

Elektronika alapok



Előadó: Bányász László

Alapmennyiségek és mérőirányok

Feszültség

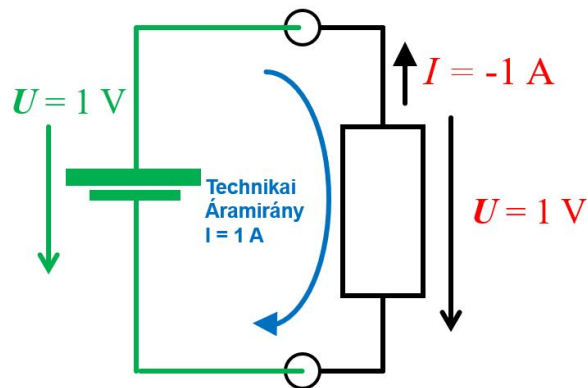
Egységnyi töltés megmozgatásához szükséges energia/munka

$$U = \frac{W}{Q}$$

Áramerősség

Egységnyi idő alatt átáramló töltések száma

$$I = \frac{Q}{t}$$



Alap: feszültség (átfogó = 2 pont között), áram (átfolyó)

Fiziai és konvencionális áramirány

Feszültségnél megemlíteni hogy van a FÖLD = 0V, definiálható szabadon, és az összes össze van kötve

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.

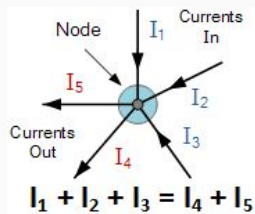
Def: n-pólus = n kivezetésű alkatrész (de nem szokás integrált áramköröket 400-pólusnak hívni...).

Az alkatrészek adnak valamilyen összefüggést u és i között (ha több pólus van akkor mindegyikre). Egyetlen áram-feszültség pár bőven kevés az összefüggés ismeretére, még az is lehet hogy az időben változik. Akkor jó számolni ha az összefüggések lineárisak

Összekapcsolási kényszerek

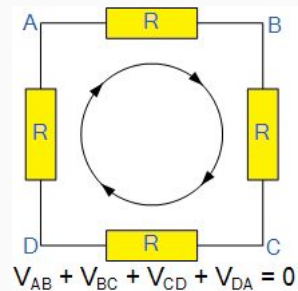
Kirchhoff áram törvény (KÁT)

- a töltésmegmaradás törvényét fejezi ki
- minden zárt felületre ("vágat") a befolyó és kifolyó áramok összege egyenlő
- általában egy csomópontra írjuk fel
- előjeles összegzéssel szokták felírni



Kirchhoff feszültség törvény (KFT)

- az energiamegmaradás törvényét fejezi ki
- minden hurokban a feszültségek (előjeles) összege 0



Elmondani hogy ezek mik

Felrajzolni egy példát

KÁT: a címkézett pontokkal vigyázni kell

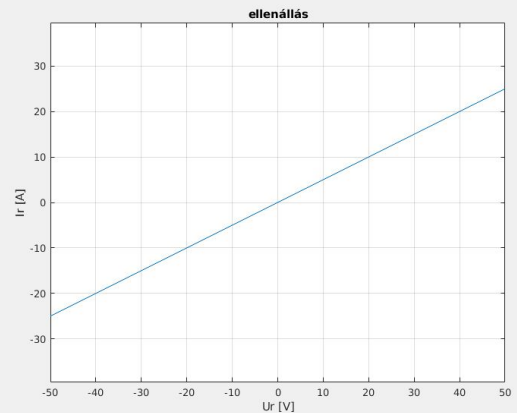
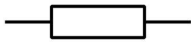
Ellenállás (rezisztencia)

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

vagy

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

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



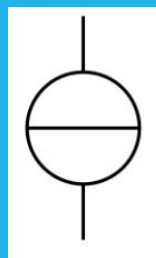
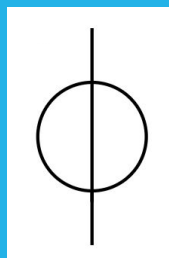
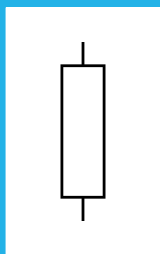
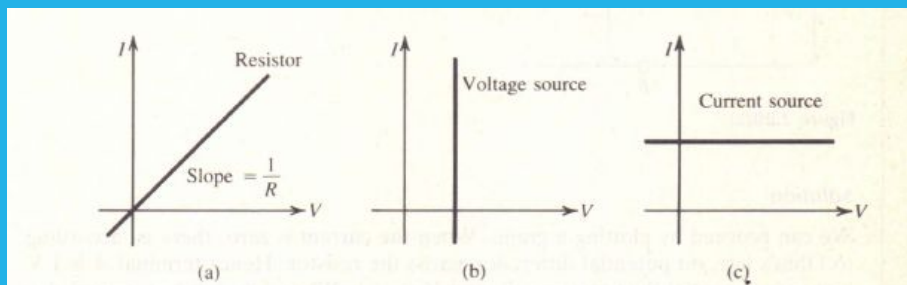
Ellenállás → legegyszerűbb, legalapabb építőelem. Karakteristikája az ellenállás [Ohm], ami egyenértékű a vezetéssel [Siemens]. U-I függvénye egy origón áthaladó R meredekségű egyenes (→ lineáris komponens). Valós ellenállásoknál R mindig > 0, de trükkös kapcsolásokkal elérhető negatív R helyettesítése.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

Ellenállások a gyakorlatban



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



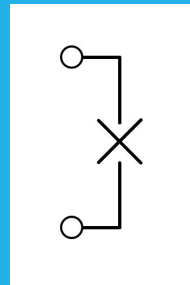
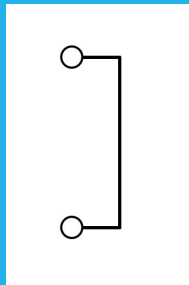
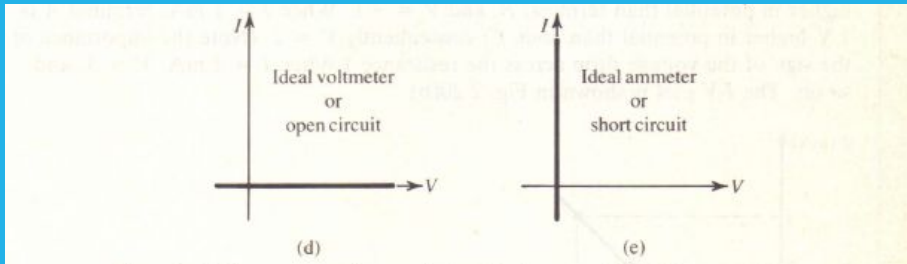
Mindent felrajzolni rajzjelekkel!!

Ezek ideálisak, a valóságban egyik sem így fog kinézni, de elég jól közelíthetők
Speciális ellenállások/lineáris kétpólusok: ellenállás, feszültségforrás, áramforrás, szakadás, rövidzár. A feszültségmérőt szakadásnak, az áramerősség-mérőt rövidzárnak modellezzük.

Felrajzolni az ideális, belső ellenállással rendelkező feszforrást is

Feszültségforrást nem mindig jelöljük, csak egy címkézett node is lehet

Ideális alkatrészek



Mindent felrajzolni rajzjelekkel!!

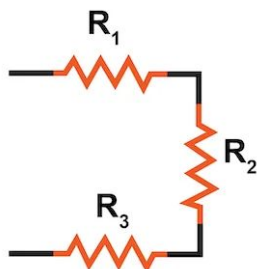
Ezek ideálisak, a valóságban egyik sem így fog kinézni, de elég jól közelíthetők
Speciális ellenállások/lineáris kétpólusok: ellenállás, feszültségforrás, áramforrás, szakadás, rövidzár. A feszültségmérőt szakadásnak, az áramerősség-mérőt rövidzárnak modellezzük.

Felrajzolni az ideális, belső ellenállással rendelkező feszforrást is

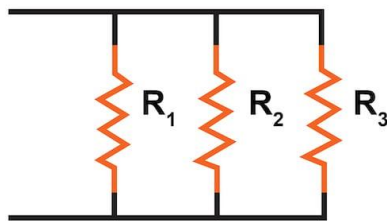
Feszültségforrást nem mindig jelöljük, csak egy címkézett node is lehet

Komponensek összekapcsolása

Seres nem párhuzamos és párhuzamos kapcsolás ellenállásokkal, eredő ellenállás



$$R_e = R_1 + R_2 + R_3$$



$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Két ellenállás esetén
átrendezhető:
"Replusz" művelet

$$R_e = R_1 \times R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

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)

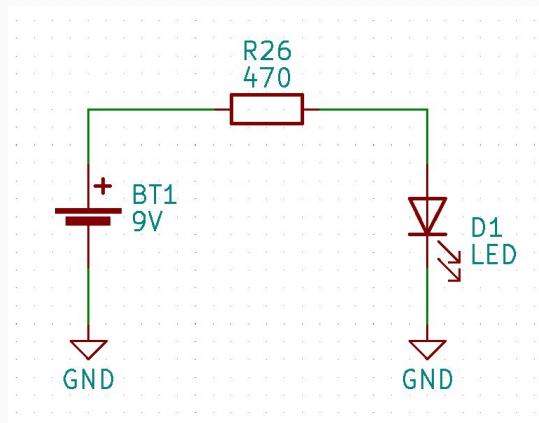
Egy egyszerű kapcsolás

Alkatrészek

- Érték
- Referencia

Föld szimbólumok

- "Közös", "COM", elnevezések
- Az áramkör egy pontjának potenciálja szabadon megválasztható
- Össze vannak kötve (azonos potenciálúak)



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)

Jön a frekvenciafüggés

- Mostmár időben állandó feszültségek és áramok helyett szinuszos időfüggvényekkel dolgozunk.
- Egy adott ω frekvenciájú, szinuszos állandósult állapotot feltételezünk
- Szinuszos időfüggvények helyett használhatunk komplex számokat (komplex amplitúdó)
- Impedancia: frekvenciafüggő komplex ellenállás
- Rendszerválasz $Y(j\omega) = G(j\omega)H(j\omega)$
- Gerjesztés az áram $G(j\omega) = I(j\omega)$
- Válasz a feszültség $Y(j\omega) = U(j\omega)$
- Adott frekvencián, komplex amplitúdókkal az impedancia: $\bar{Z} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} (= \bar{H})$

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.

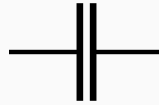
Kondenzátor (kapacitás)

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

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

$$\overline{U_C} = \frac{1}{j\omega C} \cdot \overline{I_C}$$

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



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

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

Tekercs (induktivitás)

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

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

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

$$Z_L = j\omega L$$

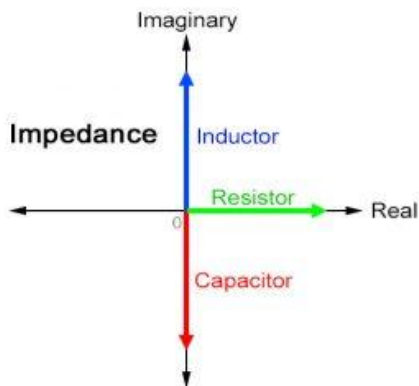


- Az áram 90°-ot késik a feszültséghez képest
- Ha $\omega=0$, akkor rövidzár
- Ha $\omega=\infty$, akkor szakadás

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

Reaktáns elemek impedanciája

$$Z_L = j\omega L$$

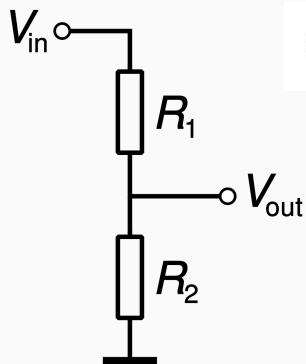


$$Z_R = R$$

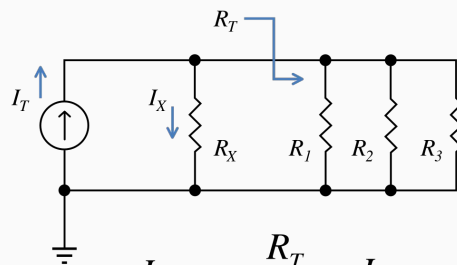
$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j\frac{1}{\omega C}$$

A differenciális 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



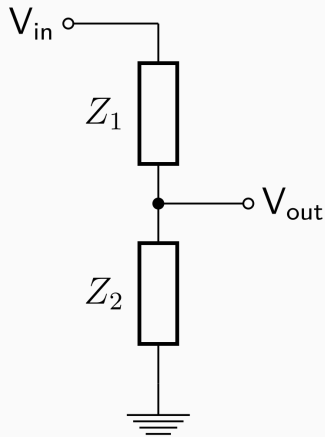
$$U_{ki} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_{be}$$



$$I_X = \frac{R_T}{R_X + R_T} I_T$$

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

Frekvenciafüggő feszosztó



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

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

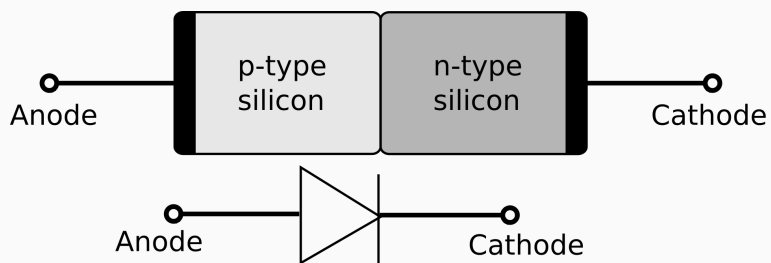
Ugyan az, mint egyenfeszültségen, csak szinuszos értékekkel. Ugye megéri komplexekkel számolni?

Dióda

Típusok:

- Félvezető dióda (p-n átmenet)
- Schottky-dióda
- Zener-dióda
- Alagútdióda
- Lézerdióda
- LED
- Fotodióda
- Napelem
- varikap
- 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 (eset rajta több fesz., mint amennyit generál → fogyasztó lesz).

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

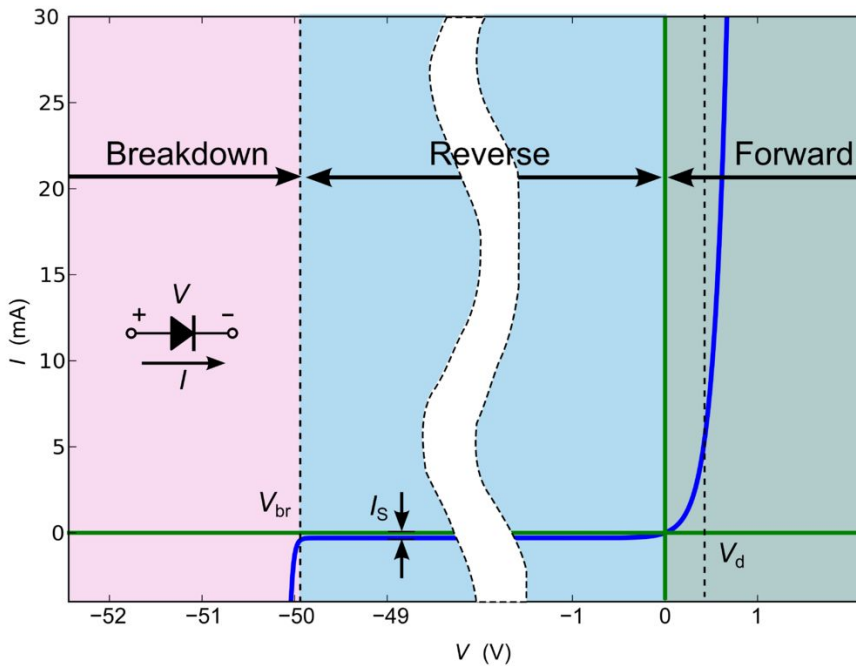
I : nyitóirányú áram

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



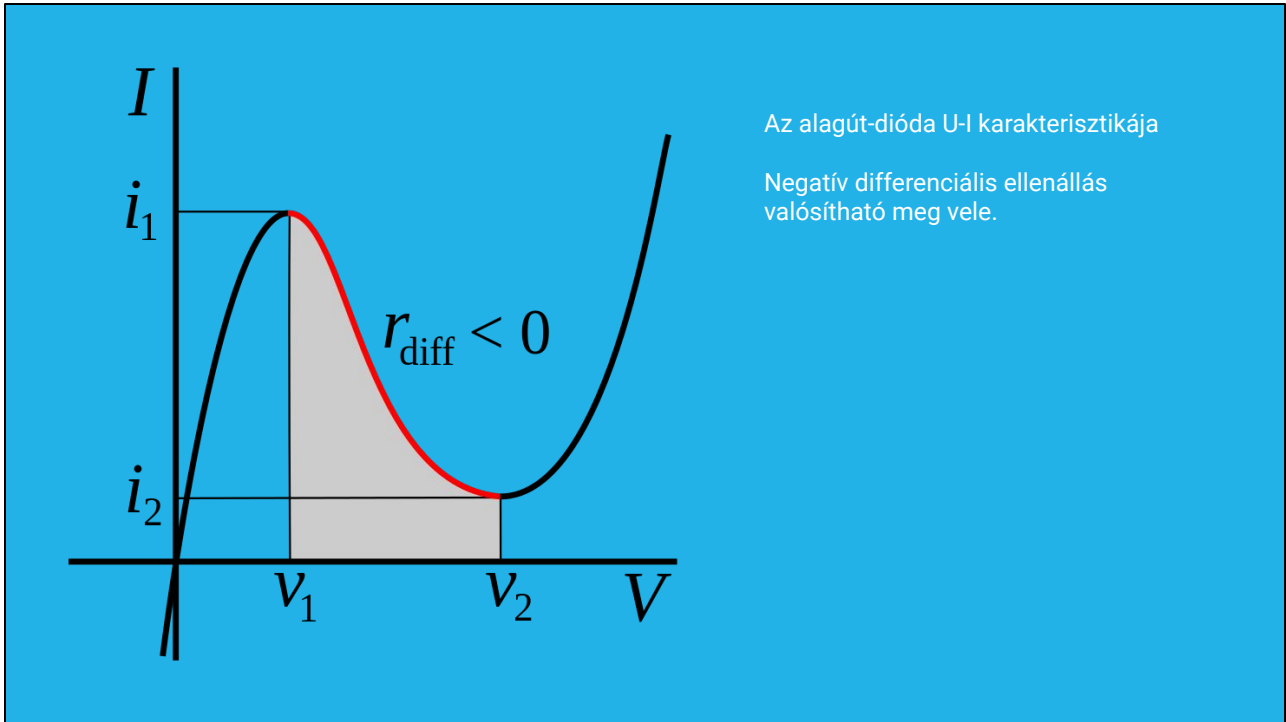
Általános dióda-karakterisztika. Közelítések: félvezető és schottky diódák letörési feszültségét lehet végtelennek venni, szivárgási áramot lehet 0-nak venni, nyitófeszültségen túl lehet feszültségforrásként kezelni, ha az áramkör ökot ad az ilyen mértékű közelítésre.

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

Munkaponti linearizálást bemutatni

0, 1 és 2 paraméterű modellek

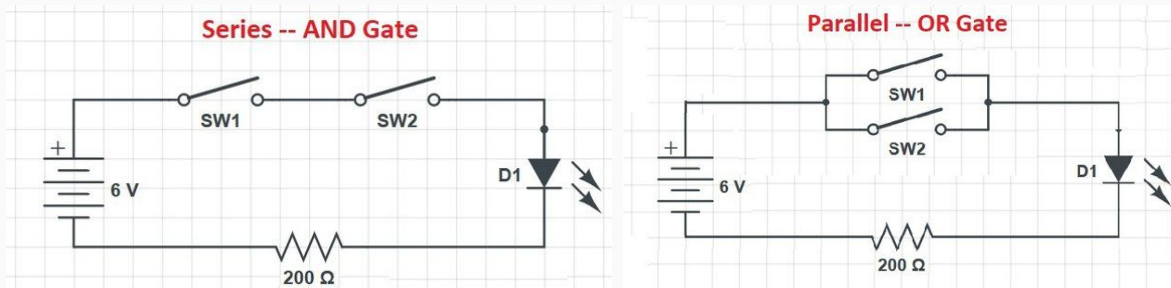
varikap hatás!!



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

Logikai kapuk - kapcsolókkal

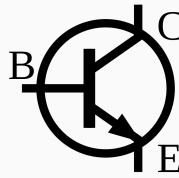
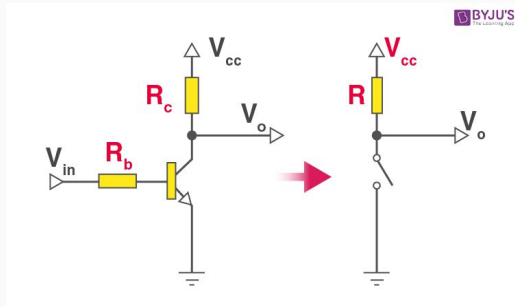
A logikai kapuk a digitális áramkörök és a számítástechnika alapját jelentik



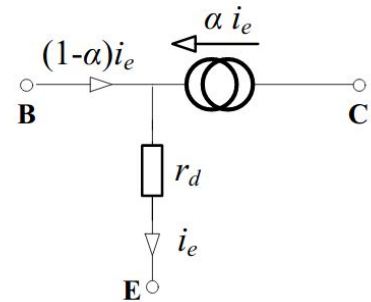
Bipoláris tranzisztorok: feszültségvezérelt áramforrás (nemlineáris erősítő, bővebben: 10-12. diák), lehet feszültséggel vezérelhető kapcsoló (digitális alkalmazás). Leggyakrabban NPN-t használunk, vagy azonos karakterisztikájú npn és pnp párt.

Bipoláris Tranzisztor (BJT)

Kapcsoló - digitális áramkörök



Feszültség vezérelt áramforrás - analóg áramkörök



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.

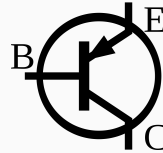
Bipoláris Tranzisztor (BJT)

- A bázis-emitter feszültséggel szabályozható az emitter árama
- Általában adalékolt szilíciumból készül
- n-p-n vagy p-n-p szendvics

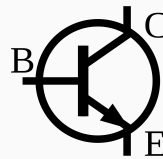
3 kivezetés:

- Emitter
- Bázis
- Kollektor

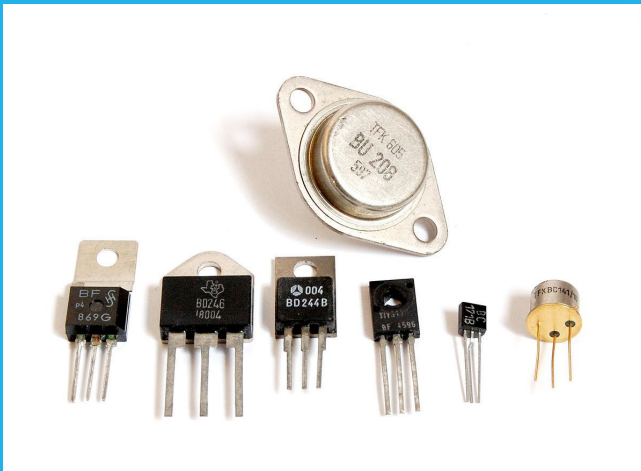
PNP:



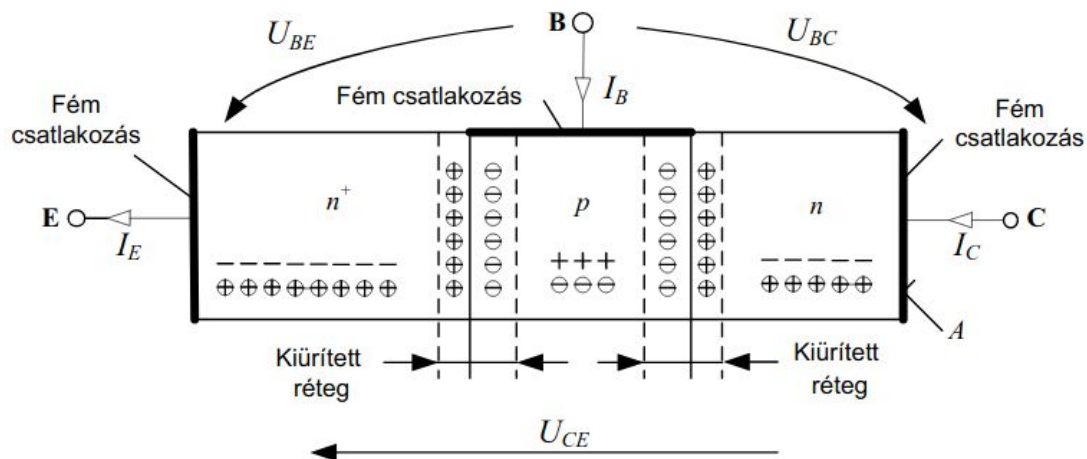
NPN:



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!)



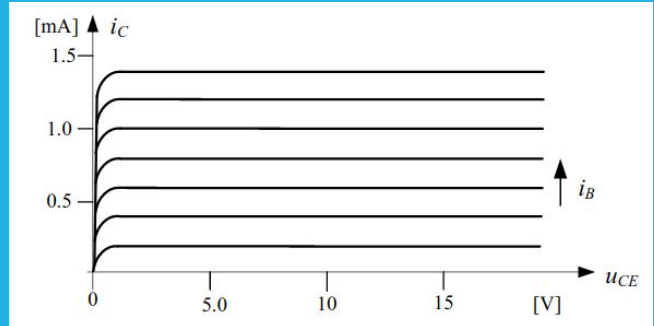
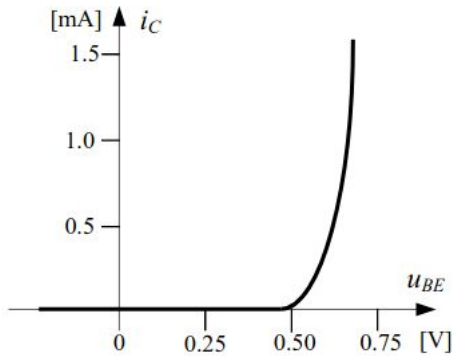
Tranzisztor-hatás: “A tranzisztorban a vezérlő elektródájára (bázis) juttatott feszültség hatására a másik két elektróda (emitter és kollektor) közötti p-n átmenet kinyit, azaz az emitter és kollektor között áram folyik. A p-n átmenet nyitása függ az adott típusú tranzisztortól és a vezérlő elektródára 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)

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)

Kisjelű helyettesítőkép

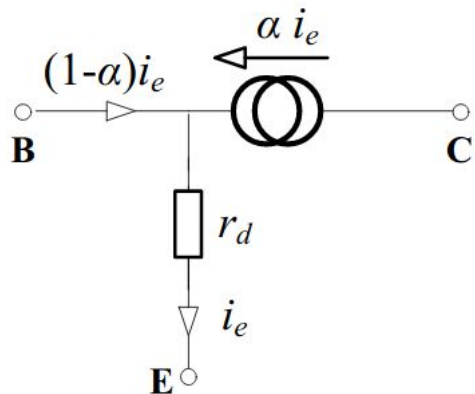
Adott munkapontban, kicsi változásokra

Áramerősítési tényező, kétféleképp:

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

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

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



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."

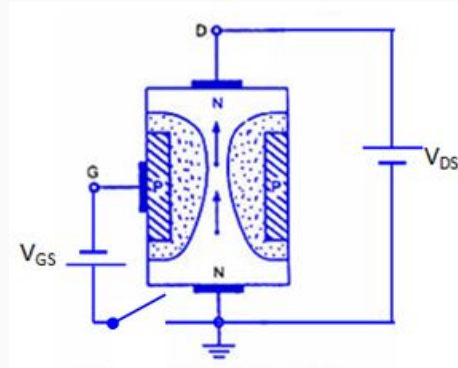
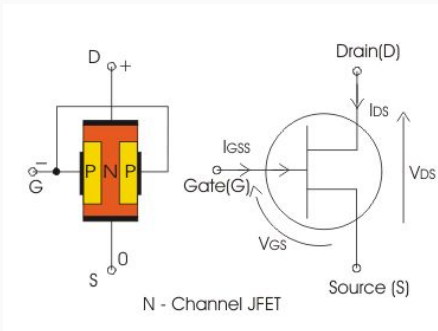
https://hu.wikipedia.org/wiki/Tranzisztor#M%C5%B1k%C3%B6d%C3%A9si_elve

A tranzisztor nem egyenértékű két szembekapcsolt diódával!!!

Megj.: Ennek felfedezéséért Nobel-díjat osztottak ki.

Egyéb tranzisztorfajták

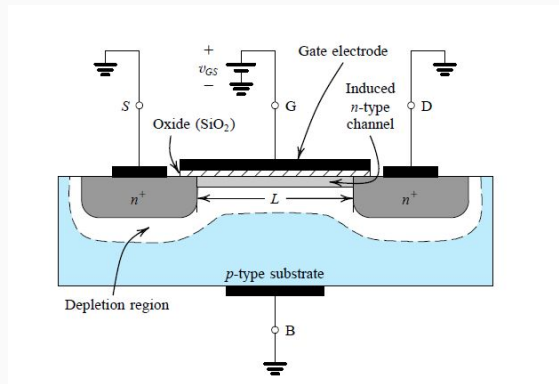
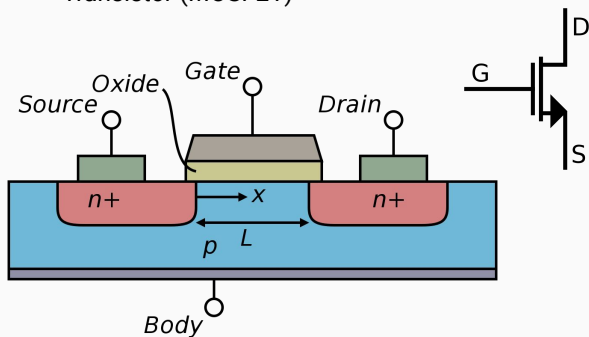
- Junction gate Field Effect Transistor (JFET)



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

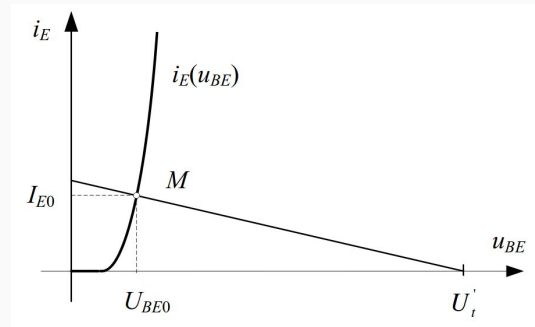
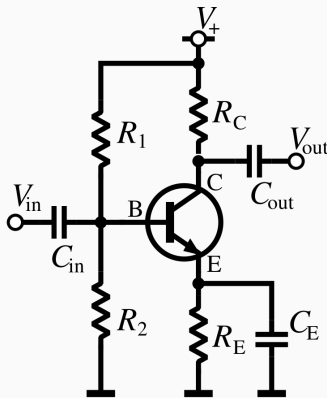
Egyéb tranzisztorfajták

- 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.

Építsünk egy erősítőt!



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

Kérdések?

2023.03.20 - Elektronika alapok

