Villamossági alapismeretek, elekronikai alkatrészek

Miklós Csaba, 2020

Tartalom

Bevezető 5

1. Elektromos tér 6

1.1 Elektromos töltés, elektromos tér 6

1.2 Coulomb féle erő 6

1.3 Elektromos térerősség 6

1.4 Elektromos indukció, elektromos fluxus 7

1.5 Elektromos feszültség 7

1.6 Elektromos kapacitás, síkkondenzátor 7

1.8 Elektromos áram, elektromos áramerősség 8

1.9 Fajlagos ellenállás és a vezetőképesség, Ohm törvénye 8

1.10 Elektromos teljesítmény 9

1.11 Kirchhoff törvényei 9

1.12 Az elektromos áram hatásai 10

1.12.1 Hőhatás 10

1.12.2 Elektrokémiai (vegyi) hatás 10

1.12.3 Elektromágneses hatás 10

1.12.4 Seebeck hatás 10

1.12.5 Hall effektus 11

1.12.6 Foto elektromos hatás 11

2. Mágneses tér 12

2.1 Mágneses alapjelenségek, elektromágneses tér 12

2.2 Mágneses indukció, térerősség, fluxus 12

2.3 Lorentz féle erő 12

2.4 Laplace féle erő 12

2.5 Amper féle erő 13

2.6 Elektromágneses indukció 13

3. Váltóáram 14

3.1. A váltóáram előállítása és jellemzői 14

3.2. Teljesítmény váltóáramban 15

3.3. RLC alkatrészek váltóáramú áramkörben 15

3.3.1. RL áramkör 15

3.3.2. RC áramkör 15

3.3.3. RLC áramkör 16

4. Elektronikai alkatrészek 18

4.1. Elektromos ellenállás 18

4.1.1. Ellenállás típusok, rajzjelek 18

4.1.2. Ellenállások jellemzői, jelölési mód 18

4.1.3. Ellenállások összekapcsolása 19

4.2. Kondenzátor 20

4.2.1. Kondenzátor típusok, rajzjelek 20
4.2.2. Kondenzátorok jellemző mennyiségei, jelölési módjai 21
4.2.3. Kondenzátorok összekapcsolása 22
4.3. Tekercsek 23
4.4. Transzformátorok 23
4.5. Félvezető anyagok, pn átmenet 24
4.6. Dióda típusok 25
4.7. Tirisztor 26
4.8. Bipoláris tranzisztor 26
4.8.1. Felépítése és működési elve 26
4.8.2. Kapcsolási módok 27
4.8.3. Működési állapotok 27
4.8.4. Jelleggörbék, sztatikus munkapont 28
4.8.5. Tranzisztorok főbb jellemzői 29
4.9. Unipoláris tranzisztorok FET, J-FET, MOS-FET 29
4.9.1. J-FET 29
4.9.2. MOS-FET 30
4.10. Optóelektronikai alkatrészek 30
4.10.1. Fotóellenállás, fotodióda, napelem, fotótranzisztor, fotótirisztor 31
4.10.2. Fénykibocsátó alkatrészek, LED dióda 31
***Irodalom* 32**
***Függelék* 33**

Bevezető

E könyv elsődleges célja, az hogy segédanyag legyen a villamossági szakosztályokban tanuló diákok számára, illetve az ezekben az osztályokban oktató pedagógusoknak. Felhasználható több villamossági tantárgy tanulásakor. Leginkább a IX-X osztályoknak ajánlott, de a könyvben található ismeretek, a későbbi osztályokban tanult szaktantárgyak alapját képezik.

Az elektro-mágneses jelenségek és alapmennyiségek, illetve a köztük lévő kapcsolatok ismertetését tartalmazza. A különböző fizikai mennyiségek közötti kapcsolatok bemutatása, először a köztük levő összefüggések formájában van leírva, elmagyarázva, csak utána testesül meg fizikai kifejezésként. A cél nem a fizikai feladatok, számítások elvégzése, tehát a könyv nem tartalmaz ilyen részeket, a hangsúly az alkalmazási részen van. Az alapismeretek bemutatása után, az elektronikában alkalmazott alapáramköri alkatrészek ismertetése következik.

Ezeknél az áramköri elemeknél ismertetem a fontosabb típusokat, rajzjeleiket, fontosabb tulajdonságaikat, esetenként a működési elvüket.

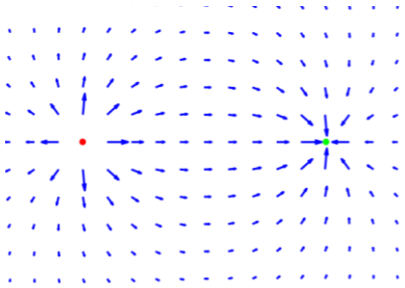
Tehát azáltal, hogy az alapismeretek egy könyvbe vannak összegyűjtve, a tanár nem kell több forrásból összegyűjtse a tananyagot, tanításkor több idő juthat a magyarázatokra, gyakorlati alkalmazási példák bemutatására, megbeszélésére.

1. Elektromos tér

1.1 Elektromos töltés, elektromos tér

A gyapjúanyaggal megdörzsölt műanyag vonalzó magához vonzza az apró papírdarabkákat. Ezt a jelenséget az elektromos töltések keletkezésével magyarázzuk. Két töltéstípust különböztetünk meg: léteznek pozitív és negatív töltések. A töltéssel rendelkező elemi részecskék ismertek az atomszerkezetéből: protonok (+) és elektronok (+). A megdörzsölt anyagok az elektrosztatikus feltöltődés hatására elektromos állapotba kerültek, elektromos töltésűvé váltak. A testek töltése az elemi töltés egészszámú többszöröse, amit töltésmennyiségnek nevezünk. Jele: **q**, mértékegysége: **C** (Coulomb). Az elemi töltés az elektron töltése.

Az elektromos töltések elektromos teret hoznak létre. Ez az elektromos tér az erővonalak segítségével ábrázolható.



1.2 Coulomb féle erő

Az azonos töltések taszítják, az ellentétesek vonzzák egymást. Két elektromos töltés között ható kölcsönhatási erőt Coulomb féle erőnek nevezzük.

Két elektromos töltés között ható erő függ a következőktől:

- a töltések nagyságától (q_1, q_2) -- egyenesen arányos vele,
- a töltések közötti távolságtól (r) – fordítottan arányos vele,
- a köztük levő anyagtól

$\mathbf{F} = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$; $\mathbf{k} = \frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\cdot\pi\cdot 9\cdot 10^9} = 8{,}852 \cdot 10^{-12}$

mennyiség jele	mennyiség megnevezése	mennyiség mértékegysége
F	a két töltés között ható erő	N – Newton
q_1, q_2	töltésmennyiségek	C – Coulomb
r	a töltések közötti távolság	m - méter
k	arányossági tényező	Nm^2/C^2
ε_0	légüres tér permittivítása	C^2/ Nm^2

1.3 Elektromos térerősség

Az elektromos töltések közötti erőt a töltések körül kialakuló erőtér hozza létre. Az elektromos erőteret jellemző egyik mennyiség az elektromos térerősség, jele **E**. Ez a mennyiség az erőtérben található, egységnyi töltésre ható erőt jelenti.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}\left[\frac{N}{C}\right]$$

Pontszerű töltés elektromos térerőssége: $\vec{\mathrm{E}} = \frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot\frac{\mathrm{q}}{\mathrm{r}^2}$

Ez az összefüggés érvényes légüres térre. Ha nem légüres térről van szó, akkor figyelembe kell vegyük a közeg elektromos állandóját.

ε_r - a közeg relatív permittivítása, ε - a közeg abszolút permittivítása

$$\vec{\mathrm{E}} = \frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot\varepsilon_\mathrm{r}}\cdot\frac{\mathrm{q}}{\mathrm{r}^2}\,;\ \varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}$$

1.4 Elektromos indukció, elektromos fluxus

Az elektromos erőtér még jellemezhető a következő két mennyiség által:

- elektromos indukció, jele **D**
- elektromos fluxus, jele **Ψ**

Az elektromos térerősség és indukció közötti összefüggés a következő:

$$\vec{\mathrm{D}} = \varepsilon\vec{\mathrm{E}} \quad \left[\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{m}^2}\right]$$

A fluxus általában egy erőtérnek a felületen való áthatolását jellemzi. Ebben az esetben, ha adott egy elektromos tér és egy sík, amelyet metszenek az elektromos tér erővonalai (az elektromos tér erővonalai áthaladnak a síkon), azt mondhatjuk, hogy az elektromos fluxus a sík felületén áthaladó erővonalakat jelenti. Fizikai összefüggésként kifejezve, az elektromos fluxus megegyezik a felület és a rá merőleges elektromos térerősség szorzatával.

$$\Psi = E \cdot A \qquad \left[\frac{Nm^2}{C}\right]$$

1.5 Elektromos feszültség

Ha egy nyugvó töltést helyezünk egy elektromos térbe, akkor az valamilyen irányba elmozdul, ha pedig mozgó töltés kerül elektromos térbe, akkor az eredeti pályájától eltér. Tehát ez elektromos tér erőt gyakorol a töltésre, azt elmozdítja, vagyis munkát végez. Ezt a töltéseken végzett munkát elektromos feszültségnek nevezzük. Az elektromos feszültség jele **U**, mértékegysége a **V** (Volt). Az elektromos feszültség egyenlő a végzett munka és az elektromos töltés arányával. Elvégezve a megfelelő behelyettesítéseket, a következő összefüggést kapjuk (**d** a töltés által megtett távolságot jelenti):

$$U_{AB} = E \cdot d$$

1.6 Elektromos kapacitás, síkkondenzátor

Adott két vezetőlemez, amelyeket szigetelőanyag választ el. Ha a két lemezre pozitív, illetve negatív töltéseket viszünk fel, akkor a két lemez között feszültség keletkezik. A létrejövő feszültség értéke arányos az elektromos töltéssel. Ez az összefüggés a következő:

$$\mathrm{Q} = C \cdot U$$

A szigetelőanyaggal elválasztott két fémlemez egy kondenzátort alkot. A képletben megjelenő **C** mennyiséget elektromos kapacitásnak nevezzük. Ez az állandó a kondenzátor töltéstároló képességét jelenti, a mennyiség mértékegysége az **F** (Farad). Egy farad a kondenzátor kapacitása, ha 1V feszültség mellett 1C töltésmennyiséget képes tárolni.

$$C = \frac{Q}{U} \quad \left[\frac{C}{V} = F\right]$$

Egy kondenzátor kapacitása függ a következőktől:

- a fémlemezek nagyságától (***S***), -- egyenesen arányos vele,
- azok távolságától (***d***), -- fordítottan arányos vele,
- és a köztük lévő szigetelő anyagtól (**ε**).

Két párhuzamos, szigetelőanyaggal elválasztott fémlemezből alkotott kondenzátort síkkondenzátornak nevezzük. Egy síkkondenzátor kapacitásának a kiszámítási képlete a következő:

$$C = \varepsilon\frac{S}{d}$$

1.8 Elektromos áram, elektromos áramerősség

Ha egy vezető sarkaira feszültséget kapcsolunk, akkor a vezetőn keresztül elektromos áram jön létre. Az elektromos áram az elektromos töltéshordozók rendezett mozgását jelenti (az azonos töltések mind azonos irányba mozdulnak el). Ha a vezető keresztmetszetén, egy adott idő alatt minél nagyobb az áthaladó töltések száma, akkor nagyobb értékű áramról beszélünk, vagyis tulajdonképpen az elektromos áramerősség nevezetű mennyiségről beszélünk. Az elektromos áram erőssége egyenlő a vezető adott keresztmetszetén időegység alatt átáramló töltés nagyságával. Az elektromos áramerősség jele **I**; mértékegysége **A** (amper).

$$i = \frac{q}{t}$$

1.9 Fajlagos ellenállás és a vezetőképesség, Ohm törvénye

Ha egy vezető sarkaira feszültséget kapcsolunk, akkor a vezetőn keresztül elektromos áram halad át. A különböző vezetők eltérő mértékben akadályozzák az elektronok áramlását (rendezett mozgását). Az anyagoknak ezt a tulajdonságát, hogy akadályozzák az elektronok áramlását elektromos ellenállásnak nevezzük. Ezt a mennyiséget **R** betűvel jelöljük, mértékegysége **Ω** (ohm). A feszültség, áramerősség és ellenállás közötti összefüggést Ohm törvényének nevezzük:

$$\mathrm{U} = R \cdot I$$

Egy vezető elektromos ellenállása függ:

- a vezető hosszától (l) -- egyenesen arányos vele
- a vezető keresztmetszetétől (S) -- fordítottan arányos vele
- a vezető anyagától

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

A képletben szereplő arányossági tényezőt, **ρ**- fajlagos ellenállásnak, vagy rezisztivításnak nevezzük. Ennek az értéke az anyag minőségétől függ.

Az anyagokat, az elektromos vezetőképességük alapján a következőképpen csoportosíthatjuk:

- ***Vezető anyagok***: Az elektromos vezető egy olyan anyag, ami szabadon mozgó elektromosan töltött részecskéket tartalmaz. A fémek és ötvözeteik I. rendű vezetők. A legjobb vezető fémek az ezüst, arany, platina, réz. A vezetőképesség hőmérsékletfüggő. A hőmérséklet növekedésével a fémek ellenállása nő
- ***Szigetelő anyagok***: Nem fémes anyagok, és dielektrikumoknak is nevezik őket. Az elektromechanikában használt anyagok közül ezek a legváltozatosabbak és általában a vezető részek villamos szigetelésére használják. A halmazállapotuk szerint léteznek gáz, folyékony és szilárd szigetelőanyagok.
  - gáz: levegő, nitrogén, hidrogén, neon, argon, kripton
  - szilárd: gyanták, műanyagok, csillám, bakelit, azbeszt, kerámia, papír
  - folyékony: ásványi olajak, növényi olajak, lakkok
- ***Félvezető anyagok***: A félvezetőanyagok a villamos áram szempontjából a vezetők és a szigetelők közé sorolhatók. Ilyen anyagok a szilícium, szelén, germánium. A félvezetőanyagok, csak akkor vezetik az elektromos áramot, ha a vegyérték elektronok, valamilyen külső energia hatására: melegítés, világítás, sugárzás stb., szabaddá válnak. A félvezetőanyagokból készített alkatrészek: hőellenállás, dióda, tranzisztor, tirisztor, integrált áramkörök, processzor.
- ***Szupravezető anyagok***: Nagyon alacsony hőmérsékleten egyes anyagok elektromos ellenállása a nullára esik vissza, ez a jelenség a szupravezetés.

1.10 Elektromos teljesítmény

Az elektromos feszültség a szabad elektronok áramlásának létrehozására alkalmas munkavégző képesség. Az elektromos munka mértékegysége a **Ws** (wattsecundum). A gyakorlatban ennél nagyobb egységekre van szükség. A lakásokban található fogyasztásmérő óráknál használt egység a **KWh** (Kilowatt-óra).

Az elektromos teljesítmény azt mutatja, hogy egy elektromos fogyasztó mennyi elektromos munkát használ fel időegység alatt. Ezt a mennyiséget **P** betűvel jelöljük, mértékegysége a **W** (watt).

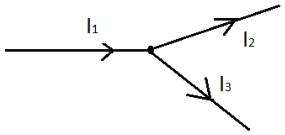
Egyenáramú áramkör esetén az elektromos teljesítmény kiszámítási képlete a következő:

P = UI, Ohm törvényénel felhasználásával, a teljesítmény a következő összefüggésekkel is kiszámíthat:

$$P = RI^2 \text{ , } P = \frac{R}{U^2}$$

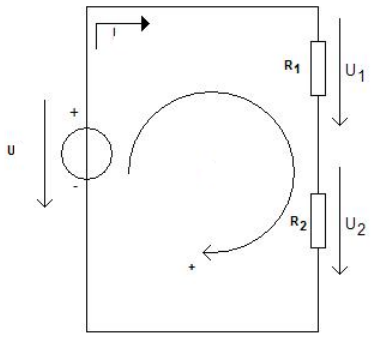
1.11 Kirchhoff törvényei

Kirchhoff első törvénye (csomóponti törvény): A csomópontba befolyó áramerősségek összege megegyezik a csomópontot elhagyó áramerősségek összegével.



$I_1 = I_2 + I_3$

Kirchhoff második törvénye (hurok törvény): Egy zárt áramköri hurokban az elektromotoros feszültségek (táp-feszültségek) előjelhelyes összege egyenlő a fogyasztókon mért feszültségesések előjelhelyes összegével. Az előjel megállapítása úgy történik, hogy egy tetszőleges irányítású "körüljárási irányt" veszünk fel. Azok a feszültségek, melyek iránya a körüljárási iránnyal megegyezik, pozitív előjelűek.



$-U + U_1 + U_2 = 0;$

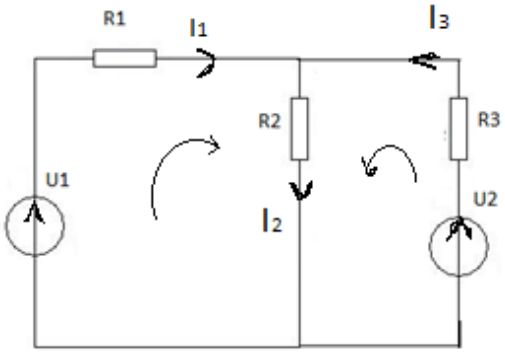
$-U + R_1 I_1 + R_2 I_2 = 0$

Alkalmazás

Adott az alábbi áramkör. Ismerjük az áramkörre kapcsolt tápfeszültségek az ellenállások értékeit. Számítsuk ki az áramkör áramerősségeinek az értékeit. U1= 1V, U2=2V, R1=1Ω, R2=2 Ω, R3=3 Ω.

A megoldás lépései:

- Az áramkörbe bejelöljük az áramerősségeket.
- Az áramköri hurkokban körüljárási irányt választunk.
- Alkalmazva a csomóponti törvényt, felírjuk az áramkörökre vonatkozó összefüggést.
- Alkalmazva a második törvényt, mind a két hurokra felírjuk a feszültségekre vonatkozó összefüggéseket.
- Megoldjuk az egyenletrendszert, megkapjuk az áramerősségek értéket.



$$I_1 + I_3 = I_2$$
$$U_1 = R_1 I_1 + R_2 I_2$$
$$U_2 = R_3 I_3 + R_2 I_2$$

1.12 Az elektromos áram hatásai

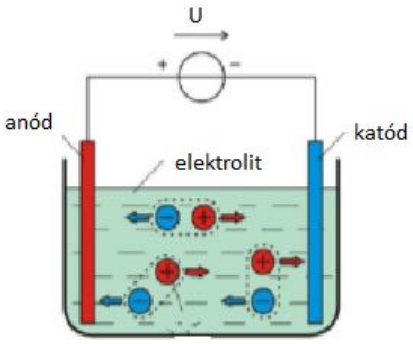
1.12.1 Hőhatás

Joule törvénye kimondja, hogy az ellenálláson átfolyó áram villamos teljesítményének megfelelő hőt termel. A fejlődő hő a Joule-hő. Az elektromos áramnak tehát hőhatása van.
A hőhatás alkalmazása: a villanykályha, a vasaló, a hajszárító, a forrasztópáka. Ezekben különleges anyagból készült fűtőszálban folyik az áram, ami a fűtőszálat magas hőmérsékletre melegíti. A fűtőszálnak azért kell különleges anyagból készülnie, hogy hosszú időn keresztül levegővel érintkezve is elviselje a magas hőmérsékletet.

1.12.2 Elektrokémiai (vegyi) hatás

Az oldatban a molekulák ionokra szakadnak szét. Ezek az ionok elmozdulásra képesek, tehát ebben az esetben ők a töltéshordozók. Az oldatok másodrendű vezetők, bennük az elektromos áramot a pozitív és a negatív ionok rendezett mozgása hozza létre.

Elektrolízisnek nevezzük a vegyületek molekuláinak a villamos módon történő felbontását és a keletkezett elemek kiválasztását. Az elektrolízis egyik felhasználási lehetősége a galvanizálás, vagyis fémbevonatok készítése. Galvanizálásnál a pozitív elektródát az a fém alkotja, amelyből a bevonatot akarjuk készíteni, az elektrolit ennek a fémnek a sója. A bevonandó tárgyat a negatív elektródára kapcsoljuk.



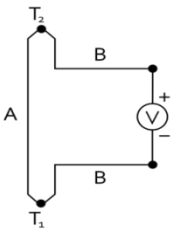
a negatív ionok a pozitív elektróda (anód) felé, a pozitív ionok pedig a katód felé mozdulnak el.

1.12.3 Elektromágneses hatás

Minden áram átjárta vezető körül mágneses tér jön létre. Ezt a jelenséget alkalmazzák az elektromágneses elven működő készülékeknél (elektromágneses relé, analóg mérőműszerek)

1.12.4 Seebeck hatás

A Seebeck hatás egy hőelektromos jelenség mely hatására, ha két különböző fémet két helyen összekapcsolnak, és a kapcsolódási pontok különböző hőmérsékletűek, akkor a kapcsolódási pontok között elektromos feszültség keletkezik. A Seebeck-hatás például hőmérséklet-különbség mérésére használható, ha a csatlakozási pontok egyikének hőmérséklete ismert és a másik csatlakozási pont hőmérséklete meghatározandó.

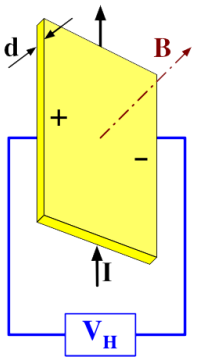


1.12.5 Hall effektus

Ha egy vezetőben vagy félvezetőben áram folyik, és azt mágneses térbe helyezzük, akkor az áramot hordozó részecskékre mágneses erő hat, eltéríti őket, ami azzal jár, hogy a vezető két oldalán potenciálkülönbség lesz, vagyis feszültség jön létre. Ezt a feszültséget Hall-feszültségnek nevezik.

Felhasználási terület:

- A mágneses térerősség mérésére használt érzékelők
- Áramerősség mérésére használt érzékelők
- Fordulatszámmal összefüggő jeladók



1.12.6 Foto elektromos hatás

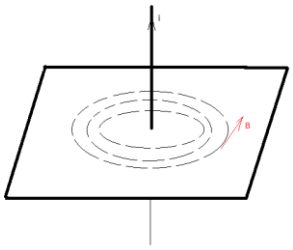
Léteznek anyagok, amelyek a megvilágítás hatására (elnyelik a fotonokat a fényből és energiát adnak az elektronoknak), elektromos áramot hoznak létre. A napelemek és a fényérzékeny alkatrészek (fotoellenállás, fotodióda fototranzisztor) a fotoelektromos hatás elvén működnek.

2. Mágneses tér

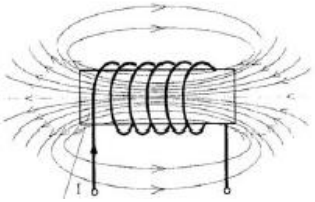
2.1 Mágneses alapjelenségek, elektromágneses tér

Tapasztalatból ismerjük, azt hogy minden mágnes két pólussal rendelkezik (északi és déli). Minden mágnes maga körül mágneses teret hoz létre. Ez abban nyilvánul meg, hogy egy ilyen térbe kerülő mágnesre egy erő fog hatni. Az azonos pólusok taszítják, a különböző pólusok vonzák egymást. A mágneses tér is erővonalak által szemléltethető. A mező nagyságát az erővonalak sűrűsége adja. Az erővonalak nyilai a mágneses tér irányát jelzik. Az előző fejezetben elhangzott, az hogy minden áram átjárta vezető körül mágneses tér keletkezik, ezt nevezhetjük elektromágneses térnek. A továbbiakban az elektromágneses tér néhány jellemző mennyiségét ismertetjük.

Egyenes vezető által létrehozott mágneses tér:



Tekercs által létrehozott mágneses tér:



2.2 Mágneses indukció, térerősség, fluxus

A mágneses tér egyik fontos jellemző mennyisége a mágneses indukció. Jele: **B**; mértékegysége: **T** (Tesla). Adott egy **B** indukciójú mágneses tér és egy **S** keresztmetszetű felület, amelyiken áthaladnak a mágneses erővonalak. A mágneses fluxus az indukció és a felület nagyságának a szorzatával egyenlő. A fluxus jele **Φ**, mértékegysége a **Wb** (Weber.) Ebben az esetben a fluxus alatt a felületen áthaladó mágneses erővonalak számát értjük.

$$\Phi = S \cdot B$$

Egy másik mennyiség a mágneses térerősség, jele **H**, mértékegysége **A/m** (Amper/méter)

$$\mathrm{B} = \mu \cdot H, \ \mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

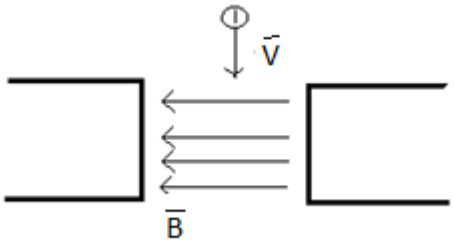
μ - mágneses permeabilitás, az anyagok mágneses tulajdonságait jellemzi

μ_0 - légüres tér mágneses permeabilitása

μ_r - relatív mágneses permeabilitás

2.3 Lorentz féle erő

Egy mágneses térben, **v** sebességgel mozgó, **q** töltésre ható erő (Lorentz féle erő) értéke függ a töltés nagyságától, sebességétől és a mágneses tér indukciójától.



$$\vec{\mathrm{F}} = \mathrm{q} \cdot \vec{\mathrm{v}} \cdot \vec{\mathrm{B}}$$

Az töltésre ható erő merőleges a **B** és **V** irányára. A negatív és a pozitív részecskékre ható erő iránya ellentétes.

2.4 Laplace féle erő

Egy mágneses térben található, áram átjárta vezetőre ható erőt, Laplace féle erőnek nevezzük. Az erő értéke függ az áramerősség értékétől, a mágneses indukciótól és a vezető hosszától.

$$\vec{F} = \mathrm{i} \cdot \vec{l} \cdot \vec{B}$$

2.5 Amper féle erő

Két párhuzamos áram átjárta vezető között ható erő függ:

- az áramerősségek értékeitől (i1, i2) -- egyenesen arányos vele,
- a vezetők hosszától (l) -- egyenesen arányos vele,
- a vezetők közötti távolságtól (r) -- fordítottan arányos vele,
- a vezetők közötti anyag mágneses tulajdonságától (μ_0, μ_r)

Ez az erő vonzó, ha az áramerősségek iránya azonos.

2.6 Elektromágneses indukció

Egy mágneses térben található vezető sarkain feszültség indukálódik, a változó mágneses fluxus hatására.

Nyugalmi indukció: A nyugalmi indukció során sem a vezető, sem a mágneses mező nem mozog. Ebben az esetben az indukciót az időben változó fluxus hozza létre. Pl. (transzformátor)

Mozgási indukció: A mozgási indukció során vagy a mágneses mező, vagy a vezető, vagy mind a kettő mozog egymáshoz viszonyítva. Leggyakoribb mozgásforma a forgómozgás (generátor elv), de előfordul a haladó mozgással létrehozott elektromágneses indukció is.

3. Váltóáram

3.1. A váltóáram előállítása és jellemzői

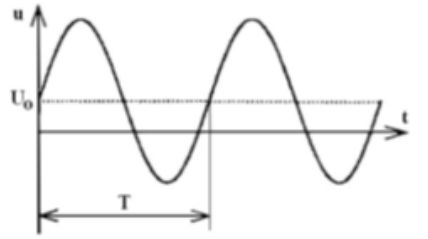
Váltakozó feszültséget úgy lehet előállítani, hogy mágneses mezőbe helyezünk egy vezetőkeretet (tekercset), amelynek tengelye merőleges a mágneses erővonalakra. Ha ezt a keretet forgatjuk, az elektromágneses indukció törvénye alapján a vezető sarkain feszültség keletkezik. A vezetőben áram halad át. A vezetőkeretben indukálódott feszültség nagysága és iránya periodikusan változik, vagyis váltakozó feszültség jön létre. A létrejövő áram erőssége és iránya is változik, ezt váltakozó áramnak nevezzük. Az elektromágneses indukció alapján működő áramforrásokat generátoroknak nevezik.

A generátor által létrehozott feszültség értéke függ a mágneses indukciótól, a vezető keret hosszától (a menetek számától) és a forgási sebességtől. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy nagyobb feszültség jön létre, hosszabb vezető keret esetében, nagyobb menetszám esetében, illetve, ha gyorsabban forgatjuk a tekercset.

$$U = l\vec{v}x\vec{B} = B \cdot l \cdot v \cdot \sin\alpha = B \cdot l \cdot v \cdot \omega t$$

Háromfázisú generátor: A generátor háza 3 tekercset tartalmaz, amelyek 120°-ban állnak egymáshoz képest. A mágnes minden körülfordulás során elhalad a három tekercs előtt és három váltakozó feszültséget/ áramot gerjeszt. A keletkező három, szinuszosan változó feszültség 120°-kal eltolt egymáshoz képest.

A szinuszosan váltakozó feszültség és áramerősség ábrázolása



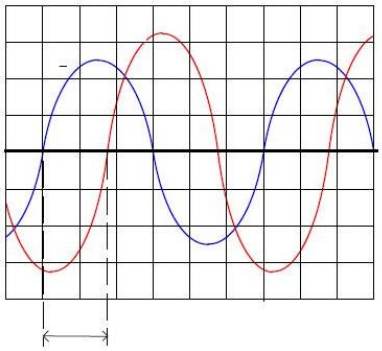
A következő jellemző mennyiségeket határozhatjuk meg:

- Periódus (T) – mennyi idő után ismétlődik a jel (s)
- Frekvencia (f) – a jel ismétlődési sebességét jelenti (Hz- Hertz)
- A feszültség és áramerősség pillanatnyi értékei (u,i)
- A feszültség és áramerősség maximális értékei (Um, Im)
- A feszültség és áramerősség effektív értékei (U, I)

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Az áram pillanatnyi értékei folyton változnak, ezért meghatározták az effektív értéket. Ez az érték megegyezik azon egyenáramú áramértékkel, amelyiknek azonos ellenálláson keresztül azonos hatása van, mint a váltóáramnak.

- Fáziseltolódás (φ) - Váltóáramú áramkörökben, különböző típusú fogyasztók esetében (tekercs, kondenzátor) az áramerősség és a feszültség nem azonos pillanatokban érik el a minimális és maximális értékeiket, vagyis fáziseltolódás van közöttük.



3.2.Teljesítmény váltóáramban

Váltóáramú áramkörök esetében a következő feszültségeket határozzuk meg:

Aktív (hatásos) teljesítmény: $P = \mathrm{U} \cdot I \cdot cos\varphi$, mértékegysége **W**

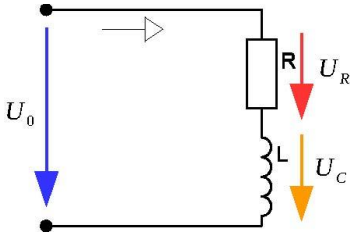
Reaktív (meddő) teljesítmény: $P = \mathrm{U} \cdot I \cdot sin\varphi$, mértékegysége **var**

Látszólagos teljesítmény: $P = \mathrm{U} \cdot I$, mértékegysége **VA**

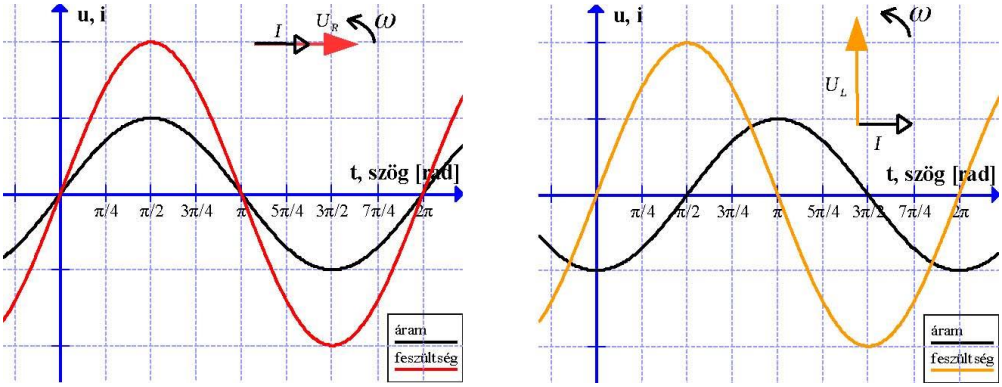
3.3.RLC alkatrészek váltóáramú áramkörben

A váltóáramba kapcsolt tekercsen, vagy kondenzátoron fáziseltolódás jön létre a feszültség és az áramerősség között. Ezeknek az alkatrészeknek a látszólagos ellenállása frekvenciafüggő**.** Az RLC áramkörök egyik felhasználási területe a szűrő áramkörök.

3.3.1. RL áramkör

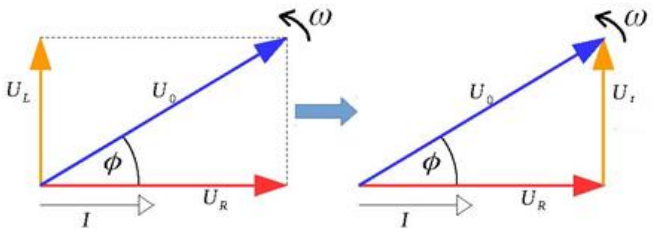


A két sorba kapcsolt fogyasztón azonos áramerősség halad át. Az ellenálláson az áramerősség és a feszültség azonos fázisú. A tekercsen fáziseltolódás jön létre az áram ás a feszültség között, a feszültség 90^0 – al késik az áramerősséghez képest.



Feszültség és áramerősség ábrázolása az ellenálláson és a tekercsen

Az áramkörben a feszültségek közötti összefüggést a vektoriális ábrázolás segítségével írhatjuk fel. Felrajzoljuk, vízszintesen az áramerősséget. Ezzel azonos fázisban van az ellenállás feszültsége U_R. A tekercs sarkain a feszültség 90^0 – al siet az áramhoz képest. Vektoriális összegzés által kapjuk meg az U_0 feszültséget.



$$U_0 = \sqrt{{U_R}^2 + {U_L}^2}$$

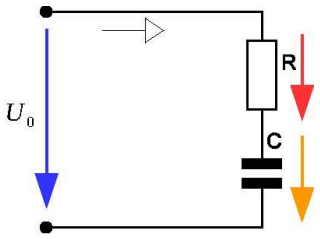
$$U_0 = I \cdot Z \qquad U_R = I \cdot R \qquad U_L = I \cdot X_L \; ; X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Az áramkör impedanciája

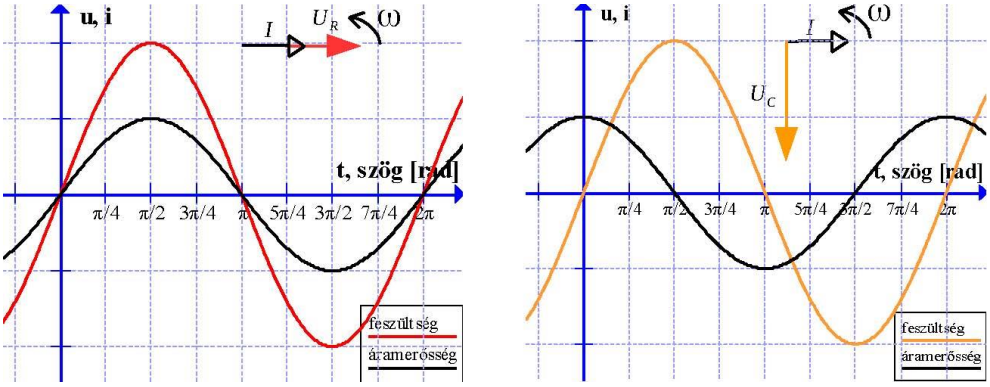
$$Z = \sqrt{R^2 + {X_L}^2}$$

f- frekvencia
L- a tekercs induktivitása
X_L – induktív reaktancia
Z – az áramkör impedanciája

3.3.2. RC áramkör

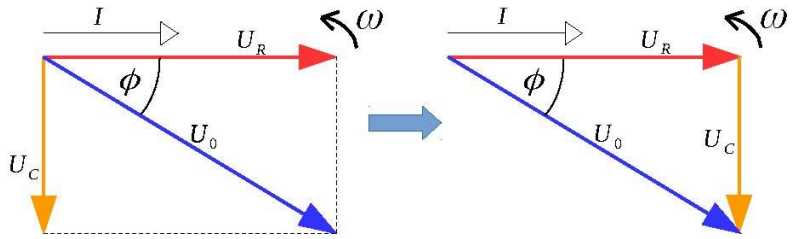


A két sorba kapcsolt fogyasztón azonos áramerősség halad át. Az ellenálláson az áramerősség és a feszültség azonos fázisú. A kondenzátoron fáziseltolódás jön létre az áram és a feszültség között, az áram 90^0 –al siet a feszültséghez képest.



Feszültség és áram ábrázolása az ellenálláson, illetve a kondenzátoron

Felrajzoljuk, vízszintesen az áramerősséget. Ezzel azonos fázisban van az ellenállás feszültsége U_R. A kondenzátor sarkain a feszültség 90^0 – al késik az áramhoz képest. Vektoriális összegzés által kapjuk meg az U_0 feszültséget.



$$U_0 = \sqrt{{U_R}^2 + {U_C}^2}$$

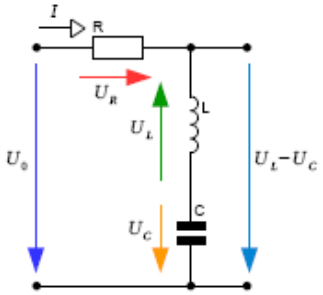
$$U_0 = I \cdot Z \qquad U_R = I \cdot R \qquad U_C = I \cdot X_C \; ; X_C = \frac{i}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Az áramkör impedanciája

$$Z = \sqrt{R^2 + {X_C}^2}$$

f- frekvencia
C- a kondenzátor kapacitása
X_C – kapacitív reaktancia
Z – az áramkör impedanciája

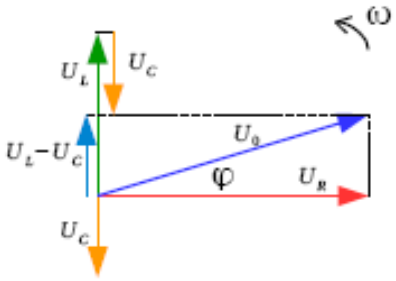
3.3.3. RLC áramkör



A sorba kapcsolt fogyasztókon azonos áramerősség halad át. Az ellenálláson az áramerősség és a feszültség azonos fázisú. A tekercsen és a kondenzátoron fáziseltolódás jön létre az áram és a feszültség között.

Felrajzoljuk, vízszintesen az áramerősséget. Ezzel azonos fázisban van az ellenállás feszültsége U_R. A kondenzátor sarkain a feszültség 90^0 – al késik az áramhoz képest, a tekercs sarkain pedig 90^0 –

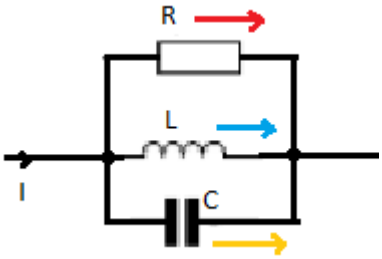
al siet. Tehát a két feszültség iránya ellentétes. Vektoriális összegzés által kapjuk meg az U_0 feszültséget.



$$U_0 = \sqrt{{U_R}^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$U_0 = I \cdot Z \qquad U_R = I \cdot R \qquad U_L = I \cdot X_L \; ; X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \qquad U_C = I \cdot X_C \; ; X_C = \frac{i}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Az áramkör impedanciája $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$



A párhuzamosan kapcsolt fogyasztók sarkain azonos a feszültség értéke. Az ellenálláson az áramerősség és a feszültség azonos fázisú. A tekercsen és a kondenzátoron fáziseltolódás jön létre az áram ás a feszültség között.

A fáziseltolódásokat figyelembe véve felrajzoljuk az áramerősségek ábráját.

$$I_0 = \sqrt{{I_R}^2 + (I_L - I_C)^2} \qquad \frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R}^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_{C_C}}\right)^2}$$

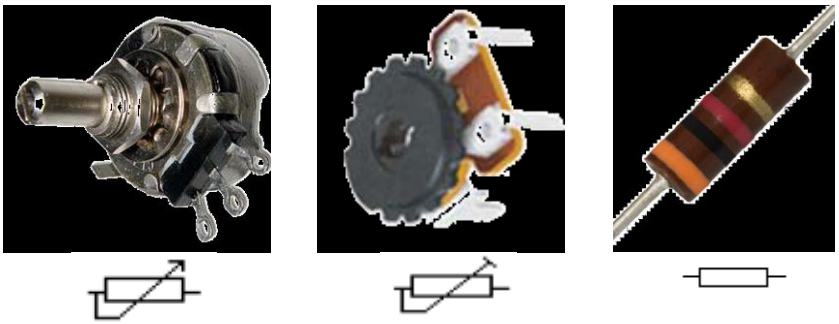
4. Elektronikai alkatrészek

4.1. Elektromos ellenállás

Az elektromos áramkörökben, az egyik leggyakrabban használt alkatrész az ellenállás. A következőkben ezek típusáról, fontosabb jellemzőiről lesz szó.

4.1.1. Ellenállás típusok, rajzjelek

Az ellenállások két csoportba sorolhatók: állandó értékű és változó értékű ellenállások. A változó értékűek lehetnek változtatható (potenciométer) és hangolható (trimer) típusúak. A potenciométerek ellenállása nagy intervallumban módosítható, ezek általában az elektromos műszerek előlapjára kerülnek, működés közben is változtathatóak. Az ellenállásul lineáris, vagy logaritmikus görbe szerint változhat. A hangoló ellenállások értéke szűk intervallumban módosítható. Értéküket ritkán változtatják, és ez csak csavarhúzó segítségével történhet. Léteznek olyan ellenállás típusok is, amelyek értéke változik a hőmérséklet függvényében (termisztor), vagy amelyek értéke a rájuk kapcsolt feszültség függvényében változik (varisztor).



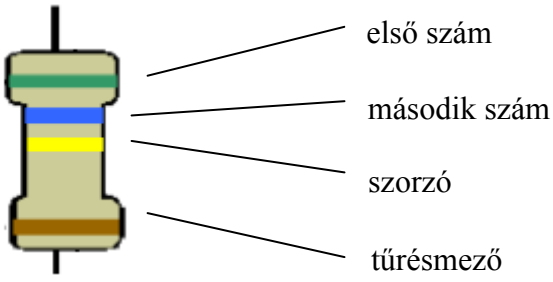
4.1.2. Ellenállások jellemzői, jelölési mód

- ***Névleges ellenállás***: A névleges ellenállás az az érték, amelyet a gyártó cég az alkatrészen megjelöl. A gyakorlatban használatos ellenállás értékek Ω, KΩ, MΩ.
- ***Tűréshatár*** (tolerancia): az a százalékban kifejezett érték, amely megadja a névleges ellenállás értékétől való legnagyobb megengedett eltérést.
- ***Névleges teljesítmény***: az a legnagyobb megengedett teljesítmény, amely mellett az ellenállás hosszú ideig megfelelően működhet.

Az ellenállások jelölése történhet betű és számkóddal, vagy színkóddal.

Betű és számkód: **pl.1** 330Ω, 1W, ±2%, **pl.2** 2K2, ±5%,

Színkód:



Az érték meghatározása: A színkód táblázatból kikeressük minden színnek a neki megfelelő értéket. Az ellenállás értéke a következő lesz:

R= [Első sáv értéke][Második sáv értéke] * $10^{\text{szorzősáv értéke}}$

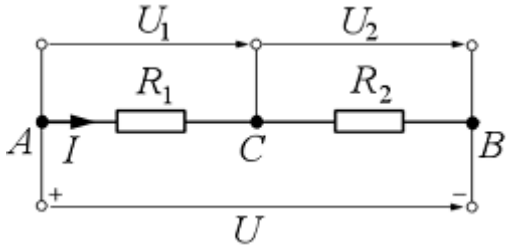
Például: az első rajz esetében kapjuk a következő értéket:
zöld = 5, kék = 6, sárga = 4, R = $56*10^4$, vagyis 560 KΩ

Ötsávos színjel

Színek	Érték			Szorzó Ω	Tűrés ±%
	1. sáv	2. sáv	3. sáv	4. sáv	5. sáv
Fekete	-	0	0	$*10^0$	
Barna	1	1	1	$*10^1$	± 1%
Piros	2	2	2	$*10^2$	± 2%
Narancs	3	3	3	$*10^3$	
Sárga	4	4	4	$*10^4$	
Zöld	5	5	5	$*10^5$	± 0,5%
Kék	6	6	6	$*10^6$	± 0,25%
Lila	7	7	7	$*1^7$	± 0,1%
Szürke	8	8	8	$*10^8$	
Fehér	9	9	9	$*10^9$	
Arany	-	-	-	$*10^{-1}$	
Ezüst	-	-	-	$*10^{-2}$	

4.1.3. Ellenállások összekapcsolása

Soros kapcsolás: Soros kapcsolásnál az ellenállásokon átfolyó áramerősségek azonosak. Az eredő ellenállást (az A és B pontok között mért érték) az ellenállás értékek összege adja meg:

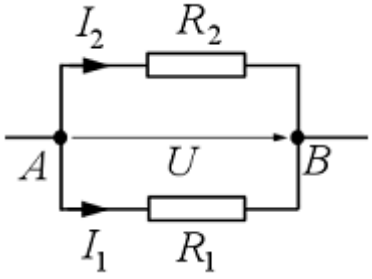


$$R_s = R_1 + R_2$$

A sorba kapcsolt ellenállások feszültségosztót alkotnak. A feszültségosztó nem más, mint egy ellenálláslánc, amelynek különböző ellenállásairól vehetünk le, az egész ellenálláslláncra kapcsolt feszültségnél kisebb (leosztott) feszültséget.

$$U = U_1 + U_2 ; U_1 = IR_1 ; U_2 = IR_2$$

Párhuzamos kapcsolás: A párhuzamos kapcsolásánál valamennyi ellenálláson azonos a feszültség. Párhuzamos kapcsolásnál az eredő ellenállás kiszámítása a következőképpen történik:



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

Áramosztót két (vagy több) ellenállás párhuzamos kapcsolásával készíthetünk. A párhuzamos kapcsolásba befolyó közös áram a csomóponttörvénynek megfelelően megoszlik az ellenállások között.

$$I = I_1 + I_2; \; I_1R_1 = I_2R_2$$

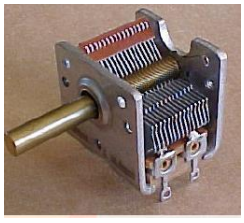
Vegyes kapcsolás: Ebben az esetben az áramkör tartalmaz sorosan és párhuzamosan kapcsolt elemeket. A vegyes kapcsolás eredőjének meghatározásához külön meg kell határozni a soros részek és a párhuzamos részek eredőit, majd az egyes részeket az eredőkkel kell helyettesíteni. Ezt az eljárást addig folytatjuk, amíg a kapcsolás soros vagy párhuzamos kapcsolássá nem egyszerűsödik.

4.2.Kondenzátor

Két szigetelővel elválasztott fémlemez kondenzátort alkot. A kondenzátorok is az áramkörök fontos alkotó részei. Több típusukat alkalmazzak. A továbbiakban a fontosabb jelezőikről, típusaikról lesz szó.

4.2.1. Kondenzátor típusok, rajzjelek

A kondenzátorokat két csoportba sorolhatjuk: állandó értékű és változtatható értékű kondenzátorok. Ezek lehetnek változtatható kapacitású kondenzátorok és hangolható kondenzátorok (trimer). A változtatható kapacitású kondenzátorok értéke nagy intervallumban módosítható. Ezek általában az elektronikai műszerek előlapjára kerülnek, könnyen elérhető helyre, és a műszerek működése közben is többször változtathatóak. A hangolható kondenzátorok értéke csak egy szűk intervallumban módosítható, értéküket ritkán változtatják, és csak segédeszköz segítségével tehetjük ezt meg. Általában nincsenek a felhasználók számára könnyen elérhető helyeken.



Az alkalmazott szigetelőanyagok szerint lehetnek:

- ***Kerámia kondenzátorok:***

  Viszonylag kis kapacitásúak (pF -nF)
  Nem polarizáltak
  Nagyfrekvencián alkalmazhatóak

- ***Elektrolit kondenzátorok***

  Nagy kapacitásúak
  Polarizáltak
  Kisfrekvencián alkalmazhatóak
  Alkalmazás: szűrés, energiatárolás, egyenáramú leválasztás

- ***Tantál elektrolit kondenzátor***

  Kapacitásuk nF- néhány µF
  Polarizáltak
  Közepes frekvencián alkalmazhatóak
  Alkalmazás: tápban szűrőkondenzátor, energia átalakítókban

- ***Fóliakondenzátor***

  Kapacitásuk pF - µF
  Nem polarizáltak
  Nagy feszültségre is készülnek

- ***SMD kondenzátorok***

  Felületre szerelt alkatrész
  Kisméretű
  GHz-es tartományig használhatóak

4.2.2. Kondenzátorok jellemző mennyiségei, jelölési módjai

- ***Névleges kapacitás***: A névleges kapacitás az a Faradban kifejezett érték, amelyet a gyártó cég a kondenzátoron megjelöl. Mértékegysége a Farad (F). A gyakorlatban használatos kondenzátorok értékei a Farad tört részeivel egyenlő (µ, n, p).
- ***Tűréshatár*** (tolerancia): az a százalékban kifejezett érték, amely megadja a névleges kapacitás értékétől való legnagyobb megengedett eltérést.
- ***Névleges feszültség***: az a legnagyobb megengedett feszültség érték, amely mellett a kondenzátor hosszú ideig megfelelően működhet.

A kondenzátorok jelölése történhet színkóddal, vagy betű és számkóddal.

- ***Betű és számkód***:

  A kapacitás értéke
  Az ***nF*** jelölést elhagyják: **nF**--n, Az F jelölést elhagyjuk: **µF** -- µ
  pl. 220 – 220 nF, 2n2 – 2,2 nF, 10µ - 10 µF
  {Léteznek más betűkóddal jelölt kondenzátorok is: ***U***-pF, ***K***,***T***-nF, ***M*** - µF }
  Kisméretű kondenzátoroknál alkalmazzák a következő számkód-jelölést:
  A kód első két számjegye a kapacitás értéket jelenti, a harmadik számjegy pedig a szorzó tényezőt. A kapott érték pikofaradban van kifejezve.
  pl. 563 -- 56 x 10^3 pF = 56 nF ; 229 -- 22 x 10^0 pF = 22 pF
  A tűréshatár jelölése: Ráírják az értéket, vagy betűkódot alkalmaznak.
  pl. G -- ±2%, H -- ±2,5%, J -- ±5%, K -- ±10%
  Feszültség jelölése: Ráírják az értéket, vagy betűkódot alkalmaznak
  pl. a – 50V, b- 125V

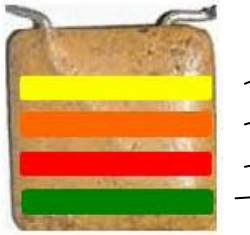
- ***Betű és számkód***:

első szám

második szám

szorzó tényező

$70 \times 10^3 = 70.000\ pF = 70\ nF \quad 20\%$



első szám

második szám

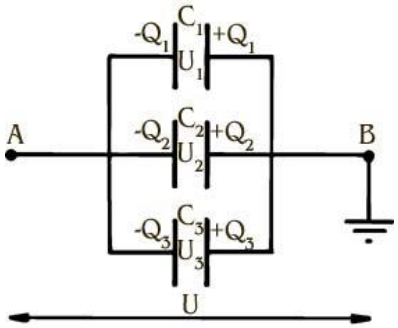
szorzó tényező

tűrésmező

$43 \times 10^2 = 4300\ pF = 4{,}3\ nF \quad 5\%$

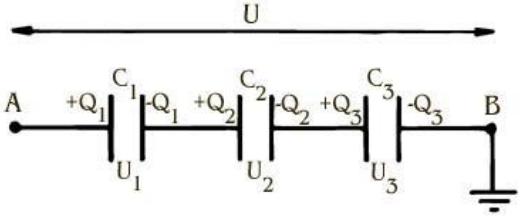
4.2.3. Kondenzátorok összekapcsolása

A kondenzátorok párhuzamos kapcsolásánál valamennyi kondenzátoron azonos a feszültség. Párhuzamos kapcsolásnál az eredő kapacitás megegyezik az egyes kapacitások összegével.



$$C_p = C_1 + C_2 + C_3$$

Soros kapcsolásnál elektromos megosztás miatt a fegyverzeteken megegyezik a töltésmennyiség.



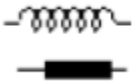
$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

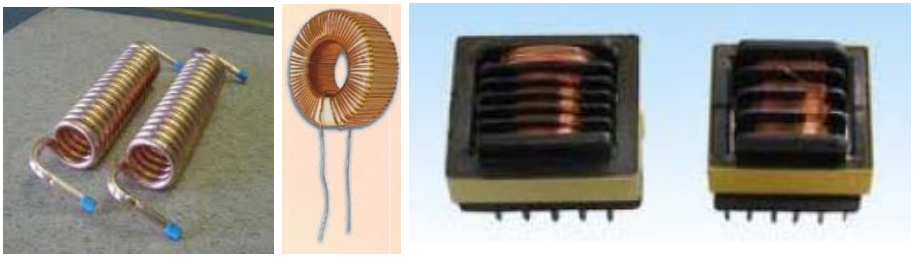
Az olyan áramköröket, amelyekben a kondenzátorok egy részét sorosan, más részét párhuzamosan kapcsoljuk egymással, vegyes kapcsolásnak nevezzük. A vegyes kapcsolás eredőjének meghatározásához külön meg kell határozni a soros részek és a párhuzamos részek eredőit, majd az egyes részeket az eredőkkel kell helyettesíteni. Ezt az eljárást addig folytatjuk, amíg a kapcsolás soros vagy párhuzamos kapcsolássá nem egyszerűsödik.

4.3.Tekercsek

A tekercs egy szigetelővázra feltekert elektromos vezetőből áll. A menetek között szigetelés van (lakkal szigetelt vezetőt használnak). A tekercsek legfontosabb jellemző mennyisége az induktivitásuk. Ennek a mennyiségnek a jele **L**, mértékegysége **H** (Henry). Általában a gyakorlatban mH nagyságrendű tekercseket alkalmaznak. A hangolhatóság szerint lehetnek állandó, vagy változtatható induktivitású tekercsek.

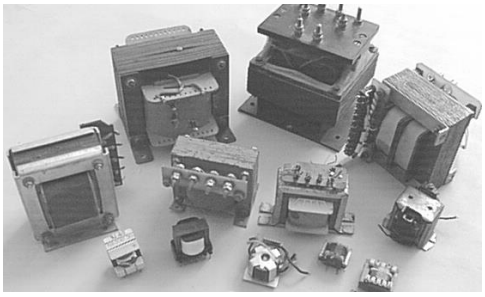
Felépítés szerint lehetnek légmagos, vagy vasmagos típusúak.

légmagos tekercs	vasmagos tekercs	változtatható értékű tekercs
		



4.4.Transzformátorok

A transzformátorok váltakozó árammal működő elektromágneses készülékek. Módosítják az elektromágneses energia paramétereit (feszültség, áramerősség, fázisok száma), megtartva a frekvencia értékét. A transzformátorok fontosabb részei a mágneses áramkör és a tekercsek, egy primer tekercs és egy, vagy több szekunder tekercs. Felépítésük alapján megkülönböztetünk monofázisos és háromfázisos transzformátorokat.



Működésük alapja az elektromágneses indukció törvénye.

Monofázisos transzformátor tervezése

Primer tekercs	
U_1	A primer tekercs sarkain a feszültség
I_1	A primer tekercsen áthaladó áramerősség
P_1	A primer tekercs teljesítménye
N_1	A primer tekercs menetszáma
d_1	A primer tekercs vezetőjének az átmérője [mm]

Szekunder tekercs	
U_2	A szekunder tekercs sarkain a feszültség
I_2	A szekunder tekercsen áthaladó áramerősség
P_2	A szekunder tekercs teljesítménye

N_2	A szekunder tekercs menetszáma
D_2	A szekunder tekercs vezetőjének az átmérője

S	A vasmag keresztmetszete [cm^2]
n	Egy voltra jutó menetszám

A következő összefüggéseket alkalmazzuk:

$P_1 = U_1I_1$ $P_2 = U_2I_2$ $P_2 = 1{,}25P_1$ $n=50/S$ $N_1 = nU_1$ $N_2 = nU_2$

$d1 = 0{,}8\sqrt{I1}$ $d2 = 0{,}8\sqrt{I2}$ $d1 = 0{,}8\sqrt{I1}$ $n=50/S$ $N_1 = nU_1$ $N_2 = nU_2$

Tervezéskor ismerjük a betáplálási feszültséget, amelyik általában a hálózati feszültség, U_1=220V, tudjuk, hogy hány voltot akarunk kapni, például U_2=9V, és a rendelkezésünkre álló vasmag keresztmetszetét megmérjük, - például S= 5 cm^2.

A számításokat elvégezve megfigyelhetjük, hogy a tekercsek menetszáma arányos a feszültséggel, a használt vezeték vastagsága pedig az áramerősséggel arányos.

4.5.Félvezető anyagok, pn átmenet

Vezetőképességük alapján, ezeket az anyagokat a vezetők és a szigetélők közé sorolhatjuk. A félvezetők gyengén vezetik az elektromos áramot. Vezetőképességük függ a külső tényezőktől. Ilyen külső tényező lehet: a feszültség, a hőmérséklet, a fény.

A félvezető anyagok lehetnek:

- tiszta állapotú félvezetők
- szennyezett félvezetők - n típusú
  - p típusú

A tiszta állapotú félvezetők általában szilíciumból (Si), vagy germániumból (Ge) készülnek. Minden atomnak az utolsó elektronhéján négy elektron található. A szomszédos atomok közössé tesznek egy-egy elektront, így kovalens kötéseket alakítanak ki. Az anyagban kevés lesz a szabad elektron és így a tiszta állapotú félvezetők nem vezetik az elektromos áramot. Külső tényezők hatására, néhány kovalens kötés felbomlik, szabad elektronok keletkeznek, amelyek áramot tudnak létrehozni.

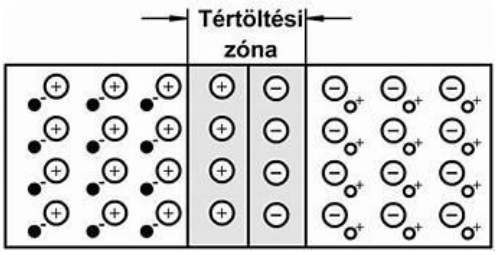
A szennyezett félvezetők esetében, Azért, hogy a vezetőképességet növeljék, a szilíciumba, vagy a germániumba szennyező atomokat visznek be.

Az „**n**” típusú félvezetőket, úgy alakítják ki, hogy öt vegyértékű szennyező atomokat használnak. Kialakulnak a kovalens kötések a szomszédos atomok között. Minden bevitt szennyező atomnak megmarad egy szabad elektronja, mert nem tud kötést kialakítani. Ha az anyagra feszültséget kapcsolunk, akkor ezek a szabad elektronok hozzák létre az elektromos áramot. Ezt a félvezetőt „n” típusúnak nevezzük, mert az elektromos áramot negatív töltéshordózok hozzák létre (elektronok).

A „**p**” típusú félvezetők kialakítására három vegyértékű atomokat alkalmaznak. Kialakulnak a kovalens kötések. Minden bevitt szennyező atomnál hiányzik egy elektron a kovalens kötés kialakításához. Ezt az elektronhiányt lyuknak nevezzük. A lyukak pozitív töltésként viselkednek. Ha az anyagra feszültséget kapcsolunk, akkor a lyukak rendezett mozgást végeznek a pozitív pólustól a negatív felé. Mivel ebben az esetben az elektromos áramot pozitív töltéshordozók hozzák létre, ezt a félvezetőt „p” típusúnak nevezzük.

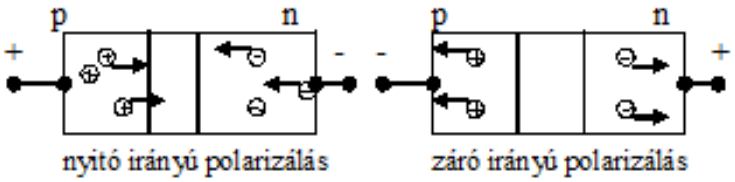
pn átmenet kialakulása

Egy „p” és egy „n” típusú félvezető összeillesztése után, a határréteg két oldalán található töltések vonzzák egymást. A negatív és a pozitív töltések áthaladnak a másik rétegbe, ahol semlegesítik egymást. Kialakul egy kiürített réteg a határ két oldalán. Azok az atomok, amelyek elektront, vagy egy lyukat adtak le, pozitív, vagy negatív töltésűek lesznek. A töltéshordozók mozgását a feltöltődött atomok által kifejtett taszító erő állítja meg. Ekkor a töltéshordozók mozgása megszűnik és beáll egy egyensúlyi helyzet. A kialakult pn átmenet egy félvezető diódát alkot.



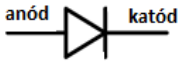
pn átmenet polarizálása

A pn átmenet polarizálása azt jelenti, hogy feszültséget kapcsolunk rá.
Nyitó irányú polarizálásról beszélünk, amikor a „p” rétegre pozitív, az „n” rétegre negatív feszültséget kapcsolunk. Ha a pn átmenetre kapcsolt feszültség elég nagy, akkor a kifejtett taszító erő hatására, a töltéshordozók áthaladnak a másik rétegbe. Tehát a pn átmeneten áram halad át. Ez a folyamat csak egy küszöbfeszültség elérése után jön létre. Ha a pn átmenetre fordítva kapcsoljuk rá a feszültséget, akkor a pozitív és a negatív pólusok vonzó erőt fejtenek ki a töltéshordozókra. A kiürített réteg kiszélesedik. Ebben az esetben a pn átmenet nem vezet.



4.6.Dióda típusok

Egyenirányító dióda



Egyenirányító áramkörökben alkalmazzák, kihasználva azt a tulajdonságukat, hogy csak az egyik irányba vezetik az áramot. Készülhetnek szilíciumból, vagy germániumból. Egyenirányító áramkörökben alkalmazzák

A szilíciumdiódák előnyei:

- nagyobb átütési feszültség
- kisebb fordított áramerősség
- nagyobb hőmérsékletet bírnak meg

Ezeknek a diódáknak a küszöbfeszültségük. Uk(Si) = 0,7 V, Uk(Ge) = 0,4 V

Az egyenirányító diódák fontosabb jellemzői a következők:

- Maximális nyitóirányú áramerősség
- maximális fordított feszültség
- küszöbfeszültség
- maximális teljesítmény

Zener dióda

Ezt a diódát fordítva kell polarizálni. A jelleggörbén látszik, hogy a diódának az a tulajdonsága, hogy a sarkain a feszültség állandó marad, nagy áramingadozás esetén is. Általában szilíciumból készítik. Feszültség stabilizátorokban alkalmazzák

A Zener dióda jellemző mennyiségei:

- stabilizálási feszültség
- dinamikus ellenállás
- maximális inverz áram
- maximális teljesítmény
- stabilizálási feszültség változása a hőmérséklet függvényében

Varikap dióda

Ezt a diódát fordítva kell polarizálni. A dióda tulajdonsága az, hogy a pn átmenetnek kapacitása van. A kapacitás értéke a diódán áthaladó áramerőségtől függ. A kapacitás értéke néhány pF-tól néhány tíz pF –ig változhat. A diódát szilíciumból gyártják. Frekvenciaszabályozó áramkörökben alkalmazzák

Alagút dióda

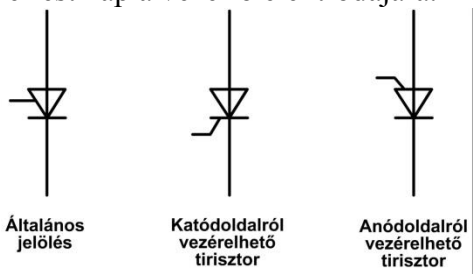
A pn rétegek sokkal több töltéshordozót tartalmaznak, mint más diódáknál. A pn átmenet kialakulása után, a kiürített réteg szélessége kisebb lesz. A felépítés hatására, a küszöbfeszültség alatt áram jön létre az alagút hatás következtében. Fordított polarizálás hatására az áramerősség arányosan változik a feszültséggel. Nyitó irányú polarizálásnál, Uk értéke alatt az áramot az alagút hatás hozza létre. A jelleggörbén megfigyelhető egy csökkenő szakasz, amikor a feszültség növekedésekor az áram értéke csökken. Ebbe a szakaszban a dióda negatív ellenállásként viselkedik. GaAs-ből készítik

Az alagút diódát alkalmazzák:

- nagyfrekvenciás erősítőkben
- nagyfrekvenciás oszcillátorokban
- gyors billenő áramkörökben

4.7.Tirisztor

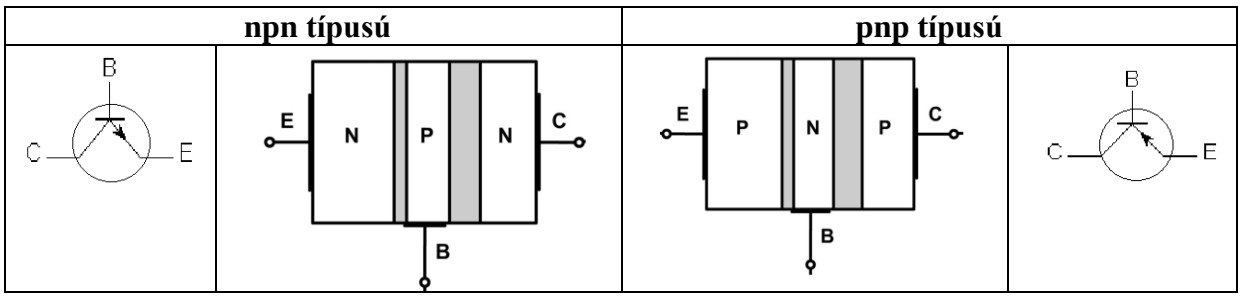
Négyrétegű félvezető alkatrész. Ezáltal három p-n átmenetet tartalmaz. Ebből kettő nyitóirányú, egy pedig záró irányú. A tirisztornak három érintkezője van: anód, katód, és egy vezérlőelektróda. Működése annyiban különbözik a dióda működésétől, hogy nyitó irányba polarizáljuk, de a vezetési állapotba csak akkor kerül, ha vezérlést kap a vezérlő elektródájára.



4.8.Bipoláris tranzisztor

Háromrétegű félvezető eszköz. Az elektronikai áramkörök fontos alkatrésze. elektronikus kapcsolóként, erősítőként alkalmazzák.

4.8.1. Felépítése és működési elve



Ezt a tranzisztor típust bipolárisnak nevezzük, mert benne, az elektromos áram kialakulásában mind a két töltéstípusnak szerepe van. A bipoláris tranzisztor három félvezető rétegből van kialakítva. Ezek a rétegek kivezetéssel vannak ellátva. Megnevezésük: emiter, bázis, kollektor. A bázis rétege gyengébben van szennyezve, mint a másik két réteg, tehát kevesebb töltéshordozót tartalmaz. A bázis szélessége is kisebb, mint a másik két rétegnek. A félvezető rétegek szennyezése szerint két tranzisztor típust különböztetünk meg: pnp, npn. A bázis-emiter átmenetet nyitóirányban, a bázis-kollektor

átmenetet záró irányban kell polarizálni. A bázis-emiter átmeneten áram fog áthaladni, amelyet az emiterben található lyukak és a bázisban levő elektronok hoznak létre. A bázis-kollektor átmeneten csak a kisebbségi töltéshordózók hoznak létre áramot. A polarizálás hatására az emiterből a töltéshordozók (jelen esetben a lyukak) áthaladnak a bázisba. Mivel a bázis kevés szabad elektront tartalmaz és keskeny, az emiterből érkező töltések kevés része semlegesítődik a bázisban, a többi áthalad a kollektorba. Az emiter áram kollektor áramot hoz létre. A létrejövő kollektor áram értéke a bázison keresztül szabályozható.

Felírva az áramok közötti összefüggést, megkapjuk a tranzisztor működési egyenletét.

$I_E = I_B + I_C$ Ezt az egyenletet nevezzük a tranzisztor első alapegyenletének.

A tranzisztor működését kifejezhetjük, úgy is, hogy az erősítési tényezőket írjuk fel.

Kollektor-emiter áramerősítési tényező: $\alpha = I_C/I_E = 0{,}95 — 0{,}98$

Emiter-bázis áramerősítési tényező: $\beta = I_E/I_B = 20—500$

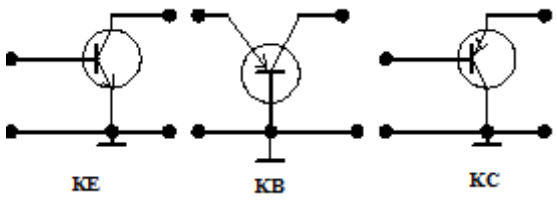
4.8.2. Kapcsolási módok

Attól függően, hogy a tranzisztor melyik elektródája tekinthető a bemenet és a kimenet szempontjából közösnek, a tranzisztorok közöz emiterű, közös bázisú, közös kollektorú kapcsolásban üzemeltethetők. A közös bázisú kapcsolás kis bemeneti és nagy kimeneti ellenállással rendelkezik, ezért impedancia illesztésre alkalmas. Adott tranzisztor esetén a közös bázisú kapcsolásban a legnagyobb a határfrekvencia.

A közös emiterű kapcsolásban a tranzisztor bemeneti ellenállása nagyobb, mint a közös bázisú kapcsolásban. A határfrekvencia közepes értékű. Ezt a kapcsolást leggyakrabban erősítőfokozatokban alkalmazzák.

A közös kollektorú kapcsolás erősítése kis értékű. A kapcsolás sajátossága, hogy a tranzisztor üzem közbeni bemeneti ellenállása a terhelés (fogyasztó) ellenállásától függ. Ezt a kapcsolást, a bemeneti és a kimeneti ellenállások közötti jelentős különbség miatt, elsősorban impedancia illesztésre használják.

A három alapkapcsolás rajza a következő:



4.8.3. Működési állapotok

A tranzisztorok működési állapotai az átmenetek polarizálásától függ. A következő állapotokat különböztetjük meg:

- ***Normál aktív állapot:***
  - EB nyitóirányba van polarizálva
  - CB záró irányba van polarizálva

  Ennek az állapotnak a működése az 1-es alpontban volt ismertetve.
- ***Normál telitett állapot:***
  - EB nyitóirányba van polarizálva
  - CB nyitóirányba van polarizálva

  Ebben az állapotban a CE feszültség értéke minimális (0,2—0,3 V), a CE-en áthaladó áramerősség értéke nagy értékű. A tranzisztor egy zárt kapcsolónak felel meg.
- ***Normál zárt állapot***
  - EB záró irányba van polarizálva
  - CB záró irányba van polarizálva

  A tranzisztor egy nyitott kapcsolónak felel meg, mert a rajta áthaladó áram minimális, a feszültség értéke pedig nagy értékű.

Impulzus üzemű áramköröknél (kapcsolóként) működnek telitett és a zárt állapotban a tranzisztorok.

- ***Fordított aktív állapot***
  - EB záró irányba van polarizálva
  - CB nyitóirányba van polarizálva

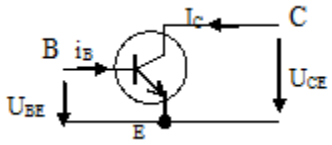
  Ebben az állapotban a kollektor és az emiter szerepe felcserélődik. Ennek megfelelően a tranzisztor felépítése (a rétegek felülete) különbözik a hagyományos tranzisztorok felépítésétől. Nagyon ritkán alkalmazzák.

4.8.4. Jelleggörbék, sztatikus munkapont

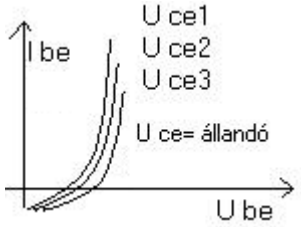
A be- és kimeneti áramok, illetve feszültségek közötti összefüggések ábrázolását nevezzük jelleggörbének. A következő jelleggörbe csoportokat különböztetjük meg:

- Bemeneti
- Kimeneti
- Átviteli

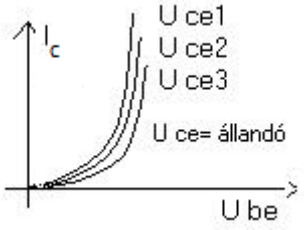
Minden alapkapcsolásnál meg lehet rajzolni ezeket a jelleggörbéket. A továbbiakban, mivel a leggyakrabban a közös emiterű kapcsolást használják, az ennek megfelelő jelleggörbéket rajzoljuk meg.



Bemeneti jelleggörbe: Ábrázoljuk a bemenő áramerősséget (i_B), a bemenő feszültség (U_{BE}) függvényében. A kijövő feszültség (U_{CE}) függvényében, egy jelleggörbe-sereget kapunk. $i_B = f(U_{BE})$; $U_{CE} = áll.$



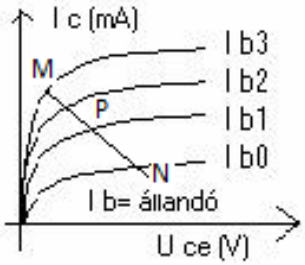
Átviteli jelleggörbe: A kijövő áramerősséget (i_C) ábrázoljuk a bemenő feszültség (U_{BE}) függvényében. A jelleggörbéket a kijövő feszültség (U_{CE}) különböző értékeire rajzoljuk meg. $i_C = f(U_{BE})$; $U_{CE} = áll.$



Kimeneti jelleggörbe: Ábrázoljuk a kijövő áramot (i_C) a kijövő feszültség (U_{CE}) függvényében, különböző bemenő áramerősség (i_B) értékekre $i_C = f(U_{CE})$; $i_B = áll$

Ezen a jelleggörbén leolvasható a:

- Sztatikus munkapont: (P) Külső jel hiányában, a polarizálási feszültség hatására létrejövő áram (i_B) és feszültség (U_{CE}) értékei határozzák meg.
- Munkaegyénes: (MN) Normál aktív állapotban a tranzisztor munkapontja, külső jel hatására, ezen az egyenesen mozdul el.
- Működési állapotok: Az MN szakasz megfelel a normál aktív állapotnak.
  Ha a munkapont kilép az M, vagy az N pontokon kívül, akkor telitett, vagy zárt állapotról beszélünk.

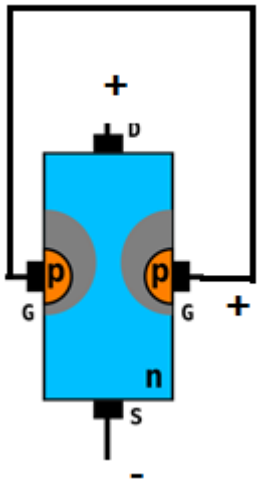


4.8.5. Tranzisztorok főbb jellemzői

- Áramerősítési tényező (β; $h_{2,1}$)
- Határfrekvencia (f_{max})
- Maximális kollektor áram (i_{Cmax})
- Maximális teljesítmény (P_{max})
- Maximális hőmérséklet (T_{max})

4.9.Unipoláris tranzisztorok FET, J-FET, MOS-FET

4.9.1. J-FET



Ennek a tranzisztornak két típusát különböztetjük meg: az „n” és a „p” csatornást.

A továbbiakban az „n” csatornás J-FET felépítését és működési elvét ismertetem.

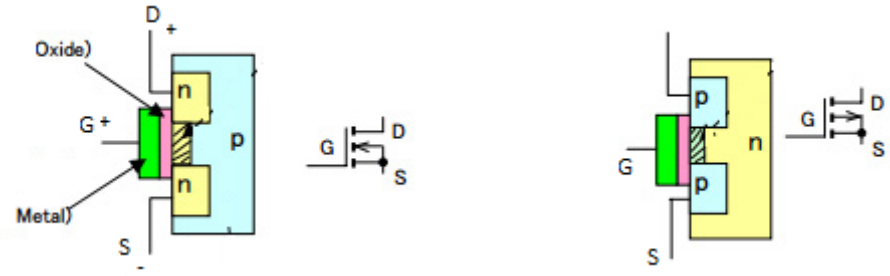
Egy „n” típusú félvezető kristályban két „p” típusú réteget hoznak létre. A tranzisztort három kivezetéssel látják el. **S**- forrás, **D** - nyelő, **G**- kapu (vezérlő elektróda). Ennél a tranzisztornál az elektromos áramot a negatív töltéshordózok, hozzák létre. Az S és a D elektródákat úgy polarizáljuk, hogy az elektronok az S-től a D felé mozduljanak el (S-, D +). A G kivezetésen keresztül lehet szabályozni a tranzisztoron áthaladó áramerősség értékét. Ha a G-re pozitív feszültséget kapcsolunk, akkor a két „p” típusú félvezető rétegből lyukak lépnek ki és a szabad csatorna keresztmetszete csökken. Így kevesebb elektron tud áthaladni, tehát az áramerősség értéke csökken.

A tranzisztoron áthaladó áram értékét a következő tényezők befolyásolják:

- az S-D feszültsége (iD =f(UDS); UG = áll.)
- a G-re kapcsolt feszültség (iD =f(UG); UDS = áll.)
- a hőmérséklet változása

A J-FET rajzjelei:

4.9.2. MOS-FET



Az első ábrán egy „n” csatornás MOS-FET tranzisztor felépítése látható. Egy „p” típusú félvezető kristályban, két "n" típusú réteget hoznak létre. Ezekhez csatlakozik a forrás (S) és a nyelő (D) elektróda. A kapu elektróda (G) és a félvezető anyag között szilíciumoxid szigetelő réteg található. Ez egy növekményes MOS-FET. Az S és a D-re úgy kapcsoljuk rá a feszültséget, hogy a töltéshordozók az S-től a D felé mozduljanak el. Jelen esetben az elektromos áramot a negatív töltések hozzák létre. Az áram a G-n keresztül szabályozható. Ha a G-re pozitív feszültséget kapcsolunk, akkor ennek hatására az S-D közötti csatornát elhagyják a pozitív töltések, így szabadon áthaladhatnak az elektronok. A G feszültség nagysága befolyásolja a kialakuló csatorna szélességét és az áthaladó áram értékét.

A kiürítéses MOS-FET tranzisztorok sajátossága, hogy beépített vezető csatornával rendelkeznek. Ebben az esetben a G-re negatív feszültséget kapcsolva lehet csökkenteni az áram értékét (a negatív polaritás hatására az elektronok elhagyják a csatornát).

Unipoláris tranzisztorok jellemzői

Összehasonlítva a bipoláris tranzisztorokkal, a következő fontosabb tulajdonságokat említhetjük meg:

- feszültséggel vezérlődnek
- a bemenő áramerősség értéke alacsony
- a bemenő impedancia nagy
- nagy frekvenciákon működnek

4.10. Optóelektronikai alkatrészek

Optóelektronikai alkatrészeknek nevezzük azokat, amelyekben az elektromos energia fénysugárzást hoz létre, vagy a fénysugárzás hatására megváltozok az alkatrész valamilyen elektromos jellemzője.

Megkülönböztetünk fénykibocsátó és fényérzékelő alkatrészeket.

Fénykibocsátó alkatrészek

Ezeknek az alkatrészeknek a működési elve a következő: Az elektromos energia hatására az elektronok magasabb energiaszintre kerülnek. Ez nem stabil állapot. Visszatérve a stabil energiaszintre, a többlet energiát fény formájában adják le.

Fényérzékeny alkatrészek

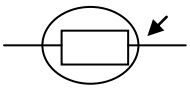
Fény hatására az anyagban található részecskék energiája megnövekedik. A többletenergia következtében megnövekedik a szabad töltéshordozók száma. A fény és szilárdtest kölcsönhatásban két esetet különböztetünk meg:

- Belső fényelektromos hatás: a fény hatására az anyag belsejében megnövekedik a szabad töltéshordozók száma.
- Külső fényelektromos hatás: A fény hatására töltések lépnek ki az anyagból.

A fényérzékeny alkatrészek a belső fényelektromos hatás elvén működnek és félvezető anyagokból készülnek.

4.10.1. Fotóellenállás, fotodióda, napelem, fotótranzisztor, fotótirisztor

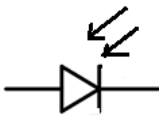
Fotóellenállás



Félvezető anyagokból gyártják. Fény hatására létrejön a belső fényelektromos hatás, az alkatrész ellenállása megváltozik. A megvilágítással arányosan csökken az ellenállás értéke. A fotóellenállásoknak a következő jellemzőit különböztetjük meg:

- A sötétben mért ellenállás érték. Függ az alkatrész méreteitől és a félvezető szennyezettségi fokától.
- Fotóelektromos küszöb. Az a legnagyobb hullámhossz, amelyre az alkatrész még érzékeny.
- Fotóelektromos tehetetlenség. A megvilágítás változtatásával az ellenállás értéke késve módosul

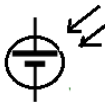
Fotodióda



Olyan pn átmenetet, vagy fém-félvezető átmenetet tartalmazó eszköz, amelynek az áram feszültség jelleggörbéje a fénysugár hatására változik.

A fotodiódát mindig fordítva polarizálják. Fény hatására szabad töltések jönnek létre. A kisebbségi töltéshordozók (- a „p” rétegben, + az „n”rétegben), a feszültség hatására átmennek a pn határrétegen és áramot hoznak létre. A kisebbségi töltéshordozók által létrehozott áram, csak a megvilágítás mértékétől függ, független a feszültségtől. A fotódióda érzékenyebb, mint a fotóellenállás és kisebb a tehetetlensége.

Napelem



Olyan pn átmenet, amelyik külső polarizálás nélkül működik. Megvilágítás hatására, a „p” és az „n” átmenetben töltések keletkeznek, így az alkatrész sarkain feszültség jön létre. A napelem, feszültség generátorként működik

Fotótranzisztor

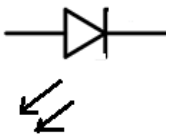
A fény érzékelésére alkalmas tranzisztorok. A működésük a belső fényelektromos hatáson alapul. Szerkezetük megegyezik a bipoláris tranzisztorok felépítésével. A lényeges eltérés abban mutatkozik, hogy ezeket az alkatrészeket fény vezérli. A legtöbbször a bázis kivezetése hiányzik. Az erősítési tényező hatására, a fotótranzisztor érzékenyebb, mint a fotodióda

Fotótirisztor

Felépítése megegyezik a tirisztorok felépítésével. A vezérlés fény által történik, ezért a kapu elektróda hiányzik

4.10.2. Fénykibocsátó alkatrészek, LED dióda

LED dióda



Nyitó irányba polarizált pn átmenet. A kibocsátott fény színe függ az alkalmazott félvezető típusától és a szennyező atomoktól

Optócsatoló

Olyan félvezető eszköz, amelyik egy fénykibocsátó és egy fényérzékelő elemből tevődik össze. A két összetevő elektromos szempontból nincs kapcsolatban egymással. Fotóelektromos vezérlésre, vagy két eltérő áramkör illesztésére alkalmazzák

Irodalom

1. Szűcs Péter, Elektronika mindenkinek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,1984
2. Bódi Sándor, Elektronikai alapismeretek, Dacia Könyvkiadó, Kolozsvár, 1983
3. https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes
4. Wikipedia

Függelék

A villamos mennyiségeknél alkalmazott szorzó és osztó számok

előtag	Jelölés	Szorzó és osztó számok
Terra	T	$*10^{12}$
Giga	G	$*10^{9}$
Mega	M	$*10^{6}$
Kiló	K	$*10^{3}$
mili	m	$*10^{-3}$
mikró	μ	$*10^{-6}$
nanó	n	$*10^{-9}$
pikó	p	$*10^{-12}$

Villamos mennyiségek és mértékegységei

A mennyiség			A mértékegység	
neve	**jele**	**származtatása**	**neve**	**jele**
áramerősség	I	alapmennyiség	amper	A
töltés	Q		coulomb	C
elektromos térerősség	E			V/m, N/C
feszültség	U		volt	V
ellenállás	R	U/I	ohm	Ω
vezetés	G	I/U	siemens	S
fajlagos ellenállás	ρ			Ωm²/m
fajlagos vezetőképesség	σ	1/ρ	siemens per méter	S/m
komplex impedancia	Z		ohm	Ω
reaktancia	X		ohm	Ω
elektromos fluxus	Ψ	EA	volt-méter	Vm
mágneses indukció/fluxussűrűség	B		tesla	T
mágneses térerősség	H			A/m
mágneses fluxus	Φ	BA	weber	Wb
kapacitás	C		farád	F
induktivitás	L		henry	H
permittivitás	ε			C²·N−1·m−2
relatív permittivitás	εr	ε/ε0		1
permeabilitás	μ		volt-szekundum per amper-méter	Vs/Am
relatív permeabilitás	μr	μ/μ0		1
felületi áramsűrűség	I/l	K	amper per méter	A/m
(térfogati) áramsűrűség	J	I/A	amper per négyzetméter	A/m²