ÓBUDAI EGYETEM

3. hét: Kombinációs hálózatok II.

Steiner Henriette

Egészségügyi mérnök

Digitális technika

2015/2016

ÓBUDAI EGYETEM

Az univerzális logikai függvények és az ezeket megvalósító építőelemek

Digitális technika

2015/2016

Logikai függvények

A logikai függvények olyan matematikai leképezések, melyek a 0 és 1 számokból álló véges sorozatokhoz rendelik a 0 vagy 1 számot.

$$f\colon \{0,1\}^n \to \{0,1\}$$

ÓBUDAI EGYETEM

A logikai ÉS kapcsolat

- Minden állításnak igaznak kell lennie ahhoz, hogy a következtetés is igaz legyen
- Másként fogalmazva
  - az egyik ÉS a másik ÉS az n.-edik állításnak is igaznak kell lennie, hogy a következtetés is igaz legyen
- Pl:
  - Ha Dénes és Sándor egy napon születtek **és** azonosak a szüleik, akkor Dénes és Sándor ikrek

Algebrai alak:

$Y = A \cdot B = AB = A \&\& B$

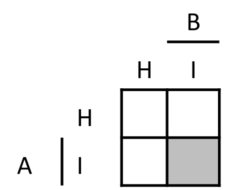
Utasításlista:
(VHDL)

```
Y <= A and B
```

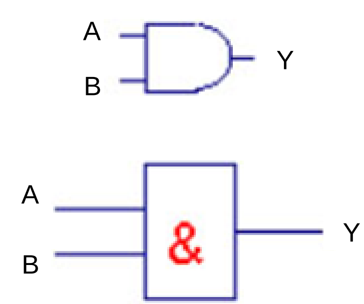
Igazságtáblázat:

B	A	Y = AB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

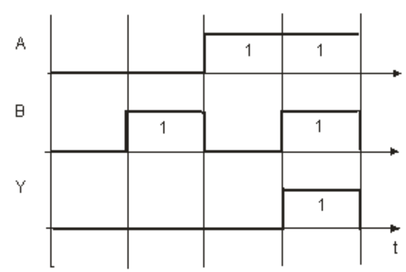
Veitch-diagram:



Szimbolikus jelképek:



Idődiagram:



Logikai VAGY kapcsolat

- Legalább egy állításnak igaznak kell lennie ahhoz, hogy a következtetés is igaz legyen.
- Másként fogalmazva
  - VAGY az 1, 2 VAGY az n-edik állításnak igaznak kell lennie, hogy a következtetés is igaz legyen.
- Pl:
  - Ha Judit és Sándor apja vagy anyja azonos, akkor Judit és Sándor testvérek

Algebrai alak:

Y = A+B = A || B

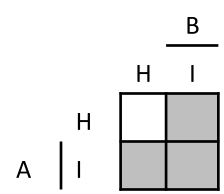
Utasításlista:
(VHDL)

```
Y <= A or B
```

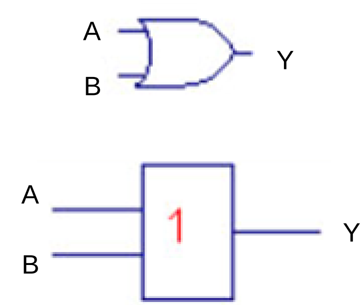
Igazságtáblázat:

B	A	Y = A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

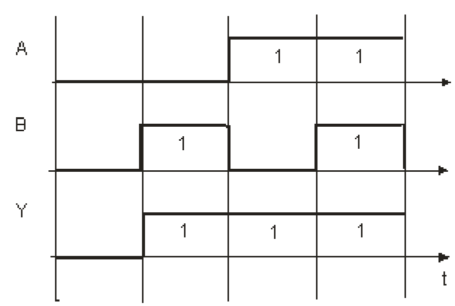
Veitch-diagram:



Szimbolikus jelképek:



Idődiagram:



ÓBUDAI EGYETEM

A logikai NEM

- Ha egy állítás igaz, akkor a következtetés hamis,
- Másként fogalmazva
  - Ha egy állítás hamis, akkor a következtetés igaz.
- Pl:
  - Ha holnap esik az eső, akkor nem megyünk kirándulni

Algebrai alak:

$$Y = \overline{A} = !A$$

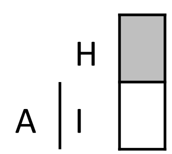
Utasításlista:
(VHDL)

```
Y <= not A
```

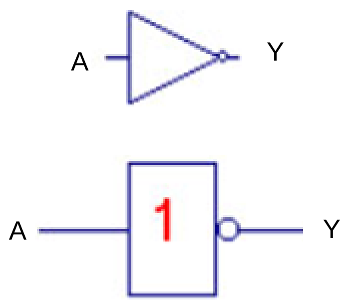
Igazságtáblázat:

A	$Y = \overline{A}$
0	1
1	0

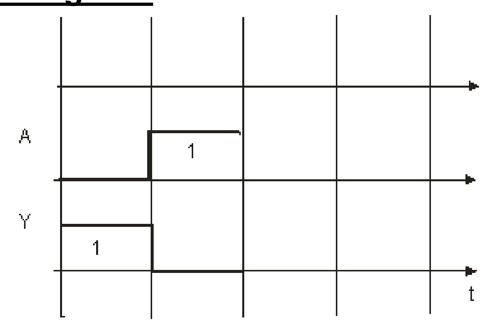
Veitch-diagram:



Szimbolikus jelképek:



Idődiagram:



A logikai NEGÁLT ÉS

- Ha egy állítás igaz és a másik hamis, akkor a következtetés igaz
- Ha mindkét állítás igaz, akkor a következtetés hamis

Algebrai alak:

$$Y = \overline{A \cdot B} = \overline{A \cdot B}$$

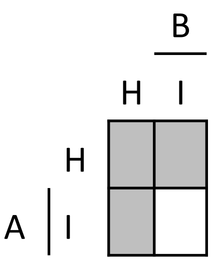
Utasításlista:
(VHDL)

Y <= A NAND B

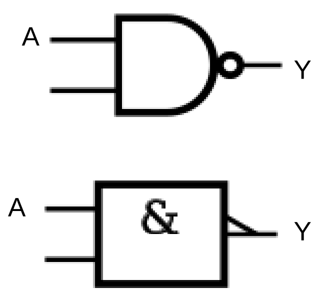
Igazságtáblázat:

B	A	Y = A nand B
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

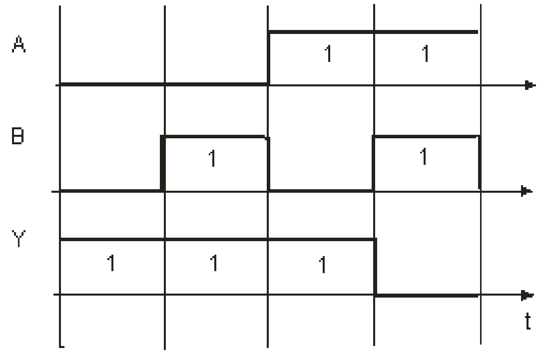
Veitch-diagram:



Szimbolikus jelképek:



Idődiagram:



ÓBUDAI EGYETEM

A logikai NOR /Negált Vagy

- Ha mindkét állítás hamis, akkor a következtetés igaz,

Algebrai alak:

$$Y = \overline{A + B}$$

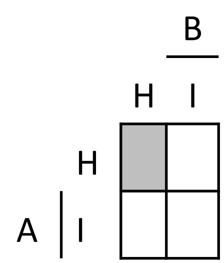
Utasításlista:
(VHDL)

Y <= A nor B

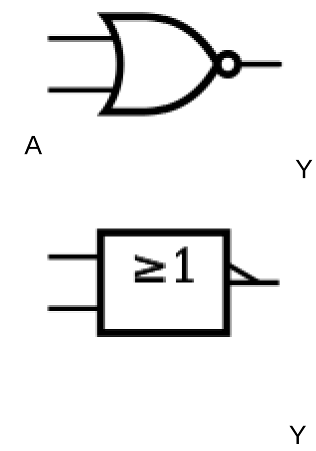
Igazságtáblázat:

B	A	Y = A nor B
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

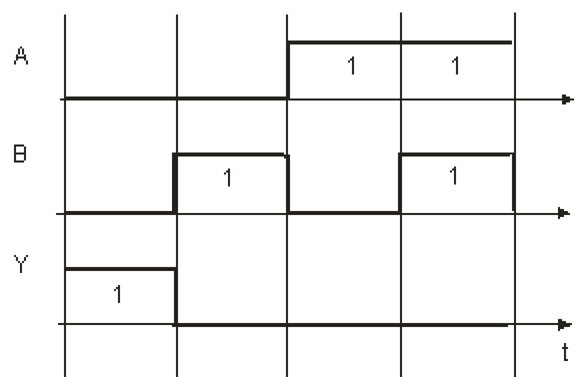
Veitch-diagram:



Szimbolikus jelképek:



Idődiagram:



A logikai XOR (kizáró vagy, antivalencia)

- Ha mindkét állítás igaz vagy hamis akkor a következtetés hamis

Algebrai alak:

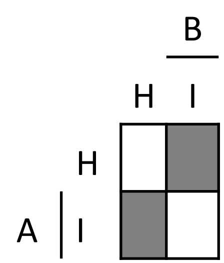
$$Y = A \oplus B$$

Utasításlista:
(VHDL)

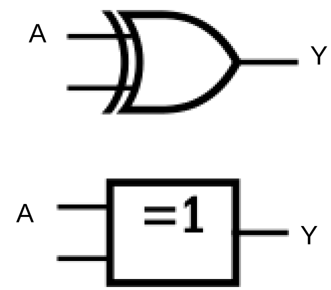
Igazságtáblázat:

B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

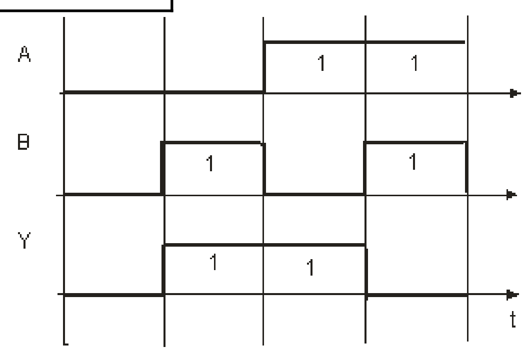
Veitch-diagram:



Szimbolikus jelképek:



Idődiagram:



A logikai XNOR negált kizáró vagy, ekvivalencia

- Ha mindkét állítás igaz vagy hamis, akkor a következtetés igaz

Algebrai alak:

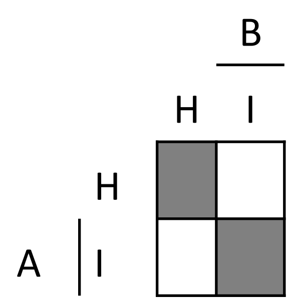
$$Y = \overline{A \oplus B}$$

Utasításlista:
(VHDL)

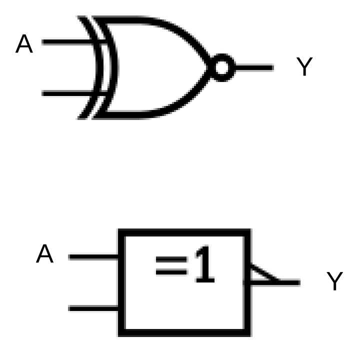
Igazságtáblázat:

B	A	Y =
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

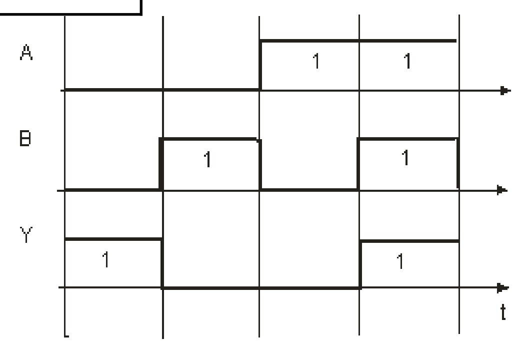
Veitch-diagram:



Szimbolikus jelképek:



Idődiagram:



Logikai függvények felírása

- Logikai függvények normál (kanonikus) alakjai
  - Diszjunktív normál alak
  - Konjunktív normál alak

Ld az előző előadást!

Diszjunktív alak

❖ Soronként

$$Y1 = AB\overline{C}$$

$$Y2 = A\overline{B}C$$

$$Y3 = \overline{A}BC$$

$$Y4 = ABC$$

i	C	B	A	Y
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	**0**	**1**	**1**	**1**
4	1	0	0	0
5	**1**	**0**	**1**	**1**
6	**1**	**1**	**0**	**1**
7	**1**	**1**	**1**	**1**

A diszjunkt - alakú függvény felírása

1) Y = 1
2) Változók között ÉS
   Igaz = ponált alak
   Hamis = tagadott

3) A részfüggvényeket VAGY - gyal kötjük össze.

$$Y = AB\overline{C} + A\overline{B}C + \overline{A}BC + ABC$$

Diszjunktív teljes normál alak

$$A + A + \cdots + A = A$$

$$Y = \left(AB\overline{C} + ABC\right) + \left(A\overline{B}C + ABC\right) + \left(\overline{A}BC + ABC\right)$$

$$\overline{A} + A = \overline{B} + B = \overline{C} + C = 1$$

$$Y = A \cdot B + A \cdot C + B \cdot C$$

Diszjunktív NEM teljes normál alak

Konjunktív alak

❖ Soronként

$$Y1 = A + B + C$$

$$Y2 = \overline{A} + B + C$$

$$Y3 = A + \overline{B} + C$$

$$Y4 = A + B + \overline{C}$$

i	C	B	A	Y
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

A konjunkt - alakú függvény felírása

1) Y = 0
2) Változók között VAGY
   Igaz = tagadott alak
   Hamis = ponált alak

3) A részfüggvényeket ÉS -gyal kötjük össze.

$$Y = (A + B + C)(\overline{A} + B + C)(A + \overline{B} + C)(A + B + \overline{C})$$

Konjunktív teljes normál alak

$$Y = (B + C)(A + C)(A + B)$$

Konjunktív NEM teljes normál alak

A szisztematikus tervezési módszerek alapjai

Digitális technika
2015/2016

Univerzális műveleti elemekkel

1) A bemeneti és a kimeneti változók meghatározása
2) A bemeneti és a kimeneti jelek ismeretében az igazságtáblázat(ok) felírása
3) A logikai függvény meghatározása (A diszjunkt alakkal célszerűbb dolgozni)
4) A logikai függvény egyszerűsítése (pl. Karnaugh – táblás módszerrel)
5) A logikai függvény egyszerűsített alakja alapján megtervezzük a kapcsolást.
6) A kész kapcsolási rajzot szimulációs programba rajzolhatjuk.
7) A működő rendszert letölthetjük kész FPGA panelra, vagy magunk gyárthatunk/gyártathatunk nyákot hozzá.

Univerzális műveleti elemekkel

- Eddig a logikai függvények megvalósításánál ÉS, VAGY kapukat ill. INVERTER-eket alkalmaztunk

Univerzális műveleti elemekkel

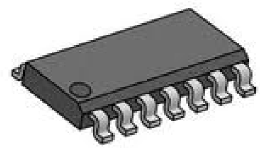
- Eddig a logikai függvények megvalósításánál ÉS, VAGY kapukat ill. INVERTER-eket alkalmaztunk
- Építkezhetünk univerzális logikai elemekből is (minden művelet előállítható velük)

Univerzális műveleti elemekkel

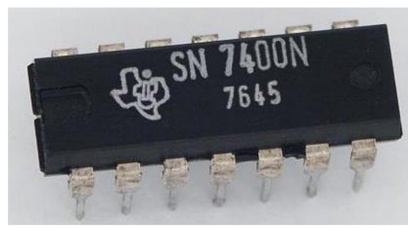
- Eddig a logikai függvények megvalósításánál ÉS, VAGY kapukat ill. INVERTER-eket alkalmaztunk
- Építkezhetünk univerzális logikai elemekből is (minden művelet előállítható velük)
  - Előny
    - Csak egyfajta építőelemre, kapuáramkörre van szükség
    - Az IC gyártóknak nem kell többféle kapu gyártástechnológiáját egyetlen chipen belül kombinálni

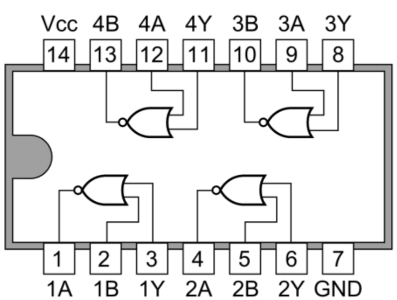
Kapuáramkörök

- 7400: NAND
  - 7402: NOR
  - 7404: NOT
  - 7408: AND
  - 7432: OR
  - 7486: XOR

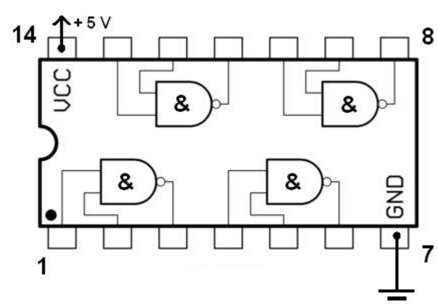


SO-14





7402



7400

Univerzális műveleti elemekkel

A **De Morgan-szabályok** értelmében

egy AND kapu átalakítható OR kapuvá a bemenetek e
kimenetek invertálásával.

de Morgan-képletek: ,

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

$$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

Univerzális műveleti elemekkel

- Belátható, hogy NAND kapukkal és NOR kapukkal is helyettesíthető mindhárom alapművelet
  - Egy OR kapu 3 NAND-al valósítható meg
  - Ellentmond az egyszerűség követelményének
  - Szerencsére van jobb megoldás, mint a közvetlen helyettesítés.

Ekvivalens megvalósítás

AND-OR megvalósítás:

NAND kapus megvalósítás:

Ekvivalens megvalósítás

AND-OR megvalósítás:

$$Y = \overline{A}B + C$$

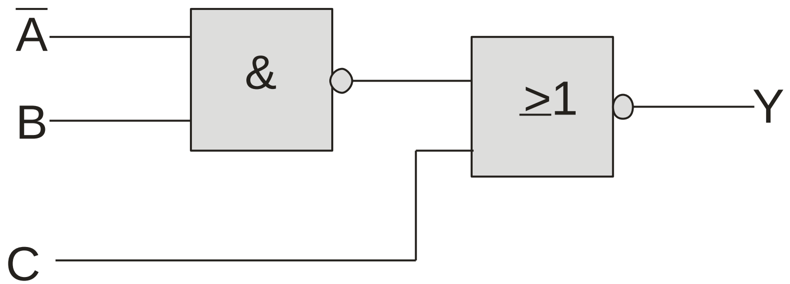
NAND kapus megvalósítás:

$$Y = \overline{\overline{\left(\overline{A}B\right)} \cdot C}$$

Ekvivalens megvalósítás

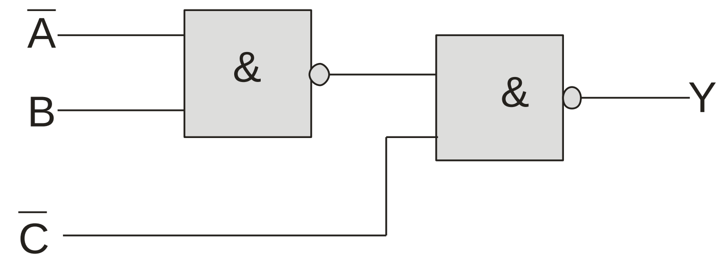
AND-OR megvalósítás:

$$Y = \overline{A}B + C$$



NAND kapus megvalósítás:

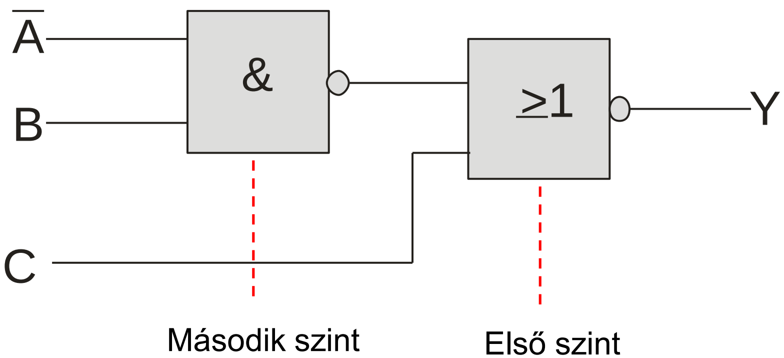
$$Y = \overline{\overline{\left(\overline{A}B\right)} \cdot C}$$



Ekvivalens megvalósítás

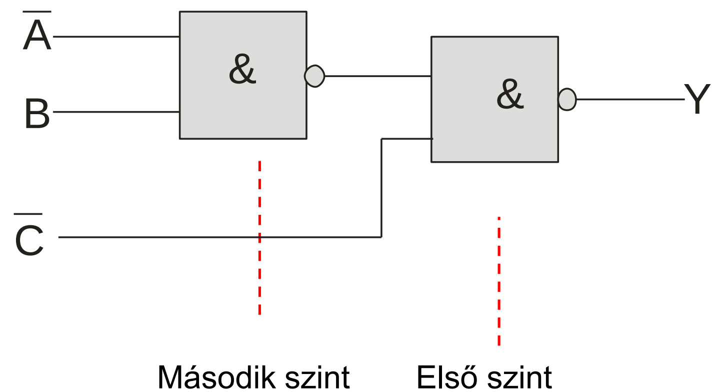
AND-OR megvalósítás:

$$Y = \overline{A}B + C$$



NAND kapus megvalósítás:

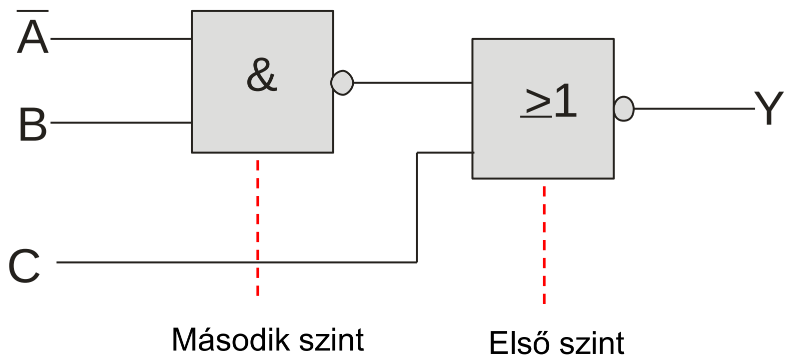
$$Y = \overline{\overline{\left(\overline{A}B\right)} \cdot C}$$



Ekvivalens megvalósítás

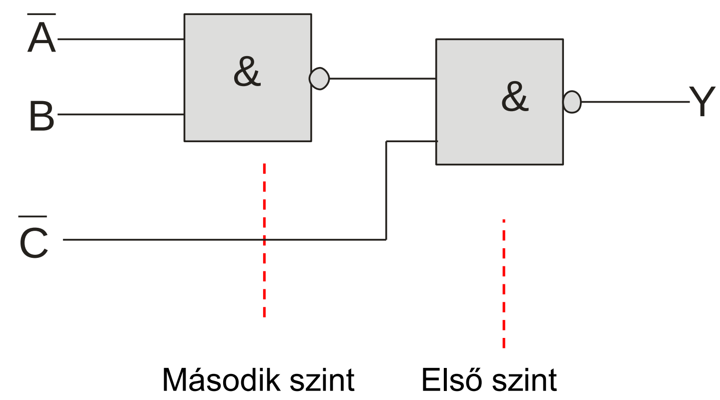
AND-OR megvalósítás:

$$Y = \overline{A}B + C$$



NAND kapus megvalósítás:

$$Y = \overline{\overline{(\overline{A}B)} \cdot C}$$



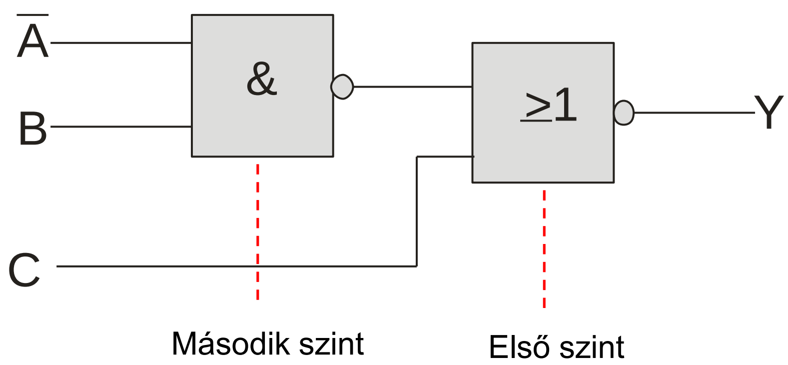
A kombinációs hálózat szintjeinek száma

1) A bemenetről maximálisan hány kapun keresztül haladva jutunk el a kimenetre
2) A szintek számozását a kimenetről kezdjük

Ekvivalens megvalósítás

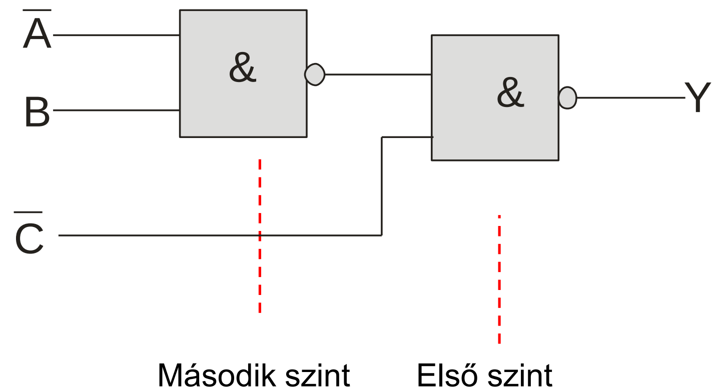
AND-OR megvalósítás:

$$Y = \overline{A}B + C$$



NAND kapus megvalósítás:

$$Y = \overline{\overline{\left(\overline{A}B\right)} \cdot C}$$



A kombinációs hálózat szintjeinek száma

1) A bemenetről maximálisan hány kapun keresztül haladva jutunk el a kimenetre
2) A szintek számozását a kimenetről kezdjük

A szintek fogalmát felhasználva a NAND kapus megvalósításnál

A diszjunktív normál alakból közvetlenül megépített ÉS-VAGY hálózat kapuit NAND kapukra cseréljük

A közvetlenül az első szintre kapcsolódó bemeneteket az eredeti negáltjával helyettesítjük

A vizsgálat alapeszközei és legfontosabb módszerei

Digitális technika
2015/2016

ÓBUDAI EGYETEM

Funkcionális áramkörök

A funkcionális áramkörök olyan digitális integrált áramkörök, amelyeket **bizonyos áramköri funkciók megvalósítására** hoztak létre.

Funkcionális áramkörök

Jellemzőjük
- ❖ kapu,
- ❖ tároló áramkörökből

Funkcionális áramkörök

Jellemzőjük
- ❖ kapu,
- ❖ tároló áramkörökből

Megfelelő lábkivezetésre
- ❖ Tápfeszültség pontokat
- ❖ Kimenet
- ❖ Bemenetek
- ❖ Funkcionális áramköröket felépítő alapelemeket a tokon belül kötik össze.

Funkcionális áramkörök

- multiplexerek,
- demultiplexerek,
- kódolók,
- dekódolók,
- aritmetikai (műveletvégző) áramkörök,
- regiszterek,
- számláló áramkörök.

A vizsgálat alapeszközei

Digitális technika
2015/2016

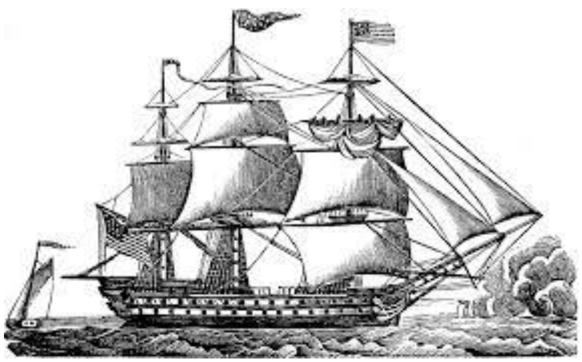
Alapeszközök

- Elméleti háttér
- Műszerek

Alapeszközök

- Elméleti háttér
- Műszerek

Céltalan hajósnak…



Ohm törvény

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = RI$$

ÓBUDAI EGYETEM

Kirhoff törvény

A *töltésmegmaradás* törvényének kifejezése az úgynevezett **csomóponti törvény:** egy csomópontba összefutó áramok előjeles összege nulla. Ha a ki- és befolyó áramokat ellentétes előjelűnek tekintjük:

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

Kirhoff törvény

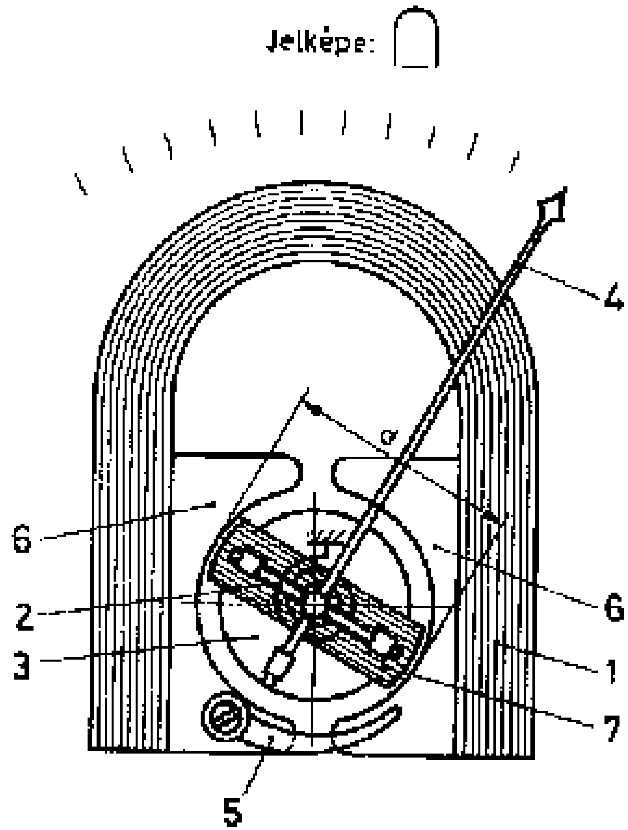
Az *energiamegmaradás* törvényének következménye a **huroktörvény**, mely szerint egy zárt vezetőhurok feszültségeinek előjeles összege zérus:

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

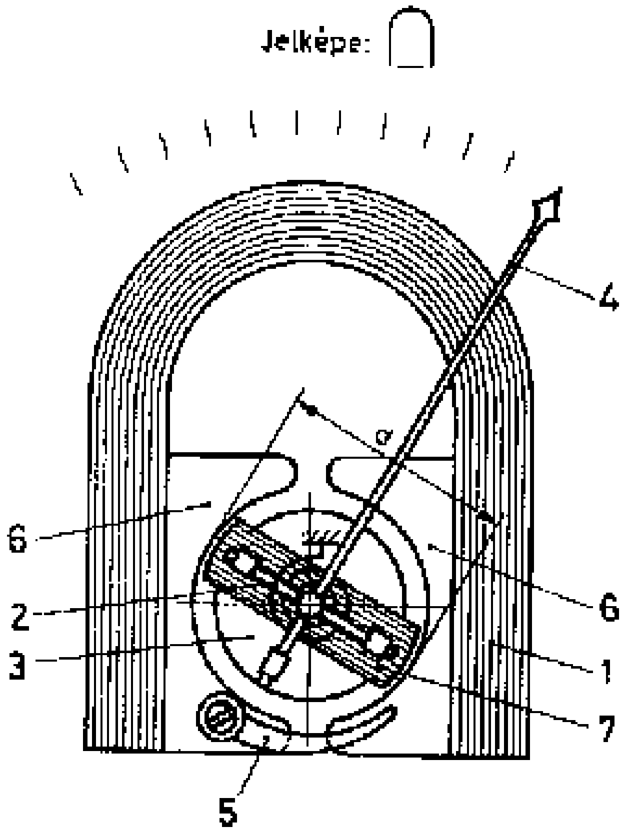
A Deprez műszer

ÓBUDAI EGYETEM

A Deprez műszer

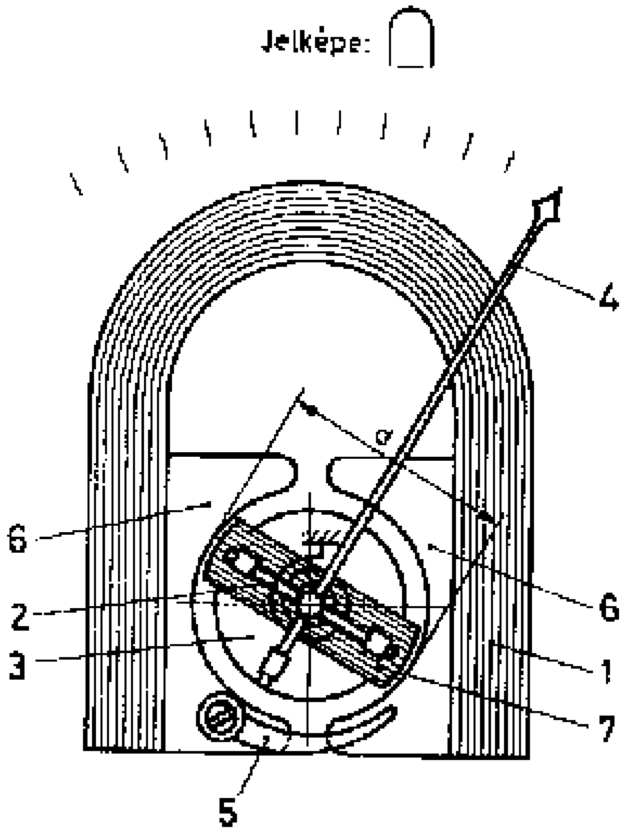


A Deprez műszer



1) állandó mágnes;
2) spirálrugó;
3) lágyvas mag;
4) mutató;
5) mágneses sönt;
6) lágyvas pólussaruk;
7) lengő tekercs

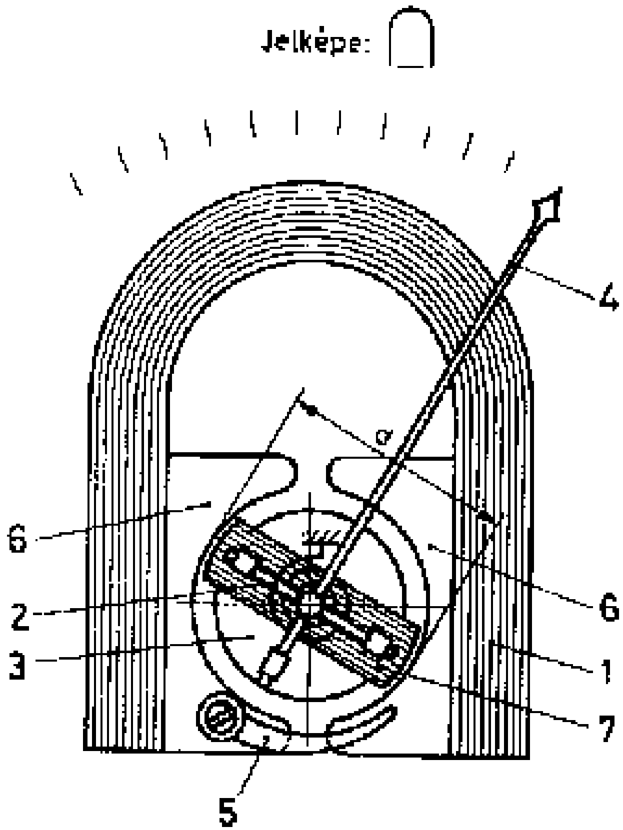
A Deprez műszer



Az elektromos jellemzők :

- Végkitéréshez szükséges áramerősség
- Műszer tekercsének ellenállása

A Deprez műszer

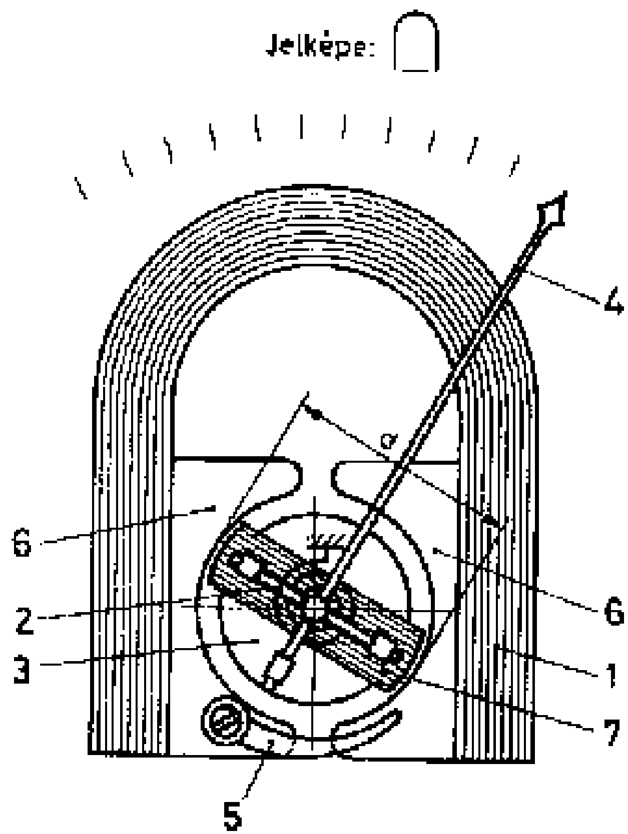


Járulékos műszerminősítő paraméter (műszer végkitéréséhez szükséges) teljesítmény

$$P = I^2 R$$

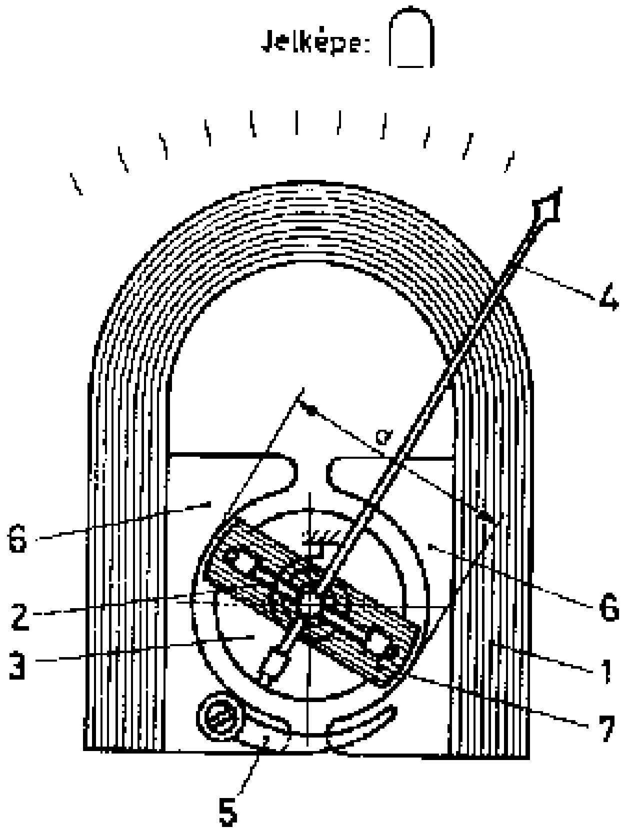
amely minél *kisebb,* annál kevésbé „zavarja meg” a mérés alkalmával a mérendő áramkör műszer beiktatása előtti paramétereit.

Árammérés



Tehát ha például a műszerrel **párhuzamosan kötött** ellenállás a műszer belső ellenállásának 1/99-e, akkor ezen a sönt ellenálláson 99-szer több áram fog átfolyni, mint a műszeren, azaz végső soron az így <u>kialakított áramkörrel 100-szor nagyobb áramot tudunk mérni, mint az alapműszerrel.</u>

Feszültségmérés



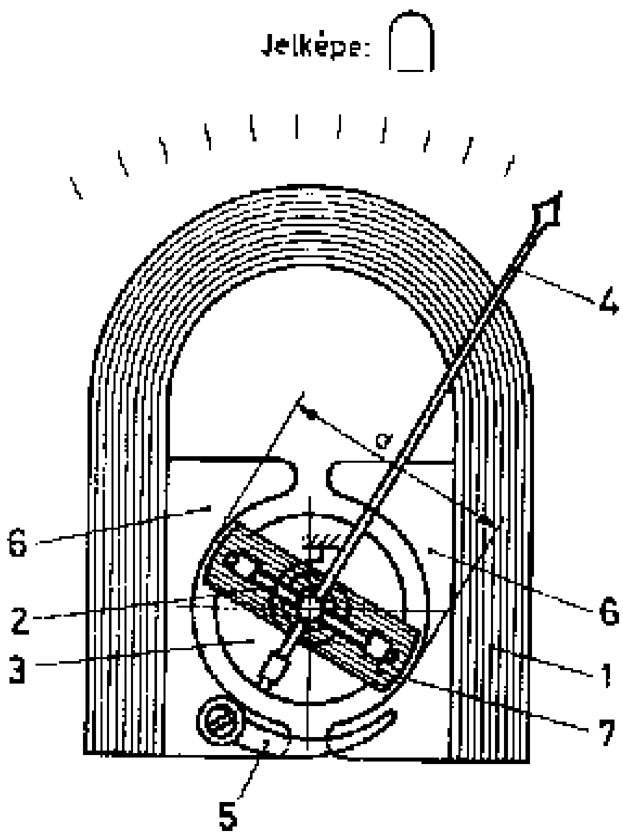
Mivel a műszernek van egy meghatározott belső ellenállása, az átfolyó áram erőssége az Ohm törvény értelmében

$$I = \frac{U}{R}$$

Ha például
R=1 kΩ a fenti műszer belső ellenállása,
I =100 uA
U = I*R = 100 mV
Uszeretnénk =10 V
R elé=100R.

Sorosan

Ellenállásmérés

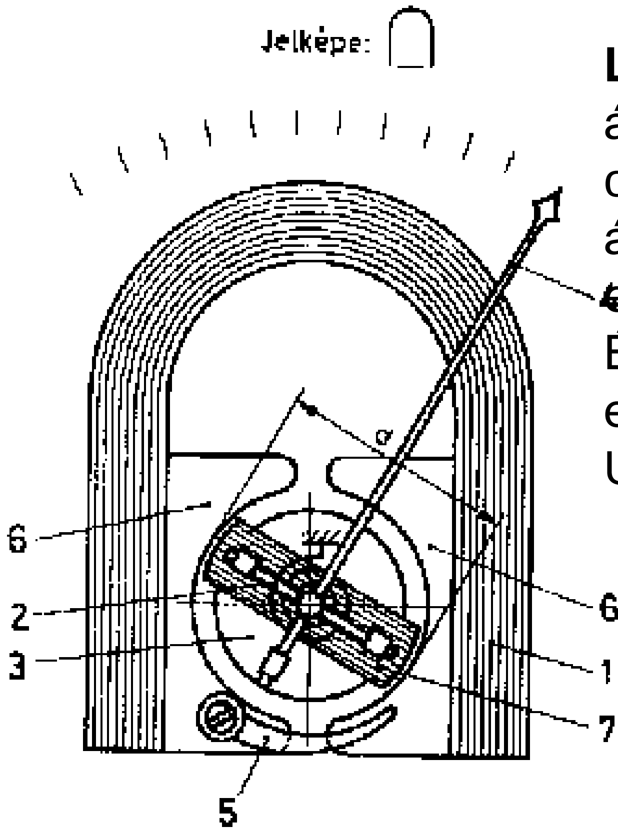


Nem lineáris skálán: egy állandó tápfeszültségű forrásra kapcsoljuk rá a mérendő ellenállást és az árammérő műszert sorosan.

A kialakuló áram: $I = \frac{U}{R}$

Ha fele akkora az ellenállás, akkor dupla akkora az áram, ha negyede az ellenállás, akkor négyszer akkora az áram és vele együtt a műszer kitérése is. Tehát ilyen, nem lineáris skálát kell az előlapra nyomtatni.

Ellenállásmérés



Lineáris skálával: ez esetben áramgenerátort kell létrehozni, azaz egy olyan áramkört, amely állandó áramerősséget próbál áthajtani a mérendő ellenálláson.

És nincs más dolgunk, mint megmérni az ellenállás kapcsain a feszültséget, mivel
U = IR.

Digitális műszerek

- A mért mennyiséget megfelelő helyiértékeken,
  - hétszegmenses kijelzőkön, tizedesvesszővel,
  - előjellel,
  - esetleg mértékegységgel ellátva jelenítik meg.
- Pontosabbak, mint az analóg műszerek.
- A digitális műszerek érzékenysége nagyobb, mint az analógoké.
- Nagyobb a felbontóképességük.
- Szubjektív leolvasási hibák nem keletkezhetnek használatukkor.
- Képesek a mérési eredmények tárolására, esetleges feldolgozására is.
- Környezeti hatásokra kevésbé érzékenyek.
- Bekerülési költségük alacsonyabb, mint az analóg műszereké.

Árammérő

Áramerősség:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Vezető ellenállása

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

A fajlagos ellenállás – sok más anyagi jellemzőhöz hasonlóan – hőmérsékletfüggő:

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(t - t_0) + \beta(t - t_0)^2 + \cdots]$$

Feszültségmérő

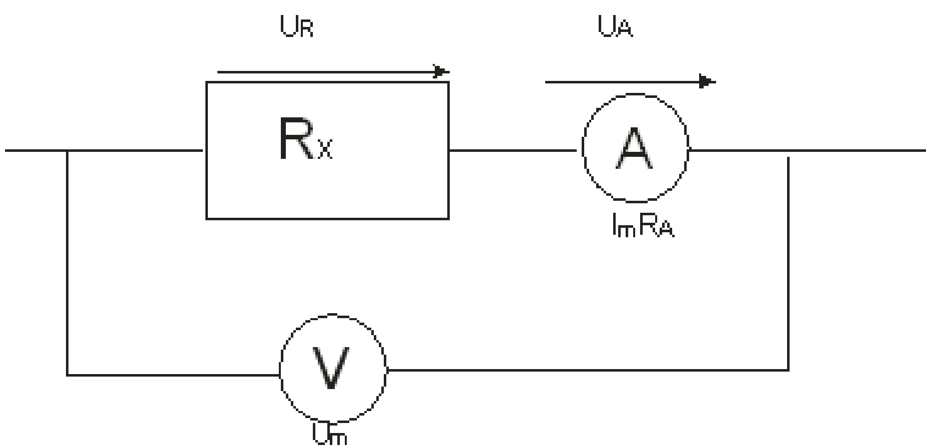
A feszültségmérő műszer (voltmérő) két bemeneti pontját mindig ahhoz a két ponthoz kell kötnünk, amelyek közötti feszültséget akarjuk megmérni.

Ellenállása **végtelen** ideális esetben.

Ellenállás mérése

Ellenállás mérése

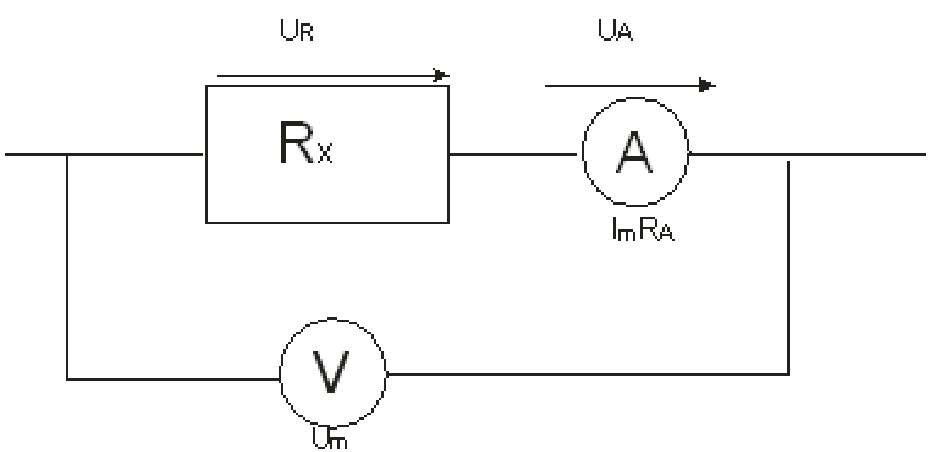
A voltmérő már az ellenálláson és az ampermérőn eső feszültségek összegét mutatja, EZÉRT



Ellenállás mérése

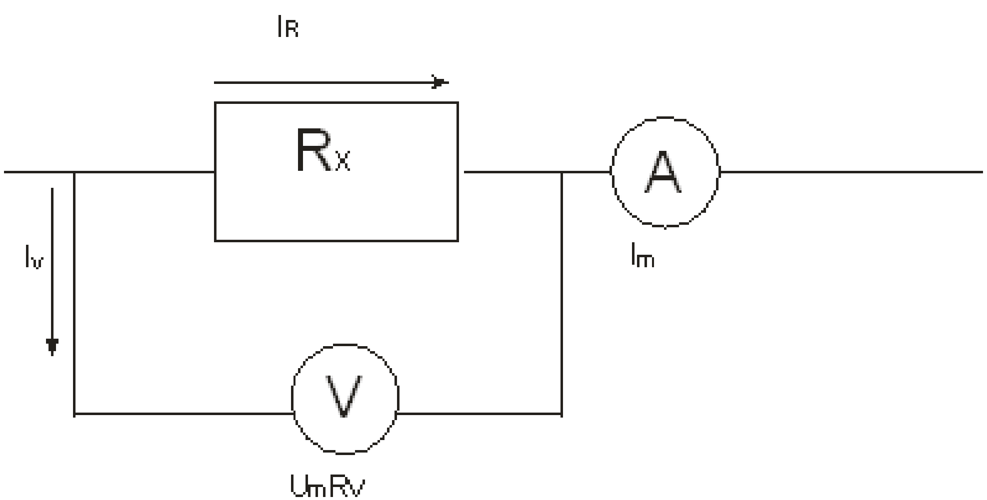
A voltmérő már az ellenálláson és az ampermérőn eső feszültségek összegét mutatja, EZÉRT

$$R_x = \frac{U_R}{I_m} = \frac{U_m - U_A}{I_m} = \frac{U_m - R_A I_m}{I_m}$$



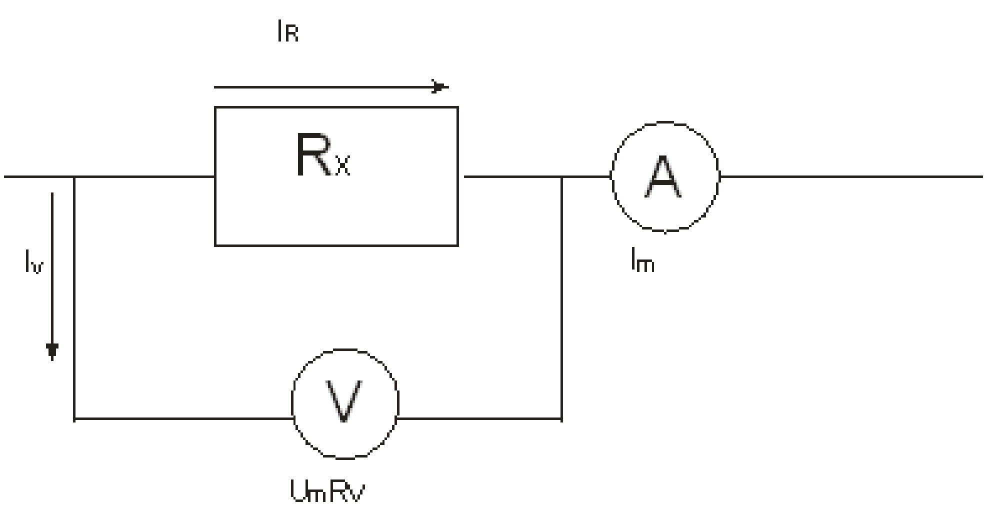
Ellenállás mérés

Ellenállás mérés



Ellenállás mérés

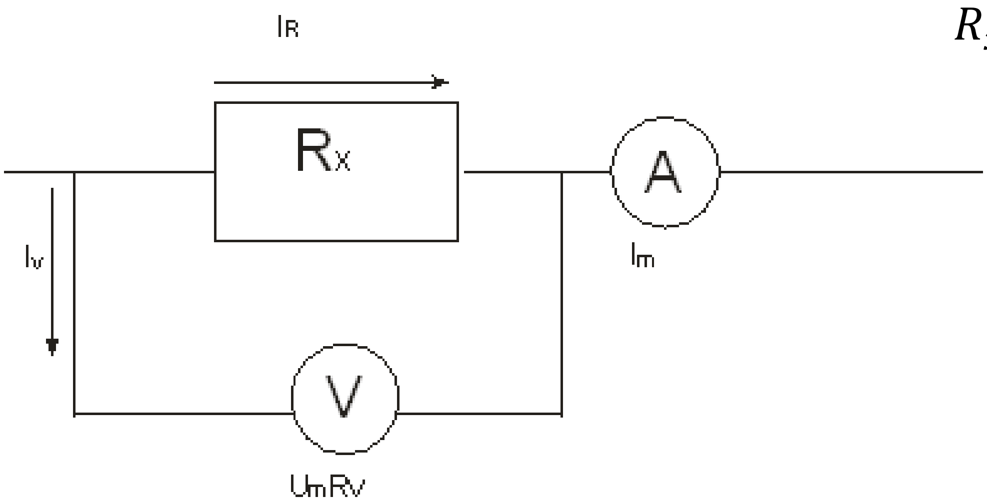
A voltmérő ténylegesen az ellenálláson eső feszültséget méri, az ampermérő viszont az ellenálláson és a voltmérőn átfolyó áramok összegét mutatja.



Ellenállás mérés

A voltmérő ténylegesen az ellenálláson eső feszültséget méri, az ampermérő viszont az ellenálláson és a voltmérőn átfolyó áramok összegét mutatja.

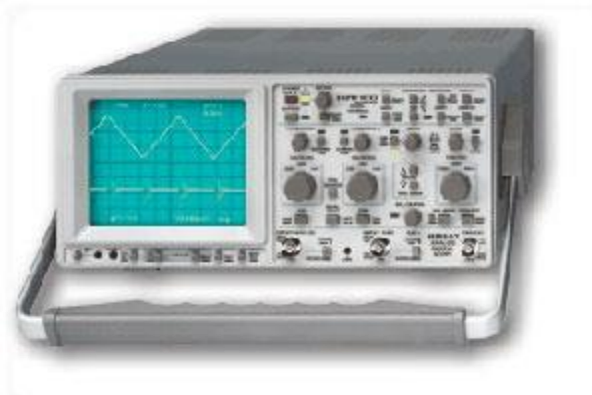
$$R_x = \frac{U_m}{I_R} = \frac{U_m}{I_m - I_V} = \frac{U_m}{I_m - \frac{U_m}{R_v}}$$



Multiméter

A digitális elven működő mérőműszerek nem csak az alaptartományokban és nem csupán villamos mennyiség mérésére használatosak, hanem méréshatár-kiterjesztéssel és különféle átalakítókkal más villamos és egyéb mennyiségek mérésére is alkalmassá tehetők. Az így kialakított elektronikus mérőműszereket multimétereknek nevezzük.

Oszcilloszkóp



Az oszcilloszkóp olyan elektronikus mérőműszer, amely - legáltalánosabb felhasználásakor - elektromos feszültségek időtartománybeli ábrázolására és mérésére szolgál. Kiegészítőkkel sokféle mérés megvalósítását teszi lehetővé.

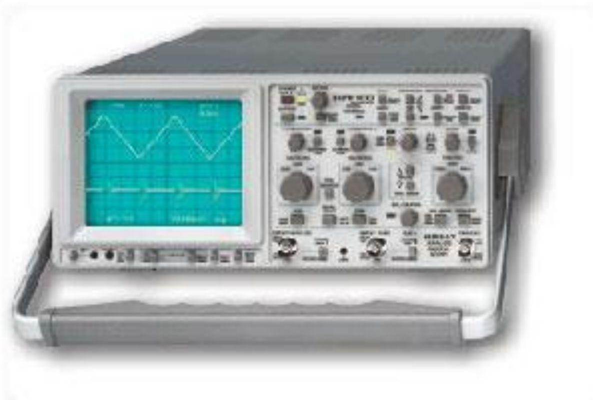
Oszcilloszkóp

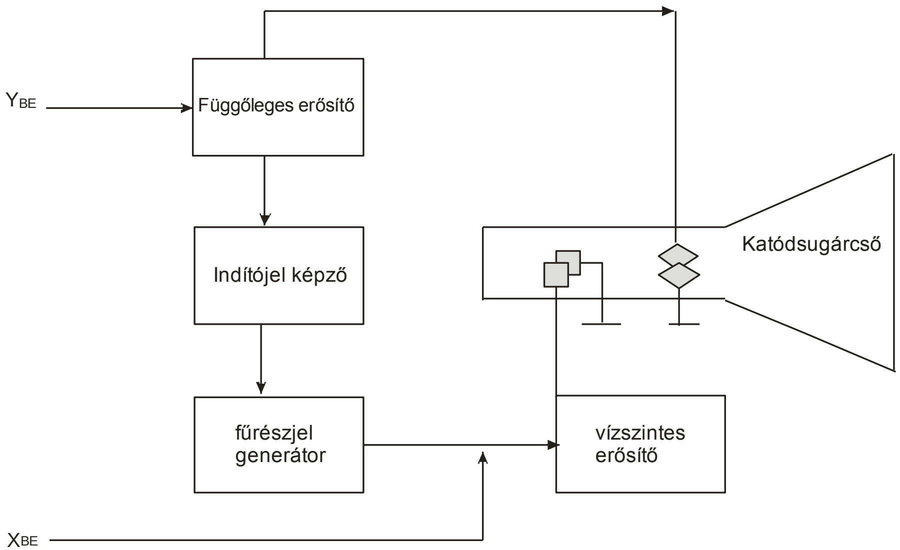
Közvetlenül feszültség - idő függvényt vagy fázishelyzetet jelenít meg a képernyőjén..

Oszcilloszkóppal az alábbi mennyiségek mérhetők közvetlen vagy közvetett módon:

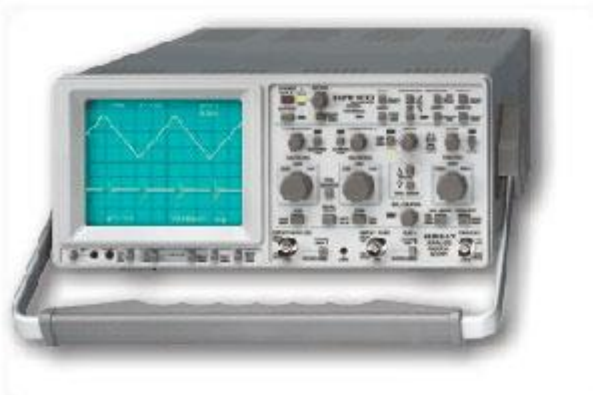
- egyenfeszültség;
- váltakozó feszültség;
- egyenáram;
- váltakozó áram;
- idő, időkülönbség;
- fázis, fáziskülönbség;
- frekvencia.

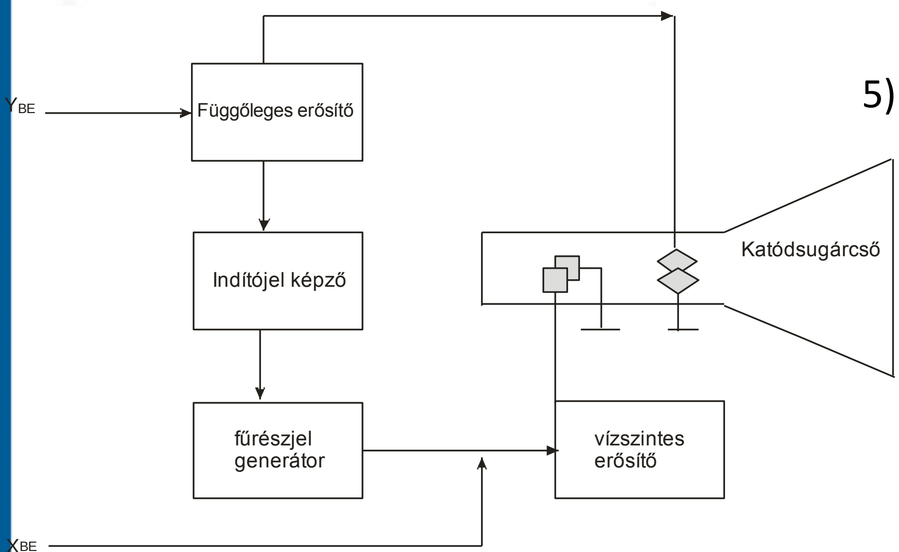
Oszcilloszkóp





Oszcilloszkóp

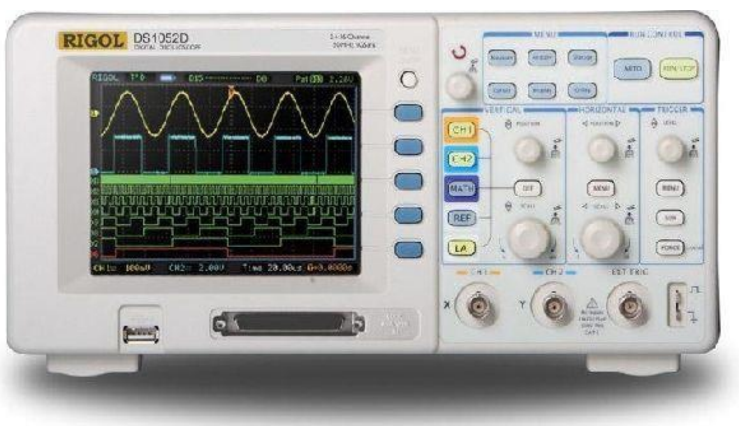




1) Egy katódsugárcső elektronágyújából kiindulva elektronnyaláb halad a képernyő felé.
2) A katódsugárcső fókuszáló rendszere ezt az elektronnyalábot a képernyő belső felületén egy pontban (eltérítés nélkül a középpontban) gyűjti össze
3) , ezen a helyen a képernyő fluoreszkáló bevonata fényt bocsát ki.
4) A képernyő felé haladó elektronnyaláb egy vízszintes és egy függőleges eltérítő elektródapár között halad el.
5) a vízszintes eltérítő lemezpár közé az idővel arányosan növekvő feszültséget kapcsolnak, ennek hatására az elektronsugár (és így az ernyőn világító fénypont) egyenletes sebességgel halad az ernyő bal oldalától a jobb oldaláig.

Logikai analizátor

Az eszköz segítségével a nullák és egyesek sorozata vizuálisan megjeleníthető, kiértékelhető és akár későbbi összehasonlításhoz elmenthető.

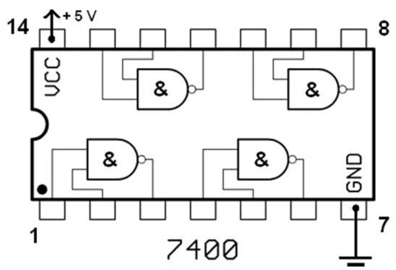


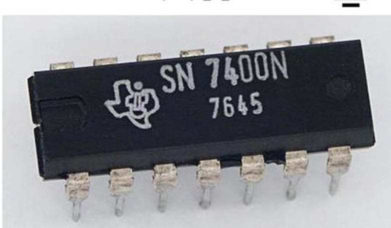
A szimulációs vizsgálat bemutatása

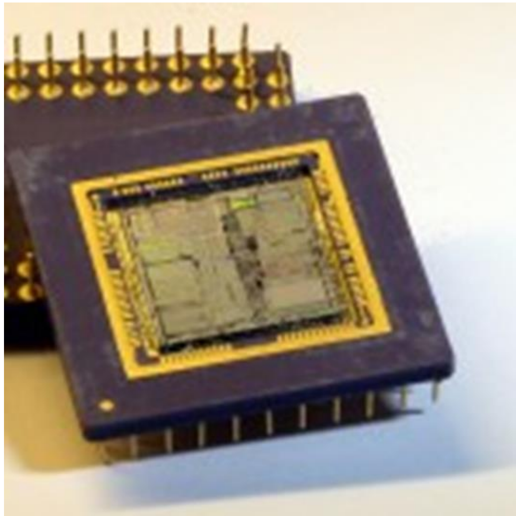
Digitális technika
2015/2016

Bevezető

- 1960~
- Egyre bonyolultabb áramkörök
- Drága a legyártatás



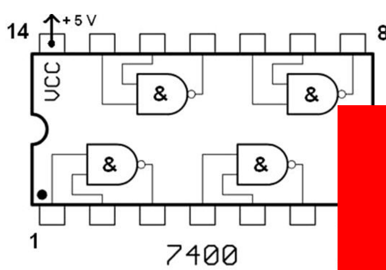


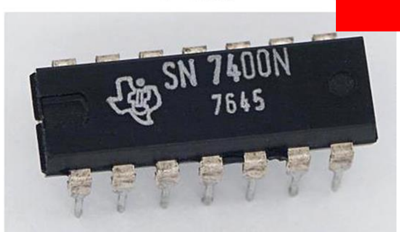


ÓBUDAI EGYETEM

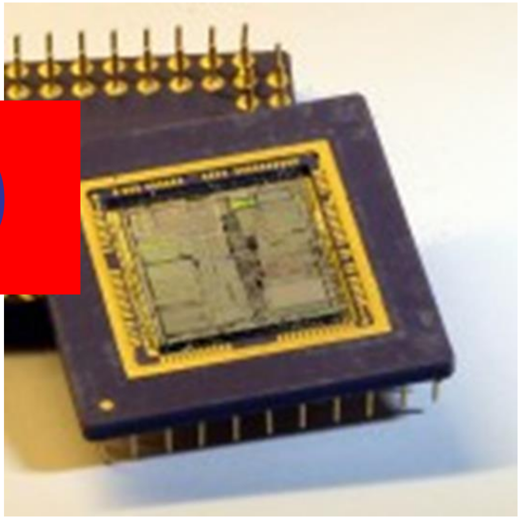
Bevezető

- 1960~
- Egyre bonyolultabb áramkörök
- Drága a legyártatás





CAD



Computer Aided Design

❖ **Szimulációs, vagy analízis programok**

Várható viselkedés

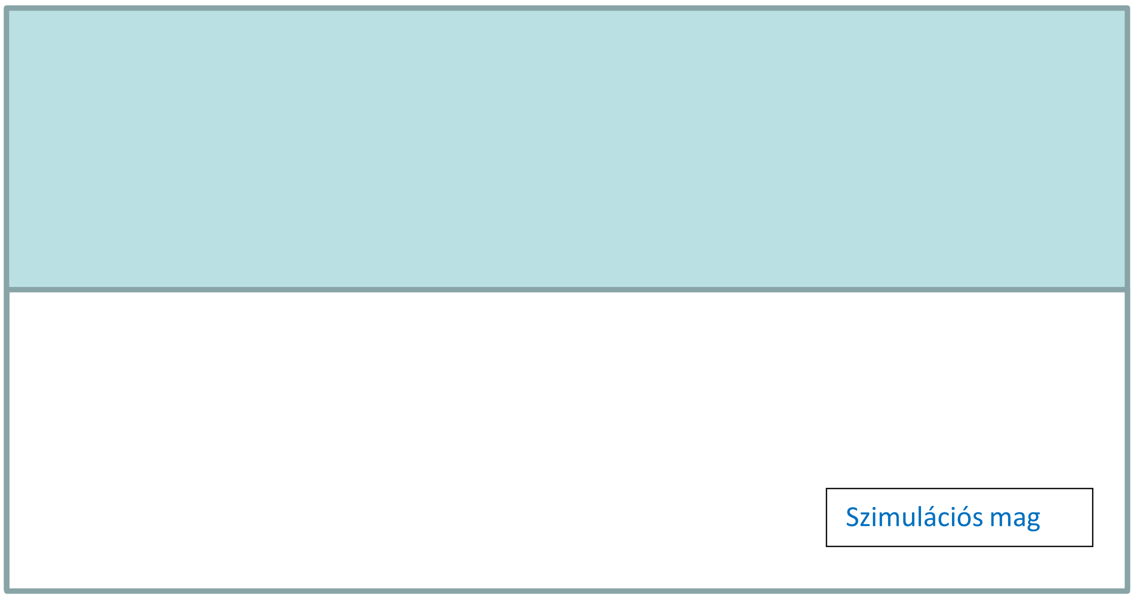
❖ **Szintézis programok**

tervez

- adott osztályú szűrő
- nagyferkvenciájú erősítő
- logikai kapuk
- A/D konverter

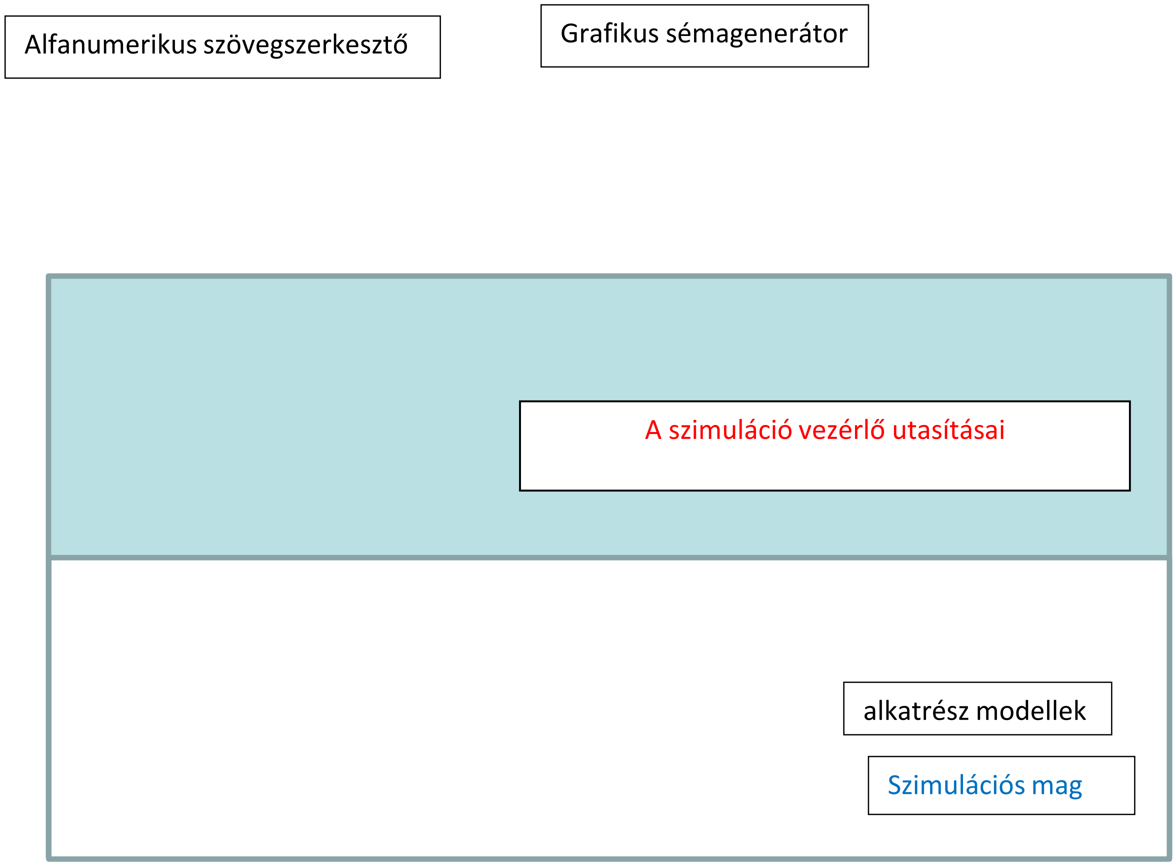
Computer Aided Design

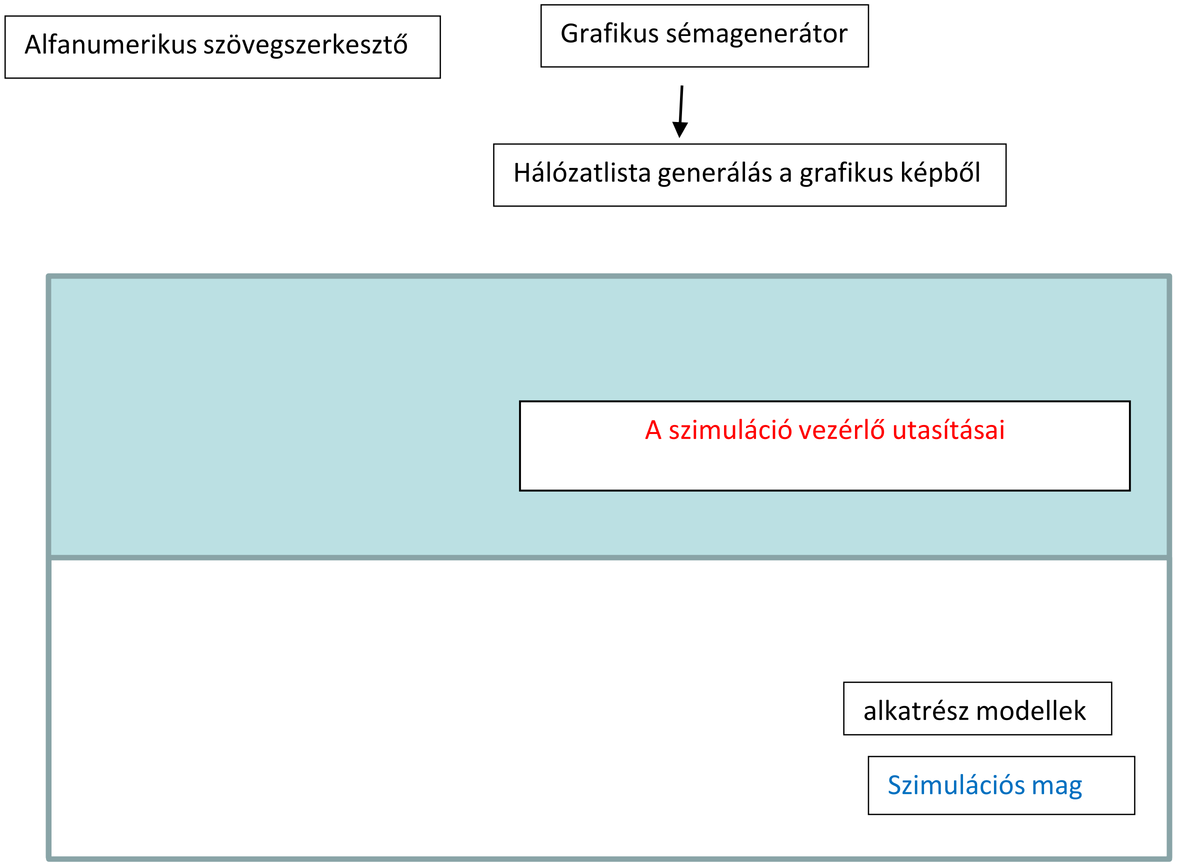
ÓBUDAI EGYETEM

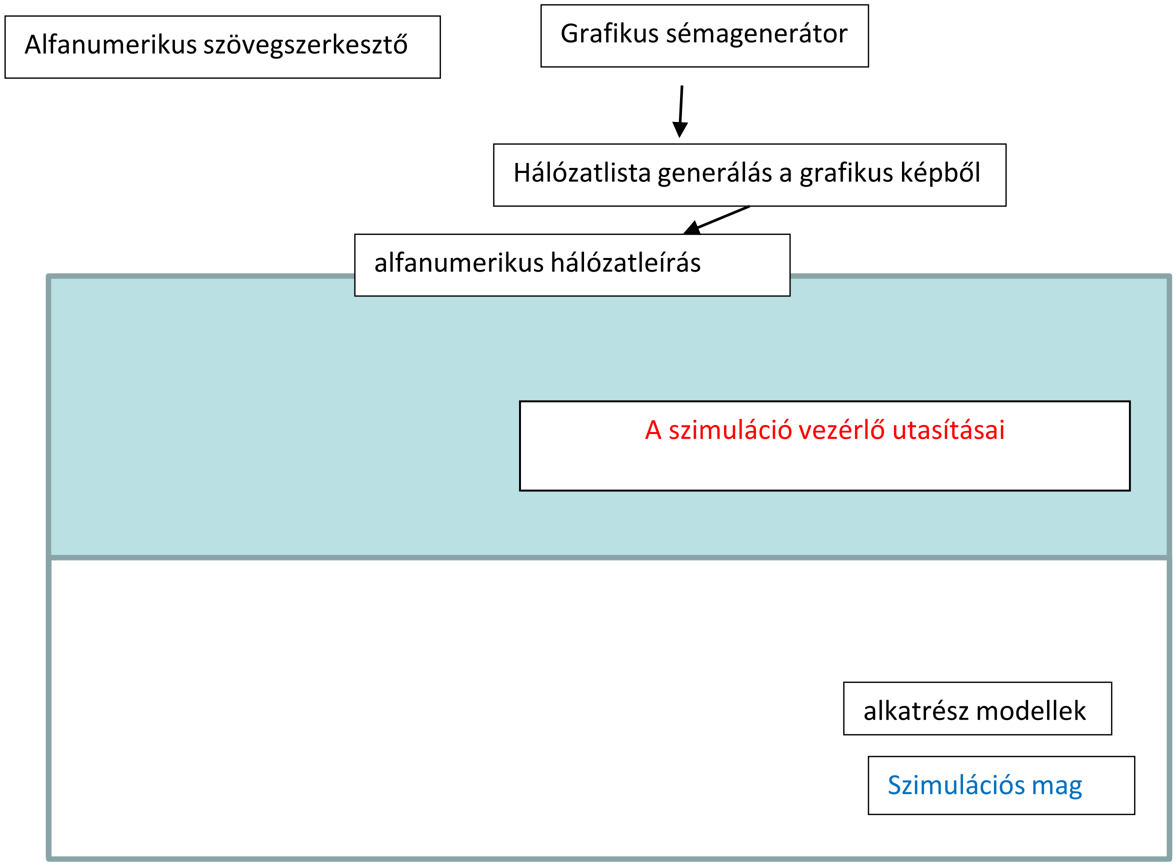


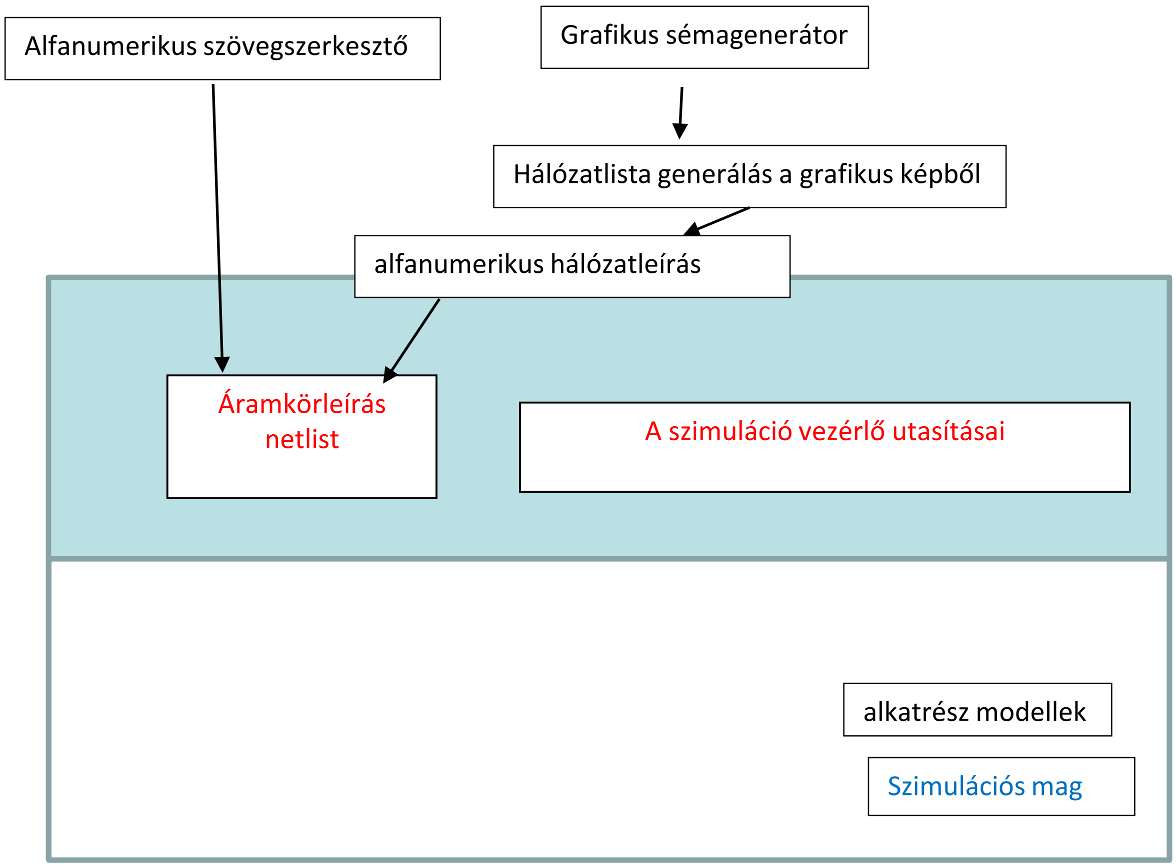

alkatrész modellek
Szimulációs mag


A szimuláció vezérlő utasításai
alkatrész modellek
Szimulációs mag

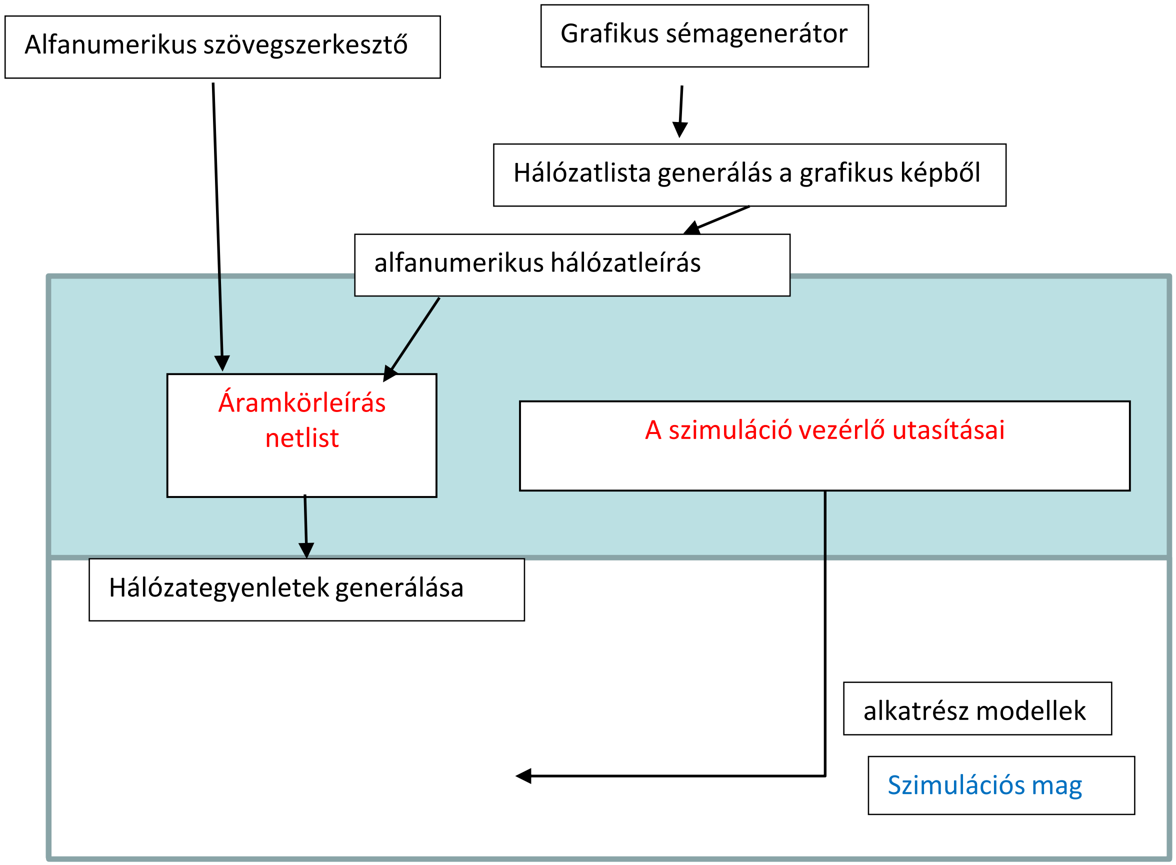

Alfanumerikus szövegszerkesztő
Grafikus sémagenerátor
A szimuláció vezérlő utasításai
alkatrész modellek
Szimulációs mag

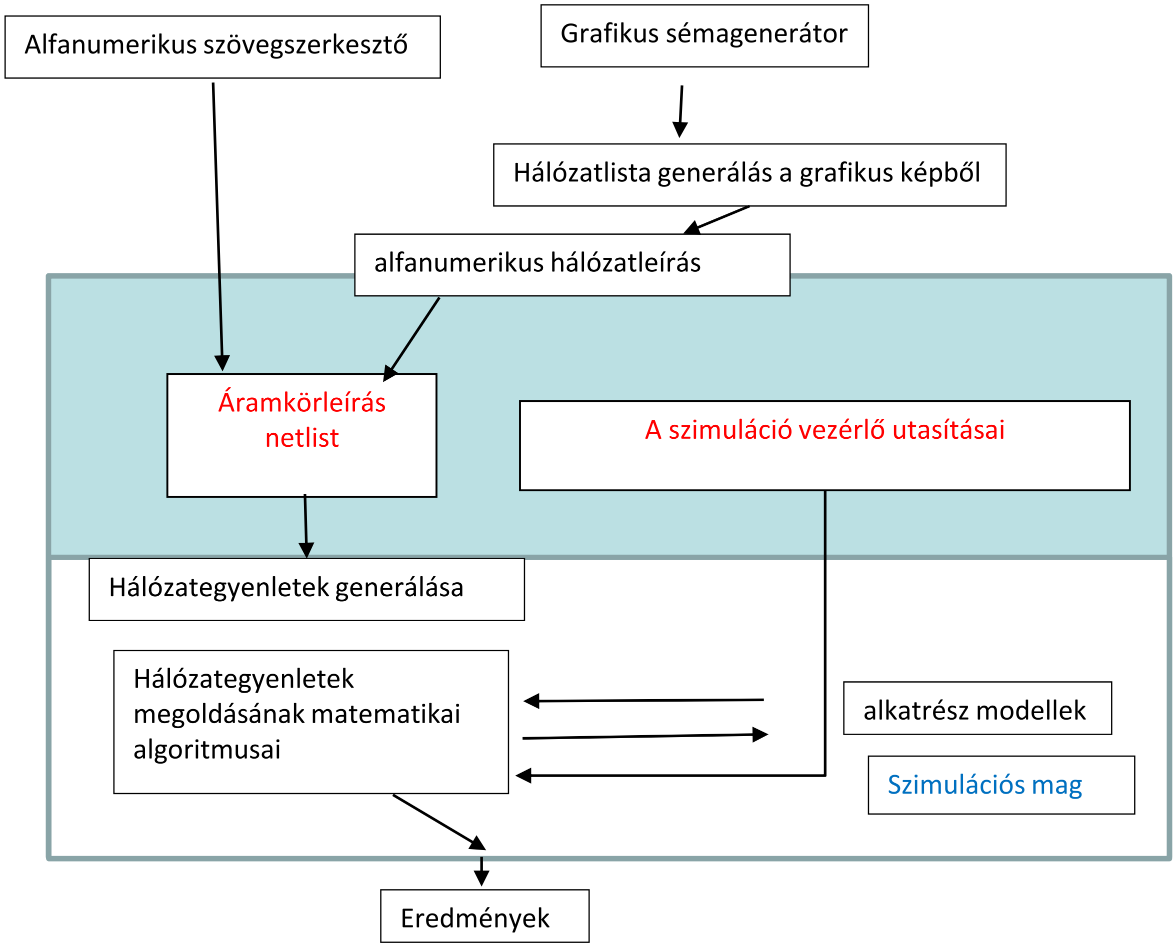

Alfanumerikus szövegszerkesztő
Grafikus sémagenerátor
Hálózatlista generálás a grafikus képből
A szimuláció vezérlő utasításai
alkatrész modellek
Szimulációs mag

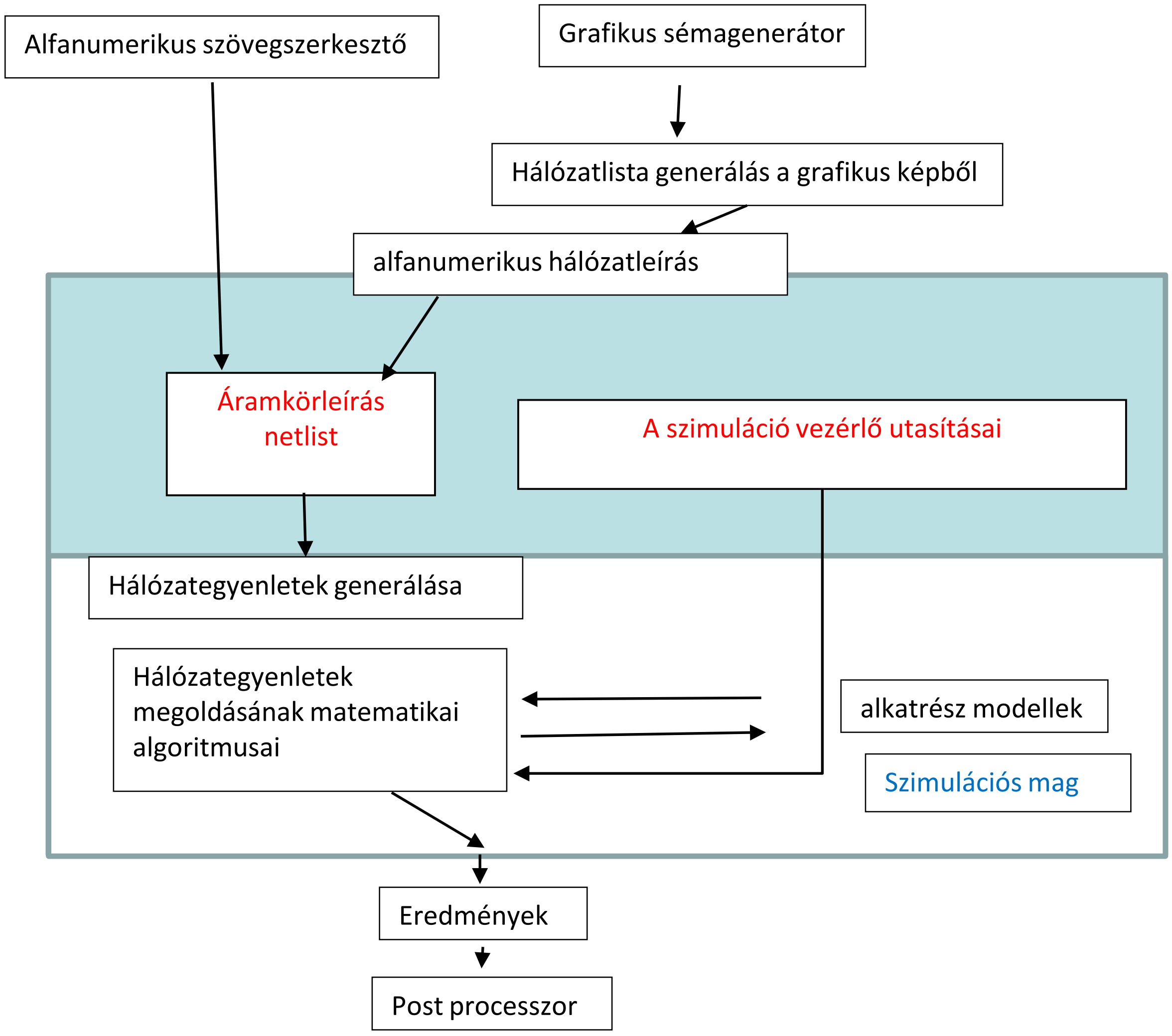

Alfanumerikus szövegszerkesztő
Grafikus sémagenerátor
Hálózatlista generálás a grafikus képből
alfanumerikus hálózatleírás
A szimuláció vezérlő utasításai
alkatrész modellek
Szimulációs mag

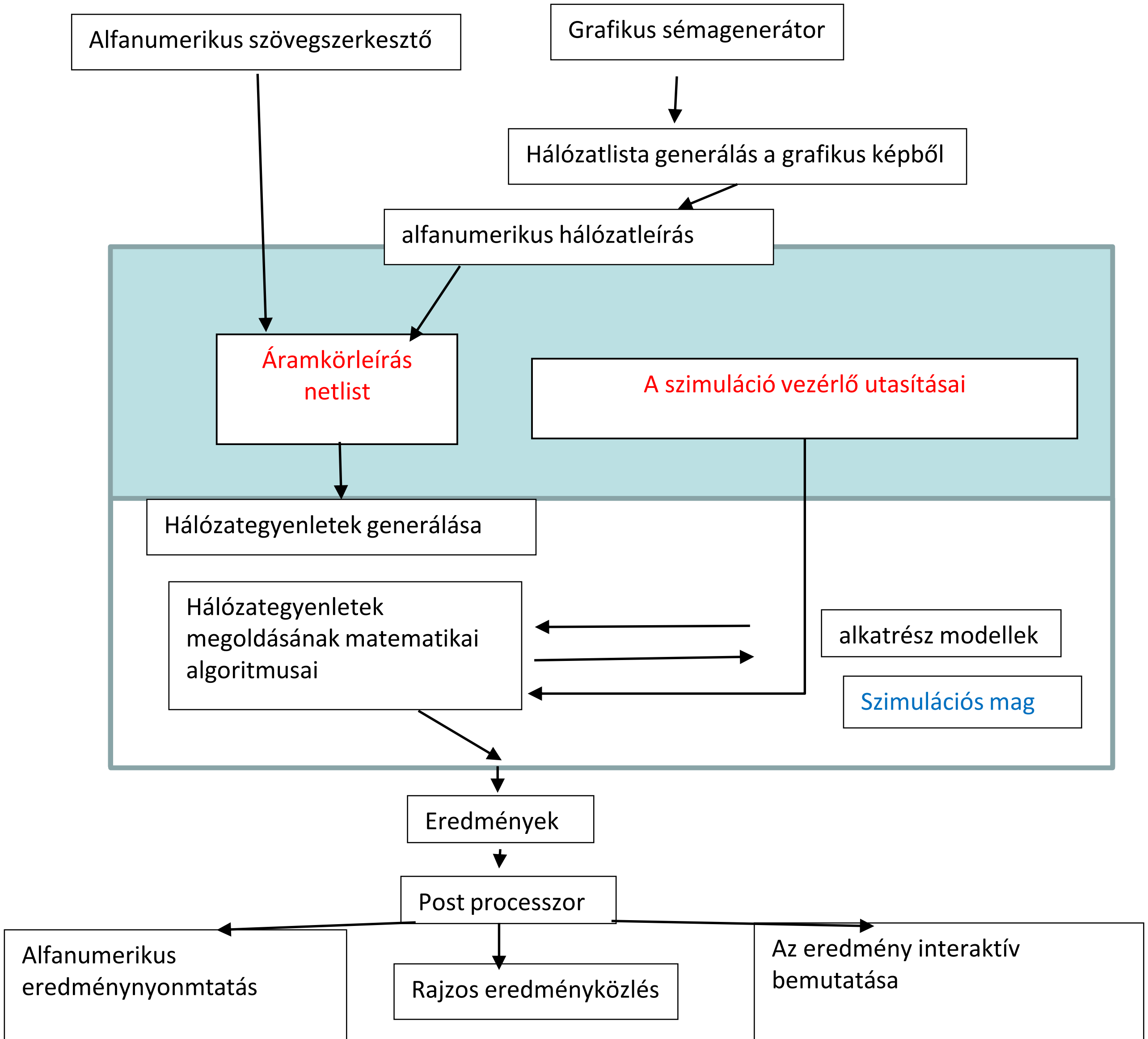


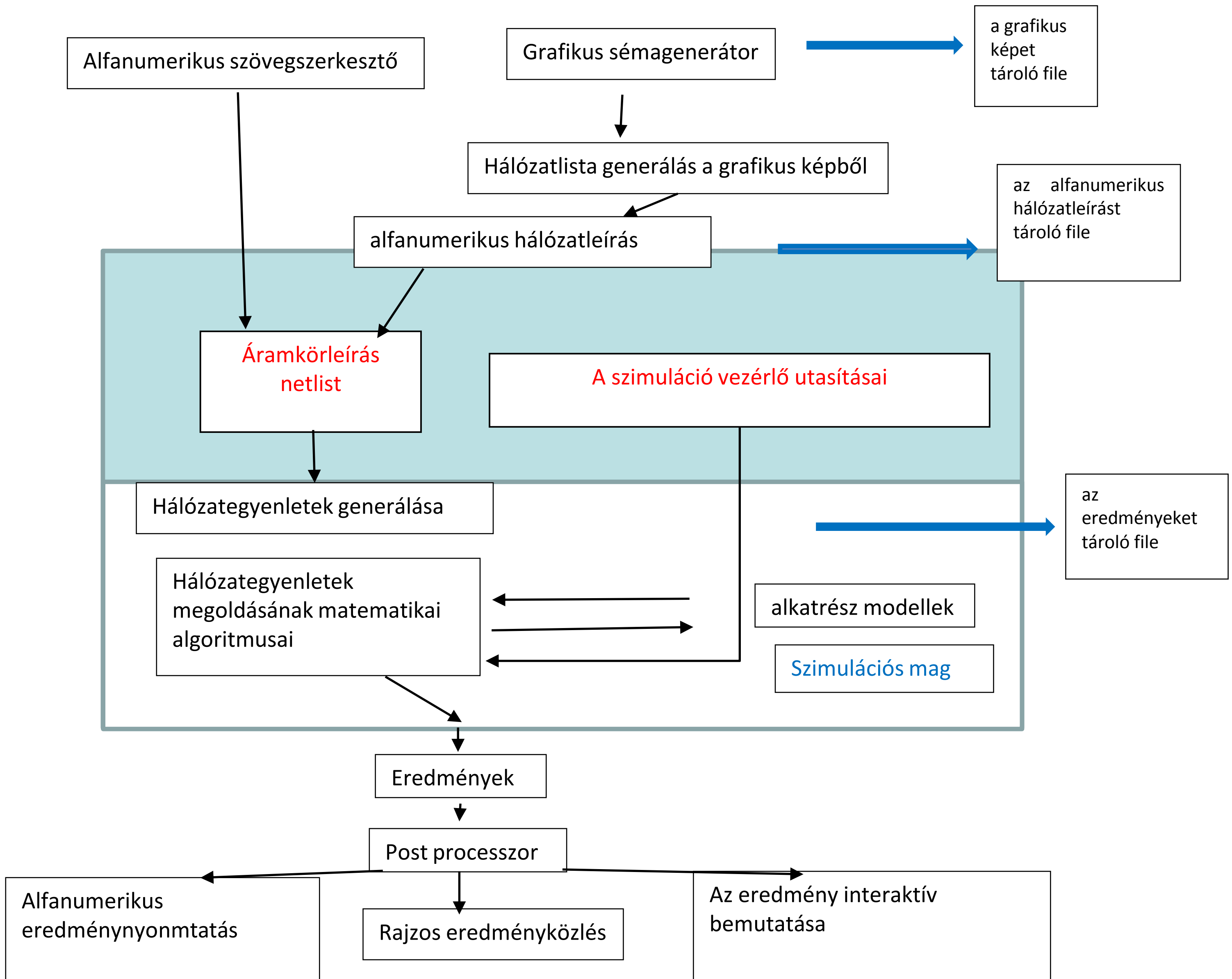
ÓBUDAI EGYETEM


Alfanumerikus szövegszerkesztő
Grafikus sémagenerátor
Hálózatlista generálás a grafikus képből
alfanumerikus hálózatleírás
Áramkörleírás
netlist
A szimuláció vezérlő utasításai
Hálózategyenletek generálása
alkatrész modellek
Szimulációs mag


Alfanumerikus szövegszerkesztő
Grafikus sémagenerátor
Hálózatlista generálás a grafikus képből
alfanumerikus hálózatleírás
Áramkörleírás netlist
A szimuláció vezérlő utasításai
Hálózategyenletek generálása
Hálózategyenletek megoldásának matematikai algoritmusai
alkatrész modellek
Szimulációs mag
Eredmények


Alfanumerikus szövegszerkesztő
Grafikus sémagenerátor
Hálózatlista generálás a grafikus képből
alfanumerikus hálózatleírás
Áramkörleírás netlist
A szimuláció vezérlő utasításai
Hálózategyenletek generálása
Hálózategyenletek megoldásának matematikai algoritmusai
alkatrész modellek
Szimulációs mag
Eredmények
Post processzor

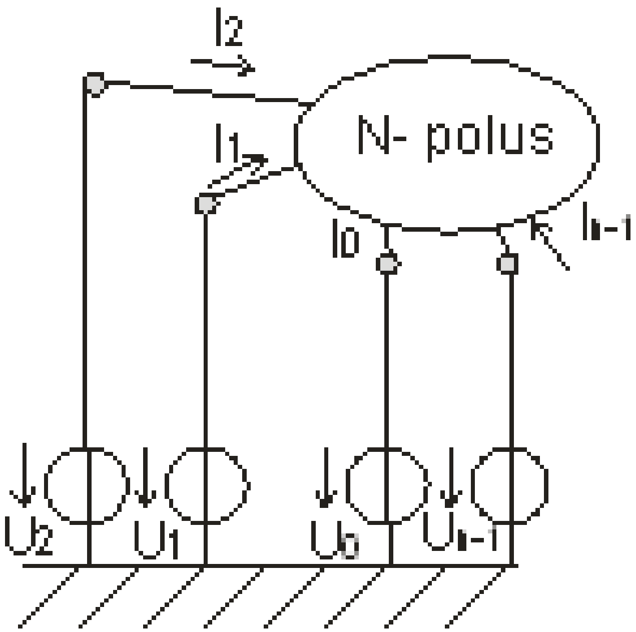

Alfanumerikus szövegszerkesztő
Grafikus sémagenerátor
Hálózatlista generálás a grafikus képből
alfanumerikus hálózatleírás
Áramkörleírás
netlist
A szimuláció vezérlő utasításai
Hálózategyenletek generálása
Hálózategyenletek megoldásának matematikai algoritmusai
alkatrész modellek
Szimulációs mag
Eredmények
Post processzor
Alfanumerikus eredménynyonmtatás
Rajzos eredményközlés
Az eredmény interaktív bemutatása


Alfanumerikus szövegszerkesztő
Grafikus sémagenerátor
a grafikus képet tároló file
Hálózatlista generálás a grafikus képből
az alfanumerikus hálózatleírást tároló file
alfanumerikus hálózatleírás
Áramkörleírás netlist
A szimuláció vezérlő utasításai
Hálózategyenletek generálása
az eredményeket tároló file
Hálózategyenletek megoldásának matematikai algoritmusai
alkatrész modellek
Szimulációs mag
Eredmények
Post processzor
Alfanumerikus eredménynyonmtatás
Rajzos eredményközlés
Az eredmény interaktív bemutatása

Csomóponti módszer

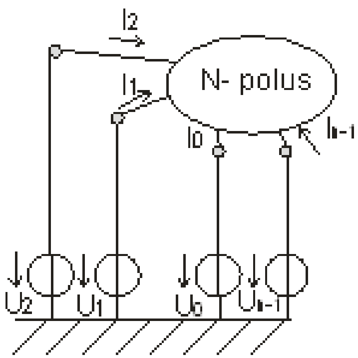
1) Csomópontok
2) Összeköttetések

Admittancia mátrix



Lineáris rendszer
Passzív rendszer

Admittancia mátrix



Lineáris rendszer

(U: kapocsfeszültségek)

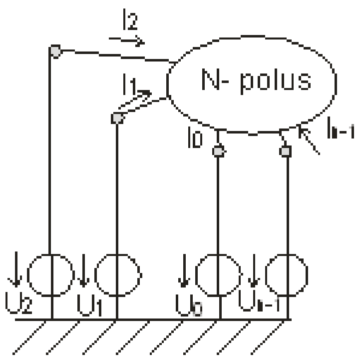
$$I_0 = a_{00}U_0 + a_{01}U_1 + \dots + a_{0n-1}U_{n-1} + b_0$$

$$I_1 = a_{10}U_0 + a_{11}U_1 + \dots + a_{1n-1}U_{n-1} + b_1$$

.

$$I_{n-1} = a_{n-10}U_0 + a_{n-11}U_1 + \dots + a_{n-1n-1}U_{n-1} + b_{n-1}$$

Admittancia mátrix



Passzív hálózat

$\Sigma b = 0$

$I_0 = Y_{00}U_0 + \quad Y_{01}U_1 + \quad \ldots \quad + Y_{0n-1}U_{n-1}$

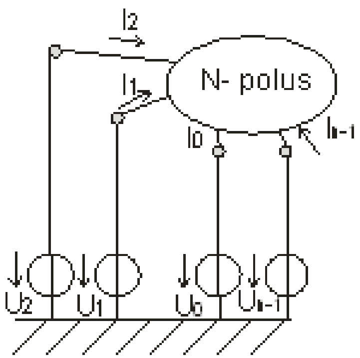
$I_1 = Y_{10}U_0 + \quad Y_{11}U_1 + \quad \ldots \quad + Y_{1n-1}U_{n-1}$

.

$I_{n-1} = Y_{n-10}U_0 + \quad Y_{n-11}U_1 + \quad \ldots \quad + Y_{n-1n-1}U_{n-1}$

ÓBUDAI EGYETEM

Admittancia mátrix



Passzív hálózat

$\Sigma b = 0$

$$I_j = \sum_{k=0}^{n=1} Y_{jk}\, U_k$$

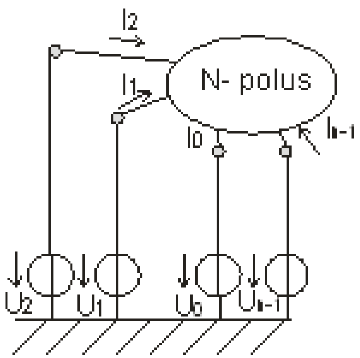
$I_0 = Y_{00}U_0 +$ $\quad Y_{01}U_1 +$ $\quad \ldots$ $\quad + Y_{0n-1}U_{n-1}$

$I_1 = Y_{10}U_0 +$ $\quad Y_{11}U_1 +$ $\quad \ldots$ $\quad + Y_{1n-1}U_{n-1}$

.

$I_{n-1} = Y_{n-10}U_0 +$ $\quad Y_{n-11}U_1 +$ $\quad \ldots$ $\quad + Y_{n-1n-1}U_{n-1}$

Admittancia mátrix



Passzív hálózat

$\Sigma b = 0$

$$I_j = \sum_{k=0}^{n=1} Y_{jk}\, U_k$$

indefinit

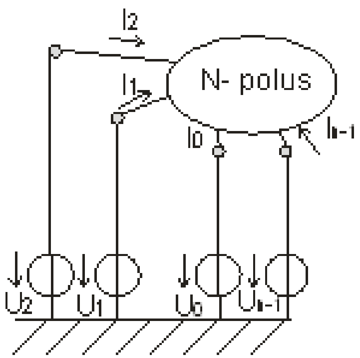
$\cancel{I_0 = Y_{00}U_0 + \quad Y_{01}U_1 + \quad \ldots \quad + Y_{0n-1}U_{n-1}}$

$I_1 = Y_{10}U_0 + \quad Y_{11}U_1 + \quad \ldots \quad + Y_{1n-1}U_{n-1}$

.

$I_{n-1} = Y_{n-10}U_0 + \quad Y_{n-11}U_1 + \quad \ldots \quad + Y_{n-1n-1}U_{n-1}$

Admittancia mátrix



Passzív hálózat

$\Sigma b = 0$

$$I_j = \sum_{k=0}^{n=1} Y_{jk}\, U_k$$

indefinit

FÖLDELÉS

$U_0 = 0$

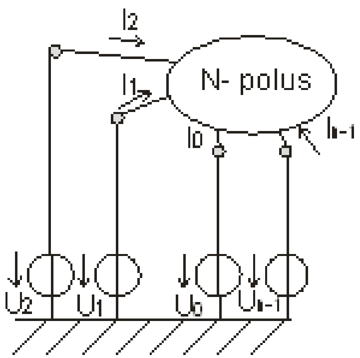
$\cancel{I_0 = Y_{00}U_0 + \qquad Y_{01}U_1 + \qquad \qquad + Y_{0n-1}U_{n-1}}$

$I_1 = \cancel{Y_{10}U_0} + \qquad Y_{11}U_1 + \quad \dots \qquad + Y_{1n-1}U_{n-1}$

.

$I_{n-1} = \cancel{Y_{n-10}U_0} + \qquad Y_{n-11}U_1 + \quad \dots \qquad + Y_{n-1n-1}U_{n-1}$

Admittancia mátrix



Passzív hálózat

$\Sigma b = 0$

$$I_j = \sum_{k=0}^{n=1} Y_{jk}\, U_k$$

indefinit

FÖLDELÉS

$U_0 = 0$

$$\boxed{I_j = \sum_{s=1}^{n=1} Y_{js}\, U_s}$$

$\cancel{I_0 = Y_{00}U_0 + \quad Y_{01}U_1 + \quad + Y_{0n-1}U_{n-1}}$

$I_1 = \cancel{Y_{10}U_0} + \quad Y_{11}U_1 + \quad \ldots \quad + Y_{1n-1}U_{n-1}$

.

$I_{n-1} = \cancel{Y_{n-10}U_0} + \quad Y_{n-11}U_1 + \quad \ldots \quad + Y_{n-1n-1}U_{n-1}$

Admittancia mátrix

Az Y_{js} mátrix inverze az n polus ú rendszer impedancia mátrixa Z_{ij}

Tehát

$$\sum_{j=1}^{n=1} Z_{ij}\, Y_{js} = \delta$$

ahol

δ Kronekcker - δ egységmátrix

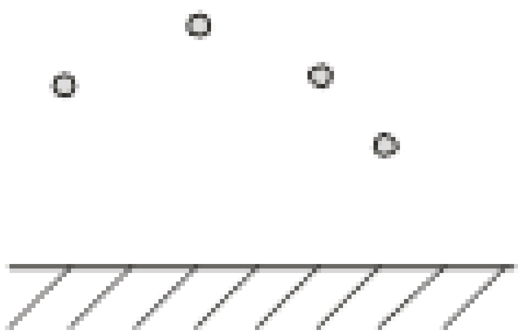
Az áramok ismeretében így mára feszültségek is meghatározhatók:

$$\sum_{j=1}^{n=1} Z_{ij}\, I_j = U_i$$

ÓBUDAI EGYETEM

Admittancia mátrix felírása

1) Üres admittancia mátrixának minden eleme 0



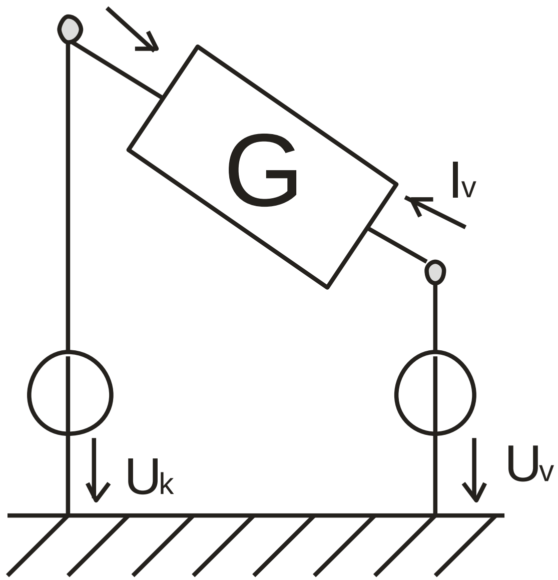
Ha nincs ág a csomópontok között, akkor az áram értéke zérus , hiába kötünk a rendszerre feszültséget

I=0

$$Y_{js} = \begin{bmatrix} & \cdots & \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ & \cdots & \end{bmatrix}$$

Admittancia mátrix felírása

2) Egyetlen G vezetés (ellenállás)



$$I_k = {}^{G}U_k - {}^{G}U_v = {}^{G}(U_k - U_v)$$

$$I_v = -{}^{G}U_k + {}^{G}U_v = {}^{G}(U_v - U_k)$$

A mátrix elemei a G vezetés megfelelő

előjellel ellátott értékei képezik

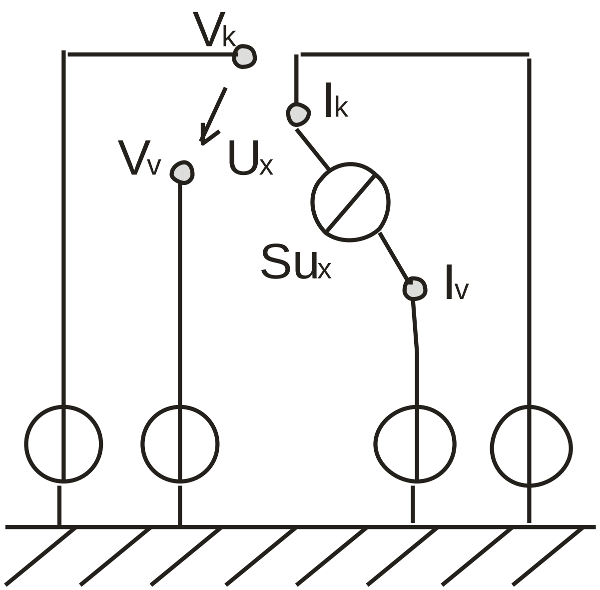
$$Y_{js} = \begin{array}{c} k \\ \\ v \end{array} \begin{bmatrix} +G & \cdots & -G \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ -G & \cdots & +G \end{bmatrix}$$

$$I_k = {}^{G}U_k - {}^{G}U_v = {}^{G}(U_k - U_v)$$

$$I_v = -{}^{G}U_k + {}^{G}U_v = {}^{G}(U_v - U_k)$$

Admittancia mátrix felírása

3) Egyetlen feszültségvezérelt áramgenerátor



$$Y_{js} = \begin{array}{c} k \\ \\ v \end{array} \begin{bmatrix} -S & \cdots & +S \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ +S & \cdots & -S \end{bmatrix}$$

ÓBUDAI EGYETEM

Admittancia mátrix felírása

4) Ha két hálózatot csomópontról csomópontra kapcsolunk, akkor az admittancia mátrix elemei összegződnek.

első hálózat	második hálózat	összekapcsolt hálózat
Y_{js}^{A}	Y_{js}^{B}	$Y_{js}^{A} + Y_{js}^{B}$
U_{k}^{A}	U_{k}^{B}	U_{k}
I_{k}^{A}	I_{k}^{B}	$I_{k}^{A} + I_{k}^{B}$

$$I_1 = Y_{11}^{A}U_1 + Y_{12}^{A}U_2 + \cdots + Y_{11}^{B}U_1 + Y_{12}^{B}\,U_2 + \cdots = \left(Y_{11}^{A} + Y_{11}^{B}\right)U_1 + \left(Y_{12}^{A} + Y_{12}^{B}\right)U_1 + \cdots$$

Incidencia mátrix

- A mátrix elkészítéséhez számozzuk a hálózatunk ágait és csomópontjait.
- A mátrixnak annyi oszlopa lesz, ahány csomópontunk van (j) (0-val kezdjük a számozást).
- A sorok száma pedig megegyezik a z ágak számával. (i)

Incidencia mátrix

A mátrixot ezután az alábbi módon tudjuk feltölteni:

- ❖ K_{ij} elem három értéket vehet fel: +1, 0 -1.
- ❖ K_{ij} = -1 ha i ág a végpontjával kapcsolódik j csomóponthoz
- ❖ K_{ij} = 0 ha i ág és j csomópont nem kapcsolódik
- ❖ K_{ij}= +1 ha i ág a kezdőpontjával csatlakozik a j csomóponthoz

Incidencia mátrix

A Kirchhoff törvény alkalmazásával tehát az alább összefüggést kaphatjuk a hálózati ágak figyelembevételével:

$$0 = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \, I_i$$

ahol

N: ágak száma i= 1…N

M: csomópontok száma j=1…M

I_i: i ág árama

Incidencia mátrix

Ebből az is következik, hogyha a hálózatra a külső forrásból kötünk feszültséget, akkor

$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \, I_i$$

Incidencia mátrix

A csomóponti potenciál módszernél nincs szükségünk a hurokegyenletekre, viszont szükséges a csomóponti és az ágfeszültségek kapcsolata.

Ezért az alábbi egyenletet annyiszor kell felírnunk, ahány águnk van a rendszerben, hiszen minden ág van egy ágfeszültségünk.

$$V_r = \sum_{s=1}^{M} K_{rs}\, U_s$$

ahol

V_r: az ágfeszültség oszlopvektora

U_s: a csomóponti mátrix oszlopvektora

K_{rs}: incidencia mátrix

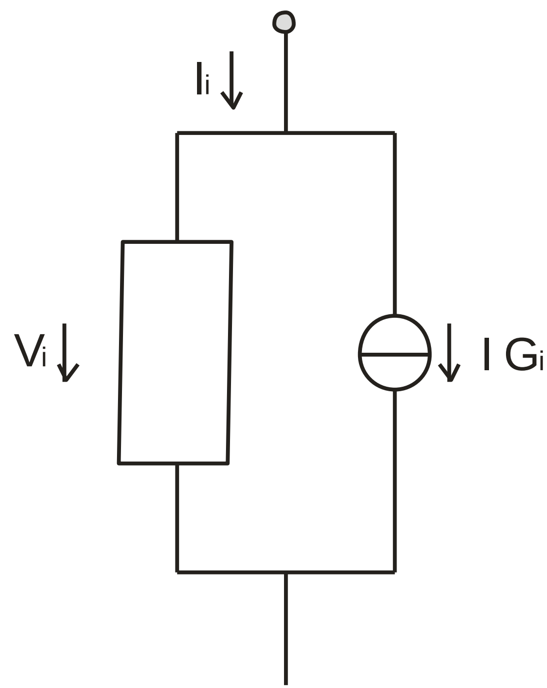
Egyenletek

1.Lineáris hálózat egyenáramú megoldása

Egyenletek

1.Lineáris hálózat egyenáramú megoldása

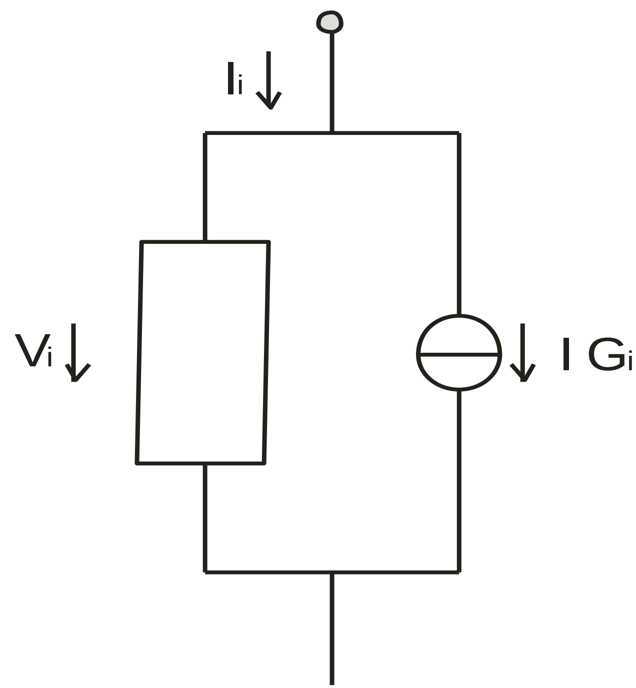
A lineáris hálózat tartalmaz egy ellenállást és egy áramgenerátort.



Egyenletek

1.Lineáris hálózat egyenáramú megoldása

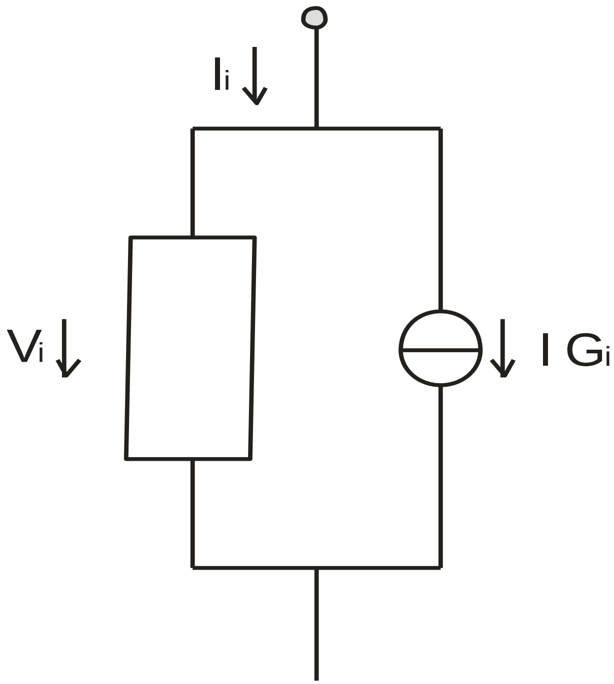
A lineáris hálózat tartalmaz egy ellenállást és egy áramgenerátort.



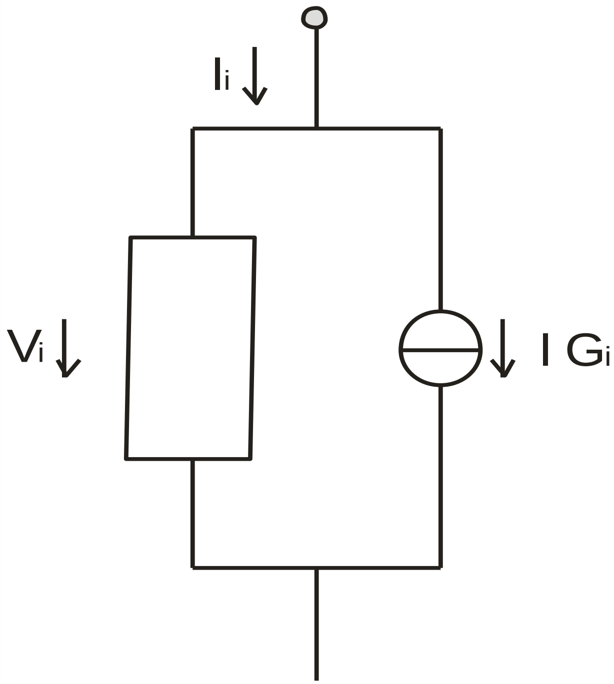
Egyenletek

Írjuk fel a rendszer csomóponti egyenletét:

$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, I_i$$



Egyenletek



a rendszer ágegyenletét a

$$I_i = \sum_{r=1}^{N} G_{ir}\, V_r + IG_i$$

ahol:

I_i: i ág árama

$\sum_{r=1}^{N} G_{ir}\, V_r$: az ellenállást leíró tag

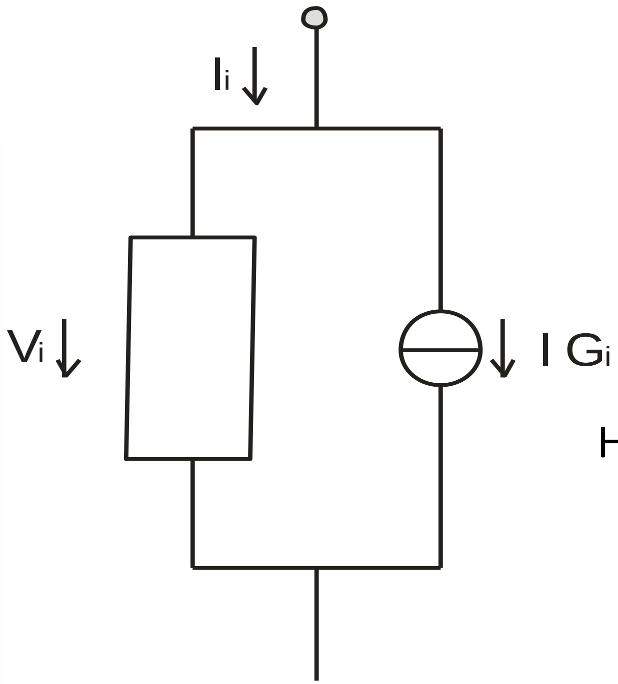
G_{ir} vezetési mátrix (a saját és a transzfervezetési tagokat tartalmazza

GV_r áramgenerátort leíró tag

V_r ágfeszültségek oszlopvektora

ÓBUDAI EGYETEM

Egyenletek



$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, I_i$$

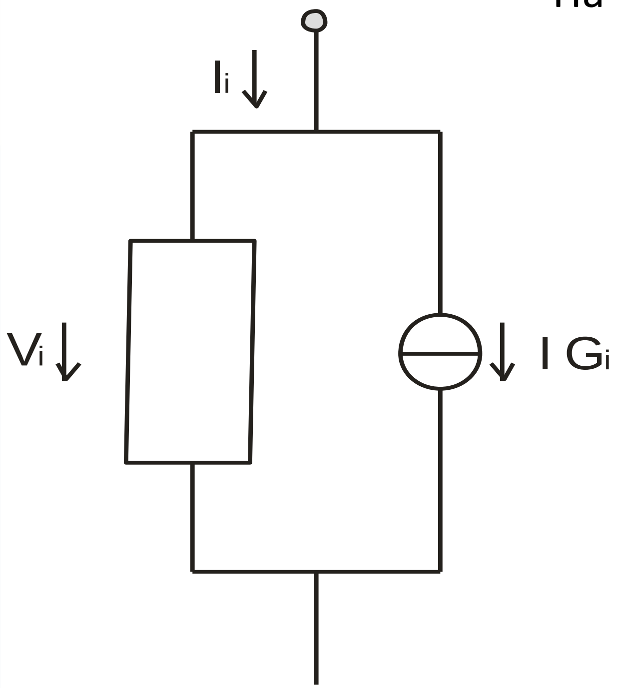
$$I_i = \sum_{r=1}^{N} G_{ir}\, V_r + IG_i$$

Ha az első egyenletbe behelyettesítjük a másodikat

$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \left(\sum_{r=1}^{N} G_{ir}\, V_r + IG_i \right)$$

Egyenletek

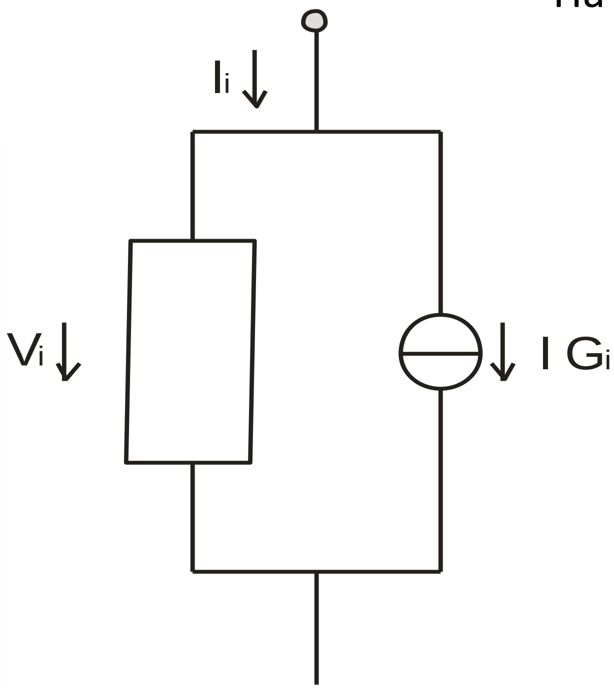
Ha az első egyenletbe behelyettesítjük a másodikat



$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \left(\sum_{r=1}^{N} G_{ir} V_r + IG_i \right)$$

Egyenletek

Ha az első egyenletbe behelyettesítjük a másodikat

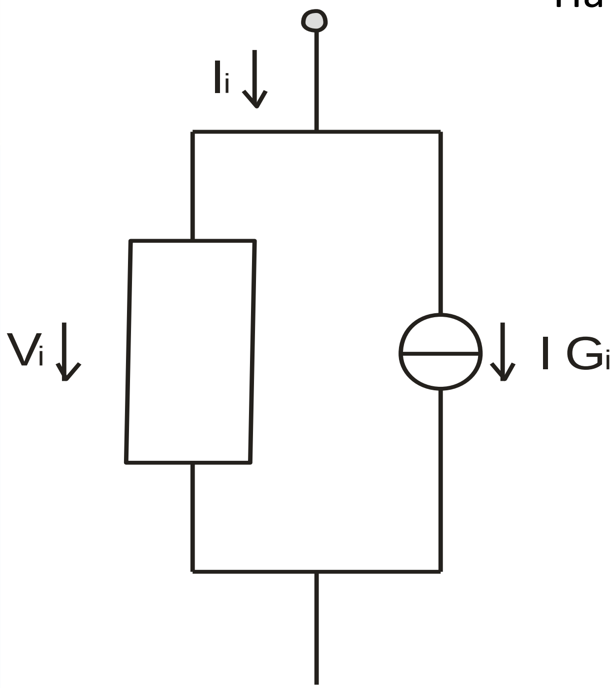


$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \left(\sum_{r=1}^{N} G_{ir} V_r + IG_i \right)$$

$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} V_r + \sum_{i=1}^{N} K_{ij} IG_i$$

Egyenletek

Ha az első egyenletbe behelyettesítjük a másodikat



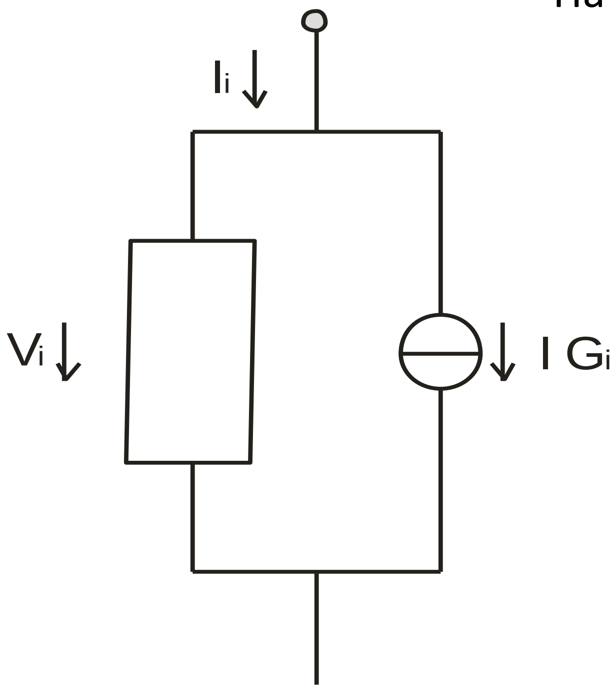
$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \left(\sum_{r=1}^{N} G_{ir} V_r + IG_i \right)$$

$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} V_r + \sum_{i=1}^{N} K_{ij} IG_i$$

$$V_r = \sum_{s=1}^{M} K_{rs} U_s$$

Egyenletek

Ha az első egyenletbe behelyettesítjük a másodikat



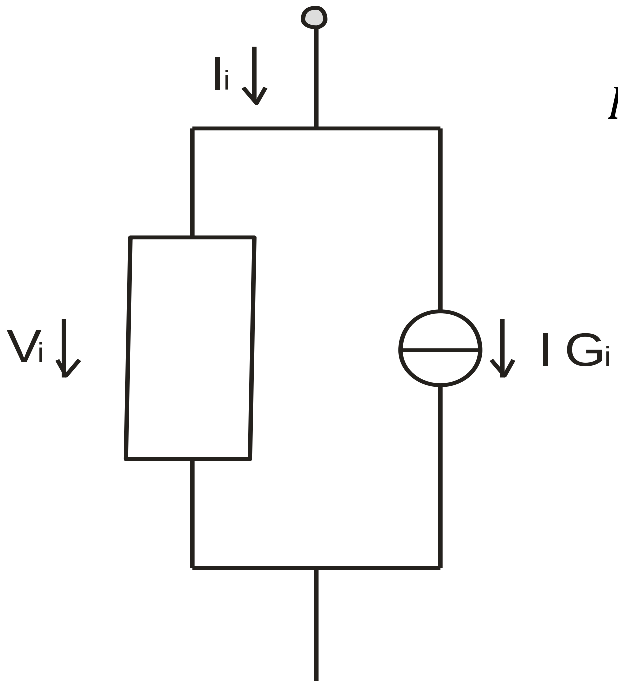
$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \left(\sum_{r=1}^{N} G_{ir} V_r + IG_i \right)$$

$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} V_r + \sum_{i=1}^{N} K_{ij} IG_i$$

$$V_r = \sum_{s=1}^{M} K_{rs} U_s$$

$$\boxed{I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} \sum_{s=1}^{M} K_{rs} U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij} IG_i}$$

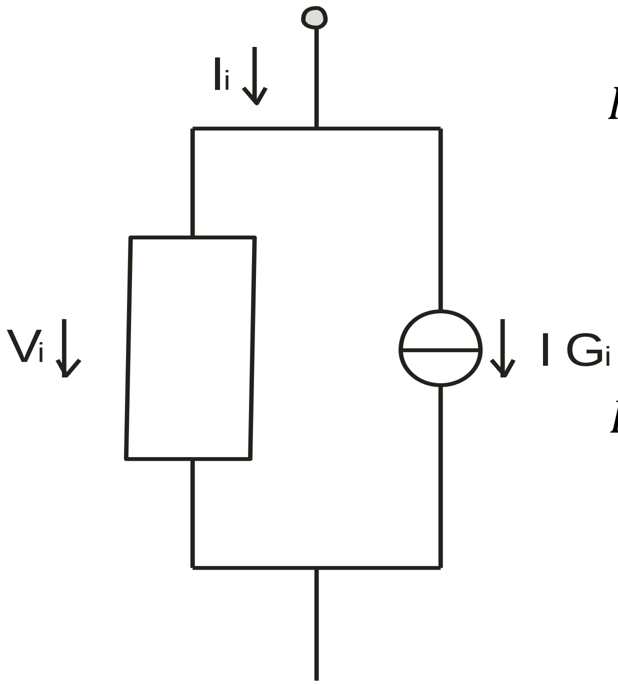
Egyenletek



$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} \sum_{s=1}^{M} K_{rs}\, U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i$$

ÓBUDAI EGYETEM

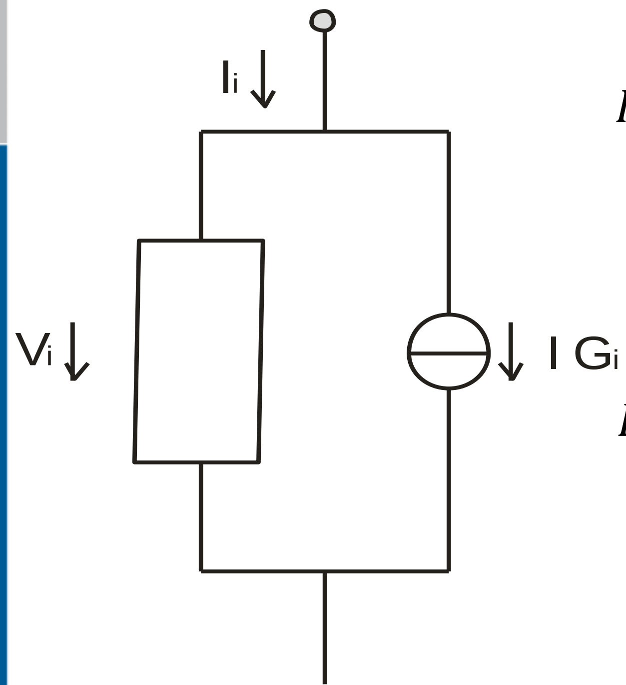
Egyenletek



$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} \sum_{s=1}^{M} K_{rs}\, U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i$$

$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} \sum_{s=1}^{M} K_{rs}\, U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i$$

Egyenletek



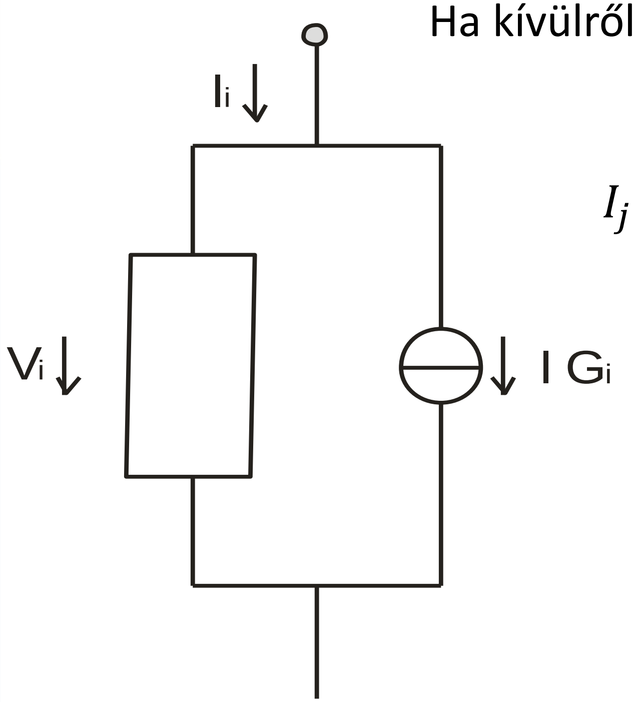
$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} \sum_{s=1}^{M} K_{rs}\, U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i$$

$$I_j = \sum_{i=1}^{N} K_{ij} \sum_{r=1}^{N} G_{ir} \sum_{s=1}^{M} K_{rs}\, U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i$$

$$I_j = \sum_{s=1}^{M} \left(\sum_{i=1}^{N} \sum_{r=1}^{N} K_{ij}\, G_{ir} K_{rs} \right) U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i$$

Egyenletek

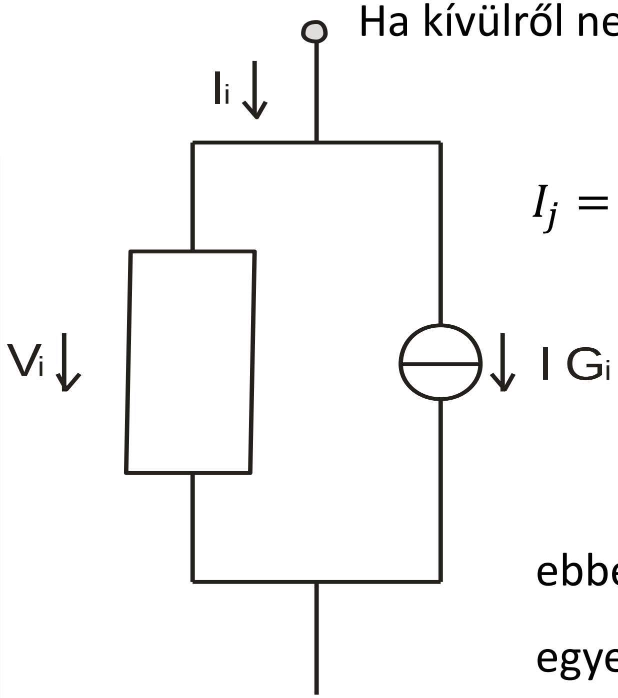
Ha kívülről nem kapcsolunk feszültséget, ill. áramot, akkor



$$I_j = \sum_{s=1}^{M}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{r=1}^{N} K_{ij}\, G_{ir} K_{rs}\right) U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i = 0$$

Egyenletek

Ha kívülről nem kapcsolunk feszültséget, ill. áramot, akkor

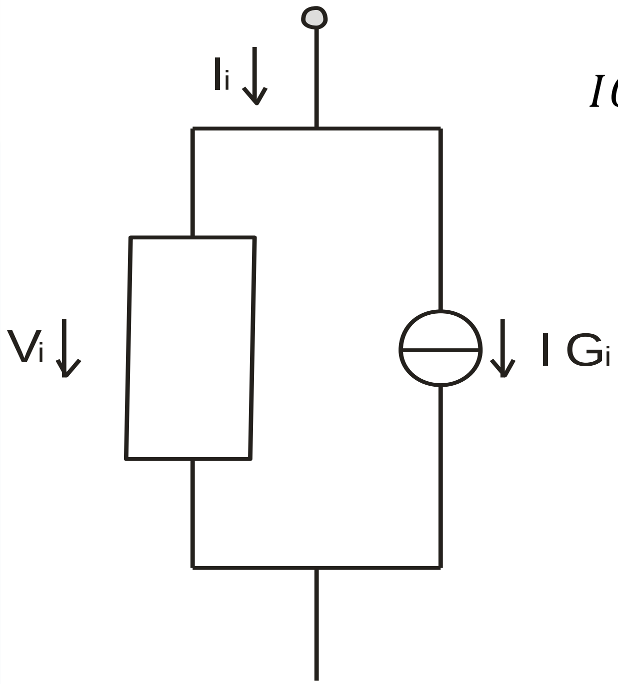


$$I_j = \sum_{s=1}^{M} \left(\sum_{i=1}^{N} \sum_{r=1}^{N} K_{ij}\, G_{ir} K_{rs} \right) U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i = 0$$

ebben az egyenletrendszerben annyi egyenletünk van, ahány csomópontunk, és ismeretlenünk csupán a csomóponti feszültségek oszlopvektora.

Ezért a rendszer megoldható.

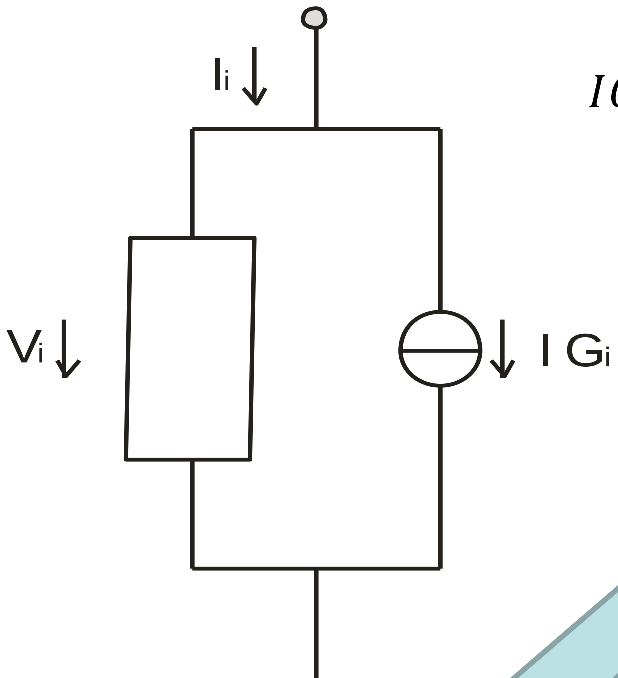
Egyenletek:passzív hálózat



$$IG_i = 0$$

$$I_j = \sum_{s=1}^{M} \left(\sum_{i=1}^{N} \sum_{r=1}^{N} K_{ij}\, G_{ir} K_{rs} \right) U_s$$

Egyenletek:passzív hálózat



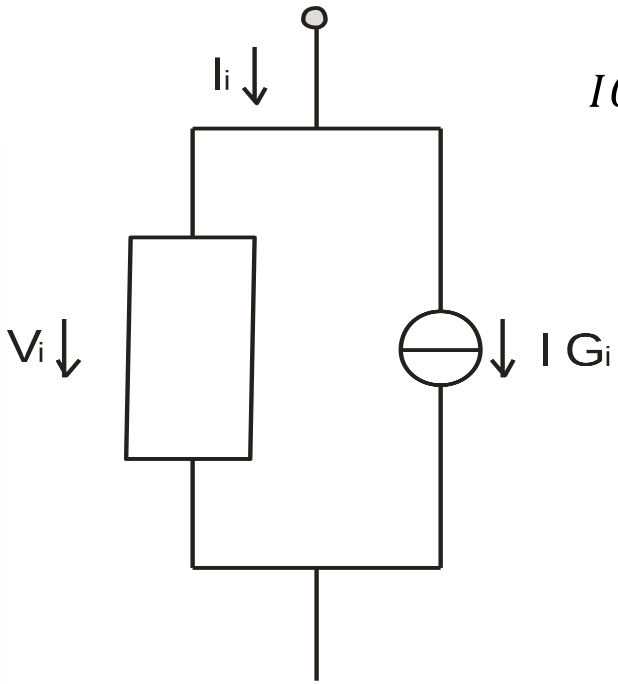
$$IG_i = 0$$

$$I_j = \sum_{s=1}^{M}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{r=1}^{N} K_{ij}\, G_{ir} K_{rs}\right) U_s$$

$$I_j = \sum_{s=1}^{n=1} Y_{js}\, U_s$$

ÓBUDAI EGYETEM

Egyenletek:passzív hálózat



$$IG_i = 0$$

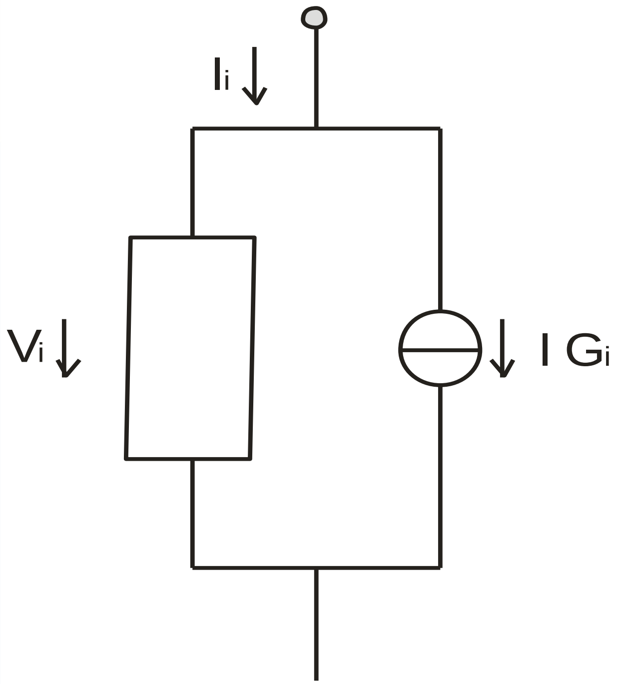
$$I_j = \sum_{s=1}^{M} \left(\sum_{i=1}^{N} \sum_{r=1}^{N} K_{ij}\, G_{ir} K_{rs} \right) U_s$$

$$Y_{js} = \sum_{i=1}^{N} \sum_{r=1}^{N} K_{ij}\, G_{ir} K_{rs}$$

Admittancia mátrix

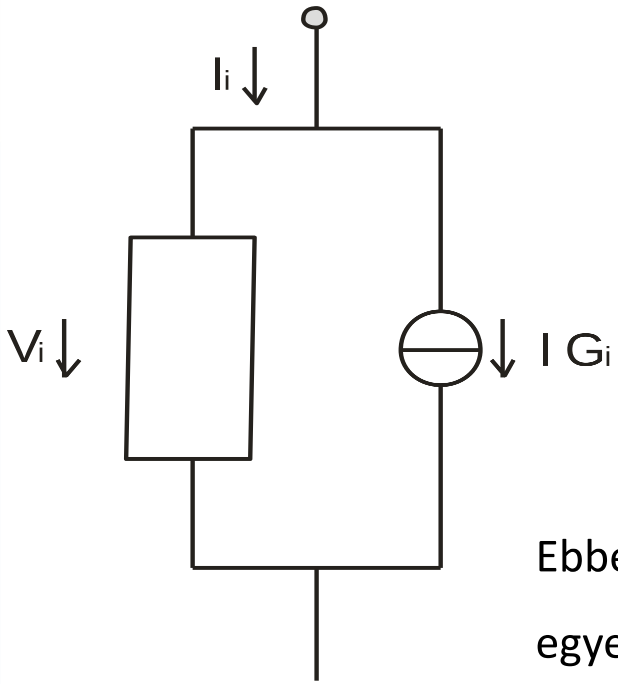
$$I_j = \sum_{s=1}^{n=1} Y_{js}\, U_s$$

Egyenletek



$$I_j = \sum_{s=1}^{M} Y_{js} U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i = 0$$

Egyenletek



$$I_j = \sum_{s=1}^{M} Y_{js} U_s + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}\, IG_i = 0$$

Ebben az egyenletrendszerben annyi egyenletünk van, ahány csomópontunk, és ismeretlenünk csupán a csomóponti feszültségek oszlopvektora.

Ezért a rendszer megoldható.