

# Elektronika alapok



Előadó: Párkányi László

# Mérőirányok

Mérőirányok: Passzív: U-I azonos irányú (fogyasztóknál pozitív), Aktív, U-I ellentétes irányú (termelőknél pozitív). Hacsak nem mondjuk külön, passzív mérőirányról van szó. A rossz mérőirány NEM probléma, de figyelembe kell venni a számolások eredményeinek kiértékelésénél.

Def: n-pólus = n kivezetésű alkatrész (de nem szokás integrált áramköröket 400-pólusnak hívni...).

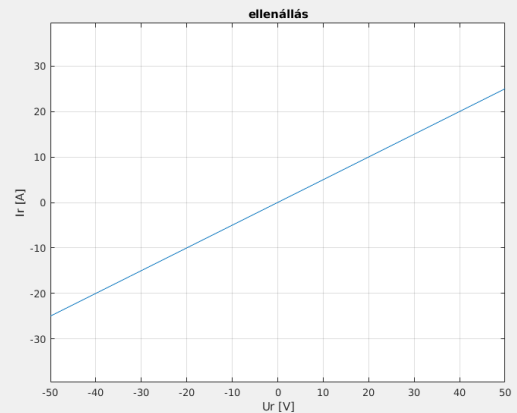
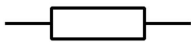
# Ellenállás (rezisztencia)

- $R=U/I$ ;     $[R] = \text{Ohm } (\Omega)$

vagy

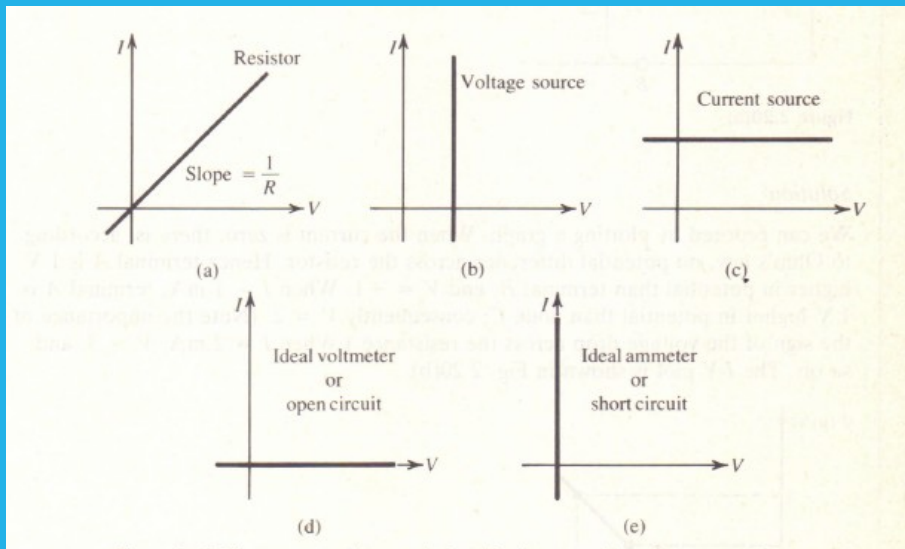
- $G=I/U$ ;     $[G] = \text{Siemens (S)}$

- $P = U \cdot I$ ;     $[P] = \text{Watt (W)}$



Ellenállás → legegyszerűbb, legalapabb építőelem. Karakterisztikája az ellenállás [Ohm], ami egyenértékű a vezetéssel [Siemens]. U-I függvénye egy origón áthaladó R meredekségű egyenes (→ lineáris komponens). Valós ellenállásoknál R mindig > 0, de trükkös kapcsolásokkal elérhető negatív R helyettesítése. (lásd: 7. dia)

# Ideális alkatrészek



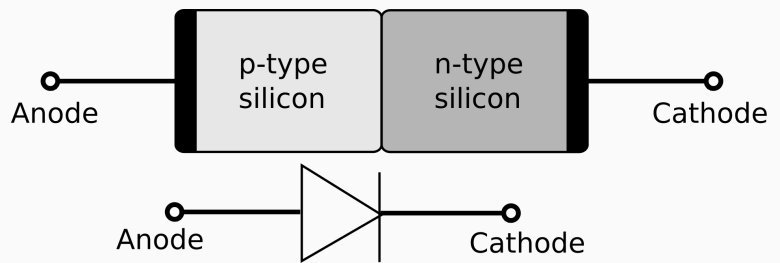
Speciális ellenállások/lineáris kétpólusok: ellenállás, feszültségforrás, áramforrás, szakadás, rövidzár. A feszültségmérőt szakadásnak, az áramerősség-mérőt rövidzárnak modellezzük.

# Dióda

Típusok:

- Félvezető dióda (p-n átmenet)
- Schottky-dióda
- Zener-dióda
- Alagútdióda
- Lézerdióda
- LED
- Fotodióda
- Napelem
- stb.

Ezek közül most a p-n átmenet az érdekes:



Dióda: p-n átmenetű félvezető, elsősorban egyenirányítás. Durva karakterisztika: 6. dia. Spec diódák:

Schottky: gyors kapcsolás, alacsony feszültségesés (600-700mV helyett 150-450mV).

Zener: precíz letörési feszültség → feszültségkorlátozás, fesz. referencia.

Alagútdióda: Kvantummechanikai elven működik, bővebben: 7. dia.

LED: fényforrás, LASER-dióda: lézer-forrás.

Fotodióda: más kivételben napelem: fény hatására fesz.forrás (eshet rajta több fesz., mint amennyit generál → fogyasztó lesz).

$$I = I_S \left( e^{\frac{V_D}{nV_T}} - 1 \right)$$

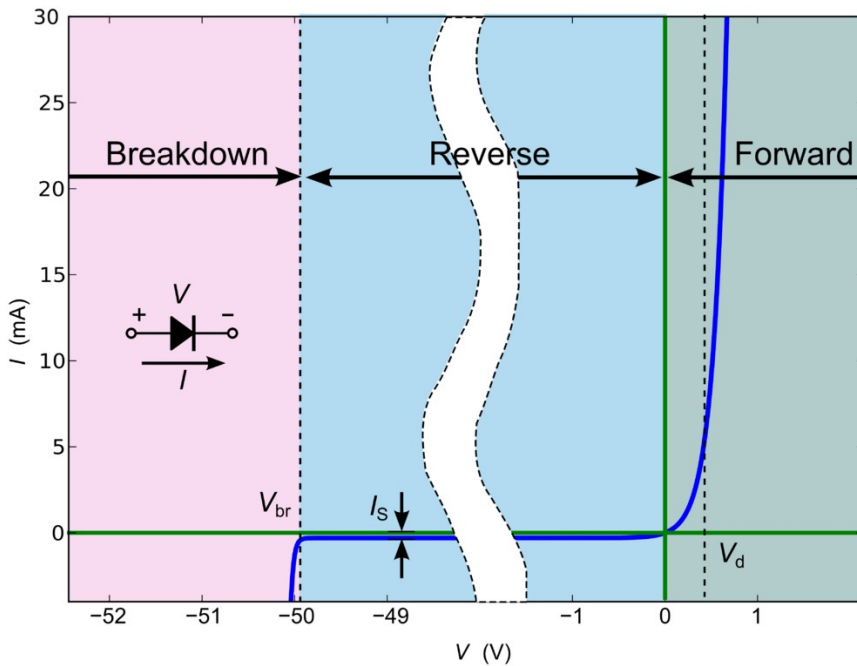
$I$  : nyitóirányú áram

$V_D$  : nyitóirányú feszültség

$I_S$  : ~ mikroamper  
(szivárgási áram)

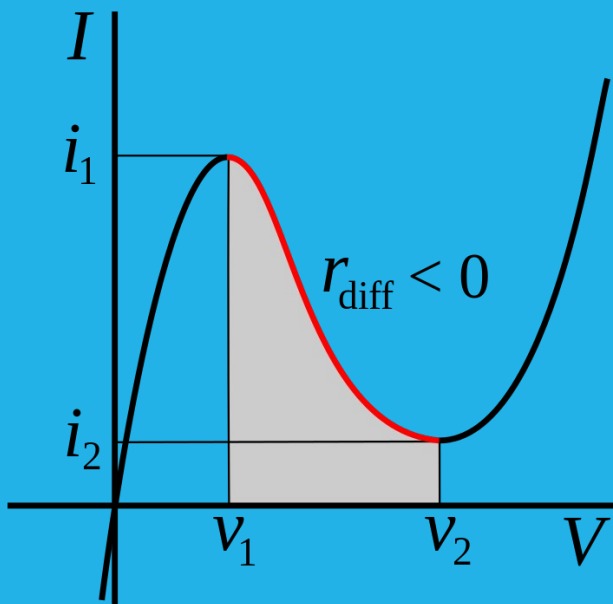
$V_T$  vagy  $U_T$  : = 0.26 mV  
(termikus feszültség)

$n$  : 1 és 2 között  
linearitási együttható



Általános dióda-karakterisztika. Közelítések: félvezető és schottky diódák letörési feszültségét lehet végtelennek venni, szivárgási áramot lehet 0-nak venni, nyitófeszültségen túl lehet feszültségforrásként kezelni, ha az áramkör okot ad az ilyen mértékű közelítésre.

Zener dióda letörési feszültség alatt modellezhető ugyan ilyen megfontolásokkal negatív feszültségforrásként.



Az alagút-dióda U-I karakterisztikája

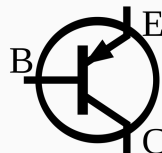
Az negatív differenciális ellenállás valósítható meg vele.

Alagútdiódás szakaszosan negatív differenciálú U-I karakterisztika → kvázi negatív ellenállás.

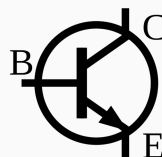
# Bipoláris Tranzisztor (BJT)

- A bázis-emitter feszültséggel szabályozható az emitter árama
  - Feszültségvezérelt áramforrásként használható!
  - Általában adalékolt szilíciumból készül
  - n-p-n vagy p-n-p szendvics
- 3 kivezetés:
- Emitter
  - Bázis
  - Kollektor

PNP:

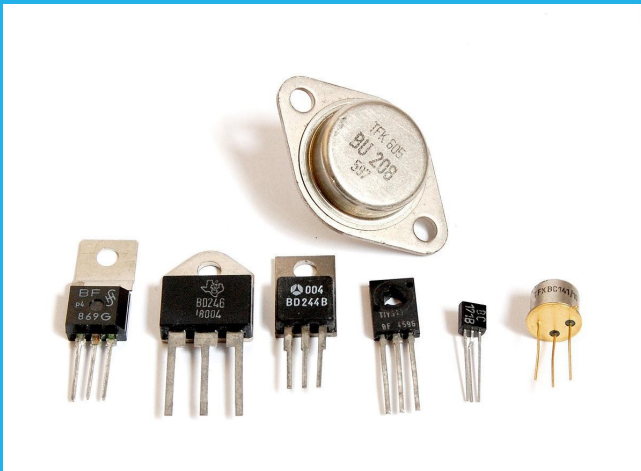


NPN:

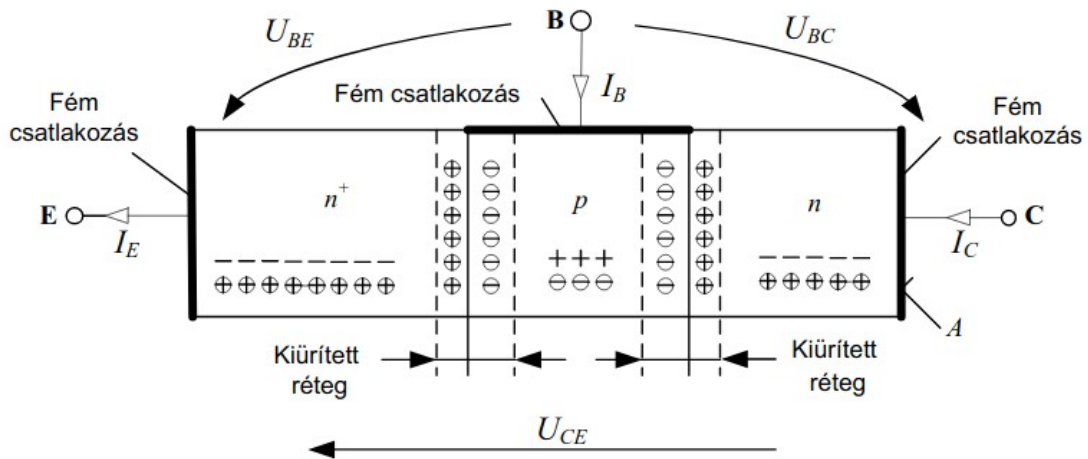


Bipoláris tranzisztorok: feszültségvezérelt áramforrás (nemlineáris erősítő, bővebben: 10-12. diák), lehet feszültséggel vezérelhető kapcsoló (digitális alkalmazás). Leggyakrabban NPN-t használunk, vagy azonos karakterisztikájú npn és pnp párt.





Tranzisztor tokozások: TO-92: általános THT, TO-220: teljesítmény, TO-3: nagyobb teljesítmény/legacy, SOT-23: SMT, általános, TO-252: SMT, teljesítmény (10W → decawatt → D-PAK), stb... Jobb: első tranzisztor rekonstrukció. (nehogy megtanuljátok mind!)



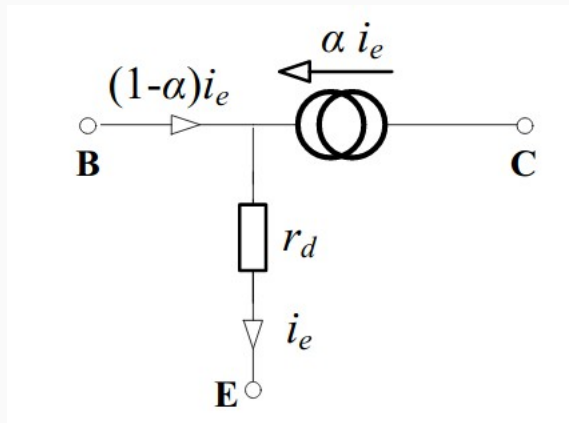
Tranzisztor-hatás: "A tranzisztorban a vezérlő elektródájára (bázis) juttatott feszültség hatására a másik két elektróda (emitter és kollektor) közötti p-n átmenet kinyit, azaz az emitter és kollektor között áram folyik. A p-n átmenet nyitása függ az adott típusú tranzisztortól és a vezérlő elektródára vezetett feszültség nagyságától, így egy elzárószelep (vízcsap) elektromos analógiájának is tekinthető. Lényeges, hogy a vezérlő elektródára kapcsolt energiaszint töredéke a kapcsolt energiáknak." ([https://hu.wikipedia.org/wiki/Tranzisztor#M%C5%B1k%C3%B6d%C3%A9si\\_elve](https://hu.wikipedia.org/wiki/Tranzisztor#M%C5%B1k%C3%B6d%C3%A9si_elve))  
 A tranzisztor nem egyenértékű két szembekapcsolt diódával!!!  
 Megj.: Ennek felfedezéséért Nobel-díjat osztottak ki.

# Bipoláris Tranzisztor (BJT)

$$\alpha \text{ (alfa)} = I_c / I_E \text{ (0.95 - 0.99)}$$

$$\beta \text{ (béta)} = 1 / (1 - \alpha) \text{ (50-200)}$$

$$r_d \text{ (differenciális ellenállás)} = U_{BE} / I_E$$

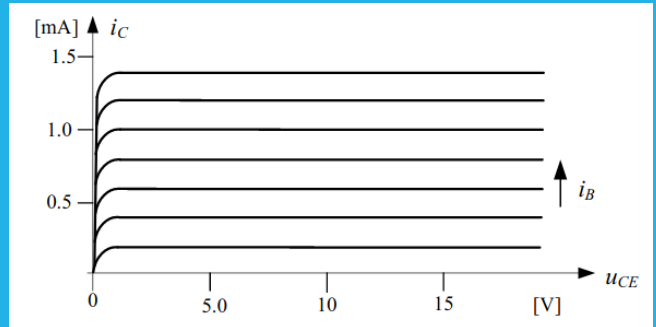
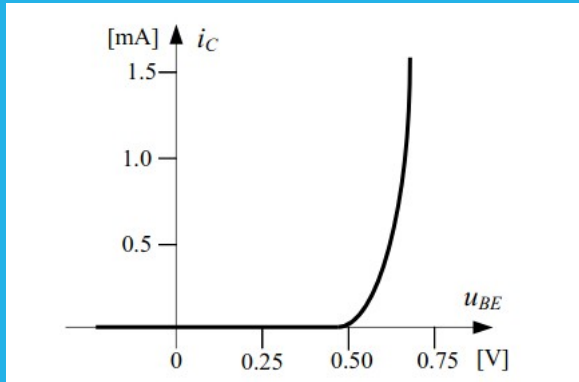


Tranzisztor-hatás: "A tranzisztorban a vezérlő elektródájára (bázis) juttatott feszültség hatására a másik két elektróda (emitter és kollektor) közötti p-n átmenet kinyit, azaz az emitter és kollektor között áram folyik. A p-n átmenet nyitása függ az adott típusú tranzisztortól és a vezérlő elektródára vezetett feszültség nagyságától, így egy elzárószelep (vízcsap) elektromos analógiájának is tekinthető. Lényeges, hogy a vezérlő elektródára kapcsolt energiaszint töredéke a kapcsolt energiáknak." ([https://hu.wikipedia.org/wiki/Tranzisztor#M%C5%B1k%C3%B6d%C3%A9si\\_elve](https://hu.wikipedia.org/wiki/Tranzisztor#M%C5%B1k%C3%B6d%C3%A9si_elve))

A tranzisztor nem egyenértékű két szembekapcsolt diódával!!!

Megj.: Ennek felfedezéséért Nobel-díjat osztottak ki.

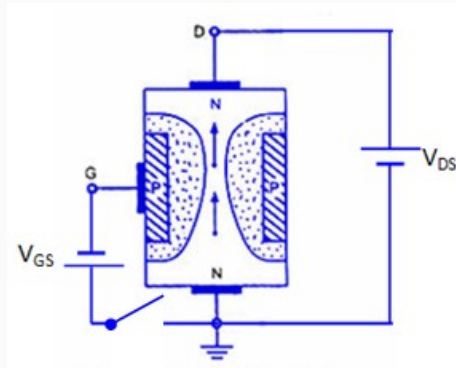
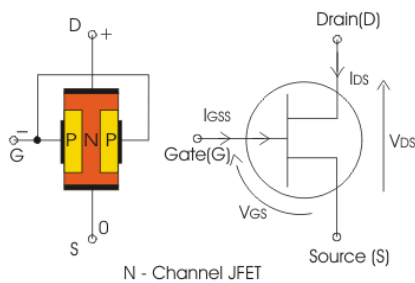
## Transzfer- és kimeneti karakterisztika



Transzfer(bemeneti)-karakterisztika:  $I(C)$   $U(BE)$  függvényében (kimenő áram, bemenő fesz.), kimeneti karakterisztika:  $I(C)$   $U(CE)$  függvényében (kimenő áram, kimenő fesz) → a kettő együtt határozza meg a tranzisztor működését. (megj: kétpólusok leírhatók egy egyenlettel, tranzisztor hárompólus, 2 egyenlet rendszere írja le)

# Egyéb tranzisztorfajták

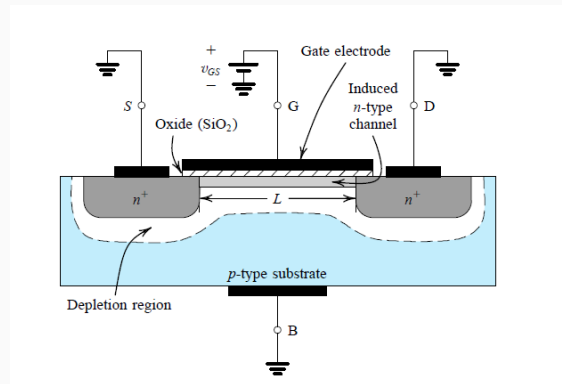
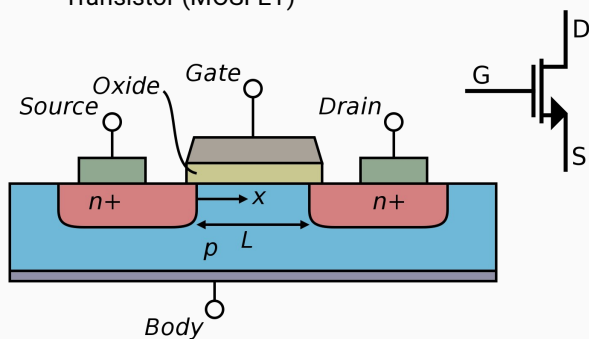
- Junction gate Field Effect Transistor (JFET)



JFET: csak elzárásos mód → fordított viselkedés, alpból nyitva van.  
Ma már csak ritkán használják.

# Egyéb tranzisztorfajták

- Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)

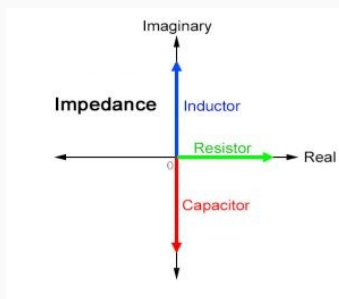


MOSFET: Body általában a source-al összekötve → gate-source fesz. vezérelt tranzisztor → 3 láb. Gate kondenzátorként viselkedik → ki kell sütni vagy memória lesz. Digitális technika igáslova.

# Jön a frekvenciafüggés

- Mostmár időben állandó feszültségek és áramok helyett szinuszos időfüggvényekkel dolgozunk.
- Az időfüggvényeket leírja egy-egy komplex szám (komplex amplitúdó)
- Impedancia: frekvenciafüggő komplex ellenállás

$$Z(\omega) = R(\omega) + j \cdot X(\omega) [\Omega]$$



Komplex amplitúdó = fázor: egy komplex számmal jellemezhető a fázis és az amplitúdó (amplitúdó:  $|Z|$ , fázis:  $\arg\{Z\}$ ). Előny: ugyan azokkal a számítási módszerekkel dolgozhatunk, mint egyenáramon nem kell újakat kitalálni.

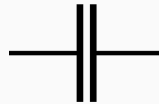
# Kondenzátor (kapacitás)

$$\int e^{j\omega t} \Rightarrow \frac{1}{j\omega} \cdot e^{j\omega t}$$

$$U_C(t) = \frac{1}{C} \cdot Q_C(t) = \frac{1}{C} \cdot \int_{-\infty}^t I_C(\tau) d\tau$$

$$\bar{U}_C = \frac{1}{j\omega C} \cdot \bar{I}_C$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$



- Az áram 90°-ot siet a feszültséghez képest
- Ha  $\omega=0$ , akkor szakadás
- Ha  $\omega=\infty$ , akkor rövidzár

A differenciálos alakok időtartományban kellene, impedancia szinuszos állapotba, vagy spektrális tartományban (amit ezért nagyon szeretünk). Elsősorban az impedancia, és a kis- és nagyfrekvenciás viselkedés számít.



# Tekercs (induktivitás)

$$\frac{de^{j\omega t}}{dt} \Rightarrow j\omega \cdot e^{j\omega t}$$

$$U_L(t) = L \cdot \frac{dI_L(t)}{dt}$$

$$\overline{U}_L = j\omega L \cdot \overline{I}_L$$

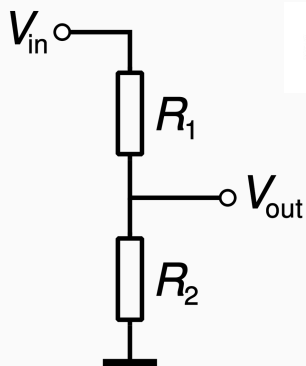
$$Z_L = j\omega L$$



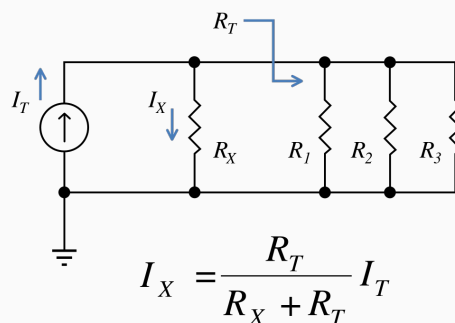
- Az áram 90°-ot késik a feszültséghez képest
- Ha  $\omega=0$ , akkor rövidzár
- Ha  $=\infty$ , akkor szakadás

A differenciálos alakok időtartományban kellenek, impedancia szinuszos állapotba, vagy spektrális tartományban (amit ezért nagyon szeretünk). Elsősorban az impedancia, és a kis- és nagyfrekvenciás viselkedés számít.

# Ohmos osztók

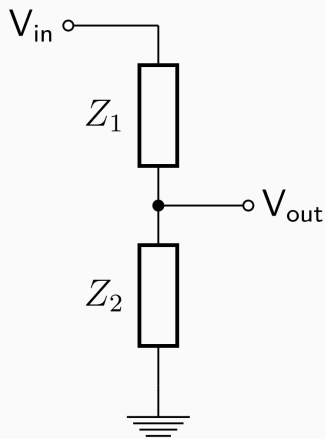


$$U_{ki} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_{be}$$



Bal: fesz. Osztó, jobb: áramosztó. Két egyszerű képlettel nagyon sok hálózat kiszámítható, de nem minden.

# Frekvenciafüggő feszosztó

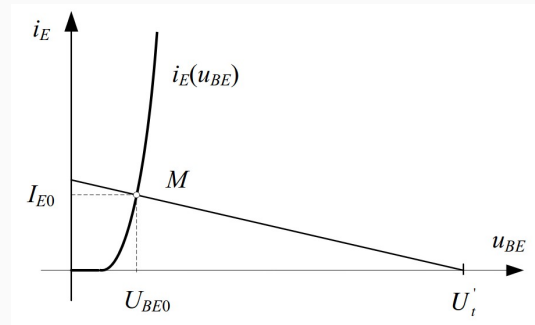
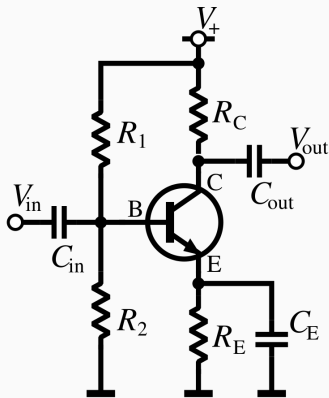


$$U_{ki} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot U_{be}$$

$$\overline{U_{ki,\omega}} = \frac{\overline{Z_2(\omega)}}{\overline{Z_1(\omega)} + \overline{Z_2(\omega)}} \cdot \overline{U_{be,\omega}}$$

Ugyan az, mint egyenfeszültségen, csak szinuszos értékekkel. Ugye megéri komplexekkel számolni?

# Építsünk egy erősítőt!



Erősítő n-p-n tranzistorral: egy, pozitív táp (PNP-t fordítva kéne bekötni, ezért nem szeretjük), R1, R2 munkapontba helyezik fesz.osztással ( $U_{BE0}$ ,  $I_{E0}$ ), RE: negatív visszacsatolás, RC: tranzistor: f.vez.áramforrás, áram hatására fesz. esik rajta, Cin, Cout: egyenfesz. leválasztás be és kimenetről, CE: váltófesz.-en rövidzár: teljesítménynövelés, RE kivétele váltóáramon.

# Köszönöm a figyelmet!

Kérdések?

