

F. M. Mims

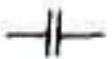
# Elektronika alapfokon



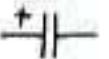
Műszaki Könyvkiadó

# Rajzjelek

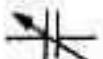
## Passzív alkatrészek



Rögzített  
értékű  
kondenzátor



Elektrolit-  
kondenzátor



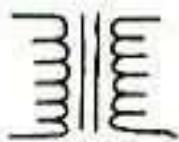
Változtat-  
ható értékű  
kondenzátor



Ellenállás

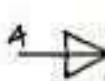


Potencio-  
mérő



Transzformátor

## Diódák és tiszsztorok



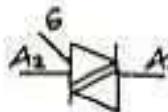
Egyenirányító  
dióda



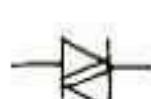
Zenerdióda



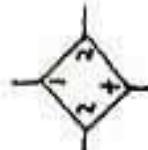
Tiszsztor



Triak

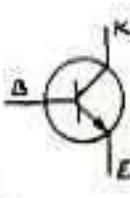


Gyűjtődióda

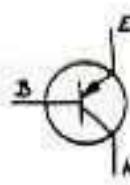


Híd-egyen-  
irányító  
(Graetz)

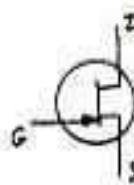
## Tranzisztorok



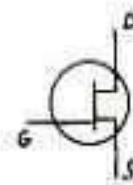
npn



pnp



n-JFET



p-JFET



n-MOSFET



p-MOSFET

E. H. Mims

# Elektronika alapjokon

Műszaki Könyvkiadó,  
Budapest, 1989

Az eredeti mű: Forrest M. Mims, III.

Getting Started in Electronics

©The book was originally published in English in the United States of America and the  
United States copyright is held by the author

Lektorálta: dr. Simon Gyula okt. villamosmérnök

© Hungarian translation Bathó Zoltán, 1989

ETO: 621.38(02.062)

ISBN: 963 10 8226 1

# Ezt mindenki olvassa el!

Könyvünk célja kettős: szórakoztasson és tanítson.

Bár igen ügyeltünk arra, hogy munkánk során ne kövessünk el hibákat, sem a szerző, sem a Radio Shack cég nem vállalhat felelősséget az esetleges tévedésekért, hiányosságokért, vagy a közölt adatok felhasználhatóságáért, ill. az ebből eredő károkért.

Mindenki a saját felelősségére döntsön arról, hogy olyan terméket használ, gyárt vagy ad el, amely ebből a könyvből származó információkon alapul, és ezzel esetleg valamilyen szabadalmi, szerzői, kiadói vagy más jogot sért.

Figyelem! A villamos balesetvédelmi előírásokat mindenkor pontosan tartsuk be! Hálózatról működtetett elektronikus áramkörökkel és forrasztópákával csak felnőtt felügyelete mellett dolgozhatnak a gyerekek!

A Radio Shack céghöz és a szerzőhöz érkezett kéresekkel kapcsolatban kénytelenek vagyunk közölni, hogy a további információkat (egyedi áramkörtervezet, műszaki tanácsadást, hibakeresési segítséget stb.) nem tudunk adni. Bár egyéni igényeket nem elégíthetünk ki, örömmel fogadjuk megjegyzéseiket, véleményüket vagy pedig tanácsukat.

Előre is köszönjük, ha írnak, bár nem biztos, hogy mindenkinél válaszolni is tudunk.

# Néhány szó a könyvről...

Köszöntjük az elektronika világában, amely ma az egyik leggyorsabban fejlődő tudomány, hobbiként pedig az egyik legszórakoztatóbb és legtöbb újat nyújtó időtöltés. Könyvünkben nagy utat teszünk meg: a sztatikus elektromosságtól a szilárdtest-(félvezetős) elektronikáig jutunk el. Utunk közben szó esik az elektromosságról, az elektronikai alkatrészkről és az áramkörökkről (IC-kről) is. Az alapelemekből és IC-kból felépíthető áramkörökkel a 3-7. fejezetben foglalkozunk. A 9. fejezetben pedig 100 áramköri tervet közlünk. (Valamennyit megépítettem és kipróbáltam.) A könyvben felbukkanó oldaljelző "nyíllacsák" egy adott fejezetrészre utalnak. (Pl. a 3-7. fejezet áramköri példáinak gyakorlati megvalósításaira.) Reméljük, hogy minden olvasó szívesen fogadja majd ezt a kis könyvecskét!

Forrest M. Mims

## Lépjünk tovább!

Bizonyára sok olyan olvasó lesz, aki — éppen e könyv olvasása kapcsán — kedvet kap arra, hogy mélyebben is foglalkozzon az elektronikával, és megpróbálja ismereteit könyvekből vagy folyóiratokból bővíteni.

## Legyen türelmes!

Lehet, hogy sok időbe telik, amíg valóban választ kap egy-egy kérdésére. Közben azonban sokat tanul, sőt lehet, arra az elhatározásra jut, hogy a későbbiekkben elektronikával fog foglalkozni.

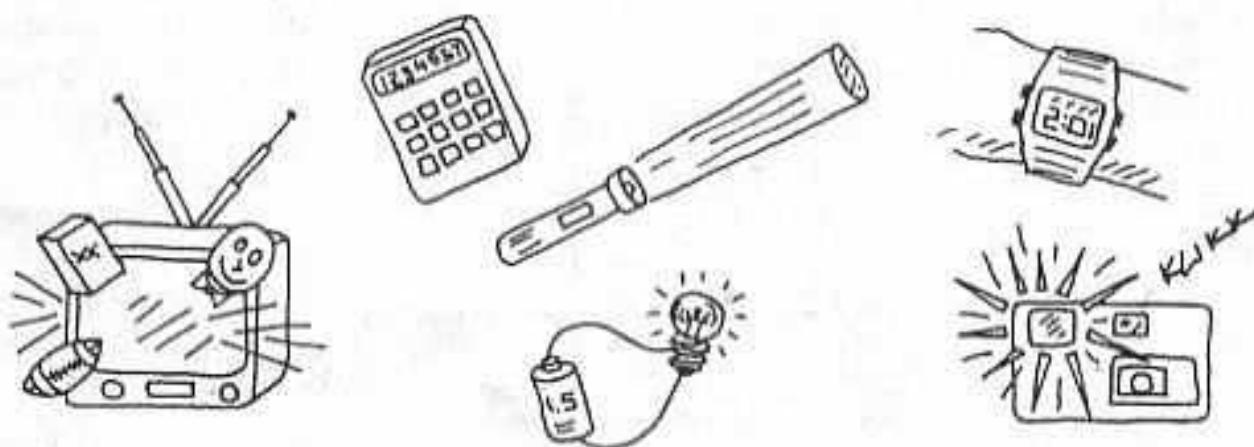
# 1. Elektromosság

Érdemes elgondolkoznunk azon, hogy száraz időben az ujjunk és a kilincs között pattanó szikra, ill. a villám között csupán nagyságréndbeli a különbség. Mindkettő elektromos jelenség. Benjamin Franklin volt az első, aki híres kísérletével igazolta ezt.



Nézzünk egy olyan módszert, amellyel életveszély nélkül "láthatjuk" az elektromosságot! Fogjuk meg egy neonlámpa (glimmlámpa) egyik kivezetését, majd műanyag talpú cipőben sétálunk végig néhányszor a szőnyegen! Majd érintsük egy pillanatra a lámpa másik kivezetését egy fémtárgyhoz! A lámpa felvillan. (Ha a levegő relativ páratartalma nagy, akkor a jelenség nem játszódik le.)

Természetesen az elektromosságot nem "láthatjuk", de "hatását" a levegőben és a fénycsőben igen. Az elektromosságnak sokféle hatása tapasztalható. Erre adunk néhány további példát.



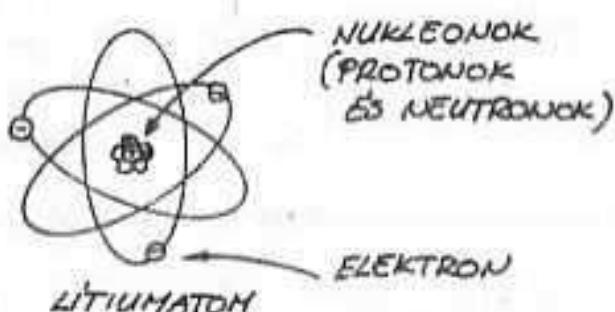
# "Állítsuk munkába" az elektromosságot!

Minden anyagnak van elektromos tulajdonsága. Az elmúlt évszázadokban ezért tudtak a tudósok több száz olyan készüléket feltalálni, amelyek előállítják, tárolják, vezérik és kapcsolják az elektromosságot. Ezek az eszközök "összefogtak", hogy elvigyenek minket...



# Kezdjük az alapoknál!

Az elektromosság az anyag lényeges tulajdonsága. Tulajdonságainak megismeréséhez az elemek legkisebb, még az anyag sajátosságait magán viselő alkotó részét, az atomot vizsgáljuk.



A rajzon egy litiumatomot látunk. A harmadik legegyszerűbb atom; a periódusos rendszerben a hidrogén és a hélium után következik. A litiumatomnak három elektronja van, ezek a három protonból és négy neutronból álló atommag körül keringenek.

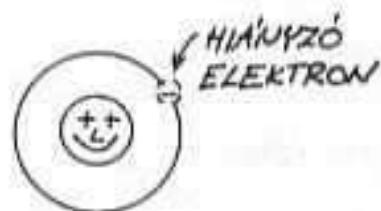
- Az elektronnak negatív elektromos töltése van.
- + A protonnak pozitív elektromos töltése van.
- A neutronnak nincs elektromos töltése.

• **Ionok.** Alapállapotban az atomnak azonos számú elektronja és protonja van. A töltések kiegyenlítik egymást, így az atom eredő elektromos töltése nulla. Ha az atomból egy vagy több elektron eltávozik, akkor az atom pozitív töltésű lesz. Az ilyen atomot pozitív ionnak is nevezik. Ha egy addig szabad elektron beépül egy szabályos atomba, akkor ez az atom negatív töltésűvé válik, neve negatív ion.

• **Elektronok.** A szabad elektronok nagy sebességgel mozognak a fémekben, gázokban és vákuumban, vagy összegyűlhetnek egy fém felületén.



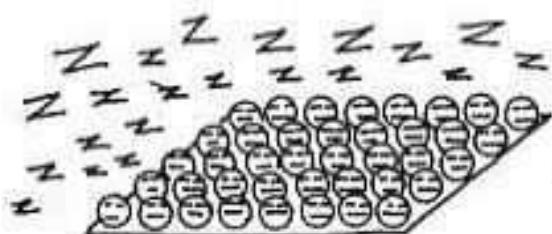
NEGATÍV ION



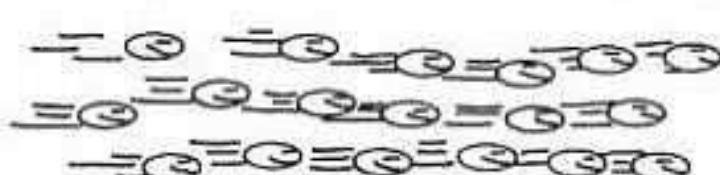
POZITÍV ION



- **Szabad elektronok.** Több trillió elektron is összegyűlhet egy felületen, vagy száguldhat közel fénysebességgel az űrben vagy az anyagon át (másodpercenként 300 000 km-t megtével). Az adott felületen összegyűlt negatív elektronok a felületet negatív töltésűvé teszik. Mivel az elektronok nem mozognak, elmondhatjuk, hogy a felület negatív sztatikus elektromos töltésű.

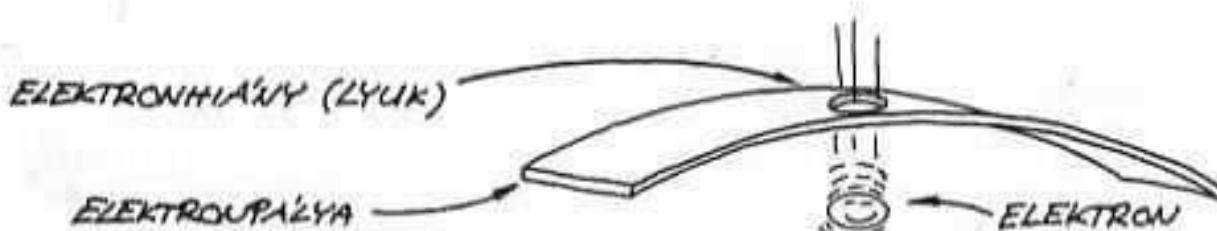


NYUGVÓ ELEKTRONOK

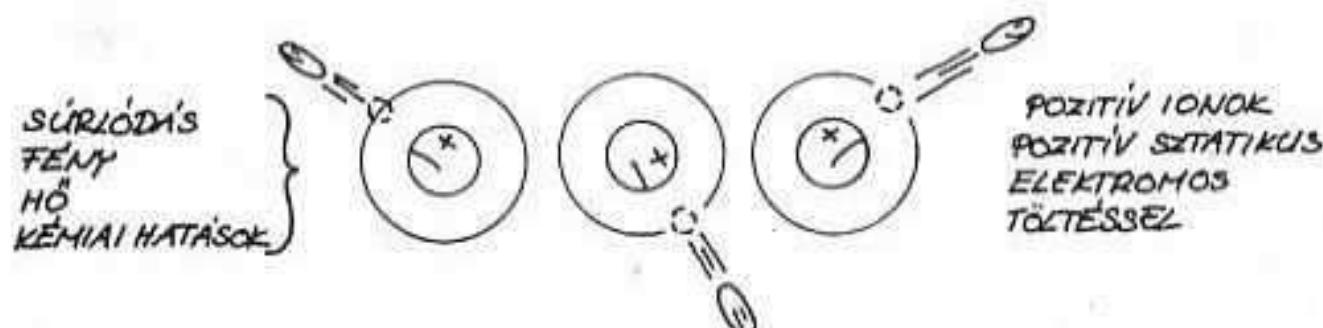


MOZGÓ ELEKTRONOK

- **Elektronhiány.** Mechanikai, fény, hő vagy kémiai reakció hatására az elektronok elmozdulhatnak egy adott felületről, itt elektronhiány keletkezik. Ennek következtében a felület pozitív töltésűvé válik. Mivel a pozitívan töltött atomok nyugalmi helyzetben vannak, ezt a felületet pozitív sztatikus elektromos töltésűnek nevezzük.



- **Mozgó elektronok.** A mozgó elektronok által alkotott "folyamot" elektromos áramnak nevezzük. Nyugvó elektronokból is létrehozhatunk elektromos áramot, ha az elektronokat pozitív ionok közelébe helyezzük. A pozitív ionok vonzzák az elektronokat. Az elektronok sietnek feltölteni a lyukakat, vagyis a hiányzó elektronok által hátrahagyott helyeket.



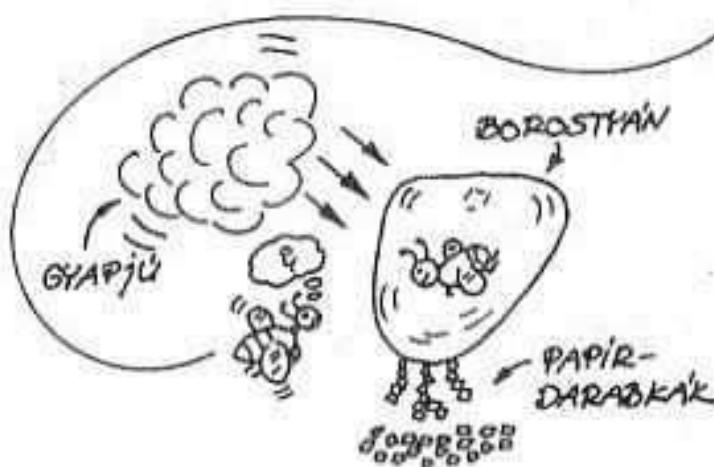
# Sztatikus elektromosság

Mindennapি életünk során gyakran gerjeszthetünk elektromosságot: ha sétálunk a szőnyegen, vagy szalagot húzunk le egy tekercsről, amikor kibújunk műszálás ruhánkból, száraz hajunkat keféljük, vagy amikor a száritóról szedjük le a száraz holmikat.

Legtöbbször persze észre sem vesszük, hacsak nem látványos a jelenség: hirtelen sercegést, pattogást és villanást érzékelünk. Ez a sztatikus töltés a mechanikai súrlódás következménye. Az i.e. 600-ban a görög Thalész, miközben borostyánkövet dörzsölt gyapjúval, sztatikus elektromosságot állított elő.

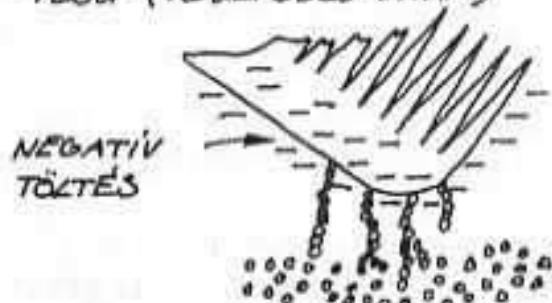
• **Borostyánkö.** A valaha a fákból kilólyt nedű áttetsző, aranyló darabkákká környedett, majd a föld maga alá temette. Néha, mielőtt borostyánkövé "nemesedett" volna, a ragadós masszába növénydarabkák, rovarok, sőt vízcseppecskék kerültek. A borostyánkö dörzsöléssel könnyen feltölthető, és ekkor vonzza a papírdarabkákat.

Amikor hajunkon műanyag fésűt húzunk végig, elektronokat viszünk át a hajunkról a fésűre. Ha pedig egy üvegrudat selyemmel vagy műanyag ketével dörzsölünk, akkor elektronokat távolíthatunk el az üvegről. Mind a negatív töltésű fésű, mind a pozitív töltésű üvegrűd, akárcsak a borostyánkö, vonzza a papírdarabkákat. Sokféle anyagot feltölthetünk, ha pl. szőrmével vagy gyapjúval dörzsöljük. És a fémet? Öket nem, mert a keletkezett töltés "elszivárog" róluk!

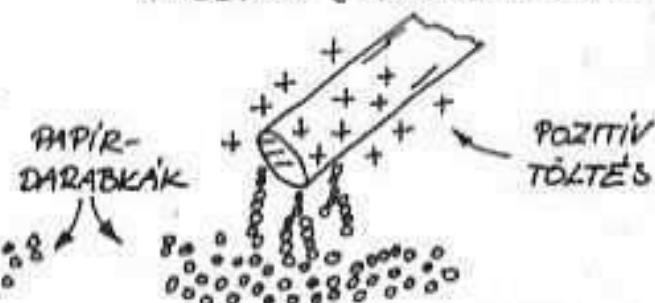


Jó, ha tudjuk hogy honnan származik az elektron elnevezés! A borostyánkö görögül "elektron".

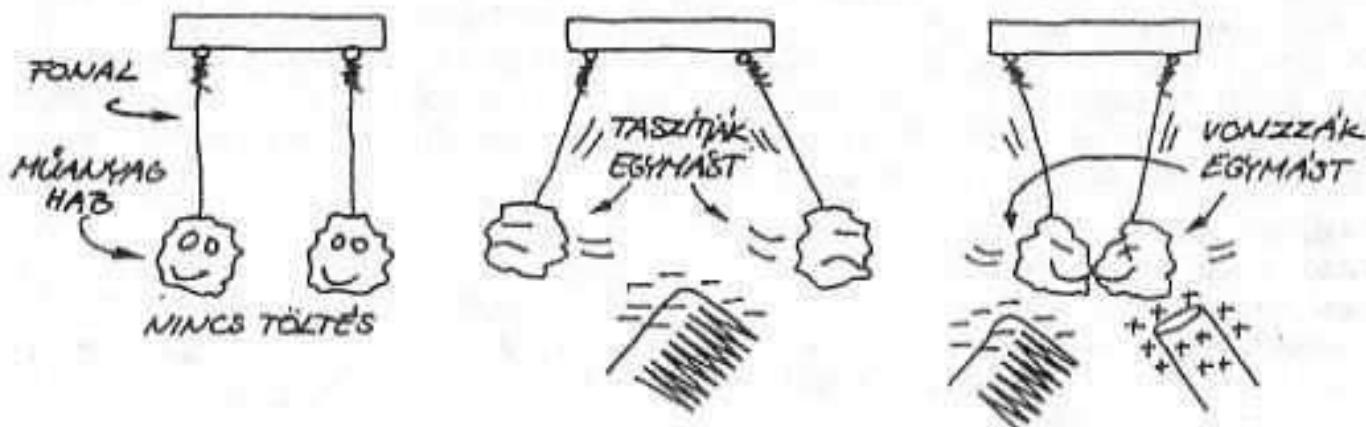
FÉSŰ (FÉRÜLKÖDÉS UTÁN)



ÜVEGRÚD (SELYEMMEL DÖRZSÖLVE)



- **Ellentétes és azonos töltések.** Honnan tudjuk, hogy a fésűnek és az üvegrúdnak ellentétes a töltése? Az elektromosság egyik alapvető törvénye, hogy az azonos töltések tasztítják, az eltérők pedig vonzzák egymást. Íme egy, a kérdésre válaszoló, a törvényt bizonyító kísérlet:

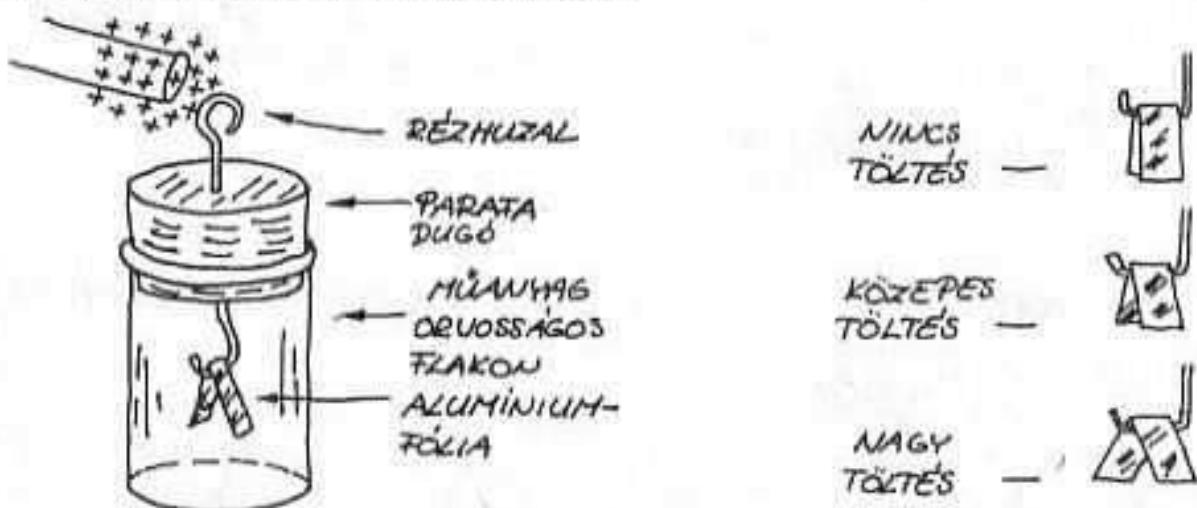


Tehát az eltérő töltések vonzzák,

az azonosak tasztítják egymást!

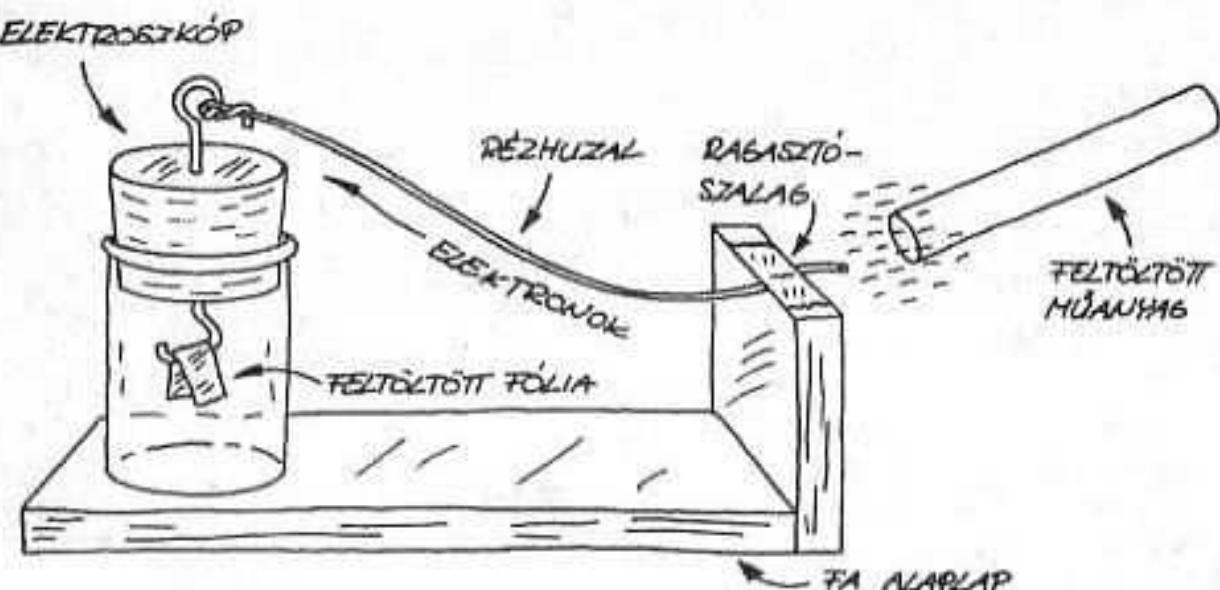


— A sztatikus elektromosság kimutatására és mérésére tervezett első műszer az elektroszkóp volt. Mi is készíthetünk egyet:

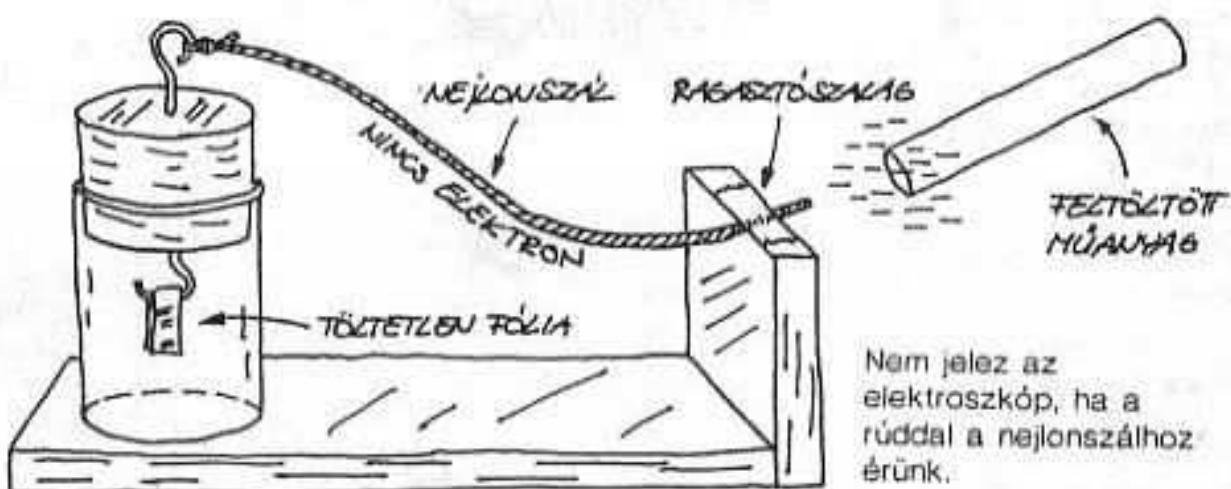


A meghajlított fóliacsík tiszta és száraz legyen! Ha az elektromosan töltött tárgyat a vezetékhez érintjük, a fóliacsík két felére azonos előjelű töltés jut, s mivel ezek tasztítják egymást, a lemezkék szétnyílnak.

- **Vezetők és szigetelők.** Elektroszkóppal azt is bebizonyíthatjuk, hogy az elektronok egyes anyagokban el tudnak mozdulni, másokban nem. A kísérletet száraz időben végezzük! Az elektronok a nedves levegőn is átjutnak, így az elektroszkóp töltése hamar elvész.



Érintsük a feltöltött rúdat  
a vezetékhez, az  
elektroszkóp kijelez!



Nem jelez az  
elektroszkóp, ha a  
rúddal a nejonszálhöz  
érünk.

A kísérlet azt bizonyítja, hogy az elektronok bizonyos anyagokban képesek áramlani, másokban viszont nem. Azokat az anyagokat, amelyekben az elektronok vándorolni tudnak, vezetőknek, azokat, amelyekben az elektronok nehezen vagy egyáltalán nem tudnak haladni, szigetelőknek nevezzük. Vezető pl. az ezüst, az arany, a vas, a réz stb., szigetelő az üveg, a műanyag, a gumi, a fa stb.

## Az elektromos áram



### • A vezető és a mágnesesség kapcsolata

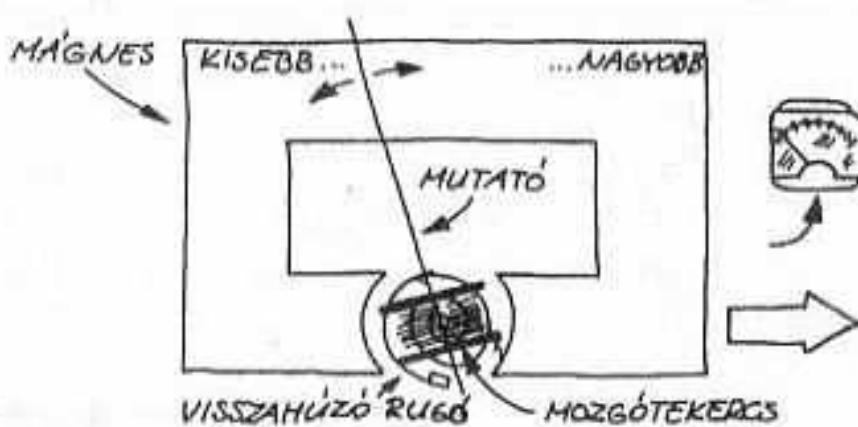
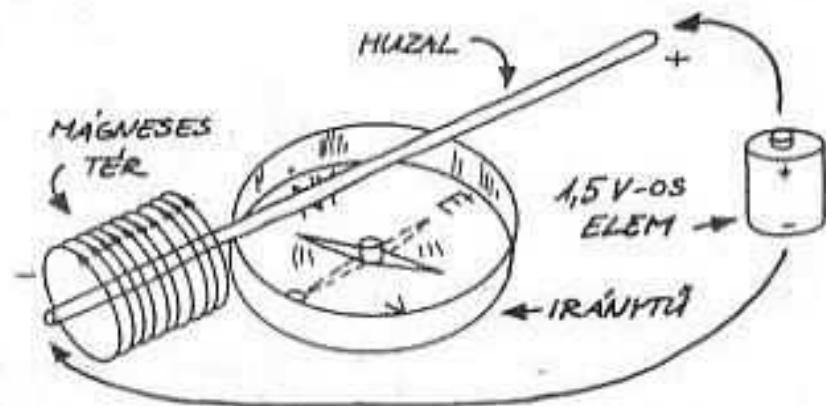
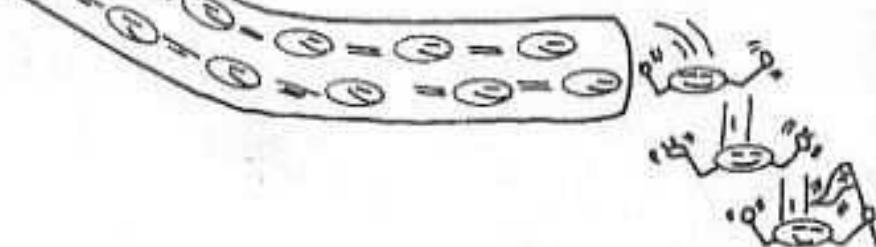
A vezetőn átfolyó áram a vezető környezetében mágneses teret hoz létre. Ezt a teret nem láthatjuk, de hatását megfigyelhetjük. Tájolunk egy iránytűt úgy, hogy tűje éppen észak-déli irányba mutasson! Helyezzünk a tű fölé — vele párhuzamos síkba — egy vörösréz vezetéket! Ha egy elem pólusait a vezeték végeire kapcsoljuk, a tű kitér észak-déli irányából. (A vezetéket csak egy pillanatra kapcsoljuk az elemre, mert különben az elem a nagy zártáti áram hatására túlmelegszik!)

### • Az elektromos áram mérése

A vezetéken folyó elektromos áram értékét egyszerűen mérhetjük, ha megfigyeljük az iránytű mágneses mezőben való fizikai (mechanikai) elmozdulását. Ez az analóg multiméterben használt mozgótekercses (Deprez-) árammérő alapelve. A nagyobb érzékenység elérésére huzalból álló takercset kell kialakítani.

A vezető-szigetelő kísérlet két további fontos tényt is szemléltet:

2. Az elektromos áram a nagyobb töltésű vagy potenciálú hely felől a kisebb potenciálú hely felé áramlik.



## Egyenáramú elektromos jelenségek

A vezetőben a lehetséges két irány közül bármerre folyhat az elektromos áram. Ha csak egy irányban folyik, akár egyenletesen, akár impulzusokban, akkor egyenáramnak (DC) nevezzük. Nagyon fontos, hogy meg tudjuk határozni az egyenáram értékét és teljesítményét. A legfontosabb jellemzők a következők:

- Áram, I. Az I áram egy adott ponton áthaladó elektronok mennyisége. Mértékegysége az ámper, A. 1 A egy ponton  $6\ 250\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$  ( $6,25 \times 10^{18}$ ) db elektron áthaladását jelenti másodpercenként.
- Feszültség, U. A feszültség az elektromos "nyomás" vagy "erő", mértékegysége a volt, V. A feszültséget potenciálinak is nevezzük. A feszültségesés az árammal átájárt vezető két végpontja közötti feszültsékgülönböszég. Ha az áramot egy csőben folyó vízhez hasonlítjuk, akkor a feszültség a víz nyomásának feje meg.
- Teljesítmény, P. Az elektromos áram által (egységnyi idő alatt) végzett munkát teljesítménynak nevezzük. A teljesítmény mértékegysége a watt, W. Az egyenáram teljesítményét a feszültség és az áram értékének szorzata adja.
- Ellenállás, R. A vezetők nem tökéletesek. Kisebb-nagyobb mértékben akadályozzák az áramfolyam haladását. Az akadályozás "mértéke" az ellenállás. Mértékegysége az ohm, Ω. Az 1 Ω-os ellenálláson 1 V-os feszültségnél 1 A áramot hoz létre. Egy vezető ellenállása a rajta eső feszültség és a vezetőn átfolyó áram hárnyadosaként adódik.

Az Ohm-törvény. Az említett jellemzők közül kettő ismeretében a másik kettő kiszámítható a következő egyenletek felhasználásával:

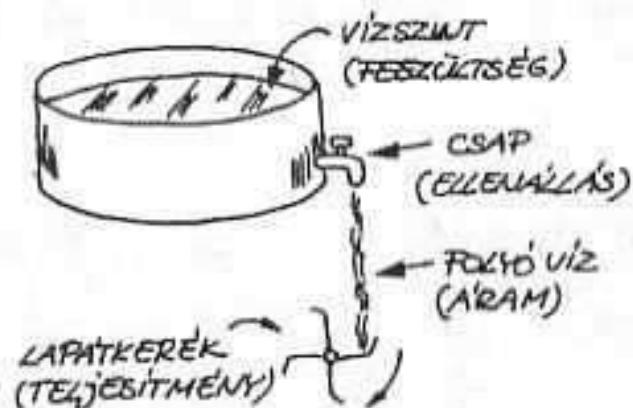
$$U = IR,$$

$$I = U/R,$$

$$R = U/I,$$

$$P = UI = I^2R = U^2/R$$

Foglaljuk össze az eddigieket a "vízanalógia" segítségével:



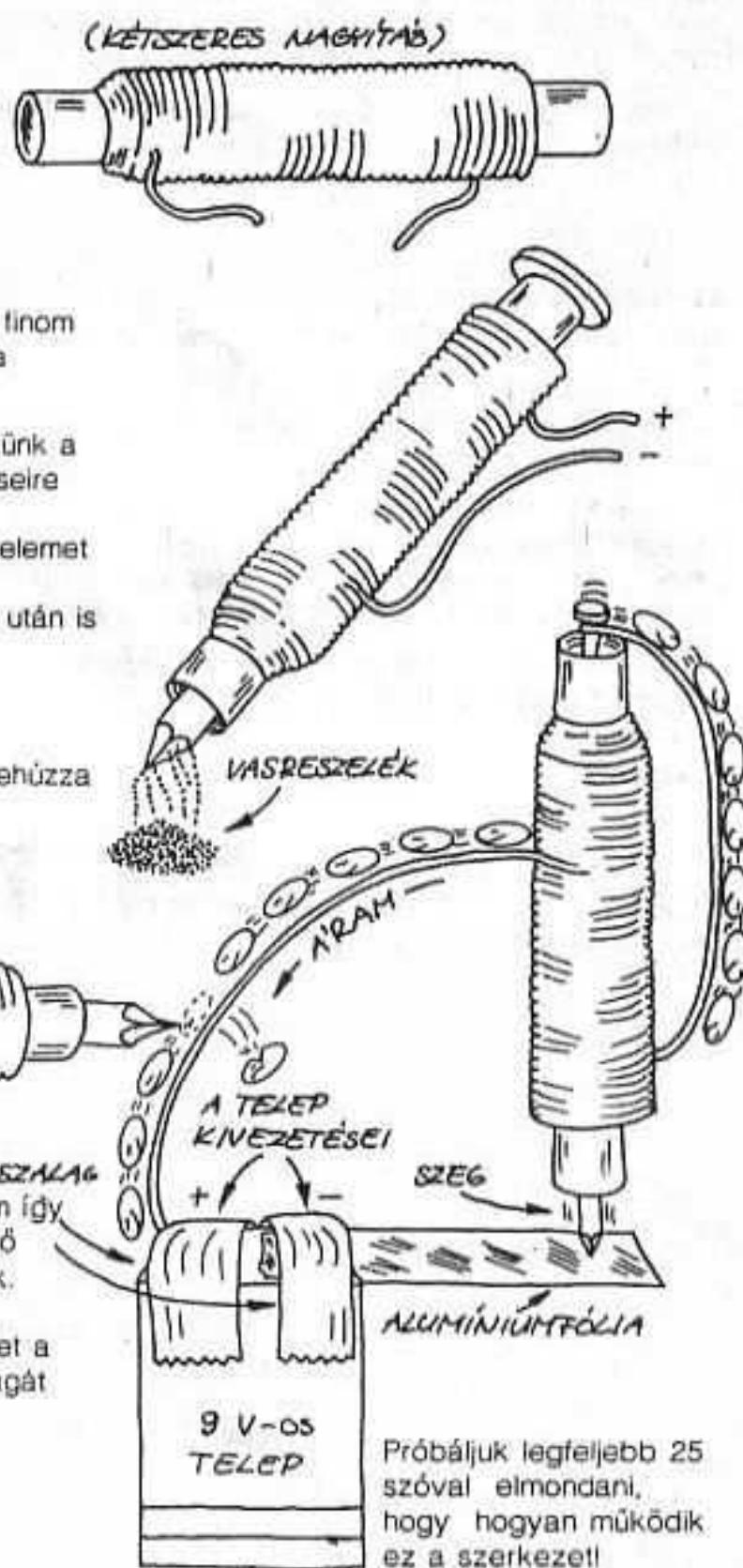
## Az egyenáram hasznosítása

Az egyenáramot olyan sok helyütt hasznosítják, hogy valamennyi felsorolására nem is vállalkozhatunk. Bemutatott feladatainkhoz egyetlen, huzalból készült tekercs elegendő. Az ábra alapján könnyen elkészíthetünk egy ilyen tekercset, ha sikerül szerezniünk egy autoszifon műanyag csövéről 4-8 cm-nyi darabot és legalább 100 m zománcszigetelésű huzalt.

Rögzítük szalaggal a tekercset! Majd finom csiszolópapirral távolítsuk el a lakkot a tekercsvégekről!

• **Elektromágnes készítése.** Helyezzünk a tekercs belsejébe vasszőget, kivezetéseire kapcsoljunk 9 V-os telepet! A szög mágnessessé válik mindaddig, amíg az elemet le nem kapcsoljuk a vezeték végeiről. (Valamennyi mágnességet kikapcsolás után is tapasztalunk.)

• **Készítünk szolenoidot!** Ez egy "szívómágnes". Ha a tekercsre tápfeszültséget kapcsolunk, gyorsan behúzza a szöveget. Munkánkat az ábra segíti



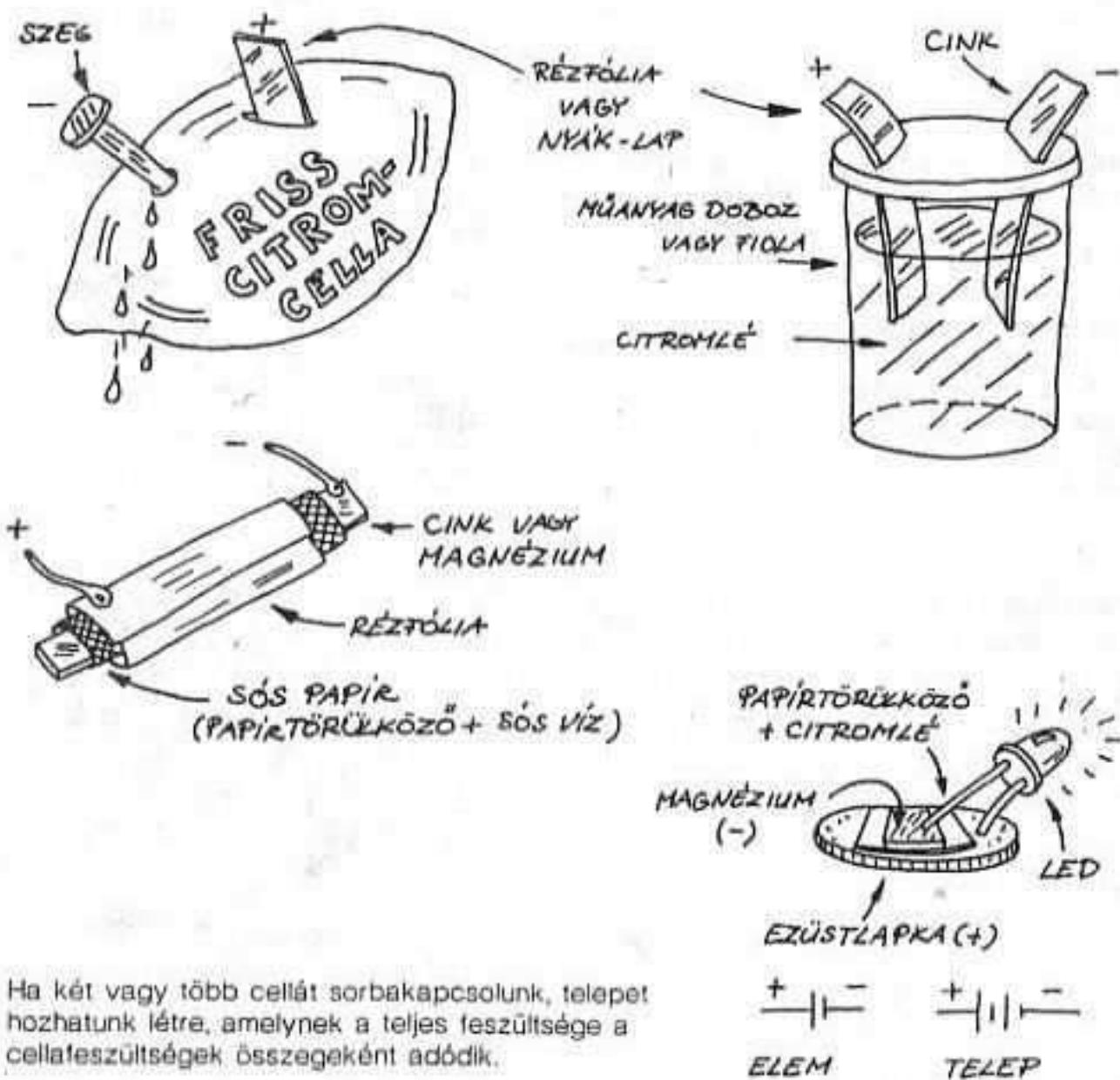
• **A mi kis motorunk.** Lehet, hogy nem így képzelünk el egy motort, de ez a kitűnő "készülék" megfelel a meghatározásnak. Vegyünk egy nagyon könnyű szöveget! Kapcsoljuk össze az egyik tekercsvéget a szöggel! Állítsuk be a tekercs magasságát úgy, hogy a szög fel-le ugráljon.

Próbáljuk legfeljebb 25 szóval elmondani, hogy hogyan működik ez a szerkezet!

## Az egyenáram előállítása

Bámulatos, hogy milyen sokféleképpen lehet egyenáramot előállítani! A legnevezetesebb és egyben a legegyszerűbb lehetőségek a következők:

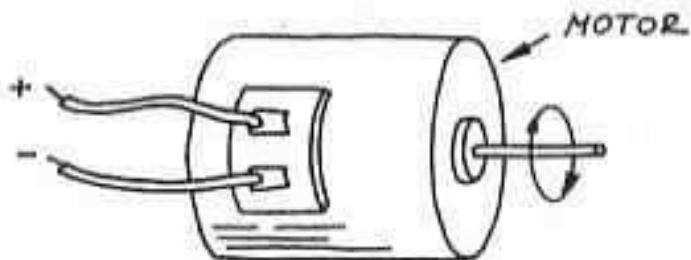
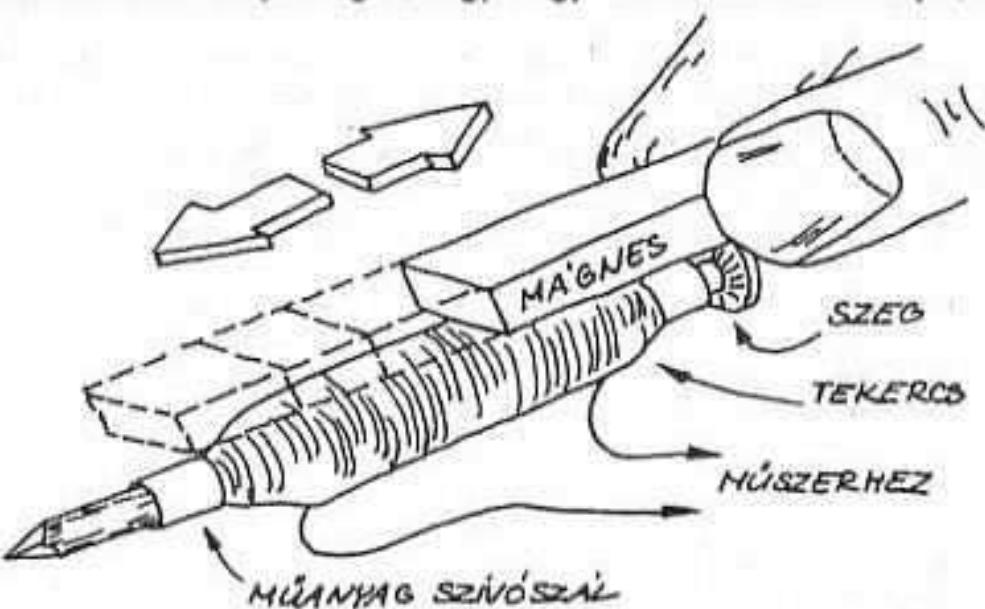
- **Kémiai áramforrások.** Az elektrolitok sok ion tartalmazó kémiai oldatok. Ilyen pl. az asztali só oldata, amelyben a vízben oldott só pozitív nátrium- és negatív klórionokra esik szét. Ha két, különböző anyagú fémlemezt sóoldatba merítünk, a pozitív ionok az egyik, a negatív ionok a másik lemez irányába vándorolnak. Ha a két lemezt vezetővel összekapcsoljuk, az oldaton keresztül elektronáram fog folyni. Az ilyen áramforrásokat nedveselemeknek nevezzük. Azokat az elemeket, amelyekben az elektrolitot papírral felítatták vagy péppé alakították, szárazelemeknek hívjuk. Bemutatunk néhány házilag elkészíthető kémiai generátorról! Jó szórakozást!



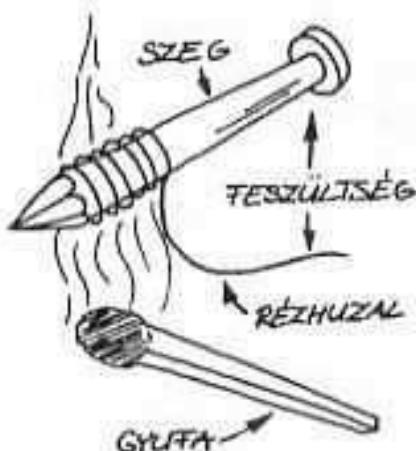
Ha két vagy több cellát sorbakapcsolunk, telepet hozhatunk létre, amelynek a teljes feszültsége a cellafeszültségek összegeként adódik.

• Elektromágneses generátorok. A vezetőn átfolyó áram a vezető körül mágneses teret hoz létre. Ez a hatás minden irányban igaz, vagyis egy vezetékben áram folyik, ha a vezeték mágneses térben mozog. Egy kis mágnessel és egy tekercssel könnyen bemutatható az elektromágneses generátor. Az előzőekben bemutatott, és kísérleteinkben használt tekercs jól megfelel! Kössük a tekercs kivezetéseit mikroampereket ( $\mu\text{A}$ ) is érzékelő műszerhez! Helyezzünk acélszeget a tekercsbe, és mozgassuk a mágnet előre-hátra szorosan a tekercs mellett! A műszer minden mozgatás hatására néhány  $\mu\text{A}$ -t fog kijelzni. Az áram polaritása (iránya) minden mozgásirányváltásnál ellentétesre változik.

Ahhoz, hogy valódi generátorunk legyeri, egy kis egyenáramú motor tengelyét kell megforgatnunk. A legtöbb ilyen "motor-generátor" több voltos potenciálkülönbséget is létre tud hozni. Már csak egy légsavart kell felszerelni a tengelyre, és kész is az egyszerű szélerőmű!

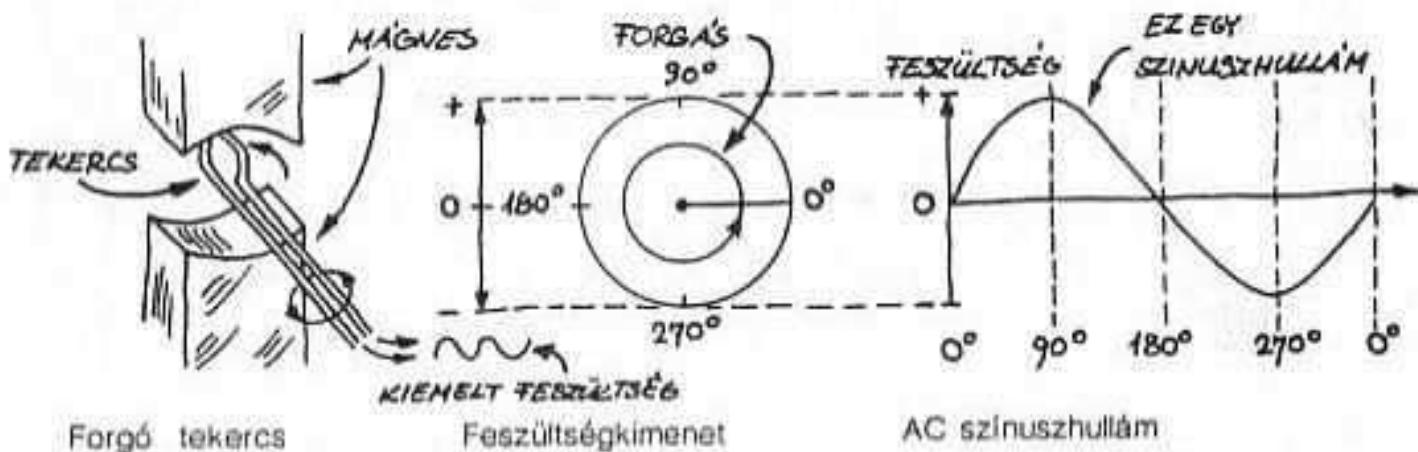


• Termoelektronos generátorok. Ha két különböző fémet összeillesztünk, majd hevitünk, áram jön létre. Ha pl. egy vasszög végére tekert rézhuzalt gyufalángba tartunk, néhány ezredvolt feszültséget kaphatunk. Más fémpárok, mint pl. a vas és a konstantán sokkal nagyobb feszültséget hoznak létre (ez a Seebeck-jelenség).



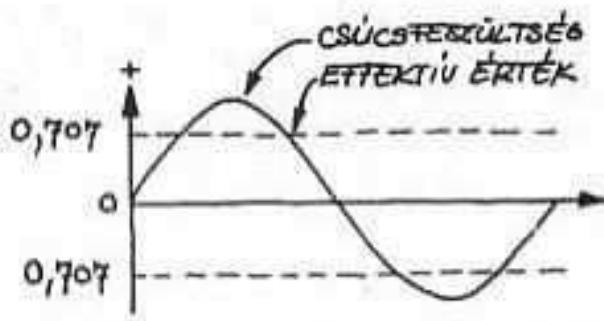
# Váltakozó áram

Térjünk vissza az előzőleg megismert házi készítésű generátorhoz (tekercs+mágnes). Amint a tekercs mentén az egyik irányban mozgatjuk a mágneset, a vezetékben egy irányban mozognak az elektronok, így egyenáramot állítunk elő. Anélkül, hogy eltávolítanánk a tekercstől a mágneset, visszafelé mozgatva fordított áramirány alakul ki. Ha tehát a mágneset előre-hátra mozgatjuk a tekercs mentén, akkor az áram irása, vagyis a polaritása váltakozik. Ezt váltakozó áramnak nevezik. A váltakozó áramot (AC) a tekercsben általában forgó mágneses térrrel állítják elő.



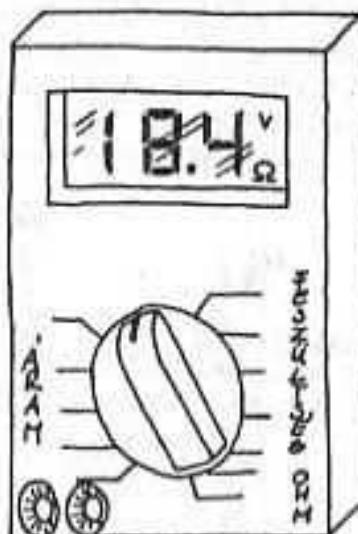
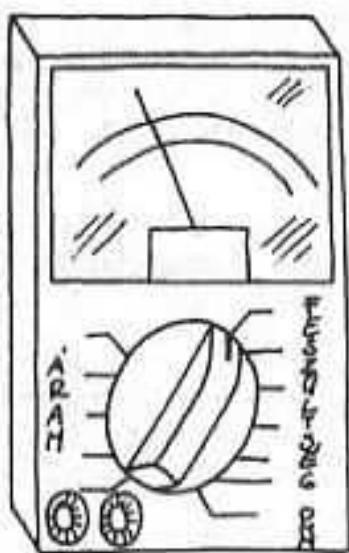
- A szinuszjel mérése.** A váltakozó feszültséget általában a vele azonos munkát végző egyenfeszültség értékével jellemzik. Szinuszjel esetén ez a csúcsfeszültség  $0,707(1/\sqrt{2})$ -szere. Ezt effektív értéknek nevezik. A csúcsfeszültség (vagy -áram)  $1,41$ -szorosa ( $\sqrt{2}$ -szere) az effektív értéknek. A háztartásokban használt hálózati feszültségeit effektív értékben adják meg. Tehát a hálózati  $220\text{ V}$ -os feszültség  $220 \times 1,41$ , vagyis  $311,1\text{ V}$  csúcsfeszültségnek fejezhető meg.

- Miért előnyösebb a váltakozó áram?** Az energia hosszú távvezetéken való továbbítására kedvezőbb a váltakozó áram, mint az egyenáram. A váltakozó árammal táplált vezeték a közelébe helyezett vezetékekben áramot indukál. Ez a transzformátor működésének alapja (l. később).



## Az egyen- és váltakozó jelek mérése

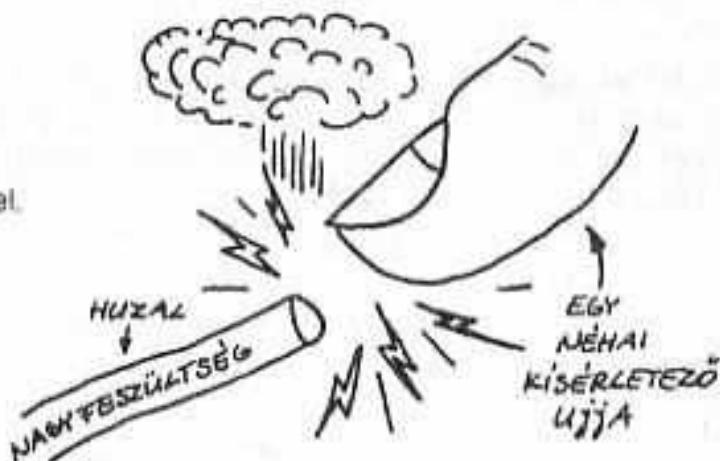
Az egyen- és váltakozó feszültség, valamint -áram egyszerűen mérhető a multiméterrel. Vannak analóg és digitális kijelzésű műszerek is. Az analóg műszerhez (kézi multiméterek) mozgó mágneses tekercses alapműszert használnak. Olcsóbbak, de kissé pontatlannabbak, mint a digitális típusok. A feszültség, az áram, az ellenállás értékének lassú változása esetén ezek a legalkalmasabb mérőeszközök. A digitális multiméterek nagyon pontosak, és egyszerűbben leolvashatók, mint az analóg típusok. A feszültség, az áram, ill. az ellenállás értékének pontos mérésére kíválon alkalmasak.



Mindent összevetve, a multiméterek nélkülvilágítanak! Annak is érdemes beszereznie egyet, aki nem akar elmelélyülni foglalkozni az elektronikával. Sok mindenre és sok helyen használható: a lakásban, a munkahelyen, járműhöz vagy valamelyen elektromos berendezéshez. Akit pedig érdekelnek az elektronikai problémák, és e téren további tervezettségek is vannak, annak javasoljuk, hogy mindenkorban egy jó minőségű, nagyimpedanciás multimétert vásároljon, amelynek kisebb vagy elhanyagolható a hatása a mérődő eszközre, ill. áramkörre. Persze az lenne az ideális, ha analóg és digitális műszert is be tudna szerezni.

## Balesetvédelem

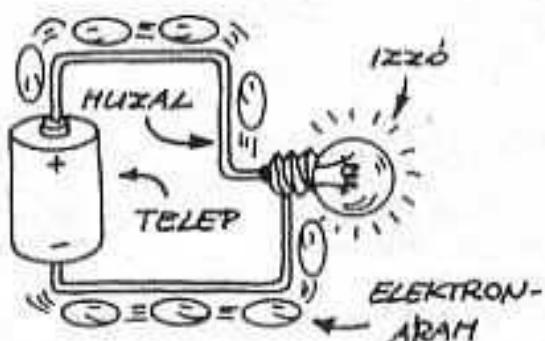
Az elektromosság veszélyes lehet! A kísérleteket mindig a szükséges óvatossággal végezzük! Később még foglalkozunk az életvédelmi kérdésekkel.



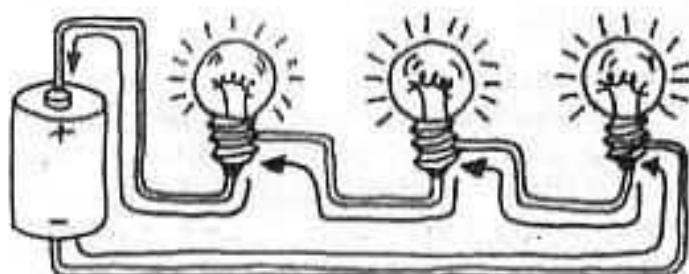
# Elektromos áramkörök

Minden olyan elrendezés, amelyben elektromos áram jön létre, elektromos áramkör. Az elektromos áramkör lehet nagyon egyszerű: állhat egy elem és egy izzó összekapcsolásából, de lehet olyan bonyolult is, mint a számítógép.

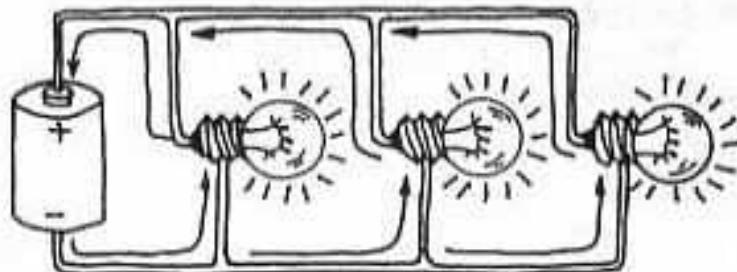
Az ábrán egy alapáramkört látunk. Ez az alapáramkör egy áramforrásból (elem), egy izzóból és két összekötő vezetékből áll. Azt az áramköri részt, amely munkát végez, terhelésnek (fogyasztónak) nevezzük. Itt az izzó a terhelés. Más áramkörökben pl. motor, fűtőszál, elektromágnes stb. lehet a terhelés.



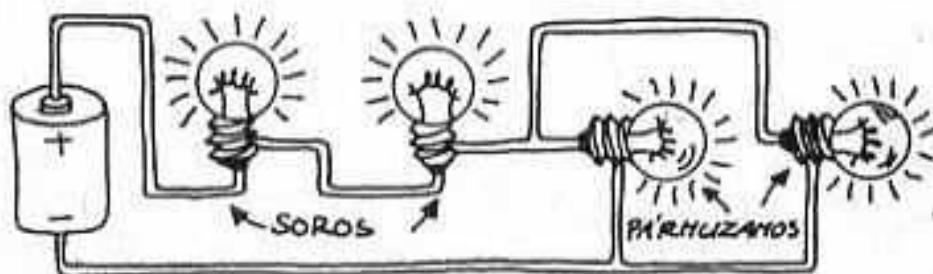
Soros kapcsolásról beszélünk, ha az áramkör több alkatrésze és egynél több terhelése (kapcsoló, izzó, motor stb.) egymással sorba van kapcsolva. Soros kapcsolású áramkörben az egyik alkatrészben átfolyó áram a másikon is átfolyik. (A nyíl az elektronáram irányát mutatja.)



Párhuzamos kapcsolás akkor jön létre, ha két vagy több áramköri elemet összekapcsolunk, és az áram úgy tud átfolyni egy fogyasztón, hogy a másik fogyasztón nem halad keresztül.

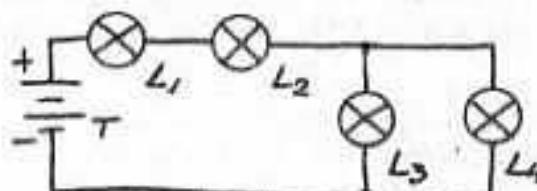
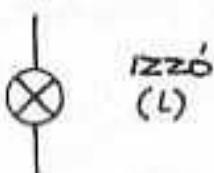
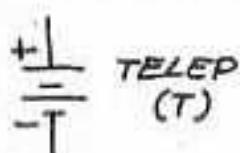


Sok elektromos áramkör egyszerre soros és párhuzamos is. Nézzük a rajzot!



### • Kapcsolási rajzok

Mindaddig képszerű ábrákon mutattuk be az áramköröket. A következőkben is látunk majd szemléletes rajzokat, de a későbbi fejezetekben a képeket kapcsolási rajzok váltják fel. A kapcsolási rajzokon az áramköri elemek rajzait szimbólumaik helyettesítik.



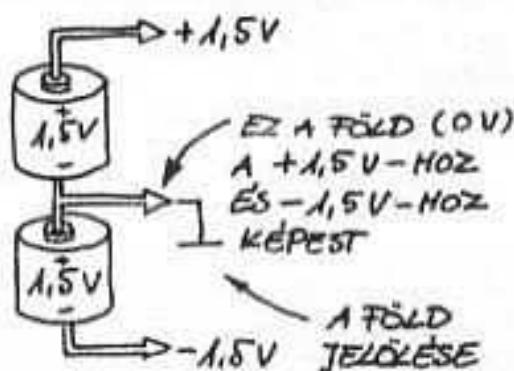
ALKATRÉSZJELEK

SOROS-PÁRHUZAMOS ÁRAMKÖR

• **Mit kell tudnunk a rövidzárról?** Ha egy vezetéket vagy más, jó vezetőt egy telep kapcsaira kötünk, az áramkör áramának egy része vagy a teljes áram a záratot okozó vezetőn folyhat át. Az ilyen rövidzárák a legtöbb esetben nemkívánatosak, mert a telepek gyors kisülését okozhatják és károsíthatják a vezetékeket és az áramköri elemeket. A rövidzár során termelődő hő következtében meggyulladhat a vezeték szigetelése is!

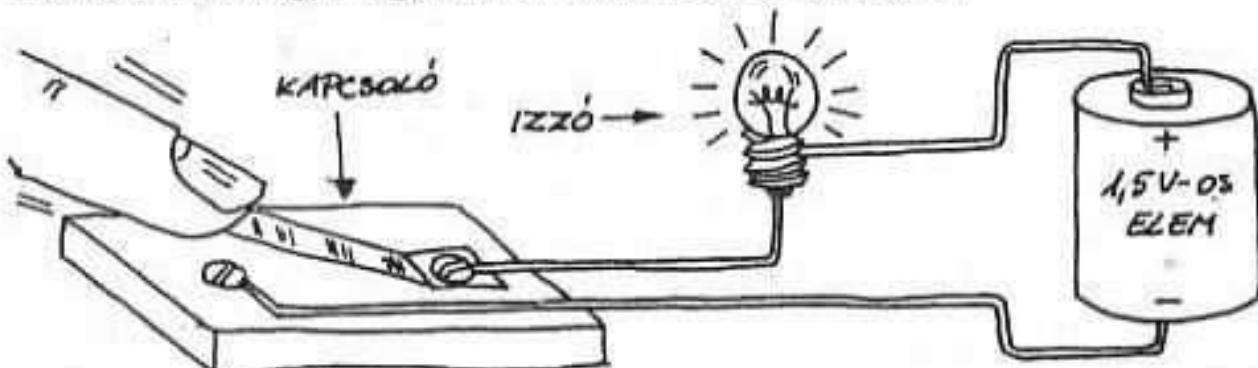
• **Figyelem!** Testünk vezeti az elektromosságot! Ezért, ha óvatlanul megérünk egy elektromos áramkört, rövidre zárhatjuk! A nagy feszültség és áram pedig veszélyes, sőt halálos áramütést okozhat!

• **Az elektromos "föld".** A váltakozó feszültség egyik vezetékét egy fémrúdon keresztül a földhöz kapcsolják. Erre a földvezetékre kötik az elektromos készülékek fémházát. Ez megakadályozza az áramütést, amelyet a feszültség alatt lévő vezeték fémházzal való érintkezése okozhat. A készülék földelése nélkül veszélyes áramütést szenvedhetne az, aki a földön vagy vizes padlón állva megérjené az adott készüléket. Egy áramkör nulla feszültségű pontját szintén földnek nevezik, függetlenül attól, hogy összekötik-e vagy sem a földeléssel. Pl. a könyünkben látható áramkörökben az elem negatív pólusát földnek tekintjük.

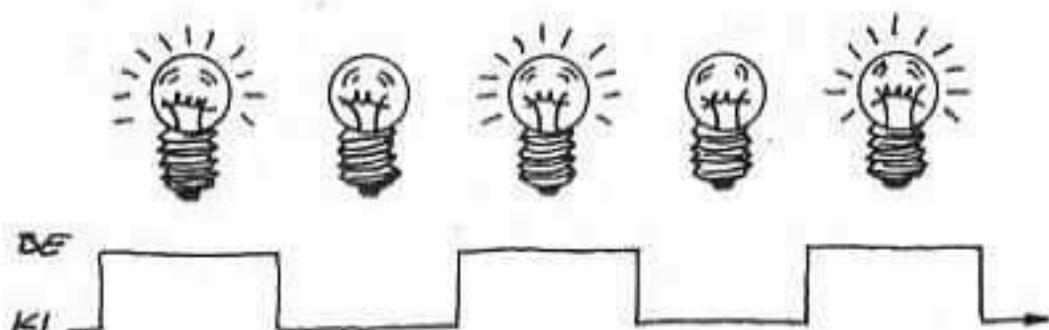


## Impulzusok, hullámok, jelek és zaj

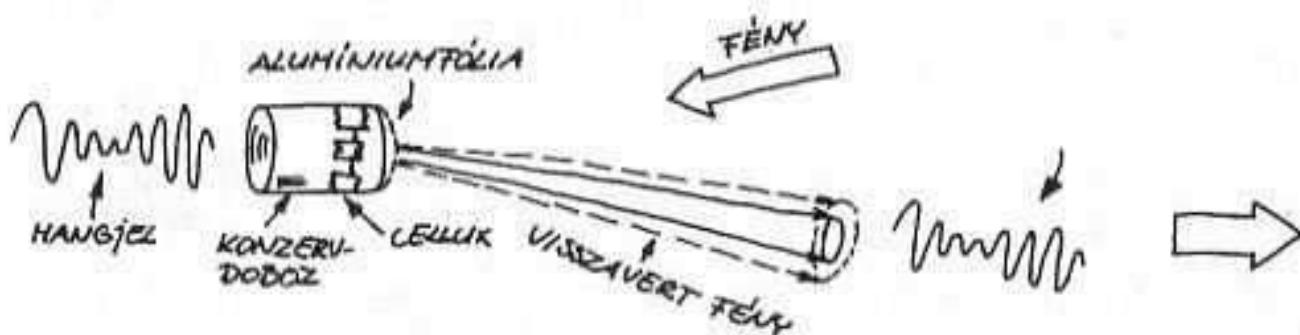
Az elektronika az elektronok tulajdonságainak és hatásainak tanulmányozásával és alkalmazásával foglalkozik. Az elektronok legegyszerűbb "felhasználási területét" a váltakozó és az egyenáramú áramkörök jelentik, amelyekben az áram közvetlenül izzókat, elektromágneseket, motorokat, tekercseket vagy hasonló készülékeket táplál. Az elektronikai kutatások sok területen segítenek. Hasznosítják pl. azt, hogy az elektronáramok nagyon egyszerűen vezérelhetők és kezelhetők.



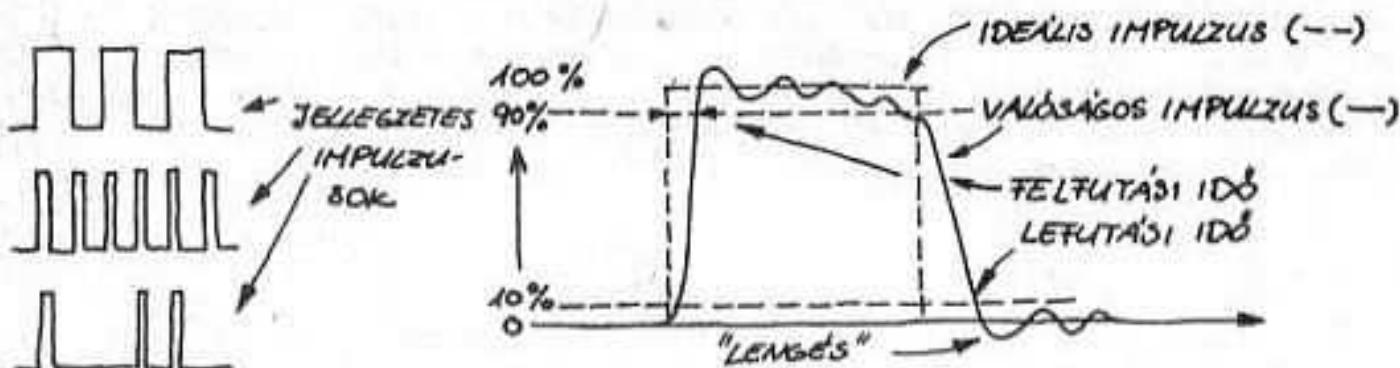
Ez az egyszerű áramkör valójában többet tud, mint amit első pillanásra feltételeznénk! Ha a kapcsoló zárássának tervezett sorozatát fényfelvillanásokká alakítjuk, az áramkör információ továbbítására is alkalmas.



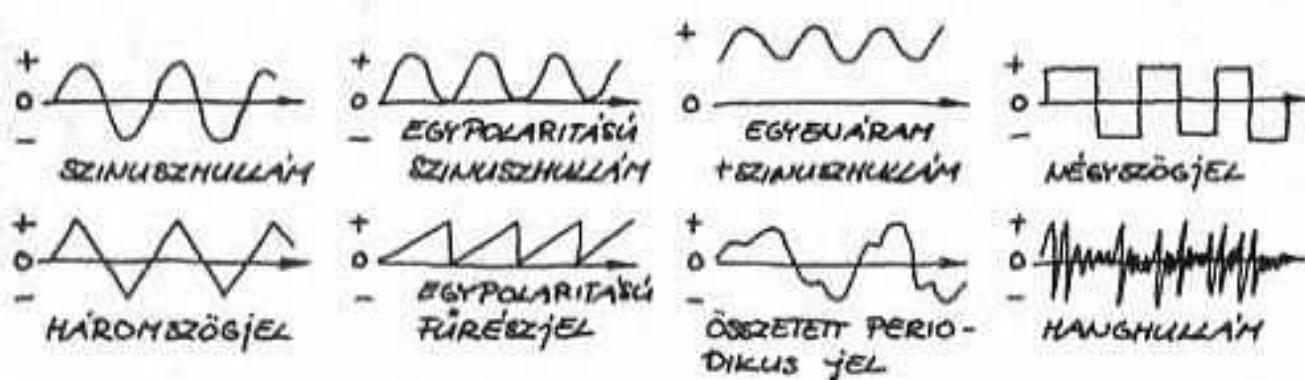
Az ilyen fénymintasorozatok vagy impulzusok olyan összetett információt is tartalmazhatnak, mint pl. a beszéd. A beszéd átalakítható egy izzó fényerejének arányos változásával is. Íme, egy egyszerű példa a hanginformáció visszavert fénysugárral való továbbítására:



- Az impulzus. Az impulzus az áram gyors, lényeges növekedése vagy csökkenése. Az ideális impulzusoknak pillanatszerű, végtelen rövid fel- és lefutásúaknak kellene lenniük, de a valódi impulzusok nem ilyenek.

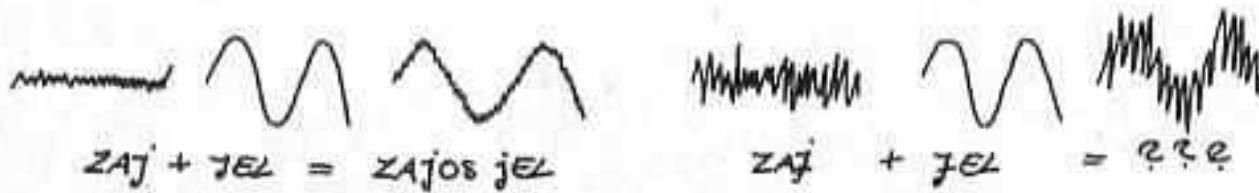


- A hullám . A hullám az áram vagy a feszültség periodikus változása. Létezik egyetlen polaritású hullám (DC) vagy pozitív és negatív értékeket felvettő (bipoláris, AC) hullám. bemutatunk néhányat a hullámok közül:



- A jel. A jel információt hordozó periodikus hullámfelülete. A hullámfelületet létrehozó tolyamatot modulációknak nevezik. A jel lehet AC, DC vagy egyenáramra ültetett váltakozó áram. "Ellensége" a zaj.

- A zaj. Az elektronikus eszközök és áramkörök kicsi, véletlenszerű elektromos áramot hoznak létre. Ha ez az áram nemkivánatos, akkor zajnak nevezik. A zajok sokféleképpen bejuthatnak az áramkörökbe: a villámok, az autók gyújtásrendszere, a villamos motorok és a hálózati vezetékek által létrehozott elektromágneses hullámokkal. Bár a zajszint néhány milliomod V, ill. A értékű is lehet, mégis könnyen elnyomhat egy vele azonos szintű hasznos jelet.



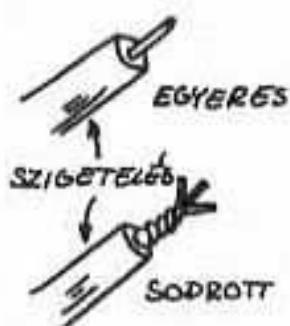
## 2. Elektronikus alkatrészek

A különböző alkatrészcsaládok tucatjai továbbítják, vezérlők, kiválasztják, szabályozzák, kapcsolják, tárolják, átalakítják, másolják, modulálják és hasznosítják az elektromos áramot. Fontosságuk miatt a félvezető kristályokat tartalmazó elektronikus alkatrészekkel egy külön fejezetben foglalkozunk. Az összes többi alkatrésről viszont a következőkben beszélünk.

### Vezetékek és kábelek

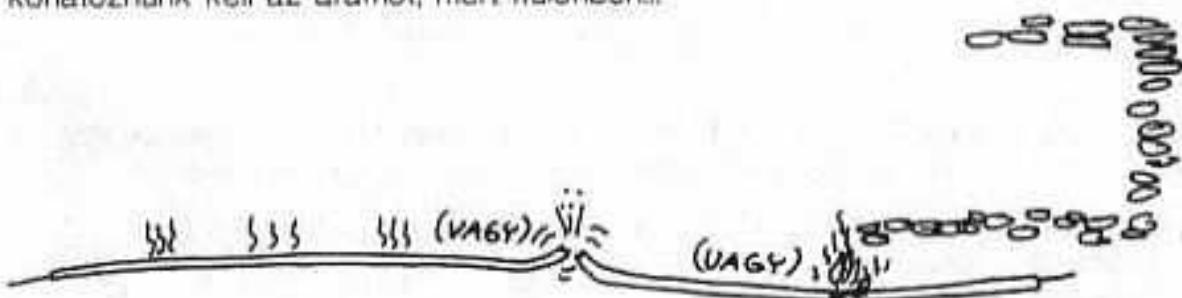
A vezetékeket és kábeleket az elektromos áram továbbítására használják. Legtöbbük kis ellenállású fémből, pl. vörösrézből készül. A tömör huzal egyetlen vezetőből áll. A többszálas vezeték két vagy több, sodrott vagy fonott elemi huzalt tartalmaz. A legtöbb vezetéket műanyag, gumi vagy lakk szigetelőbevonat védi. Az ónozott vezeték könnyebben forrasztható.

A csupasz rézhuzalok adatairól az ábra és a táblázat tájékoztat bennünket. A kábelek egy vagy több erűek, és több a szigetelésük, mint a közönséges vezetékeknek. A koaksiális kábel nagyfrekvenciás jeleket továbbít (pl. tv-jelet).



Átmérő, mm	m/kg	ohm/m
0,1	13 947	2,23
0,2	3494	0,558
0,3	1555	0,248
0,4	876	0,14
0,6	391	0,062
0,8	220	0,035
1,0	141	0,022

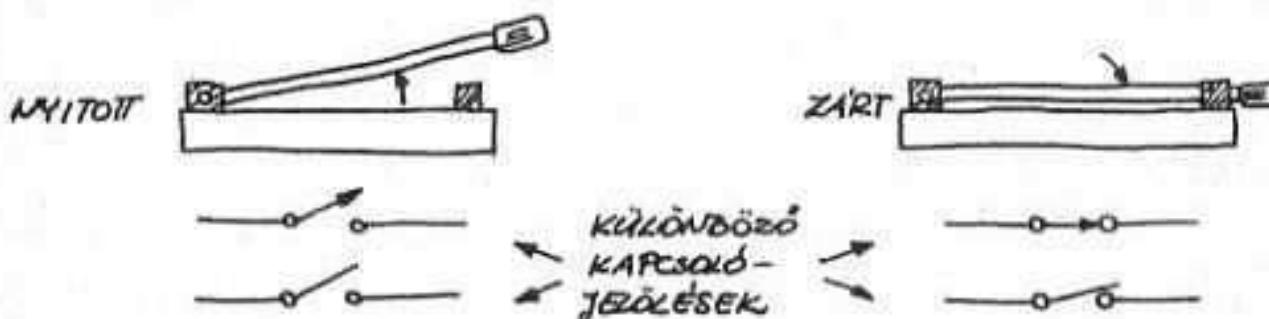
- **Figyelem!** Mindig az adott áramerősségnak megfelelő keresztmetszetű vezetéket használunk! Ha a szigetelt vezetéket megérintjük és forrónak találjuk, akkor a vezetéken túl nagy áram halad keresztfül. Nagyobb keresztmetszetű vezetéket kell használnunk, ill. korlátoznunk kell az áramot, mert különben...



# Kapcsolók

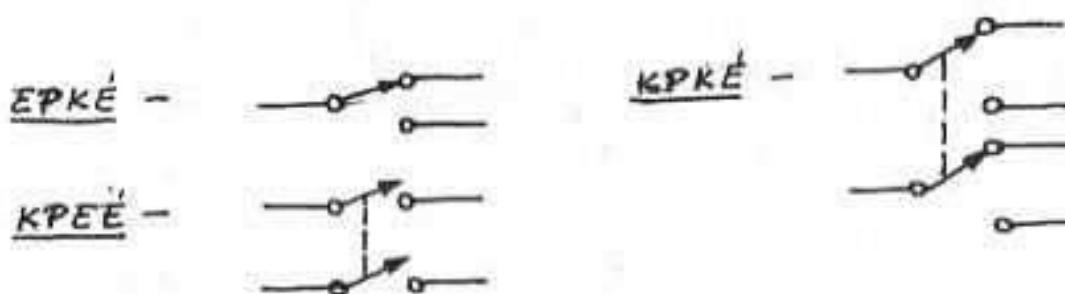
A mechanikai kapcsolók engedélyezik vagy megszakítják az áram folyását. Arra is használhatók, hogy különböző pontokra vezessük velük az áramot.

## • Egyszerű késes kapcsoló



Ezt egykörös, egýérintkezős kapcsolónak nevezik.

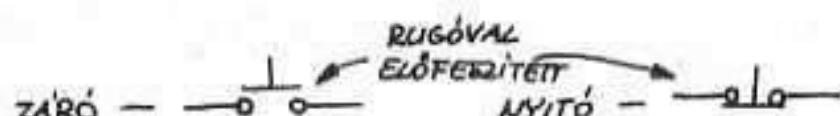
## • Az összetett kapcsolók főbb típusainak jeleit ismerhetjük meg a következő ábrából.



(A szaggatott vonal azt jelenti, hogy a két kapcsolókör érintkezői együtt mozognak.)

Ismerünk egykörös, kétérintkezős kapcsolót (választókapcsoló, morzekapcsoló), kétkörös, egýérintkezős (kétkörös megszakító) és kétkörös, kétérintkezős kapcsolót (kettős választó).

A nyomógombok általában egykörös, egýérintkezősek, de lehetnek alaphelyzetben nyitott (záróérintkezős) vagy alaphelyzetben zárt (nyitóérintkezős) felépítésűek.

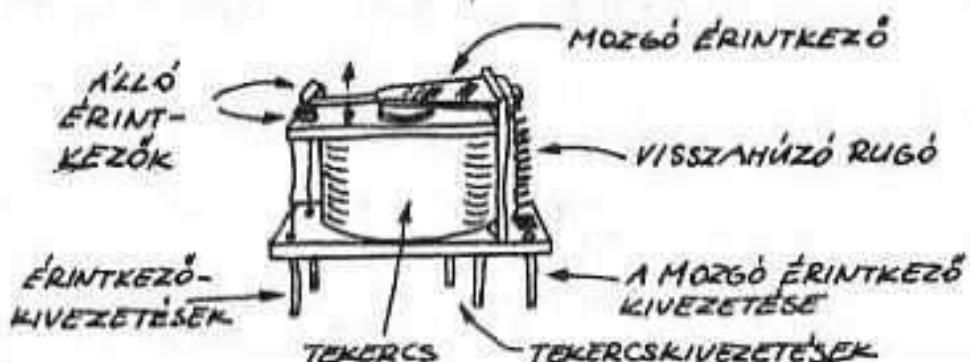


A forgó- (Yaxley-) és lapkapcsolóknak egy pólusuk és két vagy több érintkezőjük van. A lapok egymásra rakhatók, ezzel több pólus hozható létre. Sok változatuk ismert.

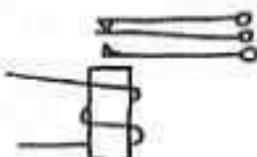
A higanyos kapcsolókban egy higanycsepp zárja a kapcsolót. Helyzetérzékenyek. Sokféle más kapcsoló is létezhet: pl. váltó-, billenő-, emelő-, csúszó-, világító-, nyomásra bekapcsoló és nyomásra kikapcsoló stb.

## Jelfogók (relék)

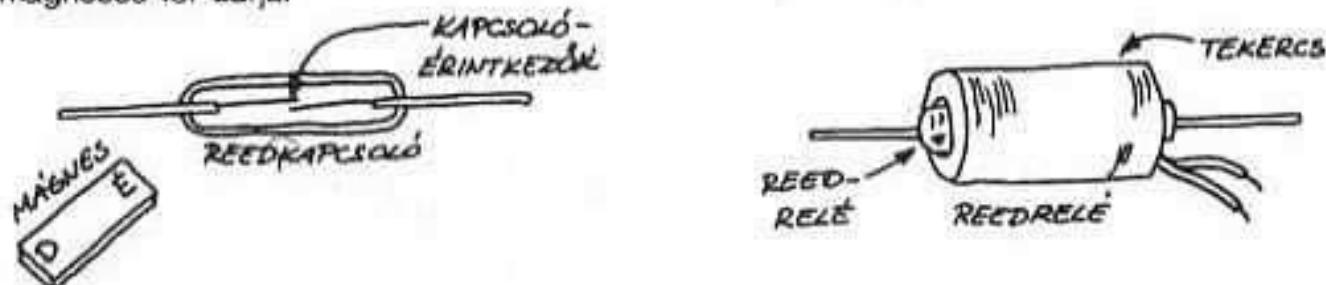
A jelfogó elektromágneses kapcsoló. A tekercsén átfolyó kis áram mágneses teret hoz létre, ami egy kapcsoló záró- vagy nyitóérintkezőjét húzza meg.



A kontaktusok elrendezése szerint a jelfogók lehetnek egy- vagy kétérintkezős, egy- vagy többkörös típusúak. A nyitó-záró érintkezős jelfogót a következő ábrán láthatjuk.

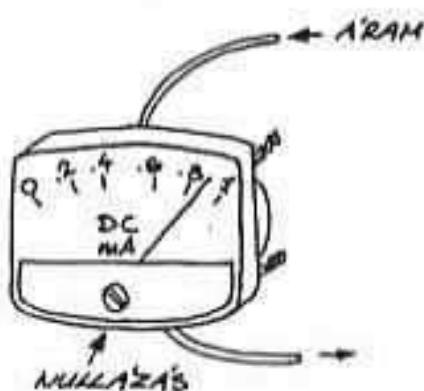


A reedrelé zárt üvegcsőben egymáshoz közel elhelyezett érintkezőpár. Az érintkezőket mágneses tér zárja.



## Mozgótekercses (Deprez-) műszerek

A tengelyre rögzített tekercs elfordul az U alakú mágnes pólusai között, ha a tekercsen áram folyik át. Ez a mozgótekercses műszer működésének alapelve.



## Mikrofonok és hangszórók

A mikrofon a hanghullámokat alakítja át áramváltozásokká. A hanghullám változásait először egy rugalmas film vagy fólia előre-hátra irányú mozgássá (rezgéssé) alakítja. Ezt a fóliát diafragmának nevezik. A diafragma rezgése változtatja az elektromos áramot a következők szerint:

A szénmikrofonban a diafragma mozgásával megváltozik a szénport tartalmazó házra jutó nyomás. A ház ellenállása a nyomással arányosan változik.

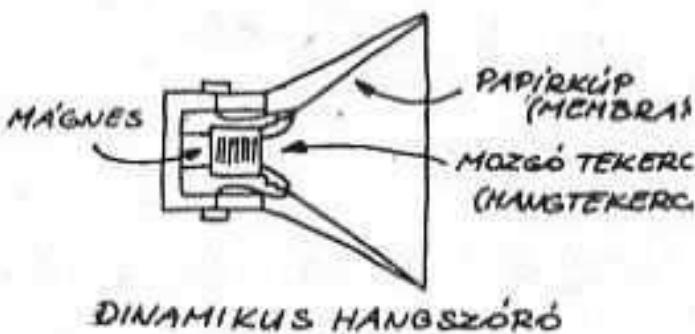
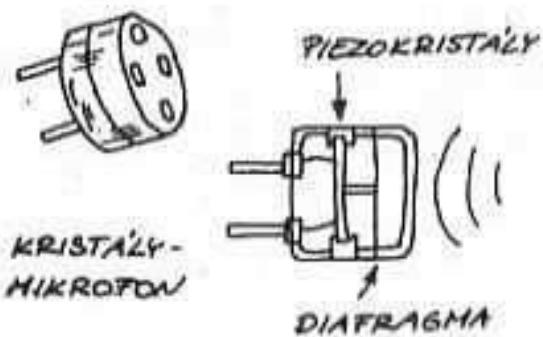
A dinamikus mikrofonban a diafragmával együtt egy kis tekercs mozog mágneses térben. Ez a mozgás hozza létre az áramváltozást.

A kondenzátor mikrofonban a mozgó diafragma két fémlemez (kondenzátorfegyverzet) távolságát változtatja meg. A lemezek közötti kapacitás a mozgással arányosan változik.

A kristálymikrofonban egy piezoelektronos lapkát (amely a hanghullámok következtében kialakuló mechanikai hatásra feszültséget állít elő) használnak diafragmáként vagy pedig mechanikusan csatlakoztatják a lapkát a diafragmához. A hangszóró, az áram vagy feszültség változásait alakítja át hanghullámokká. Az általánosan használt hangszórók kétfélék lehetnek:

A dinamikus hangszóró működési elve hasonló a dinamikus mikrofonéhoz. Tulajdonképpen egy dinamikus hangszóró mikrofonként is használható.

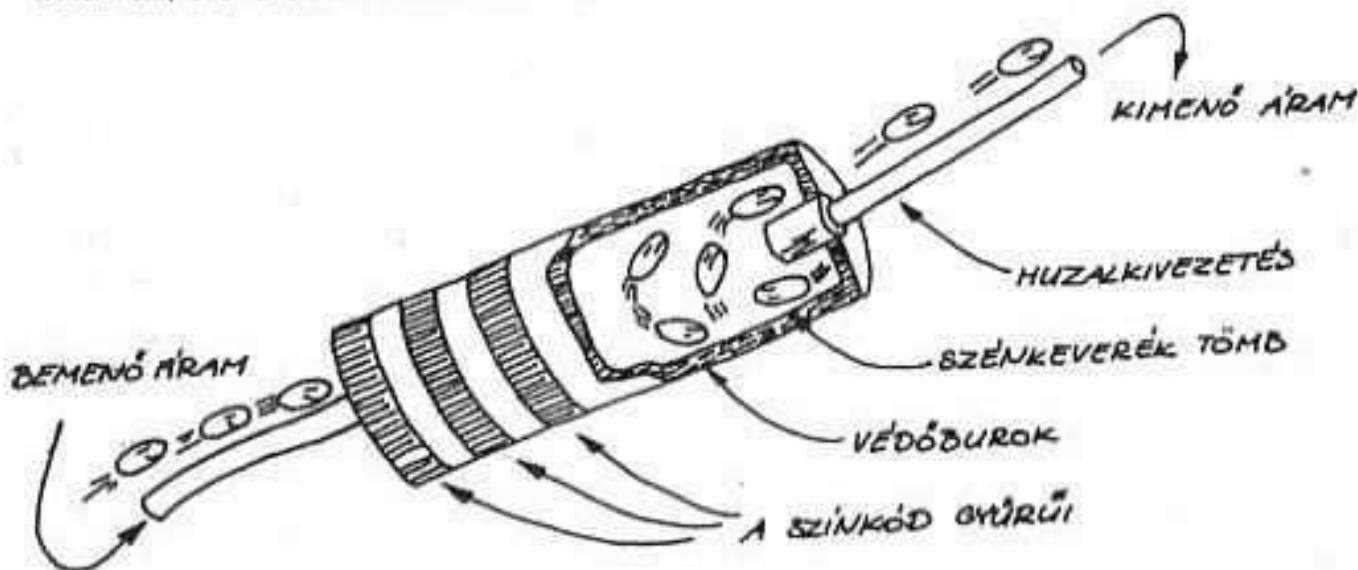
A kristályhangszóró elve azonos a kristálymikrofonéval. A kristályhangszóró is használható mikrofonként is.



## Ellenállások

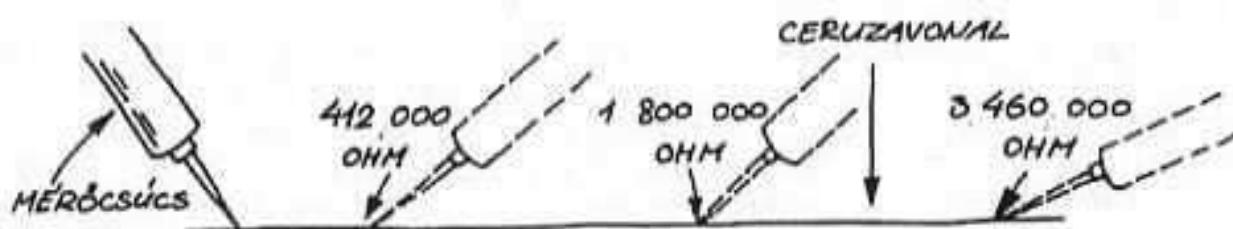
Több tucat eltérő értékű és alakú ellenállás létezik, de valamennyinek ugyanaz a feladata: korlátozza az áramot. Később még beszélünk erről. Most nézzük, hogyan készül egy ellenállás!

Tömör szénellenállás a neve annak az ellenállásnak, amelyet szénpor és kötőanyag keveréke alkot. Ilyen ellenállást könnyű készíteni. Megváltozik az ellenállás értéke, ha a szénpor és a ragasztóanyag arányát megváltoztatjuk. Ha a szénellenállás több szenet tartalmaz, ellenállása kisebb lesz.



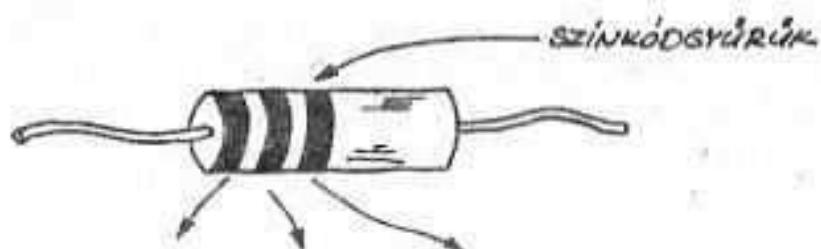
### • Mi is "készíthetünk" ellenállást!

Ha egy darabka papírra puha ceruzával vonalat húzunk, magunk is "előállítottunk" egy ellenállást. Mérjük meg a vonal vagy annak közébső pontjai közötti ellenállásértékeket úgy, hogy a multiméter mérőcsúcsait a méréndő pontokhoz érintjük! Ügyeljünk arra, hogy a multiméter a legnagyobb ellenállású méréshatárra legyen beállítva! Az egyszer meghúzott vonal ellenállása talán túl nagy is lesz ahhoz, hogy megmérhessük. Ha így van, húzzuk át néhányszor a vonalat! Mérésünk eredményei:



• Mit kell tudnunk az ellenállásszínkódokról?

Nézzük csak a színkódcsíkokat az ellenállás képént! Eredetiben persze szébbek, de sokkal fontosabb tisztáznunk, hogy mi is a céljuk: jelzik az ellenállás értékét. A három színsávos ellenállás jelentéseiről tájékoztat a következő ábra és táblázat:



Szín	1. csík	2. csík	3. csík (szorzóérték)
Fekete	0	0	1
Barna	1	1	10
Piros	2	2	100
Narancs	3	3	1000
Sárga	4	4	10 000
Zöld	5	5	100 000
Kék	6	6	1 000 000
Lila	7	7	10 000 000
Szürke	8	8	100 000 000
Fehér	9	9	nincs

Ha negyedik sáv is van, akkor az a türést, a pontosságot jelzi:  
 —az arany jelentése  $\pm 5\%$ ,  
 —az ezüsté  $\pm 10\%$ ,  
 —ha nincs jelzés, akkor a türés  $\pm 20\%$ .

Első látásra bonyolultnak tűnhet, de mindenki hamar megtanulja. Pl. mi az értéke a sárga, az ibolya és a piros színkódú ellenállásnak? A sárga az első szín, így az első szám a négyes. A lila a második szín, a második szám a hetes. Mivel a harmadik szín piros, a szorzó száz. Tehát az ellenállás értéke  $47 \times 100$ , vagyis 4700 Ω. Mivel nincs negyedik színkód, ez azt jelenti, hogy az ellenállás értéke  $4700 \pm 20\%$ . A  $4700 \pm 20\%$ -a 940. Így a tényleges érték 3760 és 5640 Ω között lesz.

Mi a helyzet akkor, ha egy 6700 Ω-os ellenállásra van szükségünk, de csak 6800 Ω-osat találunk. Tudnunk kell, hogy a szükséges török 10...20%-kal eltérő értékű ellenállások általában megfelelnek, így bátran beépíthetjük őket. Ha viszont az adott áramkör nagyobb pontosságot igényel, akkor azt jelzik. Természetesen, két vagy több ellenállás soros vagy párhuzamos kapcsolásával beállítható a kívánt pontos érték. (Erről majd később többet!)

• Fogadjuk meg a következő tanácsot! Mivel a nagy áramot vezető ellenállás nagyon felmelegedhet, minden megfelelő teljesítményű ellenállást használunk! Ha az építendő kapcsolásra vonatkozóan nincs előírt teljesítmény, akkor általában a negyed-, III. a félwattos típusokat alkalmazhatjuk.

• Mit jelentenek a rövidítések? Gyakran látunk az ellenállások számjelzése után k vagy M betűjelzést, pl. 47k vagy 10M. A k kilot jelent, az ezer görög neve után. Tehát a 47k 47 x 1000-et jelent. Az M az egy megohm, vagyis 1 000 000 rövidítése. Az 1M jelzésű alkatrész 1 x 1 000 000, azaz 1 000 000 n ellenállású.

A török szénellenállásról már beszéltünk. Vajon milyen ellenállástípusok léteznek még?

— A fémréteg-ellenállások előállításakor a kívánt ellenállásérték létrehozásához vékony fémből vagy férmrések keverékéből álló réteget használnak.

— A szénréteg-ellenállások készítésekor egy kis kerámiahengerre szénréteget visznek fel. A rétegbe spirális rovátkát vágva, be lehet állítani a szén hosszát a kivezetések között, és így az ellenállás értékét is.

— A huzalellenállásokat úgy készítik, hogy hengeres testre ellenálláshuzalt tekernek. Ezek az ellenállások nagyon pontosak és nagy hőt kibírnak.

— A fotoellenállásokat fotoelemeknek is nevezik. Fényérzékeny anyagból készülnek, pl. kadmium-szulfidból. A fényerő növelésével ellenállásuk csökken.

— A termisztorok hőmérséklet-érzékeny ellenállások. A hőmérséklet emelkedésekor csökken az ellenállásuk (PTK), de léteznek ellenétes működésű termisztorok is (NTK).

• A változtatható értékű ellenállásokat potenciometereknek nevezzük. Gyakran van szükség arra, hogy változtassuk valamely ellenállás értékét. A potenciometerek sok helyen használhatók, pl. a rádió hangerejének beállítására, az izzók fényerejének változtatására, műszerhitelesítésre stb. A trimmerek olyan potenciometerek, amelyeken műanyag forgatógomb vagy csavarhúzóval tekerhető horony van. Időszakos állításokra tervezték őket.

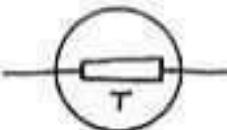
#### • Az ellenállás-jelölések



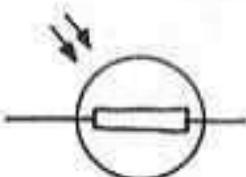
Ellenállás



Potenciométer



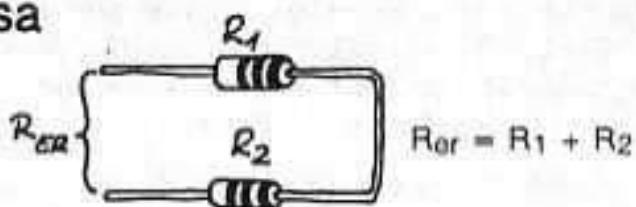
Termisztor



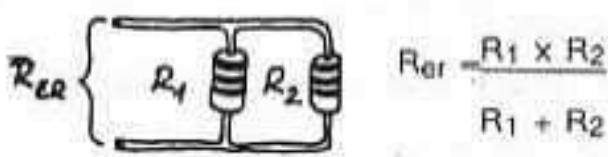
Fotoellenállás

## Az ellenállások felhasználása

Az ellenállásokat gyakran sorba kapcsolják, ekkor jön létre a soros kapcsolás.



Az eredő ellenállás az egyes ellenállásértékek összege. Az ellenállások párhuzamosan is kapcsolhatók, így:

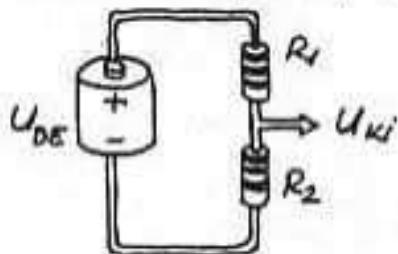


Az eredő ellenállás a két ellenállás szorzatának és összegének a hányadosa. Hárrom vagy több elem párhuzamos kapcsolása esetén dolgozzunk számológéppel, mert

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

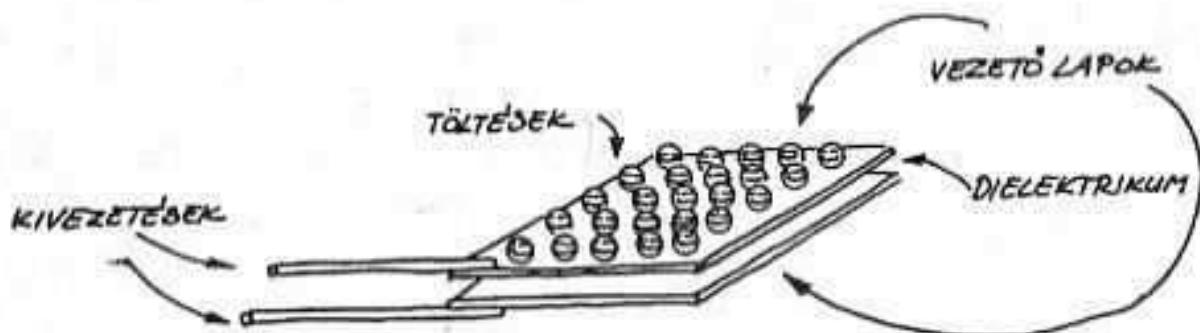
A feszültségosztó különösen fontos! A kimeneti feszültség az  $R_1$  és  $R_2$  arányával határozható meg:

$$U_{KI} = U_{BE} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$



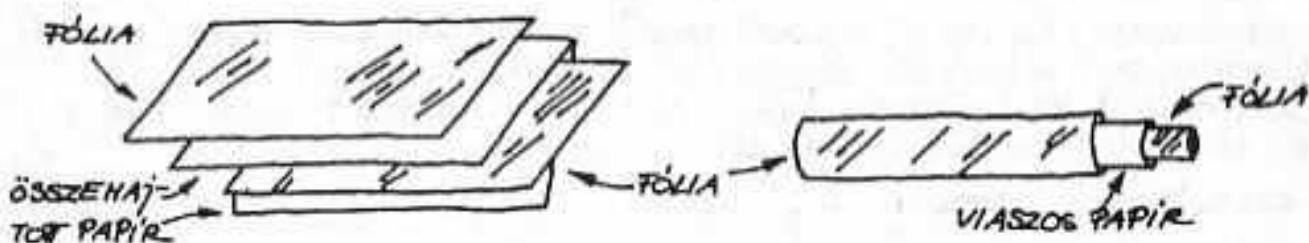
## Kondenzátorok

Sokféle kondenzátor létezik, de valamennyinek ugyanaz a feladata: elektronokat (töltések) tárol. A legegyszerűbb kondenzátor két vezető felülete (fegyverzetek) dielektrikumnak nevezett szigetelőanyaggal van elválasztva.



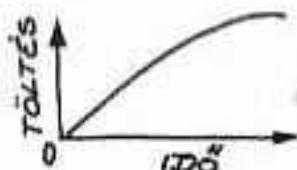
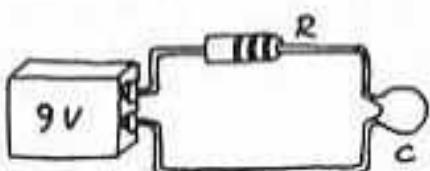
A szigetelőanyag, a dielektrikum lehet papír, műanyag fólia, csillám, üveg, kerámia, levegő vagy vákuum. A fegyverzetek lehetnek alumíniumkorongok, alumíniumfóliák vagy vékony fémrétegek, amit a szilárd dielektrikum ellenállás oldalaira vittek fel. A vezető-dielektrikum-vezető szendvicset hengerré lehet feltekerni, vagy maradhat sík is. A kondenzátortípusokra még visszatérünk.

- Hogyan készítsünk kondenzátort? Két alumíniumfólia lapból és egy viaszos papírlapból készíthetünk kondenzátort. Az egyik alumíniumfóliát tegyük az összehajtott papírlapba, és így állítsuk össze:

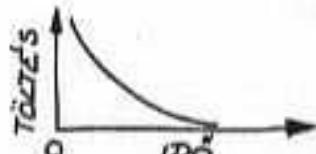


Ezután hajtsuk össze a lapokat! Vigyázzunk, hogy a fólialapok ne érjenek össze! Érintük hozzá egy pillanatra a fólialapok szabad végeihez egy 4,5 V-os telep pólusait! Ezután csatlakoztassuk egy nagyimpedanciás multiméter mérőcsúcsát a fólialapokhoz! A műszer néhány másodpercig egy kicsi feszültséget jelez. A feszültség ezután visszaesik nullára.

- Hogyan töltök fel a kondenzátort? Házilag készített kondenzátorunk negatív polaritású oldala szinte azonnal feltöltődik elektronokkal. Mivel az ellenállások korlátozzák az áramot, ha a 9 V-os telep és a kondenzátor közé ellenállást helyezünk, megnövelhetjük a feltöltés idejét.



- Mit kell tudnunk a kondenzátor kisüléséről? A feltöltött kondenzátorok elektronjai mindenkor lassan, fokozatosan szivárognak a dielektrikumon keresztül, amíg a két fegyverzet egyenlő töltésű nem lesz. Ekkor a kondenzátor teljesen kisült. Gyorsan is kisüthető, ha összekötjük a fegyverzeteit. Ellenállással áthidalva pedig sokkal lassabban megy végbe a kisülés.



- A kondenzátor kapacitásának mértékegysége. Egy kondenzátor egységnyi feszültség hatására felhalmozott töltése arányos a kapacitásával. A kapacitást faradokban ( $F$ ) mérik. Az 1 F-os kondenzátor 1 V-os feszültségre kapcsolva  $6\ 280\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$  ( $6,28 \times 10^{18}$ ) elektron fog tárolni. A legtöbb kondenzátor kapacitása ennél kisebb. A kis kondenzátorok kapacitásértékét pikofaradban ( $pF$ ) (a farad triliomod része), a nagyobbakat mikrofaradban ( $\mu F$ ) (a farad milliomod része) adják meg.

Összefoglalva:

$$1 \text{ mikrofarad} = 1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F} = 0,000\,001 \text{ F}$$

$$1 \text{ pikofarad} = 1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F} = 0,000\,000\,000\,001 \text{ F}.$$

A kondenzátorok kapacitása névleges értéküktől 5..100 %-ban eltérhet. Ezért gyakran használhatunk az előírt értékű helyett a névleges értékűt megközelítő értékű kondenzátort is. Ne felejtse el azonban, hogy a várható legnagyobb feszültségnek megfelelő típusú kondenzátort válasszuk!

#### • Kapacitások megengedett feszültsége



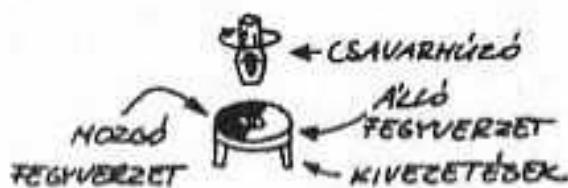
Biztosnak kell lennünk azonban abban, hogy az alkalmazott feszültség-igénybevétel kisebb vagy egyenlő a kondenzátorra megengedett értéknél. Különben a tárolt töltések átégethetik a dielektrikumot. A megengedett feszültség értékét általában rányomják a kondenzátor oldalára.

• **Kondenzátortípusok.** A kondenzátorokat szigetelőanyaguk szerint is elnevezhetik. Ismerünk kerámia-, csillám-, polisztirol- és sok másfélé kondenzátort. Ezek minden rögzített értékű kondenzátorok. Van a változtatható kapacitású kondenzátorok és a rögzített értékűek között egy különleges osztály, amelynek sokkal nagyobb a kapacitása, mint a többleknek.

— Változtatható kapacitású kondenzátorok. Általában egy vagy több álló és egy vagy több mozgó fegyverzetük van. Kapacitásuk egy tengely elforgatásával változtatható, amelyre a mozgó fegyverzetek egyik oldalát rögzítik.



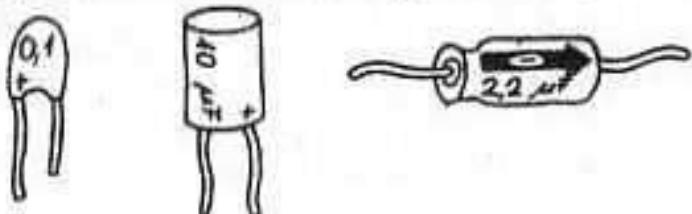
Ezek a kondenzátorok pl. rádióadók, -vevők és oszcillátorok stb. hangolására használhatók. Szigetelőanyaguk többnyire levegő.



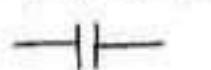
Változtatható kapacitású kondenzátorok vannak pl. a digitális órákban.

• **Elektrolitikus kondenzátorok.** Dielektrikumuk egy alumínium- vagy tantálfólián létrehozott vékony oxidréteg. Sokkal nagyobb a kapacitásuk, mint a nem elektrolitikus kondenzátoroknak. A tantálból készültöknek nagyobb a térfogategységre eső kapacitásuk, és hosszabb az élettartamuk, mint az alumíniumból készültöknek, de drágábbak. A legtöbb elektrolitikus kondenzátor polarizált. Megfelelő polaritással kell öket az áramkörbe kapcsolni.

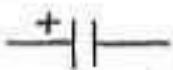
A pozitív kivezetésnek a legpozitívabb ponthoz kell kapcsolódnia.



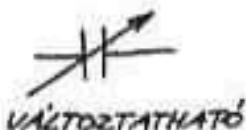
• Kondenzátorjelölések:



RÖGZÍTETT

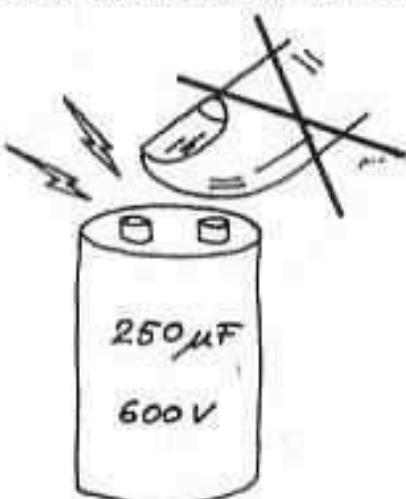


RÖGZÍTETT



VÁLTOZTATHATÓ

- Vigyázat! A tápfeszültség kikapcsolása után a kondenzátorok jelentős ideig megőrzik töltésüket. Ez a töltés veszélyes lehet! A mindenre 5...10 V-os feszültségre feltöltött nagy elektrolitkondenzátor meg tudja olvasztani a kivezetései közé helyezett csavarhúzó hegyét! A nagyfeszültségű kondenzátorok — ilyeneket találunk a televíziókban és a vakukban — halálos töltésmennyiséget is képesek tárolni. Sohasem nyúljunk az ilyen kondenzátor kivezetéséhez!



• A kondenzátorok kapcsolásai

A kondenzátorok kapcsolása lehet párhuzamos és soros.

Párhuzamos kapcsolásban az eredő kapacitást az egyes kapacitások összege adja.

Ha a kondenzátorokat sorba kapcsolják, akkor az eredő kapacitás úgy adódik, hogy az egyes kapacitások szorzatát osztjuk az összegükkel.

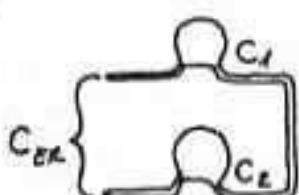
Három vagy több kondenzátor esetén az eredő képlete:

$$C_{er} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

A kondenzátorok felhasználásának sok más módja is létezik. Közülük mutatunk néhányat.



$$C_{er} = C_1 + C_2$$

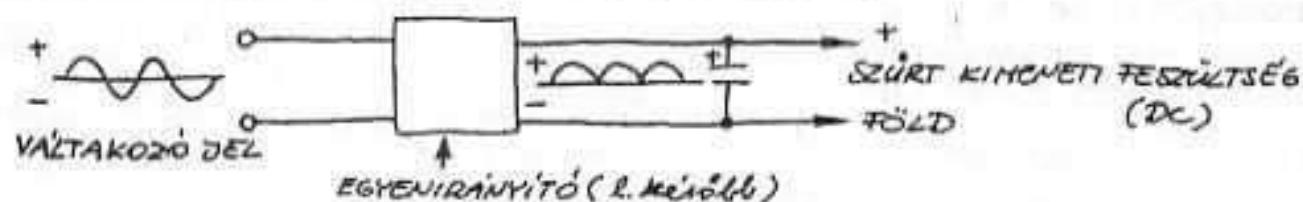


$$C_{er} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

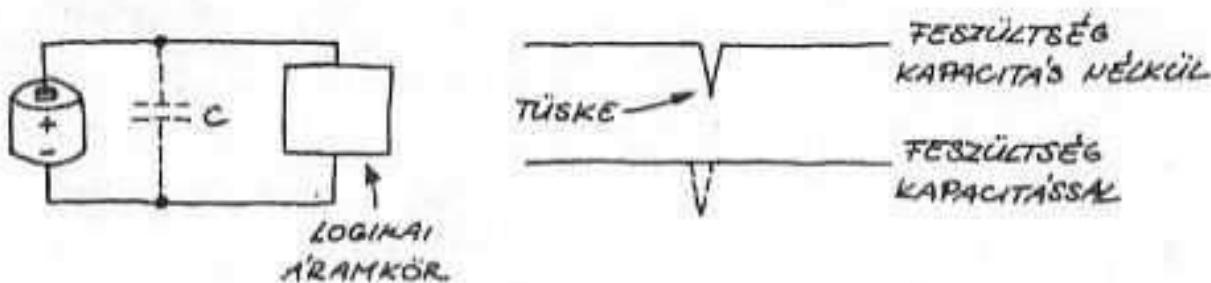
## Az ellenállások és kondenzátorok alkalmazásai

Sok elektromos áramkörben alapalkatrészként szerepelnek az ellenállások és a kondenzátorok. Nézzük, hogy mire használhatók!

Alkalmazhatók tápfeszültségszűrésre. A kondenzátor a tápegységből érkező lüktetőfeszültséget stabil egyenárammá (DC) simítja (szűri).



Felhasználhatók zavarszűrként (tüskementesítésre). A digitális logikai áramkörök, amelyekről később lesz szó, állapotváltozásai alatt rövid ideig nagy áramot vesznek fel. Ez a szomszédos áramkörök tápfeszültségében is rövid, de tekintélyes csökkenést okoz. Ezeket a feszültségtüskéket (vagy glitch-eket, ahogy néha nevezik őket) ki lehet küszöbölni, ha a logikai áramkör tápfeszültség- és földkivezetéseire kis értékű ( $0,1 \mu\text{F}$ ) kondenzátort kapcsolunk.

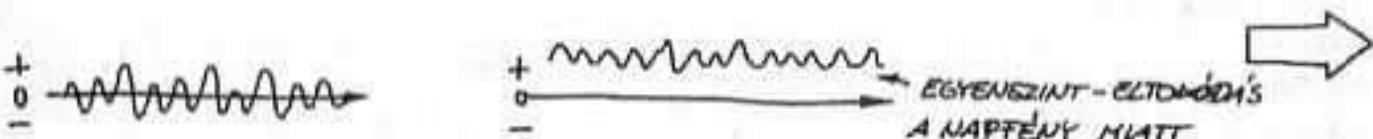


A tüske ideje alatt a kondenzátor úgy viselkedik, mint egy kisméretű telep, amely a tápfeszültséget a feszültséglökés időtartamára biztosítja.

Beépíthetők RC leválasztóként. Gyakran előfordul, hogy a hasznos jel egy állandó egyenfeszültségen "ül". Pl. a fénytávközlő rendszerből érkező jel ilyen lehet,

ha sötét van:

és ilyen napsütésben:

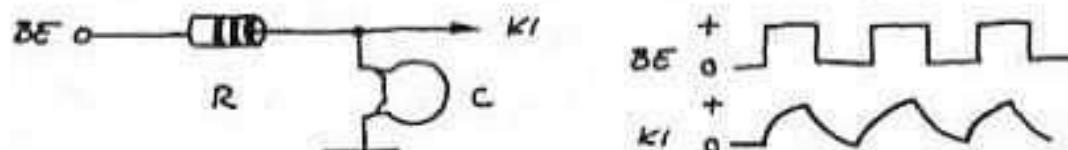


A kondenzátor átengedi a váltakozó jelet, az egyenfeszültséget pedig teljesen leválasztja.

### • Jelentőségük az RC áramkörökben

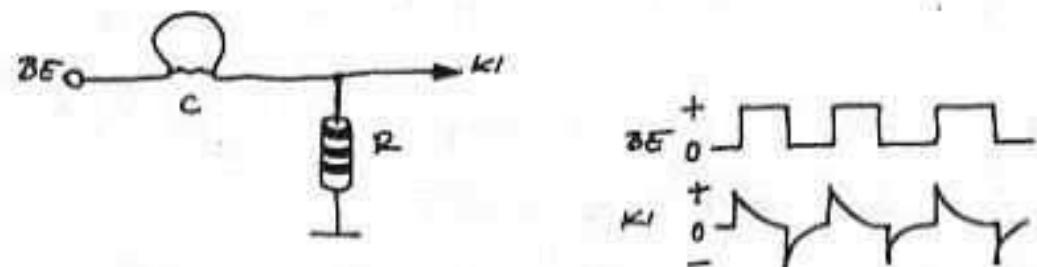
Két olyan áramkör van, amely csak egy ellenállásból és egy kondenzátorból áll, ez az integráló- és a differenciálótag. Mindkettő a beérkező hullám- vagy impulzusfolyamatot formálja. Ezekre az áramkörökre vonatkoztatva az R és C érték szorzatát RC időállandónak nevezzük. A következő áramkörök RC időállandói másodpercben mérve tízszer kisebbek, mint a beérkező jelek periódusideje vagy az impulzusok közötti időtartam.

— Integrálótag. A rajzon az RC integráló alaptagot láljuk:



Ha a beérkező impulzusok gyorsabbak, a kimeneti hullámforma (gyakran fűrészjelnek nevezik) nem éri el az impulzusok teljes értékét (amplitúdóját). Így egyszerűen tervezhető olyan erősítő, amely egy előirt amplitúdónál kisebb jellemzőjű jeleket egyáltalán nem vesz figyelembe. Így az integrálótag olyan szűrőnek is használható, amely egy bizonyos frekvencia alatti jeleket enged csak át.

— Differenciálótag. Az ábrán az RC differenciáló alaptagot tekinthetjük meg:



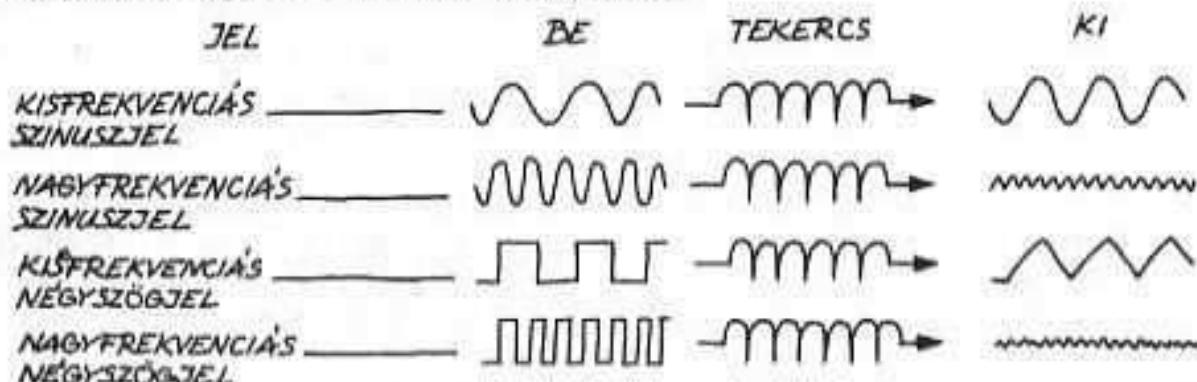
Ez az áramkör szimmetrikus kimenő jeleket hoz létre meredek pozitív és negatív csúcsokkal. Ezt használják a tv-vevőkben keskeny impulzusok előállítására és logikai áramkörök triggerelésére.

— Szakmai leírásokban gyakran találkozhatunk az áramkör RC tagjának időállandójával. Ez másodpercekben értendő töltési, ill. kisülési idő, amely alatt a kondenzátor teljes töltésváltozásának 63,3 %-a lezajlik.

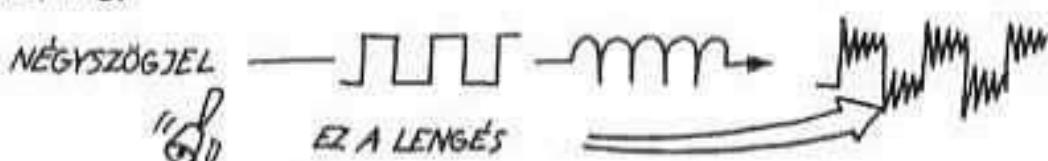
## Tekercsek

A vezetéken mozgó elektronok mágneses teret hoznak létre a vezeték körül. Amint az előzőekből tudjuk, a tekercselt vezeték sokkal nagyobb téterősséget hoz létre, mint az egyenes. Ez a tér teszi lehetővé a szolenoidok, a motorok és az elektromágnesek létrehozását. A tekercseknek más fontos szerepük is van:

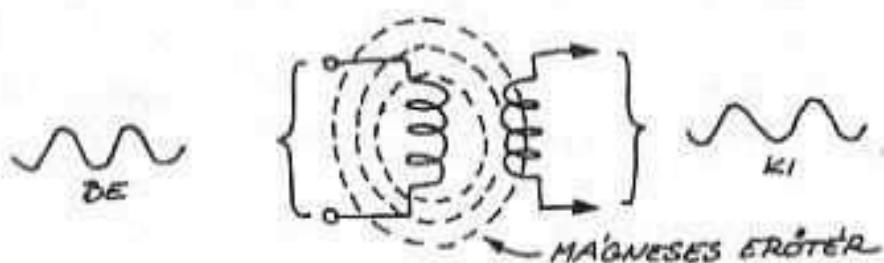
— Ellenállást fejtenek ki a rajtuk átfolyó áram gyors változásaival szemben, de szabadon átengedik az egyenáramot. Íme, néhány példa:



A tekercs néha a rajta áthaladó négyszögjelhez egy lecsengő rezgést hozzáad. Ez akkor következik be, ha a tekercs kivezetéseivel közvetlenül kapcsolódó külső áramkör impedanciája ("ellenállása") nagy.

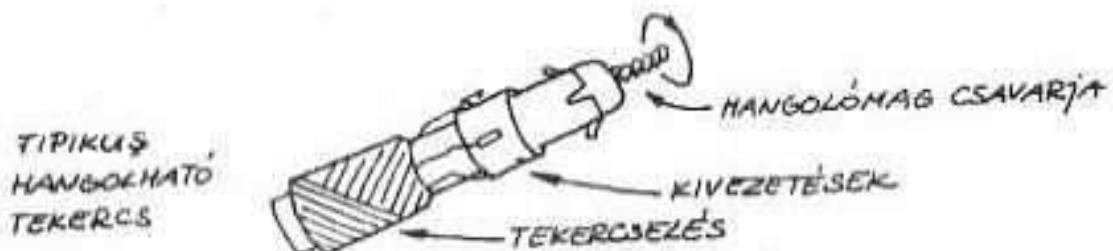


— A tekercs körüli térben létrejött energia egy része egy másik közelébe lévő tekercsbe átkerülhet (indukálódhat). Ez a transzformátor alapelve:

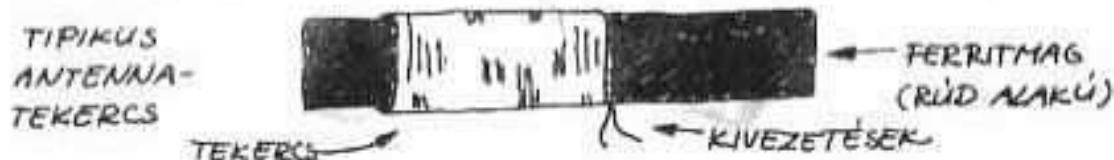


A transzformátor bemeneti tekercsét primer, a kimenetit pedig szekunder tekercsnek nevezzük.

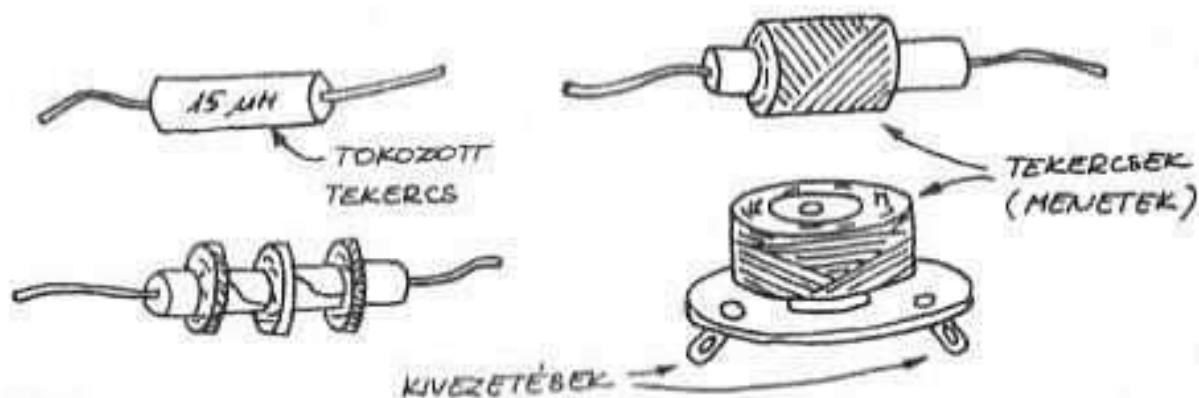
**Tekercstípusok.** Számos különböző típusú tekercs létezik. Nézzünk közülük néhányat! Hangolható tekercs. A rádiókban levő különböző tekercsekkel lehet kiválasztani a kívánt jelet. A hangolható tekercseknek több megcsapolása vagy mozgatható hangolómagja van. Így változtható az induktivitásuk, és ennek révén a rezonanciafrekvenciájuk is (az áramváltozással szembeni ellenhatás).



Antennatekersek. A rádiókban található széles sávú hangolt tekerosek a rádiójelek felvételére szolgálnak.



Fojtótekercsek. Sok áramkörben használják őket. A váltakozó jeleket elnyomják vagy határolják, miközben az egyenáramú jelet átengedik. A tekercsek alakja és mérete változó:



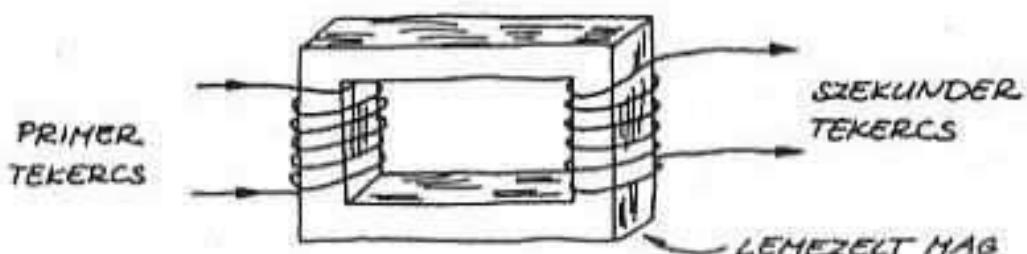
**Figyelem!** Ha a fojtótekercsen átfolyó áram megszakad, nagyfeszültségű impulzus jön létre! Legyünk igen elővigyázatosak!

A transzformátorokkal fontosságuk miatt majd külön is fogalkozunk.

Az eddig leírt alkalmazásokon kívül a tekerosek frekvenclasávok szelektív átengedésére szűrőkben is használhatók.

# Transzformátorok

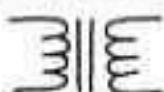
A transzformátorok a tekercsek fontos csoportját alkotják. Transzformátort úgy alakítunk ki, hogy két vagy több tekercset tekerünk egy közös, vaslemezből álló mag köré. Bemutatunk egy egyszerű transzformátort:



Ha a primer tekercsen átfolyó áram változik, akkor a szekunder tekercsben áram indukálódik. Az egyenáram nem transzformálódik át egyik tekercsből a másikba.

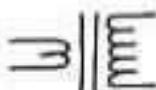
- **Működésük.** A transzformátorok nagyobb vagy kisebb szintre transzformálják a feszültséget és az áramot. Semmiből természetesen nem lehet előállítani teljesítményt; ha a transzformátor növeli a jelfeszültséget, akkor csökkenti az áramot, és ha csökkenti a jelfeszültséget, akkor növeli az áramot. Más szóval, a transzformátor kimeneti teljesítménye nem lehet nagyobb a bemeneti teljesítménynél!

**1:1 ÁTTÉTEL**



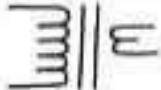
- **A transzformátor áttétele.** A primer és szekunder tekercsek menetszámainak aránya meghatározza a transzformátorok feszültségáttételeit. Ha ez 1:1, akkor a feszültség és az áram változatlanul transzformálódik át a szekunder oldalra. Az így működő transzformátort leválasztótranszformátornak is nevezik.

**FELTRANSZFORMÁLÓ**



- **Feltranszformálás.** Az áttétel arányában növekszik a feszültség. Pl. az 1:5 aránynál a primer oldali 5 V a szekunder oldalon kb. 25 V-ra nő.

**LETTRANSZFORMÁLÓ**



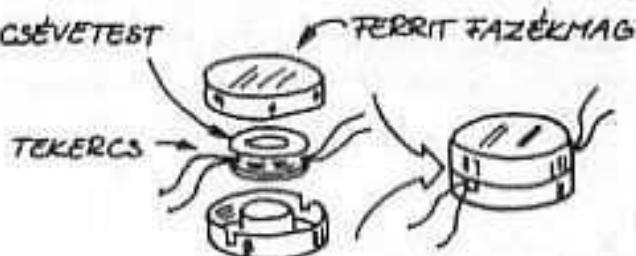
- **Letranszformálás.** A transzformáció arányában csökken a feszültség. Pl. 5:1 arány esetén a primer oldali 25 V a szekunder oldalon kb. 5 V-ra csökken.

• A transzformátorok típusai és felhasználásuk. Nézzük, melyek az alapvető transzformátortípusok!

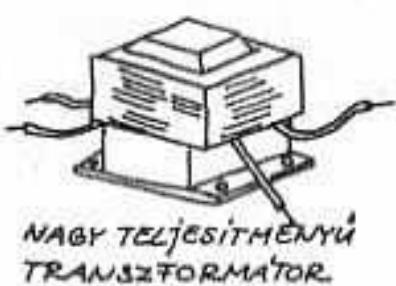


KÖZÖNSÉGES  
1:1-ES LEVÁLASZTÓ

Leválasztó-  
transzformátor.  
A különböző  
áramkörí  
egységek  
leválasztására  
és áramütés  
elleni  
védelemre  
használható.

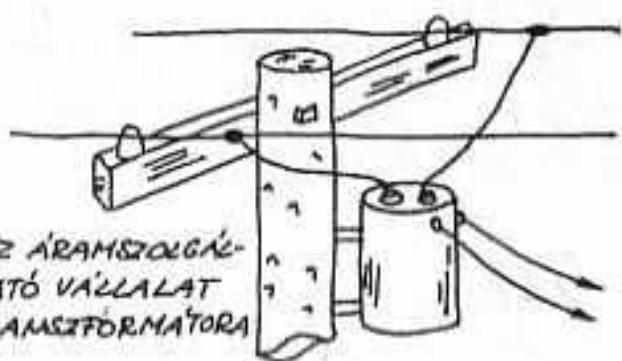


MINIATÚR  
1:1-ES LEVÁLASZTÓ



NAGY TELJESÍTMÉNYŰ  
TRANSZFORMÁTOR

Teljesít-  
ményátala-  
kító transz-  
formátor. A  
hálózati fe-  
szültség kis  
szintre való  
csökkenté-  
sére  
alkalmazzák.

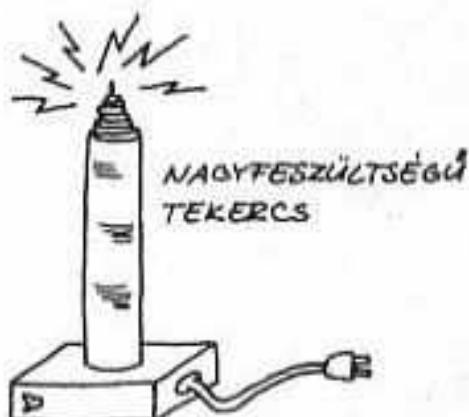


AZ ÁRAMSZÖGÉ-TATÓ VÁLLALAT  
TRANSZFORMÁTORA

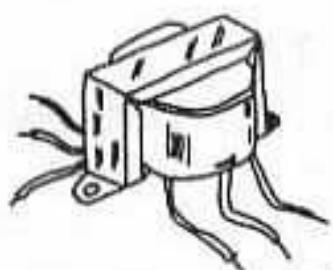


AZ AUTO  
GYÜJTÖTEKERCS

Nagyfeszültségű  
transzformátor.  
A belső égésű  
robbanómotorok  
gyújtószíkrái  
állíthatók elő  
vele. Ezenkívül  
tv-képcső,  
bizonyos típusú  
lézerek,  
neoncsövek stb.  
tápfeszültség-ellátására  
is felhasználható.

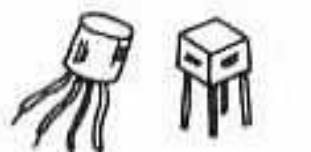


NAGYFESZÜLTSGŰ  
TEKERCS



MAGCSAPOLT PRIMER  
ÉS SZEKUNDER  
TEKERCS

Ilesztőtranszformátor.  
Az erősítőkhöz a  
mikrofonok, a  
hangszórók vagy más  
eszközök  
impedanciáját  
(váltakozó áramú  
ellenállását) illeszti,



MINIATÚR TEKERCS

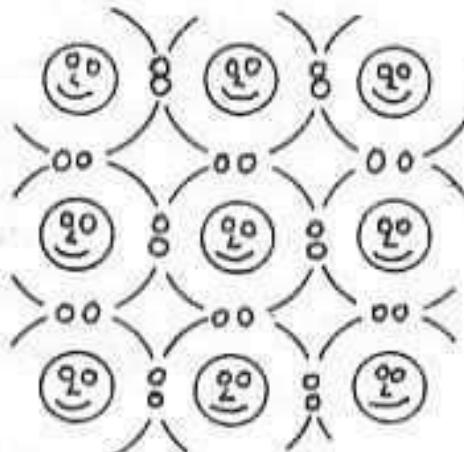
A transzformátorok kivezetéseit általában színkóddal lábják el.

### 3. Félvezetők

Ezek a legérdekesebb és legfontosabb elektronikai alkatrészek, amelyek félvezető kristályokból készülnek. A félvezető bizonyos feltételektől függően vezetőként vagy szigetelőként is tud viselkedni.

#### A szilícium

A különböző félvezető anyagok közül a szilícium a legfontosabb. A sziliciumatomnak a külső elektronhéján négy elektronja van, de nyolcat "szeretne". Ezért a sziliciumatom négy szomszédos atommal kapcsolódik össze, és szabályos elrendezést, kristályt alkot.



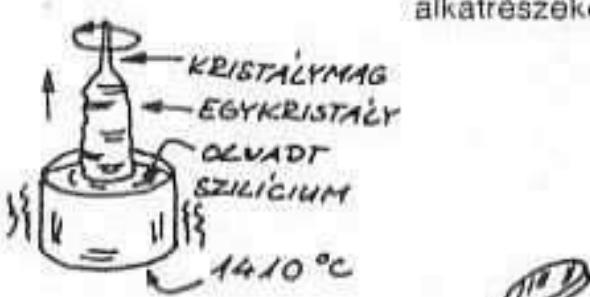
Ez a szilíciumkristály síkbeli rajza. Az egyszerűség kedvéért minden atomnál csak a legkülső elektronokat ábrázoltuk.

A földkéreg 27,7 %-a szilícium. A sziliciumnál csak az oxigén a gyakoribb elem. Tiszta állapotban a természetben soha nem fordul elő. A homok fő alkotórésze. A tiszta szilícium színe sötétszürke.

A szilícium és a gyémánt azonos kristályszerkezetű, de a szilícium nem átlátszó.

A szilíciumot nagy egykristályokká növesztik, majd lapkákra szeletelik.

A szilíciumlapkákból elektronikai alkatrészeket készítenek.



## "Szilíciumreceptek"

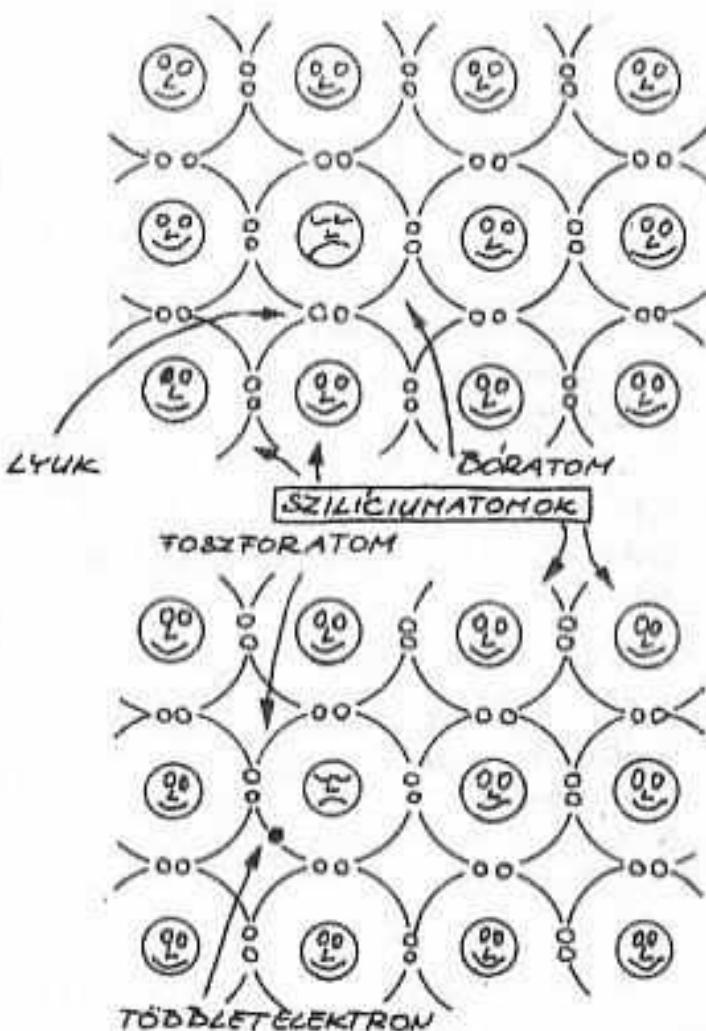


A tiszta szilíciumot önmagában ritkán használják. Ezért a szilíciumgyártók "fűszerezik" egy csipetnyi foszforral, bőrrel vagy más elemmel. Ezt a műveletet nevezik szennyezésnek. A kristályá növesztett szennyezett szilícium elektronikus tulajdonságai igen jók!

• **A p és n típusú szilícium.** A bőr, a foszfor és néhány más atom a sziliciumatomokkal összekapcsolódva kristályt alkot. A bőrátomnak a legkülső elektronpályáján csak három, a foszforátomnak öt elektronja van. A szilíciumot a foszfor-többletelelektronokkal együtt n típusú szilíciumnak nevezzük (n = negatív). Az elektronhiányos bőrátomokkal szennyezve pedig p típusú szilíciumnak (p = pozitív).

• **A p típusú szilícium.** A bőrátom a sziliciumatomok rácsszerkezetében egy üres vegyértékelektron-helyet hagy, amit lyuknak nevezünk. A szomszédos atomok elektronjai így át tudnak ugrani a lyukakba. Tehát a lyukak egy új helyre "vándorolnak". Ezt a későbbiekbén se felejtse el! (Ahogyan a buborékok is mozognak a vizben.)

• **Az n típusú szilícium.** A foszforátom a sziliciumatom-rácsban elektron többletet okoz. Ez a külön elektron viszonylag könnyen mozog a kristályon keresztül. Azaz az n típusú szilícium vezetni tudja az elektromos áramot, mint ahogy a p típusú is! (Ez utóbbiban a lyukak "viszik" az áramot).

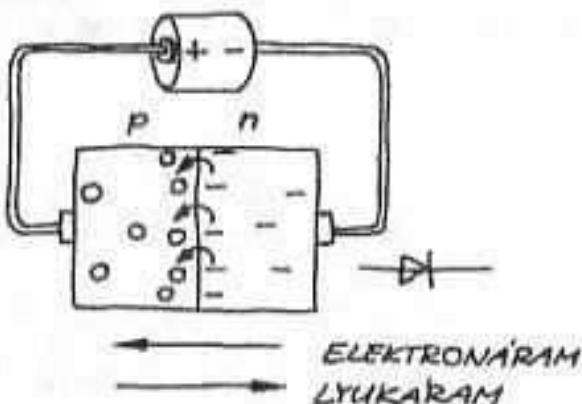


## A dióda

Mindkét típusú szilícium vezeti az elektromosságot. A félvezetők ellenállását a lyukak, ill. a többletelektronok száma határozza meg. Így a félvezető ellenállásként is és vezetőként is tud viselkedni.

Ha az n típusú szilíciumlapka egy részén p típusú réteget alakítanak ki, akkor az elektronok csak egy irányban tudnak folyni. Ez a dióda működésének alapelve. A pn határfelületet pn-átmenetnek nevezik. A következő ábrán leegyszerűsítve látható a dióda működése. Az egyik irányban (nyitóirány) vezet, viszont a fordított irányban (záróirány) megakadályozza az áram haladását.

Nyitóirányú előlesztés

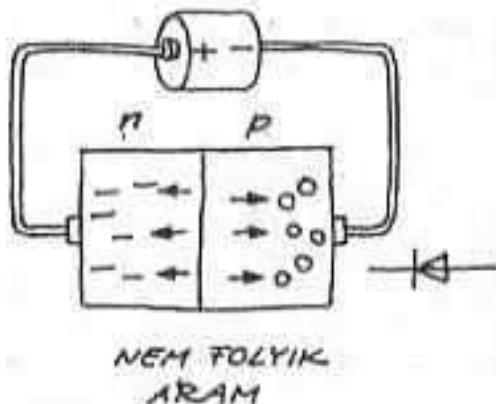


Az elem töltései lyukakat és elektronokat tasztanak a pn-átmenet irányába. Ha a feszültség a pn-átmenet két oldalán meghaladja a 0,6 V-ot, az elektronok átjutnak a pn-átmeneten és semlegesítődnek (rekombinálódnak) a lyukakkal. Ekkor áram folyik.

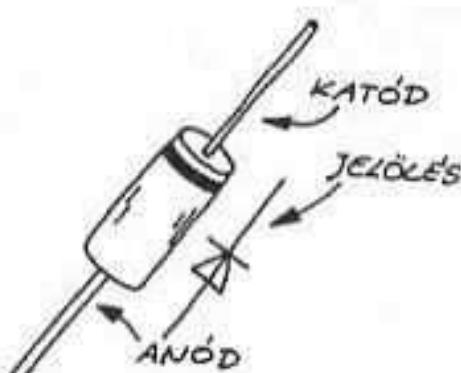
### \* Az egyszerű diódák

Kis üveghengerbe zárták őket. A fekete csík a katódkivezetést jelzi. A másik kivezetés az anód. A diódán akkor folyik áram, ha az anódra pozitívabb feszültséget kapcsolunk, mint a katódra.

Záróirányú előlesztés



Az elem töltése a pn-átmenettől magához vonzza a lyukakat és az elektronokat, így nem folyik áram.



• **A dióda működése.** Már tudjuk, hogy a dióda olyan, mint egy egy irányba átengedő szelép. Nézzük, melyek a dióda működésének főbb alapelvei!

— A dióda mindaddig nem vezet, amíg a nyitóirányú feszültség el nem ér egy bizonyos küszöbszintet. Szilíciumdiódáknál ez kb. 0,6 V.



— Ha a nyitóirányú áram túl nagy, a félvezető lapka túlmelegszik és károsodhat. A kivezetések leválhatnak. Ha a lapka elolvad, akkor a dióda minden irányban vezetni fog. Esetleg a keletkező hő hatására a lapka elgőzölhet!

— Túl nagy záróirányú feszültség hatására a dióda rossz irányban is vezetni kezd. Mivel ez a feszültség meglehetősen nagy, a hirtelen megnövekvő áram tönkretheti a diódát.

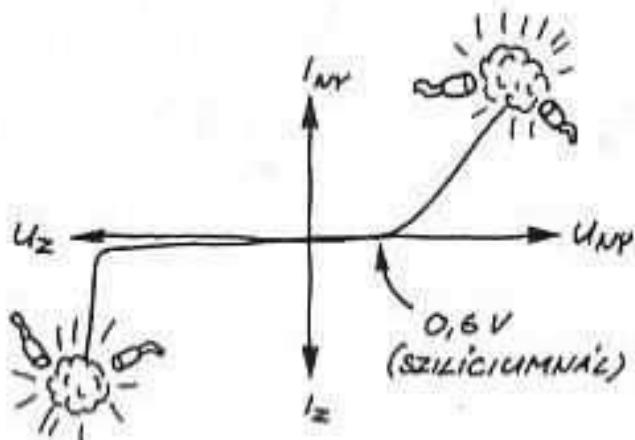
Az ábrán a dióda elnagyolt működési karakteristikája látható.

Uny a nyitóirányú feszültség

Uz a záróirányú feszültség

Iny a nyitóirányú áram

Iz a záróirányú áram



- Diódatípusok. Most pedig vizsgálunk meg a sok diódatípus közül néhányat!

- Kis jelű dióda



A kis jelű diódákat kis szintű váltakozó áramok egyenirányítására, rádiójel detektálására (demodulálás), feszültségtöbbszörözésre, logikai műveletekre, feszültségtükrek elnyelésére stb. használják.

- Teljesítménydióda



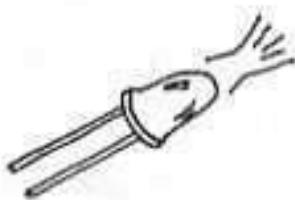
Működése azonos a kis jelű diódáéval, csak a teljesítmény-egyenirányítók sokkal nagyobb áramot képesek elviselni. Fémtokba építik őket, ami felveszi a keletkező hőmennyiséget és átadja a fém hűtőbordának. Főleg tápegységekben használatosak.

- Zenerdióda



A zenerdiódának jellegzetes záróirányú letörési (vezetési) feszültsége van. Ez azt jelenti, hogy feszültségérzékeny kapcsolóként tud működni. Az  $U_z$  letörési feszültség 2..200 V lehet.

- Fénykibocsátó dióda (LED)



Az ilyen típusú diódák nyitóirányban előfeszítve elektromágneses sugárzást bocsátanak ki magukból. Bizonyos félvezető anyagokból készült diódák (mint pl. gallium-arzenid-foszfid) jóval nagyobb mértékben sugároznak, mint a szilíciumdiódák.

- Fotodióda



A dióda működését befolyásolni tudja a fény. A speciálisan fényérzékelésre tervezett diódákat fotodiódáknak nevezzük. Üveg vagy műanyag "ablak" mögé építik be őket, amin keresztül a fény behatol. Nagy felületű fényérzékelő átménetsük van. A szilíciumból jó fotodióda készíthető.

## A diódák alapalkalmazásai

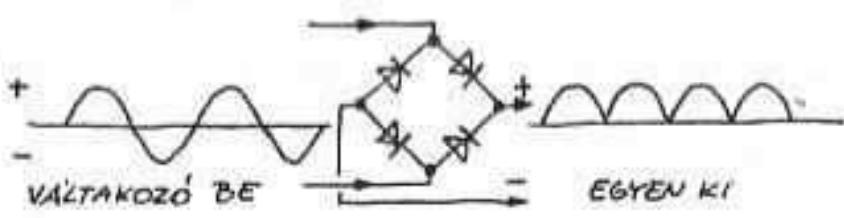
A 9. fejezetben látjuk majd, hogy milyen sokféle diódát alkalmaznak a legkülönfélébb áramköri célokra. Most csak a kis jelű diódák és egyenirányítók két legfontosabb alkalmazásával foglalkozunk:

### — Egyutas egyenirányító



Egy váltakozó (AC) jel (vagy feszültség) a diódán áthaladva átalakul egypolaritású (DC) jelé (vagy feszültséggé).

### — Kétutas egyenirányító



Ez egy négydiódás hálózat (vagy híd-egyenirányító), amely a váltakozó jel minden félhullámát egyenirányítja.

### • Miért így jelöljük az áram irányát?

Az elektronos áram az elektronok vezetőben, ill. félvezetőben való mozgása. Érdemes elgondolkodni azon, hogy ha az elektronok a negatív töltésű tartomány felől a pozitív felé mozognak, akkor miért nem fordított a dióda jelén a nyílhegy állása? Ennek két oka van:

— Benjamin Franklin korában azt feltételezték, hogy az áram a pozitív töltésű helyről a negatív töltésű hely felé folyik. Ezt az elköpzelést az elektron felfedezése megváltoztatta. (A legtöbb elektronikus áramköri rajz azonban a mai napig a régi, szokásos irányt követi, ennek értelmében a táptápfeszültség pozitív kapcsát a negatív fölé helyezik, azt sugallva, mintha a gravitációnak bármilyen hatása lenne az áramra.)

— A félvezetőkben, mint már említettük, a lyukak az elektronokkal ellentétes irányban mozognak. Azt szokták mondani, hogy ilyen a félvezetőben a pozitív töltések áramlásának iránya.

Az egyérteleműség érdekében leszögezzük, hogy könyvvünkben az "áramirány" az elektronok mozgását jelenti, jelölésünk azonban továbbra is a lyukak mozgására utalnak.

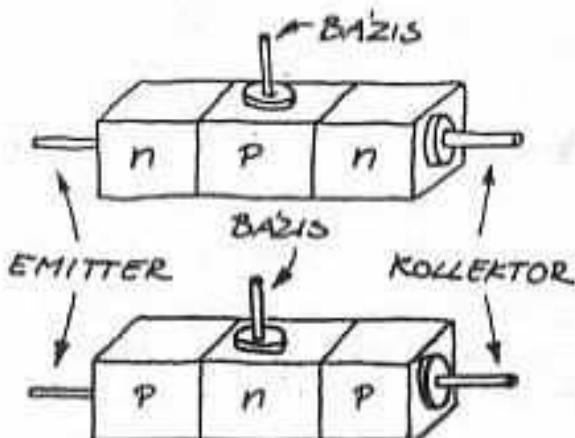
# A tranzisztor

A tranzisztorok háromkivezetéses félvezető eszközök. Az egyik kivezetés nagyon kis árama vagy feszültsége szabályozni tudja a másik két kivezetésen átfolyó sokkal nagyobb áramot. Ez azt jelenti, hogy a tranzisztor erősítőként és kapcsolóként is alkalmazható. A tranzisztorok két jelentős csoportját alkotják a bipoláris és a térvízelésű tranzisztorok.

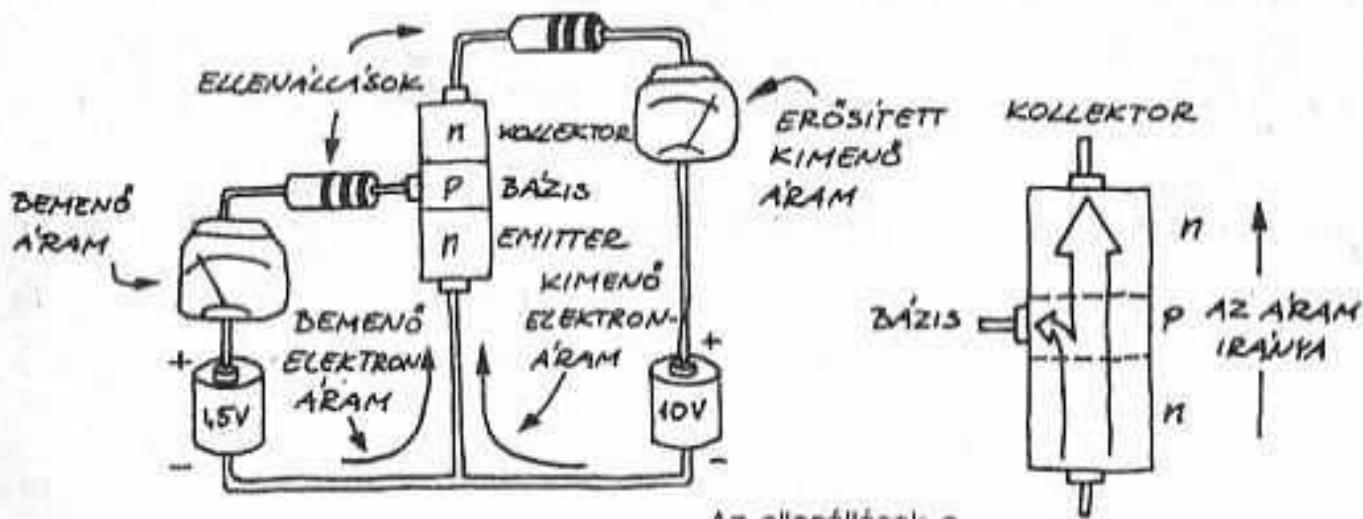


## Bipoláris tranzisztorok

Ha még egy félvezető réteget adunk a pn-átmenetű diódákhoz, akkor háromrétegű "sziliciumszendvicset" nyerünk, amely lehet npn vagy pnp felépítésű. Bármielyik esetén a középső réteg szabályozná a három rétegen átfolyó áramot.



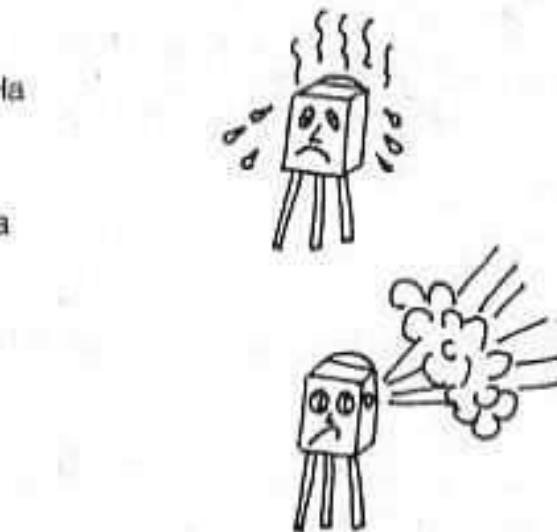
**A bipoláris tranzisztor felépítése és működése.** A bipoláris tranzisztor három rétege az emitter, a bázis és a kollektor. A bázis nagyon vékony, és kevesebb szennyezőatomja van, mint az emitternek és a kollektornak.



- Még mindig a bipoláris tranzisztorok működéséről. A diódák és a tranzisztorok egyes tulajdonságai hasonlóak:
  - A bázis-emitter-átmenet (vagy dióda) mindaddig le van zárva, amíg a nyitófeszültség el nem éri a kb. 0,6 V-ot.
  - Túl nagy áram hatására a tranzisztor túlmelegszik, és működése eltér a normálisról. (Ha megérintve forrónak érezzük a tranzisztor, kapcsoljuk ki a tápfeszültséget!)
  - Túl nagy feszültség vagy áram tönkreteheti a tranzisztor alkotó félvezető lapkát. Ha a lapka nem is megy tönkre, a vékony kivezető vezetékek akkor is elolvadhatnak vagy leválhatnak a lapkáról.

Sohase kapcsolunk be tranzisztor fordított polaritással!

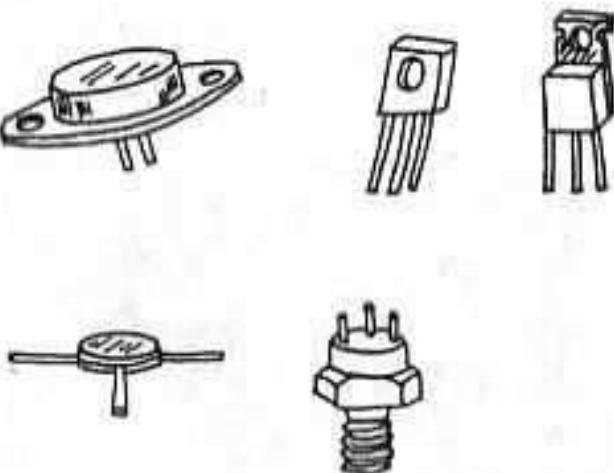
#### • Tranzisztortípusok



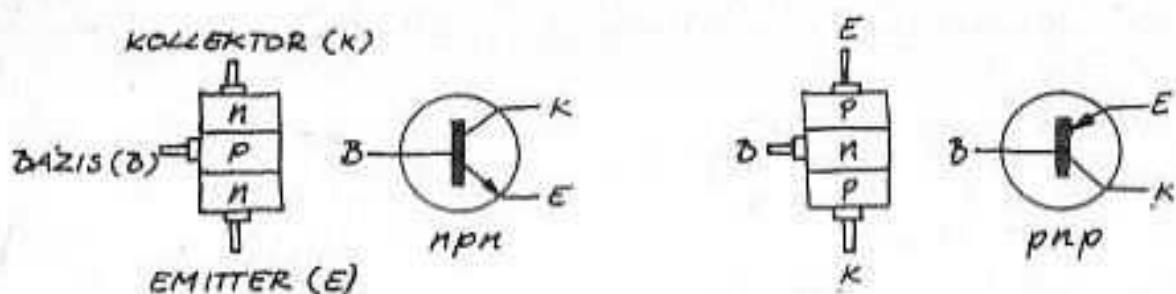
• **Kis jelű tranzisztorok.** A kis jelű tranzisztorok alacsony szintű jelek erősítésére használhatók. A kapcsolótranzisztorokat, ahogy a nevük is utal rá, ki-be kapcsolásra terveztek. A tranzisztorok egy része minden feladatot egyformán jól ellátja.

• **Teljesítménytranzisztorok.** A teljesítménytranzisztorok nagy kimeneti teljesítményű erősítőkben és tápegységekben alkalmazhatók. Nagyméretűek és hűtői kell őket.

• **Nagyfrekenciás tranzisztorok.** A nagyfrekenciás tranzisztorok a rádiókban, a tv-kben és a mikrohullámú eszközökben találhatók. Felületük és a hordozólapka is nagyon kicsi.



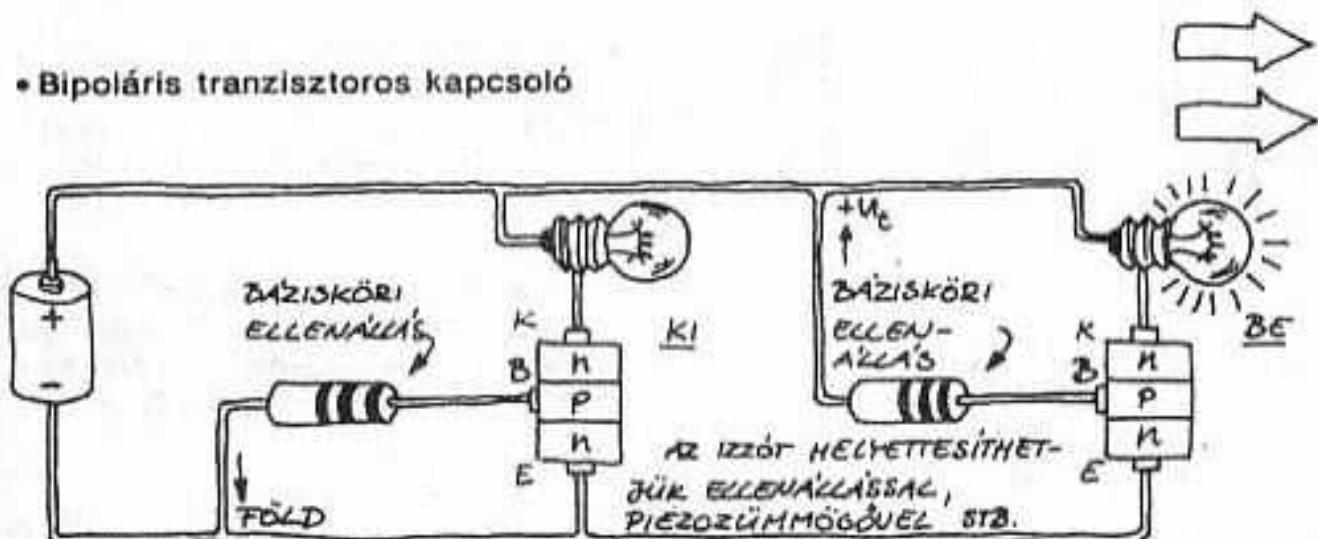
- A bipoláris tranzisztorok rajzjelei láthatók az ábrán (a nyíl mutatja):



## A bipoláris tranzisztorok alkalmazása

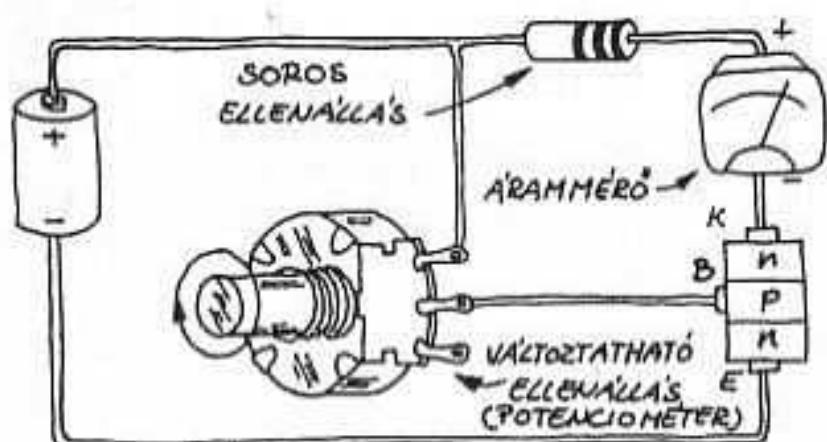
Ha a bipoláris tranzisztor bázisát leföldeljük (0 V-ra kötjük), akkor nem folyik áram az emittertől a kollektor felé (a tranzisztor lezárt). Ha a bázist nyitóirányba előfeszítjük legalább 0,6 V-os feszültséggel, áram kezd folyni az emittertől a kollektor felé (a tranzisztor kinyit). Ha csak ezt a két állapotot használjuk, akkor a tranzisztor kapcsolóként működik. Ha azonban a bázist nyitóirányban előfeszítjük, az emitter-kollektor-áram a bázisáram változásait fogja követni. A tranzisztor ekkor erősítőként működik, és feltételezzük, hogy az emitter a bemenet és a kimenet közös földpontjára van kötve. Ezt nevezik földelt emitteres kapcsolásnak. A következőkben néhány egyszerű földelt emitteres áramkört mutatunk be, amellyel szemléltetjük a valódi áramkörökben való alkalmazásukat. A példák megfelelnek a 9. fejezet egy-egy működő kapcsolásának.

- Bipoláris tranzisztoros kapcsoló



Ennél a kapcsolásnál csak kétféle bemeneti feszültséget lehet alkalmazni: a földet (0 V) és a pozitív tápteszültséget ( $+U_I$ ). Tehát a tranzisztor vagy lezárt, vagy vezet. A bázisköri ellenállás tipikus értéke 5000...10 000  $\Omega$  (Ha az ellenállást vezetékdarabbal helyettesítjük, a lámpát elég nagy távolságból is ki-be tudjuk kapcsolni).

• Egyenfeszültségű erősítő bipoláris tranzisztorral.



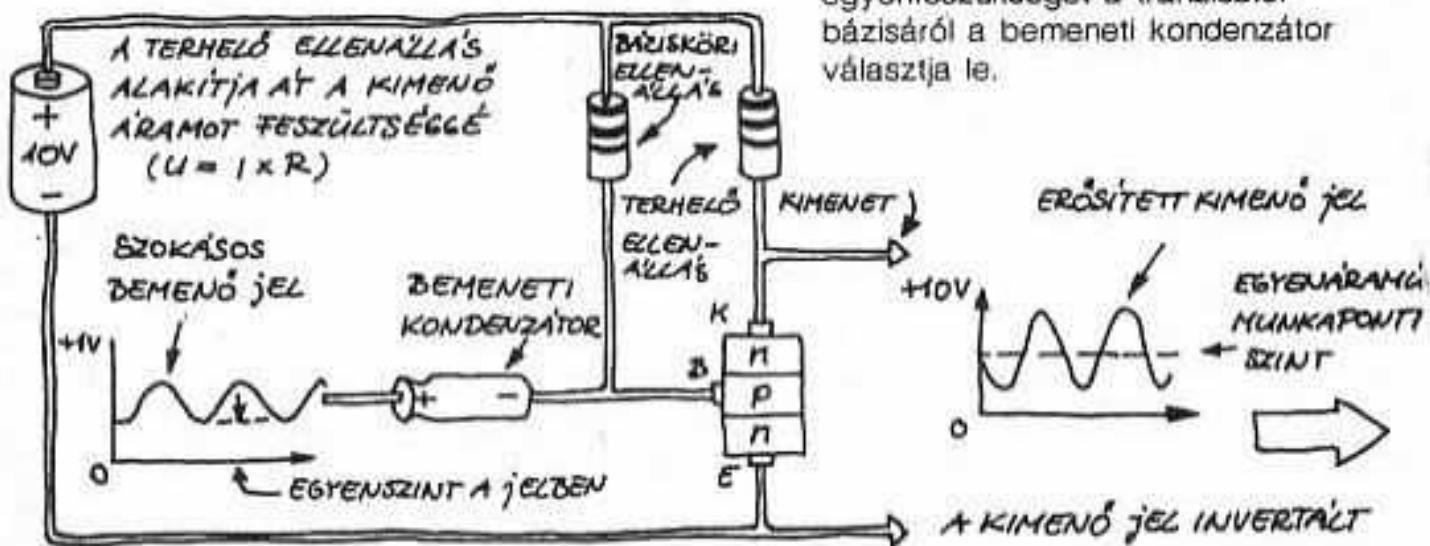
Az ábrán látható változtatható ellenállás (potenciométer) nyitóirányban feszíti elő a tranzisztor, és meghatározza a bemenő (bázis-emitter) áramot. A műszer méri a kimenő (kollektor-emitter) áramot, és a túláramot a soros ellenállás korlátozza.

A működő áramkörben a potenciométert más elemekkel is sorba lehet kötni, amelyeknek

az ellenállását a hőmérséklet, a fény, a nedvesség változtatja. Ha a bemenő jel gyorsan változik, a következő váltakozójel-erősítőt használhatjuk.

• Váltakozójel-erősítő bipoláris tranzisztorral.

Az alapvető erősítőelrendezések közül ez az egyik legegyszerűbb. Az egyenfeszültséget a tranzisztor bázisáról a bemeneti kondenzátor választja le.



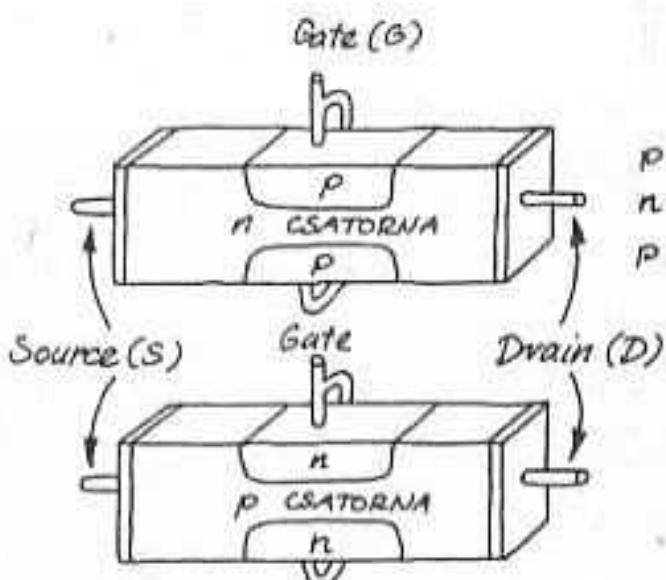
A tranzisztor munkapontját úgy kell beállítani a bázisellenállással, hogy a kimeneti feszültség kb. a tápfeszültség fele legyen. Majd erre az egyenfeszültségre kerül az erősített jel. Ha a bázis nem lenne előfeszítve, akkor a bemenő jelek csak 0,6 V-nál nagyobb pozitív része erősödne. (Ez pedig nagy torzítást okozna.) Ha valaki meg akarja ismerni ennek az erősítőnek egy működőképes alkalmazását, lapozzon előre a fényadó kimeneti fokozatához!

# Térvezérlésű tranzisztorok

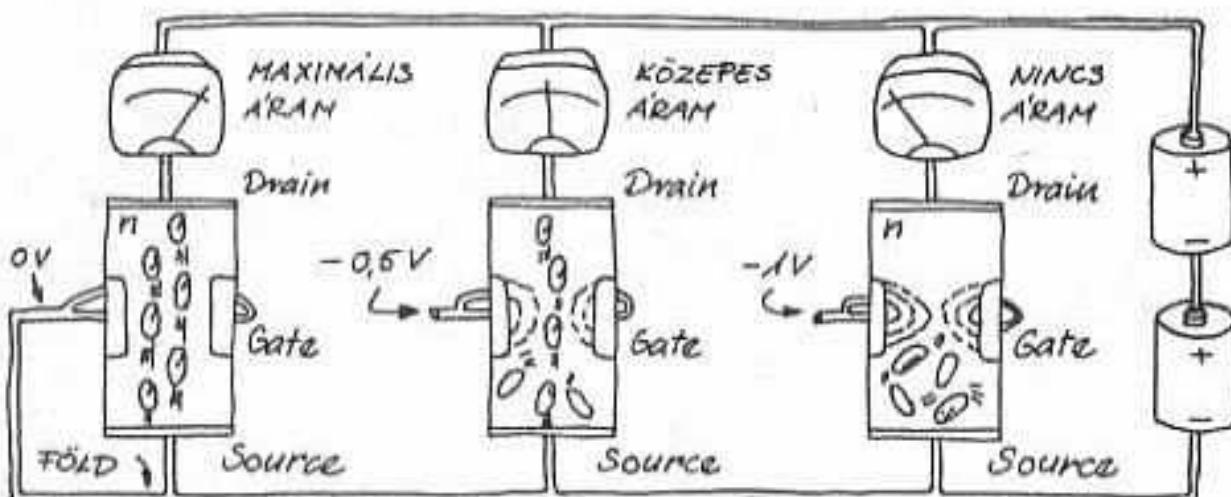
A térvezérlésű tranzisztorokat (vagy ún. FET-eket) sokkal szélesebb körben alkalmazzák az utóbbi időben, mint a bipoláris tranzisztorokat. Kevesebb szilíciumból egyszerűen előállíthatók. Két fő FET-típus van: a Junction FET (réteg-FET, JFET) és a fém-oxid-félvezető FET (MOSFET). Mindkét típus esetében a kimenő áramot a bemeneti feszültség vezéri, gyakorlatilag bemenő áram nélkül.

## Réteg-FET-ek (JFET-ek)

A réteg-FET-eknek két fő típusa az n és a p csatornás. A csatorna olyan, mint egy szilícium-ellenállás, amelyben a source-tól (forrás) a drain (nyelő) felé folyik az áram. A gate-feszültséggel növelhetjük a csatorna ellenállását és lecsökkenhetjük a drain-source-áram értékét. Így a térvezérlésű tranzisztor erősítőként és kapcsolóként is használható.



• A JFET működése. Az ábrán egy n csatornás JFET működése látható. A negatív gate-feszültség két nagy ellenállású tartományt hoz létre a csatornában a szomszédos p szennyezésű részek körül. Nagyobb gate-feszültség hatására a tartományok összezárodnak, és ha ez a teljes csatornahosszra kiterjed, teljesen elzáródik az áram útja. A gate-csatorna ellenállása nagyon nagy értékű lesz.



- A feszültségvezérelt réteg-FET-ek előnyösebbek, mint az áramvezérelt bipoláris tranzisztorok:

— A JFET gate-csatorna ellenállása igen nagy (több millió  $\Omega$ ), ezért a JFET-nek a gate-re kapcsolt külső alkatrészekre vagy áramkörre kicsi vagy semmilyen visszahatása nincs.

— A nagy gate-csatornaellenállás azt jelenti, hogy a gate-körben gyakorlatilag nem folyik áram. (Hogy miért olyan nagy az ellenállás? Mivel a gate és a csatorna diódát alkot, így amíg a bemenő jel a záróirányú előfeszítés tartományán belül van, a gate nagy bemeneti ellenállású.)

Akárcsak a bipoláris tranzisztorokat, a JFET-eket is károsítja vagy tönkreteszí a túl nagy feszültség, III. áram.

• **JFET típusok.** A JFET-ek sokféle áramkörben használhatók. Mivel nagy teljesítményt igénylő kapcsolásokban nem alkalmazhatók, ezért legtöbbük kis műanyag vagy fémtokban van. Főbb csoportjai:

- Kis jelű és kapcsoló JFET-ek



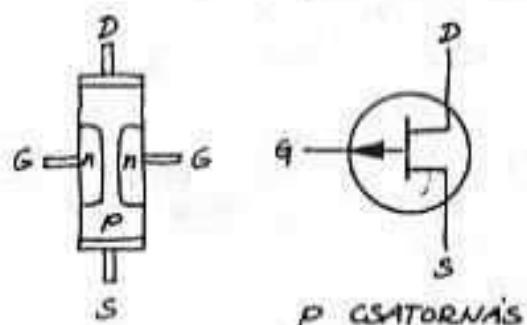
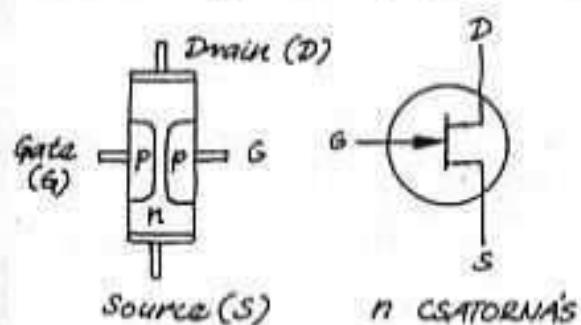
A kis jelű JFET-eket az erősítők bemeneti fokozataiban alkalmazzák, így nagy bemeneti ellenállást lehet velük elérni. Kapcsoló üzemmódban is képesek működni.

- Nagyfrekvenciás JFET-ek



Nagyfrekvenciás jelek erősítésére vagy előállítására használhatók.

- A JFET-ek jelölései (a gate-ek belül össze vannak kötve):

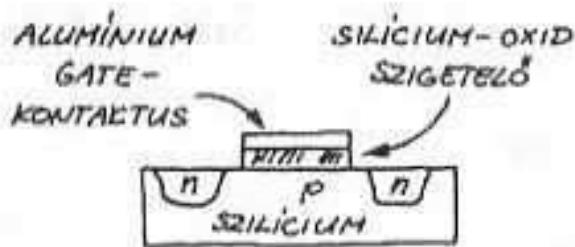


# Fém—oxid—félvezető térvezérlésű tranzisztor (MOSFET)

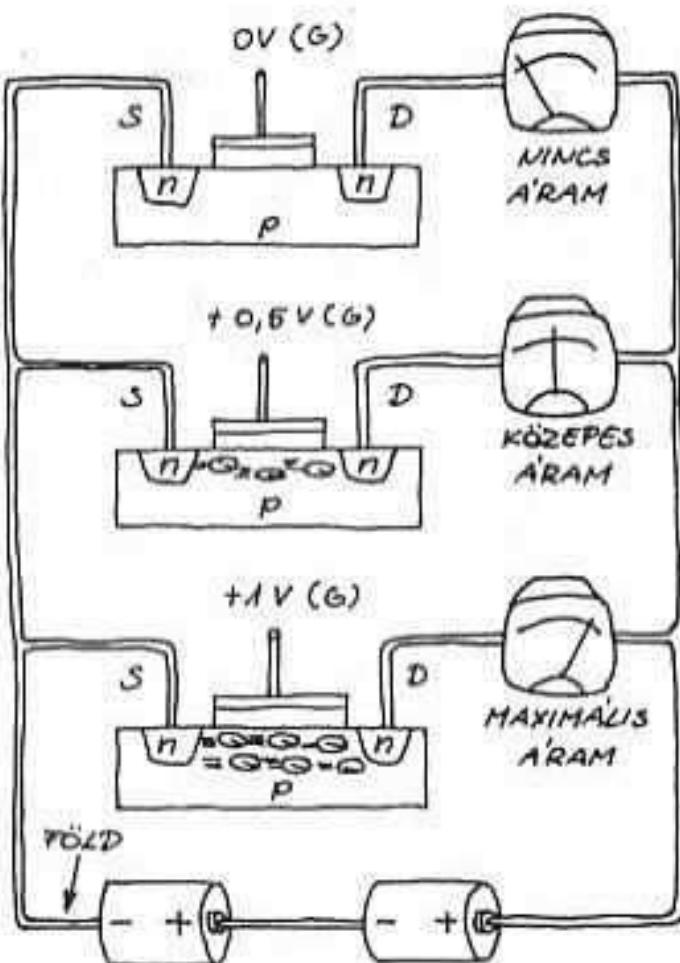
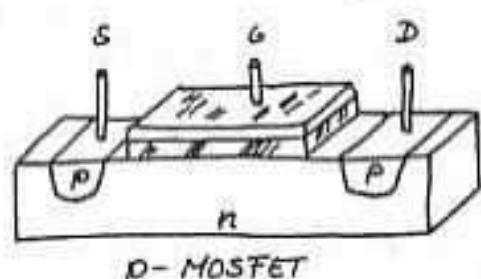
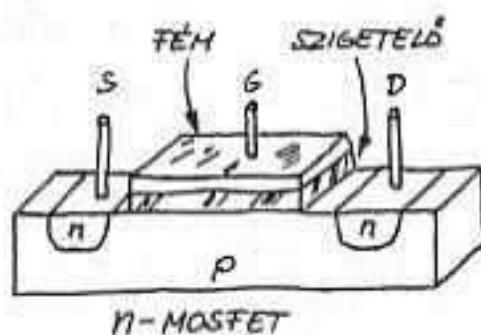
A MOSFET-ek az utóbbi években az egyik legjelentősebb tranzisztortípusnak váltak. A legtöbb mikroszámítógép és integrált memóriaáramkör MOSFET-ek ezreit tartalmazza egy parányi szilíciumlapkán. Könnyen előállíthatók, nagyon kicsik, és a MOSFET áramkörök teljesítményfogyasztása jelentéktelen. Ném régen a teljesítmény-MOSFET-ek is megjelentek.

## • A MOSFET működése

A MOSFET-ek n vagy p típusúak lehetnek. A JFET-tel szemben a MOSFET gate-feszültsége nincs közvetlen elektromos kapcsolatban a source- és a drainelektródákkal. Egy üvegszerű szilícium-oxid réteg (mint szigetelő) választja el a gate fémjét a tranzisztor többi részétől.



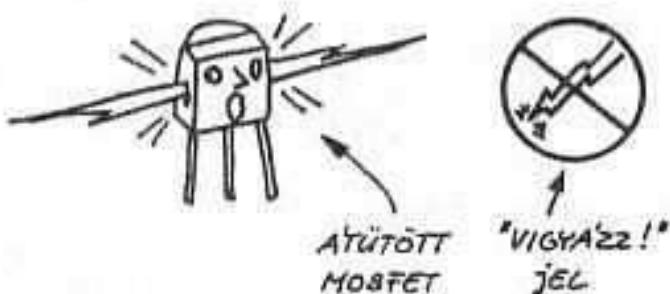
Az n csatornás MOSFET-ben (p típusú lapkán) pozitív gate-feszültség vonzza az elektronokat a gate alatti felületre. A csatornán - a feszültségtől függően - áram folyhat. A csatorna ellenállását a gate-feszültség határozza meg.



• Még mindig a MOSFET-ekről. Valamennyi tranzisztor típus közül a MOSFET bemeneti ellenállása a legnagyobb. A MOSFET-eknek sok előnyös tulajdonsága van:

- A gate-csatorna ellenállása majdnem végtelen (típusan  $10^{15} \Omega$ ). Ez azt jelenti, hogy a gate a különböző áramkört nem terhel (de néhány pA (pikoamper) azért mégis folyhat).
- A MOSFET-ek feszültségvezérelt ellenállásként működnek. Így a gate-feszültség határozza meg a csatorna ellenállását.
- Az új típusú MOSFET-ek igen nagy áramokat is tudnak kapcsolni, igen rövid idő alatt.

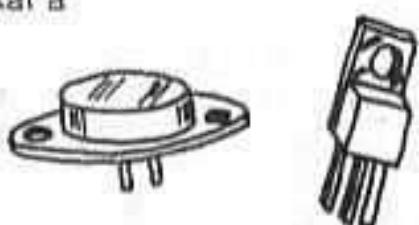
• Figyelem! Mivel a gate alatti szilícium-oxid réteg nagyon vékony, túl nagy feszültség, sőt a sztatikus elektromosság hatására is átűthet. Az öltözetünkben származó vagy a celofáncsomagolás kibontásánál keletkező sztatikus töltés is tükkreteheti a MOSFET gate-elektródájának szigetelését.



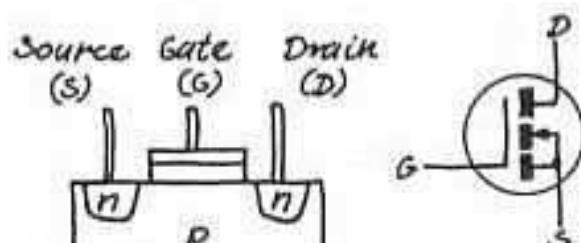
• MOSFET-típusok. Mint a JFET-eket, a kis műanyag vagy fém tokozású MOSFET-eket is a nagy bemeneti ellenállású erősítőkhöz használják. Feszültségvezérelt ellenállásként és kapcsolóként is alkalmazhatók. Egyik legfontosabb csoportjukat a teljesítmény-MOSFET-ek alkotják.

#### • Nagyteljesítményű eszközök

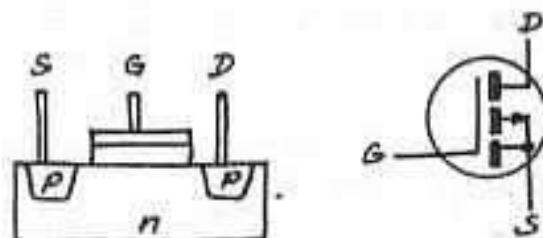
A teljesítmény-MOSFET-ek lehetővé teszik, hogy kis feszültséggel (néhány volt) nagy áramot kapcsolunk, ill. erősítsünk.



A legáltalánosabb MOSFET-jelöléseket mutatjuk be a rajzon:



*n-MOSFET*

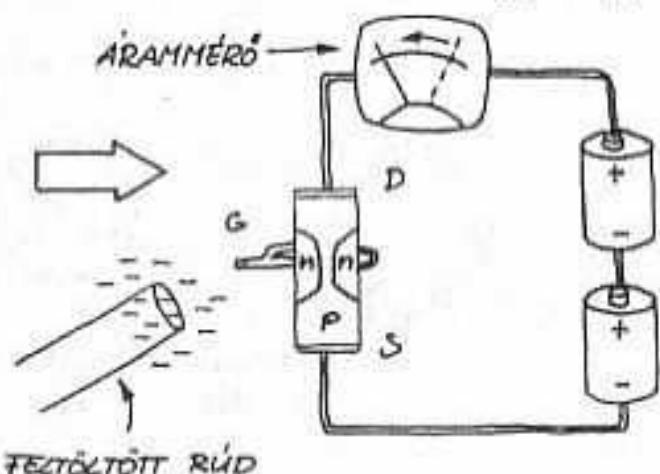


*p-MOSFET*

## A FET-ek alkalmazásai

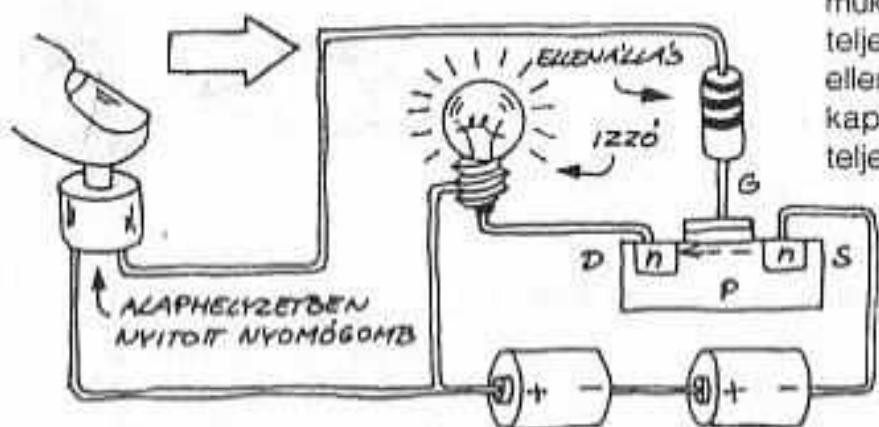
A FET-eket erősítőként, kapcsolóként és feszültségvezérelt ellenállásként alkalmazzák. Nézzünk néhány jellemző áramkori példát!

- JFET-es elektrométer.



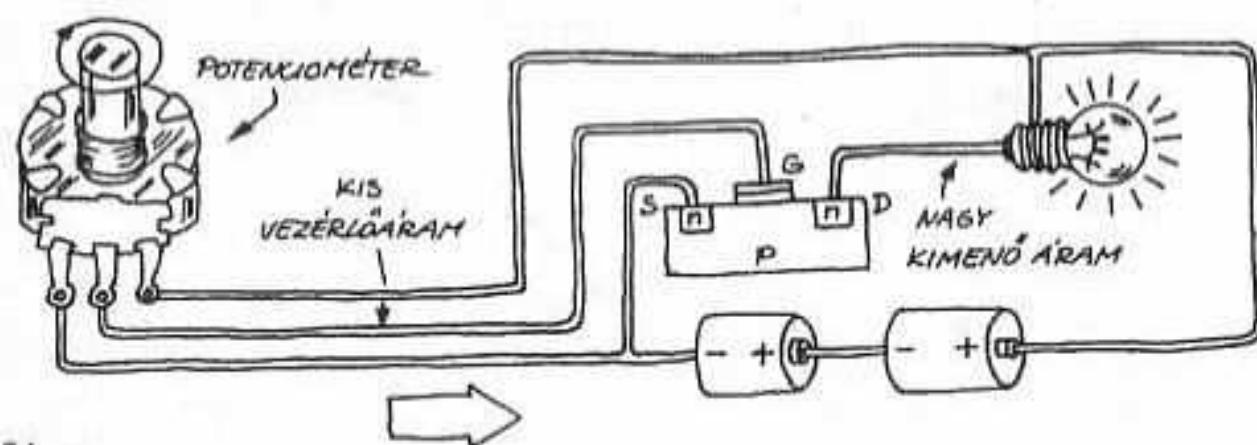
Ez a nagyon egyszerű áramkör az elektroszkóp elektronikus változata. Az n csatornás réteg-FET gate-kivezetése nincs bekötve. Így alaphelyzetben áram folyik a source-tól a drain felé. Amint egy negatív töltésű tárgyat (pl. egy műanyag fésüt, amivel közvetlenül előtte feszülködtünk) helyezünk a gate közelébe, az áram lecsökken vagy teljesen megszűnik.

- MOSFET-es lámpakapcsoló.



A kapcsolásban a teljesítmény-MOSFET-tel izzót vagy más, egyenárammal táplált eszközt működtethetünk. Mivel a teljesítmény-MOSFET bemeneti ellenállása majdnem végtelen, a kapcsoló helyett egy kis teljesítményű jelet is használhatunk.

- MOSFET-es fényerő-szabályozó.



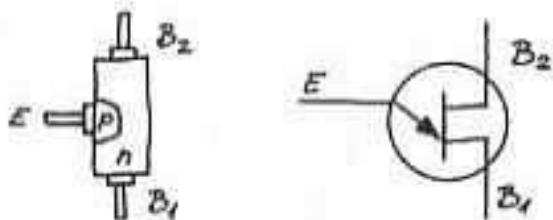
# A kétbázisú dióda

A kétbázisú dióda (UJT) nem tranzisztor, leginkább egy kétkatódos diódára hasonlít. Feszültségvezérelt kapcsolóként üzemeltethető és nem erősít.

## • Az UJT működése

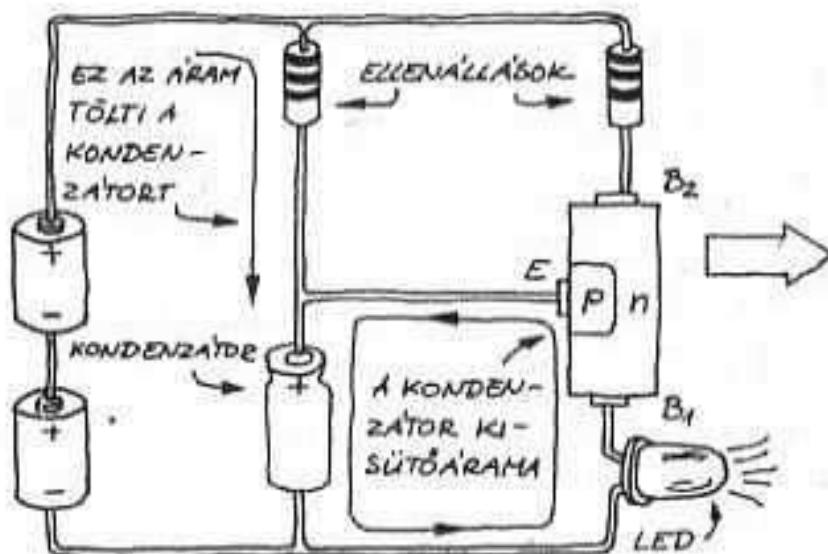
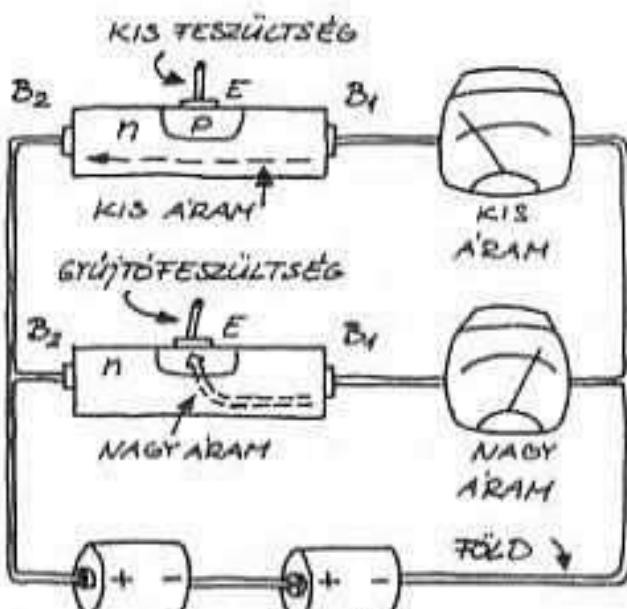
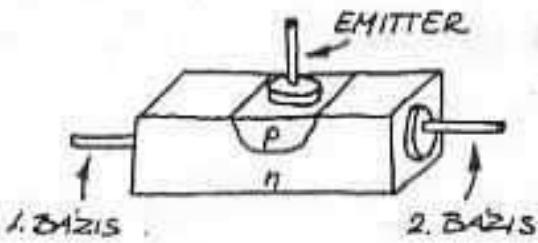
Alaphelyzetben az 1. bázistól a 2. felé kis áram folyik. Amint az emitterre kapcsolt feszültség túllépi a billenési küszöbfeszültséget (gyűjtőfeszültség, néhány V), a kétbázisú dióda bekapcsol, és az 1. bázis felől nagy áram folyik az emitter felé. A küszöbfeszültség alatt nem folyik áram az 1. bázis és az emitter között.

## • Az UJT jelölése hasonlít a JFET jelére.



## • Példa az UJT alkalmazására

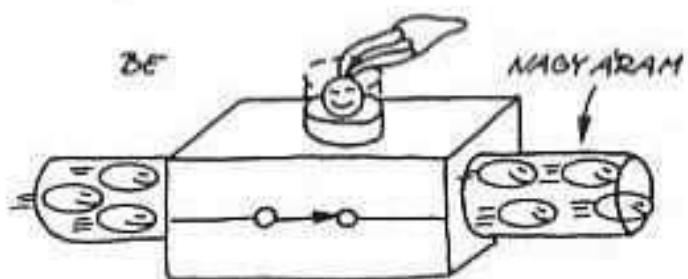
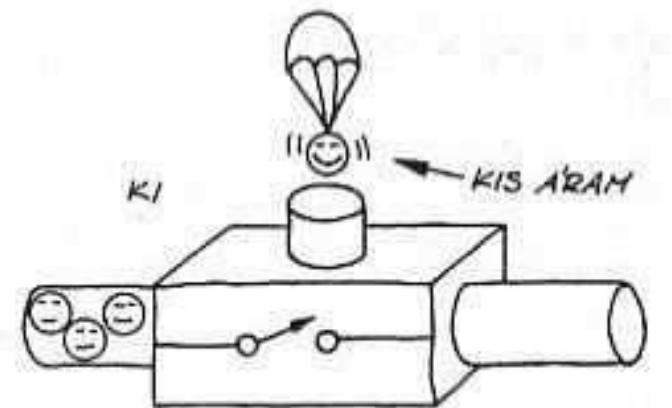
Ez a kapcsolás egy LED-et fog villogtatni. A kondenzátor addig töltődik, amíg el nem éri az UJT gyűjtőfeszültségét. Ezután az UJT kinyit, és a kondenzátor a LED-en keresztül kisül. A kondenzátor kisütési ideje alatt a LED világít. A töltés-kisülés ciklus ezután folyamatosan ismétlődik.



# A tirisztor

A tirisztorok háromkivezetéses kapcsoltó félvezető eszközök. A rajtuk átfolyó nagy áramot kis árammal vezérelhetjük. Mivel a vezérelt áramot ki- vagy bekapcsolhatjuk, ezért a tirisztorok — a tranzisztorokkal szemben — nem erősítik a váltakozó jeleket.

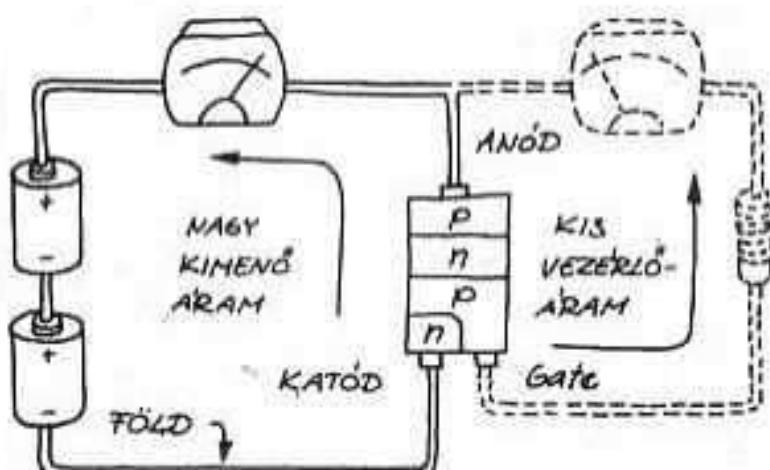
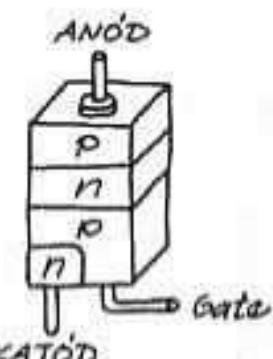
A tirisztorok szilárdtest-kapcsolók. Két típusuk van: a szilíciumvezérelt egyenirányítók (ezek a szűkebb értelemben vett tirisztorok, SCR) és a triakok. Az SCR-ekkel egyenáramot, a triakokkal pedig a váltakozó áramot lehet kapcsolni.



## Szilíciumvezérelt egyenirányítók (SCR-ek)

Az SCR felépítésében hasonlít a bipoláris tranzisztorra, csak négy szennyezett rétege és ezért három pn-átmenete van. Néha négyrétegű pnpn diódának is nevezik, mivel csak egy irányban vezeti az áramot.

- Az SCR működése.** Ha az SCR anódja pozitívabb, mint a katódja, a két külső pn-átmenet nyitóirányban van előfeszítve. Mivel pedig a középső pn-átmenet záróirányban van előfeszítve, az eszközön nem folyhat áram. Kis gate-áram már kinyitja a középső pn-átmenetet, és lehetővé teszi, hogy az eszközön ehhez képest sokkal nagyobb áram folyjon. Az SCR mindenkorán bekapcsolva marad, amíg áram folyik rajta! (Amíg a tápfeszültség meg nem szűnik!)



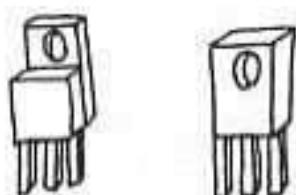
• **Tirisztortípusok.** Az SCR-eket a kapcsolható áram erőssége szerint csoportosítják. Három általános csoport létezik (a tokozás ehhez képest sokkal változatosabb):

— Kis áramú tirisztor



A kis áramú csoportba az 1 A és 100 V alatti kapcsolótirisztorokat soroljuk.

— Közepes áramú tirisztorok



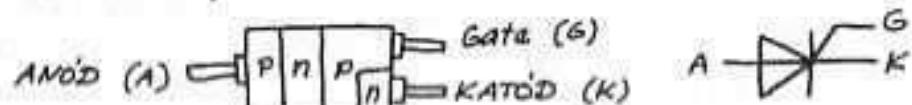
Ezekkel a tirisztorokkal néhány száz V-os, max. 10 A-es áramot lehet kapcsolni.

— Nagy áramú tirisztorok



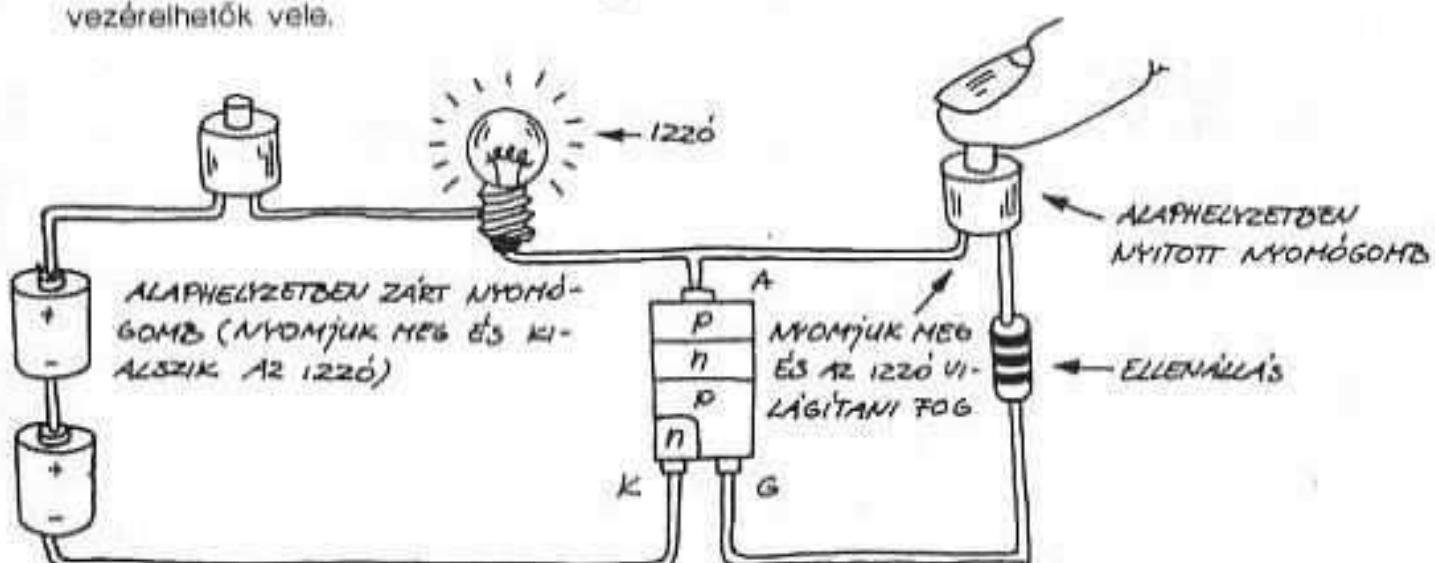
Ezek az SCR-ek néhány ezer volton max. 2500 A-t képesek kapcsolni! Motorokat, izzókat, berendezéseket stb. vezérelhetünk velük.

• A tirisztor jelölése:



• **Tirisztorok (SCR-ek) alkalmazása**

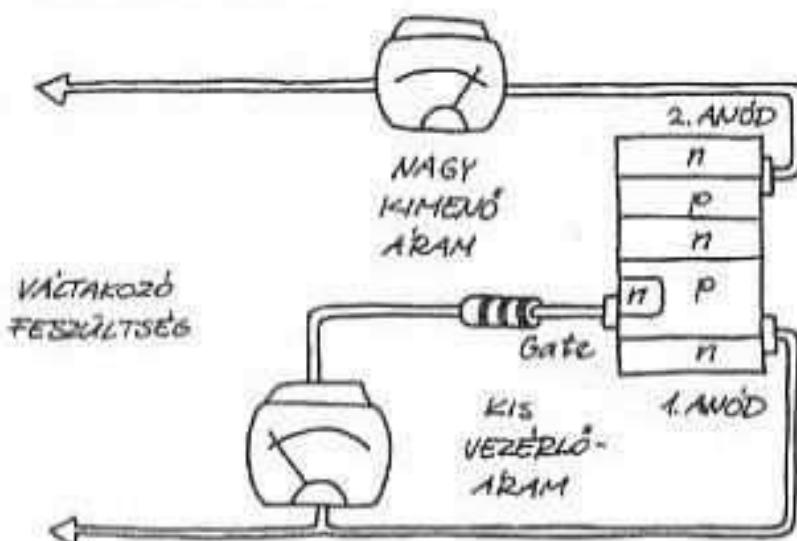
Ebben a kapcsolásban az SCR-rel egy izzót kapcsolhatunk be. Más eszközök is vezérelhetők vele.



# Triakok

A triak két tirisztor párhuzamos kapcsolásával egyenértékű. Ez azt jelenti, hogy a triak egyenáramot és váltakozó áramot is kapcsolni tud. Szembeötlő különbség, hogy a triak öträtegű, és van még egy külön n típusú elektroódája is. Ezenkívül az is megfigyelhető, hogy minden három kivezetés két-két rétegezett kapcsolódik.

## • A triak működése



2. FŐCSATLAKOZÓ  
(VAGY 2. ANOD)

1. FŐCSATLAKOZÓ  
(VAGY 1. ANOD)

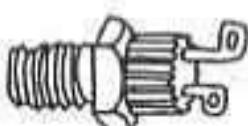
A triakot alkotó két párhuzamos SCR párhuzamos kapcsolása ellentétes irányú (antiparalel). Váltakozó áram kapcsolása esetén a triak addig marad bekapcsolt állapotban, amíg a gate-jébe áram folyik. A gate-áramot megszüntetve, a triak a váltakozó áram következő nullaátmeneténél kapcsol ki.

• **Triaktípusok.** A triakok — az SCR-ekhez hasonlóan — az általuk kapcsolható áramok szerint csoportosíthatók. Nem nagy teljesítményük. Két csoportjuk ismert:



— Kis áramúak

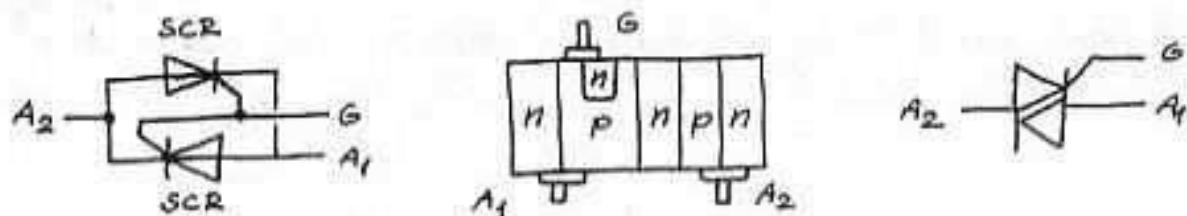
A kis áramú triakok maximum 1 A-t kapcsolnak, maximum néhány száz V feszültség mellett. Más tokozásuk is használatos.



— Közepes áramú triakok

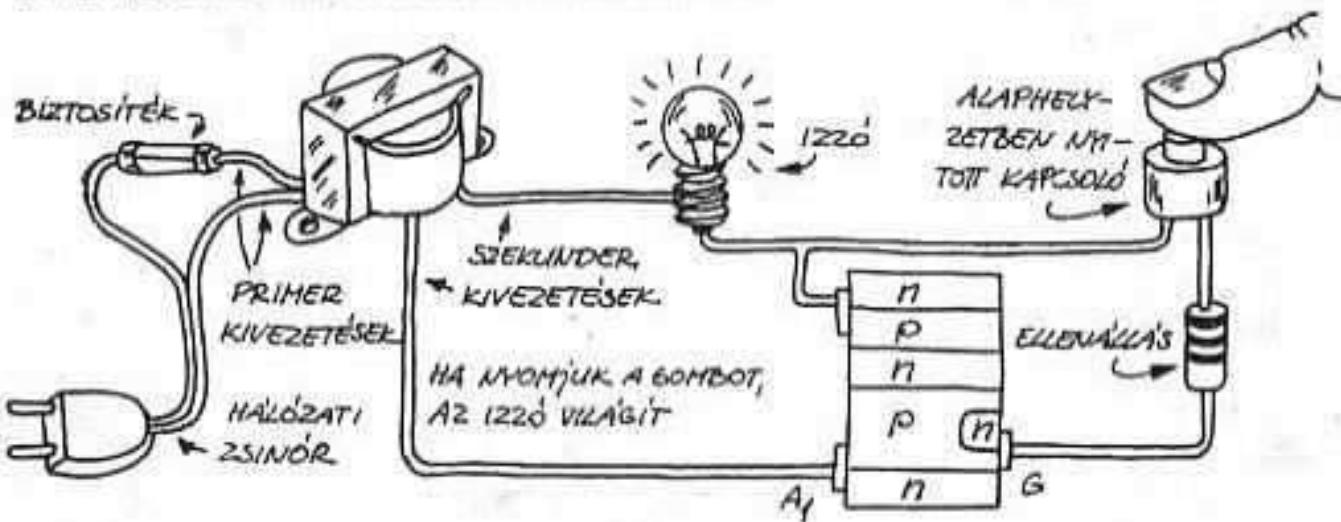
Ezeknek a típusoknak a terhelhetősége 1000 V-nál maximum 40 A. Tokozásuk sokféle lehet.

- A triak jelölése.** Ne felejtsük el, hogy a triak olyan, mint két párhuzamos kapcsolású, egymással ellentétes irányítottságú tirisztor!



- A triak alkalmazása**

Az ábrán látható elrendezésben egy triakkal hálózati transzformátorról izzót működtetünk. A triak motort és más eszközöket is vezérelni tud.



- Figyelem!** Ezt az áramkört ilyen formában nem szabad megépíteni!

## Kétkivezetéses tirisztorok

Az SCR vagy a triak akkor is bekapcsol, ha gate-jén nincs feszültség, de a másik két kivezetése közötti feszültség elér egy bizonyos szintet (a letörési feszültséget). Ez (az önbekapcsolás) teszi lehetővé a kétkivezetéses tirisztorok készítését.

- Négyrétegű dióda**



A négyrétegű dióda egy gate nélküli SCR. Csak egyenfeszültség kapcsolására alkalmas.

- A diak**



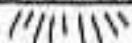
A diak háromrétegű eszköz. Hasonló a báziskivezetés nélküli pnp tranzisztorhoz. Váltakozó feszültséget lehet vele kapcsolni.

## 4. Optoelektronikai félvezető eszközök

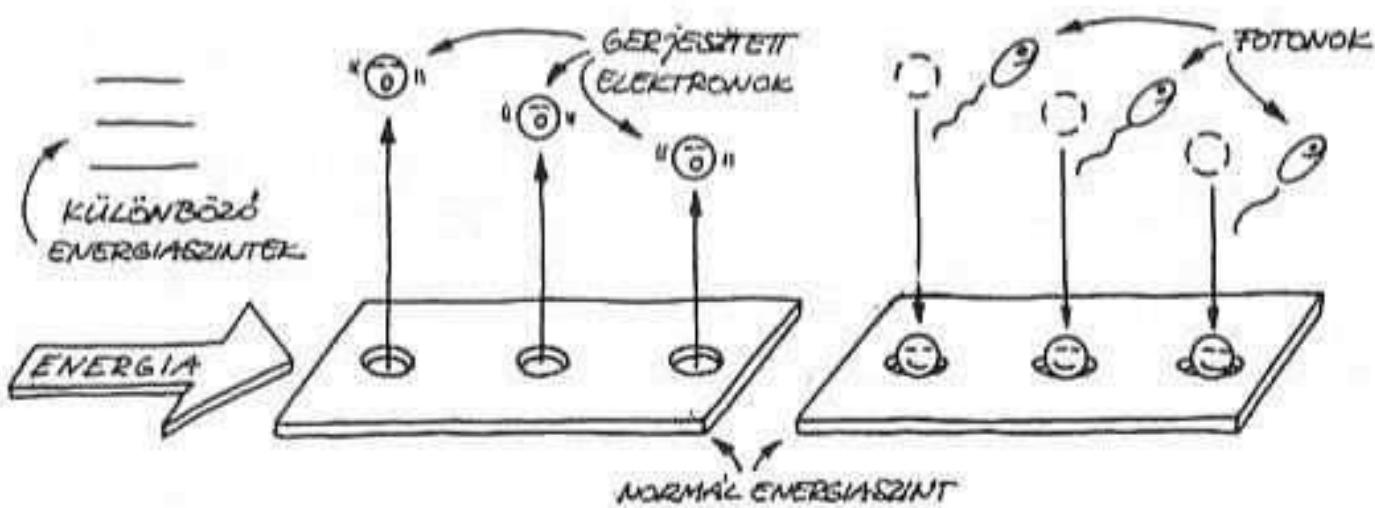
Az optoelektronika az elektronika egyik leggyorsabban fejlődő területe; ide tartoznak a fényt kibocsátó és érzékelő félvezető eszközök. Mielőtt megvizsgálnánk néhány optoelektronikai alkatrészt, elevenítsük fel nagy vonalakban ténytani ismereteinket!

### A fény

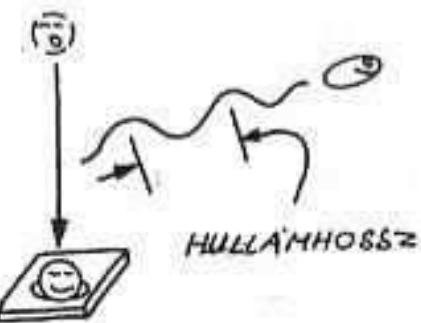
"LEGYEN VILÁGOSAS..."



A fény elektromágneses rezgés. Fotonkból áll, és energiahullámként viselkedik. A fotonok nem szükségszerűen láthatók, mi közülük csak azokat tekintjük fénynek, amelyeket ténylegesen látunk. Foton akkor keletkezik, ha egy elektron gerjesztünk, és az magasabb energiaszintre jut, majd innen újra az eredeti energiaszintjére ugrik vissza.

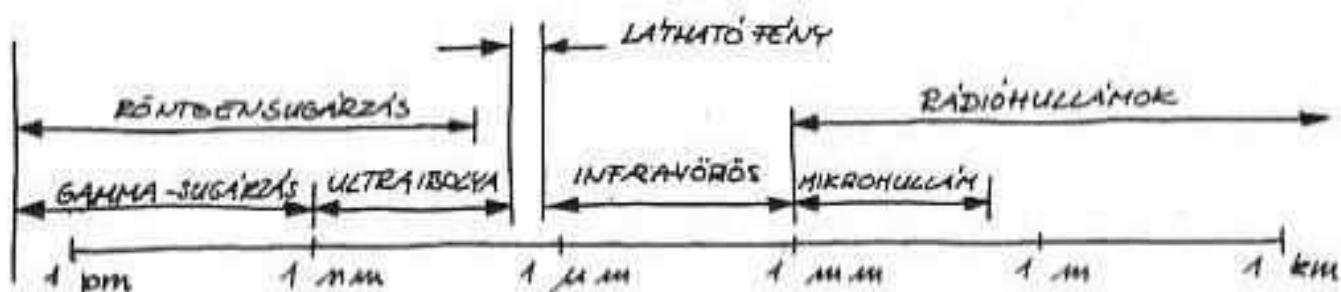


Hullámhossznak nevezük a két hullámcúcs közötti távolságot. A magasabb energiaszintű elektronok rövidebb hullámhosszúságú fotonokat sugároznak, mint az alacsonyabb energiaszintre gerjesztettek.



A gerjesztett elektronok az eredeti energiaszintükre spontán ugorhatnak vissza, vagy egy megfelelő hullámhosszúságú foton is kiválthatja, hogy az elektron visszatérjen a saját energiaszintjére.

- Az elektromágneses spektrum.** A fény hullámhosszát nm-ben (nanométerben) mérik. (1 nm a méter egy billiomod része.) A következő ábra az elektromágneses sugárzás többi formája és a fény kapcsolatát mutatja.



1 pm = 1 pikométer (0,000 000 001 m)

1 nm = 1 nanométer (0,000 000 001 m)

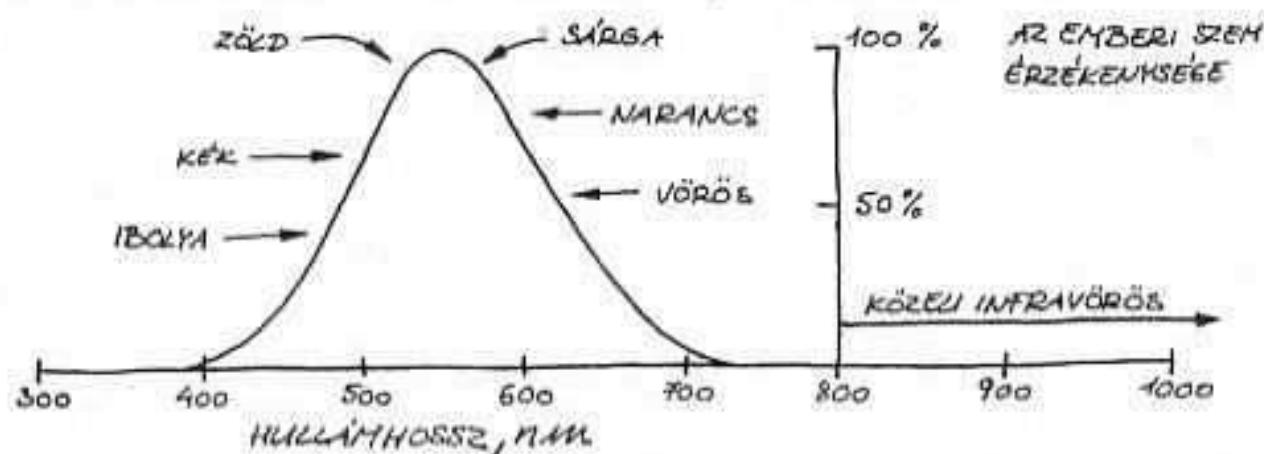
1 μm = 1 mikrométer (0,000 001 m)

1 mm = 1 milliméter (0,001 m)

1 m = 1 méter

1 km = 1 kilométer (1000 méter)

- Az optikai spektrum.** Az ultraibolya, a látható és az infravörös sugárzást optikai spektrumnak nevezik. Ez az optikai spektrum egy széthúzott lejtésekű ábrája:

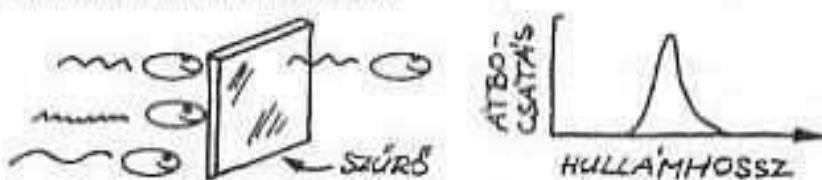


Sok optikai félvezető eszköz a láthatóhoz közeli infravörös tartományban nagy fényt emittál vagy érzékel. A szilicium pl. képes érzékelni a látható fényt, de az infravörös tartományban, kb. 880 nm-nél a legérzékenyebb. Mivel sok optoelektronikai eszköz a látható és az infravörös tartományban is képes működni, ezért általában az infravörös sávot is a fény tartományába sorolják.

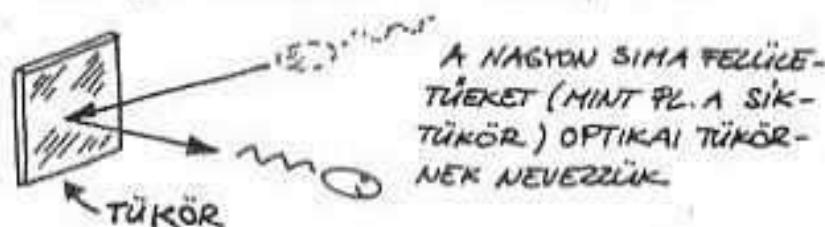
# Optikai eszközök

Az optikai eszközök vezetik, elterítik vagy megváltoztatják a fény tulajdonságait. Sok közülük nagyon fontos az optoelektronikai felhasználásban:

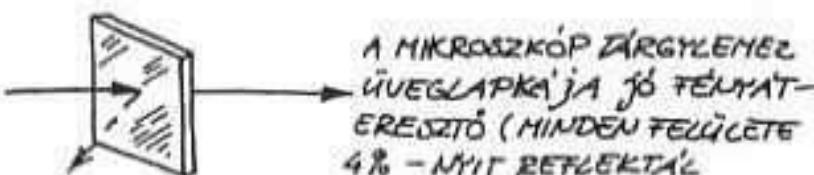
1. A szűrők csak egy keskeny sávot továbbítanak az optikai hullámhosszakból.



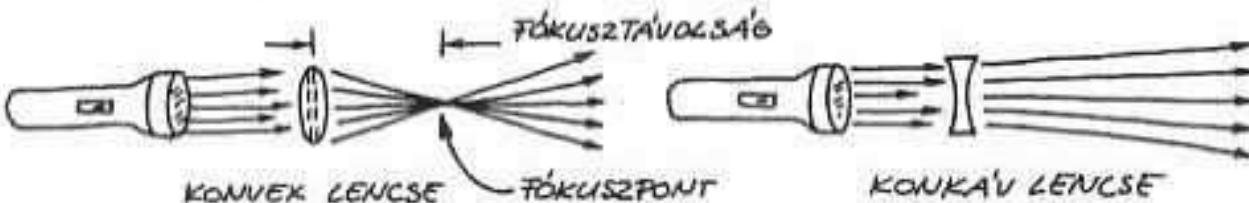
2. Az optikai tükrök a rájuk eső fényt részben vagy teljesen visszaverik.



3. A sugárzáshasító a rá eső fény egy részét visszaveri, a maradékot pedig továbbengedi.

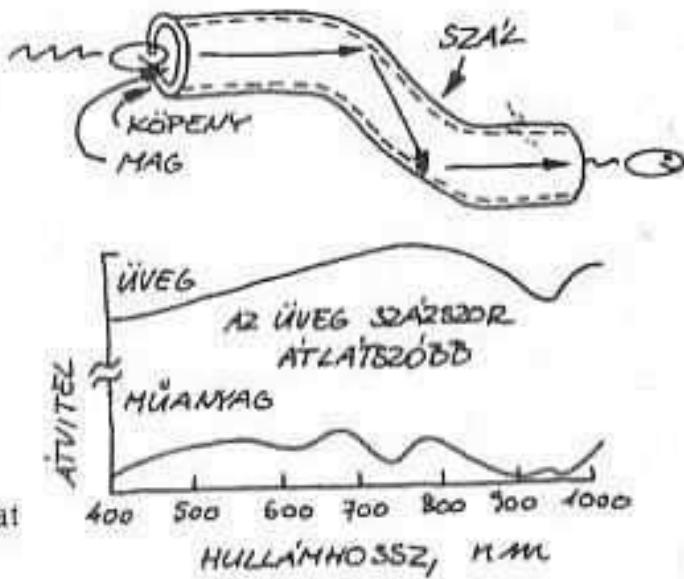


4. A lencsék elterítik a fényt. Közülük a legfontosabbak a konvex lencsék, amelyeket gyakran fényemittáló vagy detektáló félvezető eszközzel összeépítve használnak. Össze



tudják gyűjteni és fokuszálni a fényt pl. egy miniatűr érzékelőre.

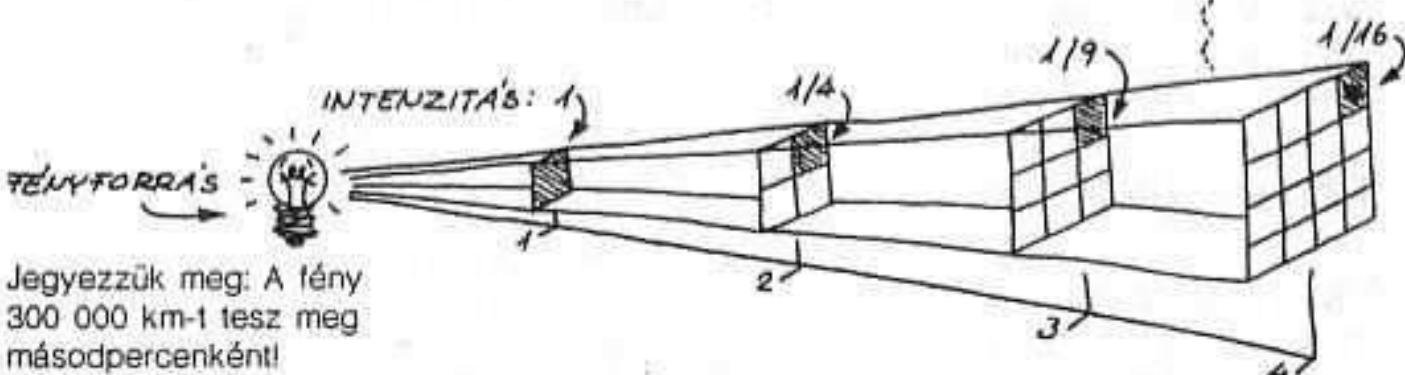
5. Az optikai szálek átlátszó üvegből vagy műanyagból készített, vékony, hajlékony fényvezető szálak. A fényhullám egy vékony köppenyel körülvett magban halad. A műanyag szálok olcsóbbak, de az üvegszálak sokkal átlátszóbbak, és így kisebb rajtuk a veszteség. Az egyik típusban bizonyos hullámhosszak jobban terjednek, mint a másikban. A jó minőségű optikai szálonak fényimpulzusokkal telefonbeszélgetéseket és számítógépadatokat is továbbítanak.



# A konvex lencsék alkalmazása

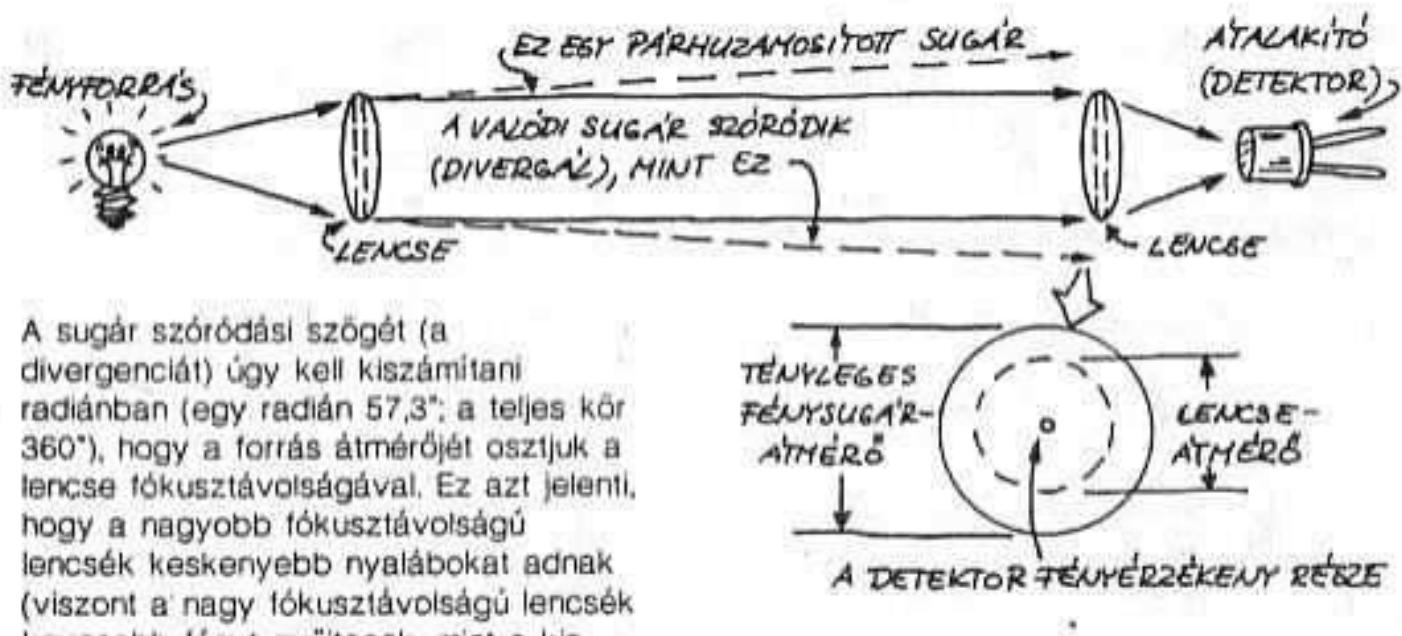
A félvezető fényforrások és érzékelők egy részét beépített konvex lencsével készítik. A következőkben röviden bemutatjuk, hogy milyen módon használható a konvex lencse a fényforrásokhoz és érzékelőkhöz.

- A fordított négyzetes törvény:



A pontszerű fényforrásból kitépő fény intenzitása fordítottan arányos a távolság négyzetével. Más szavakkal: a három egységnyi távolságban az intenzitás 1/9-e az egységnyi távolsághoz tartozó intenzitásnak. Konvex lencsével ezt az intenzitáscsökkenést meg lehet akadályozni.

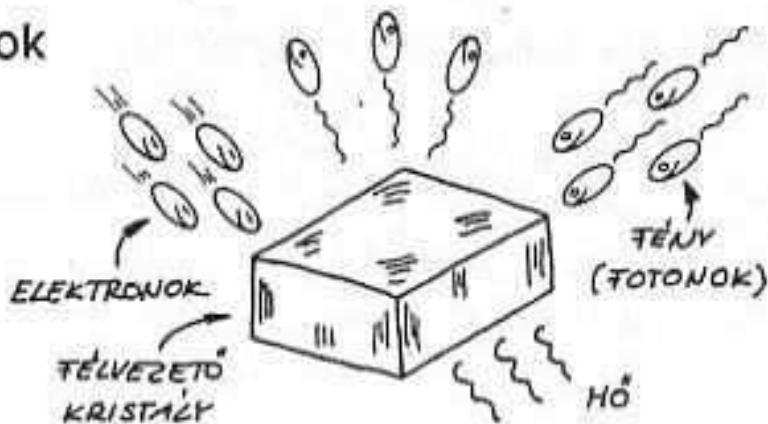
- A konvex lencse



Gondos lencseelhelyezéssel a szaggatottan rajzolt körön belüli összes fény a detektor fényérzékeny felületére fokuszálható (ez nyilván megséríti a fordított négyzetes törvényt).

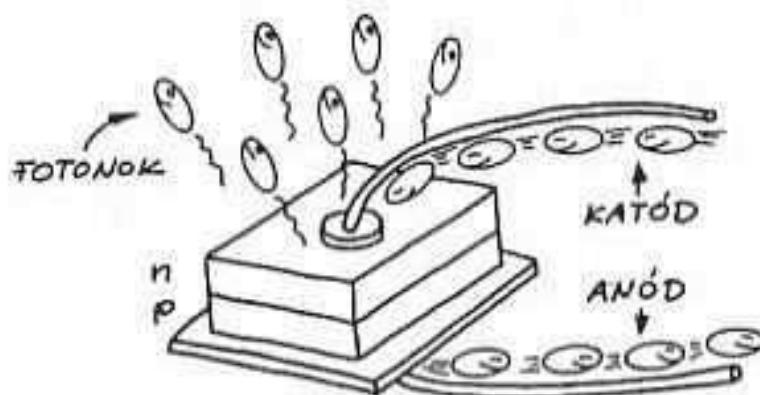
## A félvezető fényforrások

Ha a félvezető kristályok nagy részét fénnnyel, hővel, elektronokkal vagy más energiatorrással bombázzuk, akkor látható, hogy infravörös fényt bocsátanak ki. A legjobb fénykibocsátó félvezetők a pn-átmenetű rétegdiódák.



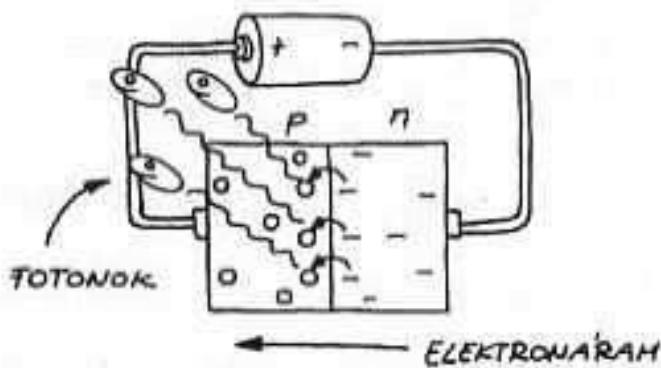
## Fénydióda (LED)

Mivel a LED az elektromos áramot közvetlenül fénnnyé alakítja át, ezért az összes fényforrás közül a legjobb hatásfokú. A LED-ek előállítására különféle félvezető anyagokat használnak.

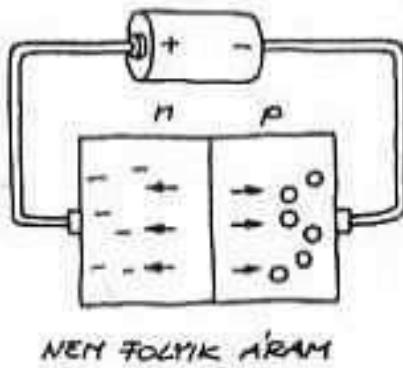


- A LED működése.** A LED-re kapcsolt nyitóirányú feszültségnek meg kell haladnia egy kúszóbefeszültséget, hogy meginduljon az áram az átmeneten keresztül. Az infravörös tartományban és csak gyengén világító szilícium LED-ek kúszóbefeszültsége 0,6 V. A láthatóhoz közelíti infravörös tartományban jelentős energiával emittáló gallium-arzenid kúszóbefeszültsége 1,3 V. Ez a feszültség gerjeszti az elektronokat. Az elektronok, amint átjutnak a pn-átmeneten, rekombinálódnak a lyukakkal és fotont emittálnak.

NYITÓIRÁNYÚ EZÖFESZÍTÉS

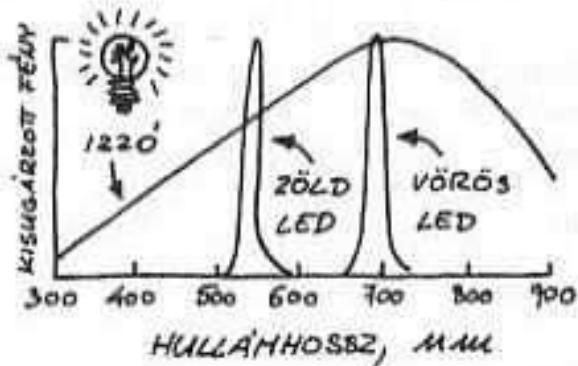


ZÁRÓIRÁNYÚ EZÖFESZÍTÉS



• Még mindig a LED működéséről!

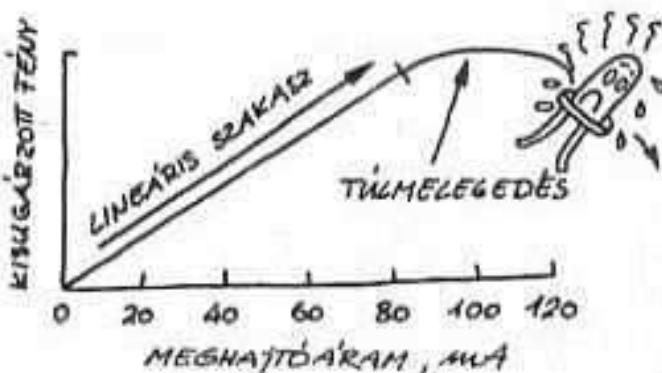
1. A fehér fényű izzó többféle hullámhosszúságú fényt bocsát ki. A LED által emittált fény viszont szük hullámhossztartományba esik. (Ennek az oka, hogy a LED-ekben az elektronok mindenkor mindenkoron energiaszintre kerülnek.)



2. Amikor a LED vezetni kezd, feszültsége lassan, árama ezzel szemben ugrásszerűen nő. A túl nagy áram túlmelegítheti a LED-et, és valószínű, hogy vagy a kivezetései válnak le, vagy a lapka olvad meg.



3. A LED által emittált fény mennyisége egyenesen arányos a rajta átfolyó árammal. A LED tehát ideális információtovábbító eszköz. A felmelegedő LED fénye azonban hamarosan csökkenni kezd, sőt tönkre is mehet a dióda.



4. A nyitófeszültség és a LED hullámhossza közvetlen kapcsolatban van. Ezért az áram és a feszültség megváltoztatása nélkül nem minden lehet a különböző színű LED-eket egymással felcserélni. A látható fényt kibocsátó diódák maximálisan 1 mW (milliwatt) vagy e körül teljesítményt emittálnak. Néhány infravörös LED (mint a 880 nm-es) 15, sőt még több mW teljesítményt bocsát ki! A vaku fénye kb. 10 mW-nyi.

Hullámhossz, nm	Feszültség, V
565 (zöld)	2,2 — 3,0
590 (sárga)	2,2 — 3,0
615 (narancs)	1,8 — 2,7
640 (piros)	1,6 — 2,0
690 (vörös)	2,2 — 3,0
880 (infravörös)	2,2 — 2,5
900 (infravörös)	1,2 — 1,6
940 (infravörös)	1,3 — 1,7

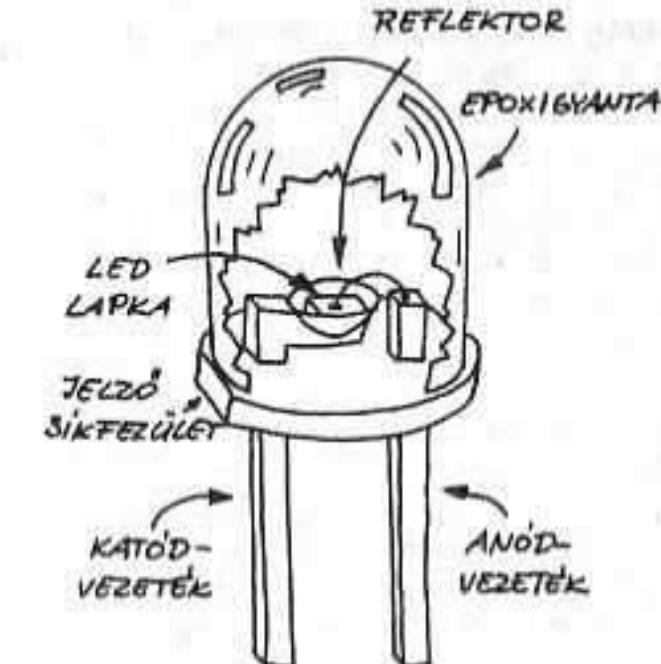
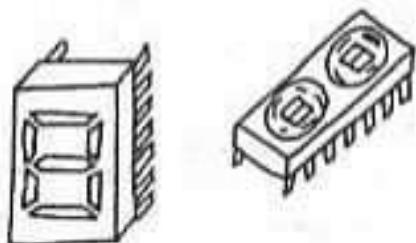
• **LED típusok.** A LED egy fényforrás, de vajon mi van a műanyag vagy fémtokban? Az ábrán egy jellegzetes LED látható. A vastag fémkivezetések vezetik el a hőt a lapkáról. A reflektor a chip élein emittált fényt gyűjti össze. Ha a LED látható fényt emittál, akkor a műanyagot (pl. epoxit) általában színezik. Gyakori, hogy fényt szóró részecskéket kevernek a műanyagba, ettől a LED vége fényesebbnek tűnik.

#### • Látható fényű LED-ek



Ezek az olcsó LED-ek főként kijelzésre használhatók. Információtovábbításra egyes vörössel világító LED-ek alkalmasak. A legtöbbet epoxigantába tokozzák.

#### • LED kijelzők



Sok LED kijelző számjegyeket és karaktereket is meg tud jeleníteni. A LED-ek sokkal kevésbé érzékenyek a mechanikai hatásokra, mint a folyadékkristályos kijelzők, áramfogyasztásuk viszont nagyobb.

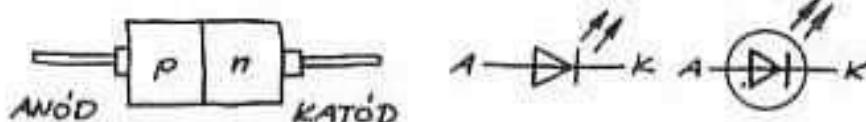
#### • Infravörös LED-ek



Az infravörös LED-eket inkább infravörös-emittáló diódáknak kellene neveznünk. Mivel információkat tudnak továbbítani, ezért riasztóberendezésekben, távirányító eszközökben stb. is alkalmazhatók. A lézerdióda különleges típusú infravörös LED. Némelyik infravörös LED több wattot is képes emittálni!

#### • A LED rajzjelei

Mindkét bemutatott jelölést használják.



• A LED-ek használata

A LED-ek vagy folyamatosan, vagy rövid áramimpulzusokkal működtethetők. Folyamatos működés esetén az áram változtatásával változtatható a kilépő fényteljesítmény.

• LED-meghajtó áramkör. Mivel a LED-ek áramfüggők, ezért általában soros ellenállással kell védeni őket a túláramról. Készülnek már beépített soros ellenállással is LED-ek, nagy részük azonban még nem ilyen.

Nézzük, hogyan számíthatjuk ki a szükséges soros ellenállás értékét!

$$R_s = \frac{U_i - U_{LED}}{I_{LED}}$$

vagyis

$$R_s = \frac{U_i - U_{LED}}{I_{LED}}$$

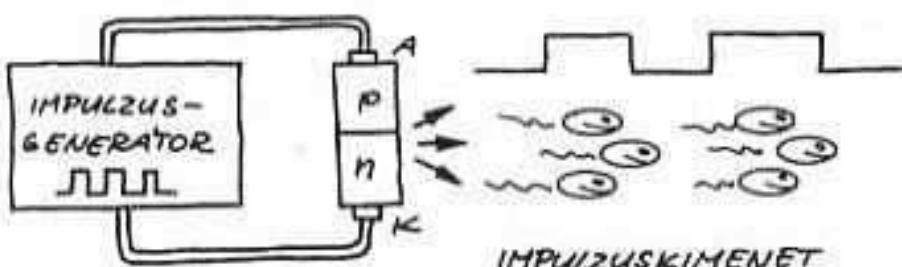
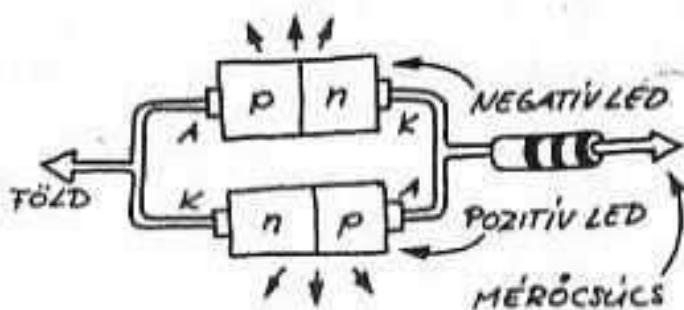
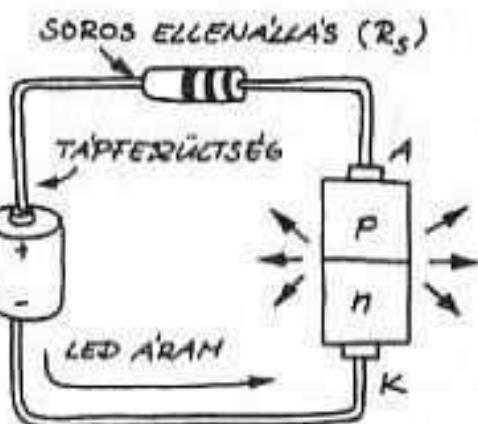
• Példa: Tegyük fel, hogy 5 V-os tápfeszültségről 10 mA árammal akarunk egy LED-et működtetni!  $U_{LED} = 1,7$  V (adatlapról).

Igy  $R_s = (5 - 1,7)/0,01 = 330$ , vagyis 330 Ω a soros ellenállás értéke.

• LED-es polaritásjelző. Ha két diódát párhuzamosan, egymáshoz képest ellentétes irányba kapcsolunk, akkor polaritásjelzőt kapunk. Ha a vizsgált jel váltakozó feszültségű, akkor minden LED világít. A soros ellenállást ne felejtse el!

• A LED impulzusüzeme. Folyamatos működés esetén egy infravörös LED maximálisan 100 mA körül áramot bír el. Ha ugyanezt a LED-et rövid áramimpulzusokkal gerjesztjük, akkor 10 A-es áramot is biztonsággal elvisel.

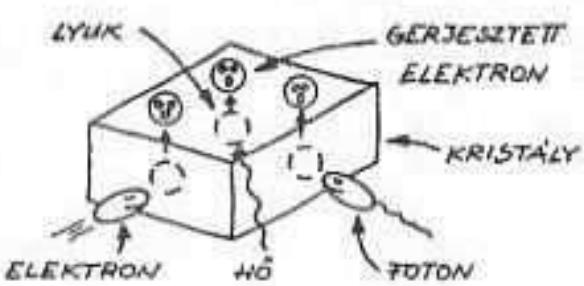
• Megjegyzés. A soros ellenállás nélkülözhető, ha az impulzus nem haladja meg a LED-re megadott határértékeit.



### • Félvezető fényérzékelők (detektorok)

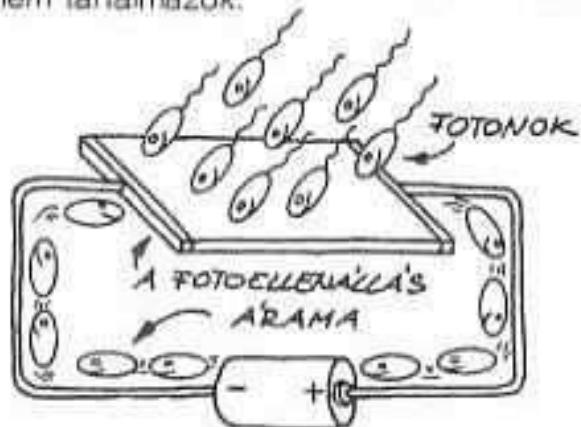
A félvezető kristályba bejutó energia magasabb energiaszintre gerjeszti az elektronokat, amelyek üres helyeket, lyukakat hagynak hátra. Ezek az elektronok és lyukak rekombinálódni tudnak, és fotont emittálnak, vagy egymáshoz képest elmozdulva áramot hozhatnak létre. Ez a félvezetők fényérzékelésének alapja.

A félvezető fényérzékelőknek két fő csoportja van: a pn-átmenetet tartalmazók és a pn-átmenetet nem tartalmazók.



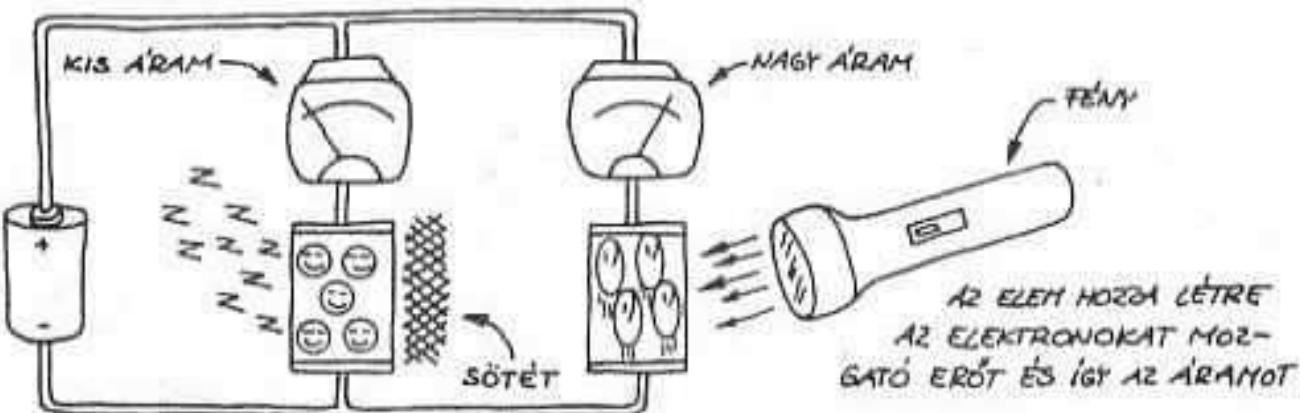
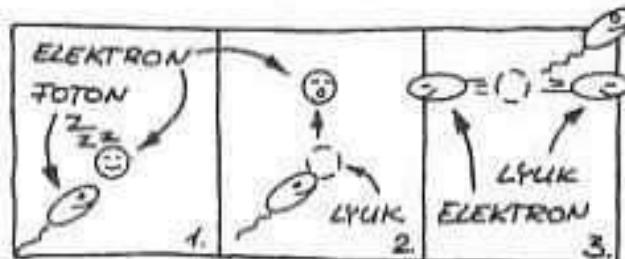
## Fotoellenállás

A fotoellenállások pn-átmenetet nélküli fényérzékelő félvezetők. Ellenállásuk sötétben nagyon nagy (több millió  $\Omega$  is lehet). Megvilágítva őket ellenállásuk nagyon kicsi lesz (néhány száz  $\Omega$ ).



### • A fotoellenállás működése

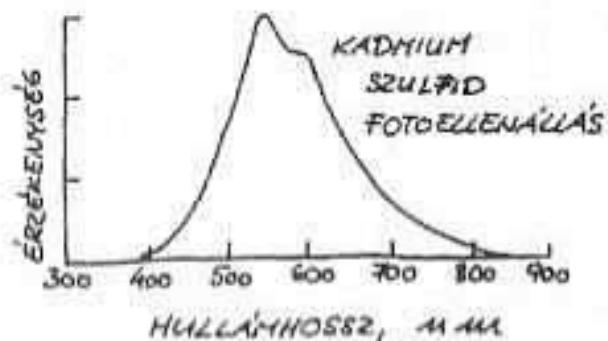
Ez az ábrásor azt mutatja, hogy hogyan hoz létre egy foton elektron-lyuk párt. Külső feszültség hatására a lyukak és az elektronok elmozdulnak.



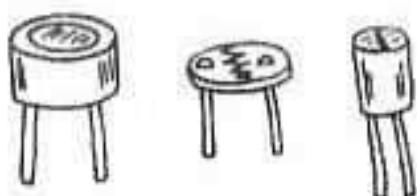
• Foglalkozzunk egy kicsit bővebben is a fotoellenállás működésével!

1. Ahhoz, hogy a fotoellenállások a fényintenzitás változását követni tudják, néhány ezred másodpercnyi, vagy még ennél is hosszabb időre van szükségük (eléggé lassú működésük). Ahhoz, hogy a fény megszűnése után újra elérjék normális sötétellenállás-értéküket (memóriahatás), több percre is szükség lehet.

2. A fotoellenállásokban leggyakrabban alkalmazott félvezető anyag a kadmium-szulfid. Spektrális érzékenysége nagyon hasonló az emberi szemhez. Az ólom-szulfid infravörös fény érzékelésére használható (a 3  $\mu\text{m}$ -nél kisebb hullámhossz esetén).



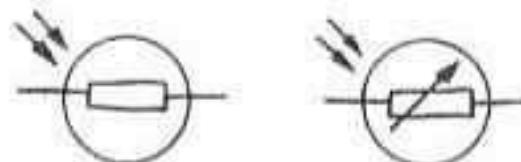
• Fotoellenállás-típusok



Sokféle típus létezik. A megvilágított felület növelése érdekében a legtöbb esetben fényérzékeny félvezetővel töltik ki az átlapolódó kivezető elektrográfák közötti részt.

• Fotoellenállás-jelölések

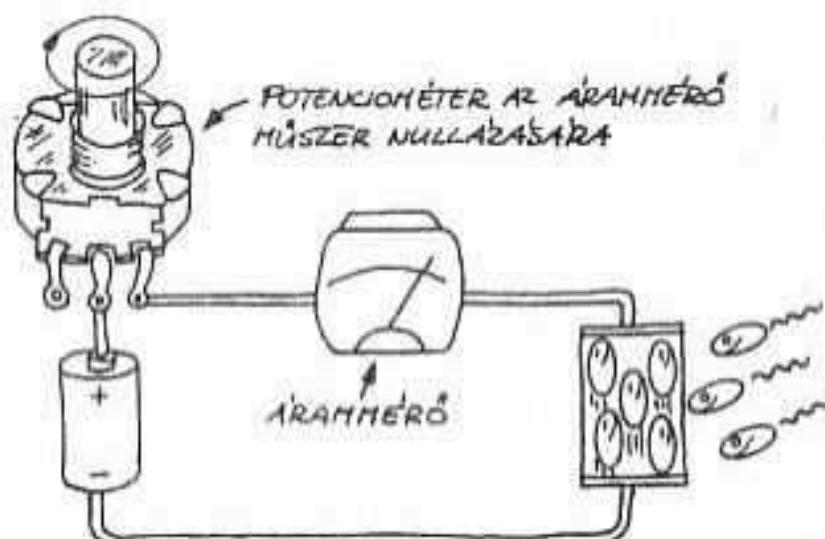
Mindkét bemutatott jelölésváltozat elterjedt.



• A fotoellenállások alkalmazása

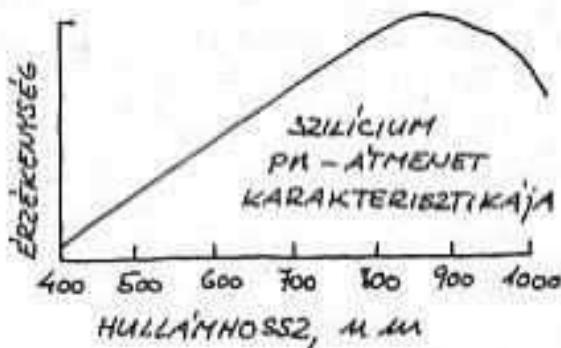
A fotoellenállásokat fénymérőkben és fényvezérelt relékben használják.

• **Fénymérő.** Ebben az elrendezésben a kadmium-szulfid fotoellenállást megvilágító fény intenzitását egy árammérő mutatja.



# A pn-átmenetet tartalmazó detektorok

A fényérzékeny félvezetők legnagyobb családját a pn-átmenetet tartalmazó fényérzékelők alkotják. A legtöbb szilíciumból készül, és minden a látható, minden a láthatóhoz közelí intravörös tartománybeli fényt érzékelni tudják.

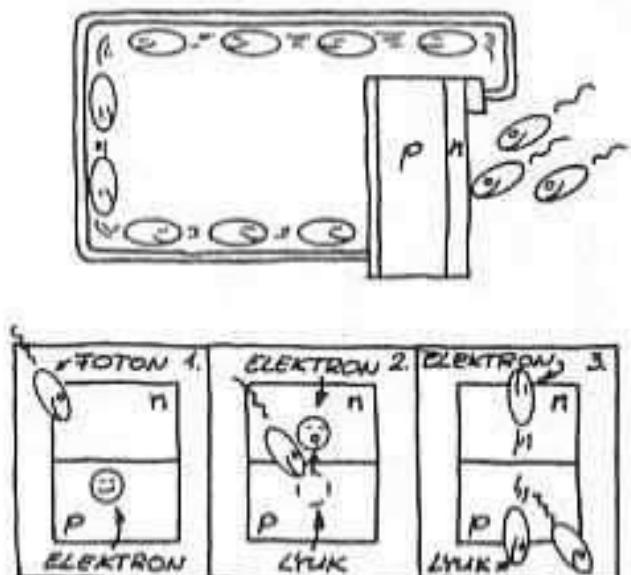


## Fotodiódák

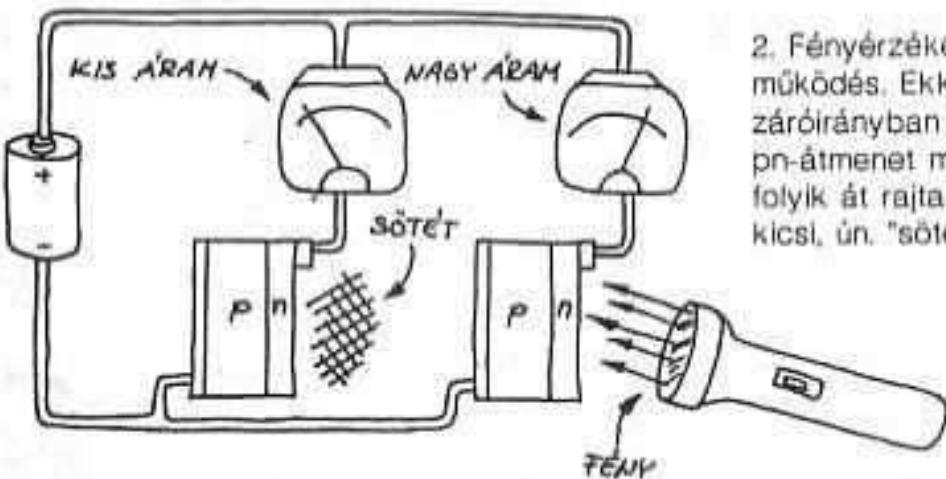
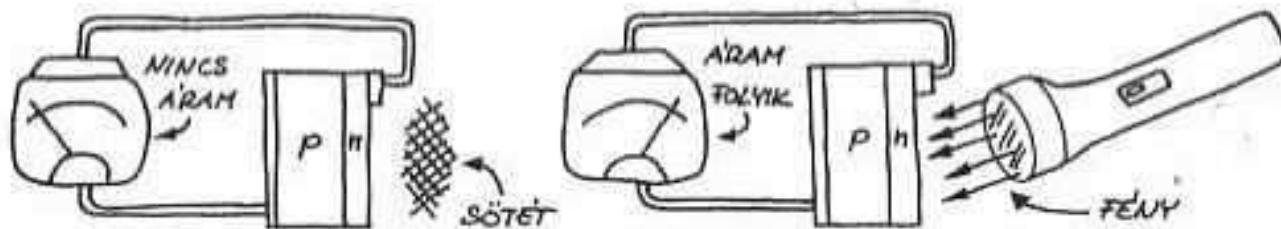
Minden pn-átmenet fényérzékeny. A fotodiódák speciálisan fényérzékelésre tervezett pn-átmenetek. Kamerákban, riasztókban, fénytávközlésre stb. használják őket.

### • A fotodióda működése

A pn-átmenetben egy foton egy elektron-lyuk párt hoz létre. Ha a réteg két oldalát összekapcsolják, áram folyik. Kétféle működési mód lehetséges:



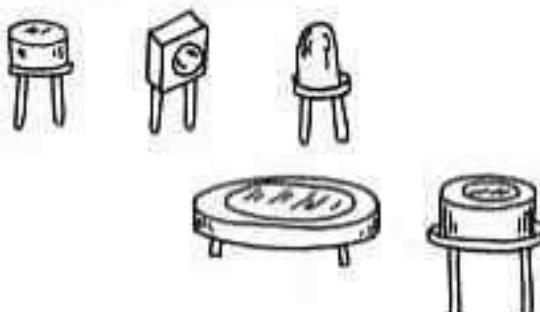
1. Fényelemkénti működés. Ez esetben a megvilágított fotodióda áramforrássá válik.



2. Fényérzékeny vezetőkénti működés. Ekkor a fotodióda záróirányban van előfeszítve. A pn-átmenet megvilágításakor áram folyik át rajta. Sötétben csak nagyon kicsi, ún. "sötétáram" folyik.

### • Fotodióda-típusok

Itt látható egy jellegzetes fotodióda. Sok más tokkialakítást is használnak (műanyag ház, beépített lencsék és szűrök stb.). A legfontosabb jellemző tulajdonságuk a félvezető lapka mérete. A lapka különleges tervezésével elérhető, hogy tulajdonságai egy meghatározott fényhullámhossz érzékeléséhez kedvezők legyenek.



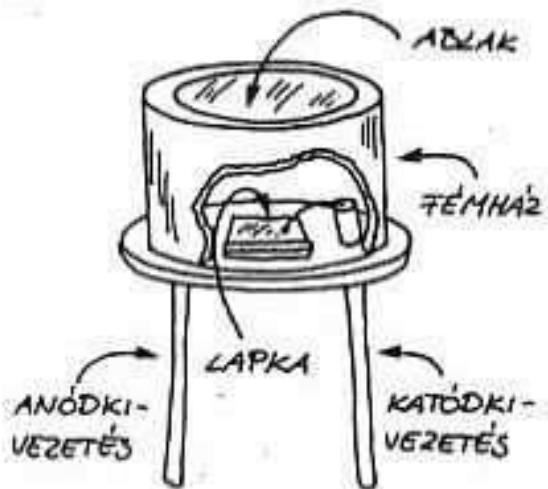
### • A fotodióda áramkori jelei

Mindkét itt bemutatott jelölést használják.

### • A fotodiódák alkalmazása

A fotodiódákat általában a láthatóhoz közeli infravörös tartományú gyors impulzusok érzékelésére használhatjuk (pl. a fénytávközlésben).

— Fénymérő. Ezzel az elrendezéssel közönséges fényérzékeny vezetésen alapuló fénymérőt kapunk. Karakterisztikája lineáris.

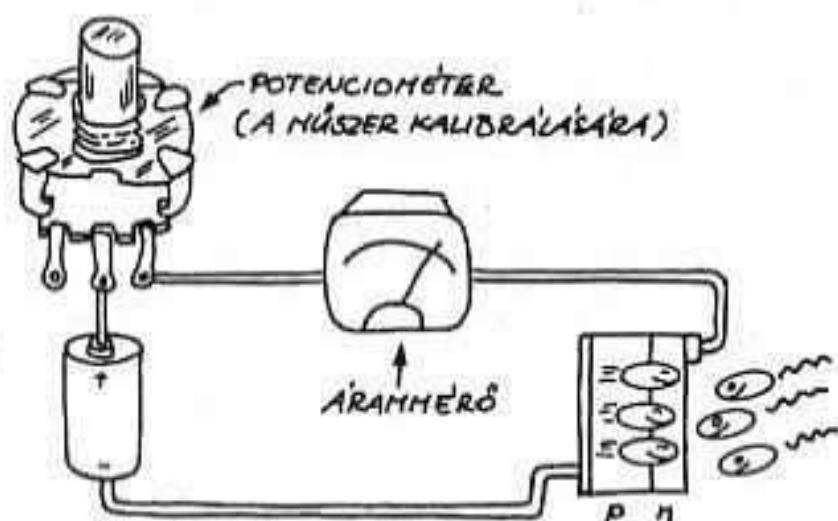
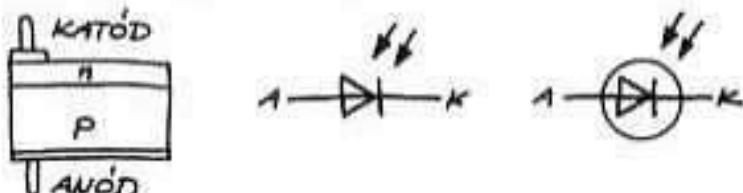


### — Kis felületű diódák

Ezek a diódák nagyon gyorsak, ha záróirányban előfeszített fényérzékelőként használjuk őket.

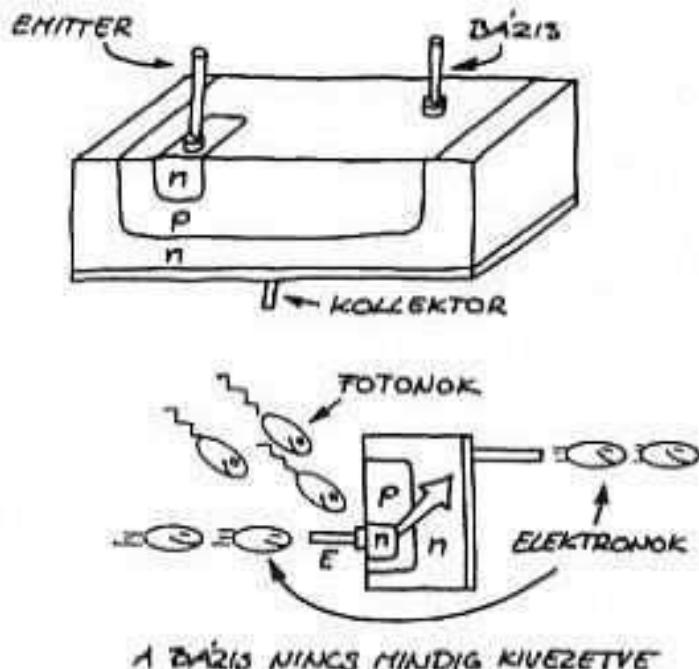
### — Nagy felületű diódák

Bár lassabbak, mint a kis felületű diódák, nagy felületük nagy érzékenységet ad.



# Fototranzisztorok

Minden tranzisztor fényérzékeny. A fototranzisztorokat speciálisan e tulajdonság jó kihasználására terveztek. Fényérzékeny FET-ek is léteznek, de a legáltalánosabb fototranzisztor a nagy megvilágított bázisfelületű npn bipoláris tranzisztor. A bázisba jutó fotonok helyettesítik a közönséges npn tranzisztor bázis-emitter-áramát. Így a fototranzisztor közvetlenül erősíti a fotonok számának változását.

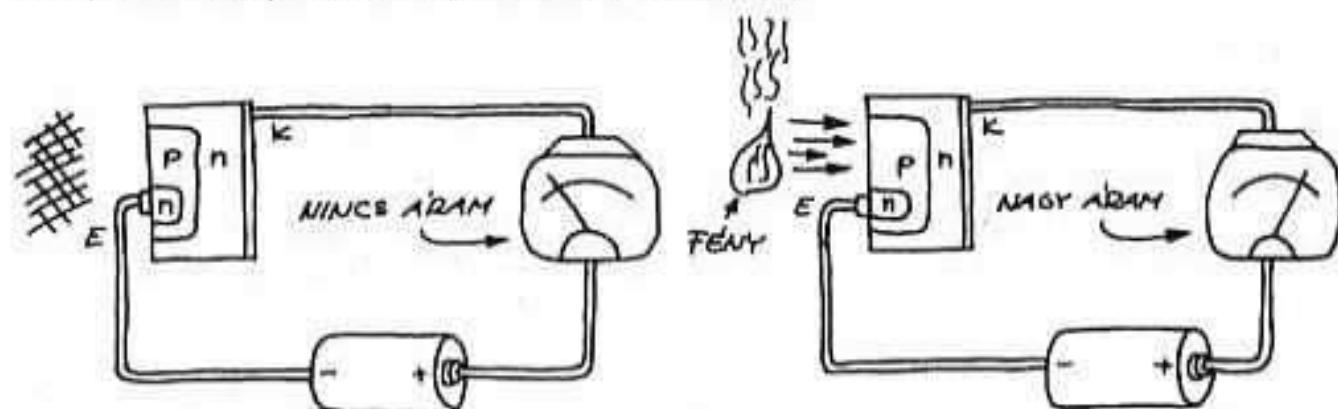


A BÁZIS NINCS MINDIG KIVEZETVE

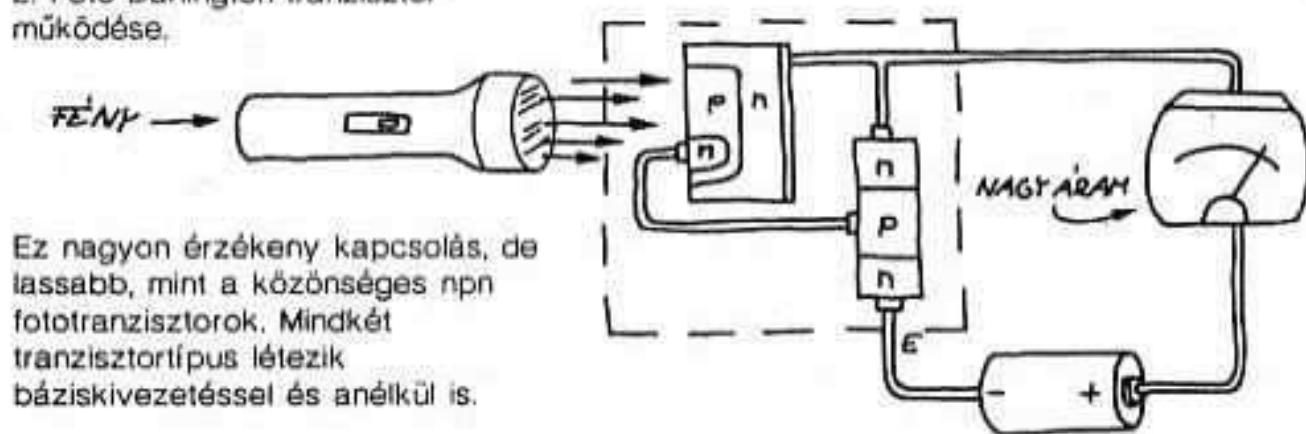
## • Az npn fototranzisztor működése

Kétféle npn típusú fototranzisztort ismerünk. Az egyik a már bemutatott npn fototranzisztor, a másik, amely még egy tranzisztor tartalmaz, nagyobb erősítést tesz lehetővé.

1. Az ábrán az npn fototranzisztor működése látható.



2. Foto-Darlington-tranzisztor működése.

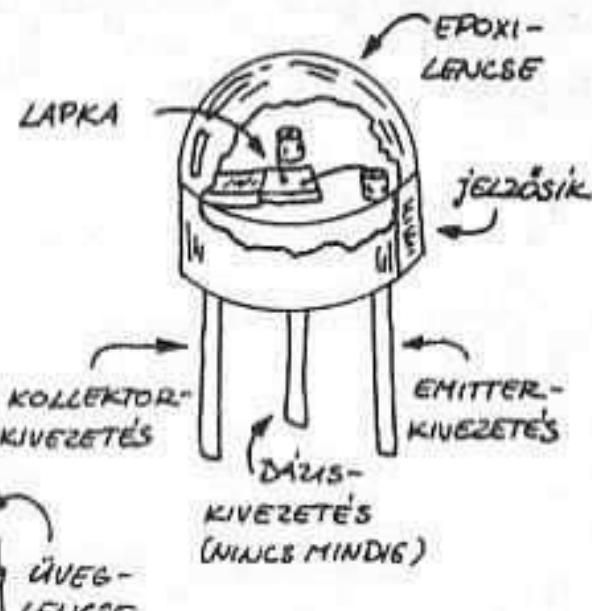


Ez nagyon érzékeny kapcsolás, de lassabb, mint a közönséges npn fototranzisztorok. Mindkét tranzisztor típus létezik báziskivezetéssel és anélkül is.

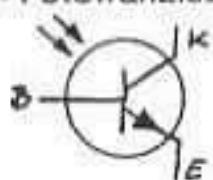
### • Fototranzisztor-típusok

Az ábrán egy szokványos, olcsó npn fototranzisztor látható. Többféle tokozást is használnak (fémházas, üveglencsés, sikablakos stb.). A bázist a fototranzisztor típusától függően vagy kivezetik, vagy nem. Sok fototranzisztoros áramkörben nem kötik be a bázis kivezetését.

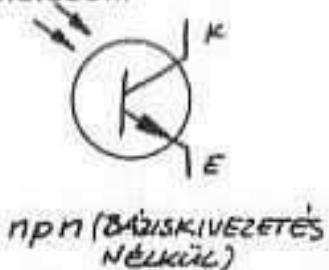
### • Tipikus fototranzisztor-tokozások:



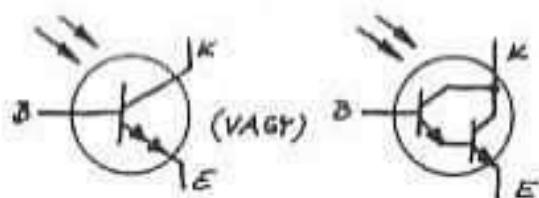
### • Fototranzisztor-jelölések:



npn



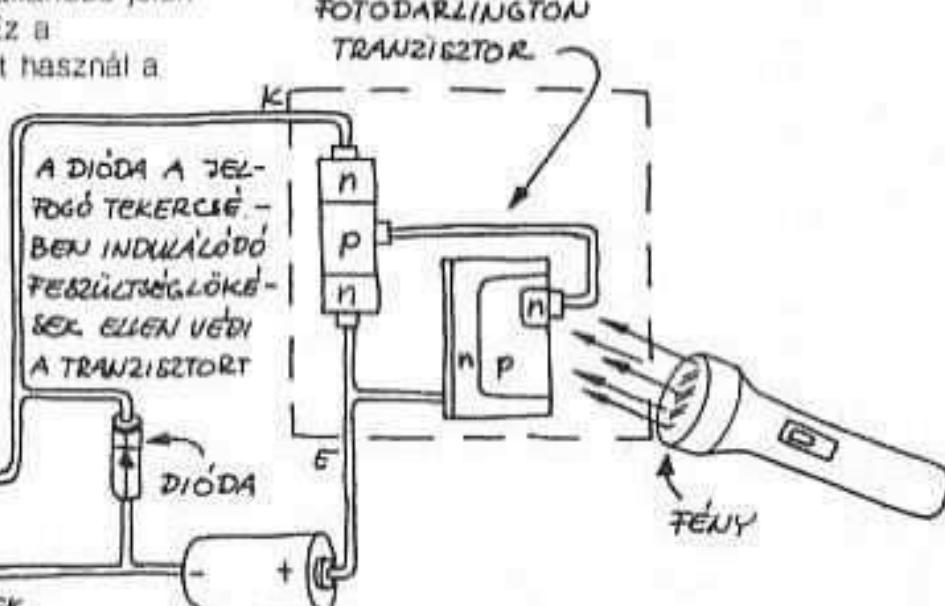
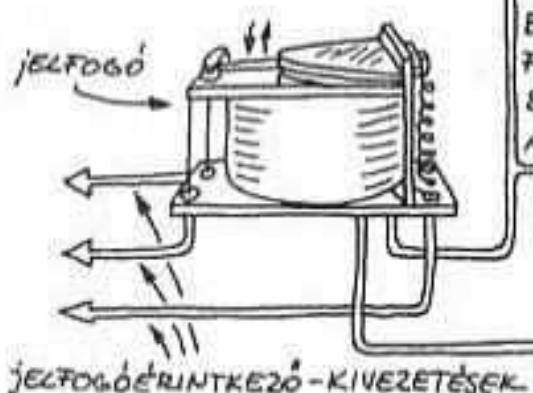
npn (BÁZISKIVEZETÉS NÉLKÜL)



FOTODARLINGTONOK

### • Fototranzisztorok alkalmazása

A fototranzisztorokat gyakran váltakozó jelek (AC) detektálására használják. Ez a kapcsolás folyamatos (DC) fényt használ a jelfogó működtetéséhez.



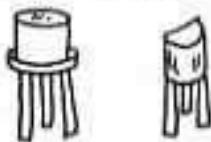
# Fototírizztorok

A fototírizztorok a fényvezérelt tírizztorok különféle típusát; fényvezérelt kapcsolóként használhatók. A család legfontosabb tagja a fénnnyel begyújtatható, szilíciumvezérelt egyenirányító (LASCR). Ezenkívül fényvezérelt triakokat is készítenek. Egyikük sem képes azonban akkora áramot kapcsolni, mint a hagyományos tírizztorok.

## Fénnnyel bekapcsolható, szilíciumvezérelt egyenirányítók (LASCR)

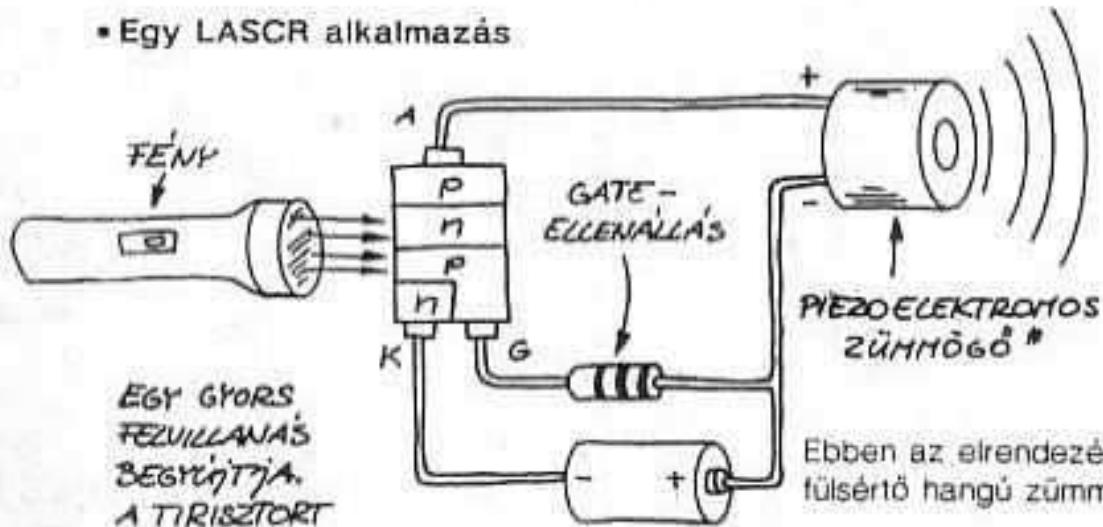
A LASCR-eket vékonyabba készítik, mint a közönséges SCR-eket, hogy növeljék az érzékenységüket. Ez viszont korlátozza az általuk kapcsolható áram értékét. Nagy áramú felhasználás esetén a LASCR tírizztor gyűjtőjének előállítására használható.

- LASCR-típusok

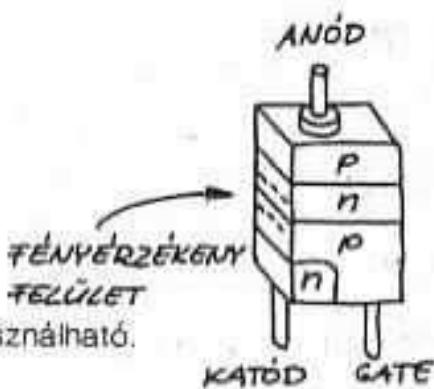
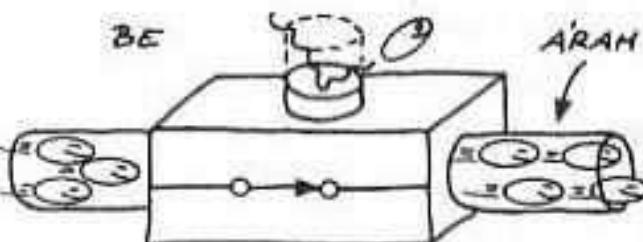
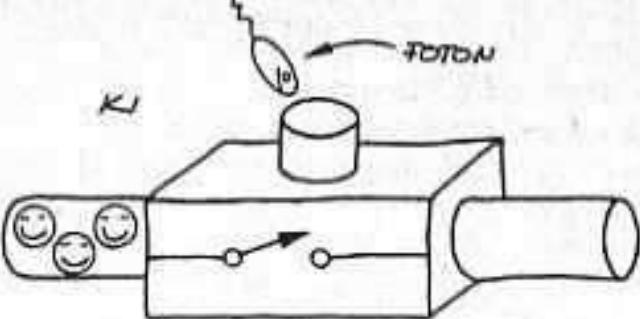


A legtöbb LASCR max. néhány száz voltbeli feszültséget képes kapcsolni. Árama maximum néhány tized amper.

- Egy LASCR alkalmazás

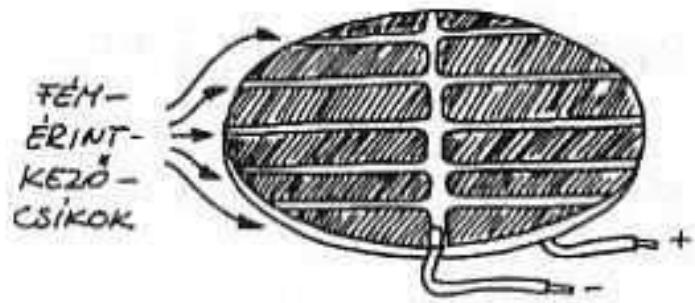


Ebben az elrendezésben a LASCR egy fülsertő hangú zümmögöt kapcsol be.

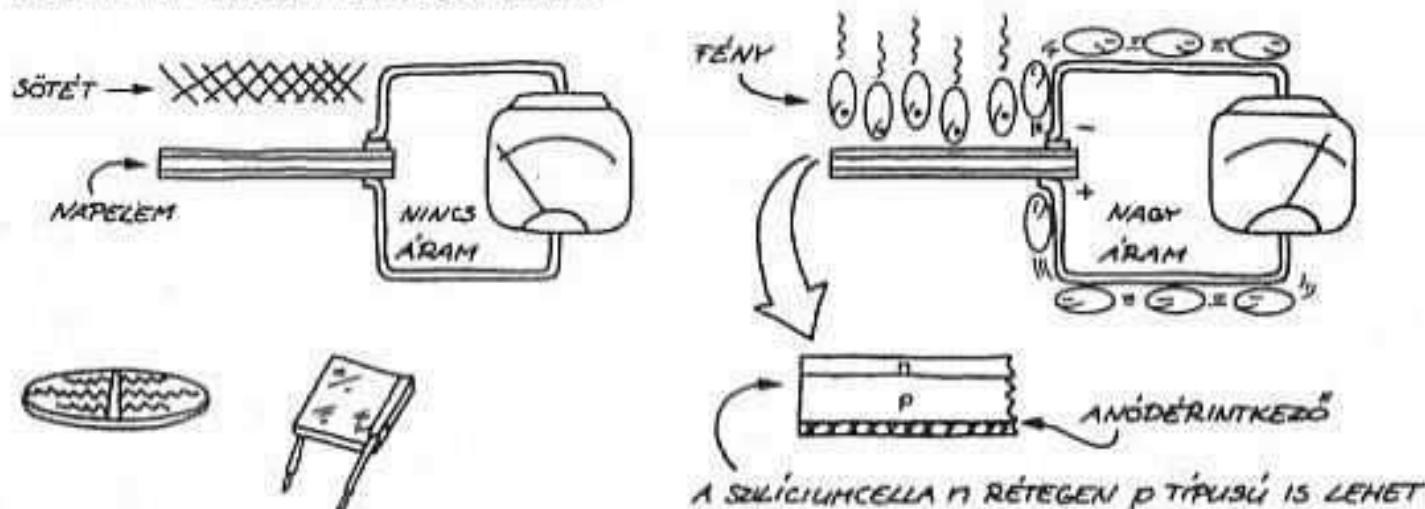


# Napelemek

A napelemek nagy fényérzékelő felületű pn-retegdiódák. Egy egyszerű szilícium napelemcella napsütésben kb. 0,5 V-ot állít elő.

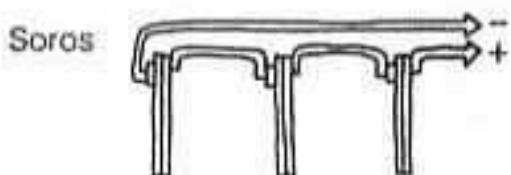


Az ábrán a napelem működése látható.

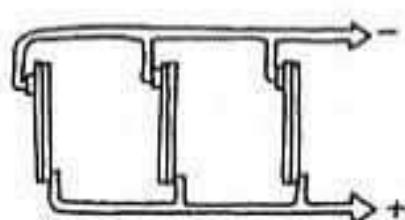


## • Napelemtípusok

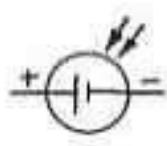
Sokféle típusú szilícium napelemet készítenek. Az egyes napelemcellákat gyakran sorba, ill. párhuzamosan kapcsolják.



Párhuzamos

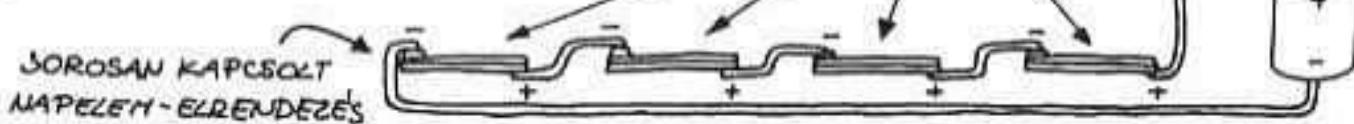


## • A napelem jelölése:



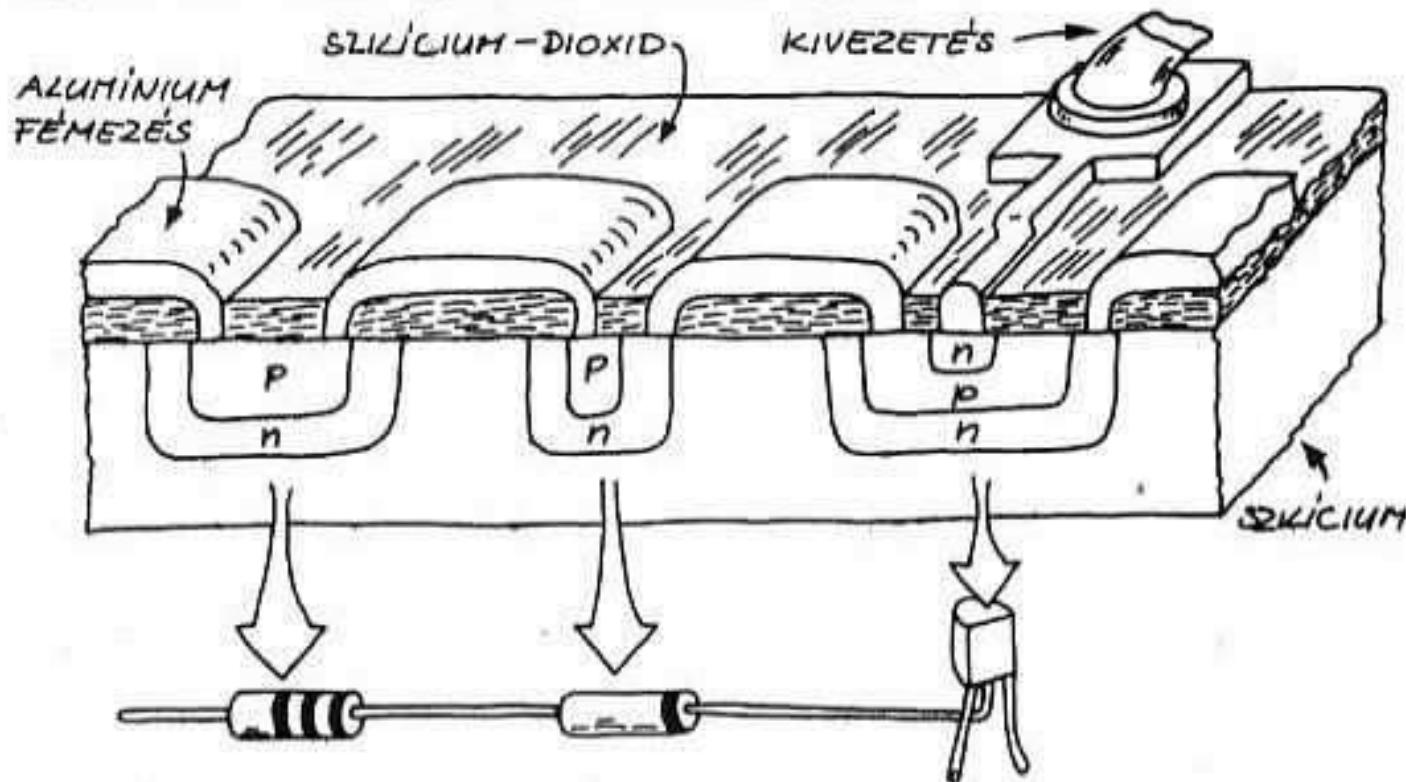
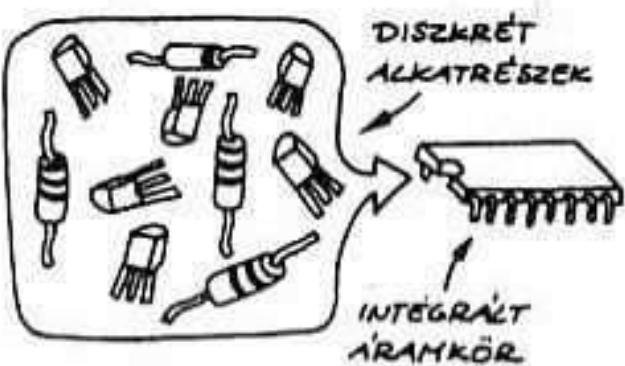
## • A napelemek felhasználása

A napelemet használhatjuk tápforrásként, vagy akkumulátort töltethetünk fel vele.



## 5. Integrált áramkörök

Az elektronikus áramkörök az egyes tranzisztorok, diódák és ellenállások azonos kialakításával egy kis szilíciumlapkán elkészíthetők. Az alkatrészeket "alumíniumvezetékek" kötik össze, amelyeket a lapka felszínén készítenek el. Ennek az eredménye az integrált áramkör. Az integrált áramkörök (IC-k) tartalmazhatnak néhány vagy akár százezer tranzisztor is. Az IC-k tették lehetővé a videójátékok, a digitális órák, a számítógépek és sok más, bonyolult termék létrehozását. Íme, egy bipoláris integrált áramkör részlete egyszerűsítve és erősen nagyítva:



A sokszorosára nagyított integrált áramkör részleten bemutatott szokásos alkatrészeket nem azonos léptékben rajzolták meg. Pl. van olyan integráltáramkör típus, amely 262 144 db tranzisztor tartalmaz egy kb. 1/4 négyzetinch-nyi területen!

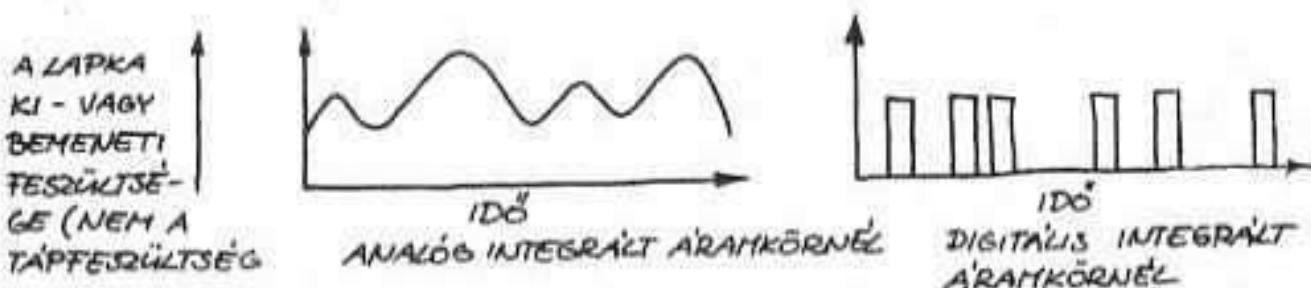
## • Integráltáramkör-típusok

Az integrált áramkörök két fő csoportba sorolhatók:

1. Az analóg (vagy lineáris) integrált áramkörök, amelyek változó feszültséget állítanak elő vagy erősítnek, ill. befolyásolnak. Az analóg IC-k családjába tartoznak az erősítők, az időzítő áramkörök, az oszcillátorok és a feszültségszabályozó áramkörök stb. is.

2. Digitális (vagy logikai) IC-k csak kétféle feszültségszintű jelet érzékelnek, III. állítanak elő. A digitális IC-khez tartoznak a mikroprocesszorok, a memóriák, mikroszámítógépek és sokféle egyszerűbb áramkör.

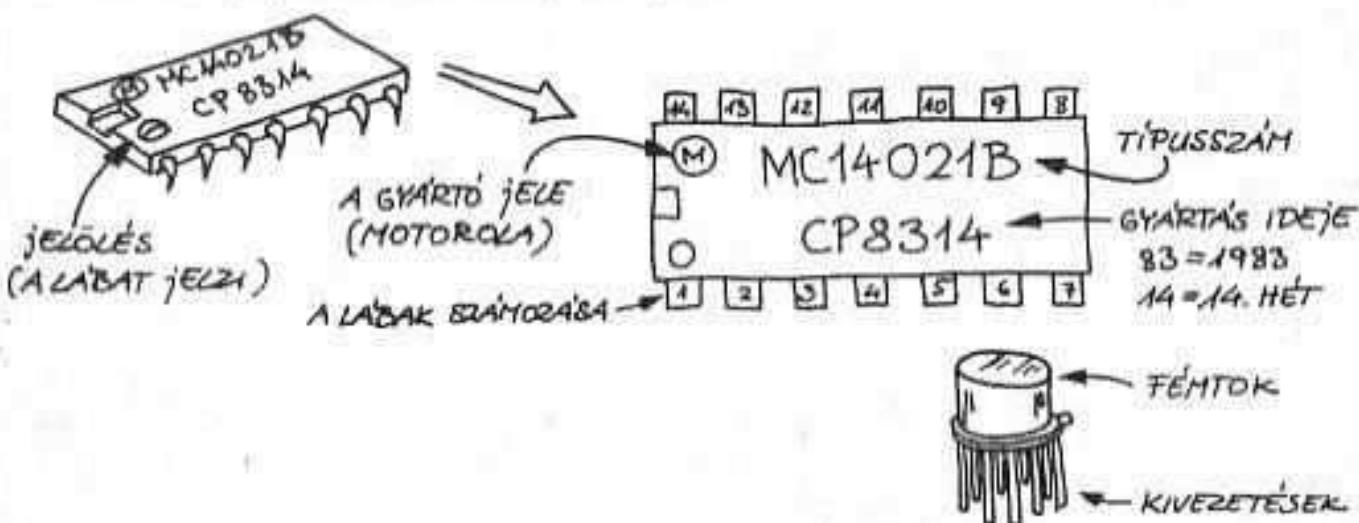
Sok IC egyetlen lapkán egyesít analóg és digitális funkciókat. Pl. egy digitális áramkör tartalmazhat beépített analóg feszültségszabályozó egységet, és egy analóg időzítő lapkáján digitális számláló is lehet, amely sokkal nagyobb késleltetést tesz lehetővé, mint amekkorára egyedül az időzítő képes lenne.



## • Az integrált áramkori tokozások típusai

Az integrált áramköröket többféle tokozással gyártják. A dual in-line (vagy DIP) tok változatai a leggyakoribbak. A DIP tok olcsó műanyagból vagy erősebb kerámiából készül. A legtöbb DIP tok 14 vagy 16 lábú (kivezetésű), de a lábak száma 4 és 64 között változhat. Az ábrán egy jellegzetes DIP tokot látunk.

Egy másik jellegzetes IC tokozás a TO-5-ös fémház. Bár nagyon erős, gyakran az olcsóbb műanyag DIP tokot választják helyette.



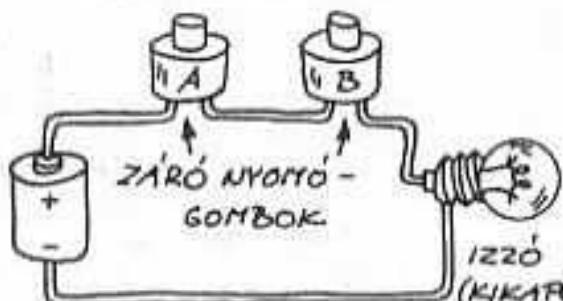
# 6. Digitális integrált áramkörök

Nem kell a bonyolultságuktól megijedni! Valamennyi digitális integrált áramkört egyszerű építőelemekből, egységekből készítik, amelyeket kapuknak neveznek. A kapuk olyanok, mint az elektronikusan vezérelt kapcsolók. Kikapcsolt vagy bekapcsolt állapotban lehetnek. Hogyan működnek? Kezdjük az alapoknál!

## Mechanikus kapcsolós kapuk

A három legegyszerűbb kaput néhány nyomógombos kapcsolóval, elemmel és izzóval is bemutathatjuk.

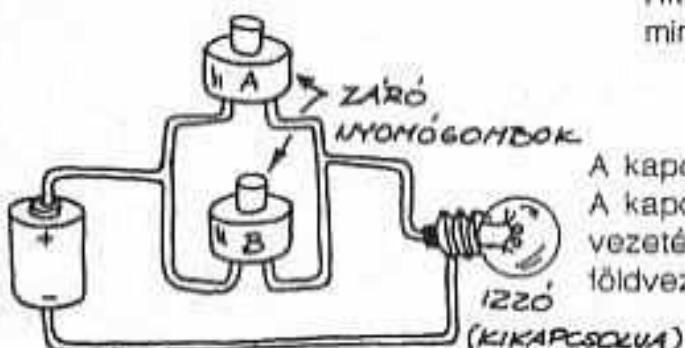
### • Kapcsolós ÉS kapu



A izzó csak akkor világít, ha az A és B kapcsolók egyaránt zártak. A táblázat (amelyet igazságtáblának neveznek) összesíti a kapu működését:

	A	B	Kimenet
Nyitott kapcsoló = Be	Ki	Be	Ki
Zárt kapcsoló = Ki	Be	Ki	Ki
Az összes Ki-Be kombináció	Be	Be	Be

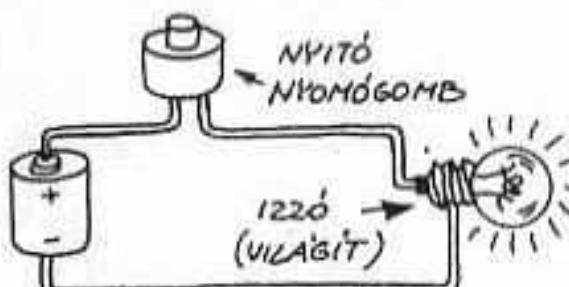
### • Kapcsolós VAGY kapu



Akkor kezd világítani az izzó, ha az A VAGY B, vagy mindkettő kapcsoló zárva van.

	A	B	Kimenet
A kapcsolók kapubemenetei,	Ki	Ki	Ki
A kapcsolóktól független	Ki	Be	Be
vezeték a közös vagy	Be	Ki	Be
töldvezeték,	Be	Be	Be

### • Kapcsolós NEM kapu



Az izzó alaphelyzetben világít. Csak a kapcsoló nyitásakor alszik ki. Más szóval, a NEM kapu megfordítja (invertálja) a szokásos kapcsoló működését. Az igazságtábla pedig:

Bemenet	Kimenet
Ki	Be
Be	Ki

## A bináris számrendszer

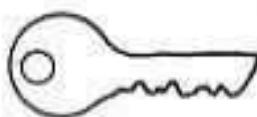
A kapcsolók nyitott, ill. zárt állapota a 0-val, ill. az 1-gel helyettesíthető. Az előző igazságtáblák ekkor így írhatók át:

ÉS kapu			VAGY kapu			NEM kapu		
A	B	Ki	A	B	Ki	Be	Ki	
0	0	0	0	0	0	0	1	
0	1	0	0	1	1	1	0	
1	0	0	1	0	1			
1	1	1	1	1	1			

A 0 és 1 bemeneti számkombinációk (A és B) a kétszámjegyű (kétbites) vagy kettes (bináris) számrendszerbeli számok. A digitális elektronikában a bináris számokat kódokként alkalmazzák, amelyek jelenthetnek decimális számokat, betűket, feszültségeket és más típusú információkat is.

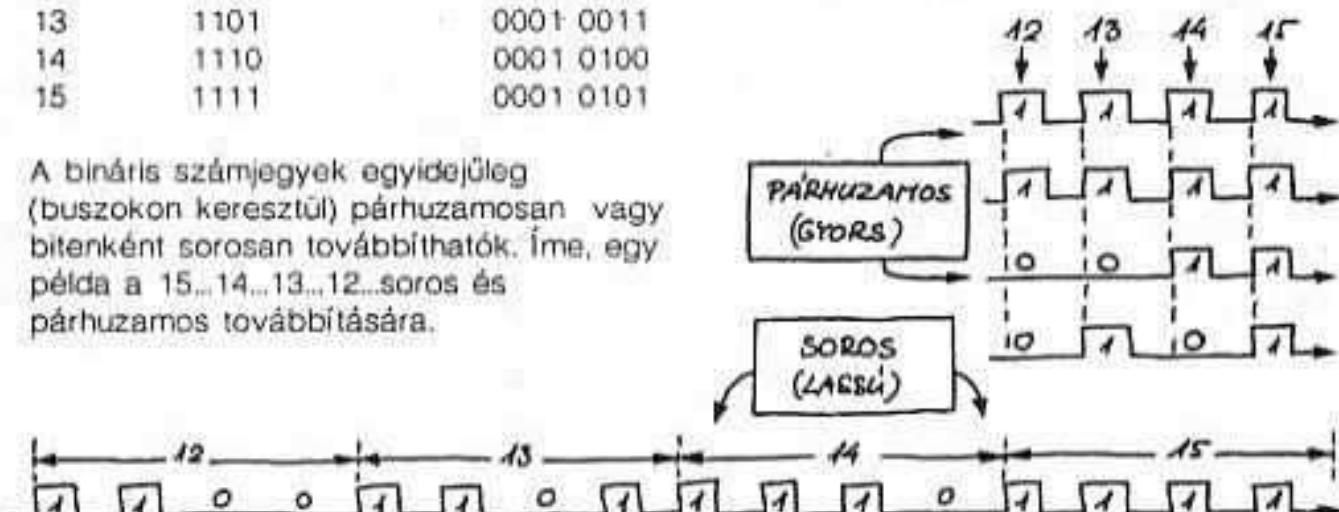
Decimális	Bináris	Binárisan kódolt decimális (BCD)
0	0	0000 0000
1	1	0000 0001
2	10	0000 0010
3	11	0000 0011
4	100	0000 0100
5	101	0000 0101
6	110	0000 0110
7	111	0000 0111
8	1000	0000 1000
9	1001	0000 1001
10	1010	0001 0000
11	1011	0001 0001
12	1100	0001 0010
13	1101	0001 0011
14	1110	0001 0100
15	1111	0001 0101

A bináris számjegyek egyidejűleg (buszkon keresztül) párhuzamosan vagy bitenként sorosan továbbíthatók. Íme, egy példa a 15..14..13..12..soros és párhuzamos továbbítására.



A bináris 0-1 vagy 1-et egy bitnek nevezzük. A négy bites kombinációt nibblek hívjuk. A nyolcbites kombináció pedig a byte.

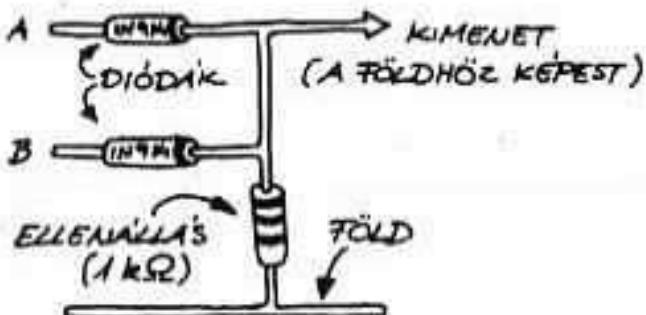
A BCD kód. minden decimális számjegynak (helyi értéknek) megvan a bináris megfelelője. Figyeljük meg, hogy az átkódolásnál nem hagytuk el az előtér álló (vezető) nullákat! A digitális elektronikában minden bit helyérték foglalt.



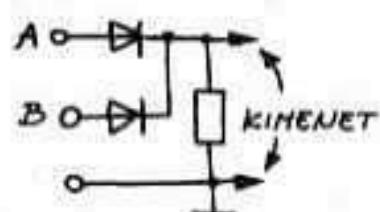
# Diódás kapuk

A digitális alapáramkörök elemeket, a kapukat gyakran célszerűbb elektronikusan, mint mechanikusan vezérelni. A legegyszerűbb elektronikus kapu pn-átmenetes diódákból áll. Egy néhány voltos bináris 1 (magas), vagy pedig egy földpotenciálhoz közelí bináris 0 (alacsony) jel kapcsolja be (nyitóirányú előtesztítés), ill. ki (záróirányú előtesztítés) a kaput.

## • Diódás VAGY kapu



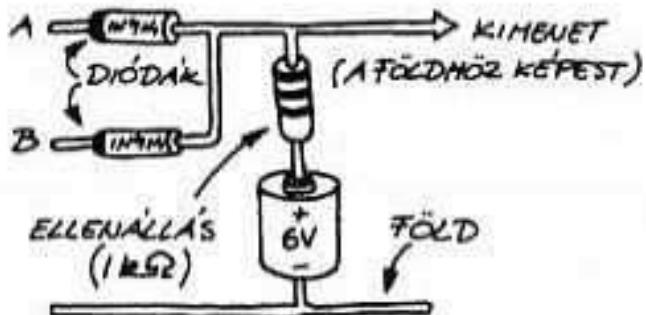
Amint az A vagy B ponton a bemeneti feszültség a földpotenciálnál sokkal pozitívabb, nyitóirányú áram folyik a megfelelő diódán, és ez megjelenik a kimeneten. Ellenkező esetben a kimenet földpotenciálon vagy annak közelében van. Az igazságtábla 0 V-os L (0) és 6 V-os H (1) jelekre érvényes.



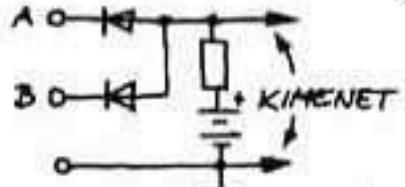
A kimenet H állapotában a feszültség nem éri el teljesen a 6 V-ot, mivel a diódán nyitóirányban kb. 0,6 V a feszültségesés, és így ez a feszültség kivonódik a bemeneti feszültségből. (Az elektronikai szakszargon szerint a sziliciumdióda 0,6 V-os "feszültségesést" okoz.)

A	B	Ki
0 V	0 V	0 V
0 V	6 V	5,4 V
6 V	0 V	5,4 V
6 V	6 V	5,4 V

## Diódás ÉS kapu



Ha az A és B bemeneten a feszültség sokkal pozitívabb a földpotenciálnál, az ellenálláson keresztül a táplorrásból áram folyik a kimenet felé. Ha az A és B bemenetek közül bármelyik földpotenciálhoz közelí, az egyik vagy minden dióda nyitóirányban előtesztítetté válik, és áram folyik a kimenet felől.



A	B	Ki
0 V	0 V	0 V
0 V	6 V	0,6 V
6 V	0 V	0,6 V
6 V	6 V	5,4 V

Ahogy egyre bonyolultabbá válnak az áramkörök, egyre kevésbé célszerű a szemléltető rajzos jelölést alkalmazni. Ezért bemutatjuk a fenti két ábrának megfelelő kapcsolási rajzokat is. Az áramkori rajzokból később többet fogunk kiolvasni. A következőkben egyre több llyennel ismerkedünk meg.

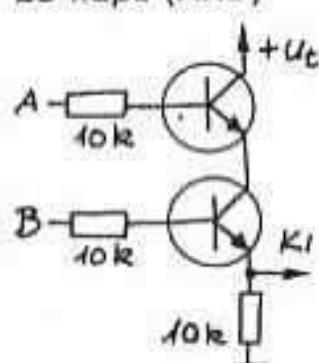
# Tranzisztoros kapuk

A diódás kapuk feszültségesése azt jelenti, hogy több kapu összekapcsolásánál közbulcső erősítőre van szükség. Ha tranzisztorokkal biztosítjuk a szükséges erősítést, akkor ezek kapunként is képesek működni! Erre a célra bipoláris és térfelvezérlésű tranzisztorokat is használhatunk. Most itt csak a legegyszerűbb bipoláris tranzisztoros kapuk kapcsolási rajzaiból mutatunk be néhányat. Ezek az ellenállás-tranzisztor digitális logikai családok (RTL). A valóságban is így építhetők meg ezek a kapuk. Főként azért foglalkozunk velük, hogy "értékelni" tudjuk a hamarosan következő integrált áramkörök kapukat.

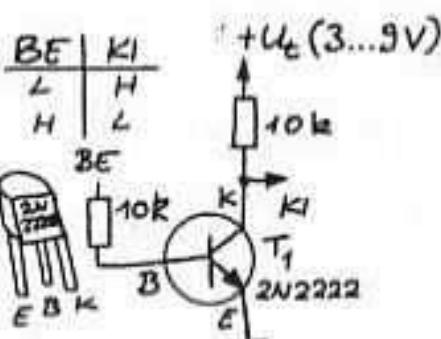
## NEM kapu (inverter)

Amikor a bemeneti feszültség egyenlő a tápfeszültséggel  $U_{be} = U_l$  (H szintű), akkor a  $T_1$ -es tranzisztor bekapcsol, és a kimenetet közvetlenül a földre kapcsolja, ekkor a kimeneti feszültség L szintű lesz. Amikor a bemenet L szintű, akkor a  $T_1$  kikapcsol, és a kimenet (az  $R_1$ -en keresztül) a tápfeszültségéértéket veszi fel. Ehhez hasonló NEM kapuk más fontos logikai kapuk megvalósítását teszik lehetővé.

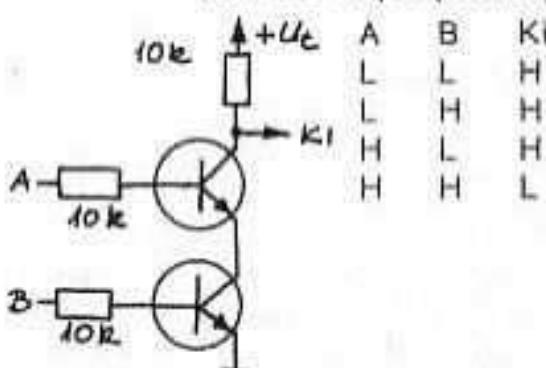
## ÉS kapu (AND)



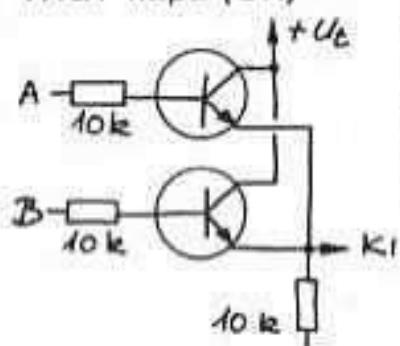
	A	B	Ki
L	L	L	L
L	H	L	L
H	L	L	L
H	H	H	H



## NEM-ÉS kapu (NAND)

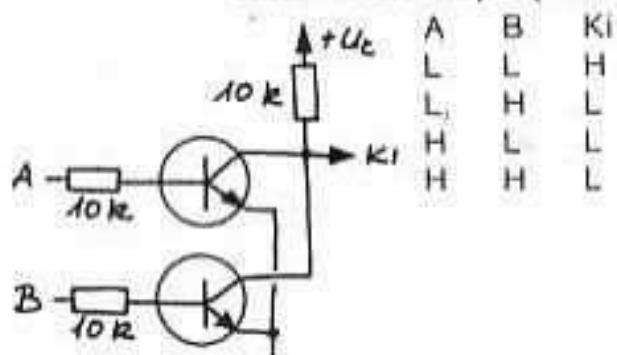


## VAGY kapu (OR)



	A	B	Ki
L	L	L	L
L	H	H	H
H	L	H	H
H	H	H	H

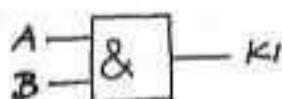
## NEM-VAGY kapu (NOR)



## A kapuk áramköri jelei

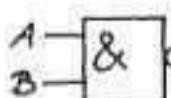
Mielőtt továbblépnénk, nézzük, milyenek a különböző típusú kapuk áramköri jeleit. Ezenkívül itt a jó alkalom arra, hogy bemutassunk néhány olyan kaput, amellyel eddig még nem találkoztunk!

**ÉS kapu (AND)**



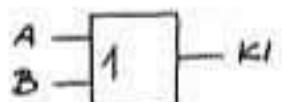
A	B	Ki
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

**NEM-ÉS kapu (NAND)**



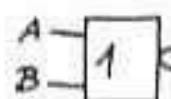
A	B	Ki
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

**VAGY kapu (OR)**



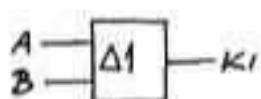
A	B	Ki
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

**NEM-VAGY kapu (NOR)**



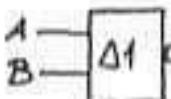
A	B	Ki
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

**Kizáró VAGY (ekvivalencia-) kapu**



A	B	Ki
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

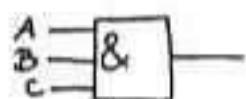
**Kizáró NEM-VAGY (antivalencia-) kapu**



A	B	Ki
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	H

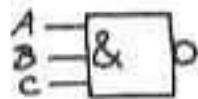
A bemutatott kapukat logikai áramköröknek nevezzük, mivel logikai döntéseket tudunk hozni velük. A logikai kapuknak gyakran kettőnél több bemenetük van. A további bemenetek növelik a kapuk döntőképességét, és a felhasználási lehetőségek számát is, mert az ilyen kapuk összekapcsolásával összetettebb működésű digitális áramköröket hozhatunk létre. Két példa:

**Hárombemenetű ÉS kapu**



A	B	C	Ki
L	L	L	L
L	L	H	L
L	H	L	L
L	H	H	L
H	L	L	L
H	L	H	L
H	H	L	L
H	H	H	H

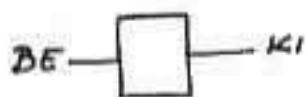
**Hárombemenetű NEM-ÉS kapu**



A	B	C	Ki
---	---	---	----

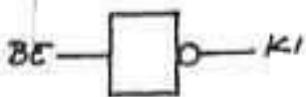
- Az egybemenetű kapuk.** A NEM kapu vagy inverter fontos áramkör, mivel képes invertálni (megfordítani) egy másik kapu kimeneti szintjét. Szigorúan véve azonban az inverter nem logikai döntést megvalósító áramkör (eltérően pl. a két- vagy több bemenetű kapuktól). Az inverterhez hasonló áramkör a buffer, amely nem invertál, hanem más áramköröktől elválasztja a kapukat, vagy a szokásosnál nagyobb terhelés meghajtására teszi képessé őket. A háromállapotú invertereknek és buffereknek olyan a kimenetük, hogy vezérlés hatására elektronikusan le tudnak választódni az áramkör többi részéről. Ekkor a kimenet se nem H, se nem L szintű, hanem helyette "lebeg" és nagyimpedanciássá válik.

Buffer



Be	Ki
L	L
H	H

Inverter



Be	Ki
L	H
H	L

Háromállapotú (tri-state) buffer

Vezérlés	Be			Ki
	L	L	L	
vezérlő	L	H	H	
	H	*	Nagy imp.	

Háromállapotú (tri-state) inverter

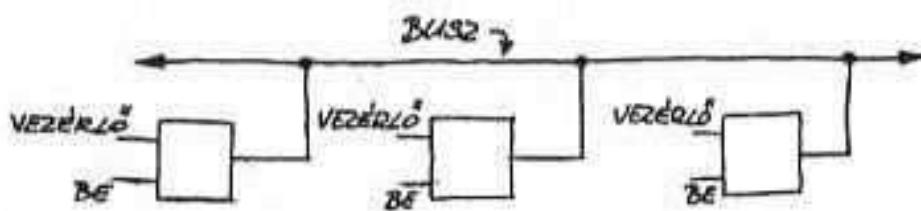
Vezérlés	Be			Ki
	L	L	H	
vezérlő	L	H	L	
	H	*	Nagy imp.	

A \* azt jelenti, hogy az adott szint értékétől semmi nem függ, a "nagyimp." pedig azt, hogy a kimenet nagyimpedanciás állapotban van.

## Buszok ("adatországutak")

A logikai áramkörök gyakran adnak át egymásnak információt. (A bináris 0-ák és 1-ek alacsony és magas feszültségszintként vannak kódolva.) Az információt általában vezetéken keresztül küldik egymásnak, amit busznak neveznek. A busz olyan, mint egy "adatországút". Lehet egyetlen vezeték, amelyen sorosan (bitenként), vagy lehet 8 (vagy több) vezeték, amelyen párhuzamosan halad az információ (egy, sőt több byte egy időben). Természetesen minden esetben ki kell egészíteni az áramkört egy földvezetékkel.

- Háromállapotú csomópontok.** A háromállapotú kapuk meg tudják akadályozni a "közlekedési dugókat" a buszon. Pl.:



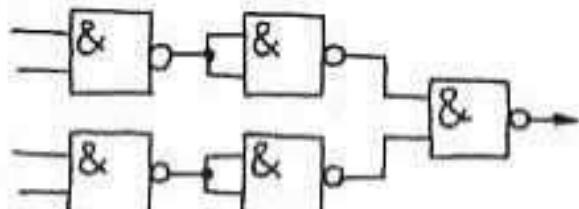
### • A kapuk alkalmazása

A kapuk egyenként vagy egymással összekapcsolva használhatók. Összekapcsolásukkal kapuhálózat jön létre, amit logikai áramkörnek nevezünk. Majdnem minden logikai áramkör besorolható a kombinációs vagy a szekvenciális hálózati osztályok valamelyikébe.

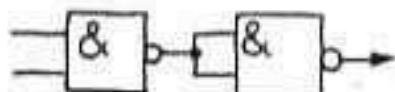
## Kombinációs logikai áramkörök

A kombinációs logikai áramkörök — az előző állapottól függetlenül — szinte azonnal válaszolnak a bejövő adatokra (0-ákra és 1-ekre). (Ennek a megjegyzésnek akkor látjuk majd az értelmét, amikor szekvenciális áramkörökről lesz szó.) A kombinációs áramkörök nagyon egyszerűek és rendkívül összetettek is lehetnek. Gyakorlatilag bármilyen kombinációs logikai áramkör megvalósítható NEM-ÉS vagy NEM-VAGY kapuk kizárolagos felhasználásával, mint pl. ezek a NEM-ÉS kapukból kialakított áramkörök:

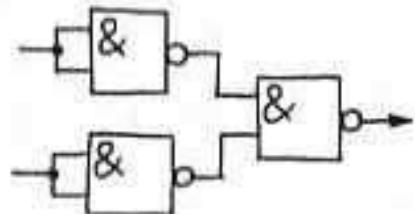
4 BEMENETŰ NEM-ÉS KAPU



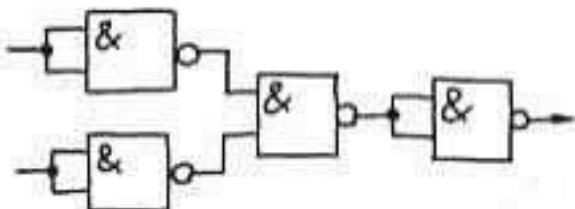
ÉS KAPU



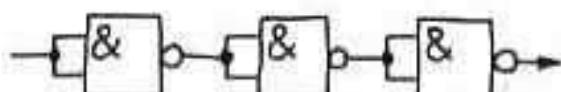
VAGY KAPU



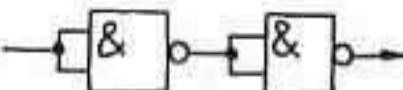
NEM-VAGY KAPU



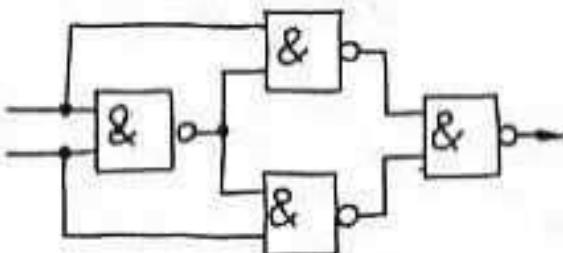
INVERTEREK



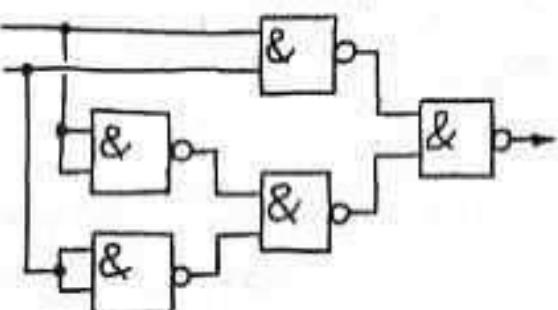
BUFFER



EQUIVALENCIAKAPU

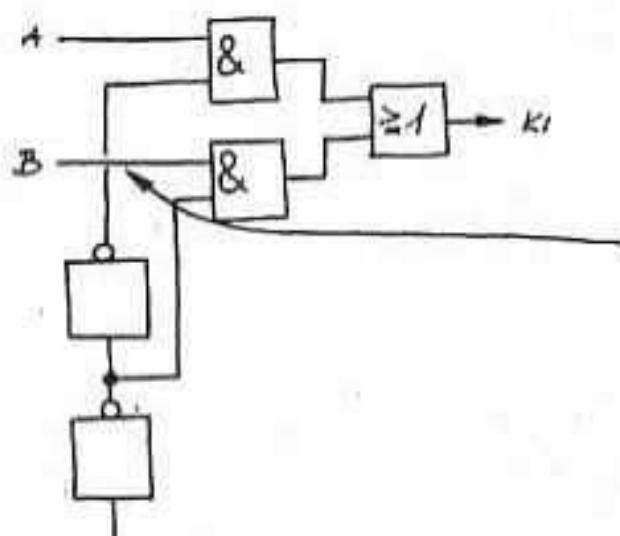


ANTIVALENCIAKAPU

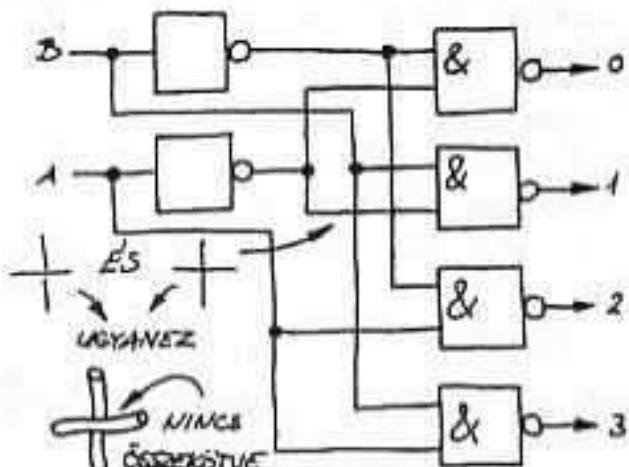


- Különböző kapukat is összekapcsolhatunk. Két példa a különböző kapukból felépített kombinációs hálózatra, amelyek egy áramkörön belül különböző típusú kapukat tartalmaznak. (Nem szabad elfelejtenünk, hogy minden áramkör felépíthető csak NEM-ES kapuk felhasználásával is.)

### Adatkiválasztó



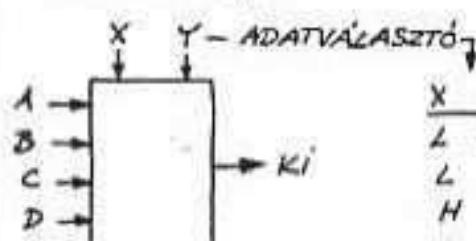
### Bináris-decimális dekódoló



A	B	0	1	2	3
L	L	L	H	H	H
L	H	H	L	H	H
H	L	H	H	L	H
H	H	H	H	H	L

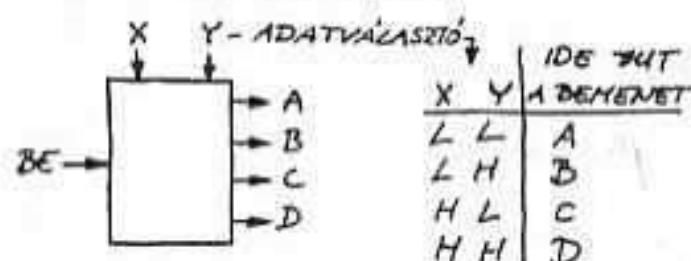
Ennél bonyolultabb kombinációs hálózatok is kialakíthatók. Közlünk néhány egyszerű példát négy fontos kombinációs hálózatcsaládból. Ezek és sok más áramköri család integrált áramkörként megvásárolhatók. A téglalapok, amelyek a logikai áramkört

### MULTIPLEXER

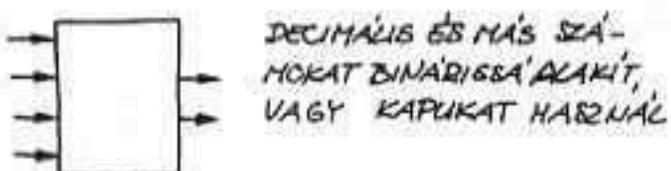


X	Y	KI
L	L	A
L	H	B
H	L	C
H	H	D

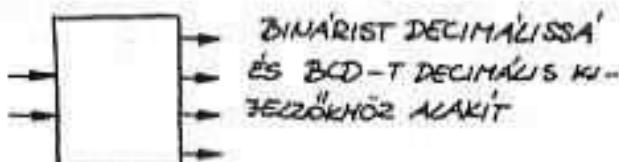
### DEMULTIPLEXER



### KÓDOLÓ



### DEKÓDOLÓ



helyettesítik, összetett kapuhálózatot jelentenek.

## Szekvenciális logikai áramkörök

A szekvenciális logikai áramkör kimeneti állapotát a bemenet korábbi állapota is meghatározza. Más szavakkal, a szekvenciális áramkörön az adat bitjei lépésről lépésre haladnak végig. Gyakran akkor jut tovább egy lépéssel az adat, amikor az "órától" érkezik egy impulzus. (Az "óra" olyan áramkör, amely folytonos impulzussorozatot állít elő.) A szekvenciális logikai építőelem a tároló flip-flop. Ezek után tekintsük át a tárolók típusait!

- Mindennek az alapja az RS (reset-set) tároló

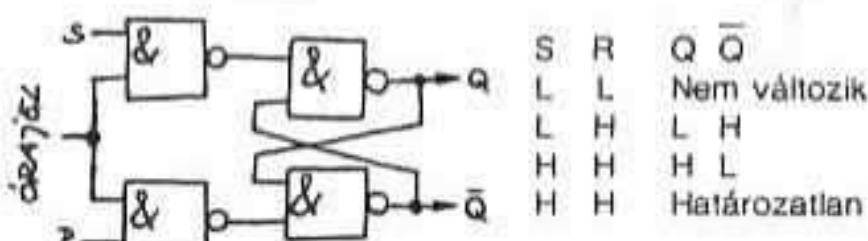
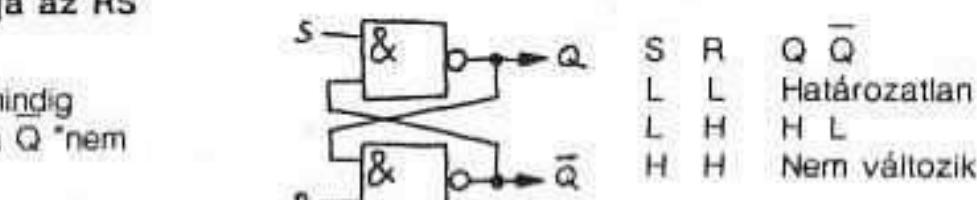
A kimenetek Q és  $\bar{Q}$  minden állapotúak (a Q "nem Q"-t jelent).

- Órajelvezérelt RS tároló

Ez a tároló addig nem veszi figyelembe az S és R bemenetek állapotát, amíg az óra- (vagy engedélyező-) impulzus még nem érkezik. Csak az impulzus hatására változtatja meg az állapotát.

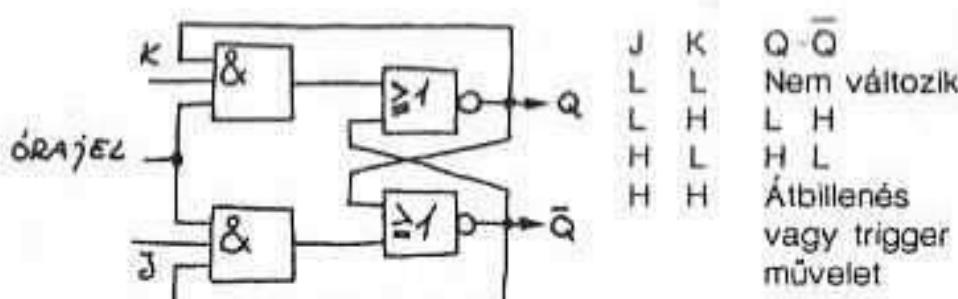
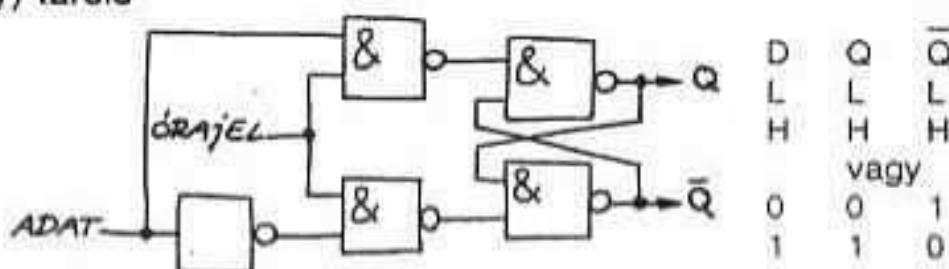
- D (Data vagy Delay) tároló

A D tárolók két óraimpulzus közötti időben tárolják az aktuális kimeneti értékeket.



- JK tároló

A JK tároló két bemenetén egyszerre is lehet H logikai szint. (Ekkor a kimenet állapota minden óraimpulzusra vált.)

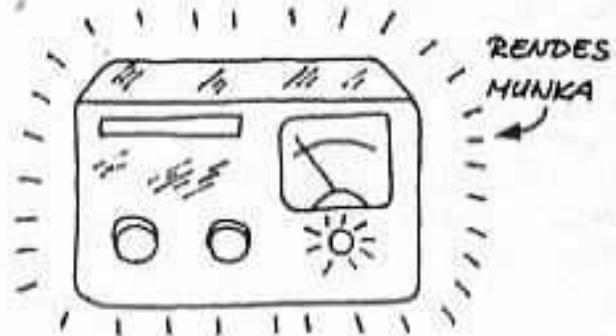
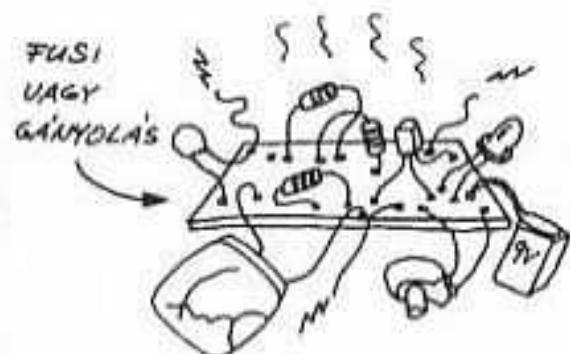


## Az elektronikus áramkörök tápellátása

- **Telepes táplálás.** Sok áramkör működéséhez olyan kevés energia elegendő, hogy akár telepről is üzemeltethetjük. A teljes áramkört ez teszi egy komplett berendezéssé, és az is lehetővé válik, hogy az áramkör bárhol működhessen.
- **Napelem.** A napelem közvetlenül is táplálhatja az áramköröket, ill. néhány napelemmel feltölthetők a töltethető telepek (akkumulátorok).
- **Hálózati táplálás.** A legegyszerűbb hálózati üzemű tápfeszültségforrást AC adapternek nevezik. Ezek az adapterek kisméretűek, használatuk egyszerű. Kimeneti feszültségük és áramuk különböző lehet. Feszültségszabályozó integrált áramkör beépítésével hálózati tápegységet is készíthetünk belőlük.
- **Figyelem!** Hálózati tápegység építésekor a legfontosabb szempont a biztonság! Óvjuk a hálózati vezetéket a dobozba fúrt lyuk éles szélétől (Használunk műanyag bevezetőhüvelyt!) minden, a hálózattal kapcsolatban lévő csatlakozópont teljesen zárt házban legyen! A szabadon maradt kapcsok az áramütés veszélyét hordozhatják. Ellenörizzük, hogy a hálózati feszültséggel kapcsolatba kerülő alkatrészek (kapcsolók, biztosítékok, transzformátorok stb.) paraméterei elérik-e a táplálálandó áramkör táplálásához szükséges értékeket!

## Az áramkör-építési tudnivalók összefoglalása

A továbbiakban olyan áramköröket közlünk majd, amelyek dugaszolós kísérleti panelen egyszerűen összeszerelhetők. Valószínű, hogy többen lesznek majd, akik néhány áramkör végleges változatát is el akarják készíteni. Gondosan kell tehát tervezni, hogy az áramkör a lehető legjobb, legmegbízhatóbb legyen.



## 9. 100 elektronikus áramkör

A következőkben 100 áramkori kapcsolást közlünk. (A szerző valamennyit kipróbálta, hogy meggyőződjön arról, valóban működnek-e.)

• **Az alkatrészek kiválasztása és helyettesítése.** Időt takarítunk meg, ha listát készítünk a szükséges alkatrészekről. Előfordul, hogy a hiányzó alkatrész másikkal helyettesíthető. Pl. egy npn kapcsolótársztort problémamentesen helyettesíthetünk egy másik, hasonló típusúval (2N2222-t 2N3904-gyel stb.) A szükségeshez közeli értékű ellenállások, kondenzátorok is gyakran helyettesíthetők egymással ( $1,2\text{ k}\Omega$  helyett  $1\text{ k}\Omega$  ellenállás,  $0,33\text{ }\mu\text{F}$  helyett  $0,47\text{ }\mu\text{F}$ -os kondenzátor stb.). Mindig figyelembe kell vennünk a megfelelő feszültség- és teljesítményhatárokat!

• **Mi a teendő, ha nem működik az áramkör?** Először is ellenőrizni kell, hogy megkapja-e az áramkör a megfelelő tápfeszültséget! Ha ez rendben van, de furcsa szagot érzünk, és azt tapasztaljuk, hogy valamelyik alkatrész igen meleg, azonnal kapcsoljuk le a tápfeszültséget, és a következőket tegyük!

1. Ismételten ellenőrizzük az összes összekötést! Nem hiányzik-e egy huzal? Nem görbült-e el egy integrált áramkör lába? Nincs-e rossz forrasztás? Nem zárlatos-e az egyik vezeték?

2. Nem kötöttünk-e be fordítva egy diódát? Nem hibás-e az egyik alkatrész?

3. Gondoljuk meg, hogy néha, különösen akkor, ha a tápfeszültség-vezetékek 15 cm-nél hosszabbak, az integrált áramkörök nem, vagy csak bizonytalanul működhetnek, ha csak nem kapcsolunk minden tok tápfeszültség-kivezetései közé egy-egy  $0,1\text{ }\mu\text{F}$  értékű kondenzátor! Arra is szükség lehet, hogy a nyomtatott áramkör lapra a tápfeszültség-bevezetési pontok közé is beforasszunk egy  $1\text{..}10\text{ }\mu\text{F}$ -os kondenzátort.

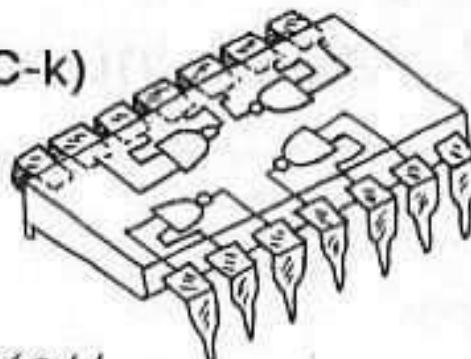
4. Vegyük számításba, hogy a között áramkör esetleg hibás!

Törekedjünk a maximális biztonságral! Aki hálózati táplálású áramkörrel dolgozik, annak feltétlenül be kell tartania a megfelelő előirásokat, óvórendszerelést! Óvatosan dolgozzunk a forrasztópákkal! A nagy hangerő miatt a hangszórós áramköröket taritsuk távol magunktól, és ne használjunk fejhallgatót!

• **További teendők.** Próbálunk meg kísérletezni az RC tagok elemeinek értékeivel! Cseréljük ki az áramkörben a teljesítményszinteket használt eszközöket, amelyek jelfogót, piezozümmögöt stb. hajtanak meg! (Okvetlenül figyeljünk a feszültség és az áram határértékeire!) Alkalmazzuk az Ohm-törvényt, és ha szükséges, soros ellenállással csökkentsük az áramerősséget! Az áramkör végleges változatának megépítése előtt minden készítünk és próbálunk ki egy "deszkamodellet"!

# Digitális integráltáramkör-családok (IC-k)

Minden integrált áramkör (vagy lapka) meghatározott logikai hálózatot vagy különböző logikai függvények együttesét képviseli. A legfontosabb digitális integráltáramkör-családok:



**NÉGY KÉTBEMENETŰ  
CHMOS NEM-ÉS KAPU**

## • Bipoláris digitális integrált áramkörök

1. Tranzisztor-tranzisztor logika (TTL vagy  $T^2L$ ). A legnagyobb — és régebben a legnépszerűbb — integráltáramkör-család. Állapotát másodpercenként több, mint 20 000 000-szor képes megváltoztatni. Előállítása nagyon olcsó. Hátránya, hogy 5 V-os tápfeszültségről kell üzemeltetni, és nagy a teljesítményfelvételé. (Kapunként 3..5 mA-t vesz fel.) Legszélesebb körben a 7400-as sorozatot alkalmazzák. Pl. a 7404 hat invertert tartalmaz.

2. Kis teljesítményfelvételű Shottky-diódás TTL (LS). Ez újabb TTL típus, amelynek teljesítményfelvételé a hagyományos TTL-ének csak kb. 20 %-a. Hátránya viszont, hogy drágább, mint a közönséges TTL. A leginkább használt sorozat a 74LS00.

## • MOSFET digitális integrált áramkörök

1. p és n csatornás MOS (PMOS és NMOS). A TTL-nél több kaput tartalmaz lapkánként (tokonként). Sok különleges célú áramkör létezik (mikroprocesszorok, memóriák stb.). Hátrányuk, hogy kevésnek van TTL megfelelője. A TTL-eknél lassúbbak. Két vagy több feszültségszint is szükséges lehet a táplálásához és a statikus elektromos töltés is tönkreteheti.

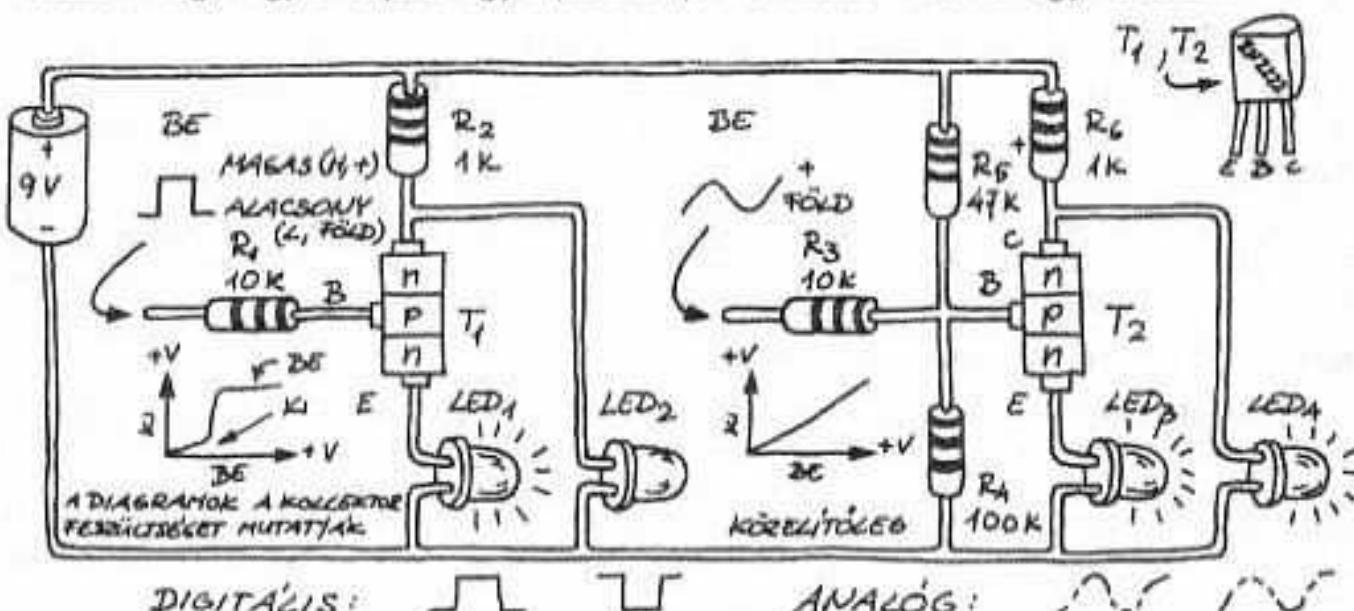
2. Komplementer MOS (CMOS). A leggyorsabban fejlődő és a legsokoldalúbban alkalmazható digitális integráltáramkör-család. A legnépszerűbb TTL tokoknak megvannak a CMOS megfelelői. Az ugyanabba a sorozatba tartozók ugyanazokat a jelöléseket viselik. Pl. a 74C04 a 7404-es TTL integrált áramkör CMOS megfelelője. Az új, nagy sebességű CMOS éppen olyan gyors, mint a TTL. A legtöbb CMOS széles tápfeszültség-tartományban használható (tipikusan +3...+18 V), fogyasztása az integrált áramkörök közül a legkevesebb (kapunként 0,1 mA alatt). Hátránya, hogy a sztatikus elektromos töltés tönkreteheti. A legszélesebb körben a 74C00 és a 4000-es sorozatot alkalmazzák.

## 7. Analóg integrált áramkörök

Az analóg integrált áramkörök bemeneti és kimeneti feszültsége széles tartományon belül változható. Ha a kimeneti feszültség arányos a bemeneti feszültséggel, és a kimeneti feszültséget a bemeneti feszültség függvényében ábrázoljuk, akkor egyenest (lineáris függvényt) kapunk. A sokféle analóg integrált áramkör közül mi csak a legfontosabbakkal ismerkedünk meg. Hasonlítsuk össze először a digitális és az analóg alapáramkört!

### A legegyszerűbb analóg áramkör

A bipoláris vagy térfürdésű tranzisztor minden a digitális, minden az analóg áramkörben alkalmazható. A tranzisztor minden esetben invertálni tudja a bemenetére kerülő jelét. Nézzük meg, hogyan látja el egy bipoláris npn tranzisztor minden a négy teladatot!



#### • Digitális

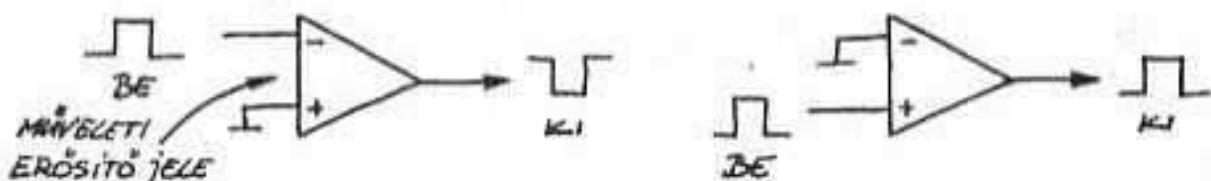
Itt a (T<sub>1</sub>) tranzisztor kapcsolóként működik. A +U<sub>I</sub> tápfeszültséget megközelítő bemenet (H szint) esetén T<sub>1</sub> kinyit, és a LED<sub>1</sub> világít. Ha viszont a bemenet a földpotenciál közelében van (L szint), a T<sub>1</sub> lezár, ezzel kikapcsolja a LED<sub>1</sub>-et, és a LED<sub>2</sub> kezd világítani. (Az R<sub>2</sub> a LED-eken általában áramot korlátozza.) Így ez az áramkör egy kombinált digitális meghajtó és inverter.

#### • Analóg

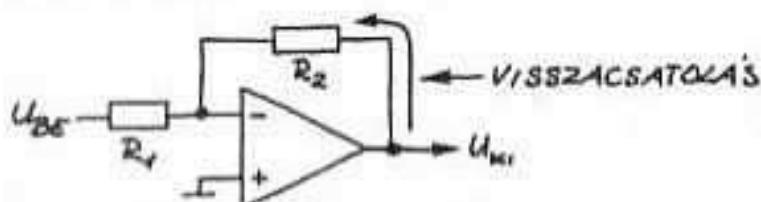
Itt a T<sub>2</sub> erősítő, amely a teljesen nyitott és teljesen zárt állapotok közötti tartományban lineárisan működik. Az R<sub>4</sub> és R<sub>5</sub> ellenállásokból álló feszültségesztő egy kis feszültséget ad T<sub>2</sub> bázisára, hogy T<sub>2</sub> akkor is kissé nyitott állapotban legyen, amikor nincs a bemenetén jel. Ez lehetővé teszi, hogy a T<sub>2</sub> lineáris üzemmódban működjön. A bemeneti feszültség növekedésével a LED<sub>3</sub> fényesebben világít, a LED<sub>4</sub> pedig halványabban.

## Műveleti erősítők

A műveleti erősítő a legsokoldalúbb analóg integrált áramkör. Azért "műveleti" erősítő a neve, mert eredetileg matematikai műveletek elvégzésére terveztek. A műveleti erősítő a két bemenetére adott feszültség (íll. AC vagy DC jel) különbségét erősít. Ha csak az egyik bemenetére adunk feszültséget, akkor csak abban az esetben erősít, ha a másik bemenete földpotenciálról vagy stabil feszültségre van kötve. A műveleti erősítőnek egy invertáló és egy nem invertáló bemenete van. Az invertáló bemenetre adott feszültség fordított polaritással jelenik meg a kimeneten (az invertáló bemenet jele: -; a nem invertáló bemenet: +).



- **A műveleti erősítő visszacsatolása.** A bemenetből áramkörökben a műveleti erősítő maximális erősítési szinttel (íll. erősítéssel) működik. Az erősítést a kimenő jel egy részének az invertáló bemenetre való visszacsatolásával megfelelő értékűre lehet csökkenteni. Pl.:

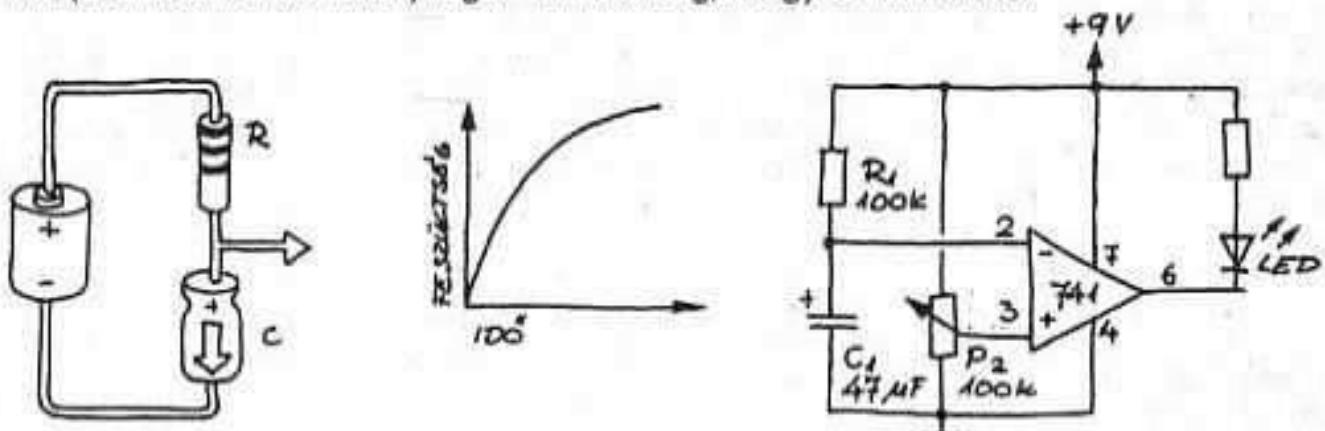


A műveleti erősítő komparátorként is használható. Ha visszacsatoló ellenállás (itt  $R_2$ ) nélkül használjuk, a kimeneti feszültség a legpozitívabb értékéről a legnegativabbra (vagy fordítva) billen át, ha a két bemenetére jutó feszültség csak 0,001 V-tal is eltér egymástól. Ez a digitális jellegű működés sok hasznos alkalmazást tesz lehetővé.

- **Műveletierősítő típusok.** Bipoláris és MOSFET integrált műveleti erősítők egyaránt forgalomban vannak. Előfordul, hogy néhány bipoláris műveleti erősítő FET-es vagy MOSFET-es bemenetű, így nagy lesz a bemeneti ellenállása. Sokfélé műveleti erősítőt gyártanak. Egyetlen integrált áramkör is tartalmazhat akár négy önálló műveleti erősítőt is.

## Időzítő áramkörök

A műveleti erősítő, ha komparátorként működtetjük, időzítésre is használható. Csupán egy RC (ellenállás-kondenzátor) tagra van szükség, ahogy ez itt látható:

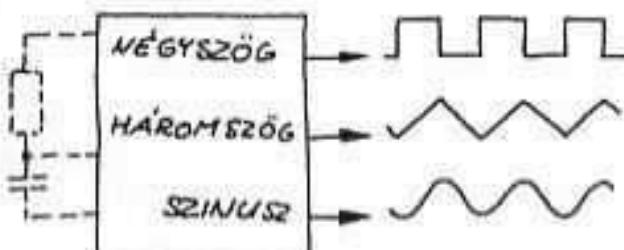


A kapcsolásban (jobb oldali ábra),  $R_1$  és  $C_1$  egy RC tagot alkot. A  $C_1$  kondenzátor az  $R_1$  ellenálláson keresztül fokozatosan 9 V-ra töltődik fel. Amikor a  $C_1$  feszültsége eléri a műveleti erősítő nem invertáló bemenetére adott referenciafeszültség értékét, a műveleti erősítő átbillen H-ból L szintre, és a LED világítani kezd. Az  $R_1$  és  $C_1$  értékének változtatásával vagy pedig  $R_2$  beállításával a késleltetés ideje befolyásolható. A folyamat ismételhető, ha  $C_1$ -et pl. egy nyomógombos kapcsolóval kisütjük.

• **Időzítő integrált áramkörök.** A legtöbb időzítő integrált áramkör fő alkotóeleme az előző egyszerű áramkör. A stabil H vagy L szintű kimeneti feszültség biztosítása érdekében a legtöbb időzítő egy kimeneti tárolót is tartalmaz. Néhány időzítő IC-ben bináris számláló is található, amelynek kimeneti értéke minden késleltetési periódus (vagy ciklus) során eggyel növekszik. A dekóderrel a számláló kimenetén néhány nap vagy akár több év késleltetés is beállítható. Vannak bipoláris és CMOS időzítők is.

Az analóg számítógépekben levő műveleti erősítőkkel bonyolult egyenletek oldhatók meg.

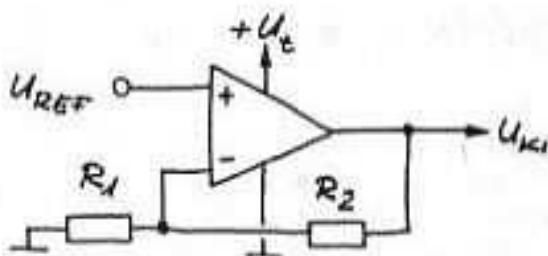
## Függvénygenerátorok



Ezek az integrált áramkörök különféle kimeneti jelalakokat állítanak elő, pl. az itt bemutatottakat. A jelek ismétlődési frekvenciája külső RC áramkörrel állítható be.

## Feszültségszabályozók (stabilizátorok)

A feszültségszabályozó a bemenetére adott feszültséget rögzített vagy változtatható (de általában kisebb) feszültséggé alakítja át. Általában kicsi, rögzített referenciafeszültséget (1 V körül) kapcsolunk a műveleti erősítő nem invertáló bemenetére. A referenciafeszültség ( $U_{REF}$ ) a visszacsatoló és a bemeneten lévő ellenállás (a visszacsatolt erősítés) arányában erősödik. Ha a két ellenállás közül az egyik potenciometér, akkor a kimeneti feszültség ( $U_{KI}$ )  $U_{REF}$ -től  $+U_t$ -ig (az áramkör tápfeszültségéig) változtatható. A jelenleg forgalomban lévő integrált áramkörös feszültségszabályozókban külön tranzisztorok is vannak. Ezek feladata egyrészt az  $U_{REF}$  feszültség előállítása, másrészt a nagyobb terhelhetőség biztosítása.



- **Integrált stabilizátor-áramkörök.** Többféle rögzített, ill. változtatható kimeneti feszültségű integrált stabilizátor létezik. A legtöbbük részben vagy teljes egészében témitokban van. A fémitok elvezeti a környezetbe a keletkező hőt, s így megoldja a félvezető lapka hűtését.
- **Figyelem!** A gyártó által közölt működési feltételeket és az általános biztonsági előírásokat be kell tartani!

## Egyéb analóg integrált áramkörök

Sokféle különleges rendeltetésű integrált áramkör létezik, közülük sok tartalmaz műveleti erősítőt is:

- **Hangfrekvenciás erősítők.** Több típusuk is van. Közülük néhány egy tokon belül két erősítőt is tartalmaz (sztereó tok).
- **Fáziszárt hurok.** Azon az ötleten alapul, hogy a tokban lévő oszcillátor lemásolja (követi) a bejövő jel frekvenciáját. Ezt pl. adott frekvenciák detektálására (pl. a telefontechnikában a touch-tone jelzőfrekvenciák felismerése), valamint FM rádiójelek demodulálására használják.
- **Egyéb analóg integrált áramkörök.** Ide tartoznak pl. a telefon, a rádió, a tv- és a számítógépek adatátvitelét biztosító integrált áramkörök, valamint azok, amelyek hőmérsékletet, fényt és nyomást érzékelnek.

# 8. Áramkörök építése

Az elektronikus áramkörök végleges vagy kísérleti változatait különféle módszerekkel építhetjük meg. A következőkben néhány hasznos tanácsot adunk az áramkörök készítéséhez.

## Kísérleti áramkörök

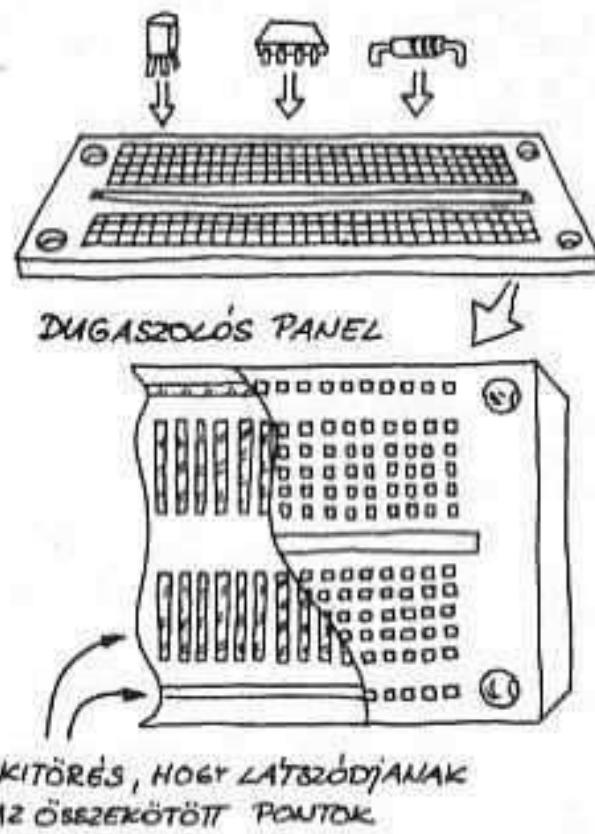
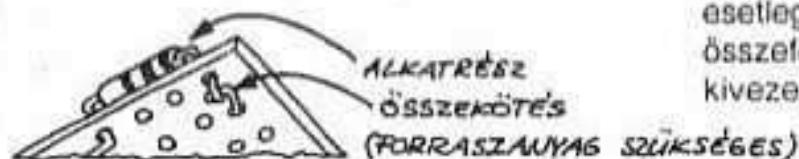
A végleges áramkör elkészítése előtt ajánlatos összeállítani az áramkör kísérleti változatát "deszkamodelljét". Így ugyanis még változtathatunk a felépítésén, és kipróbálhatjuk az áramkör működését. A próbaáramkör építéséhez szerezzünk be müanyag alapú, forrasztásmentes próbapanelt (dugaszolós kísérleti panelt, más néven protoboardot)! Célszerű többet is beszereznünk. Segítségével szinte pillanatok alatt megépíthetjük a teljes áramkört. A próbapanelen eredetileg össze nem kötött részeket áthidaló vezetékdarabakkal köthetjük össze. Vigyázzunk arra, hogy az integrált áramköröket óvatosan helyezzük be, ill. távolítsuk el, nehogy elgörbüljenek a kivezetései ("lábal"), ill. megszűrják az ujjunkat!

## Végleges kialakítás

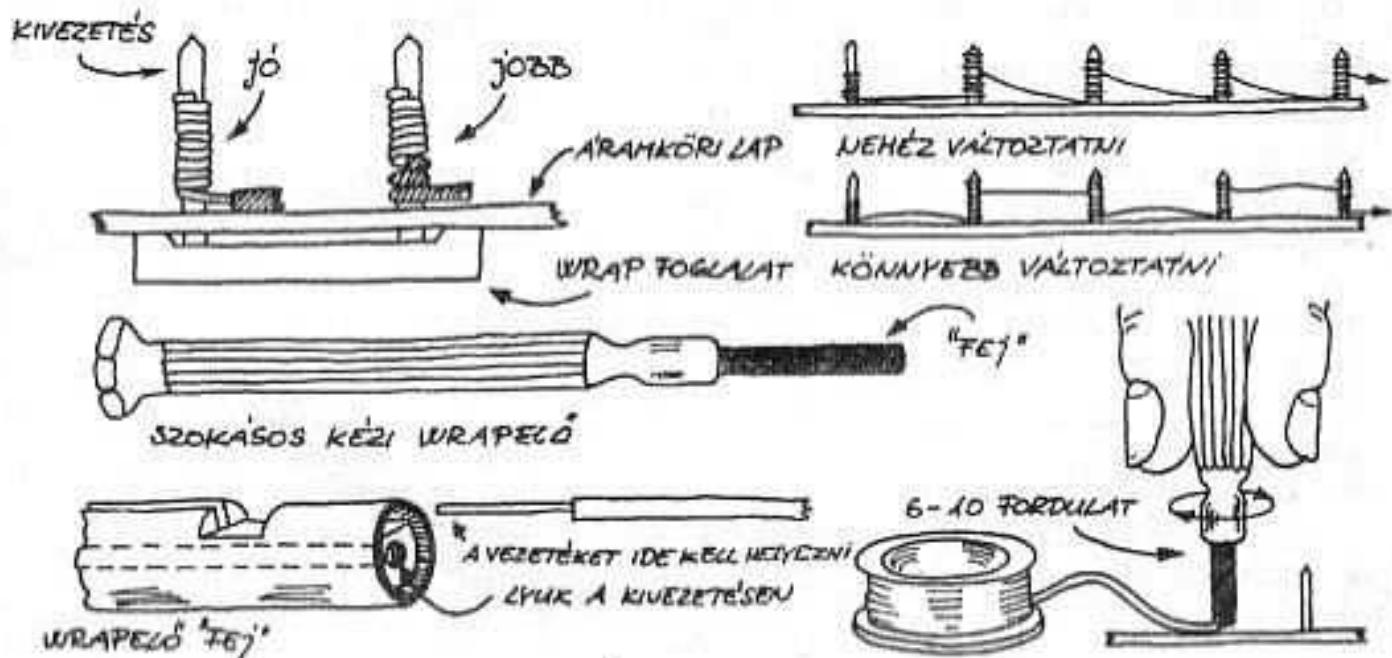
Néhány nagyon egyszerű áramkör kivételével a legtöbb végleges áramkört áramköri lapon érdemes elkészíteni.

- **Perforált lemezes konstrukció.** Az alkatrészek kivezetéseit átfüzzük a perforált müanyag lap megfelelő lyukain, és a lap hátoldalán összeforrasztjuk őket. Gyakran szigetelt vezetéket kell használnunk. A perforált lemezen tölthető áramköröket

megépítés után nehéz javítani, mivel esetleg összecsavartuk vagy összeforrasztottak az alkatrészek kivezetéseit.



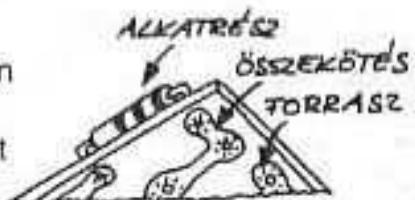
• **Wire-wrap (csavaros kötés).** Ha több integrált áramkörre van szükség, leggyorsabban az un. wrapfoglalatok használatával tudjuk összeszerelni őket. A foglalat lábai négyzet keresztmetszetűek.) Kézi és motoros wrappelő szerszámok is kaphatók. Ha azt a típust használjuk, amelynél a vezetékréteget bizonyos hosszon le kell csupaszítani, akkor az erős kötés érdekében a szigetelt vezetékrésszből is tekerjünk néhányat a megfelelő lábra!



• **Nyomtatott áramköri lap (NYÁK).** Ez teszi lehetővé a legtisztább és legszakszerűbb külsejű végleges áramkört. Foglalatokra nincs szükség, de az alkatrészek kivezetéséit az áramköri kártyán kialakított réz vezetőpályákhoz kell forrasztani. Sokféle NYÁK van. A kísérletezők kétféleit használnak:

1. Előmaratott, kifúrt, hálós kártyán (kísérleti NYÁK) minden lyuknál van egy kör alakú forrasztási felület (forrászem). A lyuk sorok egyes szakaszait sokszor rézfólia csík köti össze (a forrasztás nélküli protoboardhoz hasonlóan). A nyomtatott áramköri lemezen néhány pontot áthaladó vezetékkel kell összekötni (rövid, két végén csupaszított, szigetelt huzallal vagy wraphuzallal).

2. Egyedi célú, nyomtatott áramköri lapok. Itt az alkatrészek közötti összeköttetést a NYÁK-lap rézfóliájából alakítják ki. Ezt úgy valósítják meg, hogy a rézfóliával borított lapot fotoérzékeny anyaggal (fotoreziszt) vagy vékony műanyag fóliával borítják, és ezzel kialakítják a megfelelő rajzokat. Majd, ahol nem fedett a lap, ott a rezet kémiai úton lemaratják, így a fóliából csak az összekötő hálózat marad meg. Sok időt vesz igénybe, de jól áttekinthető áramkörökkel készíthetünk ezzel a módszerrel.



## Tanácsok a forrasztáshoz

A forrasztáshoz okvetlenül ismernünk kell a megfelelő forrasztási technikát. Nézzük, melyek a sikeres forrasztás "aranyszabályai":

1. Mindig kis teljesítményű forrasztópákkal dolgozzunk (15..40 W-ossal)! A gyártó utasításainak megfelelően feltétlenül futtassuk be forraszanyaggal a hegyét!
2. Elektronikus alkatrészek forrasztásához mindenkor csak gyantás forraszanyagot használunk, savasat soha, mert akkor korrodálhatnak a forrasztott vezetékek!
3. Festékhez, zsírhoz, olajhoz, viaszhoz vagy megolvadt szigetelőanyaghoz a forraszanyag nem tapad. Éppen ezért minden idegen anyagot oldószerrel távolítsunk el, ehhez fémgyapotot vagy finom dörzspapírt használunk! Forrasztás előtt minden tisztítuk meg a nyomtatott áramköri lap rézfóliáját fémgyapottal! (A réznek fényesnek kell lennie.)
4. A forrasztópáka forró hegyét érintsük a forrasztás helyére (nem a forraszanyagot)! Ezután a páka elmozdítása nélkül helyezzük a forrasztás helyére a forraszanyagot!



5. Mielőtt elvennék a páka hegyét, hagyjuk a forrasztási felületen és a környezetében megfolyin! Ne használunk túl sok forraszanyagot, és ne mozgassuk addig a beforrasztott alkatrészt, amíg a forraszanyag ki nem hűl!

6. A forrasztópáka hegyét tartuk tisztáni! Megnedvesített ronggyal vagy szivaccsal töröljük le a szennyeződéseket!

### • Forrasztási óvórendszabályok

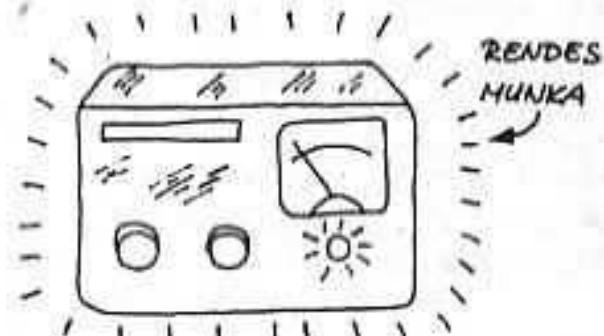
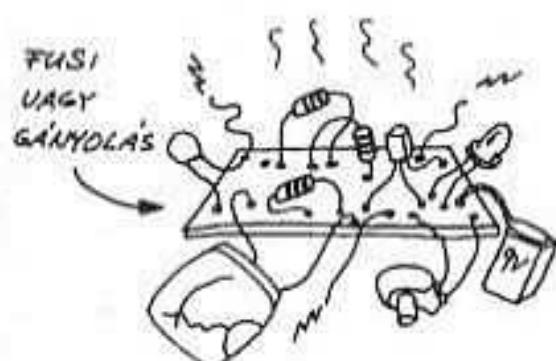
1. A forró forrasztópákkal megégethetjük magunkat, sőt tűzet is okozhatunk. Óvatosan dolgozzunk tehát vele!
2. A használaton kívüli forrasztópáka csatlakozóját mindenkor húzzuk ki a konnektorból!
3. Győződjünk meg arról, hogy forrasztás közben nem tettünk-e kárt hálózati vezetéken!

## Az elektronikus áramkörök tápellátása

- **Telepes táplálás.** Sok áramkör működéséhez olyan kevés energia elegendő, hogy akár telepről is üzemeltethetjük. A teljes áramkört ez teszi egy komplett berendezéssé, és az is lehetővé válik, hogy az áramkör bárholt működhessen.
- **Napelem.** A napelem közvetlenül is táplálhatja az áramköröket, ill. néhány napelemmel feltölthetők a töltethető telepek (akkumulátorok).
- **Hálózati táplálás.** A legegyszerűbb hálózati üzemi tápfeszültségforrást AC adapternek nevezik. Ezek az adapterek kisméretűek, használatuk egyszerű. Kimeneti feszültségük és áramuk különböző lehet. Feszültségszabályozó integrált áramkör beépítésével hálózati tápegységet is készíthetünk belőlük.
- **Figyelem!** Hálózati tápegység építésekor a legfontosabb szempont a biztonság! Óvjuk a hálózati vezetéket a dobozba tűrt lyuk éles szélétől! (Használunk müanyag bevezetőhüvelyt!) minden, a hálózattal kapcsolatban lévő csatlakozópont teljesen zárt házban legyen! A szabadon maradt kapcsok az áramütés veszélyét hordozhatják. Ellenőrizzük, hogy a hálózati feszültséggel kapcsolatba kerülő alkatrészek (kapcsolók, biztosítékok, transzformátorok stb.) paraméterei elérik-e a táplálálandó áramkör táplálásához szükséges értékeket!

## Az áramkör-építési tudnivalók összefoglalása

A továbbiakban olyan áramköröket közlünk majd, amelyek dugaszolós kísérleti panelen egyszerűen összeszereihetők. Valószínű, hogy többen lesznek majd, akik néhány áramkör végleges változatát is el akarják készíteni. Gondosan kell tehát tervezni, hogy az áramkör a lehető legjobb, legmegbízhatóbb legyen.



## 9. 100 elektronikus áramkör

A következőkben 100 áramkori kapcsolást közlünk. (A szerző valamennyit kipróbálta, hogy meggyőződjön arról, valóban működnek-e.)

• **Az alkatrészek kiválasztása és helyettesítése.** Időt takarítunk meg, ha listát készítünk a szükséges alkatrészekről. Előfordul, hogy a hiányzó alkatrész másikkal helyettesíthető. Pl. egy npn kapcsolótranzisztor problémamentesen helyettesíthetünk egy másik, hasonló típusúval (2N2222-t 2N3904-vel stb.) A szükségeshez közeli értékű ellenállások, kondenzátorok is gyakran helyettesíthetők egymással ( $1,2\text{ k}\Omega$  helyett  $1\text{ k}\Omega$  ellenállás,  $0,33\text{ }\mu\text{F}$  helyett  $0,47\text{ }\mu\text{F}$ -os kondenzátor stb.). Mindig figyelembe kell vennünk a megfelelő feszültség- és teljesítményhatárokat!

• **Mi a teendő, ha nem működik az áramkör?** Először is ellenőrizni kell, hogy megkapja-e az áramkör a megfelelő tápfeszültséget! Ha ez rendben van, de furcsa szagot érzünk, és azt tapasztaljuk, hogy valamelyik alkatrész igen meleg, azonnal kapcsoljuk le a tápfeszültséget, és a következőket tegyük!

1. Ismételten ellenőrizzük az összes összekötést! Nem hiányzik-e egy huzal? Nem görbült-e el egy integrált áramkör lába? Nincs-e rossz forrasztás? Nem zárlatos-e az egyik vezeték?

2. Nem kötöttünk-e be fordítva egy diódát? Nem hibás-e az egyik alkatrész?

3. Gondoljuk meg, hogy néha, különösen akkor, ha a tápfeszültség-vezetékek 15 cm-nél hosszabbak, az integrált áramkörök nem, vagy csak bizonytalanul működhetnek, ha csak nem kapcsolunk minden tok tápfeszültség-kivezetésel közé egy-egy  $0,1\text{ }\mu\text{F}$  értékű kondenzátort! Arra is szükség lehet, hogy a nyomtatott áramköri lapra a tápfeszültség-bevezetési pontok közé is beforasszunk egy  $1\dots 10\text{ }\mu\text{F}$ -os kondenzátort.

4. Vegyük számításba, hogy a között áramkör esetleg hibás!

Törekedjünk a maximális biztonságra! Aki hálózati táplálású áramkörrel dolgozik, annak feltétlenül be kell tartania a megfelelő előirásokat, óvőrendszabályokat! Óvatosan dolgozzunk a forrasztópákával! A nagy hangerő miatt a hangszórós áramköröket tartsuk távol magunktól, és ne használunk fejhallgatót!

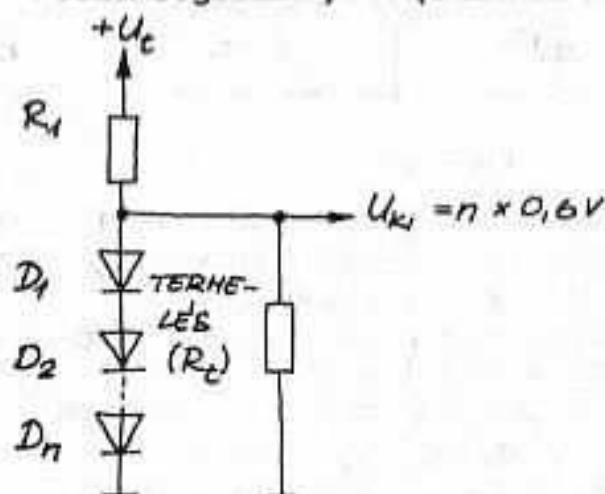
• **További teendők.** Próbálunk meg kísérletezni az RC tagok elemeinek értékelivel! Cseréljük ki az áramkörben a teljesítményfokozatban használt eszközöket, amelyek jel fogót, piezozümmögőt stb. hajtanak meg! (Okvetlenül figyeljünk a feszültség és az áram határértékeire!) Alkalmazzuk az Ohm-törvényt, és ha szükséges, soros ellenállással csökkentsük az áramerősséget! Az áramkör végleges változatának megépítése előtt minden készítünk és próbálunk ki egy "deszkamodellt"!

# Diódás áramkörök

A különböző típusú diódákat széles körben alkalmazzák. Néhány tipikus áramkör.

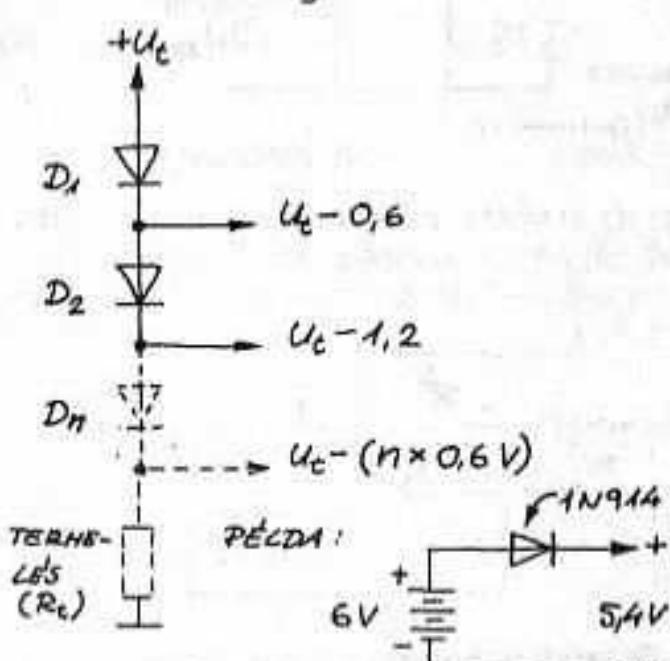
## Kis jelű diódák és egyenirányítók

### • Feszültségszabályozó (stabilizátor)

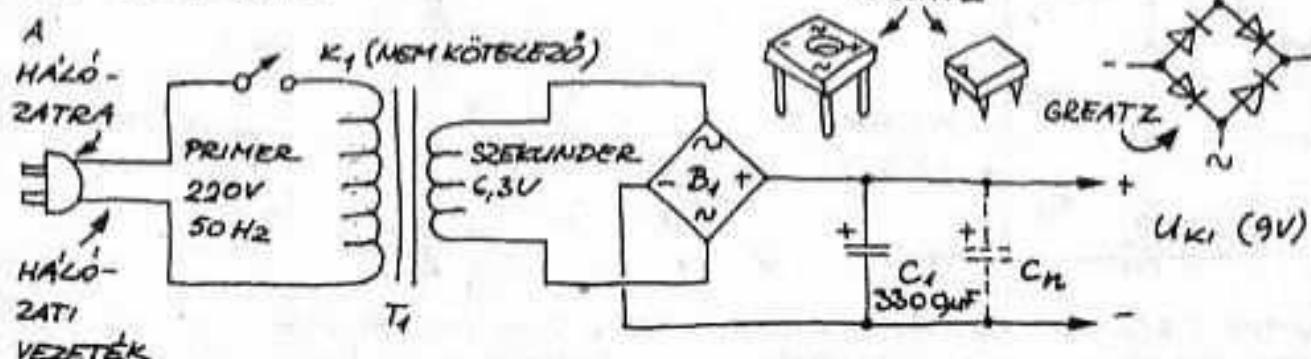


Egy vagy több szilíciumdióda a feszültséget 0,6 V-os lépésekben tudja szabályozni.

### • Feszültségcsökkentő



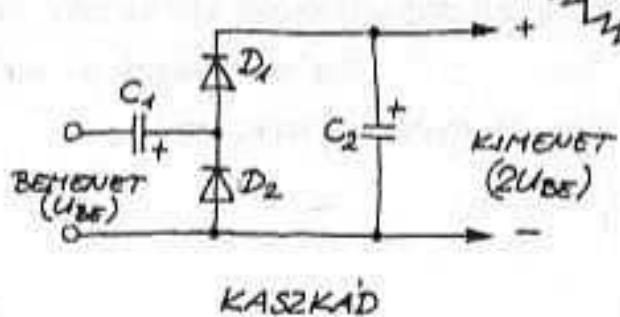
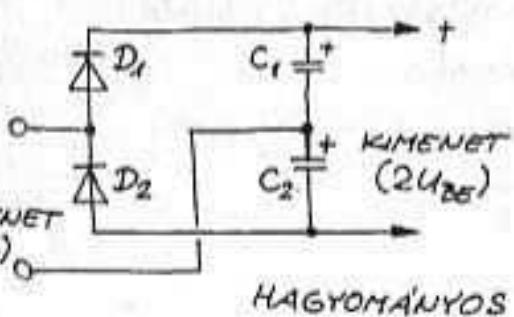
### • 9 V-os tápegység



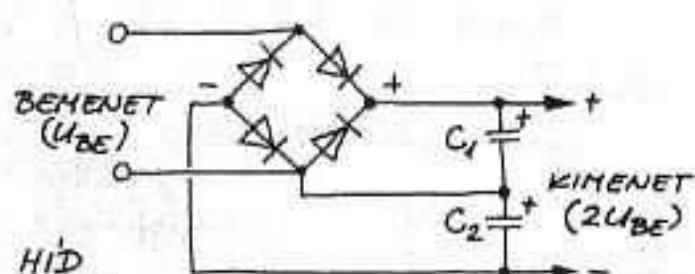
Az ábrán egy egyszerű, hálózatról táplált, 9 V-os tápegység látható. A minél kisebb búgofeszültség (az  $U_{KI}$  egyenfeszültségen ülő váltakozó jel) elérése érdekében  $C_1$  értéke nagy legyen (nagyobb kapacitásértéket úgy is megvalósíthatunk, hogy több ( $C_n$ ) kondenzátort kapcsolunk  $C_1$ -gyel párhuzamosan). A kondenzátorok megengedett üzemi egyenfeszültségének legalább 12 V-nak kell lennie. A  $B_1$  egyenirányító hidnak legalább 12 V záróirányú csúcfseszültséget elviselő típust válasszunk!  $Tr_1$ -nek és  $B_1$ -nek a megfelelő teljesítmény- és áramhatáradatokat el kell érnie. (Az Ohm-törvény alapján számítható!)

**• Figyelem!** minden szabad, hálózati tápfeszültségű pontot szigetelni kell, vagy más módon kell hozzáérhetetlenné tenni! Szereléskor és javításkor a hálózati csatlakozóvezeték dugaszát húzzuk ki!

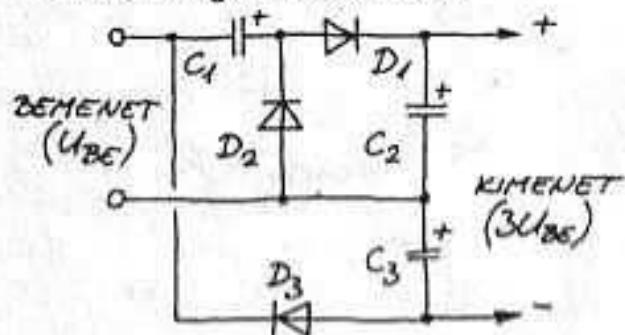
### • Feszültségkétszerező



Ez az áramkör hozzávetőlegesen megkétszerezni a bejövő AC feszültséget. A kimenet DC (egyen-) feszültség van. A bemeneti feszültség értékének kétszeresét elviselő kondenzátorokat és diódákat kell használnunk. Nagy kapacitású  $C_1$ -gyel és  $C_2$ -vel a kimeneti hullámosság (búgófeszültség) csökkenthető. A hidasz feszültségkétszerező hatásosabb, mint a hagyományos és a kaszkád megoldások. A diódás egyenirányító hidakkal egyszerűbb megépíteni a feszültségkétszerezőt.

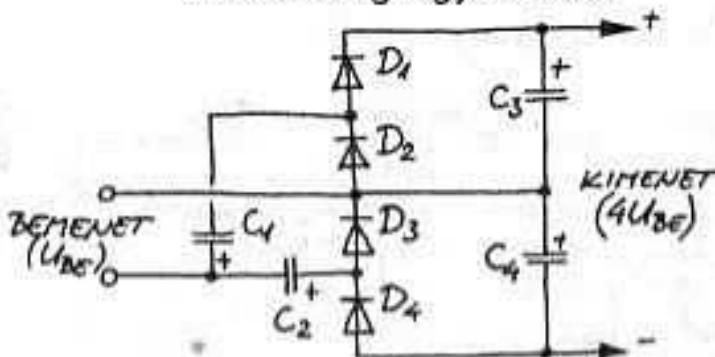


### • Feszültségháromszorozó



Ez az áramkör a bemenő váltakozó jeleket háromszorosra növeli, és egyenjellel alakítja át. A  $C_2$ ;  $D_1$ ;  $D_2$  és  $D_3$  elemeknél  $2U_{BE}$ -nél nagyobb legyen a határfeszültségük.

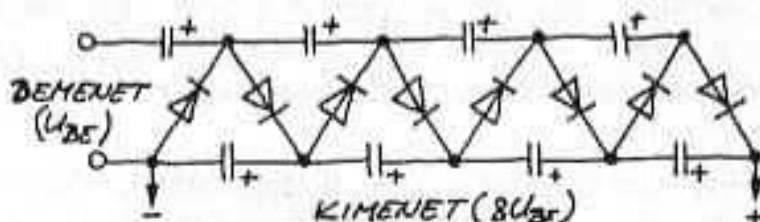
### • Feszültségnégyszorozó



A bemenő AC jelet négyezszeri és DC jelé alakítja át. Valamennyi alkatrésznek  $2U_{BE}$ -nél nagyobb feszültségre is alkalmassnak kell lennie.

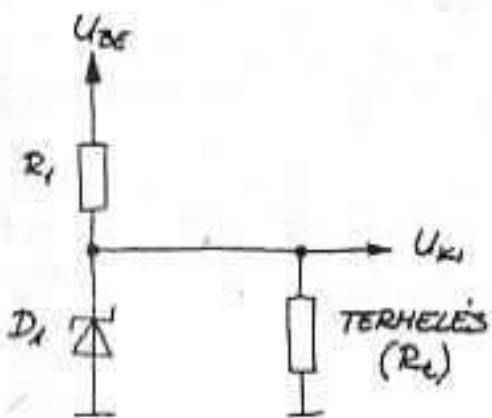
### • Kaszkád feszültségsokszorozó

Ez az áramkör több lépcsőben sokszorozza a feszültséget. Valamennyi alkatrésznek el kell viselnie a  $2U_{BE}$ -t.



## Zenerdiódás kapcsolások

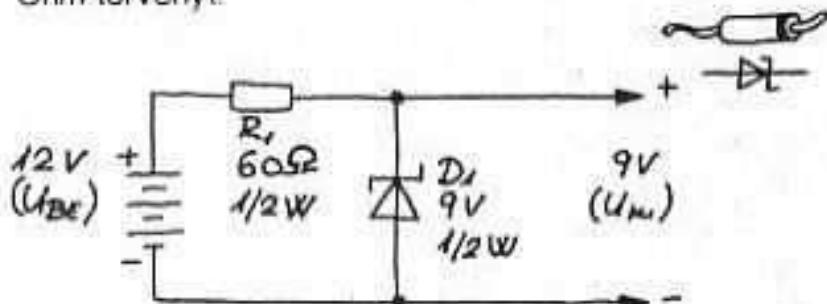
### • Feszültségszabályozó



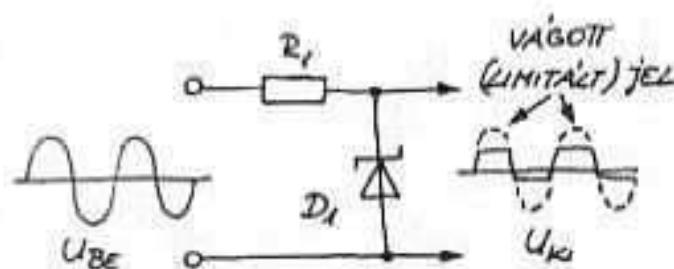
Az ilyen áramkör a szabálytalan tápforrásból (ilyen pl. egy elem) állít elő stabil feszültséget ( $U_{KI}$ ) a terhelésnek. Az  $U_{BE}$  változhat, de legalább 1 V-tal a szükséges  $U_{KI}$  érték felett kell lennie. Kimenő árama 0-tól a bevezetett maximális értékig változhat; Az  $I$  nem változik, ha a kimenő áram változik vagy nulla. Mivel  $I = I_B + I_C$ , az  $I_B$  nő, ha  $I_C$  csökken. A feszültségszabályozó tehát mindenkor azonos erősségű áramot használ fel, még akkor is, ha a terhelést eltávolítjuk.

**Figyelem!**  $D_1$ -nek és  $R_1$ -nek megfelelő terhelhetőségüknek kell lennie. Alkalmazzuk az Ohm-törvényt!

Példa. Egy rádió a 9 V-os telepből 20...50 mA-t vesz fel. Ahhoz, hogy 12 V-os telepről üzemeltesseük, egy 9 V-os, 1/2 W-os zenerdiódára van szükség.  $R_1$ -nek 60  $\Omega$  körülire kell lennie és legalább 0,15 W-osnak.

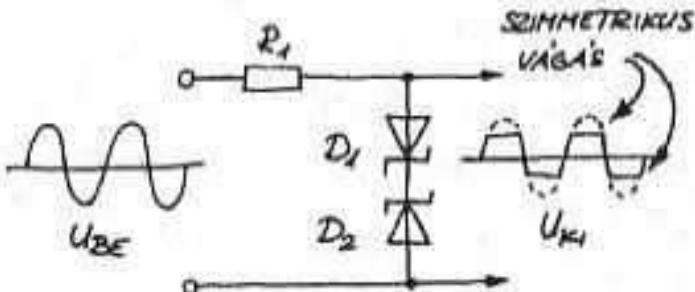


### • Limiter



Ez az áramkör egyszerűen a bemeneti feszültséget alacsonyabb, kezelhetőbb szintre tudja csökkenteni, másrészt a szinuszos vagy háromszögjelet közel négyzetjeléhez képes átalakítani.  $R_1$  értékválasztása az előbbiektől szerint történik. ( $I$ -nek legalább 2 mA-nek kell lennie).

### • Kettős limiter



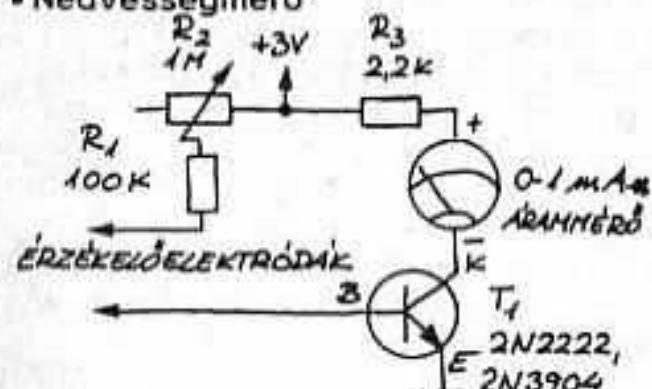
Ez az előző áramkör szimmetrikus változata.

A bemenő jel minden félperiódusát egyformán vágja. Egyszerű használható hangszórók és fejhallgatók védelmére a túlságosan nagy jelektől, másrészt négyzetjel előállítására is alkalmas.

Bár egyre inkább az integrált áramkörök kerülnek a figyelem középpontjába, azért a bipoláris és a térvezérlésű tranzisztorok felhasználási területe is igen széles.

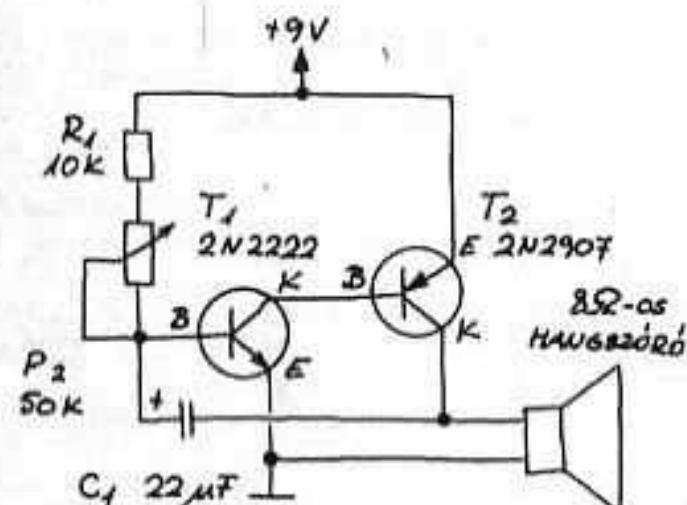
### Bipoláris tranzisztoros kapcsolások

#### • Nedvességmérő



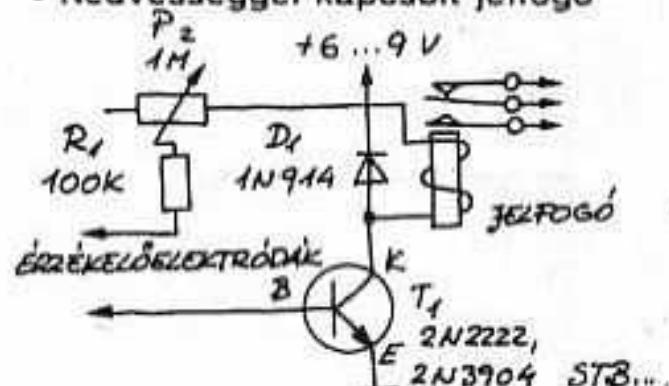
Ezzel az áramkörrel pl. a talaj nedvességét mérhetjük a kertben. Az  $R_2$  ellenállást úgy kell beállítanunk, hogy a műszer 1 mA-t mutasson, amikor a talajnedvesség éppen megfelelő. A műszer így az alacsonyabb nedvességszinteket fogja jelezni.

#### • Metronóm



A metronóm szabályos tiktaksorozat előállításával érzékelteti az idő műlását. Az  $R_1$  állításával vagy  $C_1$  értékének változtatásával szabályozhatjuk az ütések ritmusát.

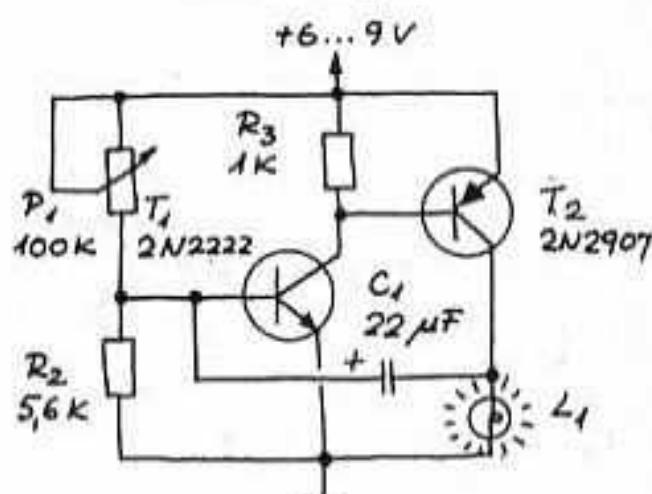
#### • Nedvességgel kapcsolt jelfogó



Ez az áramkör meghúzza a jelfogót (a jelfogó paraméterei: 6...9 V, 500 n, ha a nedvesség túlépi az  $R_2$ -vel beállított szintet).

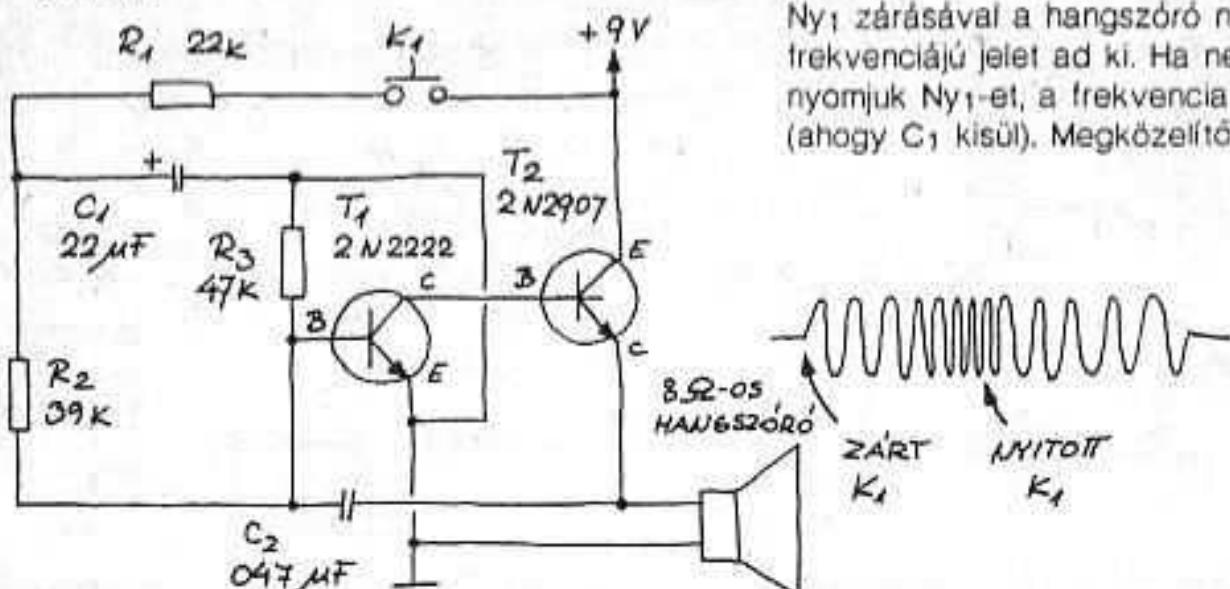
Pl. jelezhetjük vele az esőt a jelfogóra kapcsolt fényforrással vagy más eszközzel.

#### • Villlogó



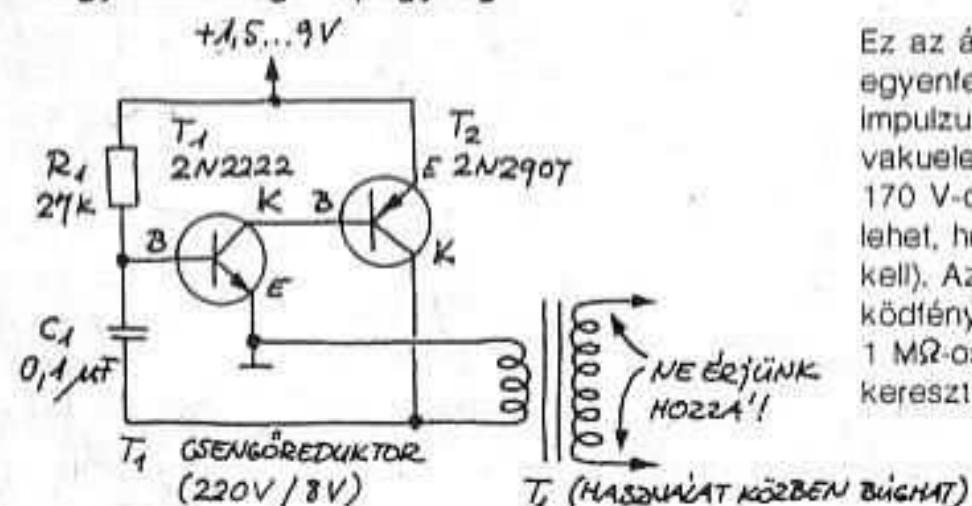
A bemutatott áramkör kb. másodpercenként villant.  $R_1$  a felvillanások gyakoriságát vezéri.  $L_1$  helyére parányi izzót kell bekötnünk.

#### • Sziréna



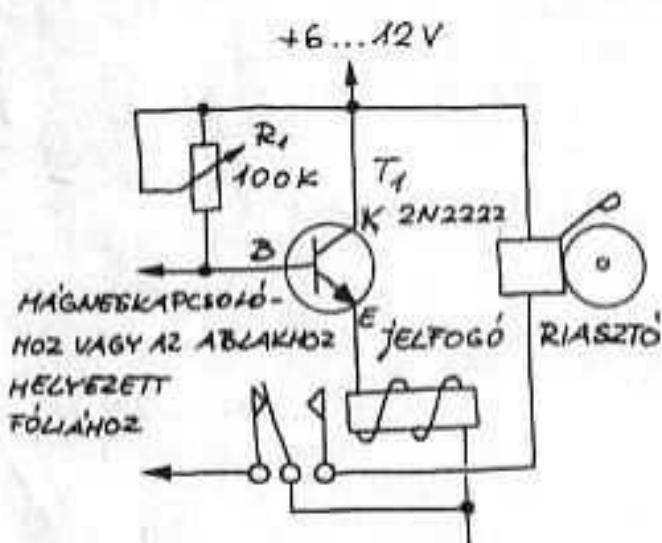
Ny<sub>1</sub> zárássával a hangszóró növekvő frekvenciájú jelet ad ki. Ha nem nyomjuk Ny<sub>1</sub>-et, a frekvencia csökken (ahogy C<sub>1</sub> kisül). Megközelítően így:

#### • Nagyfeszültségű tápegység



Ez az áramkör 9 V egyenfeszültségből 220 V-os impulzusokat állít elő. Ha vakuelemet használunk, akkor 170 V-os jelet kaphatunk (de lehet, hogy C<sub>1</sub> értékét változtatni kell). Az áramkör egy vagy több ködflénylámpát képes táplálni 1 MΩ-os előtét-ellenállásokon keresztül.

- **Betörésielző.** Ez a riasztó megszólal, és a tápteszütség kikapcsolásáig bekapcsolva

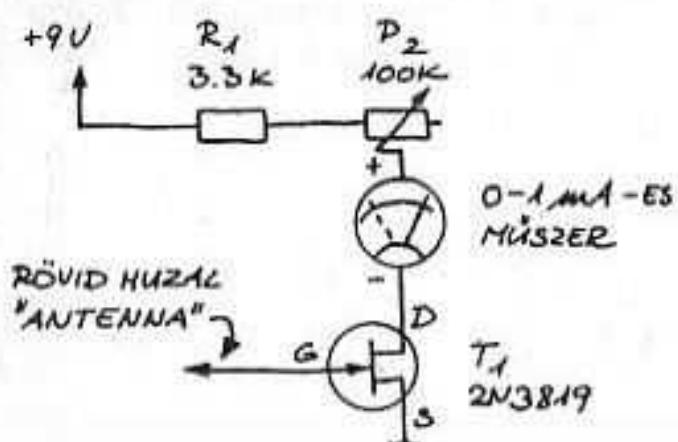


és a tápteszültség kikapcsolásáig bekapcsolva marad, amint az ajtóra szerelt mágneskapcsolót nyitják, vagy elszakad az ablakra erősített fóliacsík. Beállítani úgy lehet az áramkört, hogy az R<sub>1</sub>-et maximumra állítjuk, majd az érzékelőt nyitjuk (vagy fólia esetén megszakítjuk). Ezután állítsuk az R<sub>1</sub>-et arra az értékre, ahol a riasztás éppen megszólal. Az áramkör 6 V-nál mindenkorban 0,3 mA-t fogyaszt. 6...9 V-os tápteszültség esetén 6 V, 500 Ω-os, 12 V-os tápegység esetén 12 V-os jelfogatót használunk.

Megjegyzés. Gondosan állítsuk össze, helyezzük üzembe és rejtük el a rendszert, ha használni akarjuk!

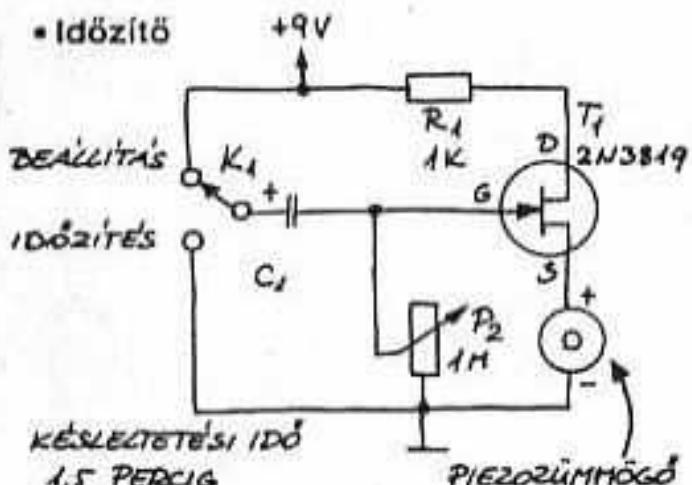
## Réteg-FET-es kapcsolások

### • Elektrométer



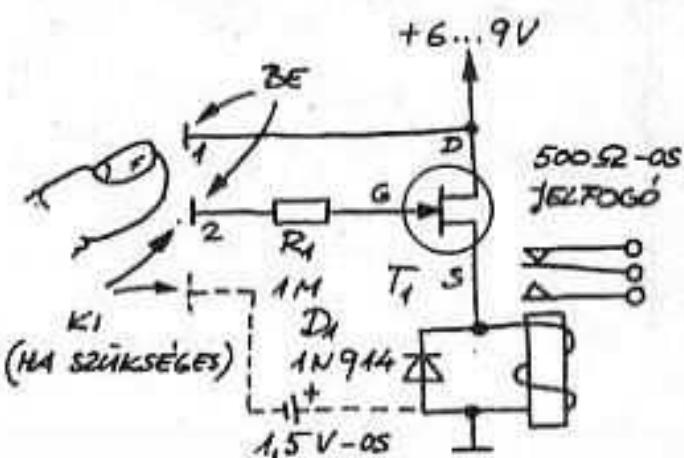
A rajzon látható áramkör a sztaticusan feltöltött test töltését képes érzékelni (pl. műanyag fésű) 30 cm-nél nagyobb távolságból. Állítsuk be R<sub>1</sub> értékét úgy, hogy a műszer 1 mA-t mutasson! Az "antenna" közelébe helyezett, töltéssel rendelkező test csökkenti ezt az értéket.

### • Időzítő



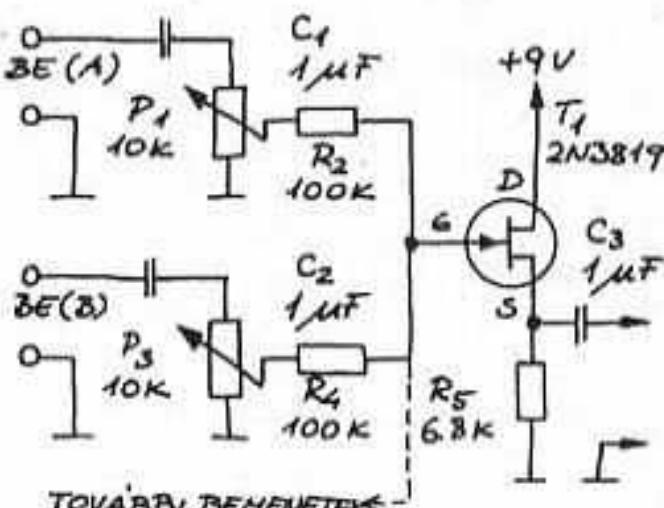
Állítsuk K<sub>1</sub>-et a "beállítás" állásba! (A zümmögő megszólal.) Ezután állítsuk K<sub>1</sub>-et "időzítés" állásba! A zümmögő mindaddig hallgat, amíg a késleltetési folyamat be nem fejeződik, majd megszólal. A C<sub>1</sub> vagy az R<sub>1</sub> növelésével hosszabb késleltetés is elérhető. Ezzel együtt csökkentsük az R<sub>2</sub>, a "beállítás" állapotban hatásos ellenállás értékét (ez gyorsítja a "beállítási" folyamatot).

### • Szenzoros kapcsoló



Ha szabadban a hálózati tápfeszültségtől távol megérintjük a "BE" elektródát, egy jel fogó bekapcsol. Ha csak a 2-es elektródát érintjük meg, kikapcsol. Lehet, hogy épületben használva egy külön kikapcsoló áramkörre is szükség lesz.

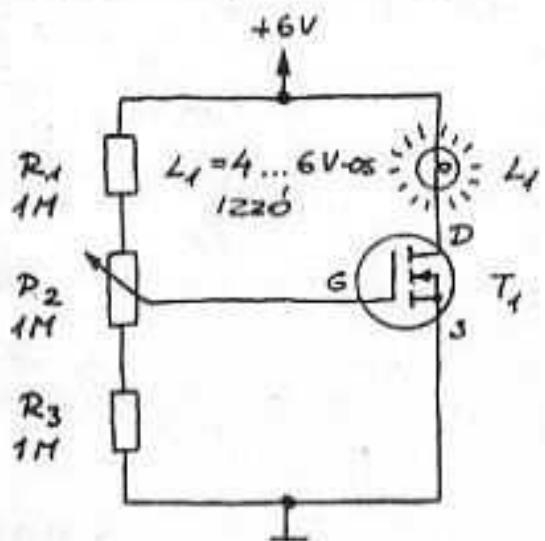
### • Hangfrekvenciás keverő



Ez az áramkör lehetővé teszi, hogy két (vagy több) mikrofont vagy más eszközöt közös erősítőre kapcsolhassunk. Az R<sub>1</sub> és az R<sub>3</sub> az egyes bemenetek csillapítását vezérlő.

# Kapcsolások teljesítmény-MOSFET (DMOS, VMOS stb.) eszközökkel

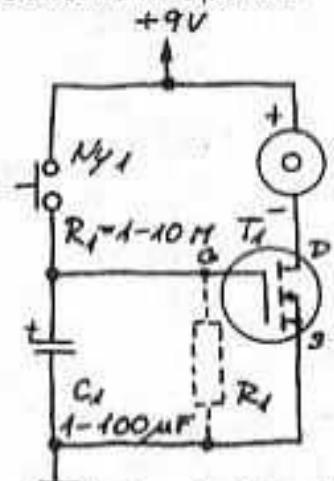
## • Lineáris fényerő-szabályozó



Ez az áramkör a teljesítmény-MOSFET-ek változtatható ellenállásának való felhasználására mutat példát. A izzó fényerejét az  $R_2$  változtatásával tudjuk szabályozni.

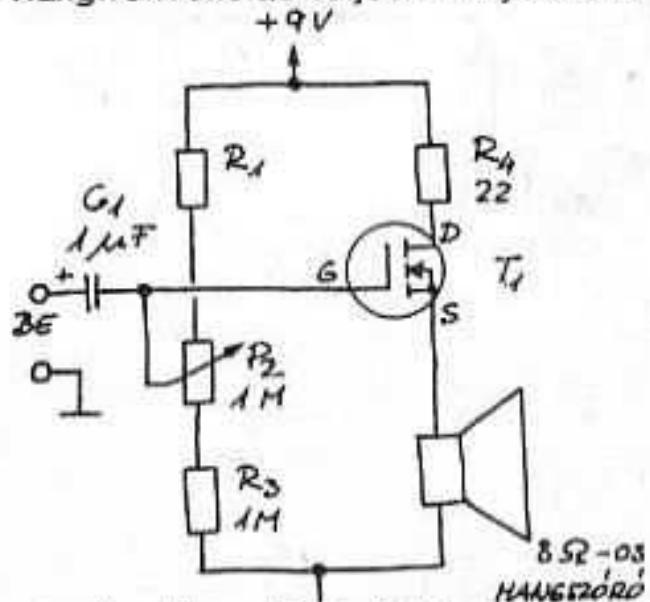
## • Hosszú késleltetési idejű áramkörök

### 1. Késleltetve kikapcsoló



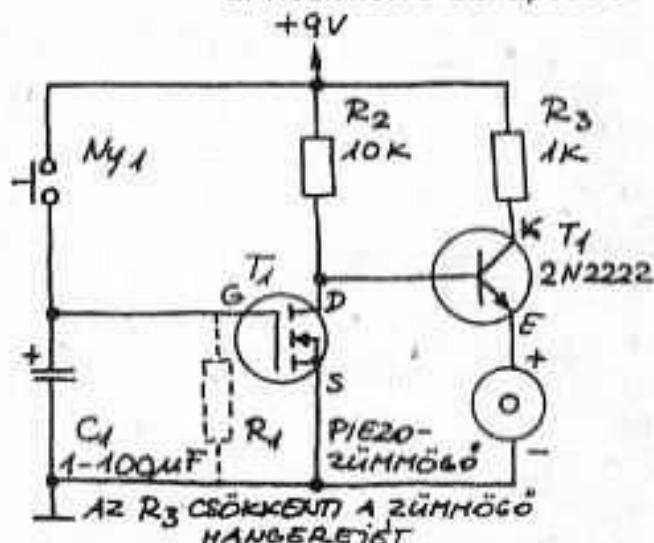
A zümmögöt K1 zárásával hozhatjuk működésbe. Ha újra nyitjuk K1-et, akkor C1 magától (vagy a nem feltétlenül alkalmazott R1-en keresztül) kisül, T1 kikapcsol, és a zümmögő elhallgat. A C1 kondenzátor értékétől függ a késleltetés ideje.

### • Hangfrekvenciás teljesítményerősítő



Az áramkör a bemenő jeleket erősíti. Az erősítést (hangerőt) az  $R_2$  szabályozza.

### 2. Késleltetve bekapsoló



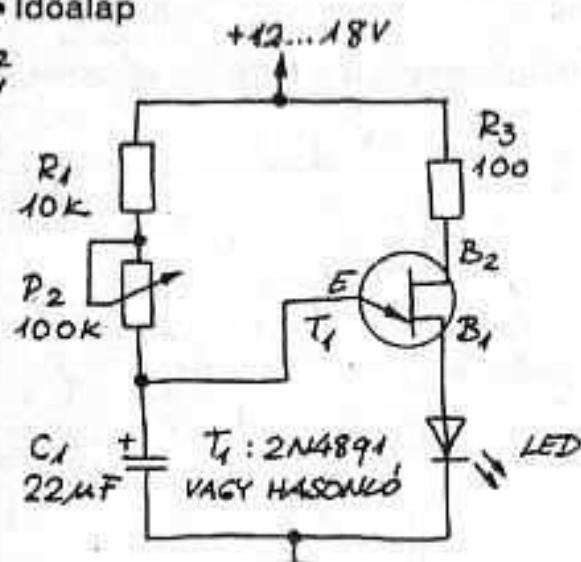
AZ  $R_3$  CSÖKKENTÉSI ZÜMMÖGÖ HANGERŐJÉT

T2 invertálja T1 állapotát. A zümmögő a K1 bekapsolásakor a késleltetési idő letelte után szólal meg. A késleltetés C1 értékének növelésével hosszabb lesz.

# Kétbázisú diódás kapcsolások

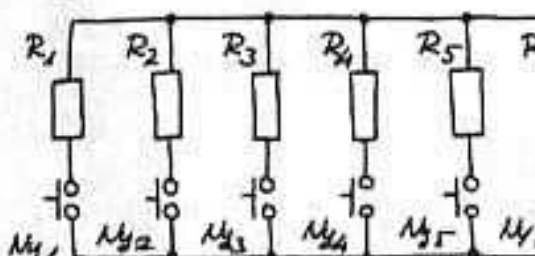


• Időalap



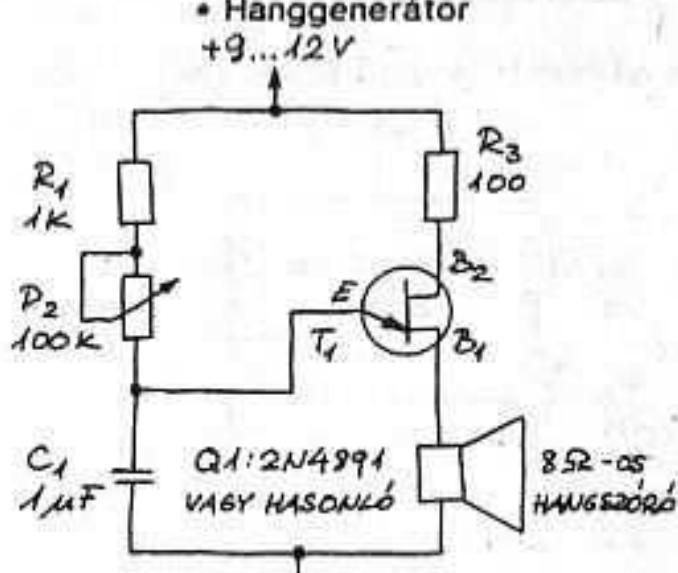
Az áramkör működési elve az, hogy az UJT ( $T_1$ ) bekapcsol, ha  $C_1$  feltöltödik, ezután a  $C_1$  elveszti töltését a LED-en keresztül. Ezért a LED felvillan. A villanások között a LED halványan világít. A felvillianások ismétlődési ideje  $R_2$ -vel állítható be, így elérhetjük, hogy másodpercenként egy villanás legyen (időalapszerep).

• Orgona

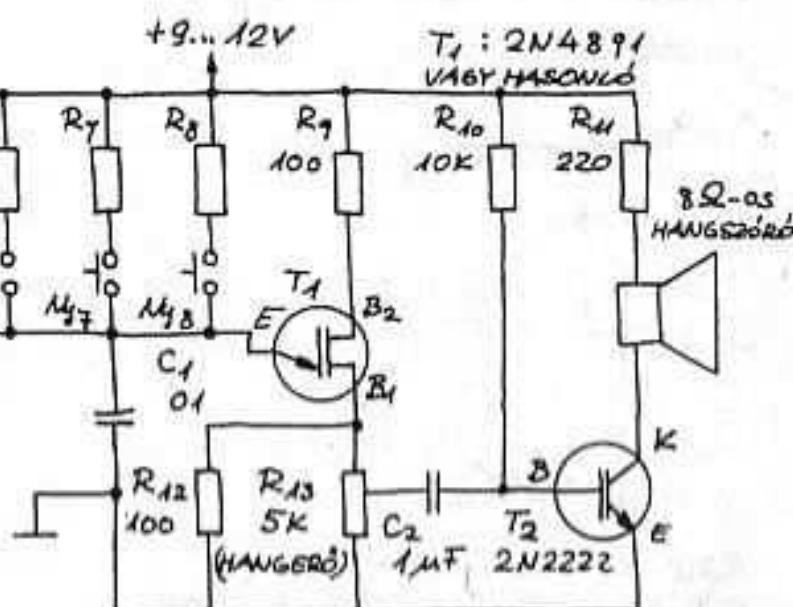


$R_x$	Értéke, k	Frekvencia, Hz
$R_1$	10	5806
$R_2$	15	3988
$R_3$	22	2956
$R_4$	33	1984
$R_5$	47	1393
$R_6$	68	941
$R_7$	100	583
$R_8$	150	430

• Hanggenerátor

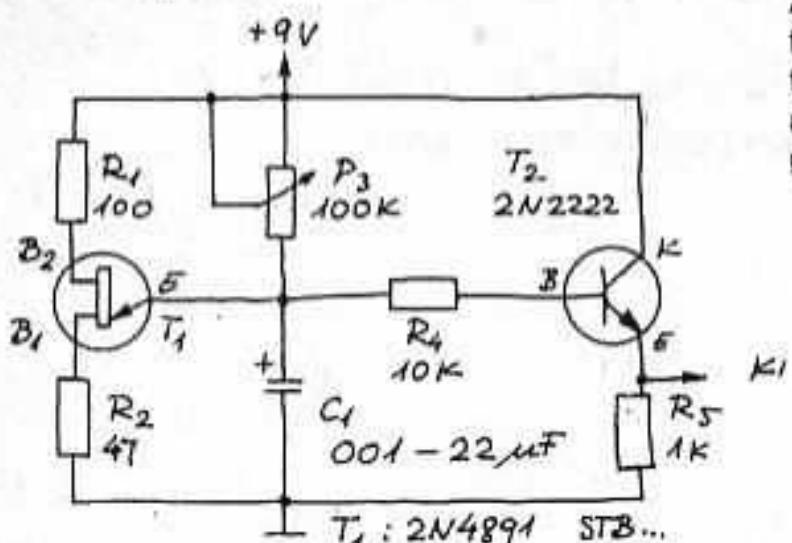


Az áramkör működési elve azonos a szomszédos áramkörével. A töltési és kisütési folyamat gyorsítása érdekében azonban  $C_1$  értéke most jóval kisebb. Az eredmény: a hangszóró által kiadott hallható hang. Ez az áramkör bővíthető+ (l. a most következő orgonát).



A táblázat az  $R_x$  ellenállástól függő jellemző frekvenciákat tartalmazza.  $C_1$  cseréjével a frekvenciatartományt.

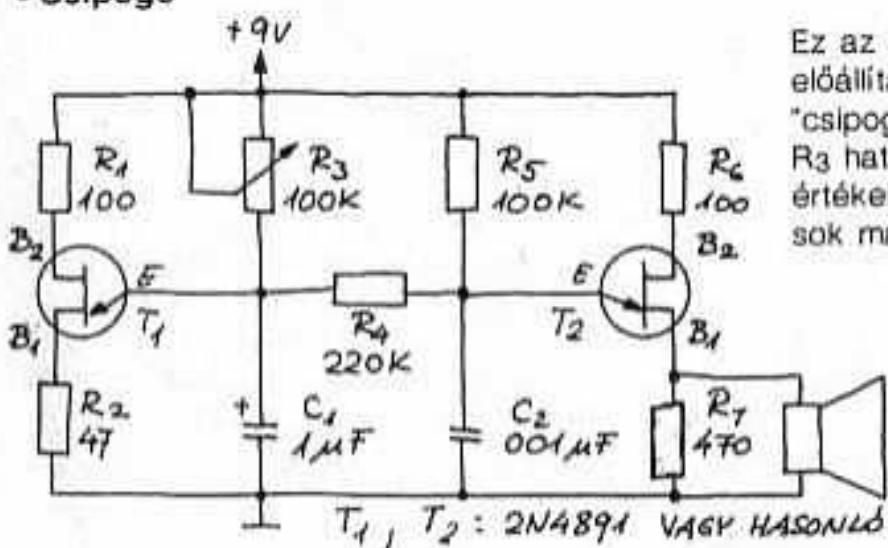
### • Fürészgenerátor



A T<sub>2</sub> tranzisztort a C<sub>1</sub>-en fellépő feszültség vezéri, így a kimenetén fürészjelet vehetünk le. Az R<sub>3</sub>-mal állítható be az ismétlődések gyakorisága (a frekvencia).



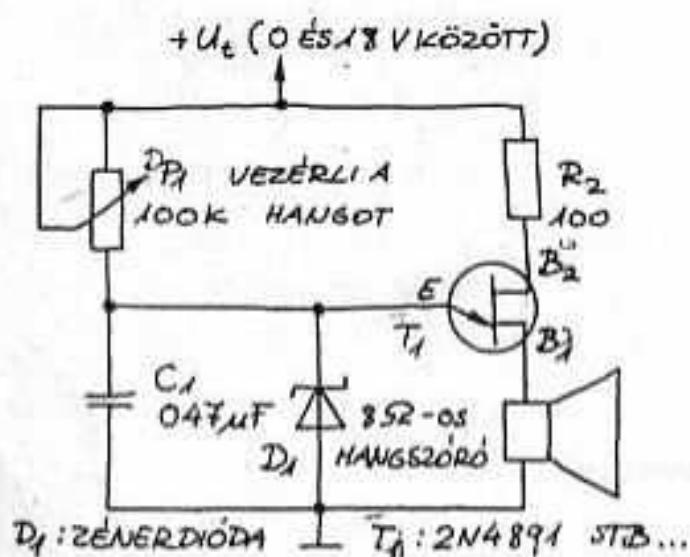
### • Csipogó



Ez az áramkör sokféle hangot képes előállítani. Amint az látható, a "csipogás" ismétlődési periódusát az R<sub>3</sub> határozza meg. A C<sub>1</sub>, R<sub>5</sub> és C<sub>2</sub> értékelvel kísérletezve próbálunk ki sok más hanghatást is!

PÉDŐ MAGASSUGÁRZÓ  
HANGSZÓRÓ

### • Feszültségvezérelt oszcillátor



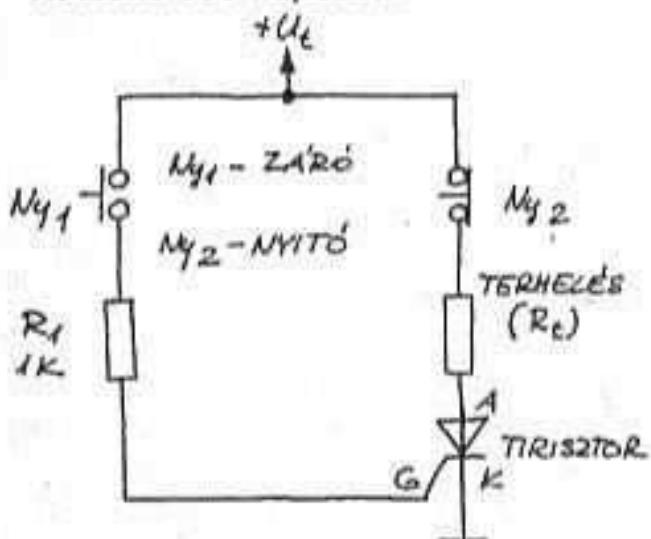
Akkor ad hangjelzést ez az áramkör, ha U<sub>t</sub> a D<sub>1</sub> zenerdióda zenerfeszültségénél kisebb. Ezért a D<sub>1</sub> dióda U<sub>t</sub> feszültségét a kívánt leállítási szintnek megfelelően kell megválasztani. Ezzel pl. egy másik áramkört ellátó tápfeszültség adott szint alá való csökkenését jelezhetjük. A feszültségvezérelt oszcillátor az egyszerű, mégis nagyon jól működő áramkör kitűnő példája.

# Tirisztoros kapcsolások

Tirisztorokat és triakokat gyakran használnak kapcsolóelemekként.

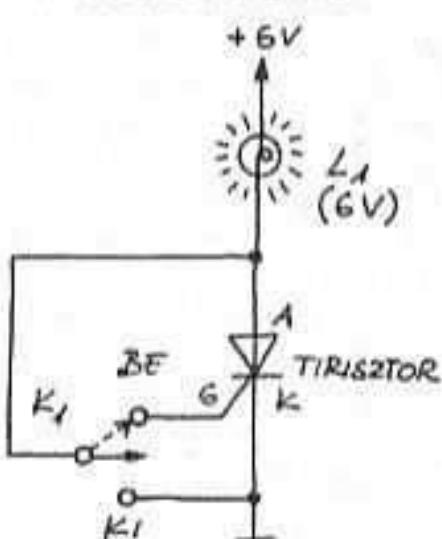
## Szilárdtest-kapcsolós (SCR) áramkörök

### • Reteszelődő kapcsoló



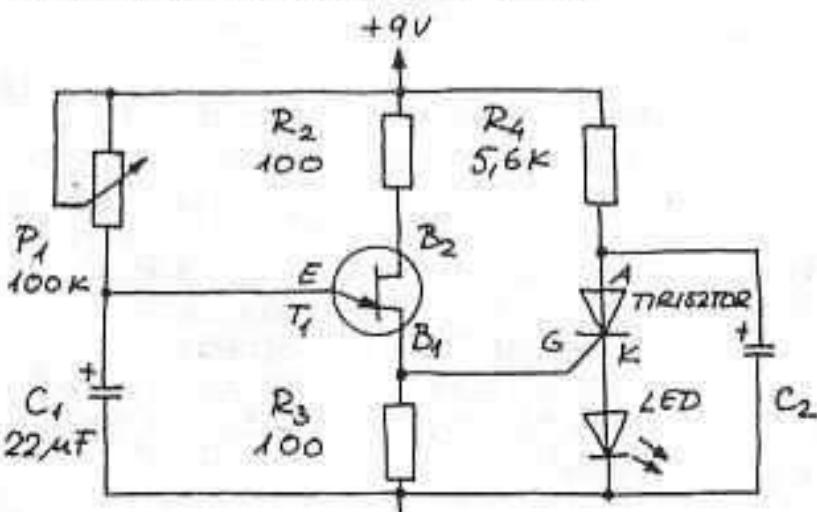
A K<sub>1</sub> kapcsoló zárásával a tirisztor bekapcsol, és a terhelésen keresztül áram folyik. A tirisztor K<sub>1</sub> nyitása után is bekapcsolva marad, ha csak a terhelés nem egyenáramú motor, vagy a K<sub>2</sub>-vel meg nem szakítjuk az áramot.

### • Kísérleti áramkör



Ebben a kapcsolásban K<sub>1</sub> egy középállásba visszaugró (egypólusú kétérintkezős) morzekapcsoló. Ha K<sub>1</sub> "Be" állásban van, akkor a tirisztor bekapcsol, és az izzó világít. A "Ki" állásban a kapcsoló söntölt (rövidre zárja) a tirisztor áramát, és így kikapcsolja.

### • Kondenzátorkisütéses LED villogó



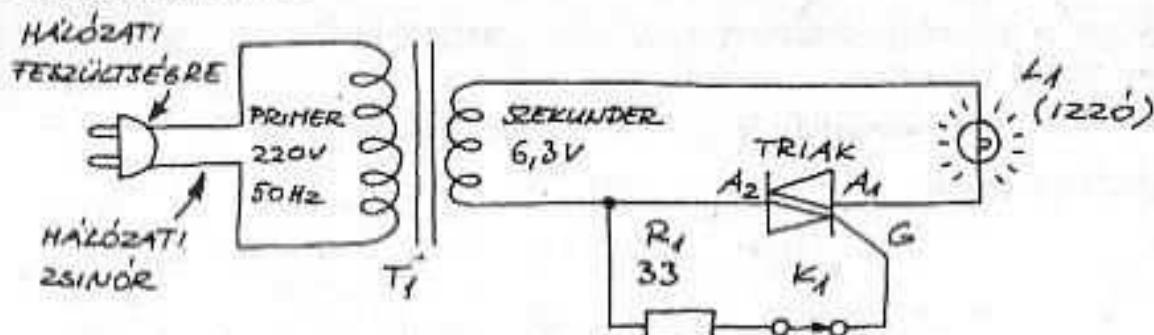
T<sub>1</sub>: 2N4891 UJT

P<sub>1</sub>: BETÖVÍTÉSI FÁZIS A PERIODUSIDŐT

A tirisztor kikapcsolt állapotában C<sub>2</sub> az R<sub>4</sub>-en keresztül töltődik. Amikor a T<sub>1</sub> kétbázisú diódáról érkező impulzus bekapcsolja a tirisztorot (ha a C<sub>1</sub> is feltöltött), a C<sub>2</sub>-ben tárolt töltés a LED-en át gyorsan kisül (és a C<sub>1</sub> is). A tirisztor (és a LED) kikapcsolódik, mert nincs már megfelelő értékű tartóáram. A ciklus ezután előlről kezdődik.

## Áramkörök triakokkal

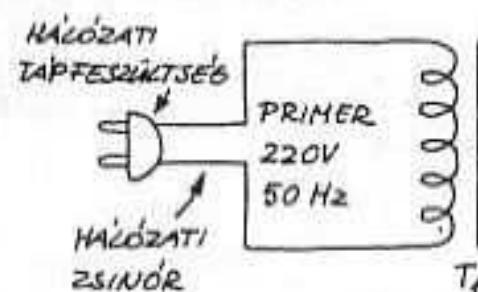
### • Vizsgáló áramkör



• **Figyelem!** A triakokat speciálisan váltakozó áramú működésre terveztek. A vonatkozó biztonsági előírásokat feltétlenül be kell tartani, ha hálózati árammal működő áramkörrel dolgozunk! A hálózatra kapcsolódó valamennyi csatlakozópontot szigetelni vagy burkolni kell a hálózatra való csatlakoztatás előtt.

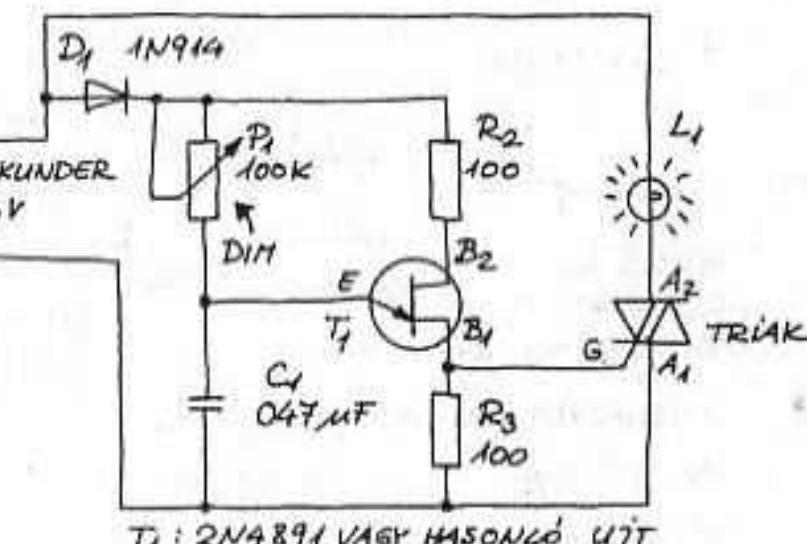
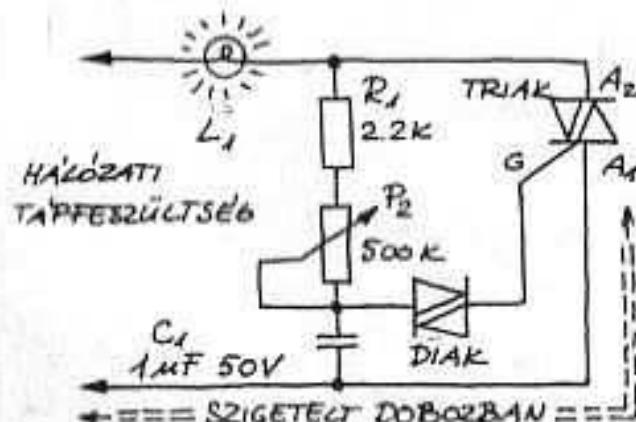
### • Fényerő-szabályozó áramkör

#### 1. 6,3 V-os szabályozó



Ebben a kapcsolásban a kétbázisú diódás oszcillátor kapcsolja be a triakot, így az izzó fényerejét a kapcsolatási frekvenciát szabályozó  $R_1$  határozza meg.

#### 2. 220 V-os szabályozó



$T_1 : 2N4891$  VAGY HASONLÓ UJT

Az itt látható elven működnek a lakásokban található fényerő-szabályozós kapcsolók. Az L1-es izzó legfeljebb 100 W-os lehet. Ha a triak melegszik, akkor hűtőbordára kell szerelni. Az áramkörben levő diák kétféle irányú triggerdióda.

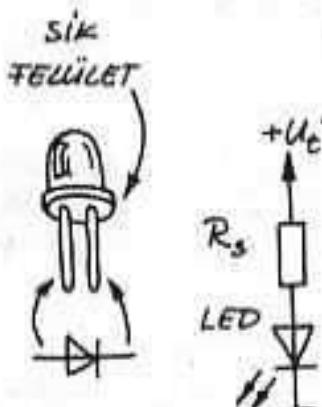
• **Figyelem!** Feszültség alatt ennek az egész áramkörnek zárt dobozban kell lennie (véletlen érintés elleni védelem)!

# Optoelektronikai áramkörök

Az optoelektronikai alkatrészt tartalmazó áramkörök a legsokoldalúbb és legérdekesebb kapcsolások közé tartoznak.

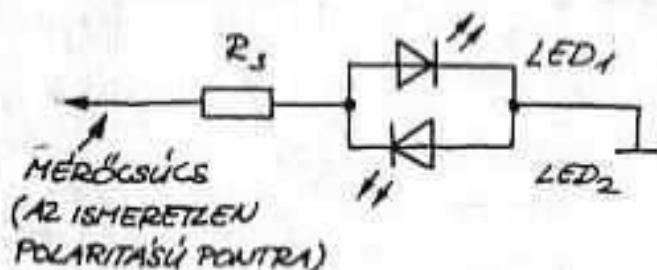
## Fénydiódás (LED-es) kapcsolások

### • LED-meghajtó áramkör



Számlítási példa. Tegyük fel, hogy egy piros LED-et akarunk működtetni 5 V-os tápfeszültségről, 10 mA-es (0,01 A) nyitóirányú árammal. Az adatlap ekkor a LED-en 1,7 V-os feszültségértéket ad meg. Ezért az  $R_s$  értéke  $(5-1,7)/0,01$ , vagyis  $330 \Omega$ .

### • Polaritásjelző

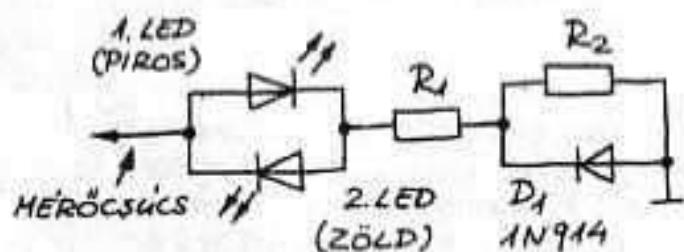


Ezzel az áramkörrel a feszültség polaritását határozhatsuk meg a táblázat szerint. Az  $R_s$ -re feltétlenül szükség van.

$U_{BE}$	DC (-)	DC (-)	AC ( $\infty$ )
$LED_1$	Be	Ki	Be
$LED_2$	Ki	Be	Be

### • Háromállapotú polaritásjelző

Ez az előbbi áramkörök érdekesebb változata.



$U_{BE}$	Szín
+	Vörös
-	Zöld
AC( $\infty$ )	Sárga

$$R_1 = \frac{U_{BE} - (U_{LED\ 2} + 0,6\text{ V})}{I_{LED\ 2}}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{U_{BE} - U_{LED\ 1}}{I_{LED\ 1}}$$

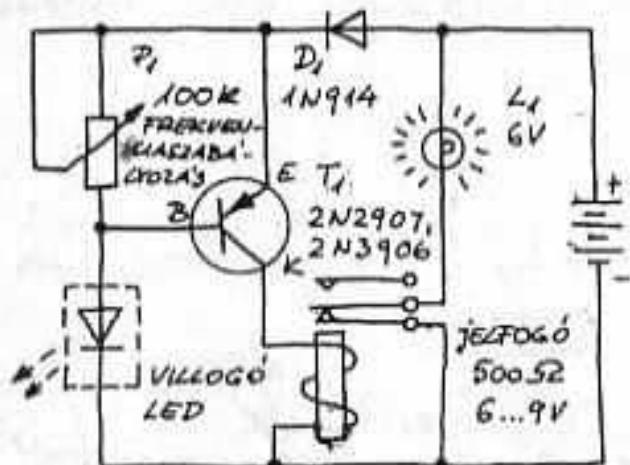
- Két LED-es villogó

Ezt az áramkört szabadon futó multivibrátornak nevezzük. Hasonlít egy tárolónak, amelyik újra és újra indítja saját magát.  $T_1$  és  $T_2$  általános célú pnp tranzisztor (2N3906, 2N2907 stb.). Az  $R_1$  és az  $R_2$  a LED-ek áramát határolja (a LED-ek felváltva villognak). Ha a  $C_1$  és a  $C_2$  értékét növeljük, ritkul a villogás frekvenciája.

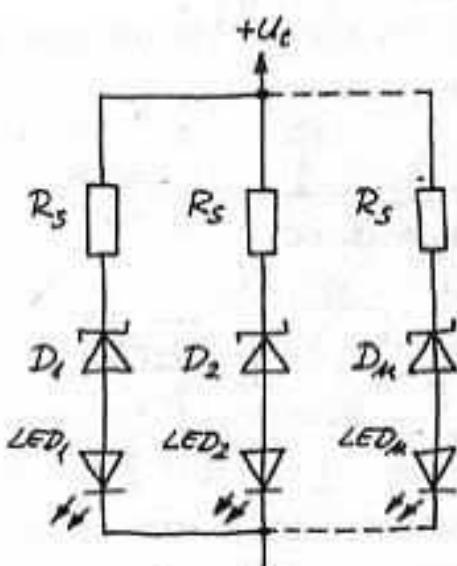
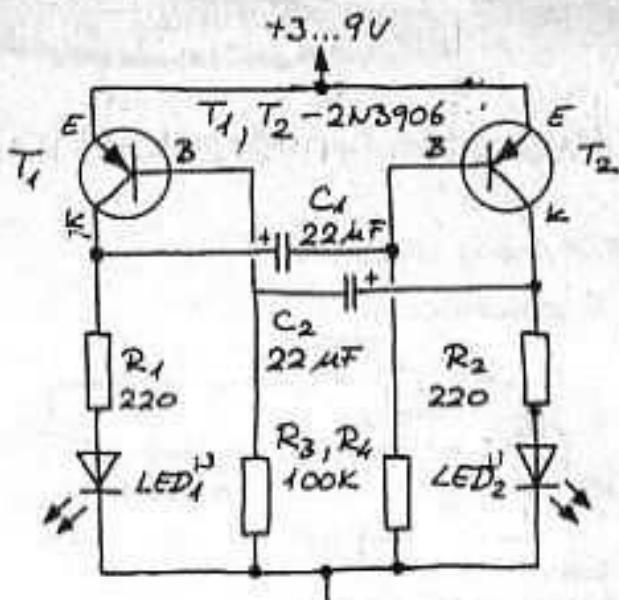
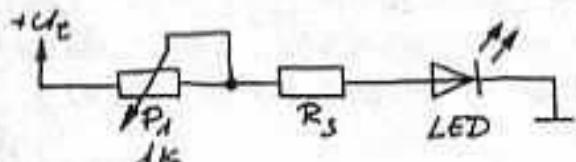
#### • Feszültségszinttelző



- Jelfogóval kiegészített villogó LED



- Változtatható fényerejű LED



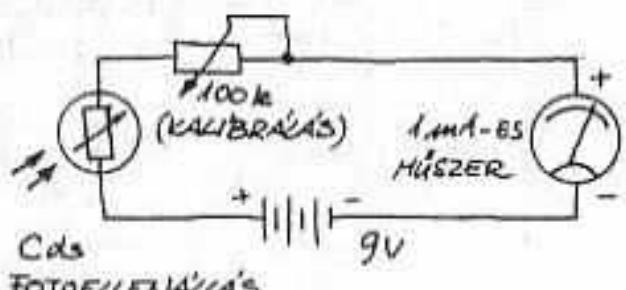
Ilt a LED-et egy IC-vel építették össze, amely a LED-et másodpercenként többször is felvillantja. A jelfogóval kiegészített villogó LED példa arra, hogy hogyan kell ebből a villogóból T<sub>1</sub> segítségével "kicsatolni" az időzítést úgy, hogy egy egyszerű impulzusgenerátor jöjjön létre. Ez az impulzusgenerátor egy jelfogót működtet, amely izzót kapcsol be. A D<sub>1</sub> a LED-es IC tápfeszültségét kb. 5 V értéken tartja.

R<sub>1</sub> értékének változtatásával módosíthatjuk a LED áramát, és így változik a fényereje is! Az R<sub>5</sub> értékét az előzőek alapján kell meghatározni.

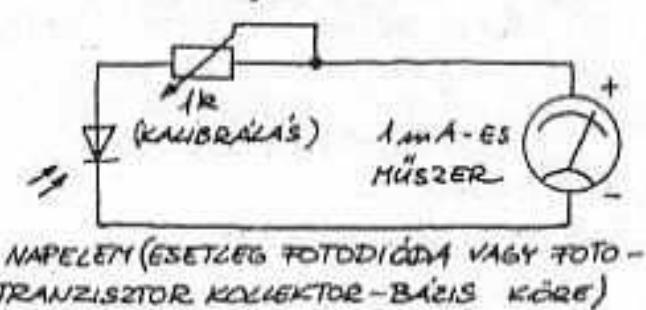
# Félvezetős fényérzékelő kapcsolások

## • Fénymérő áramkörök

### 1. Fotoellenállással

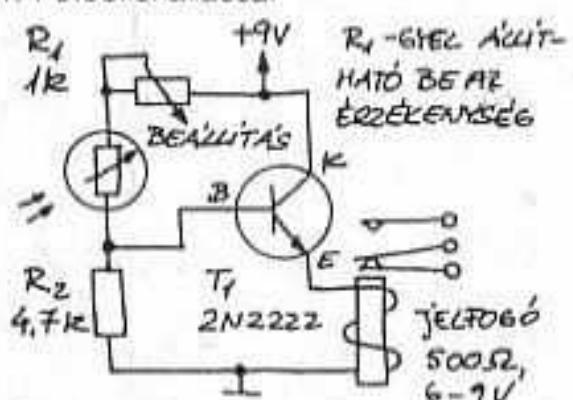


### 2. Fényelemmel



## • Fény hatására működő jelfogós áramkörök

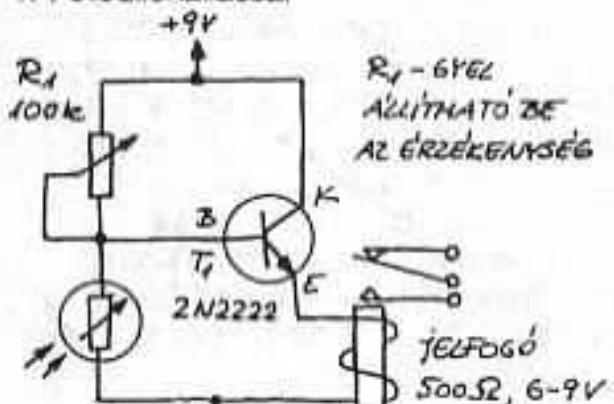
### 1. Fotoellenállással



Fény hatására a jelfogó rövid idő múlva bekapcsol.

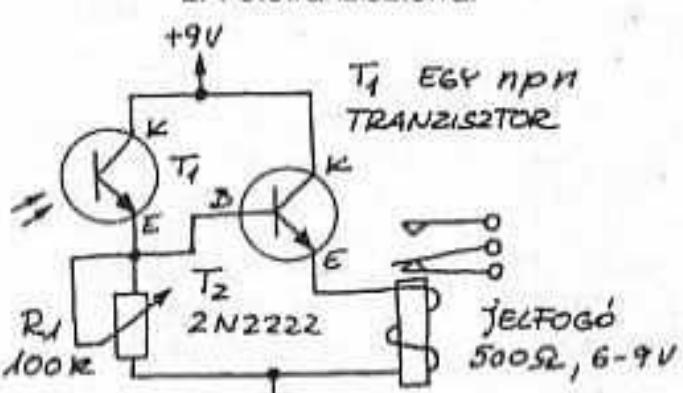
### • Fény megszüntekor működő jelfogós áramkörök

### 1. Fotoellenállással



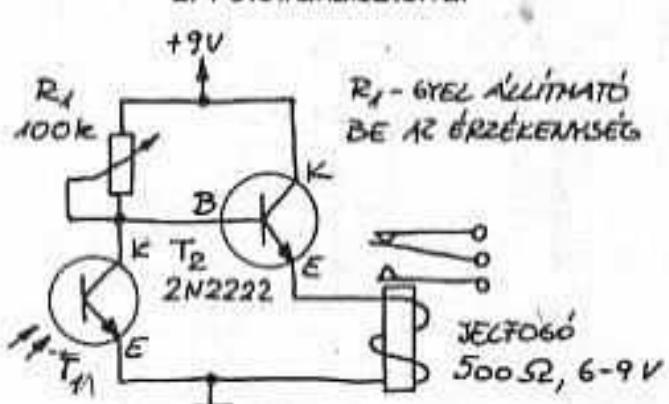
A jelfogó akkor húz meg, amikor a fotoellenállásra nem kerül fény.

### 2. Fototranzisztorral



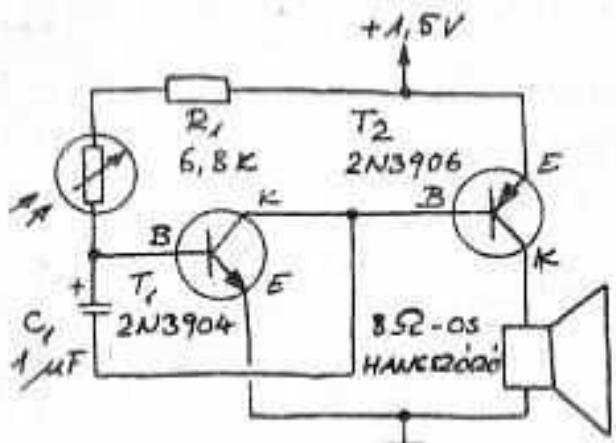
Gyorsabban reagál, mint a fotoellenállás. A fényhatás megszűnése után sincs késleltetés.

### 2. Fototranzisztorral



A jelfogó akkor húz meg, ha T<sub>1</sub> nem kap fényt. A T<sub>1</sub>-re érkező fény kikapcsolja a jelfogót. Az R<sub>1</sub>-gyel állíthatjuk be az áramkört.

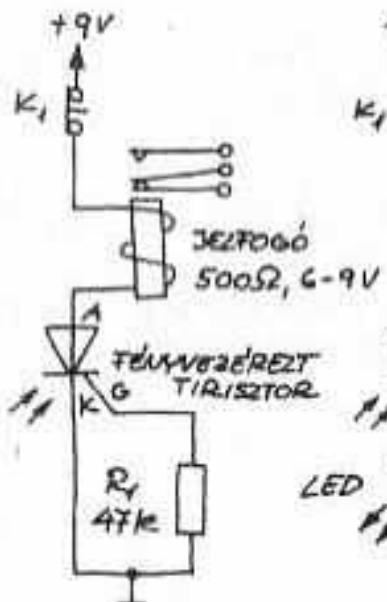
### • Hangjelzést adó fényszonda



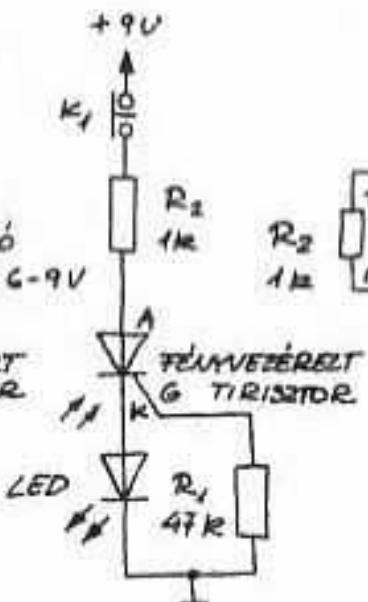
A könyvünkben szereplő áramkörök közül ez az egyik "legszórakoztatottabb" kapcsolás. A T<sub>1</sub>-et és T<sub>2</sub>-t a legkülönbözőbb típusú pnp és pnp tranzisztorokkal helyettesíthetjük. A hang magassága a fotoellenállásra jutó fény növekedésével nő. Nagyon érzékeny! Próbáljuk ki a következőt! Működtessük az áramkört sötét szobában! A hang magassága fokozatosan csökken, végül csak kattanásokat hallhatunk! Ekkor villantsunk el egy vakut a fotoellenállás irányába!

### • Fény működtetésű reteszelődő áramkörök

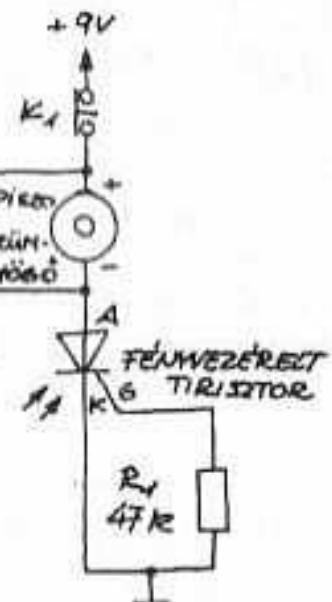
1. jel fogó



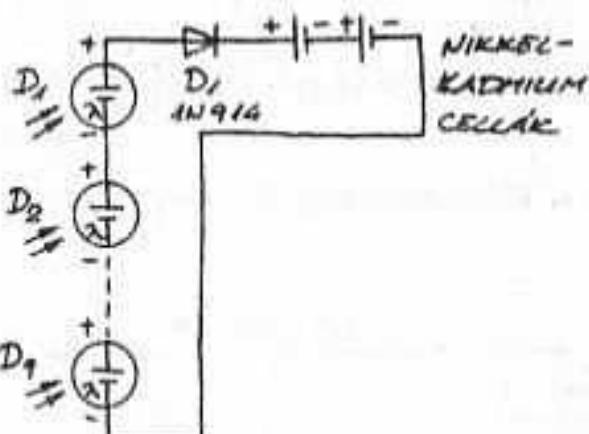
2. LED vagy Izzó



3. zümmögő



### • Napelemes akkumulátortölítő



Töltsünk fel kilenc napelemcellával két nikkel-kadmium akkumulátort! A napelemek árama nem haladhatja meg az akkumulátorok maximális töltőáramát! Ezt az áramot az akkumulátor és a D<sub>1</sub> közé sorosan kapcsolt műszerrel mérhetjük. Ha soros ellenállást építünk be, vagy csökkentjük a napelemek számát, csökken az áram is. D<sub>1</sub> megvédi az akkumulátorokat a napelemen keresztüli kisüléstől (amikor sötét van). A napelemekek törékenyek! Óvatosan forrasszuk és szereljük őket!

Ezek az áramkörök fény hatására kezdenek működni. A fényvezéreit tirisztor kikapcsolásához ki kell nyitni a K<sub>1</sub> kapcsolót. Az egyes fényvezéreit tirisztorok érzékenysége eltérő.

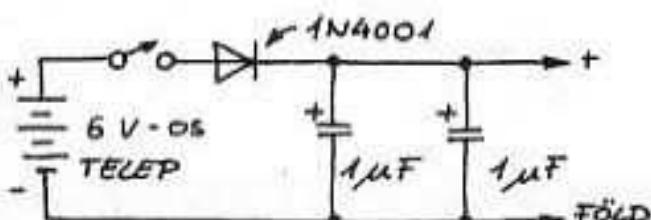
A legtöbb fénnyel vezérelt villanó ilyen (Xenon villanótényegység)

# Digitális integrált áramkörös kapcsolások

A következőkben néhány TTL és CMOS kapcsolást ismertetünk.

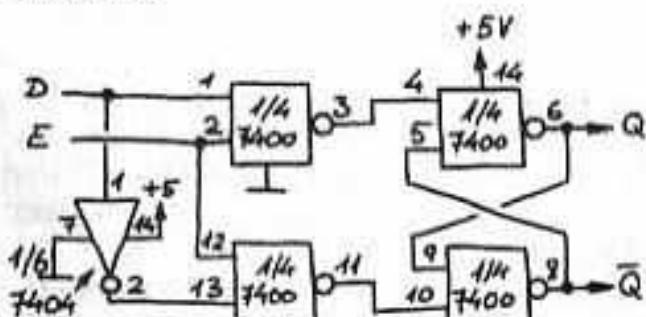
## TTL kapcsolások

### • A TTL kapcsolások működtetésének szabályai:



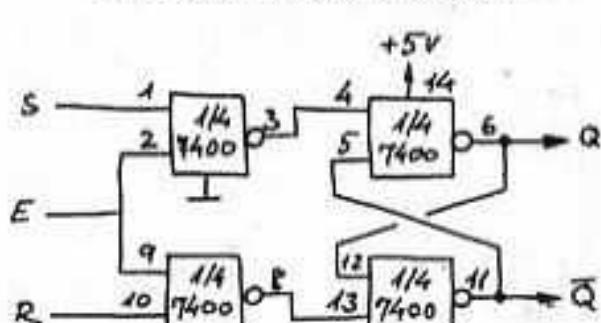
1. A tápfeszültség nem lehet 5,25 V-nál nagyobb!
2. A bemenetekre jutó feszültség nem lehet 5,25 V-nál nagyobb!
3. A bemenetekre jutó feszültség minden feleljen meg valamelyik logikai szintnek, ne hagyjuk "lebegni" a bemeneteket!
4. A fel nem használt kapuk bemeneteit is kössük be úgy, hogy kimeneteiken H (magas) szint legyen! (Pl. egy nem használt NAND (NEM-ÉS) kapu egyik bemenetét kössük H feszültségszintre!) Ezzel csökkentjük az IC áramfelvételét!
5. Ne használunk hosszú vezetéket az áramkörben!
6. Az egység tápfeszültség-bevezetési pontjai közé írtassunk be egy 1...10  $\mu$ F-os kondenzátort!
7. Több integrált áramkört tartalmazó kapcsolás esetén minden egyes tok tápfeszültségpontjai és a föld közé is kössük be egy-egy 0,1  $\mu$ F-os kondenzátort!
8. Ne felejtsük el, hogy a TTL áramkörök sokkal több áramot vesznek fel, mint az LS vagy a CMOS áramkörök!

### • D tároló



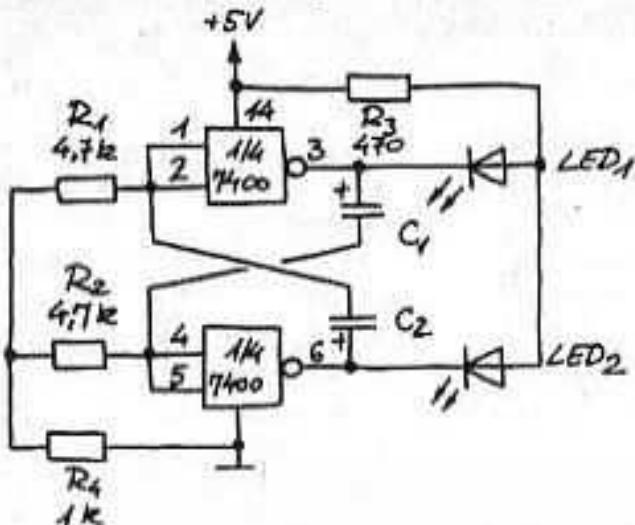
$Q = D$ , ha az E engedélyező H szinten van.  
Ha E az L szinten van, változás nem következik be.

### • Óravezérelt RS tároló



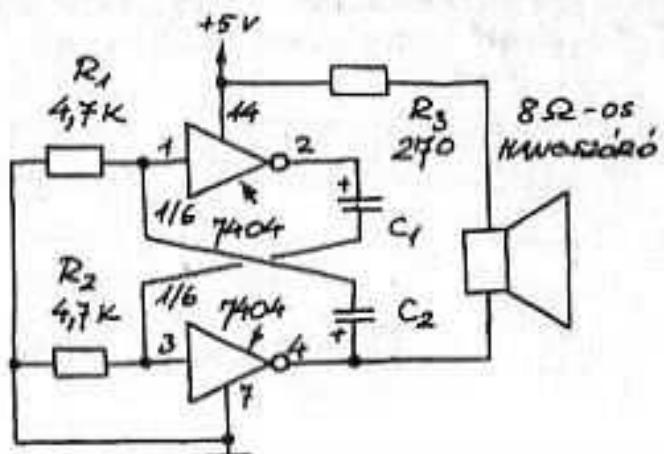
Ha az E engedélyezőbemenet H szinten van, az áramkör RS tárolóként működik.

• Két LED-es villogó



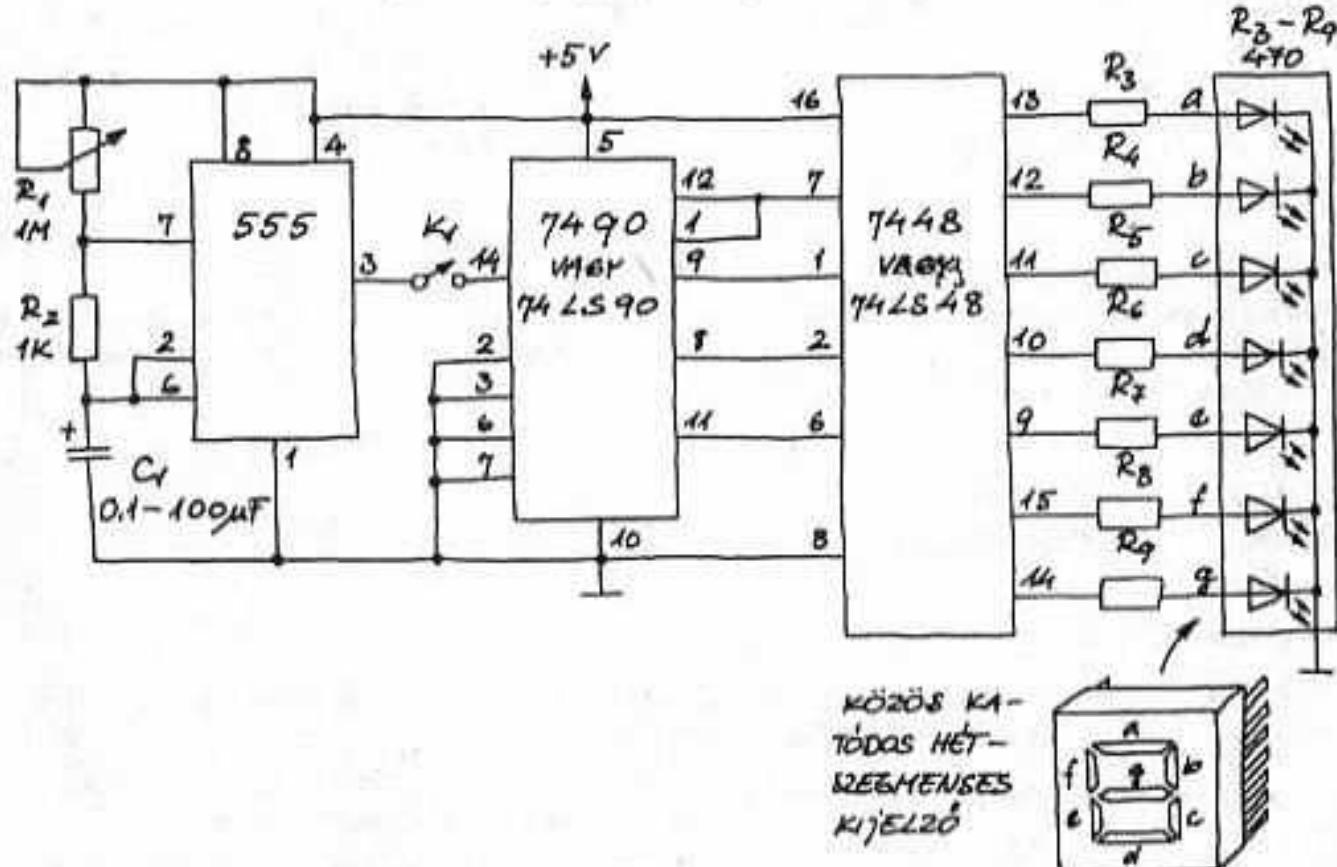
A LED-ek 2 Hz frekvenciával villognak  
(másodpercenként kétszer villannak fel)  
 $C_1 = C_2 = 47 \mu\text{F}$ .

• Hanggenerátor



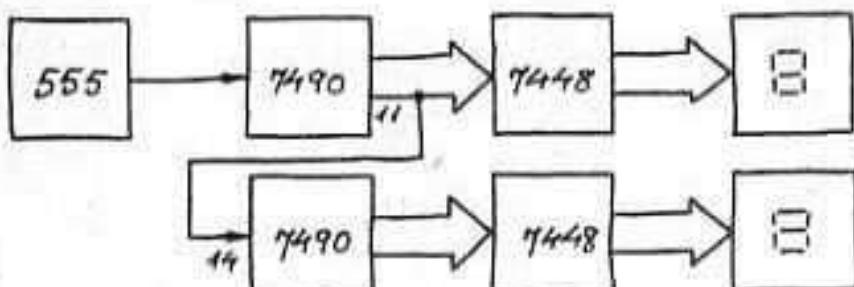
A hangszóró 4 kHz-es hangot sugároz ki, ha  
 $C_1 = C_2 = 0.1 \mu\text{F}$ .

• Időmérő a 0...9 másodperces (vagy perces) tartományban



A K<sub>1</sub> kapcsoló zárása után az 555-ös áramkörből érkező jeleket a 7490-es IC számlálja. A 7490 kimenetén megjelenő BCD kódot a 7448-as IC hétszegmenses kijelző szegmenseinek meghajtására alkalmas hétbites számmá alakítja át. Az R<sub>1</sub> és a C<sub>1</sub>

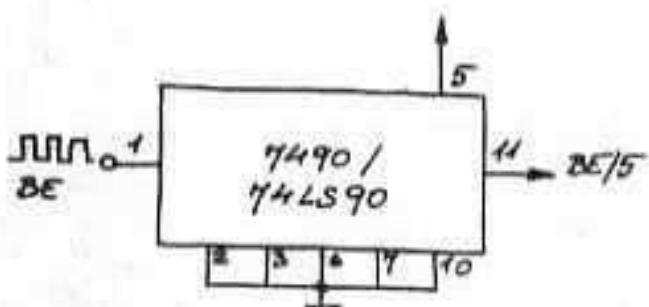
értékének változtatásával széles tartományban módosíthatjuk elektronikus óráink időalapját. Áramkörünket további számjegyekkel (helyi értékekkel) bővíthetjük a következő kapcsolásnak megfelelően:



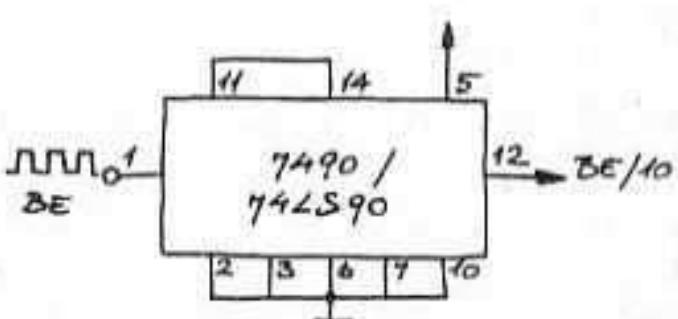
• Ötös osztó

• Tízes osztó

Megjegyzés: Ez az áramkör tetszőleges áramkörből érkező impulzusok számlálására alkalmas. Ehhez az 555-ös IC-t ki kell venni az áramkörből, és a 7490-es bemenetére max. 5 V-os jeleket kell adni.



A beérkező jelsorozat minden ötödik impulzusára jelenik meg a kimeneten egy impulzus. Az előbbi áramkör bemenetére is rákötthető.

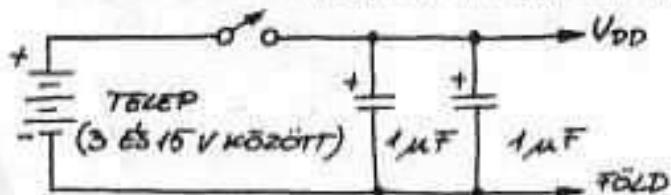


A beérkező jelsorozat minden tízdedik impulzusára jelenik meg impulzus. Szintén alkalmazható az időzítő áramkör bemenetén.

## CMOS kapcsolások

### • Működési feltételek

1. A CMOS áramkör pozitív tápfeszültsége +3..15 V (vagy +18 V). Alkalmazzuk a 125. oldalon látható tápegységet, vagy ami még jobb, telepet!



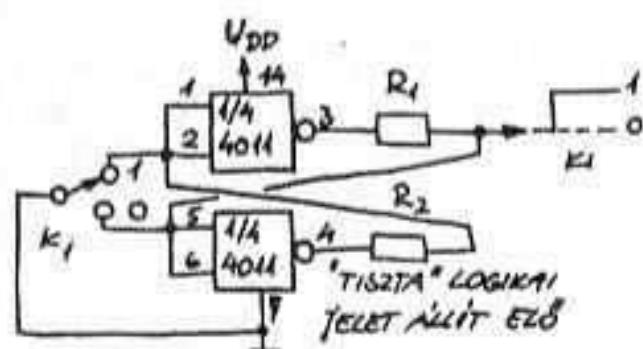
2. A CMOS IC-k bemeneti feszültsége nem haladhatja meg a tápfeszültséget.
3. Az összes fel nem használt bemenetet a pozitív tápfeszültségre vagy a földpotenciádra kell kötni.

4. Tápfeszültség nélküli CMOS áramkörre soha ne adjunk bemenő jeleket!

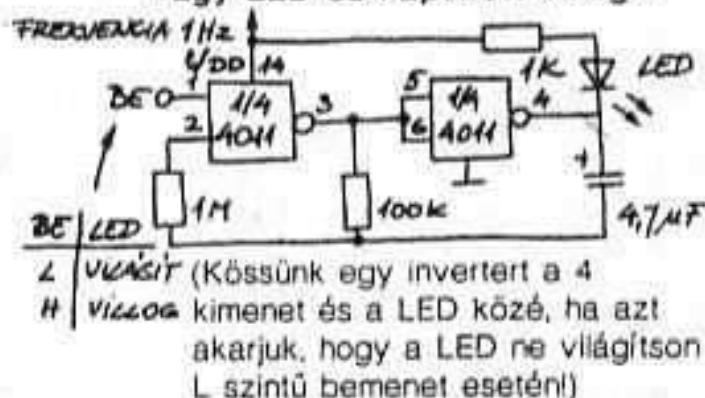
### • Hogyan bánjunk a CMOS áramkörökkel?

1. Az áramkörbe be nem épített CMOS tokokat aluminiumfóliára vagy tálcara állítva kell tárolni.
2. Sose tároljunk CMOS IC-t nem vezető műanyag szemcsék között, műanyag tálca, zacskóban vagy habban! Tároláskor nyomjuk bele az aluminiumfóliával betekert szivacsba vagy elektromosan vezető habanyakba az áramköröket.
3. Ne használjunk hálózatról közvetlenül működtetett forrasztópákat a CMOS IC-k forrasztására! Használjunk IC foglalatot, elemről táplált forrasztópákat vagy wrappelt hozzávezetéseket!
4. Mielőtt kézbe vennénk a CMOS IC-t, érintsünk meg valamilyen földelt tárgyat, így a testünkön levő töltés eltávozik.

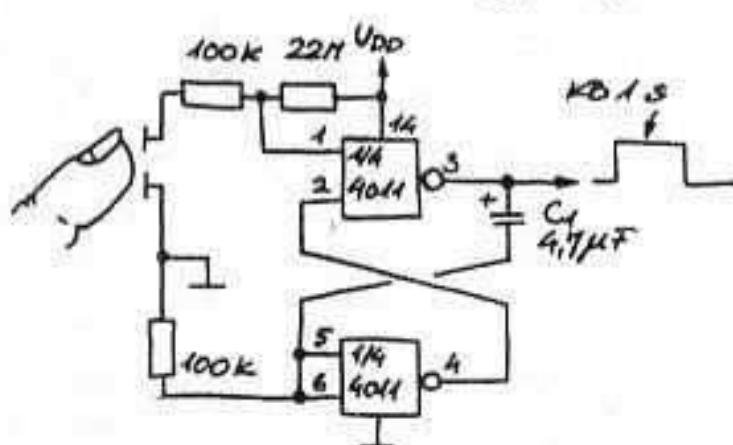
### • Pergésmentesített kapcsoló



### • Egy LED-es kapuzott villogó

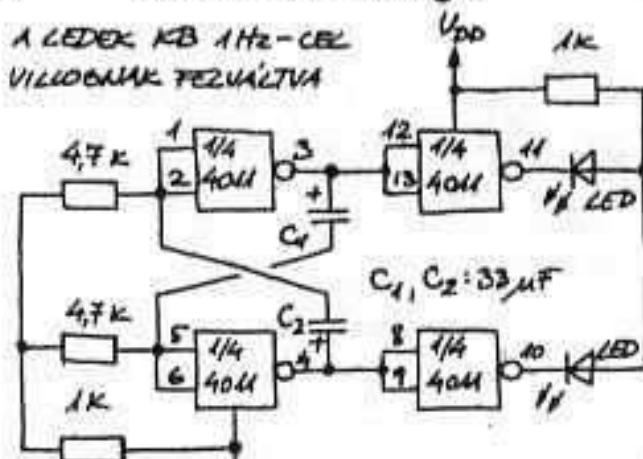


### • Érintéssel működtetett egyes impulzusadó



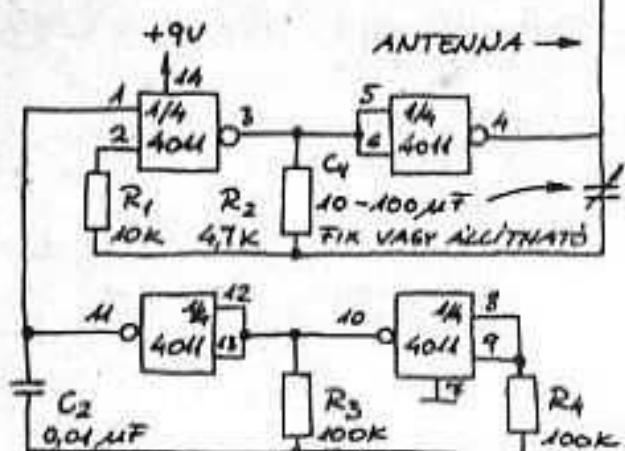
A C1-gyel változtatható a kimeneti impulzus időtartama.

### • Két LED-es villogó



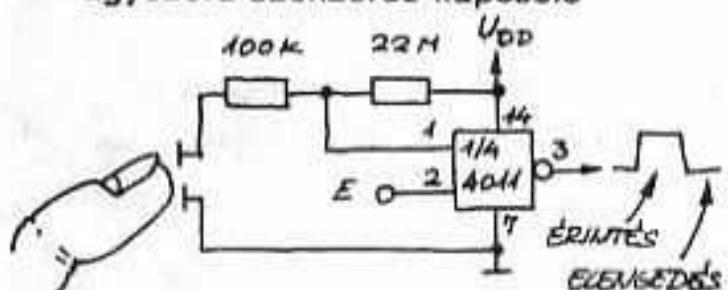
A C1-gyel és a C2-vel változtathatjuk a LED-ek villogási frekvenciáját.

### • Mini rádióadó



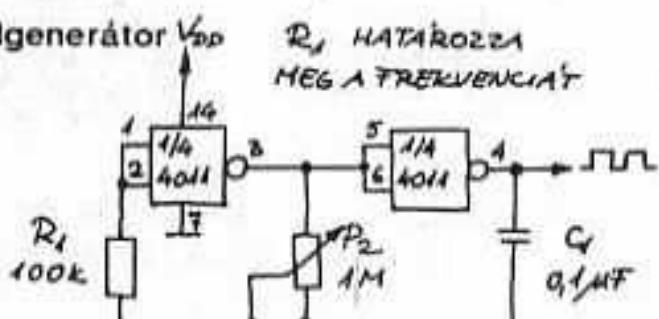
Ezzel az áramkörrel hangjelet küldhetünk egy közelí rádió-vevőkészülékhez. Hangoljuk a rádiót és/vagy a C<sub>1</sub> kondenzátort addig, amíg nem hallható a hang! Használunk hangolópálcát vagy szigetelt csavarhúzót a C<sub>1</sub> hangolásához! C<sub>2</sub> a hang frekvenciáját határozza meg. Antannaként kb. félméteres vezeték is megfelelő.

### • Egyszerű szenzoros kapcsoló



Az áramkör H szintű bemenő engedélyezőjel esetén működik.

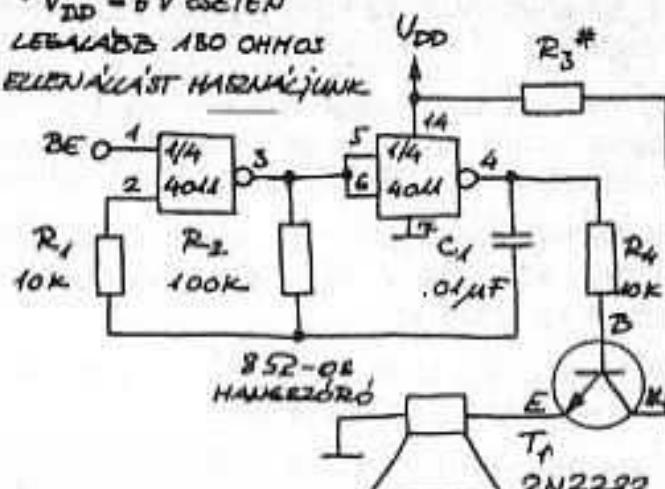
### • Jelgenerátor $V_{DD}$



Itt az R<sub>1</sub> határozza meg a frekvenciát. CMOS áramkörök órajelének előállítására használható.

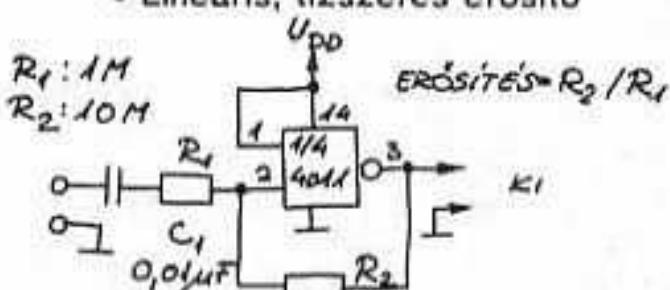
### • Kapuzott hanggenerátor

\*  $V_{DD} = 5V$  ESETÉN  
LEGAZABÓ 180 OHMOS  
ELLENÁLLÁST HASZNÁLJUNK



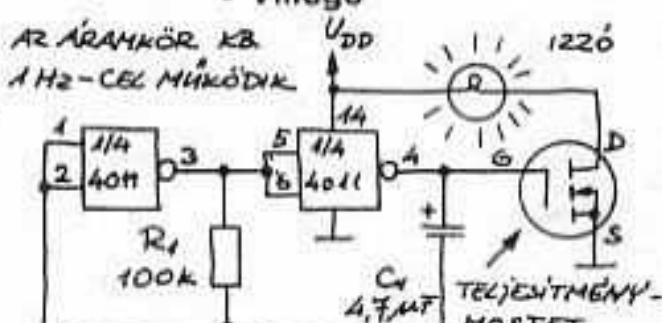
A feltüntetett alkatrészértékek esetén 1,3 kHz-es hangjelet kapunk. A hang frekvenciáját a C<sub>1</sub>-gyel és az R<sub>2</sub>-vel lehet változtatni, a hangerőt pedig R<sub>3</sub>-mal. A bemenet lehet (Udd/föld) kapcsoló vagy logikai jel.

### • Lineáris, tízszeres erősítő



Ez az áramkör példa egy digitális kapu nem digitális alkalmazására.

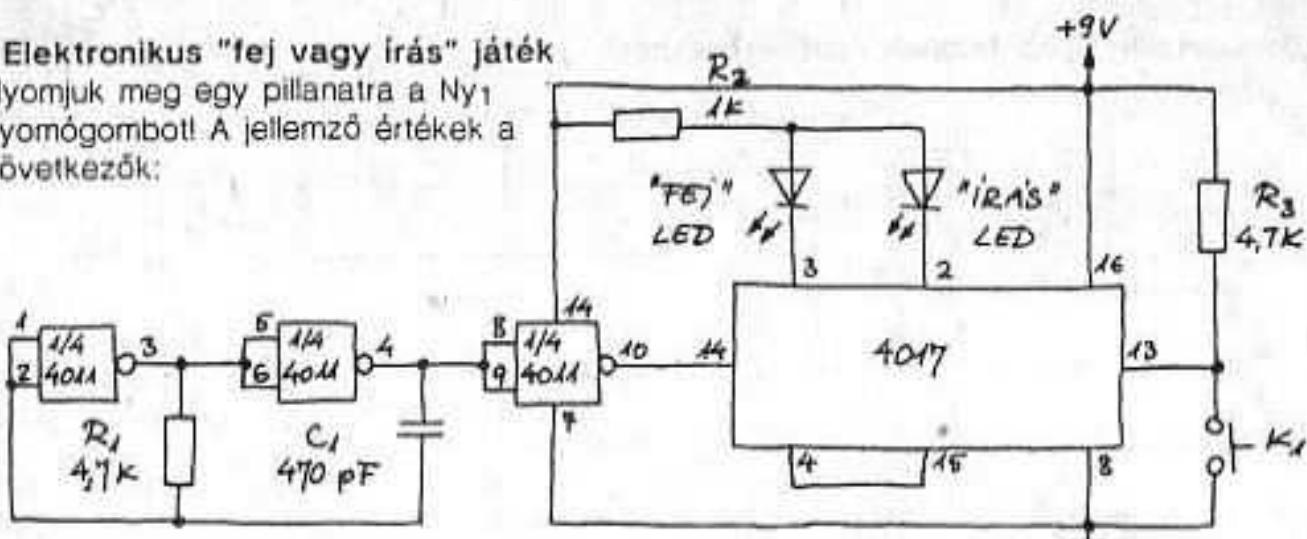
### • Villogó



A C<sub>1</sub> és az R<sub>1</sub> a villogás frekvenciáját határozza meg. (Az izzóhoz külön tápegységet is használhatunk).

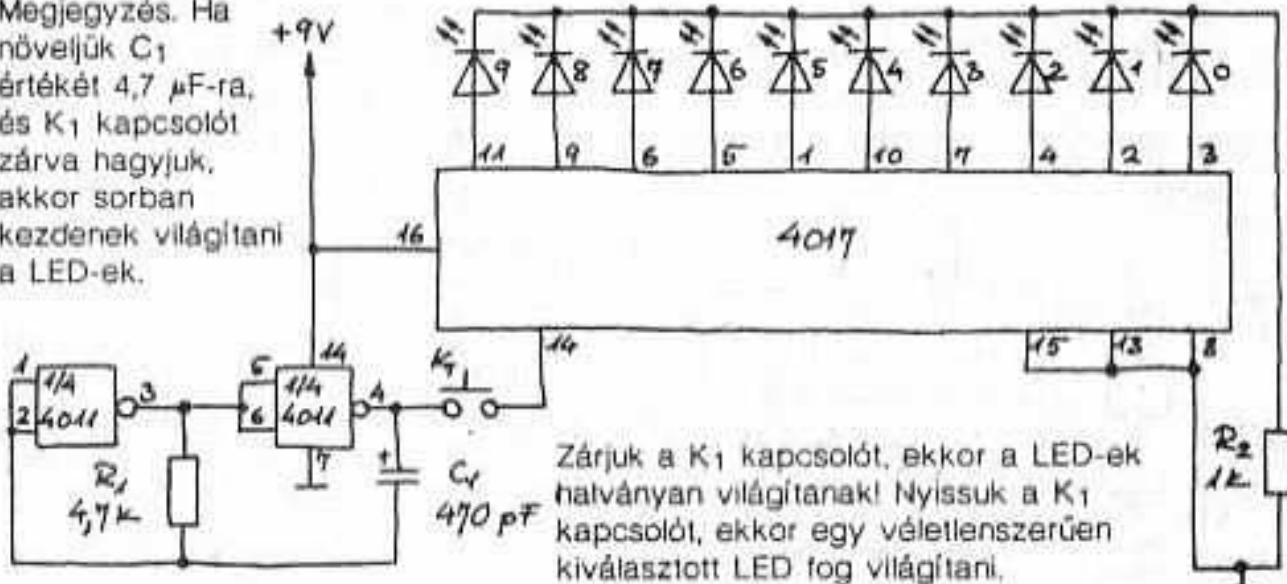
### • Elektronikus "fej vagy írás" játék

Nyomjuk meg egy pillanatra a Ny1 nyomógombot! A jellemző értékek a következők:



### • Véletlenszám-generátor

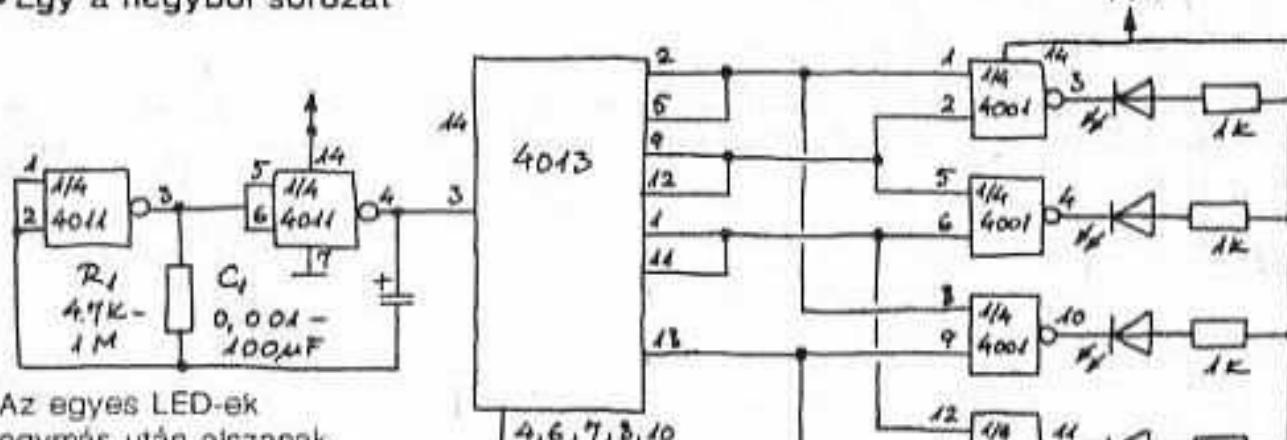
Megjegyzés. Ha növeljük  $C_1$  értékét  $4,7 \mu\text{F}$ -ra, és  $K_1$  kapcsolót zárva hagyjuk, akkor sorban kezdenek világítani a LED-ek.



### LED KIJELZŐSOR

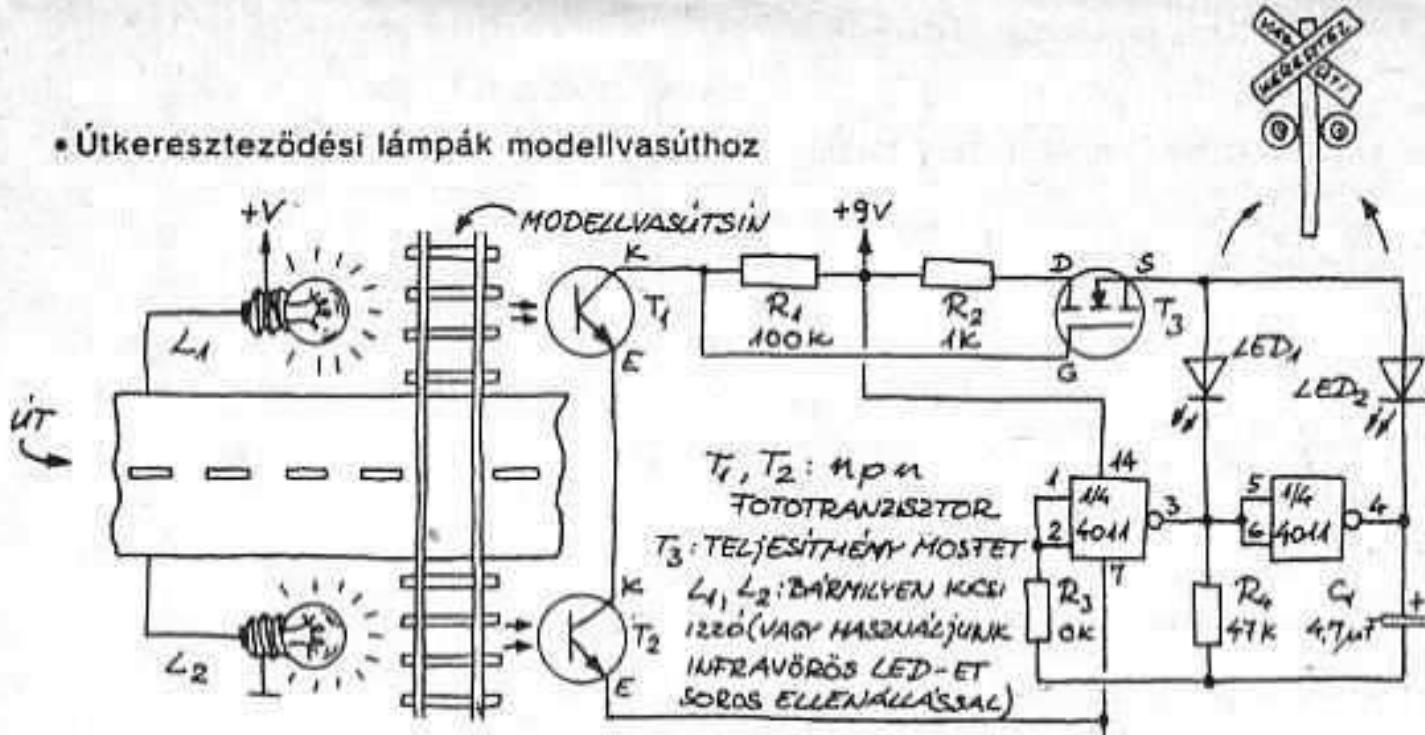
Zárjuk a  $K_1$  kapcsolót, ekkor a LED-ek halványan világítanak! Nyissuk a  $K_1$  kapcsolót, ekkor egy véletlenszerűen kiválasztott LED fog világítani,

### • Egy a négyből sorozat



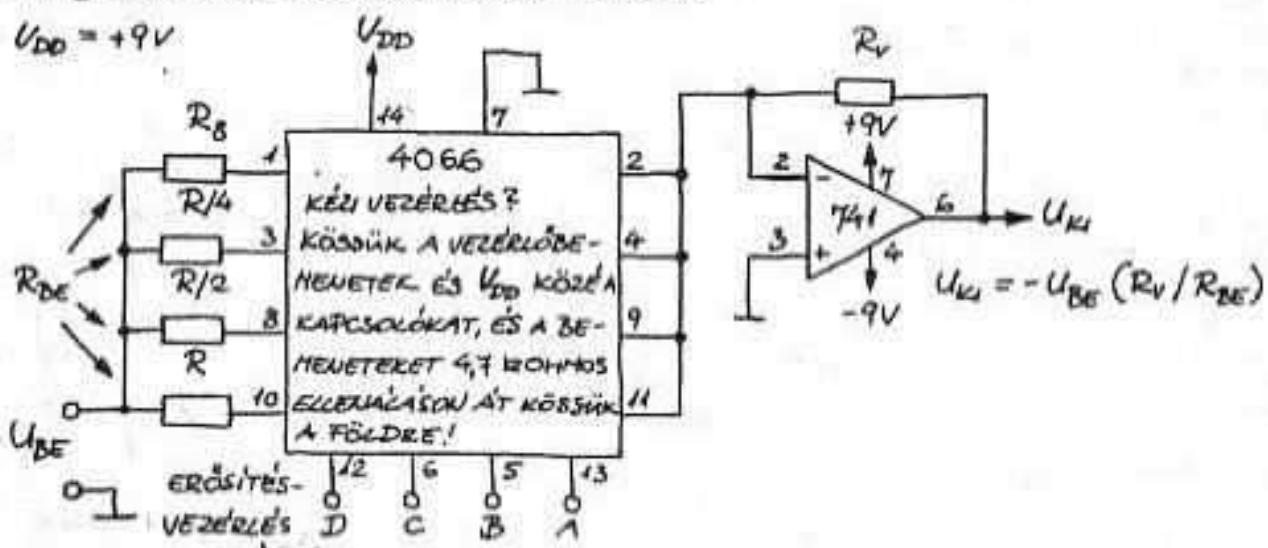
Az egyes LED-ek egymás után aliszannak ki. Használjuk pl. jelfogó működtetéséhez!

• Útkereszteződési lámpák modellvasúthoz



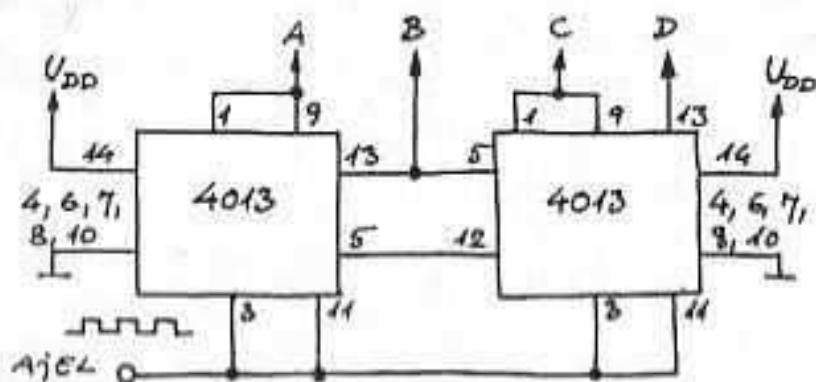
Ha jön a vonat és eltakarja a fényt a  $T_1$  vagy  $T_2$  elől, akkor a LED-ek felváltva villognak addig, amíg a vonat elhalad. Árnyékoljuk a  $T_1$ -et és  $T_2$ -t a normál fényhatásuktól egy-egy megfelelő méretű csővel!

• Programozható erősítésű műveleti erősítő



Az  $R_{BE}$  változtatására adjunk vezérlőjeleket az ABCD bemenetekre! Ha 0001-től 1111-ig változtatjuk a bemenő jeleket, akkor  $R_{BE}$  értéke  $R$ -től  $R/15$ -re módosul. Tipikus értékek:  $R = R_F = 10\text{ k}\Omega$

• "Mindegyik Be, mindegyik Ki" sorrendi áramkör



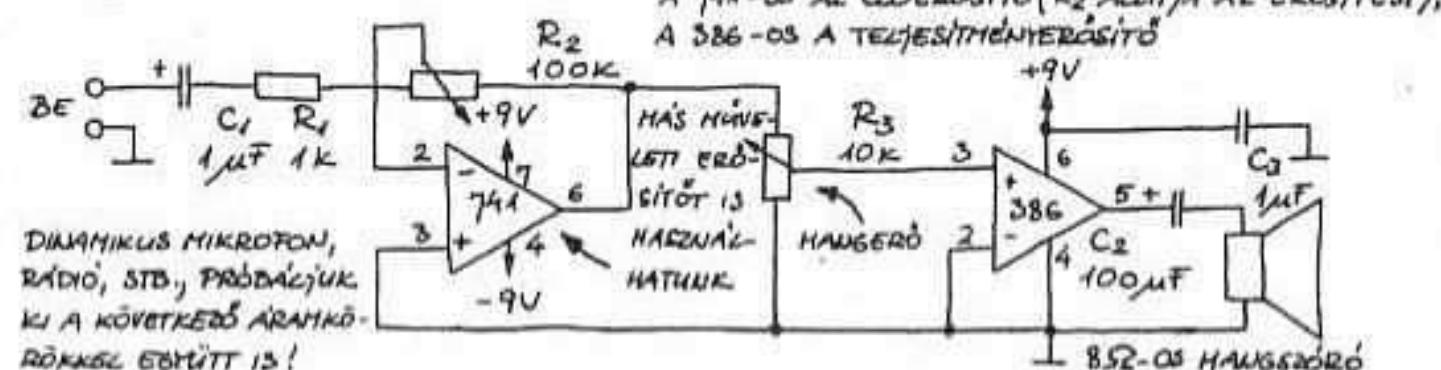
Minden kimenet először L (alacsony), majd H (magas) szintre kerül, sorban egymás után A...B...C...D...A...B... stb. sorrendben. A kimeneteket LED-ekkel lehetővé téve láthatóvá. A "Bucket brigade" (vödörlánc) működés céljára kössük össze az első 4013-as IC 5-ös lábát a második 13-as (és nem a 12-es) lábával!

## Analóg integrált áramkörök

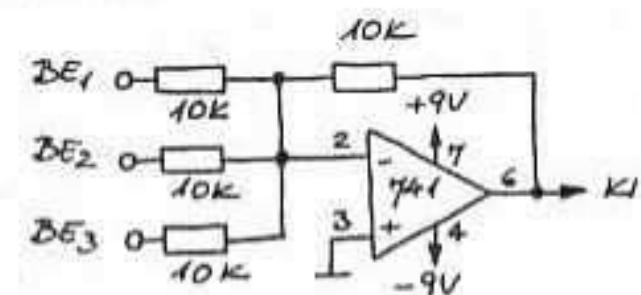
Analóg integrált áramkörökkel igen sokféle kapcsolást állíthatunk össze. Néhány a lehetséges változatok közül:

### Műveleti erősítős kapcsolások

• Hangfrekvenclás erősítő

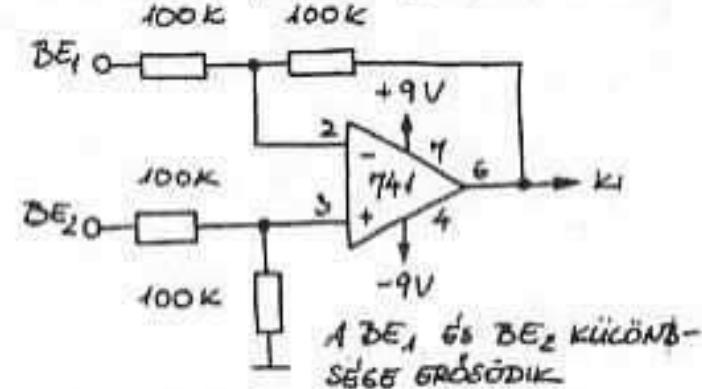


• Keverő



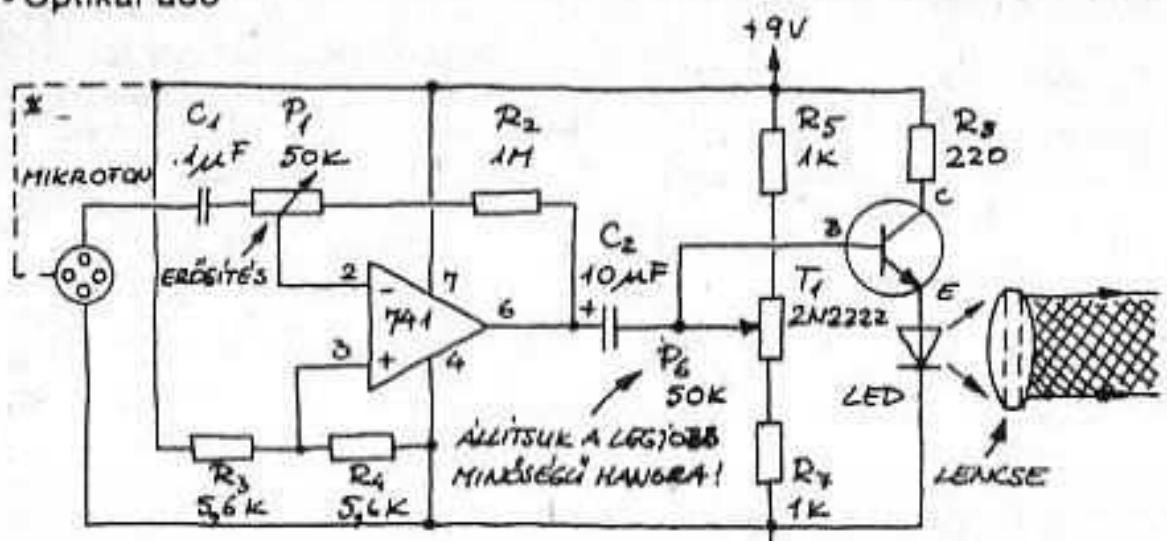
A különböző bemenetek egyidejűleg hatásosak. Ezt az áramkört használjuk az előző hangfrekvenclás erősítővel együtt!

• Differenciál-(különbségképző) erősítő



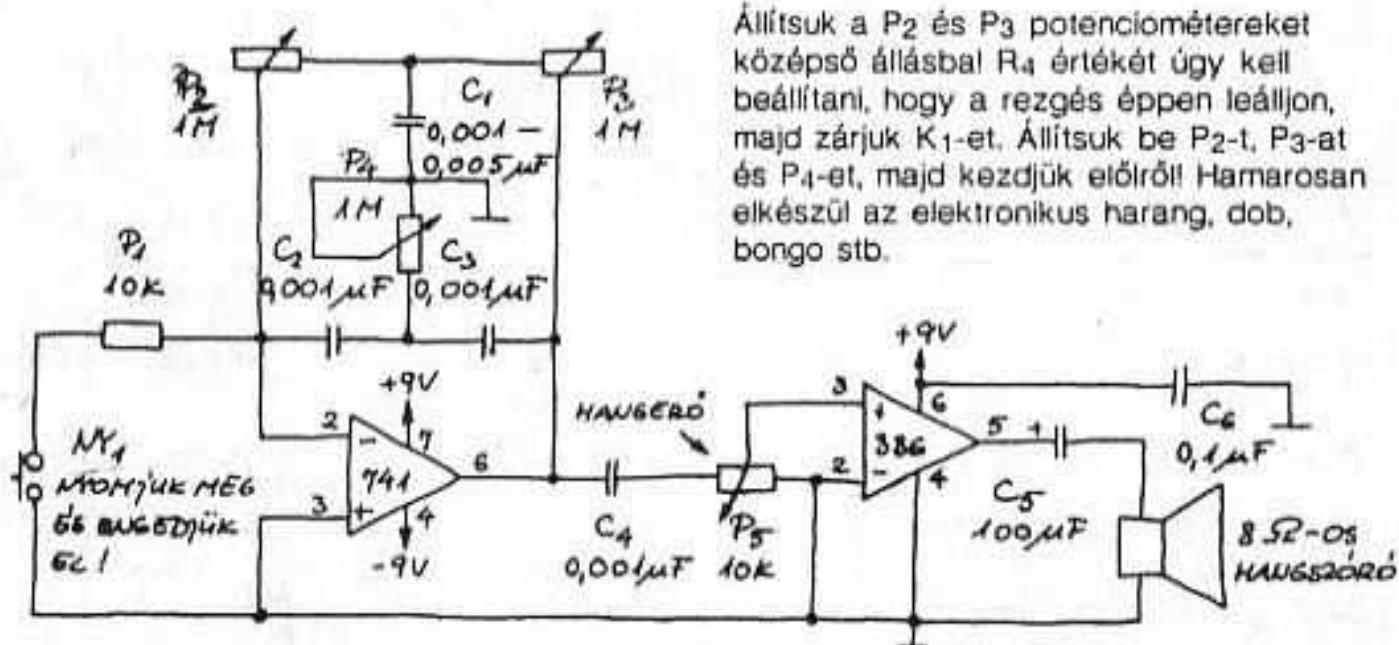
A  $BE_1$  és  $BE_2$  bemenet feszültségének különbségét erősíti.

• Optikai adó



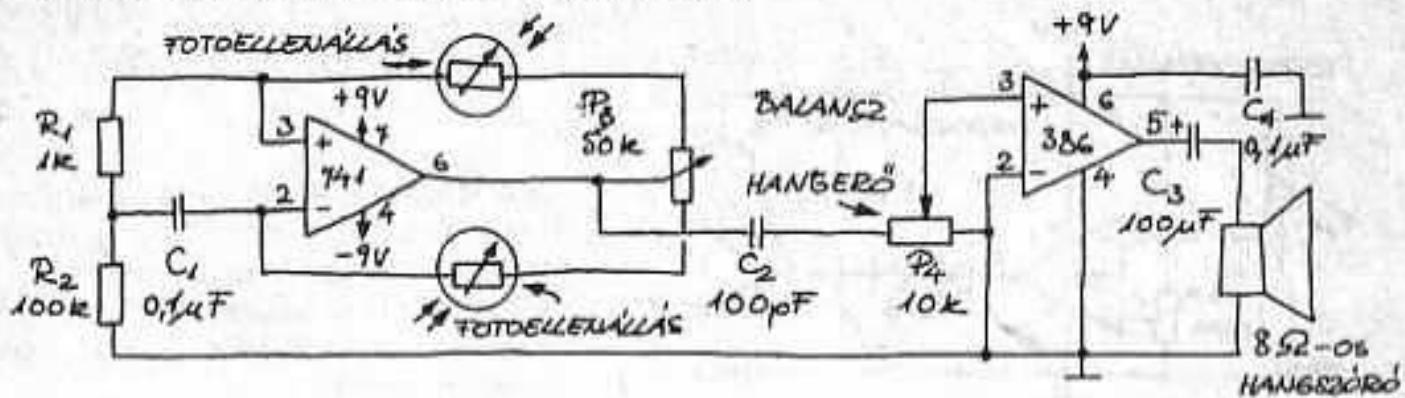
Az áramkör megépítéséhez szükségünk van egy kristály- vagy kondenzátor mikrofonra, valamint egy infravörös LED-re. Lencsék segítségével a LED-ről érkező fényt keskeny, párhuzamos fénynyalábbá fokuszálhatjuk. Ellenőrzésképpen helyezzük egy működő rádió fejhallgatóját a mikrofon közelébel. A megfelelő érzékenységet az P<sub>1</sub> és az P<sub>6</sub> potenciometerek beállításával lehet elérni.

• Ütőhangszer- (csengő-, dob- stb.) szintetizátor



Állítsuk a P<sub>2</sub> és P<sub>3</sub> potenciometereket középső állásba! R<sub>4</sub> értékét úgy kell beállítani, hogy a rezgés éppen leálljon, majd zárjuk K<sub>1</sub>-et. Állítsuk be P<sub>2</sub>-t, P<sub>3</sub>-at és P<sub>4</sub>-et, majd kezdjük előlről! Hamarosan elkészül az elektronikus harang, dob, bongo stb.

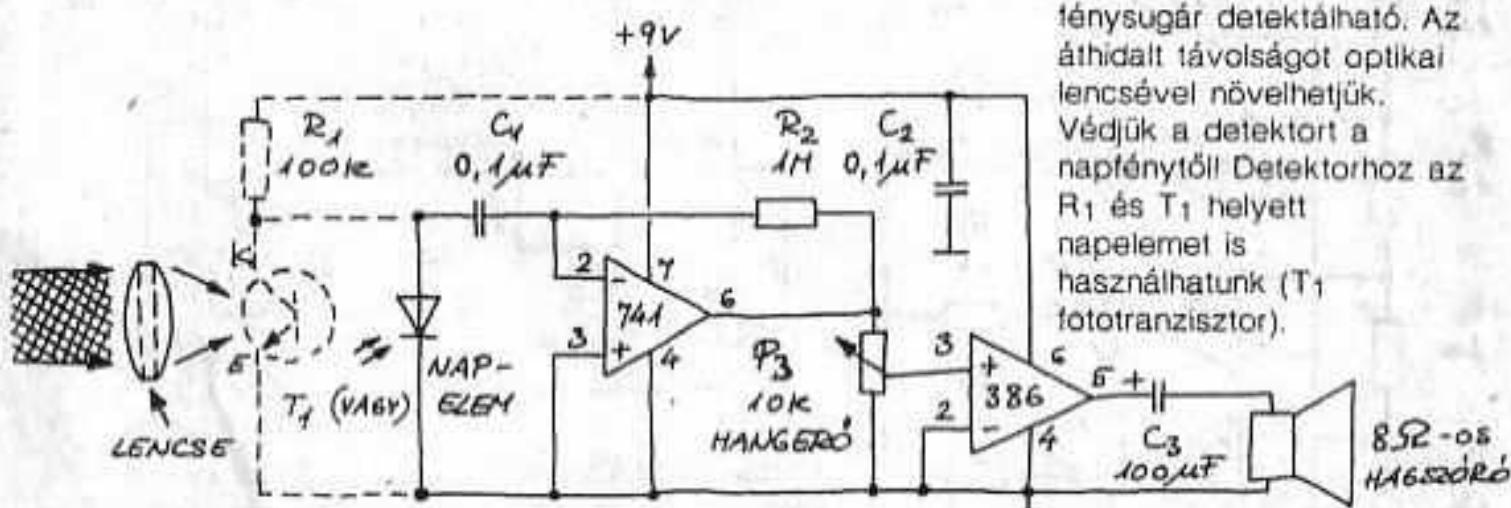
### • Fényérzékeny fel-le skálázó hanggenerátor



Helyezzük el ezt az áramkört és egy vakut egy sötét szobában, majd villantsuk el a vakuut!

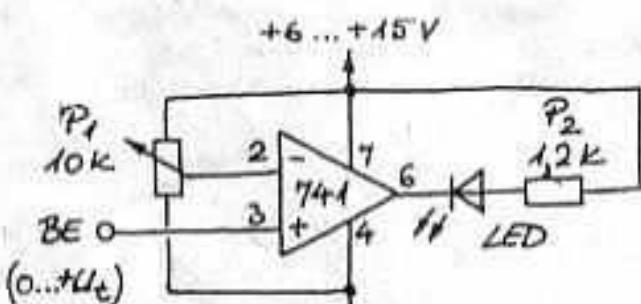
### • Optikai vevő

Ezzel az áramkörrel a hangfrekvenciával modulált fény sugár detektálható. Az áthidalta távolságot optikai lencsével növelhetjük. Védjük a detektort a napfénytől! Detektorhoz az R<sub>1</sub> és T<sub>1</sub> helyett napelemet is használhatunk (T<sub>1</sub> fototranzisztor).



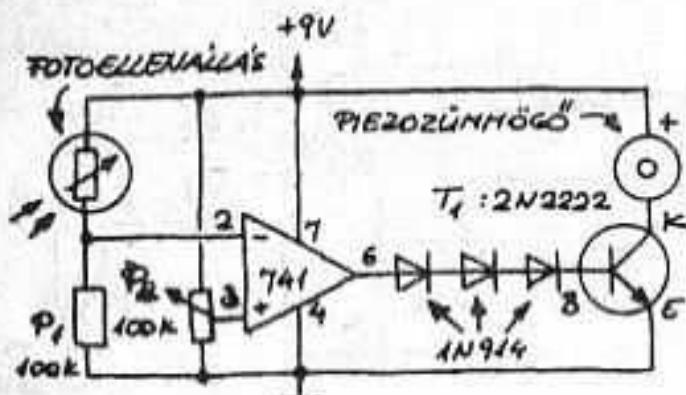
### Komparátorkapcsolások

#### • Feszültségkijelző



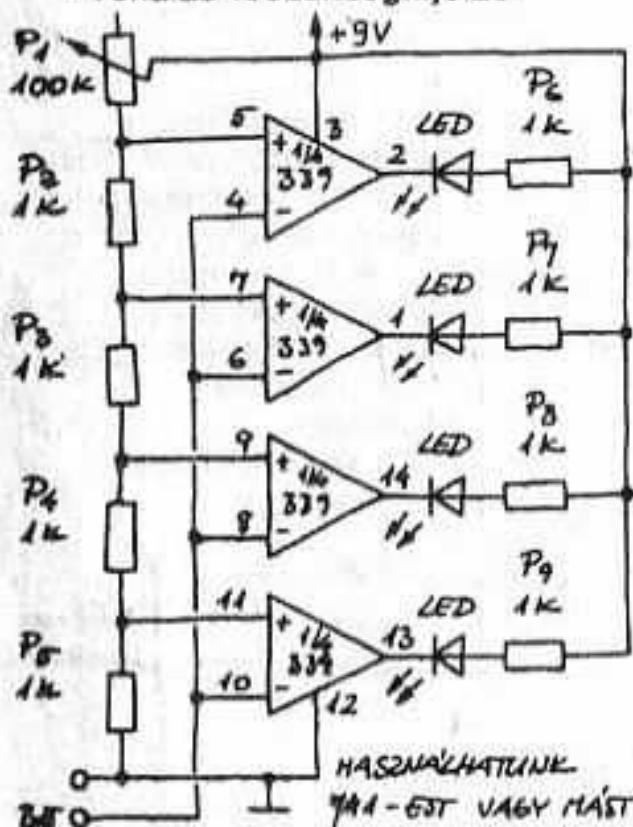
Ha a bemeneti feszültség 0 V, akkor a LED világít, ha pedig a bemeneti feszültség eléri a P<sub>1</sub> által meghatározott feszültségszintet, akkor a LED kialszik. A 2-es és 3-as láb (kivezetés) csatlakozásait felcserélve fordított működést érhetünk el.

## • Fényerőkijelző



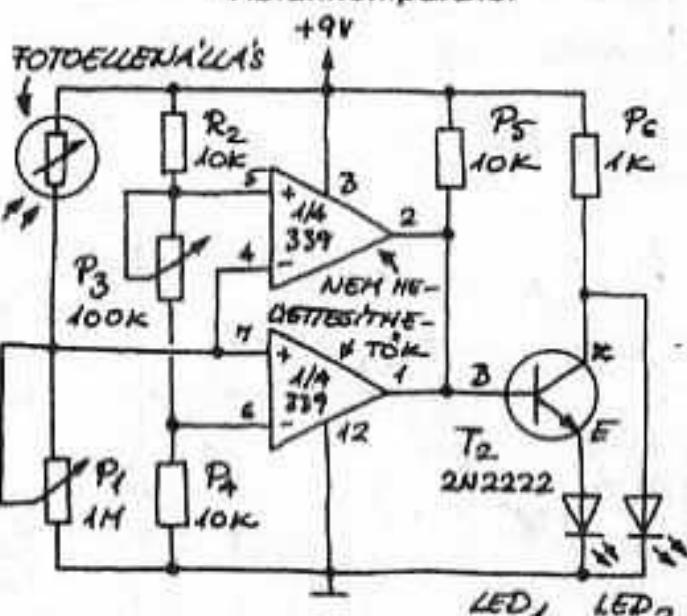
Ha a fényerő a  $P_2$  által meghatározott szint alá csökken, akkor a hangszóró megszólal. Ha azt akarjuk, hogy a LED a fény növekedése esetén világítson, cseréljük fel a 2-es és 3-as lábak vezetékeit!

## • Vonalas feszültségkijelző



A bemeneti feszültség növekedésével sorban kezdenek világítani a LED-ek. A  $P_1$  potenciometerek szabályozza az érzékenységet.

## • Ablakkomparátor

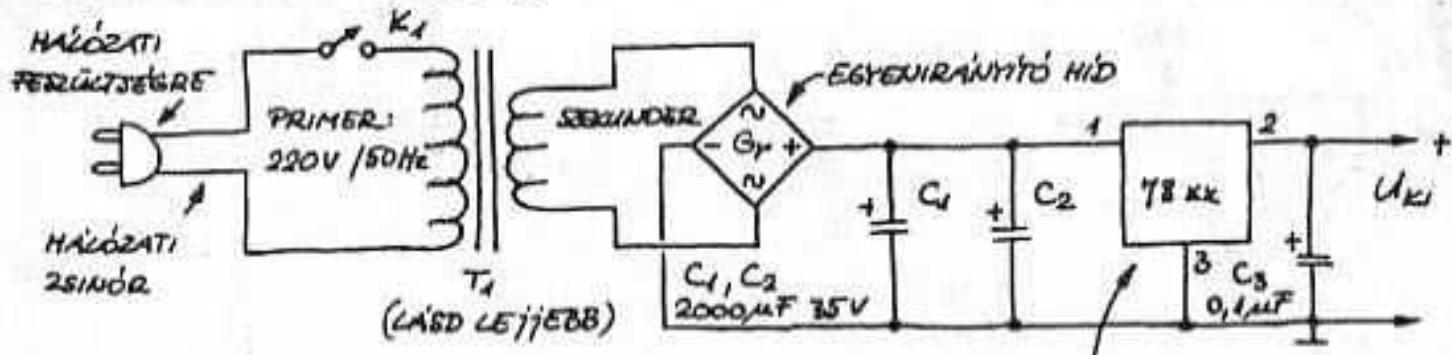


Állítsuk  $P_1$ -et középső állásba! Kapcsoljuk ki a világítást, és úgy állítsuk be  $P_3$ -at, hogy a  $LED_2$  éppen kialudjon! Ekkor az áramkör a következőképpen működik ( $R_2$  és  $P_3$  a működést szabályozza):

	Sötét	Világos
$LED_1$ =	Ki	Be
$LED_2$ =	Be	Ki

## Feszültségszabályozó kapcsolások

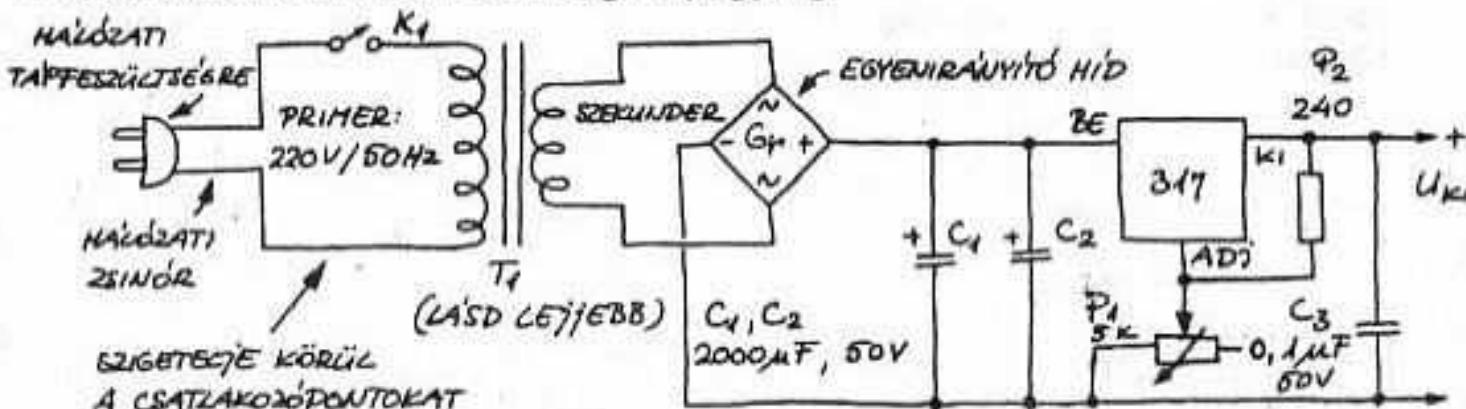
### • Stabilizált hálózati tápegység



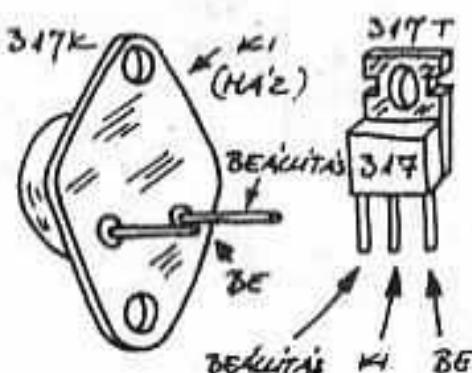
Ez az egyszerű tápegység maximum 1,5 A-es áramot tud kiadni a kimenetén, ha az IC hűtése megfelelő.

Feltétlenül a megfelelő feszültségre és áramhatárra méretezett transzformátort használunk! Túlmelegedés esetén a szabályozó (stabilizátor) lekapcsol. A jobb hatásfok elérése érdekében helyezzünk szilikonzsírt az integrált áramkör fémháza és a hűtőborda közé! Minden, a hálózathoz csatlakozó vezetéket szigetelni vagy más módon az érintéstől védeni kell!

### • Változtatható kimeneti feszültségű tápegység

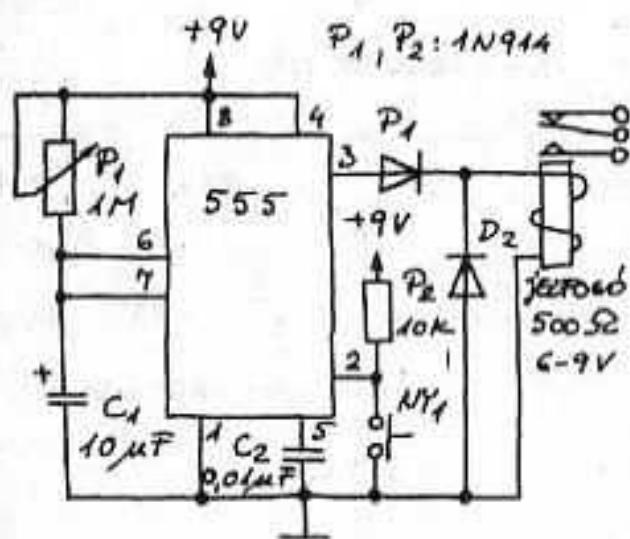


Ez a szabályozható tápegység 1.2..37 V-os feszültséget képes adni egészen 1.5 A áramerősséggel. A kimeneti feszültség a P<sub>1</sub> potenciometerrrel állítható. Ha ez a feszültség nem éri el a minimális, 1.2 V-os értéket, P<sub>1</sub> szélső állapotában az ellenállás értéke nem elég kicsi. A T<sub>1</sub> transzformátor szekunder feszültségének 25 V-nak (vagy ennél nagyobbnak) kell lennie, és 2 A-re (vagy többre) kell méretezni.



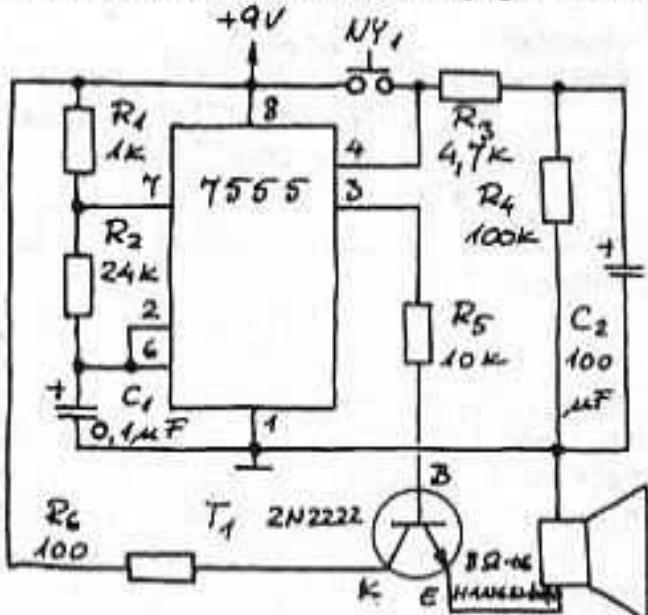
## Időzítőkapcsolások

### • A legegyszerűbb időzítő



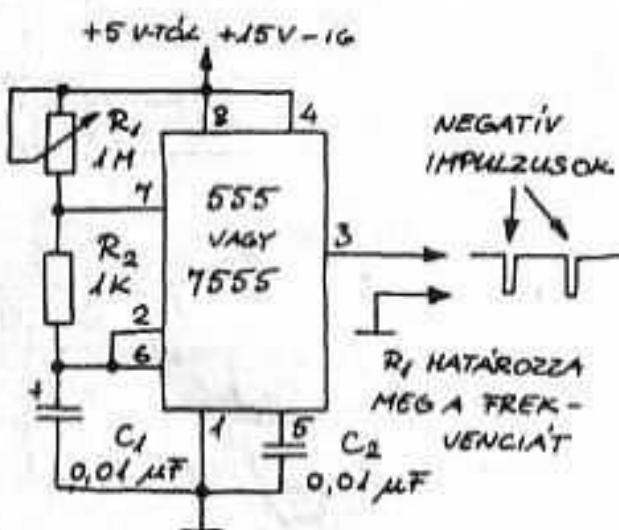
A ciklus megindításához zárnak rövid időre a K<sub>1</sub> kapcsolót! A jelfogó a ciklus befejezéséig behúzva marad, a késleltetési időt P<sub>1</sub> és C<sub>1</sub> határozza meg. Igen nagy C<sub>1</sub> esetén hosszú késleltetést érhetünk el. Az áramkör logikai jelekkel vezérelve is működik.

### • Hangfrekvenciás jelcsomag-generátor



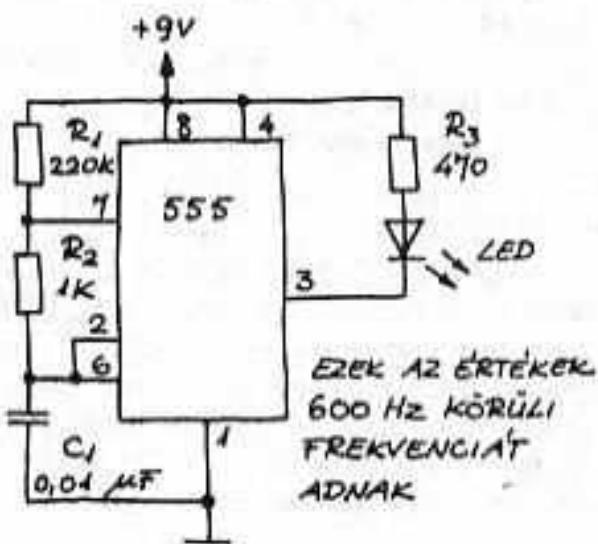
A K<sub>1</sub> kapcsoló záráskor a hangszóró a C<sub>1</sub> által meghatározott frekvenciájú hangot ad ki. K<sub>1</sub>-et kinyitva, még néhány másodpercig hallható a hang. Ezt a késleltetést a C<sub>2</sub> és az R<sub>4</sub> határozza meg (csak 7555-ös integrált áramkört használunk, az 555-ös túl nagy áramot vesz fel).

### • Impulzusgenerátor



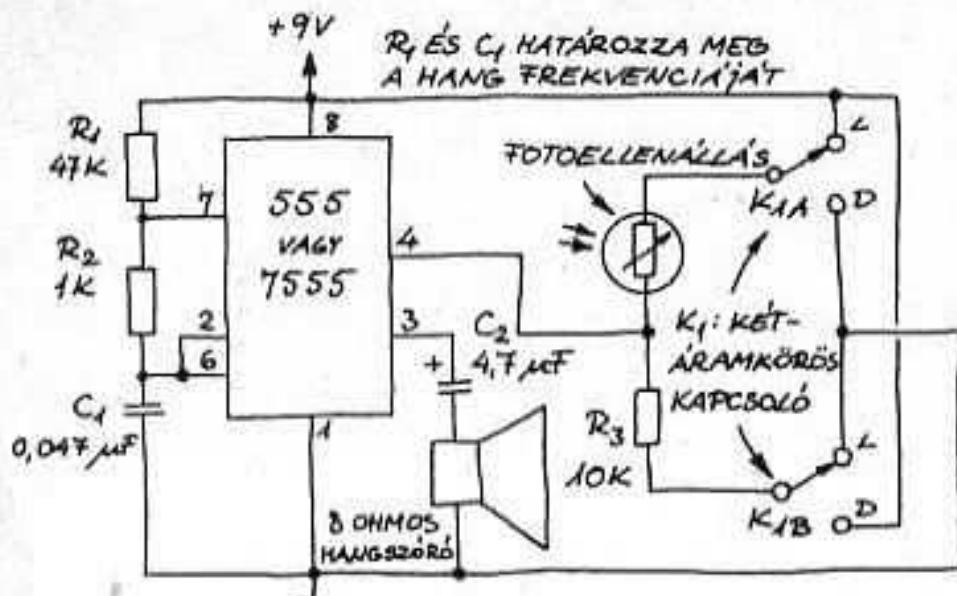
Ezt az áramkört többek között digitális áramkörök bemenő jelének előállítására használhatjuk.

### • LED-es hangfrekvenciás fényadó



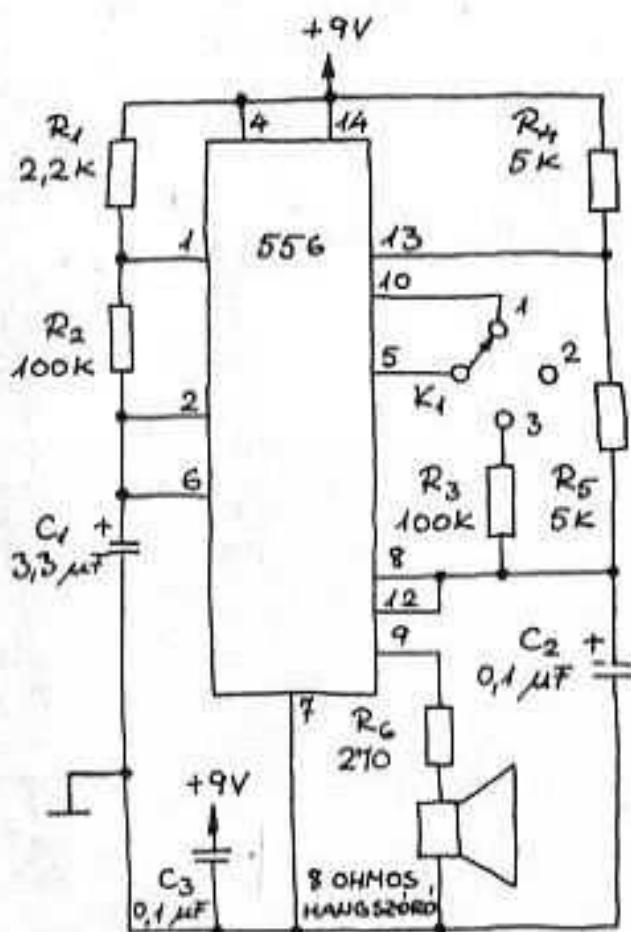
Fényvészők tesztelésére használható.

### • Fény/sötétség-detektor



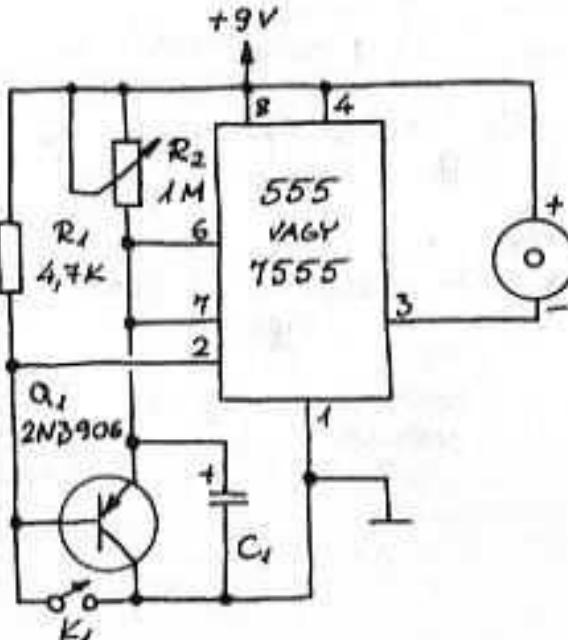
Ha K<sub>1</sub> 1-es helyzetben van, a hangszerő akkor ad ki hangot, ha a fotoellenállást fény éri. Ha K<sub>1</sub> 2-es állapotba került, a hangszerő abban az esetben ad ki hangot, ha a fotoellenállás nincs megvilágítva.

### • Háromállapotú hanggenerátor



- K<sub>1</sub>:
- 1 - HANGCSOMAGOK
  - 2 - ÁLLANDÓ HANG
  - 3 - KÉT HANG
- Wavy lines below the list represent different waveforms corresponding to the states: 1. High-frequency square waves, 2. Low-frequency square waves, 3. Double frequency square waves.

### • Riasztás elmaradásakor jelző áramkör



A tápfeszültségre kapcsolt áramkörben levő 555-ös integrált áramkör megkezdi az időzítőciklust. Ennek végén megszólal a piezozümmögő, hacsak K<sub>1</sub>-et még a ciklus vége előtt nem zárjuk. A ciklus bármikor a kezdeti állapotba hozható K<sub>1</sub> zárásával. Megjegyzés. A K<sub>1</sub> kapcsolót helyettesíthetjük egy különböző áramkörből érkező jellel is.

# Tartalomjegyzék

Ezt mindenki olvassa el!	3
Néhány szó a könyvről....	4
Lépjünk tovább!	4
<b>1. Elektromosság</b>	5
"Állítsuk munkába" az elektromosságot!	6
Kezdjük az alapoknál!	7
Sztatikus elektromosság	9
Az elektromos áram	12
Egyenáramú elektromos jelenségek	13
Az egyenáram hasznosítása	14
Az egyenáram előállítása	15
Váltakozó áram	17
Az egyen- és váltakozó jelek mérése	18
Balesetvédelem	18
Elektromos áramkörök	19
Impulzusok, hullámok, jelek és zaj	21
<b>2. Elektronikus alkatrészek</b>	23
Vezetékek és kábelek	23
Kapcsolók	24
Jelfogók (relék)	25
Mozgótekercses (Deprez-) műszerek	25
Mikrofonok és hangszórók	26
Ellenállások	27
Az ellenállások felhasználása	30
Kondenzátorok	30
Az ellenállások és kondenzátorok alkalmazásai	34
Tekercsek	36
Transzformátorok	38
<b>3. Félvezetők</b>	40
A szilicium	40
A dióda	42
A diódák alapalkalmazásai	45
A tranzisztor	46
Bipoláris tranzisztorok	46
A bipoláris tranzisztorok alkalmazása	48
Térvezérlésű tranzisztorok	50
Réteg-FET-ek (JFET-ek)	50
Fém—oxid—félvezető térvezérlésű tranzisztor (MOSFET)	52
A FET-ek alkalmazásai	54
A kétbázisú dióda	55

A tirisztor . . . . .	56
Szilíciumvezérelt egyenirányítók (SCR-ek) . . . . .	56
Triakok . . . . .	58
Kétkivezetéses tirisztorok . . . . .	59
<b>4. Optoelektronikai félvezető eszközök . . . . .</b>	<b>60</b>
A fény . . . . .	60
Optikai eszközök . . . . .	62
A konvex lencsék alkalmazása . . . . .	63
A félvezető fényfortások . . . . .	64
Fénydióda (LED) . . . . .	64
Fotoellenállás . . . . .	68
A pn-átmenetet tartalmazó detektorok . . . . .	70
Fotodiódák . . . . .	70
Fototranzisztorok . . . . .	72
Fototírisztorok . . . . .	74
Fénnyel bekapcsolható, szilíciumvezérelt egyenirányítók (LASCR) . . . . .	74
Napelemek . . . . .	75
<b>5. Integrált áramkörök . . . . .</b>	<b>76</b>
<b>6. Digitális integrált áramkörök . . . . .</b>	<b>78</b>
Mechanikus kapcsolós kapuk . . . . .	78
A bináris számrendszer . . . . .	79
Diódás kapuk . . . . .	80
Tranzisztoros kapuk . . . . .	81
A kapuk áramköri jelei . . . . .	82
Buszok ("adatországvutak") . . . . .	83
Kombinációs logikai áramkörök . . . . .	84
Szekvenciális logikai áramkörök . . . . .	86
Kombinációs-szekvenciális logikai rendszer . . . . .	88
Digitális integráltáramkör-családok (IC-k) . . . . .	89
<b>7. Analóg integrált áramkörök . . . . .</b>	<b>90</b>
A legegyszerűbb analóg áramkör . . . . .	90
Műveleti erősítők . . . . .	91
Időzítő áramkörök . . . . .	92
Függvénygenerátorok . . . . .	92
Feszültségszabályozók (stabilizátorok) . . . . .	93
Egyéb analóg integrált áramkörök . . . . .	93
<b>8. Áramkörök építése . . . . .</b>	<b>94</b>
Kísérleti áramkörök . . . . .	94
Végleges kialakítás . . . . .	94
Tanácsok a forrasztáshoz . . . . .	96
Az elektronikus áramkörök tápellátása . . . . .	97
Az áramkör-építési tudnivalók összefoglalása . . . . .	97

<b>9. 100 elektronikus áramkör . . . . .</b>	<b>98</b>
Diódás áramkörök . . . . .	99
Tranzisztoros áramkörök . . . . .	102
Kapcsolások teljesítmény-MOSFET (DMOS, VMOS stb.) eszközökkel . . . . .	105
Kétbázisú diódás kapcsolások . . . . .	106
Tirisztoros kapcsolások . . . . .	108
Optoelektronikai áramkörök . . . . .	110
Félvezetős fényérzékelő kapcsolások . . . . .	112
Digitális integrált áramkörös kapcsolások . . . . .	114
CMOS kapcsolások . . . . .	116
Analóg integrált áramkörök . . . . .	121

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó  
Felelős kiadó: Szűcs Péter igazgató

Dorogi Nyomda Kft. 89.0923  
Felelős vezető: Miseje Attila igazgató

Felelős szerkesztő: Illés Árpádné okt. villamosmérnök  
Szerkesztő: Huczka Béla okt. villamosmérnök

Műszaki vezető: Kőröz Károly  
Műszaki szerkesztő: Bagi Miklós

A borítót tervezte: Bagi Miklós  
A könyv ábráit rajzolta: Németh János  
A könyv formátuma: B/5

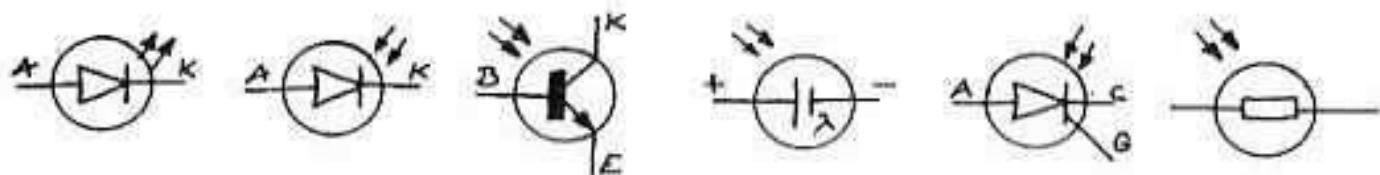
Ívterjedelme: 11,75  
Ábrák száma: 355  
Papír minősége: 80 g oíszet

Azonossági szám: 61561  
MÜ: 4369-h-8992  
A kézirat lezárva: 1989 január



# Rajzjelek

## Fotoelektronikai alkatrészek



LED

Fotodióda

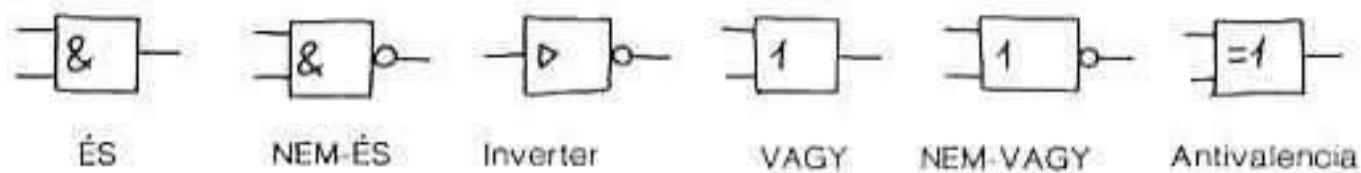
Foto-tranzisztor

Napelem

Fény-vezérelt tranzisztor

Foto-ellenállás

## Logikai kapuk



## Rövidítések

A = Amper                      R = ellenállás

F = Farad                      V = Volt

I = áram                      W = Watt

P = teljesítmény              = Ohm

M (mega) =  $\times 1\ 000\ 000$

k (kilo) =  $\times 1000$

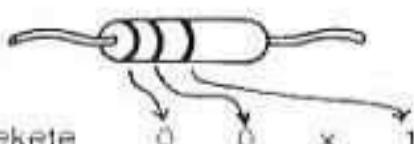
m (milli) = 0,001

(mikro) = 0,000001

p (piko) = 0,000000001

n (nano) = 0,000000000001

## Ellenállásszínkód



Fekete	0	0	x	1
Barna	1	1	x	10
Piros	2	2	x	100
Narancs	3	3	x	1 000
Sárga	4	4	x	10 000
Zöld	5	5	x	100 000
Kék	6	6	x	1 000 000
Lila	7	7	x	10 000 000
Szürke	8	8	x	1 000 000 000
Fehér	9	9		

**ÁRA: 149,- Ft**