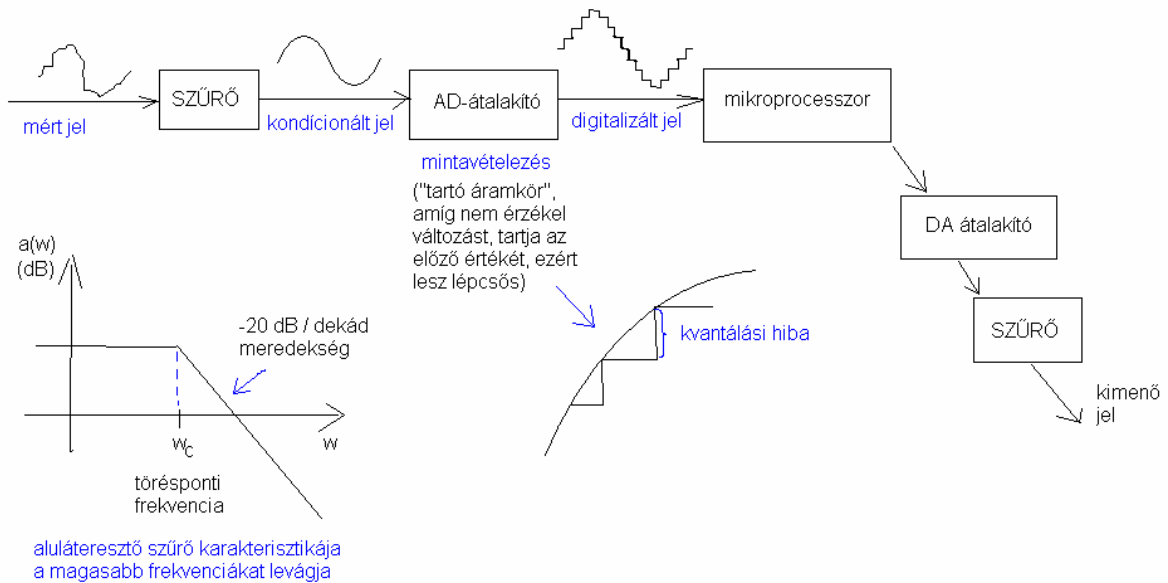


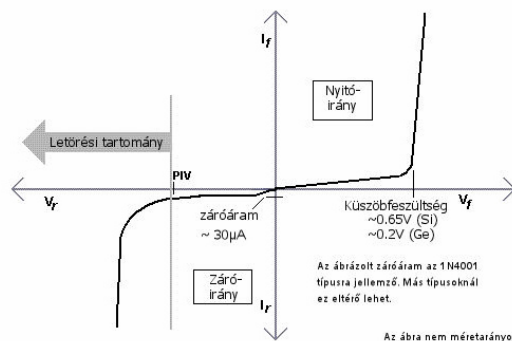
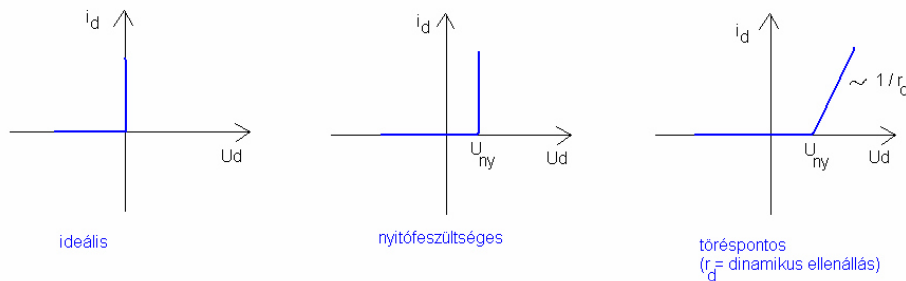
ELEKTRONIKA összefoglaló

AD/DA-átalakító:



Bejön egy jel (pl. feszültségfüggvény), jelkondicionálás (pl. erősítés, magasfrekvenciás zajok szűrése aluláteresztő szűrővel), digitalizálás (pl. 20 biten ábrázoljuk az aktuális feszültséget, lesz egy kvantálási hiba, ezt zajként kezeljük), mikroprocesszorral feldolgozhatjuk a jelet, a kimenetet DA-átalakítóval feszültséggé alakítjuk, esetleg ide is jöhet egy szűrő.

dióda: egyenirányító elem, csak egy irányban folyhat rajta áram. Különböző részletességgel modellezzük (ideális, küszöbfeszültséges, küszöbfesz. + dinamikus ellenállás). Feszültségkorlátozásra jó. Zéner diórával stabil referencifeszültséget lehet előállítani.



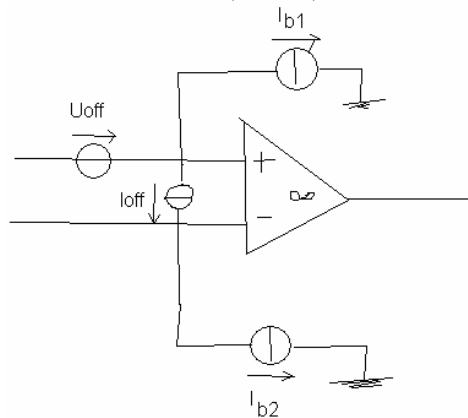
Valós dióda

Dióda karakterisztikák

(A karakterisztika jellemzi a viselkedését, hogy mire számítsunk, ha x feszültséget rányomunk a diódára, akkor milyen áram fog folyni rajta.)

A LED is egy dióda (light emitting diode, fénykibocsátó dióda), a különbség fizikai okokra vezethető vissza. A diódában 1 db PN átmenet van (a 4 vegyértékű szilícium egyik oldala pozitív, protonadálékolt, vagyis elektronhiányos, a másik része negatív, ott elektrontöbblet van, általában 3 vegyértékű bórt vagy 5 vegyértékű foszfort használnak adalékolásra). A félvezető anyag elektronjainak energiája széles tartományban változhat, energiasávokat hoznak létre: vezető sáv, tiltott sáv és vegyérték sáv. A félvezetők tiltott sávja vékony, így a vegyértéksávból kis gerjesztéssel átugranak az elektronok a vezetési sávba, az energiakülönbség pedig fény (foton) formájában távozik. Ez abban az esetben igaz, ha direkt sávátmenet van, vagyis az elektron impulzusa nem változik, csak az energiája. Ellenkező esetben csak fonont fog kibocsátani, ami szintén elektromágneses hullám, csak mélyebb frekvencián, és az atomrácsot rezgeti, melegíti, ezért van, hogy a tranzisztorok is melegszenek, és ha sokat egymás mellé teszünk (pl. processzorban), az mind összeadódik, és a végén megsül az áramkörünk, feltéve, ha nem használunk valami komolyabb hűtést. A tranzisztorban 2 db PN átmenet van egymás mellett, így van PNP vagy NPN tranzisztor is.

erősítő: követő erősítő, invertáló, nem invertáló, különbségképző ← ez mind volt méréstechen. Az erősítő aktív elem, tehát tápfeszültséget igényel. Az erősítés elméletileg végtelen lehet, gyakorlatilag a tápfeszültségnél nagyobbat nem tud kiadni magából. Az erősítő pontatlanságát úgy lehet modellezni, hogy egy ismeretlen offset feszültséggenerátort teszünk (sorosan a többivel) az egyik bemenetére (mondjuk a pozitívra), ennél pontosabb modell, ha a két bemenet közé egy ismeretlen áramgenerátort is beteszünk. Továbbá „bias” áramokat is modellezhetünk, ezeket nem tudom, micsoda (I_{b1} , I_{b2}).



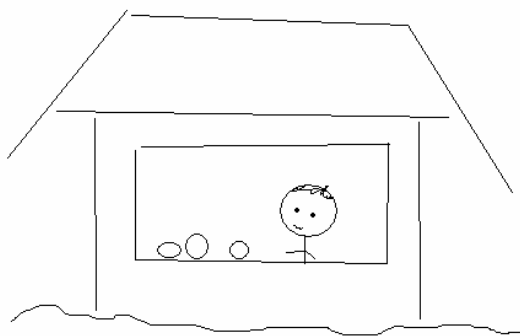
ideális erősítő: Az ideális erősítő olyan, mintha ott sem lenne, a bemenő árama 0, a bemenetei között 0 a feszültség. Általában azt használjuk ki, hogy rákényszeríti egyik pólusát arra, hogy felvegye a másik pólus potenciálját. Pl. ilyen a virtuális földpont (most a negatív pólusnál). A nagy bemeneti ellenállást pedig láttuk, hogy jó, mert „nem terheli a bemenő fokozatot”. Ezt nem igazán értem amúgy. Talán csak az van mögötte, hogy nagy ellenálláson nem folyik áram (ideális esetben, gyakorlatilag kell az áram, hogy legyen mit erősíteni), így nem kell teljesítményt leadnia az erősítő felé.

BODE-diagram:

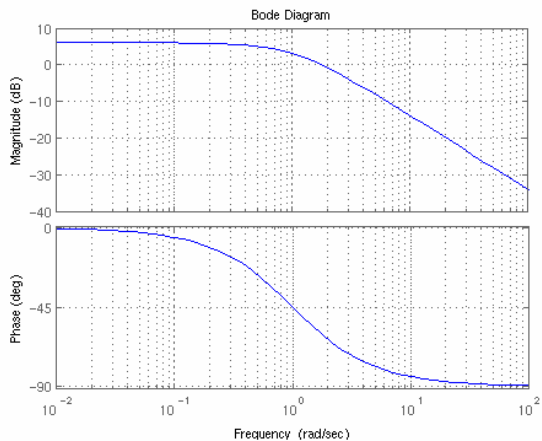
Az áramkör viselkedését írja le különböző frekvenciákon. Két része van, az első ábrán az erősítés mértékét láthatjuk (a frekvencia függvényében), míg a másikon a fázistolást. Ez utóbbiról még lesz szó bővebben. A dinamikus elemek miatt van fázistolás. Ilyen a kondenzátor és a tekercs, meg amiket ezekből építenek (pl. aluláteresztő szűrő). Az ellenállásnak alapjáraton nincs fázistolása, így a fáziskarakterisztikája egy vízszintes egyenes a 0° -nál. A szűrőknél azért fontos tudni a frekvenciafüggést, mert az alapján tudjuk kiválasztani, hogy az aktuális feladatra milyen szűrőre van szükség. Szűrő lehet aluláteresztő (a magas frekvenciákat levágja), felüláteresztő (az alacsonyakat vágja le), sáváteresztő (csak egy kis sávban enged át), és sávzáró (egy bizonyos sávot kizár, azon kívül mindent átenged).

Hogy is néz ki a BODE-diagram?

Rajzolj egy BÓDÉT!



5 évesen



25 évesen :D

A BODE diagram 1. ábrája: Vízszintes tengelyen a frekvencia van (vagy a körfrekvencia: $\omega = 2\pi \cdot f$). Függőleges tengelyen az erősítés értéke, amit decibelben adnak meg. Egy ilyen láttunk a legelső ábrán az aluláteresztő szűrő karakterisztikájánál. Azért kell decibel skálát használni, mert egyébként borzasztó nagy számokat kéne beírni, meg nem férnének ki a lapon, mert pl. az ábrán -40 és 10 dB között lineáris skálán 300 különbség lenne (0.01... 3), de mondjuk -100 és +100 dB között pedig 200 000 különbség lenne! Szóval a dB jól kordában tartja az elszabaduló értékeket.

Amiket érdemes fejből tudni: <-- feszültségek, áramok esetén

- 100x-os erősítés = 40 dB
- 10x-es erősítés = 20 dB.
- 2x-es erősítés = 6 dB.
- gyök(2)-es erősítés = 3 dB.

Erősítés dB-ben = $20 \lg(\text{erősítés})$. Általában viszonyítunk vele számokat egymáshoz, ezért sem azt mondjuk, hogy +100V erősítés, hanem x100 erősítés.

Feszültségek esetén $20 \lg(U / U_{\text{ref}})$ a képlet, de teljesítménynél $10 \lg(P/P_{\text{ref}})$, ahol ref = referenciaértéket jelent. Ha nincs más megadva, akkor 1V-ot (vagy teljesítmény esetén 1W, áram esetén 1A) a dB-számítás alapja.

Miért más a képlet teljesítmény esetén? Mert

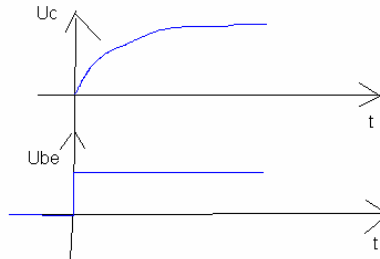
$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow 10 \lg \frac{U_1^2 / R}{U_2^2 / R} = 10 \lg \frac{U_1^2}{U_2^2} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}$$

Azért hívják deciBelnek, mert 10 = deci. :) Bel pedig az a fickó volt, aki ezt az egészet kitalálta. Azt hiszem, rádiózással foglalkozott, de ebben nem vagyok biztos.

Akkor most már értjük, hogy mi is ez a -20 dB / dekad. 1 dekad az 10x-es frekvenciakülönbség. Pl. 10 Hz és 100 Hz között van 1 dekad, vagy 100 Hz és 10000 Hz között 2 dekad van, és így tovább. A -20 dB / dekad azt jelenti, hogy ebben a frekvenciatartományban az erősítő 10x-es frekvenciaváltozás esetén a jel amplitúdóját (maximális értékét) a tized részére osztja, vagyis elnyomja. Azért a tizedrészére, mert

$$20 \lg(x) = -20 \text{ dB} \rightarrow x = 10^{(-20/20)} = 0.1$$

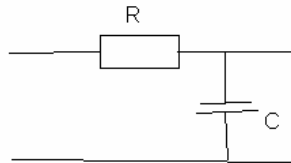
A BODE diagramm 2. ábrája: a frekvencia függvényében a fázistolást ábrázoljuk. Pl. az aluláteresztő szűrőben általában van egy kapacitás, ami 90° -ot késleltet, tehát -90° lesz a végtelenben a fázistolás, vagyis a feszültség 90° -ot késik az áramhoz képest. Ezt lehet úgy is érzékeltetni, hogy a kapacitáson a feszültség nem tud ugrani egyik pillanatról a másikra, mert van egy kis késleltetése, és csak szép komótosan követi a bemeneti feszültség változását.



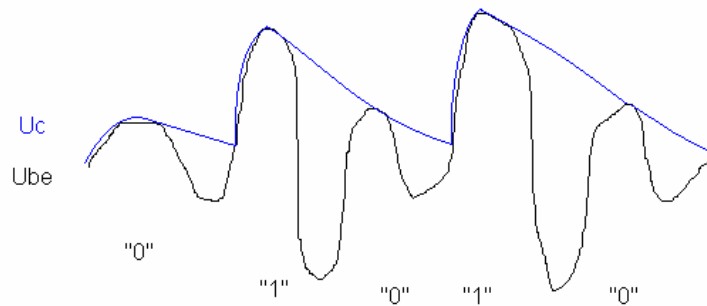
Szóval mikor megjelenik a kondenzátor kapcsain a feszültség, az eleinte csak elkezd tölti a kondenzátort, ez egy exponenciálisan lassuló folyamat, telítődik, miközben a feszültsége folyamatosan nő. Mikor eléri a maximumot, többé már nem vezeti az áramot, egyenlő lesz szakadással. Egyenáramon ugyanis a kondenzátor szakadás. A kondenzátor impedanciája

$Z_c = \frac{1}{j\omega C}$, ahol j a képzetes egység. $j = \sqrt{-1}$, tehát $j^2 = -1$. Az ω a körfreki. Egyenáram

esetén $0 \text{ Hz} = 0 \text{ rad/s}$, tehát a kondenzátor impedanciája $1/0$ lesz, ami a végtelenbe tart. Az impedancia ugyanaz mint az ellenállás, csak lehet benne komplex szám is. Ennek is Ohm a mértékegysége. Ha végtelen az ellenállás, az ugyebár megakadályozza, hogy áram folyjon. De feszültsége ettől függetlenül lehet a kondinak. Visszatérve a késleltetésre, ezt használja ki az aluláteresztő szűrő (párhuzamos RC-kör vagy RC-szűrő néven is ismert):



ugyanis a kondenzátor képtelen a gyorsan változó, nagyfrekvenciás jelet követni. Ez szűrésre is jó, vagy átlagolásra, amplitúdómodulált jel demodulálására (régi rádiókban):



komparátorral: demodulált jel



Az U_{be} az a jel, amit a rádió antennája elcsíp, aztán U_c már egy kondicionált jel, most már csak egy komparátor kell, ami eldönti, hogy melyik feszültség szint milyen logikai értéknek felel meg, és kész a demodulált jel.

A kondenzátorral teljesen analóg a **tekeracs**, csak ez kb. az inverze, itt minden fordítva van. Itt az áram fog késni 90°-ot a fesz-hez képest, az áram a tekercsen nem ugorhat.

egy kis matek:

komplex számok: normális szám, csak van egy valós meg egy képzetes része. pl. $z = a + j \cdot b$, ahol a és b valós számok, de j képzetes. Konkrét pl.: $z = 5 + 3j$.

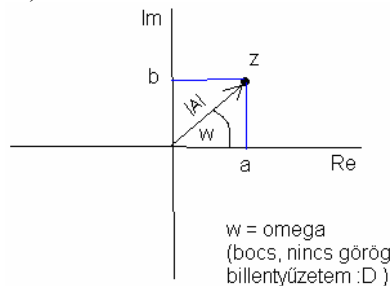
A komplex számot többféleképp is ábrázolhatjuk, van algebrai alakja, trigonometrikus alakja és Euler alakja. Az első és utolsó fontos, a trig. alakot sose használjuk.

- Algebrai alak: $z = a + jb$ (ez már volt)
- Exponenciális: $z = |A| \cdot e^{j\omega}$.

Az utolsó egyébként nagyon praktikus, de most bonyolult tűnhet. A két alak közt lehet

váltogatni: $|A| = \sqrt{a^2 + b^2}$, $\omega = \arctg\left(\frac{b}{a}\right)$. Az omegánál fontos az előjel, ezt Matlabban az

atan2() függvénnyel lehet figyelembe venni (atan2 = arkusz tangens függvény kiterjesztve a $2\pi = 360^\circ$ -ra, vagyis a teljes körre).



Ha ezt a képet tanulmányozod, talán egyértelművé válik. Az $|A|$ -nál ugyebár Pitagorasz-tételt használtunk a háromszög átfogójának meghatározásához, az omega pedig az a szög, amit bezár a valós tengellyel, ezt a 0° -tól mérjük (ez a valós tengely pozitív féltengelye), felfele van a +, lefele a -. Az Euler alakot azért szeretjük, mert szorzattá alakítja az egyenletet, és ha pl. van egy törtünk, akkor azt egyszerűbb alakra hozhatjuk, ha mind a nevezőt, mind a számlálót Euler alakra hozzuk, pl.:

$$Z = \frac{4 + 3j}{3 + 4j} = \frac{\sqrt{4^2 + 3^2} \cdot e^{j \cdot \arctg\left(\frac{3}{4}\right)}}{\sqrt{3^2 + 4^2} \cdot e^{j \cdot \arctg\left(\frac{4}{3}\right)}} = \frac{5 \cdot e^{j \cdot \arctg\left(\frac{3}{4}\right)}}{5 \cdot e^{j \cdot \arctg\left(\frac{4}{3}\right)}} = 1 \cdot \frac{e^{j \cdot \arctg\left(\frac{3}{4}\right)}}{e^{j \cdot \arctg\left(\frac{4}{3}\right)}} = 1 \cdot e^{j \cdot \left(\arctg\left(\frac{3}{4}\right) - \arctg\left(\frac{4}{3}\right)\right)} = 1 \cdot e^{-j0,2838}$$

A logaritmus / exponenciális függvények azonosságait ki lehet használni.

<http://users.itk.ppke.hu/~adorjan/matematika/pdfs/05.pdf>

Egyébként az algebrai alakokkal úgy lehet elvégezni az osztást, hogy a számlálót és a nevezőt is beszorzod a nevező konjugáltjával. A konjugált nagyon egyszerű dolog, csak venni kell a képzetes rész negáltját. Pl: $z = 3 + 5j \rightarrow z^* = 3 - 5j$ (ez a konjugált). Ha ezzel beszorozzuk a számlálót és nevezőt, ezt kapjuk:

$$Z = \frac{(4 + 3j) \cdot (3 - 4j)}{(3 + 4j) \cdot (3 - 4j)} = \frac{12 - 16j + 9j - 12j^2}{9 - (4j)^2} = \frac{12 - 7j + 12}{9 + 16} = \frac{24 - 7j}{25} = 0,96 - 0,28j$$

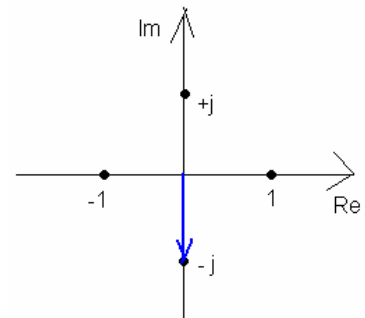
Nevezetes azonosság: $a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$.

$$\text{Ellenőrzés: } \sqrt{0,96^2 + 0,28^2} = 1, \quad \arctg\left(\frac{-0,28}{0,96}\right) = -0,2838 \quad \checkmark$$

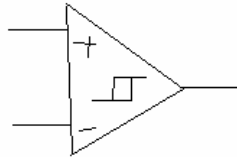
Visszatérve az elektronikára:

Kapacitásnál ugyebár j -vel osztunk. $Z_c = \frac{1}{j\omega C}$ Ezt érdemes átalakítani így: $\frac{1}{j} = \frac{j}{jj} = \frac{j}{-1} = -j$.

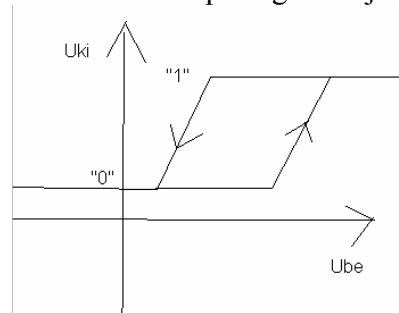
Ha a $z = -j$ komplex számot ábrázoljuk, az egy egységvektor lesz, ami lefelé mutat, pont párhuzamos az imaginárius tengellyel. Az egységvektor egy egységnyi hosszú szakasz, aminek a végén nyíl van, ez az origóból indul, és a komplex számban végződik. Ez ugyebár a valós tengelytől -90° -ra van (mert a pozitív irány az mindig felfele indul). Úgy is mondhatjuk, hogy 270° -ra, mert a teljes kör 360° , és $-90^\circ = 270^\circ$.



komparátor: Olyan, mint az erősítő, csak hiszterézises. Hiszterézis komparátornak is hívják. (Vajon minden komparátor hiszterézises? Azt nem tom..)

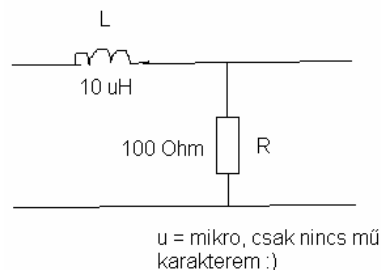


Ha a bemenetei között a feszültség elér egy bizonyos szintet, akkor billen egyet a kimenet. Ha pedig csökken, akkor lefele billen. Tehát ez kapcsolgatásra jó.



A bemeneti fesz. függvényében ábrázoltam a kimeneti fesz-t. Ezzel megakadályozható, hogy egy átkapcsolásnál házárdjelenség lépjen fel, vagyis egy oszcilláló kimenet a logikai 0 és 1 között, amikor bizonytalan értéket vesz fel a függvény. A *logikai kimenet* igazából egy definíció, hogy pl. 5 V feszültségtől már 1-nek tekintjük, 3 alatt pedig 0-nak, a kettő között pedig nem szeretnénk változtatni, mert egy kis zaj elronthatja az értéket.

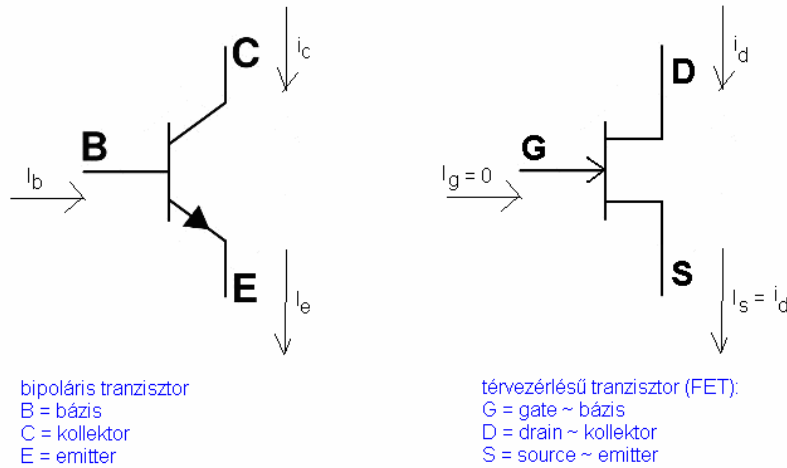
„ferrit-bead“ szűrő:



Nem nagyon használtuk, de az orvosbiológiai mérés technika szempontjából talán érdekes lehet. Ez is egy aluláteresztő szűrő, megakadályozza, hogy a kapcsolásunk antennaként viselkedjen, így nem zavarja a többi műszert.

időállandó: a kondenzátor késleltetését jellemzi. $T = R \cdot C$. Tekercs esetén $T = L/C$. Minél nagyobb, annál lassabb. Kb. 3-4 T idő alatt már a kondenzátor gyakorlatilag eléri a végértéket.

tranzisztor:



Van egy bázisa, egy kollektora és egy emittere. A nyíl mindig az emittert jelzi. :) Ez jelen esetben egy NPN-tranzisztor, mert a nyíl kifelé mutat. PNP esetben a bázis felé mutat. A bázison lévő feszültség vezérli a kollektor-emitter áramot. Ha a bázisfeszültség eléri a tranzisztor nyitófeszültségét (kb. 0,6V), akkor a tranzisztor kinyit, és a kollektortól megindul az áram az emitter felé. Ez logikai áramkörökben hasznos, szintén kapcsolgatásra, pl. a laptopom processzorában 400 millió tranzisztor van 1 cm²-en, és ez kb. max 100 W teljesítményt fogyaszt. Nem semmi, hogy bírják a rengeteg hőt elvezetni...

Számoláshoz: $i_c = I_{s0} \cdot e^{\left(\frac{U_{BE}}{U_T}\right)}$

i_c = kollektoráram

I_{s0} = szaturációs áram, konstans

U_{BE} = bázis-emitter feszültség

U_T = termikus feszültség (szobahőmérsékleten 26mV).

Van még egy másik tranzisztor, a térvezérlésű (FET = field effect tranzistor). Az a különbség, hogy ennek a bázisárama fixen 0A (amper), tehát ha a bemeneti oldalról nézzük, akkor egy bazinagy ellenállást látunk! (ahogy a kondenzátornál láttuk). A frekvenciafüggése jó kérdés, most nem hirtelen nem tom. Ha a bázisáram 0, akkor a Drain és a Source áramnak egyenlőnek kell lennie! $I_d = I_s$. A sima tranzisztornál (ez a bipoláris tranzisztor) a bázisnak van egy minimális árama. Egy erősítési tényezővel szokták megadni, hogy mi az összefüggés a bázis és emitter / kollektor között.

$I_c = A \cdot I_e$

$I_b = (1-A) \cdot I_e$

$I_c/I_b = A/(1-A) = B \rightarrow I_c = B \cdot I_b$

„B“ tipikusan 99 vagy végtelen szokott lenni, A pedig ~ 1.

Számoláshoz: $i_d = I_{d00} \cdot \frac{(U_{GS} - U_P)^2}{U_P^2}$

i_d = drain áram (megfelel a sima tranzisztor kollektorának)

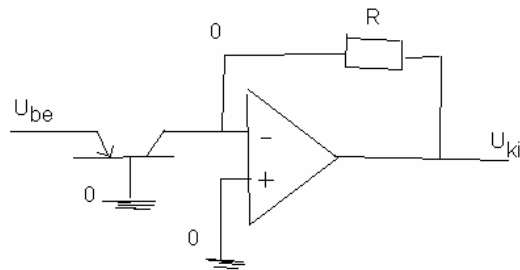
I_{d00} = konstans

U_{GS} = gate-source fesz (olyan, mint a sima tr. bázis-emitter feszültsége)

U_P = konstans (elzáródási feszültség, ez is adott)

tranzisztoros kapcsolások:

Exponenciális erősítő:



$$U_{ki} = -R \cdot I_{s0} \cdot e^{\frac{U_{BE}}{U_T}}$$

A tranzisztor-képletet és a csomóponthi egyenleteket felírva kijön, hogy a kimenő feszültség exponenciálisan függ a bemenettől.

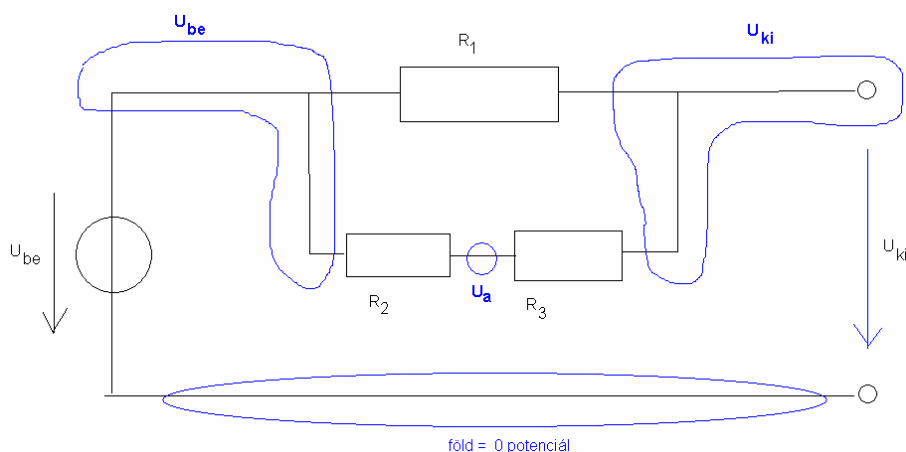
áramkörök vizsgálatához kiegészítés:

csomóponthi egyenletek:

Az ellenállás két oldalán két különböző potenciál van. A potenciálkülönbség pedig a feszültség. Az ellenállás árama az $I = U/R$ képlettel (Ohm-törvény) számolható, amiből az U az ellenállás két kapcsának potenciáljainak különbsége. A földpotenciált érdemes 0-nak választani. Az ismeretlen potenciálokat pedig elnevezzük U_1, U_2 , stb. Lehet akár egy nagy hurok is egy absztrakt csomópont, pl. ha bekerítjük a tranzisztort, arra a hurokra is érvényesnek kell lennie, hogy a befolyó és kifolyó áramok egyenlők.

egy kis szemlélet: https://wiki.sch.bme.hu/images/4/45/Elektro1_osszefoglalo_2012.pdf
(csak az első oldala kell)

Nézzük a következő kapcsolást:



Kékkkel bejelöltem azokat a részeket, amik egyenpotenciálon vannak, vagyis a földhöz képest mindegyiknek ugyanakkora a feszültsége. A dróton ugyebár nem esik feszültség, mert az ellenállása 0 (elvileg). A feszültséggenerátor (bal oldalon: U_{be}) megemeli a potenciált U_{be} -re. A kapcsolat végén szabadon lógnak a vezetékek, ezek igazából kivezetések, ahol mérhetjük a kimeneti feszültséget. Mekkora áram folyik R_1 -en? Ezt nagyon könnyű meghatározni:

$I_{R1} = \frac{U_{be} - U_{ki}}{R1}$ Az áram iránya olyan, ahogy a számlálóban is írjuk: az U_{be} -től folyik az U_{ki}

felé. Ha pl. úgy írtam volna, hogy $I_{R1} = \frac{U_{ki} - U_{be}}{R1}$ akkor a kimenettől folyik a bemenet felé, de

ebben az esetben ha kiszámoljuk, valószínűleg I_{R1} -re negatív számot kapunk. Az azt jelenti, hogy rossz irányba vettük fel, de ez nem probléma. A számolásokban negatív számként fog szerepelni, de egyébként tudjuk, hogy a másik irányba folyik.

Mekkora a feszültség az U_a pontban ($R3$ és $R2$ között)? Mindkét ellenálláson ugyanaz az áram megy át, mert sorba vannak kötve. Ezt az áramot meghatározhatjuk, ha egy nagy absztrakt hurkot veszünk: $R2$ -t és $R3$ -at vonjuk össze! Ebben az esetben $R_{23} = R2 + R3$, mert

sorban vannak kötve. $I_{R23} = \frac{U_{be} - U_{ki}}{R_{23}}$.

Ha megvan ez az áram, most jön egy jó szemléletmód: $U_{be} - I_{R23} \cdot R2 = U_a$.

Az $R2$ -n eső feszültséget levonjuk, így kapjuk meg U_{be} -ből U_a -t.

Egy kis levezetés:

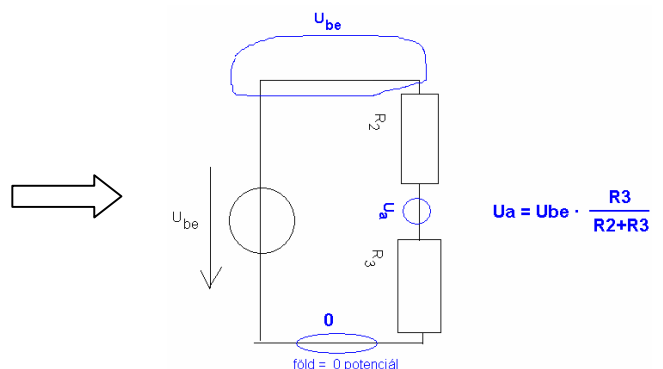
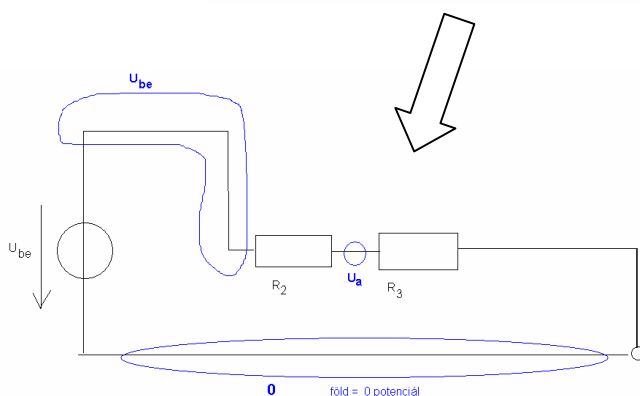
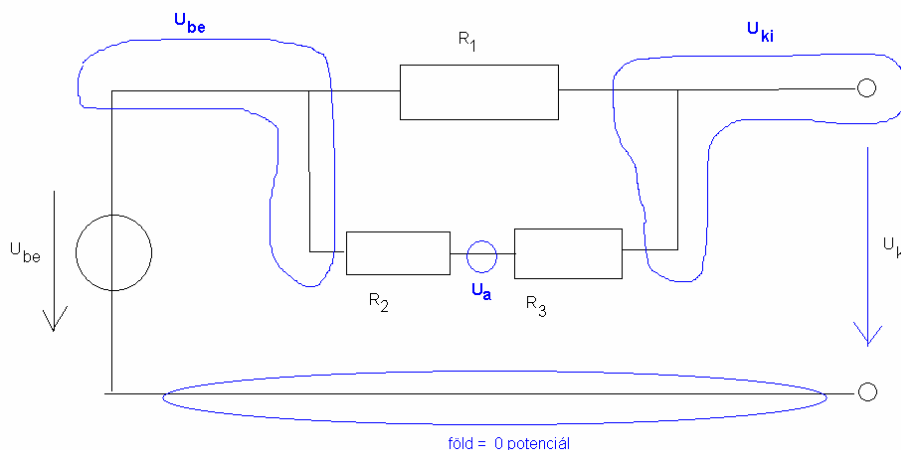
$$U_a = U_{be} \cdot \frac{U_{be} - U_{ki}}{R2 + R3} \cdot R2 = U_{be} \cdot \left(1 - \frac{R2}{R2 + R3}\right) + U_{ki} \cdot \frac{R2}{R2 + R3}$$

$$= U_{be} \cdot \left(\frac{R2 + R3}{R2 + R3} - \frac{R2}{R2 + R3}\right) + U_{ki} \cdot \frac{R2}{R2 + R3} = U_{be} \cdot \frac{R3}{R2 + R3} + U_{ki} \cdot \frac{R2}{R2 + R3}$$

Kísértetiesen hasonlít a **feszültségosztóra**, mert az is. Külön jó, hogy a **szuperpozíciót** is el lehet magyarázni ez alapján. Szuperpozíció esetén úgy vesszük, hogy az egyik bemenet hatását vizsgáljuk, miközben a többit 0-nak vesszük, majd a másik hatását is, miközben a többi 0, és a végén összeadjuk a hatásokat. Egy jobb definíciót találsz itt:

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Szuperpozíció_\(elektronika\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Szuperpozíció_(elektronika))

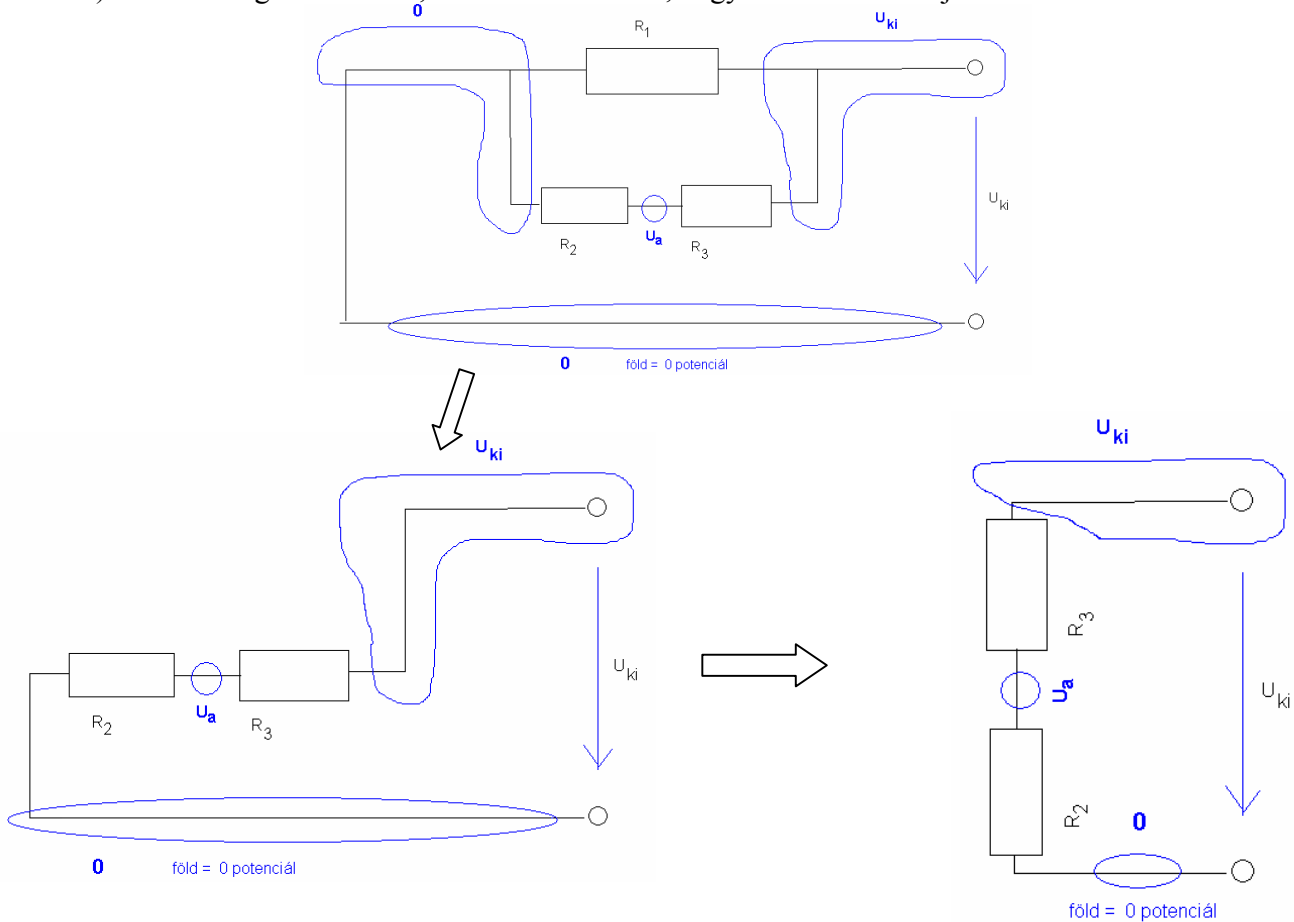
1) U_{ki} legyen 0!



U_{ki}-t leföldeltük, R₁ nem befolyásol, mert párhuzamosan van kötve (R₂+R₃)-mal, párhuzamosan pedig a feszültségek megegyeznek (mert ugyanazokra a potenciálokra kapcsolódnak!). Ezért U_a-t nem befolyásolja R₁, ezt is letöröltem az ábráról. Kis átalakítással egy átlátható képet kapunk, ahol akár ránézésre meg lehet mondani U_a értékét feszültségosztóval (U_a potenciál ebben az esetben megegyzik az R₃-on eső feszültséggel (U_a=0), ezért R₃ lesz a számlálóban, az eredő ellenállás pedig a nevezőben.)

Tehát U_{be} hatására az R₂-n $U_{be} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3}$ feszültség esik (miközben U_{ki}-t leföldeltük). Ha

2) Nézzük meg U_{ki} hatását, miközben U_{be} = 0, vagyis U_{be}-t leföldeljük:



Ekkor pedig $U_a = U_{ki} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3}$ feszültséget számolhatunk feszültségosztóval. A kettőt

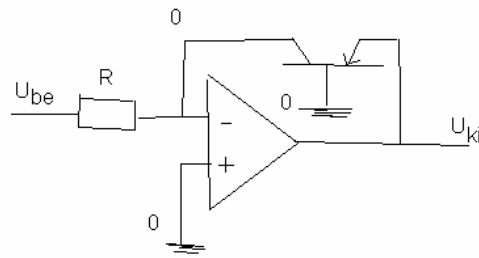
összeadva kijön az eredmény: $U_a = U_{be} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} + U_{ki} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3}$. Egész kompakt feladat.

 Na de miért lehetett U_{ki}-t lekötni a földre, holott az nem is generátor, csak egy mérőpont?! A válasz azért, mert U_{ki} értékét már az elején felvettük és rögzítettük, és U_{ki} függvényében akartuk kiszámolni a dolgokat. Ergo a számolások során olyan volt, mint egy generátor. Azt hiszem, Nobel-díjat kapok ezért a kimagyarázásért. :D

Házi feladat: Legyen U_{be} = 10V, R₁ = 5 kOhm, R₂ = 10 kOhm, R₃ = 20 kOhm. Határozd meg U_{ki}, U_a, I_{R1}, I_{R2}, I_{R3} értékét! (Egyelőre szuperpozíció nélkül, az csak megkönnyíti a számolásokat, ha az ember elég profi és rutinos, de egyébként bőven jó, ha csomóponti potenciálok módszerét használod.)

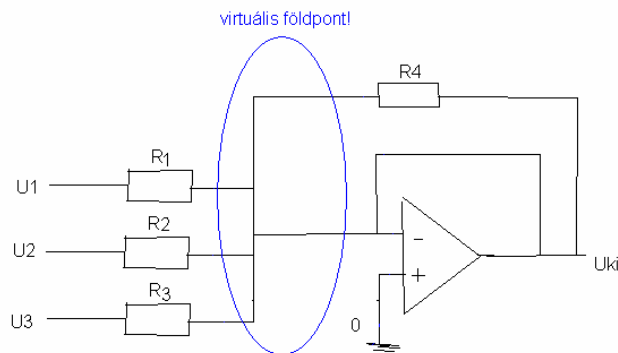
 Mi az a kOhm? Igazából kΩ –nak kéne írni, kiejtve: „kiloóom“. A kilo 1000-ret jelent, 1 kΩ = 1000 Ω. További prefixumok: <https://hu.wikipedia.org/wiki/SI-prefixum> (fejből tudni: nanotól a gigáig)

logaritmikus erősítő:



$$U_{ki} = U_T \cdot \ln\left(\frac{-U_{BE}}{I_{s0} \cdot R}\right)$$

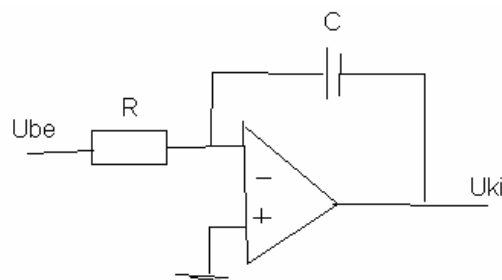
összegző áramkör:



$$U_{ki} = -R_4 \cdot \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3}\right)$$

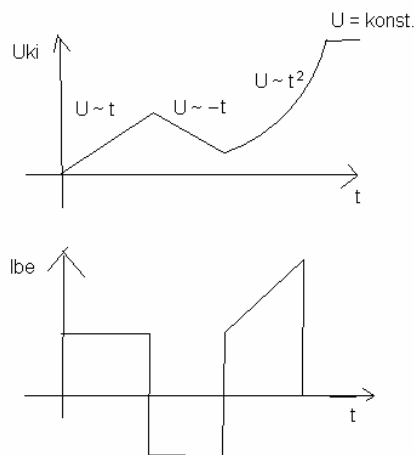
Tehát tudunk összeadni, kivonni, exponenciálásra emelni, logaritmust venni. Ezekből minden megoldható, mert pl. $e^{\ln(U_1)+\ln(U_2)} = e^{\ln(U_1 \cdot U_2)} = U_1 \cdot U_2$ vagy $e^{\ln(U_2)-\ln(U_1)} = e^{\ln\left(\frac{U_2}{U_1}\right)} = \frac{U_2}{U_1}$.

integráló áramkör:



Ugyebár a kondenzátor árama: $i_c = C \cdot \frac{dU_c}{dt}$, vagyis ha a feszültséget nézzük, akkor

$U_c = \int \frac{i_c}{C} dt$. Tényleg integrál.



A tekercsnél éppen fordítva van: $u_L = L \cdot \frac{di_L}{dt}$, vagyis ez meg a feszültséget integrálja.

Még egy kis matek:

Deriválás: gimiben csináltam egy jó magyarázó pps-t: <http://bonday.atw.hu/derivallas.pps> azóta is ámulok rajta, milyen okos voltam anno :D

A deriválás amúgy olyan, mint az osztás, csak kicsit bonyolultabb. Lényegében a függvény meredekségét adja meg egy pontban. Gyakorlatilag nem kell érteni, mire jó, elég csak bemagolni a deriválási szabályokat. Ugyanez van az integrálásnál is, meg a Laplace és inverz-laplace transzformálásnál (Folyamatszabályozásból).

<http://math.unideb.hu/media/foldvari-attila/2014-15-2-biomatematika/Derivalas-integralas-kepletar.pdf>

Deriválásnál 3 különböző jelölés van, de mind kb. ugyanaz. A $\sin(t)$ és az x^2 példáján mutatom be.

$$1) \sin'(t) = \cos(t), \quad (x^2)' = 2x$$

$$2) \dot{\sin}(t) = \cos(t) \quad // \text{a pontot inkább csak időfüggvényekre használjuk}$$

//vagyis ha t szerint deriválunk

$$3) \frac{d(\sin(t))}{dt} = \cos(t), \quad \frac{d(x^2)}{dx} = 2x \quad \text{vagy ekvivalens: } \frac{d}{dt} \cdot \sin(t) = \cos(t)$$

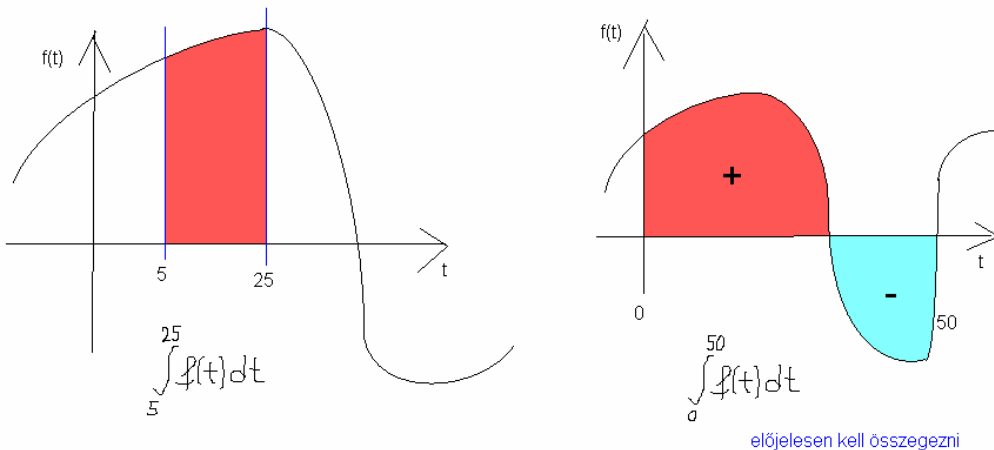
Ezt a harmadikat nevezik parciális deriválásnak is, mert a függvényt egy kiszemelt változó szerint deriválok, és ezzel egyértelműen jelzed a dolgot. Különböztetőjele is teljesen jó, én a vesszős verziót használom.

Integrálásnál még azt kell tudni, hogy egy ismeretlen konstans mindig hozzáölünk a végeredményhez. Pl. $\int x^2 \cdot dx = \frac{x^3}{3} + C$. Ebben a képletben a nagy S betű az integrálás jele, a dx pedig szintén csak szimbólum, azt jelenti, hogy „x szerint integrálunk“, vagyis az összes többi változót konstansnak tekintjük. Pl. $\int y \cdot x^2 \cdot dx = \frac{y \cdot x^3}{3} + C$.

A C a konstans, erre biztos rájöttél. :D

A **dx**-nek egyébként van egy szemléletesebb definíciója is. Ez az INFINITEZIMÁLISAN kicsi rész. Ezt a szót a fizika tanárunk nagyon szerette. Tehát egy végtelenül kicsi részecske. Az S szimbólum pedig a szummára utal, vagyis összegezzük a végtelenül kicsi részecskéket, ami így a teljes görbe alatti területet adja ki. Szuper. Na és van, hogy nem a teljes görbére vagyunk kíváncsiak, hanem mondjuk $t = 5[s]$ és $t = 25[s]$ között. Ebben az esetben határozott integrált használunk, ami annyit jelent, hogy meghatározzuk az integrált (most nem biggyesztünk a végére konstans), majd behelyettesítjük az értékeket: előbb a $t = 25$ -öt, majd a $t = 5$ -öt, mindkét esetben kapunk egy számot, amit pedig kivonunk egymásból (a két időpont közti különbség érdekel). Képlettel:

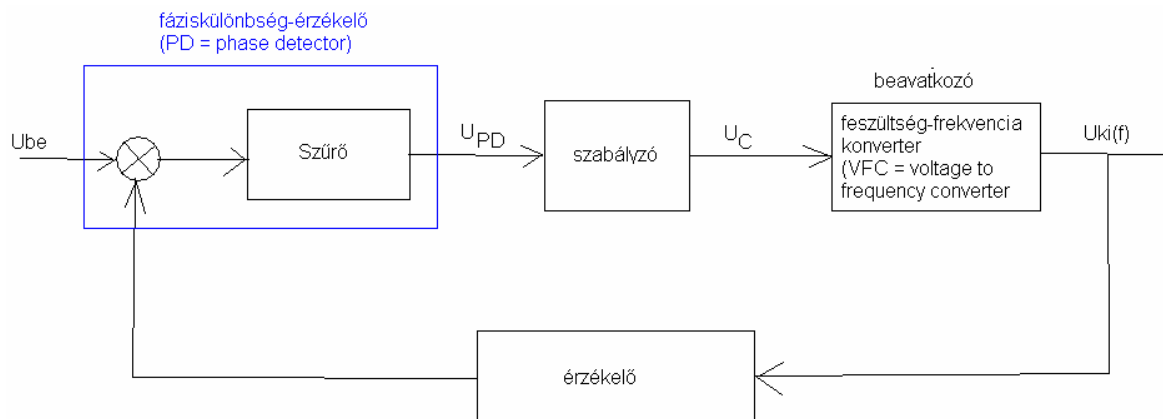
$$\int t^2 \cdot dt = \frac{t^3}{3} \text{ (ez a primitív függvény!) } \rightarrow \int_5^{25} t^2 \cdot dt = F(25) - F(5) = \frac{25^3}{3} - \frac{5^3}{3} \approx 5167$$



Elektronika kitekintés:

Még van abszolútértékképző (ez bonyi), és ennek felhasználásával effektívérték képző áramkör is. Effektív értéket egyébként aluláteresztő szűrővel is készíthetünk, de már nem emlékszem, hogyan. Még van jegyzetem a zajokról, teljesítmények számolásáról (ezek nem túl izgalmasak), és a fáziszárt hurokról, ami mindennek a betetőzője, de az bonyolult, nekem fél év alatt nem sikerült megérteni a működését, viszont a második félévben ráéreztem, és egyébként nagyon jó cucc. A lényegét kb. leírom, mert nagyon hasznos áramkör, folyamatszabályozásból jól jöhet.

fáziszárt hurok:



A lényege a **szinkronizálás**. A kimenő jel követi a bemenő jelet.

1) Fázisdetektor: a bemenő és visszacsatolt feszültség közti fáziskülönbséget méri, ezzel arányos feszültséget készít a kimeneten. Legegyszerűbb esetben ez egy szorzó + aluláteresztő szűrő. A trigonometrikus azonosságokat alkalmazhatjuk:

<http://www.math.bme.hu/~geom/matdoc/kepletek.pdf>

$$u_1(t) = U_1 \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$u_2(t) = U_2 \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)$$

$$u_1(t) \cdot u_2(t) = U_1 \cdot U_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot (\sin(2\omega t + \varphi_1 + \varphi_2) + \sin(\varphi_1 - \varphi_2))$$

A vastaggal kijelölt rész egy $2x$ -es frekvenciával rendelkező tag ($2\omega t$), amit az aluláteresztő szűrő kiszűr, így marad a végén $U_1 \cdot U_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_2)$. Kicsi különbség esetén a szinuszt

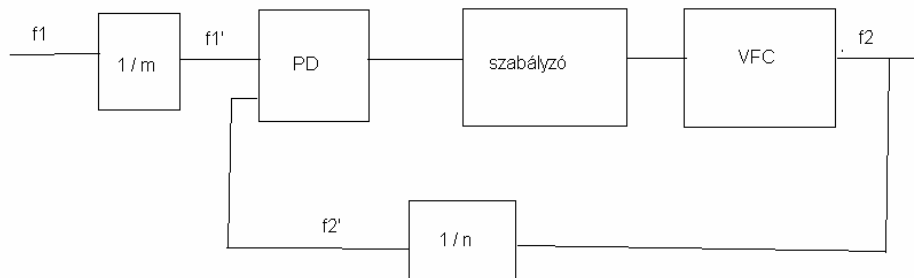
közelíteni lehet a szögével! $\sin(x) \approx x$, ha $x < 30^\circ$. (persze radiánban számolva $30^\circ = 0,52\text{rad}$, $\sin(30^\circ) = 0,5$, alkalmazástól függ, hogy mit lehet még elhanyagolni. Így lesz egy

fáziskülönbségfüggő feszültségünk: $U_{PD} = \frac{U_1 \cdot U_2}{2} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$

2) Szabályzó: arányos tag (P), integrátor (I), közelítő deriváló tag (D), vagy PI, PD, PID lehet, továbbá van diszkrét idejű szabályzó is és két szabadságfokú szabályzó, ezeket folyamatszabályozásból meg is tanítják, ha ilyen tempóban haladunk.... A P szabályzó egyszerűen követi a bemenetet, de a gyorsuló változást nem képes követni, az I szabályzó a gyorsuló változásokat is kiküszöböli, de lassú, a D szabályzó gyors, de lengedezve áll be (instabil), a kombiációk pedig ötvözik a jó és rossz tulajdonságokat. A diszkrétidejű szabályzó mikroprocesszorral számolja ki a beavatkozójelet, ami elképesztően gyors és nincs lengedezése, de a diszkrétizálás / digitalizálás bevisz egy holtidős tagot, ami miatt instabillá válhat (bár ez nem jellemző, elég jó szabályzó), a kettő szabadságfokú pedig azt hiszem a belső zavarokat is kikompenzálja állapotvisszacsatolással, de ez nekem már nagyon magas, egyébként folyszabból már tanultuk, mi az állapotváltozó és mi a visszacsatolás, már csak össze kell tenni. :) Az állapotváltozó egy belső változó, a rendszer egy állapota, pl. egy hőmérséklet vagy sebesség. Ha ezt is visszacsatoljuk, a szabályozási kör figyelembe veszi a rendszer saját tulajdonságait (és nem csak a kimenetét, mert általában csak a kimenetet csatoljuk vissza a bemenetre), és ezek alapján sokkal pontosabban tudja becsülni a változásokat, és ezek függvényében állítja elő a beavatkozó jelet, gyors és stabil szabályozás.

3) Feszültség-frekvencia konverter: egy kapcsolót, egy integrátort, egy komparátort és egy monostabil multivibrátort tartalmaz. Az integrátor elkezd integrálni a bejövő feszültséget, amikor elér egy bizonyos szintet, a komparátor bebillen, a billenés hatására a monostabil egy (előre meghatározott idejű) impulzust ad ki magából, ami pedig a kapcsolót nyitja / zárja. Ha a kapcsoló negatív állásban van, akkor lefele integrálunk, vagyis egyre fogy a kimenő feszültség, míg el nem éri a negatív komparálási szintet, ekkor újra billen a komparátor, és így tovább.

A PLL (phase locked loop, fáziszárt hurok) felhasználható kívánt **frekvencia előállítására** is:



$$f_2 / n = f_1 / m$$

$$f_1' = f_1 / m$$

$$f_2' = f_2 / n$$

$$f_2' = f_1' \text{ (szinkronizálás miatt)}$$

$$\rightarrow f_2 / n = f_1'$$

$$\rightarrow f_2 = f_1' \cdot n$$

$$\rightarrow \mathbf{f_2 = f_1 \cdot m/n}$$

A PLL-lel lehet még az amplitúdó és frekvenciamodulált jeleket is demodulálni.

4) érzékelő: gyakorlatilag csak egy drót, amin megy az áram vissza :)

további hasznos jegyzet: Méréstechnika:

https://wiki.sch.bme.hu/images/d/d8/Méréstech_MSC_felvételi_segédlet.pdf

Ennyit az elektronikáról / matekról / folyamatszabályozásról.

Ha bármelyik rész bővebb magyarázatra szorul, írj:

BONDAY@CITROMAIL.HU