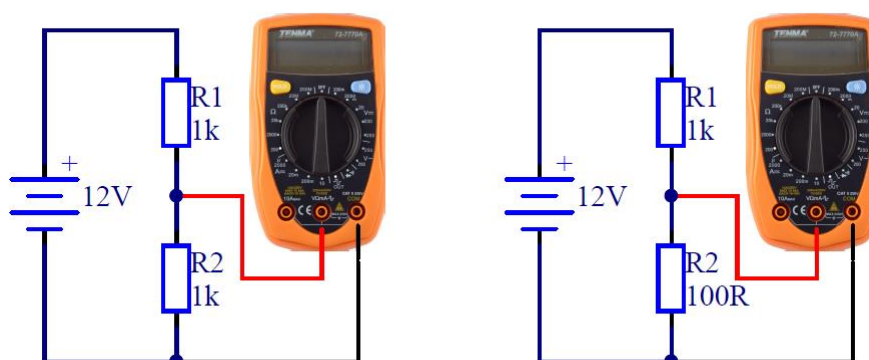
Ha a műszerünk -12 V körüli értéket mutat, akkor valamit vagy a breadboardon vagy a műszerben fordítva kötöttünk be. Mindig a fekete mérővezeték jelenti a nullpontot, és az eszköz azt mutatja, hogy a piros mérővezeték ehhez képest milyen potenciálú pontra van kötve. A negatív érték azt jelenti, hogy a piros vezeték van alacsonyabb potenciálú ponton. Ha a multimétert jól kötöttük be, akkor valószínűleg a tápkábelek kivezetéseit cseréltük meg.

Ha ezzel megvagyunk, mérjük meg mekkora feszültség esik két, sorosan csatlakoztatott ellenálláson. Vegyünk elő két 1 k $\Omega$ -os ellenállást, és kössük őket sorba, illetve a tápra. Ezek után mérjük meg a két ellenálláson eső feszültséget! Ugyanazt kell kapjuk, mint az előbbi mérésnél: a tápfeszültséget.



3. Ábra - Az ellenállásokon eső feszültség kimérése

Ezután mérjük meg az egyik ellenálláson eső feszültséget! Mivel sorba vannak kötve és ugyanakkorák az ellenállások, korábbi ismereteink alapján tudjuk, hogy mindkettőre a tápfeszültség fele fog jutni, ami az én esetemben 6,08 V. Ha az elméletre már nem igazán emlékszel, semmi gond. Miután a többi mérési módszerrel megismerkedtünk, visszatérünk a soros-párhuzamos ellenállások kapcsolására.



4. Ábra - Különböző nagyságú ellenállásokra jutó feszültség kimérése (bal: 1 kΩ, jobb: 100 Ω)

Most cseréljük ki az egyik 1 kΩ-os ellenállást egy 100 Ω-osra. Ekkor a 100 Ω-os ellenálláson eső feszültség:

$$U_2 = \frac{100 [\Omega]}{100 [\Omega] + 1000 [\Omega]} \cdot 12,15 [V] = 1,105 [V]$$

Mérjük is meg! A multiméter kijelzője 1,10 V-ot mutat. Vegyük észre, hogy ez már kisebb, mint következő méréshatár, ami 2000 mV = 2 V tehát már azt is használhatjuk. Állítsuk át ennek megfelelően a forgótárcsát, majd mérjük meg újra a feszültségesést a kisebbik ellenálláson. A műszer nálam 1102 mV-ot jelez. A méréshatár átállításával még egy értékes jegyet tudtunk kinyerni, és pontosabb eredményt kaptunk.

A számolt és a mért eredmény kis mértékben eltér egymástól. Ennek az az oka, hogy az ellenállások valódi értéke a gyártási pontatlanság miatt eltér a névleges értéktől, azaz attól, ami rá van írva, illetve a műszerünknek is van mérési pontatlansága.

### Kitekintés

A gyártó garantálja, hogy mekkora ennek az eltérésnek a százalékban kifejezett maximuma. Ezt az ellenállás színcódjának utolsó csíkja jelöli. (Ezüst:  $\pm 10\%$ , arany:  $\pm 5\%$ , vörös:  $\pm 2\%$ , barna  $\pm 1\%$ , zöld:  $\pm 0.5\%$ ).

Ellenállásmérésnél ígérem, hogy pontosítjuk az előbbi számításunkat. Ha van kedved, találj ki magadnak további soros-párhuzamos kapcsolásokból álló példákat, számold ki őket majd méréssel ellenőrizd! Az ellenállásmérés megismerése után több példát is megnézünk.

Összefoglalva: Feszültséget mérni könnyű, arra viszont figyelni kell, hogy a mérőkábel fémhegyével véletlenül se zárjunk egymáshoz közeli fémfelületeket, különben a mért berendezést tönkretelhetjük. A mérés során a piros kábellel tudunk mérni, ahhoz a ponthoz képest, amihez a fekete mérőkábel végét érintettük.

### ÁRAMERŐSSÉG-MÉRÉS

Ismerkedjünk meg a multiméter következő funkciójával: az áramerősség mérésével. Ez a mérés bonyolultabb, mint a feszültségmérés, és ha hibásan használjuk, a mérőműszerünket is tönkretelhetjük. A feszültségméréssel szemben a multimétert ilyenkor mindig **sorosan** kötjük be az áramkörbe, hisz az eszközön átfolyó áramot tudjuk, szeretnénk mérni. Az ilyen módon történő bekötés megnehezíti a mérést, hisz a kapcsolást mindenképp meg kell bontani a mérendő pontban.

Van egy komoly veszélyforrás is ennél a mérésnél. Ahhoz, hogy a bekötött műszer ne befolyásolja a mérést, úgy alakítják ki, hogy az ellenállása nagyon kicsi legyen, ez pedig azt a kockázatot rejti magában, hogy ha árammérésre állítottuk be a mérőműszerünket, és véletlenül olyan pontok közé kötjük be, melyek nagy áramot tudnak szolgáltatni (például a tápegységünk kimenete) **a kapcsolást és mérőműszert is tönkretelhetjük**. Erre a mérés során fokozottan figyeljünk!

Áramerősség-mérés során akkor pozitív az áram iránya, ha az a piros vezetékbe fut be és a feketén ki, ilyenkor pozitív számot látsz a kijelzőn. A negatív pedig, ha pont a másik irányba folyik.

Ennél a mérésnél a helyes méréshatár kiválasztása sem olyan veszélytelen feladat. Ilyenkor a különböző méréshatárok esetén a mérőműszer belsejében különböző értékű, az áramkör szempontjából elhanyagolhatóan kicsi mérőellenállás kapcsolódik az áramkörbe. A kisebb áramok mérésére használt ellenállás értéke nagyobb, emiatt nagy áramok esetén jobban melegednek, akár szét is éghetnek. (Ezzel a jelenséggel a tananyagrészt végén, az ellenállások terhelhetőségénél ismerkedünk meg bővebben.) A

méréshatár helyes megválasztása tehát fokozottan fontos. Ha bizonytalanok vagyunk a mérendő áram mértékében, először érdemes nagyobb méréshatárral próbálkozni.

Azért, hogy ne lehessen mégse olyan könnyen tönkretenni a mérőműszert, egy biztosítót építenek bele. Ha figyelmesebben megnézzük az eszközt, a középső csatlakozó felett van egy "FUSED" felirat, ami azt jelenti, hogy az biztosítóval ellátott. Ennek feladata túl nagy áramerősség esetén megszakítani az áramkört, így védve a komolyabb károk ellen a mérőeszközt. A biztosító betétnek van egy névleges értéke, amekkora áramerősség esetén old. Ezt az értékét általában ráírják a műszerre (nálam a "FUSED" felirat fölé), amely a multiméterem esetén 200 mA. Ha ennél az értéknél nagyobb áramerősséget mérnek, a biztosító betétem kioldana, ami megvédené a műszer többi részét, a biztosító betétet viszont sajnos ki kellene cserélnem.

Található a forgókapcsolón 10 A-es méréshatár is, mely felett pedig azt olvashatjuk, hogy "UNFUSED", azaz biztosító nélküli. Itt még odaírják azt is, hogy ilyen magas áramérték mellett maximum 10 másodpercig mérhetünk legalább 15 perces szünettel. Ha nagy áramokat ennél tovább vagy gyakrabban mérünk, a multiméter túlmelegedhet és tönkremehet. Összefoglalva tehát, ha ebbe az "UNFUSED" csatlakozási pontba kötjük a piros vezetékét, akkor kiterjeszthetjük a méréshatárt, viszont elveszítjük a biztosító által nyújtott védelmi funkciókat.

Korábban már említettem, hogy léteznek olyan multiméterek is, ahol a mérőkábelek fixen vannak rögzítve a házhoz, ami azt jelenti, hogy sajnos nem választhatjuk meg, hogy hogyan kötjük be a mérővezetéseket a multiméterünkbe. Ilyen eszközöknél használat előtt mindenképp olvassuk el, hogy tartalmaz-e biztosítót az eszköz, illetve milyen névleges áramerősség engedhető meg!

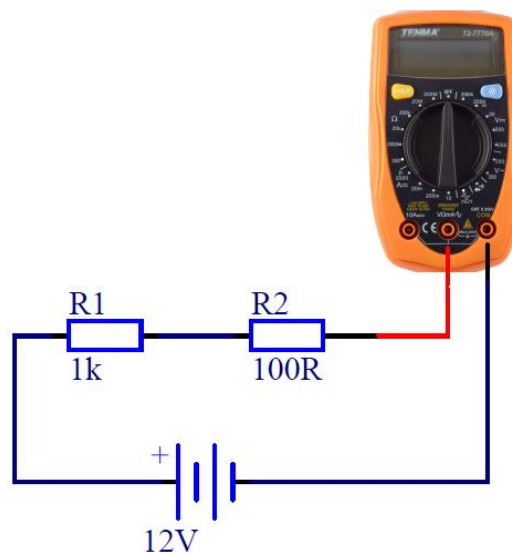
Összefoglalásként álljon itt egy táblázat, mi történik különböző áramerősségek mérésénél a két különböző bekötési mód ("FUSED", "UNFUSED") esetén.

Áramerősség	"FUSED" bekötés biztosítóval ellátott	"UNFUSED" bekötés biztosító nélküli
0-200 mA	<b>javasolt!</b> A műszer megfelelően mér, ha helyesen beállítjuk a forgótárcsával a méréshatárt.	Pontatlan, ezért nem javasolt. A műszer megfelelően mér, ha helyesen beállítjuk a forgótárcsával a méréshatárt.
200 mA-10 A	<b>Kerülendő!</b> A műszerben a biztosító old, hogy megvédje a további károsodástól. A biztosító betétet cserélni kell.	<b>javasolt!</b> A műszer megfelelően mér, ha helyesen beállítjuk a forgótárcsával a méréshatárt. <b>Figyelni kell</b> a mérés idejére, a műszer túlmelegedhet.
10 A-nál nagyobb	<b>Kerülendő!</b> A műszerben a biztosító old, hogy megvédje a további károsodástól. A biztosító betétet cserélni kell	<b>VESZÉLY!!!</b> A műszert túlterheltük, bármelyik pillanatban tönkremehet.



A mérés megkezdése előtt mindenképp meg kell becsülnünk a mérendő áramerősséget. Sokszor a mérendő ágba található egy sorosan kötött ellenállás is. Ha az ellenállás értékét ismerjük, akkor a rajta eső, viszonylag könnyen mérhető feszültségből következtethetünk az áramerősségre. Ha nincs lehetőség ilyen jellegű mérésre vagy becslésre, akkor tájékozódjunk az adott eszköz adatlapjáról. Ha végképp nem tudjuk megbecsülni az áramerősséget, akkor válasszuk a 10 A-es méréshatárt (az annak megfelelő bekötéssel!) és utána csökkentjük, amennyiben lehetséges, ahogy azt korábban a feszültségmérésnél megismertük.

Vegyük elő a korábban feszültségmérésnél összeállított kapcsolásunkat, mely két ellenállásból állt (100  $\Omega$  és 1 k $\Omega$ ). Először is becsüljük meg az áramerősséget a korábbi mérés alapján! A kisebbik ellenálláson a már kimért feszültségből a következő becslést adhatjuk az áramerősségre:



5. Ábra - Átfolyó áram mérése

$$I = \frac{U_2}{R_2} = \frac{1,102 \text{ [V]}}{100 \text{ [\Omega]}} = 0,011 \text{ [A]} = 11 \text{ [mA]}$$

Tehát a 20 mA-es méréshatárral biztonságosan mérhetünk. Az áramerősség-mérés esetén kapcsoljuk ki a mérendő áramkört, jelen esetben húzzuk ki a tápot! Ha ezzel kész vagyunk, szakítsuk meg az áramkört abban a pontban, ahol mérni szeretnénk. Mivel soros kapcsolásban (egy ágon belül) mindenhol ugyanakkora az áramerősség, ezt bárhol megtehetjük. Az összeállított kapcsolás egyik vezetékeit az ellenállás mellől dugjuk át egy másik, üres sorba a breadboardon. Az áramkör visszakapcsolása után érintsük az egyik mérőcsúcsot az üres sorba dugott vezeték végéhez, míg a másikat az ellenállás végéhez. Ekkor a hozzáérintéssel zárjuk az áramkört, ha bármelyik véget elengedjük, nem fog folyni áram; a „berendezés” kikapcsol. Ha mindent jól csináltunk a mérőműszeren megjelenik a mért áramerősség, ami az én esetemben 10,97 mA volt. Ha van kedved, megbizonyosodhatsz róla méréssel, hogy az ágba tényleg mindenhol ugyanakkora áramerősséget fogsz mérni.

Összefoglalva: Áramerősség-mérést csak megfelelő körültekintéssel végezzünk, mert mind az áramkört mind a multimétert tönkretelhetjük. Ha a mérendő ágba ismert nagyságú ellenállás van, akkor a mérést célszerű lehet visszavezetni feszültségmérésre, ahogy azt a becslésnél is tettük. Ha ismert egy ellenállás értéke, illetve a rajta eső feszültség, akkor a rajta átfolyó áram már számítható.

#### **Ha az előző nem lehetséges, a következő lépéseket tegyük:**

1. Becsüljük meg a mérendő mennyiséget, válasszunk méréshatárt, annak megfelelően kössük be a mérővezetékeket a multiméterbe!
2. Kapcsoljuk ki az áramkört!
3. Szakítsuk meg a mérendő pontban az áramkört, és építsük be sorosan a multimétert!
4. Végezzük el a mérést; ha 200 mA-nél nagyobb áramerősséget mérünk, figyeljünk arra, hogy ne melegedjen túl a műszerünk. (Például nagy áramoknál minimum 15 perc szünettel maximum 10 másodpercig mérünk.)
5. A mérés befejeztével kapcsoljuk ki az áramkört, és állítsuk helyre az eredeti állapotát.

#### **ELLENÁLLÁSMÉRÉS**

Az ellenállásmérés szintén az egyszerűbb mérések körébe tartozik. Ilyenkor a mérendő alkatrész két végéhez érintjük a mérővezetékeket. Itt a bekötés módja tetszőleges, mivel az ellenállás csak pozitív lehet. A méréshatár helytelen megválasztása sem okoz problémát. Ha túl alacsonyra választunk, a műszer ezt a kijelző bal oldalán megjelenő 1-essel jelzi a feszültségméréshez hasonlóan.

A művelet egyetlen nehézsége, ha egy adott áramkörbe már beépített ellenállást szeretnénk megmérni. Általában a mérendő ellenállással más alkatrészek is párhuzamosan vannak kötve. Ekkor pedig nem a kiválasztott alkatrész ellenállását mérnénk, hanem az ő és vele párhuzamosan kötött elemek eredő ellenállását. Erre az egyetlen megoldás az, ha az alkatrészt kivesszük, kiforrasztjuk az áramkörből, és úgy mérjük meg. (Mielőtt megbontunk bármilyen kapcsolást, győződjünk meg, hogy ki van-e kapcsolva!) Amennyiben mód van rá, tanácsos a mérést még beépítés előtt elvégezni.

A pontosság érdekében fokozottan figyelni kell a mérés helyes kivitelezésére. Azért, hogy megfelelő legyen az érintkezés az ellenállás lábai és a mérőcsúcsok között, célszerűnek tűnhet, ezeket hüvelykujjunkkal egymáshoz szorítani. Vegyük azonban észre, hogy ilyenkor a saját testünkkel kötöttük párhuzamosan az alkatrészt. Testünk ellenállása a pár MOhm nagyságrendjébe esik, ezért főleg 10 kΩ-os ellenállások mérése felett okoz az ilyenfajta megoldás pontatlanságot. Inkább szokjuk meg, hogy az asztalunkon (amennyiben nem vezető anyagból készült) mérjük meg az ellenállást. A mérővezetékek csúcsai segítségével hozzányomjuk az alkatrész kivezetéseit, végeit az asztalhoz. Ilyenkor, ha nehezen tudjuk stabilan megfogni az alkatrészt, az egyik mérővezeték csúcsánál használhatjuk a hüvelykujjunkat, de ne mindkettőnél. Ha van rá lehetőség, az ellenállást a breadboard egy üres részébe is dughatjuk, ami megkönnyíti a megfelelő érintkezés biztosítását az ellenállás és a mérőkábelek között.

Furatszerelt ellenállásoknál, egy trükkös megoldást is használhatunk. Húzzuk ki a mérővezetékeket a multiméterből és az ellenállás egyik lábát dugjuk az egyik, míg a másikat a másik mérővezeték helyére.

A korábban összeállított kapcsolásunkból vegyük ki a 100  $\Omega$ -os ellenállást, és ezt az áramkör többi részétől szeparáltan mérjük meg. A méréshatárt 200  $\Omega$ -nak választva a műszer nálam 99,3  $\Omega$ -ot mutat. (Ha nagyon ingadozik az érték, az azt jelenti, hogy az érintkezés nem megfelelő. Próbáljunk ezen mindenképp javítani!) Láthatjuk, hogy az ellenállás a névleges értéktől kis mértékben eltér. Mivel ezen az ellenálláson már mértünk feszültséget és áramerősséget is, az ellenállás értékét ki is tudjuk számolni:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,102 \text{ [V]}}{0,01097 \text{ [A]}} = 100,1 \text{ [\Omega]}$$

A mért és számított ellenállás nem egyezik tökéletesen. Ennek az oka az, hogy a multiméternek is van pontatlansága, egyik értéket sem tökéletesen pontosan méri meg, de az esetek döntő többségében nekünk ez is elégséges.

Összefoglalva: Ellenállást mérni könnyű. A méréshatár hibás megválasztása nem veszélyes. Az alkatrészt mindig a kapcsolásból kivéve/kiforrasztva mérjük, és ne legyen semmi (például a saját testünk) sem párhuzamosan kötve az ellenállással a mérés során.

## FOLYTONOSSÁG TESZTELÉS

Az utolsó funkció a multiméterben, amivel meg fogunk ismerkedni, az a folytonosságmérés. Ez egy nagyon hasznos hibakeresési módszert tesz lehetővé.

Gyakran, amikor kapcsolást építünk, nem lehetünk benne biztosak, hogy minden forrasztásunk megfelelő; vagy akár az is megtörténhet, hogy egy elszakadt vezeték akadályozza a helyes működést.

Más esetekben pedig épp az a célunk a teszttel, hogy meggyőződjünk róla, hogy két pont között nincs kapcsolat. Például amikor két alkatrész lábat egymáshoz közel, de különböző pontokba kellene beforrasztanunk, meg kell bizonyosodnunk róla, hogy a két alkatrész biztosan nem érintkezik. Ezeket a problémákat a folytonosság tesztelő funkcióval tudjuk legkönnyebben detektálni, majd orvosolni.

**A mérés kezdete előtt az áramkört kapcsoljuk ki!** A feszültség alatt lévő alkatrészek ennél a mérésnél kárt tehetnek a multiméterben. Az eszköz forgókapcsolóját állítsuk a dióda és hangjelzésre utaló ábrával jelölt állásba. Ezek után a mérővezetékek csúcsait érintsük ahhoz a két ponthoz, amik között a folytonosságot szeretnénk tesztelni. Ha sípoló hangot hallunk az azt jelenti, hogy a két pont között az ellenállás 70  $\Omega$ -nál (a multiméter típusától függ) kisebb.

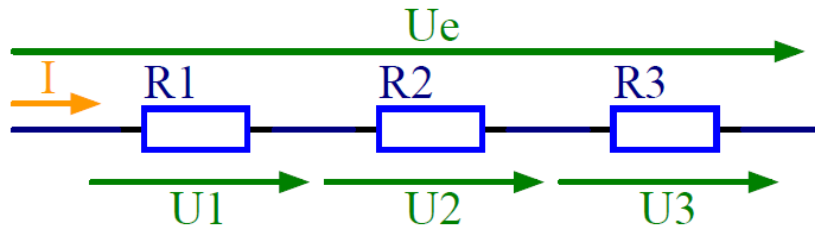
(A mérőműszer helyes működéséről is gyorsan meggyőződhetünk, ha ebben az állásban összeérintjük a mérővezetékek végeit.)

## OHM-TÖRVÉNY A GYAKORLATBAN

Az Ohm-törvénnyel már korábban megismerkedhettél, azonban most egy kicsit alaposabban körbejárjuk annak alkalmazási lehetőségeit. Ez a törvény azt fejezi ki, hogy egy ellenálláson átfolyó áram ( $I$ ), mindig arányos a rajta eső feszültséggel ( $U$ ). A kettejük arányát pedig ellenállásnak hívjuk, általában  $R$ -el jelöljük, mértékegysége pedig Ohm [ $\Omega$ ].

$$R [\Omega] = \frac{U [V]}{I [A]}$$

## SOROS KAPCSOLÁS



6. Ábra - Soros kapcsolás

Adott több sorba kötött ellenállás ( $R_1, R_2, R_3, R_4 \dots$ ). Vajon tudnánk ezeket egy darab ellenállással helyettesíteni úgy, hogy az áramkörben semmi más ne változzon meg?

Az előző kérdésre a válasz igen. A helyettesítő ellenállásnak akkora kell legyen az értéke, mint az eredeti ellenállás-hálózat teljes ellenállása, vagyis **eredő ellenállása**.

Amikor eredő ellenállás fogalmáról beszélünk, mindig meg kell mondanunk, mely ellenállások eredőjéről, kvázi helyettesítő értékéről beszélünk. Ahhoz pedig, hogy ezt ki tudjuk számolni, az Ohm-törvényből kiindulva pár hétköznapi matematikai átalakítást elvégezve fogunk egy viszonylag egyszerű összefüggést adni.

Azért, hogy az áramkör tulajdonságai ne változzanak meg, ugyanakkora áramnak kell átfolynia, és ugyanakkora feszültségnek kell esnie ezen a helyettesítő ellenálláson, mint az eredeti ellenállásokon. Az átfolyó áram a soros kapcsolás esetén mindenhol ugyanakkora, jelöljük  $I$ -vel. A kiválasztott rész végpontjai közti feszültség pedig egyenlő lesz az egyes ellenállásokon eső feszültségek összegével (ld. huroktörvény). Jelöljük ezt a feszültséget  $U_e$ -vel!

$$U_e = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Kifejezve az Ohm törvényből az egyes alkatrészekre eső feszültségeket a következőket kapjuk:

$$U_1 = I \cdot R_1,$$

$$U_2 = I \cdot R_2,$$

$$U_3 = I \cdot R_3,$$

...

Helyettesítsük be  $U_1, U_2, U_3, \dots$  helyére ezeket a kifejezéseket:

$$U_e = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 + \dots$$

Írjuk fel az Ohm törvényt erre a képzeletbeli helyettesítő alkatrészsre, azaz az eredő ellenállásra.

$$R_{e,soros} [\Omega] = \frac{U_e [V]}{I [A]}$$

Behelyettesítve a korábbi egyenleteinket és az áramerősséggel leegyszerűsítve a kifejezést a következő összefüggésre jutunk:

$$R_{e,soros} = \frac{(I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 + \dots)}{I} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Tehát soros kapcsolás esetén az eredő ellenállás egyszerűen az ellenállások összege. Ennek két fontos alkalmazási lehetősége van.

Az egyik, hogy tetszőleges nagyságú ellenállást egyszerűen elő tudunk állítani. Például, ha 22  $\Omega$ -os ellenállásra van szükségünk, de csak 1 és 10  $\Omega$  -os ellenállásaink vannak, egyszerűen sorba kell kötnünk 2 db 1  $\Omega$  -os 2 db 10  $\Omega$  -os ellenállást.

Mi a másik fontos alkalmazása? Tegyük fel, hogy 12 V-os az áramforrásunk, és valahogy 5 V-ot szeretnénk előállítani. Hogy tehetjük meg ezt két sorosan kapcsolt ellenállás segítségével? Fejezzük ki a fő ágba folyó áramerősséget az eredő ellenállás, illetve az egyik ellenállás segítségével is:

$$I = \frac{U_e}{R_e} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

A két jobb oldali összefüggést átalakítva kapjuk, hogy:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Egy másik könnyen használható képletet is felírhatunk  $U_1$ -et a következőképp kifejezve:

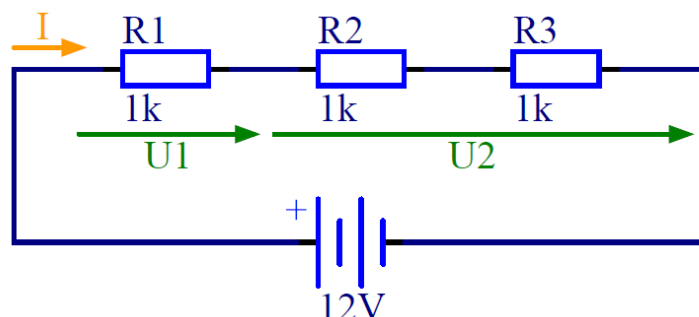
$$U_1 = R_1 \cdot \frac{U_e}{R_e} = U_e \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Mindkét képletből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a feszültséget az ellenállások arányában tudjuk szétosztani. A példában említett 5 V előállításához, 5 V-nak kell esnie az egyik ellenálláson és 12-5=7 V-nak a másikon. Így a szükséges ellenállások arányának is 5:7 arányúnak kell lennie, pl. 500  $\Omega$  és 700  $\Omega$ . Ezt az alkalmazást **feszültségosztónak** nevezzük.

Vegyük észre azt is, hogy mivel a soros kapcsolás eredő ellenállása az egyes ellenállások összege, ennek értéke mindig nagyobb lesz, mint a helyettesített ellenállások közül bármelyiké.

Az elméleti áttekintés után végezzünk ellenőrző mérést, hogy valóban helyesek-e az imént levezetett összefüggések. A már összeállított kapcsolásunkból távolítsuk el a tápkábeleket, és mérjük meg az egyes ellenállások, illetve soros kapcsolásuk eredő ellenállását is! Az én összeállításomban  $R_1=99 \Omega$ ,  $R_2=996 \Omega$ , míg az eredőjük 1095  $\Omega$  volt, ami tényleg a két ellenállás összege.

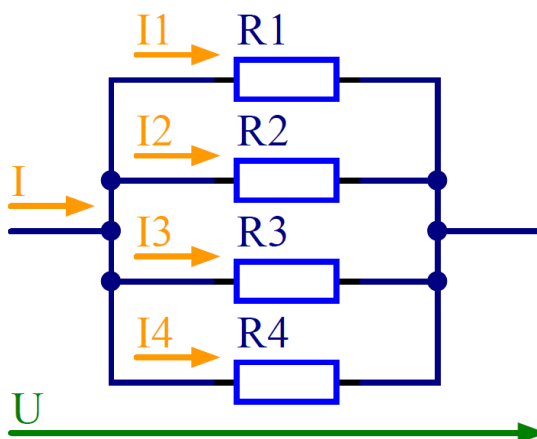
Most építsünk egy ellenállás-osztót, ami harmadolja ( $1/(1+2)$ ) a feszültséget, azaz 1:2 arányban osztja szét azt az ellenállások között. Ehhez vegyünk elő még két darab 1 k $\Omega$ -os ellenállást, és építsük a 100  $\Omega$ -os helyére az ábrán látható módon.



7. Ábra - Feszültség-harmadoló kapcsolás

Kössük vissza a tápegységet, és mérjük meg  $U_1$  és  $U_2$  feszültséget! Én erre  $U_1=4,04$  V-ot;  $U_2=8,10$  V-ot mértem, 12,14 V-os tápfeszültség esetén. Tehát az első ellenállásra jutó feszültség, tényleg a tápfeszültség közel harmada volt:  $\frac{12,14 [V]}{3} = 4,0467 V \approx 4,04 V$ .

## PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁS



8. Ábra - Párhuzamos kapcsolás

Az ellenállások egy kapcsolásban nem csak sorosan, hanem párhuzamosan is összeköthetők. Ilyen kapcsolási mód esetén is jó lenne kiszámolni, hogy mekkora ellenállással helyettesíthetnénk az ellenállásokat. Másképpen fogalmazva, hogyan lehetne meghatározni párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredőjét? Jól látszik, hogy mindegyik ellenálláson ugyanakkora feszültség esik ( $U$ ), azonban mindegyiken különböző erősségű áram folyhat keresztül. Csomóponti törvényből tudjuk, hogy a főágban folyó áram erőssége ( $I_e$ ) a mellékágakban folyók ( $I_1, I_2, I_3, I_4...$ ) összegével lesz egyenlő tehát:

$$I_e = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

Fejezzük ki az egyes áramerősségeket az Ohm törvényből:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3}$$

...

Helyettesítsünk vissza:

$$I_e = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} + \dots$$

Osszuk le mindkét oldalt U-val:

$$\frac{I_e}{U} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Végül vegyük a reciprokát mindkét oldalnak, és vegyük észre, hogy bal oldalon pont a keresett eredő ellenállást kapjuk!

$$R_{e,párhuzamos} = \frac{U}{I_e} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots} [\Omega]$$

Ez a képlet egy kicsit bonyolultabb, mint soros kapcsolás esetén, így tetszőleges ellenállás előállítására nehezebben használható. Fontos még megjegyeznünk, hogy párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredője, mindig kisebb lesz, mint összekapcsolás nélkül külön-külön.

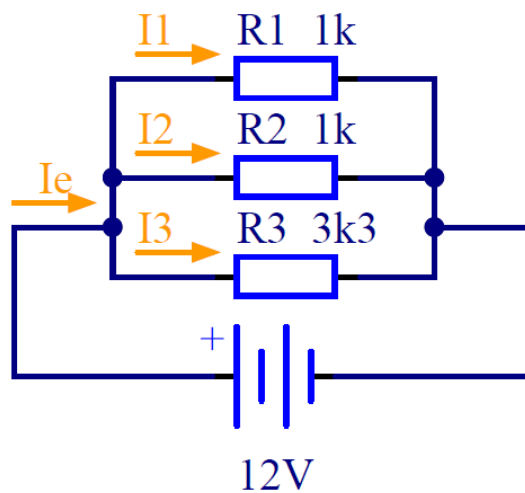
Ha csak két ellenállás van párhuzamosan kötve, akkor az úgynevezett "replusz" képletet használhatjuk, ami a következő:

$$R_{1,2,párh.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} [\Omega]$$

A párhuzamos kapcsolást lehet használni áramosztóként, azonban ennek gyakorlati jelentősége kicsi, ezzel itt nem fogunk foglalkozni.

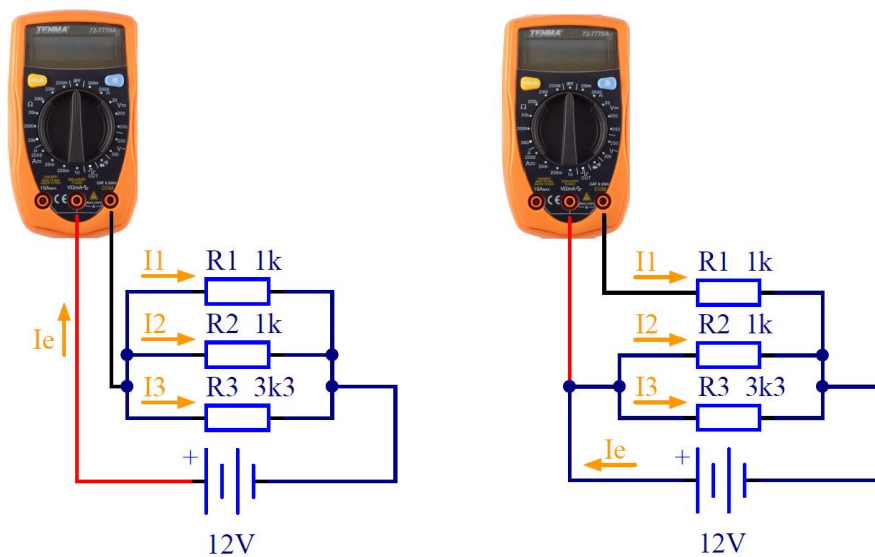
Ellenőrizzük az elméletet itt is méréssel! Kössük párhuzamosan a 100  $\Omega$ -os ellenállást és az 1 k $\Omega$ -osat! Majd mérjük ki ezek eredő ellenállását tápforrás nélkül, a korábban tanultak szerint! A műszer nálam 90,4  $\Omega$ -ot mutatott. Behelyettesítve a képletbe pedig a korábban mért 996  $\Omega$  és 99,3  $\Omega$  értékeket  $\frac{1}{\frac{1}{996 [\Omega]} + \frac{1}{99,3 [\Omega]}} = 90,29 [\Omega]$  jön ki. A kis eltérés itt is a mérések pontatlanságából adódik. Sajnos erre a kapcsolása biztonságosan nem köthető a 12 V-os tápforrás, a tananyag rész végén kiderül, hogy miért.

Állítsuk össze a következő kapcsolást:



9. Ábra - Példa párhuzamos kapcsolásra

Mérjük meg a főágban, illetve az egyes mellékágakban folyó áramerősséget. Az áramerősség-mérésnél fokozottan ügyeljünk, mit hova kötünk. A biztonság kedvéért nézzük meg a következő ábrákat, amiken azt jelöltük, hogyan tudjuk megmérni az áramerősségeket a főágban, illetve a mellékágakban.



10. Ábra - Áramerősségmérés bal oldalt főágban, jobb oldalt mellékágban

Mielőtt mérünk, becsüljük meg a legnagyobb mérendő áramot: a főágban folyót. Először számoljuk ki a névleges eredő ellenállást. Erre



$$\frac{1}{\frac{1}{1000 \Omega} + \frac{1}{1000 \Omega} + \frac{1}{3300 \Omega}} = 434,2 \Omega$$

adódik, amiből a főágban folyó áram  $\frac{12,14 [V]}{434,2 [\Omega]} = 0,0276 [A] = 27,6 [mA]$ . Tehát a 200 mA-es mérőhatárt nyugodtan használhatjuk. A mérések során fokozottan figyeljünk, átszerelés alatt húzzuk ki a tápforrást. Ügyeljünk arra is, hogy véletlenül se zárjunk rövidre a multiméterrel a labortápot. Nekem a következő értékeket mutatta a műszer:

$$I_e = 27,8 [mA]$$

$$I_1 = 11,9 [mA]$$

$$I_2 = 12,1 [mA]$$

$$I_3 = 3,7 [mA]$$

$I_1 + I_2 + I_3 = 27,7$  mA, ami valóban közelítőleg a főágban folyó áramerősség (27,8 mA). Az eltérés itt is a mérések apróbb pontatlanságából adódik.

### **ÖSSZEFOGLALÁS SOROS, ILLETVE PÁRHUZAMOSAN KÖTÖTT ELLENÁLLÁSOK EREDŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSÁHOZ:**

Soros kapcsolás esetén az eredő ellenállás, mindig nagyobb, mint a legnagyobb ellenállás a láncban és úgy számítható, hogy:

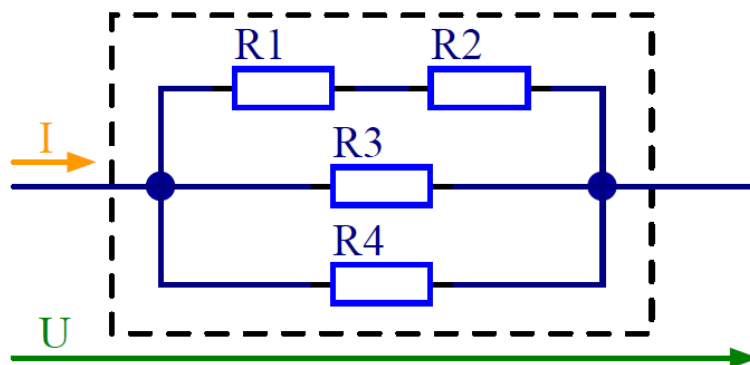
$$R_{e,soros} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots [\Omega]$$

Párhuzamos kapcsolás esetén az eredő ellenállás mindig kisebb, mint a legkisebb párhuzamosan kapcsolt ellenállás, és a következőképp számítható:

$$R_{e,párhuzamos} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots} [\Omega]$$

### **ELLENÁLLÁS-HÁLÓZAT EGYSZERŰSÍTÉSE**

Sok esetben az a feladatunk, hogy egy összetett ellenállás-hálózat eredőjét határozzuk meg, például az alábbi ábrán láthatóét.



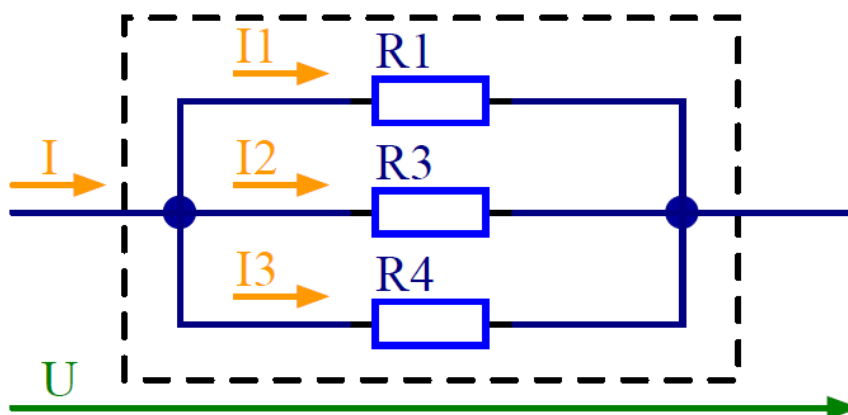
11. Ábra - Összetett ellenállás-hálózat

Elsőre talán bonyolultnak tűnik a kapcsolás, de nem kell megijedni. A legtöbb ellenálláshálózat sorosan és párhuzamosan kapcsolt ellenállások alhálózataiból áll. Ezeket az alrészeket lépésenként összevonva, és helyettesítve azok eredő ellenállásával, előbb-utóbb az egész ellenállás-hálózat eredője is számolható.

Nézzük meg, hogy hogyan néz ki ez a gyakorlatban! Láthatjuk, hogy az  $R_1$  és az  $R_2$  sorosan van kötve tehát eredőjük:

$$R_{e1,2} = R_1 + R_2$$

lesz. Ha őket összevontuk, és egy ellenállással helyettesítettük, akkor már tisztán párhuzamosan kapcsolt ellenállásokat kapunk.



12. Ábra - Összetett ellenálláshálózat egyszerűsítésének első lépése

A hálózat eredő ellenállása ebből már meghatározható a párhuzamos kapcsolásra levezetett összefüggésből:

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_{e1,2}} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} [\Omega]$$

Ha van kedved állíts össze egy ilyen és ehhez hasonló ellenállás hálózatokat. Számold ki, illetve mérd meg az eredő ellenállásukat, és hasonlítsd össze a két eredményt!

### AZ ELLENÁLLÁSON ELDISSIPÁLÓDÓ ELEKTROMOS TELJESÍTMÉNY

Egy fontos kérdést még nem érintettünk. Korábban említettem, hogy ne kössük a 12V-os tápfeszültséget egy mindössze közel 100 Ohmos ellenállásra. Vajon miért kértem ezt? Az ok nem más, mint az ellenállás maximális terhelhetősége. Ez az érték az ellenállás típusától, felépítésétől függ.

A kisméretű furatszerelt ellenállások terhelhetősége főként a fizikai mérettől függően, általában 0,25-1 W között mozog. Felületszerelt, kisméretű ellenállásokra hasonló tartomány jellemző, míg nagy teljesítményű úgynevezett teljesítmény-ellenállásoké sokkal nagyobb lehet (2-... 5-... 10-... W).

Az ellenállás a felvett teljesítményt hővé alakítja, ettől egyrészt melegszik, illetve a hő egy részét leadja a környezetének. Az, hogy mekkora teljesítményt képes hő formájában leadni, többek közt a méretétől és az alkatrész és környezete közti hőmérséklet különbségétől függ. Ha kicsi a felülete és mégis nagy terhelésnek van kitéve, akkor ezt a hőt csak úgy tudja leadni, ha a hőmérséklet különbség az alkatrész és a környezete között nagymértékben megnő. Adott terhelés felett, az alkatrész olyan forróvá is válhat, hogy maga az ellenállás is károsodik, és megváltoznak a tulajdonságai, de akár teljesen szét is éghet. Ez mindenképp kerülendő!

Hogyan számíthatjuk ki, hogy mekkora teljesítmény jut az ellenállásra? Elektromos rendszerekben egy komponens felvett teljesítménye a rajta eső feszültség és a rajta átfolyó áramerősség szorzata:

$$P = U \cdot I [W]$$

Ellenállások teljesítményfelvételének kiszámításához szerencsére nincs szükség mind az áramerősség, mind a feszültség ismeretére, hisz az Ohm-törvény pont a kettejük arányát adja meg. Behelyettesítve  $U = R \cdot I$ -t, illetve  $I = U/R$ -t a következőket kifejezéseket kapjuk:

$$P = R \cdot I^2 = U^2/R$$

A képletet jobban megfigyelve a következő megállapításokat tehetjük. Az ellenállás által felvett teljesítmény a rajta átfolyó áram vagy feszültség négyzetével lesz arányos. Például, ha a feszültséget a duplájára emeljük az ellenálláson, akkor a teljesítmény nem kétszeresére, hanem négyszeresére nő.

Vizsgáljuk még meg, mi történik akkor, ha állandó feszültségű tápforrásunk van, és kicseréljük az ellenállást. Ilyenkor az ellenállás csökkentésével arányosan nő a teljesítmény (fordított arányosság). Ha a felére csökkentjük az ellenállást a kétszeresére nő a teljesítmény.

Térjünk egy kicsit vissza a 100 Ohmos ellenállás esetére, amikor azt kértem, ne kapcsoljuk rá a 12 V-os tápfeszültséget. Ebben az esetben a feszültségből számítva az ellenállás által felvett teljesítmény a következő lenne:

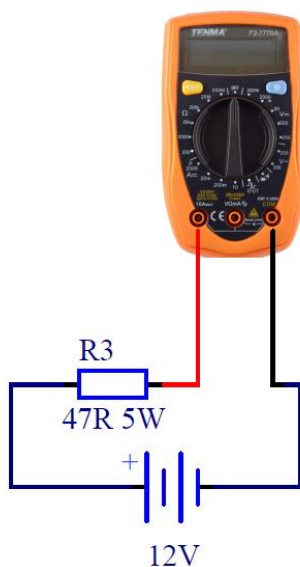
$$P = (12,14 [V])^2/100 [\Omega] = 1,47 [W]$$

A megengedhető maximális érték az általam használt ellenállás esetén csak 0,6 W. Az ellenállások túlterhelését kerülnünk, ilyenkor a jelentős melegedés miatt ellenállás értékük biztosan változik, de legtöbb

esetben hosszútávú károsodást is szenvednek. 1 k $\Omega$ -osnál kisebb ellenállások használata esetén erre fokozottan figyeljünk.

Ha mindenképp nagy teljesítményt kell hővé alakítanunk, akkor két megoldás közül választhatunk. Az egyik lehetőség több, kisteljesítményű ellenállás összekötése; a másik pedig direkt erre a célra gyártott nagy teljesítményű fűtőellenállások használata.

Nézzünk példát a második megoldásra. Építsük meg az ábrán látható kapcsolást egy 47  $\Omega$ -os, 5 W terhelhetőségű teljesítmény-ellenállásból:



13. Ábra - Áramerősség-mérés nagyteljesítményű ellenállás esetén

Ennél a mérésnél csak óvatosan, **égési sérülés veszély!** Bekapcsolás előtt minden esetben számoljuk ki, hogy mekkora teljesítmény jut az ellenállásra!

$$P = U^2 / R = (12,14 [V])^2 / 47 [\Omega] = 3,14 [W]$$

A 3,14 W kisebb mint az ezen az ellenálláson megengedhető 5 W, tehát bekapcsolhatnánk a kapcsolásunkat, viszont számolnunk kell még azzal, hogy az ellenállás jelentősen melegedni fog. Ellenőrizzük, hogy olyan helyre tettük-e az alkatrészünket, ahol ez nem okozhat problémát. Ha ezzel megvagyunk, bekapcsolhatjuk a kapcsolást. Viszonylag rövid idő alatt akár 100 °C fölé is melegedhet az ellenállás, érintése égési sérüléshez vezethet!

Gyakorlásképp mérjük ki az áramerősséget, de előbb becsüljük meg! Ebben a kapcsolásban a várható áramerősség:

$$I = 12,14 [V] / 47 [\Omega] = 0,258 [A]$$

Észrevehetjük, hogy nagyobb teljesítményű áramkörben az áramerősség is nagy lesz, ezért ilyen áramköröknél sokszor a korábban megismert 10 A-es méréshatárt kell használnunk. Most is ezt kell tennünk. A mérés során a multiméter 0,25 A-t mutatott nálam.

## ÖSSZEFOGLALÁS

---

A tananyagrészen megismerkedtünk az egyik legfontosabb elektronikai mérőműszerrel: a multiméterrel. Megtanultunk hogyan lehet a főbb mennyiségeket (feszültséget, áramerősséget, ellenállást) mérni. Megismertük, hogyan lehet az áramkörünkben szakadást detektálni. Ezeken kívül részletesebben megismertük az Ohm-törvényt, vizsgáltuk soros-párhuzamos kapcsolások tulajdonságait. Megtanultunk egy bonyolultnak tűnő hálózat eredő ellenállását meghatározni. Végül megismertük az ellenállások használatának egyik korlátozó mennyiségét, azok maximális teljesítményét, és számítási módját.