1 Jelfeldolgozás gyakorlat

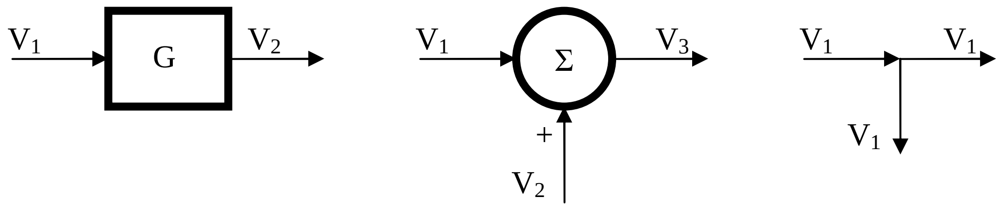
Blokkdiagramos feladatok megoldása

Összefoglaló

Lineáris invariáns kétkapuk modellezésére alkalmas módszer a blokkdiagram algebra. A blokkdiagram algebra építőelemi:

- Egy adott lineáris átviteli függvényt megvalósító egység
- Összegző egység
- Elágazás

Transfer function   Summing point   Pickoff point

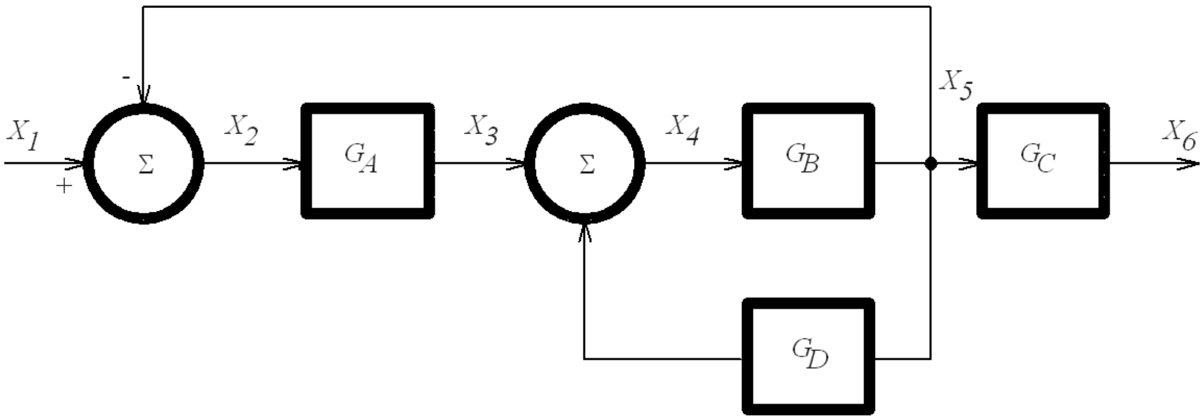


$V_2 = GV_1$ $V_3 = V_1 + V_2$ $V_1 = V_1 = V_1$

Blokkdiagram egyszerűsítésének a szabályai: (ez ismétlés, lsd. Jelfeldolgozó áramkörök előadás)

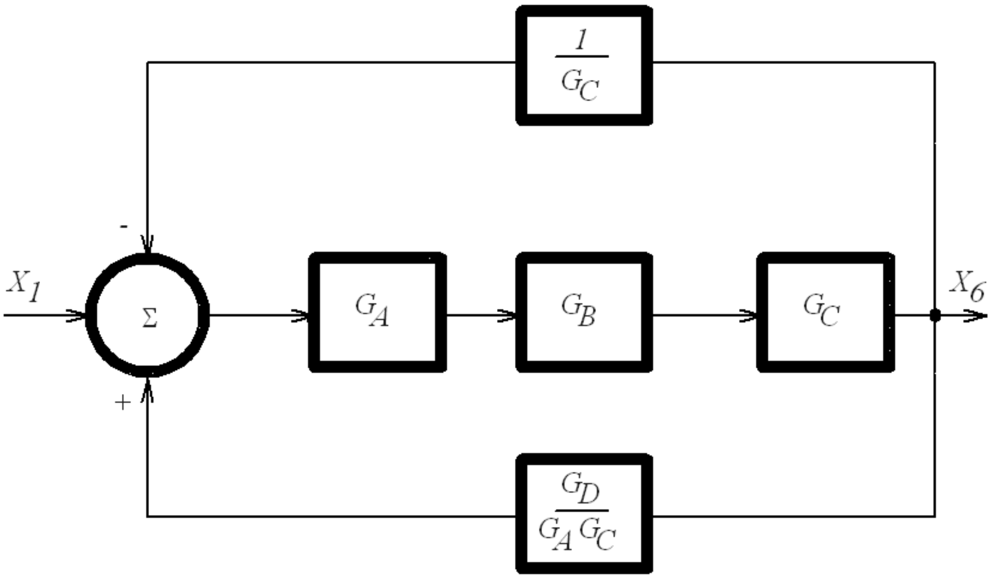
1. Egy tetszőleges zárthurkú rendszer helyettesíthető egy ekvivalens nyílthurkú rendszerrel.
2. A kaszkádba kapcsolt blokkok transzfer függvénye megegyezik az egyes blokkok átvitelének szorzatával
3. Az összegzés sorrendje szabadon felcserélhető
4. Az összegzési pont négypóluson való átemelése után az összegzőt meg kell szorozni az erősítés mértékével
5. Az elágazási pont négypóluson való átemelése után az átemelt tagot osztani kell az erősítés mértékével.

Határozzuk meg az alábbi rendszer teljes átvitelét

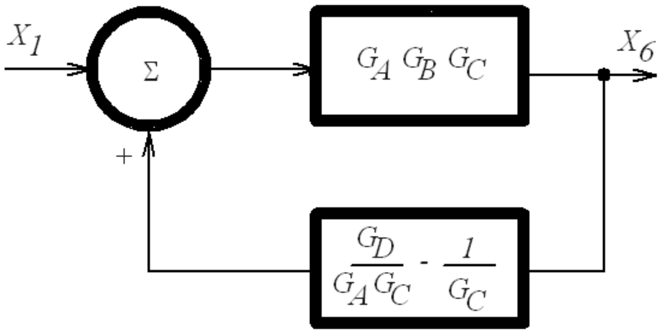


1. Az 5-ik szabályt alkalmazva az X5-ös elágazási pontot átemeljük a Gc erősítésű négypóluson.
2. Majd a 4-es szabály ekvivalensét használva a második összeadót kiemeljük a Ga erősítésű négypólus elé.

Az így kapott eredmény:



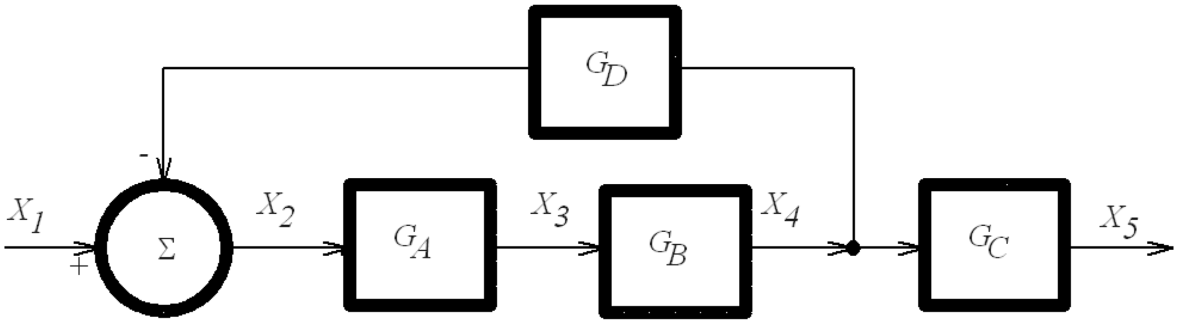
3. A 3-as szabály segítségével a két visszacsatoló ág, egybevonható
4. A 2-es szabály segítségével a kaszkádban kapcsolt blokkok egybevonhatók.



$$G_{61} = \frac{X_6}{X_1} = \frac{G_A G_B G_C}{1 - (G_A G_B)\left(\frac{G_D}{G_A} - 1\right)}$$

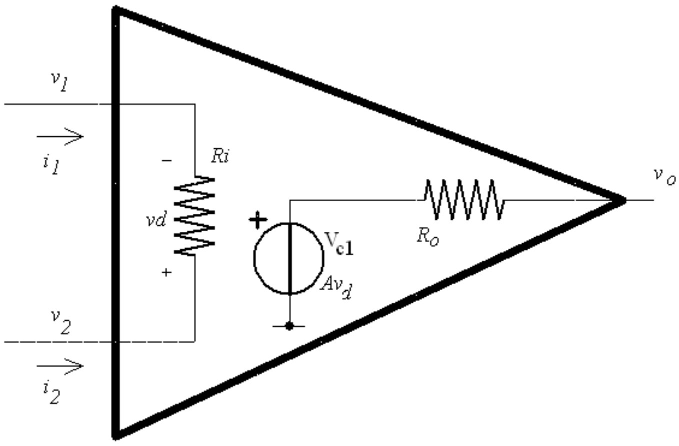
Házi feladat

Az alábbi elrendezés egyszerűsítése



Megoldás: $\frac{X_5}{X_1} = \frac{G_A G_B G_C}{1 + G_A G_B G_C}$

2 Jelfeldolgozó alapkapcsolások, a műveleti erősítő



$v_d = v_2 - v_1$

$v_{C1} = Av_d = A(v_2 - v_1)$

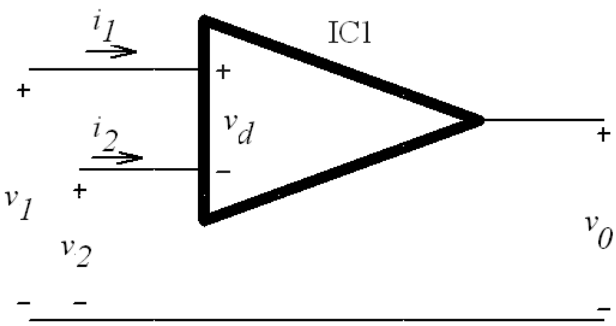
Amennyiben $R_0 = 0$ akkor $v_{c1} = v_0$

v_1 = *Bemenő feszültség az invertáló (-) bemeneten*

v_2 = *Bemenő feszültség a nem invertáló (+) bemeneten*

A = az erősítés

2.1 *Ideális műveleti erősítő*



Az ideális műveleti erősítő paraméterei

$i_1 = 0$

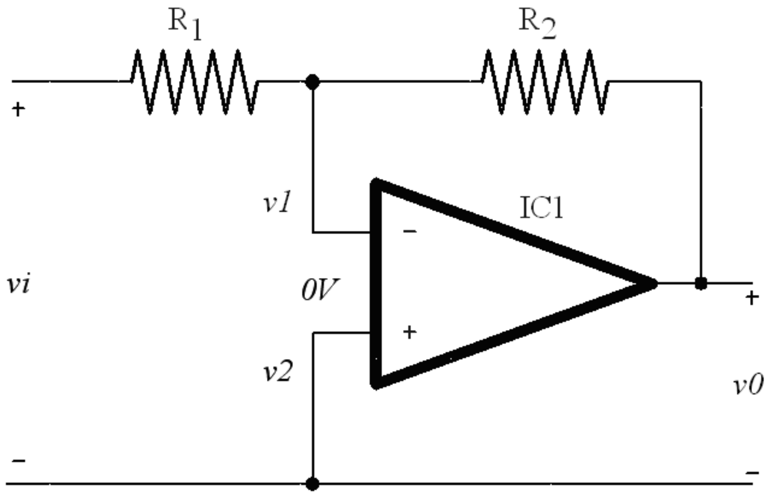
$i_2 = 0$

$v_1 = v_2$ mivel $A = \infty$

2.2 *Alapkapcsolások műveleti erősítővel*

A valóságos műveleti erősítők felhasználásával megvalósított kapcsolások

Invertáló alapkapcsolás



$v_1 = v_-$ A műveleti erősítő invertáló bemenetének feszültsége

$v_2 = v_+$ A műveleti erősítő nem invertáló bemenetének feszültsége

$i_{R1} = i_{R2}$ ebből következik $\frac{v_i - v_-}{R_1} = \frac{v_- - v_o}{R_2}$

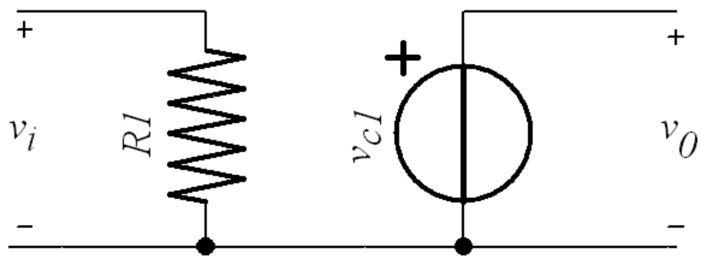
Mivel $v_- = v_+ = 0V$

$\frac{v_i}{R_1} = -\frac{v_o}{R_2}$ azaz $v_o = -\frac{R_2}{R_1} v_i$

Az erősítés $A_u = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_2}{R_1}$

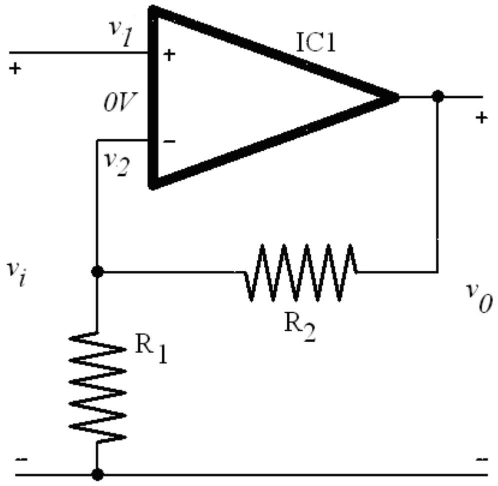
Bemenő ellenállás *R_1*

Helyettesítő kapcsolás



$v_o = v_{c1} = -\frac{R_2}{R_1} v_i$

Nem invertáló alapkapcsolás



$v_2 = v_-$ A műveleti erősítő invertáló bemenetének feszültsége

$v_1 = v_+$ A műveleti erősítő nem invertáló bemenetének feszültsége

$i_{R1} = i_{R2}$ ebből következik $\frac{v_-}{R_1} = \frac{v_- + v_o}{R_2}$

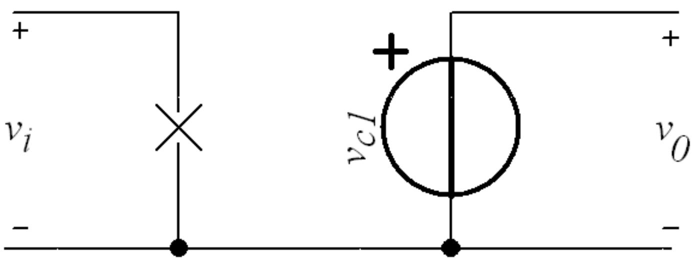
Mivel $v_- = v_+ = v_i$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_i$$

Az erősítés $A_u = \frac{v_o}{v_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$

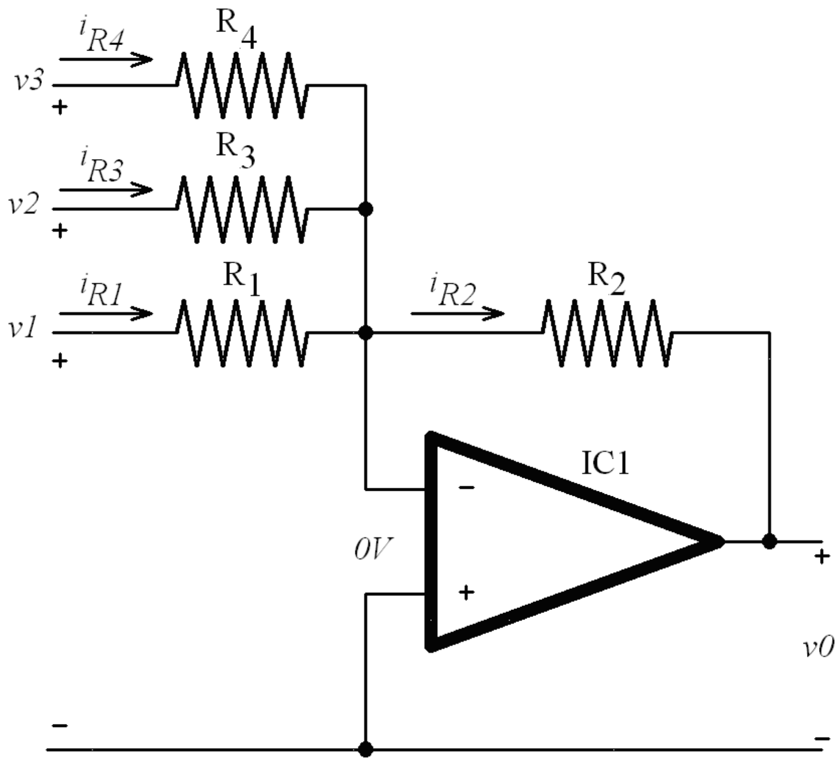
Bemenő ellenállás ∞

Helyettesítő kapcsolás



$$v_o = vc1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_i$$

Összeadó alapkapcsolás



v_- A műveleti erősítő invertáló bemenetének feszültsége

v_+ A műveleti erősítő nem invertáló bemenetének feszültsége

$$i_{R2} = i_{R1} + i_{R3} + i_{R4}$$

$$i_{R1} = \frac{v_1 - v_-}{R_1} \qquad i_{R3} = \frac{v_2 - v_-}{R_3} \qquad i_{R4} = \frac{v_3 - v_-}{R_4} \qquad i_{R2} = \frac{v_- - v_o}{R_2}$$

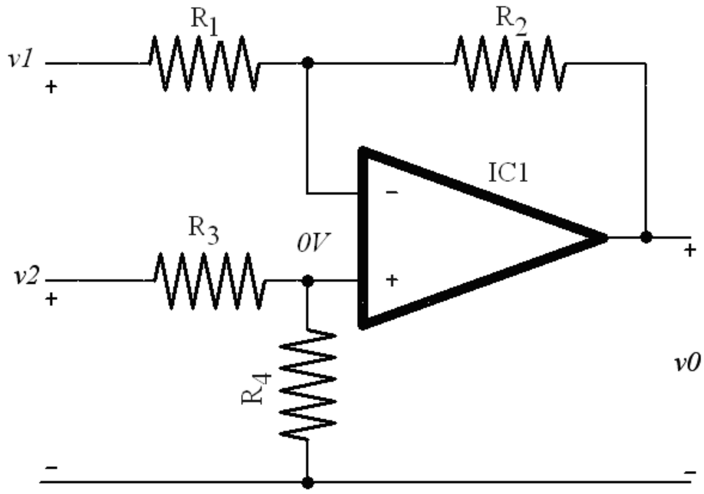
Mivel $v_- = v_+ = 0V$

$$v_o = -\left(\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{R_2}{R_3} v_2 + \frac{R_2}{R_4} v_3 \right)$$

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ esetén

$v_o = -1 \cdot (v_1 + v_2 + v_3)$ azaz összegző inverkről van szó!

Különbségképző alapkapcsolás (differenciál erősítő)



v_- A műveleti erősítő invertáló bemenetének feszültsége

v_+ A műveleti erősítő nem invertáló bemenetének feszültsége

Az invertáló bemenetre felírva a csomóponti törvényt

$\frac{v_1 - v_-}{R_2} = \frac{v_- - v_o}{R_1}$ azaz a kimeneti feszültség $v_o = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) v_- - \frac{R_2}{R_1} v_1$ az eredményt vesd össze az invertáló kapcsolás eredményével

A nem invertáló bemenetre felírva a csomóponti törvényt

$\frac{v_2 - v_+}{R_3} = \frac{v_+ - 0}{R_4}$ azaz a $v_+ = \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_2$

A $v_- = v_+$ a műveleti erősítő működéséből

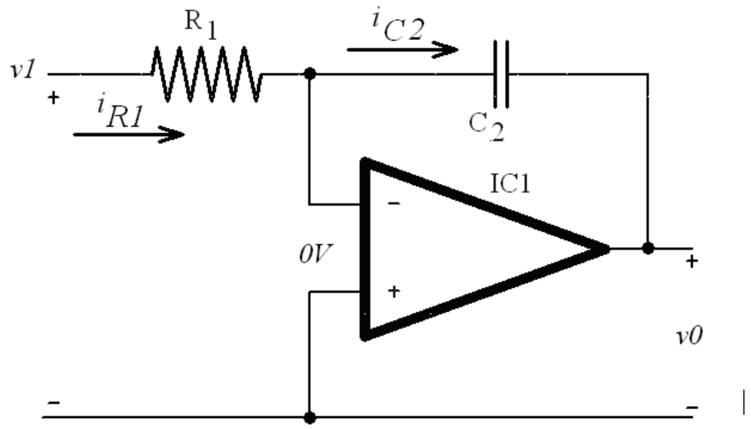
$$v_o = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_2 - \frac{R_2}{R_1} v_1$$

$$v_o = \frac{R_2}{R_1} \frac{\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}{\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)} v_2 - \frac{R_2}{R_1} v_1 = K(K_1 v_2 - v_1)$$

Ha a $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ akkor $K_1 = 1$ és így kivonó kapcsoláshoz jutottunk mivel a kimenő feszültség

$$v_o = K(v_2 - v_1)$$

Integráló alapkapcsolás



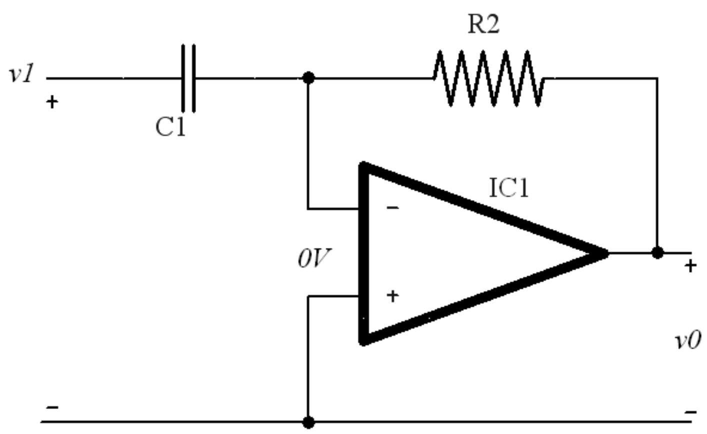
$i_{R1} = \frac{v_1}{R_1}$ mivel az *IC1* bemenő árama = 0 $i_{C2} = i_{R1}$

$v_o = v_{C2}$ mivel a C_2 kondenzátor egyik lába virtuális föld a másik lába pedig a v_0

$v_{C2} = \frac{1}{C_2}\int i_{c2}dt$ ha $t=0$ időpillanatban a kondenzátor feszültsége $v_{c2}=0V$

$v_o = -\frac{1}{R_2C_1}\int v_1 dt$ vedd észre, $\tau=R_1C_2$

Differenciáló alapkapcsolás



$v_o = -R_2C_1\frac{dv_1}{dt}$ vedd észre, $\tau=R_2C_1$

3 Analóg számítógép

Az analóg számítógépek alkotóelemei: a szorzók, összeadók, integrálók, differenciálok. Láthattuk, hogy a műveleti erősítő segítségével, ezek a műveletek megvalósíthatók.

Példa:

Az egytömegű, csillapított lengőrendszer viselkedését vizsgálva a következő egyenlethez jutunk:

$$M\frac{d^2x(t)}{dt^2}+K_d\frac{dx(t)}{dt}+K_s x(t)=f(t) \qquad \text{Kezdeti feltételek: } x(0)=0 \text{ és } \left.\frac{dx}{dt}\right|_{t=0}=0$$

Ahol M=a golyó tömege

K_d= a csillapítási konstans

K_s= a rugóállandó

$f(t)$=a gerjesztő függvény

A differenciál egyenlet homogén megoldásának keresése

$$x(t)=e^{-\left(\frac{K_d}{2M}\pm\sqrt{\frac{K_d^2}{4M^2}-\frac{K_s}{M}}\right)t}$$

A partikuláris megoldás Laplace transzformáltja:

$$F(s)=L\{f(t)\} \qquad x_L(s)=\frac{F(s)}{Ms^2+K_d s+K_s}$$

$$x(t)=L^{-1}\{x_L(s)\}=\int_0^t\left[\left(\left(\frac{2K_s}{M}\right)\left(\frac{1}{2K_s+K_d}\right)e^{-\sqrt{\frac{K_s}{M}}t}-\left(\frac{K_d}{M}\right)\left(\frac{1}{2K_s-K_s}\right)e^{-\sqrt{\frac{K_d^2}{4MK_s}}t}\right)\left[F(t-u)\right]\right]du$$

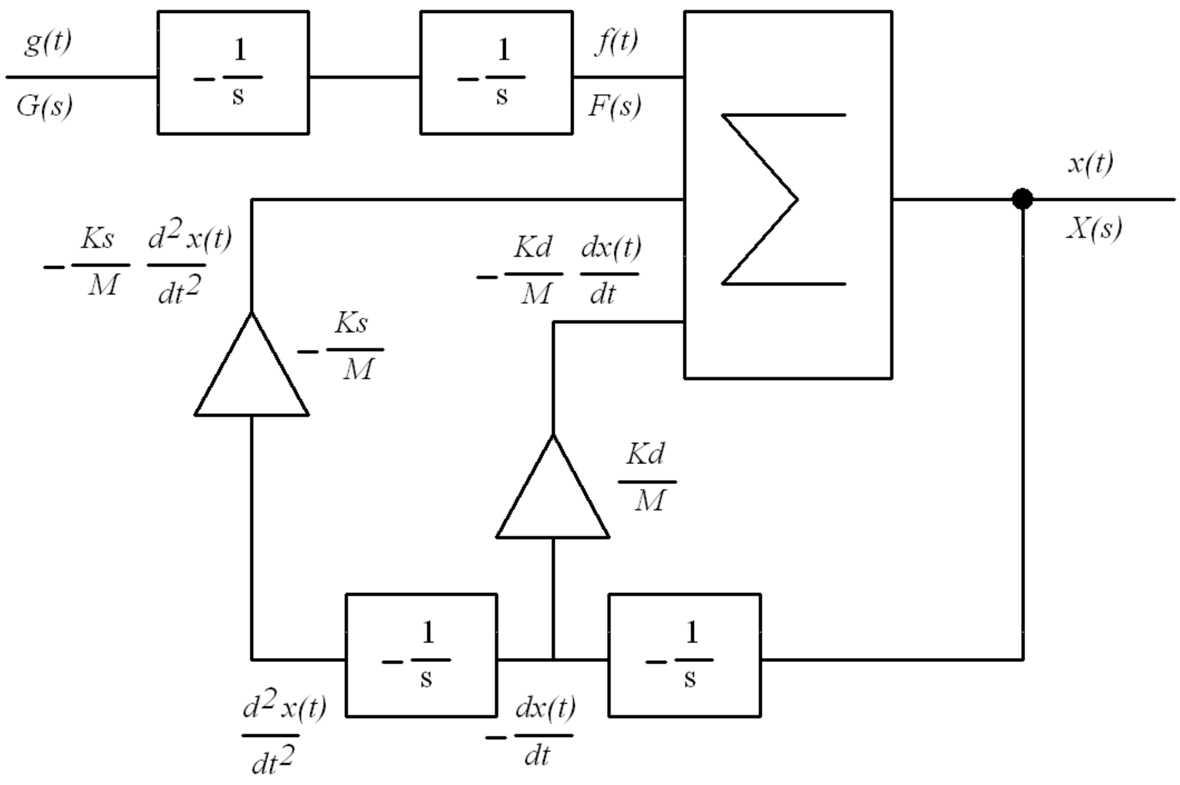
Ez egy konvolució. Ezt elmondani!

A példa bemutatja, hogy a lineáris állandó együtthatójú differenciál egyenlet esetén mindig konvolució van, nem csak az áramköröknél!

Kellőképpen bonyolult!

Analóg számítógép blokkdiagramja

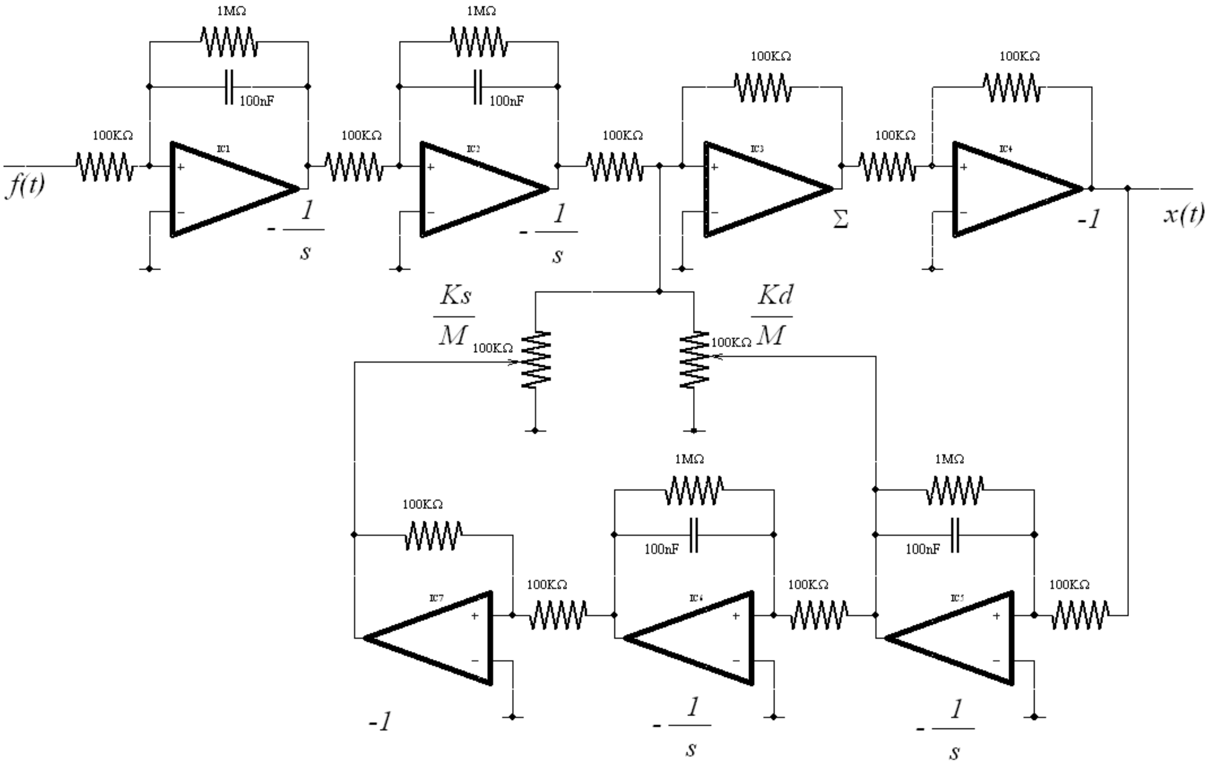
Megvalósítás blokkdiagramja



$$x(t) = -\frac{K_s}{M}\frac{d^2x(t)}{dt^2} - \frac{K_d}{M}\frac{dx(t)}{dt} + f(t) \quad => \quad \frac{K_s}{M}\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \frac{K_d}{M}\frac{dx(t)}{dt} + x(t) = f(t)$$

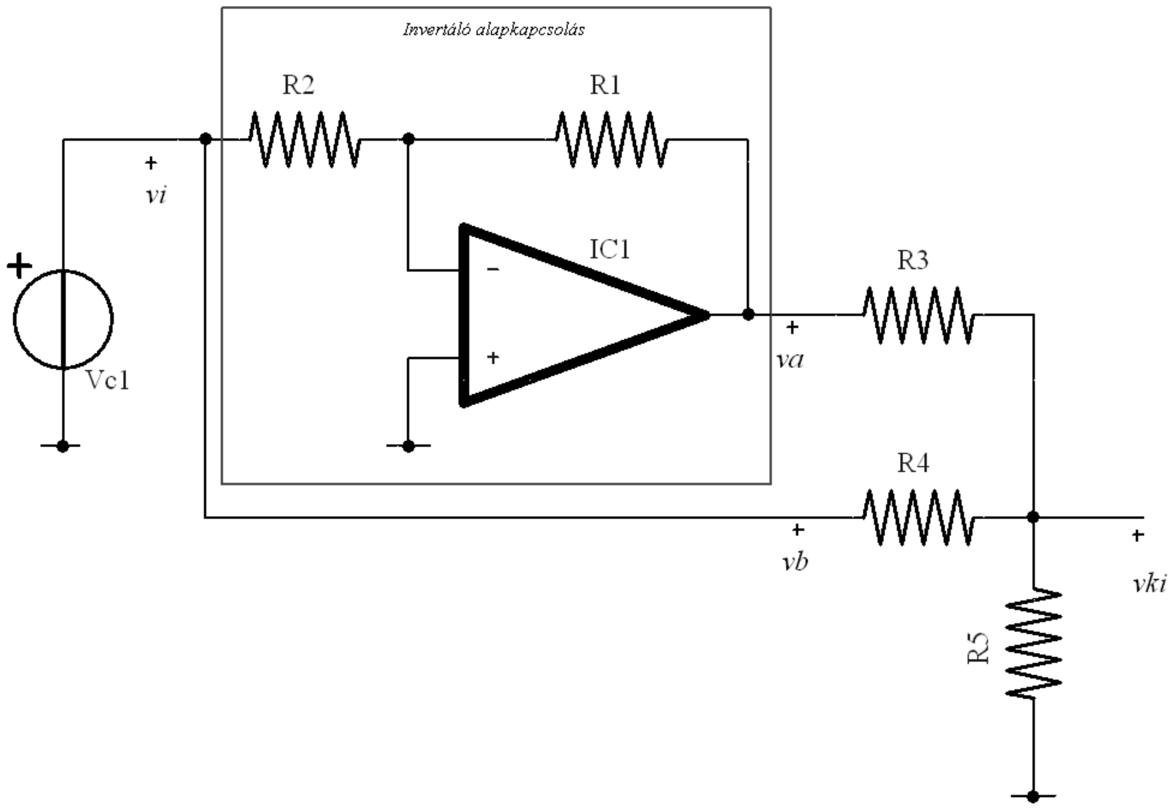
$$f(t) = \int\int g(t)dt$$

Áramköri megvalósítás

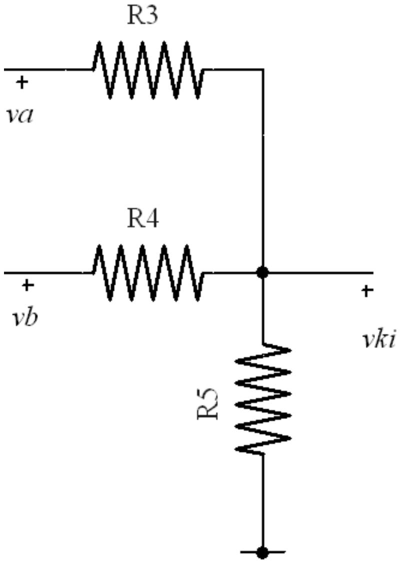


4 Számítási példa műveleti erősítővel

Határozza meg a v_{ki} kimenő feszültséget! R1=R2=R3=R4=R5= 20KΩ



Az invertáló kapcsolás erősítése $A_u = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R1}{R2} = -1$



Az invertáló kapcsolás helyettesítő képéből következik, hogy az erősítés nem függ a terhelő ellenállástól! A bemenő ellenállás pedig R2 ami 20KΩ.

$$v_a = -1 \cdot v_i$$

$$v_b = v_i$$

Megoldás szuperpozícióval $v_b = 0$ esetén

$$v_{ki}^{(1)} = \frac{R4 \| R5}{R3 + R4 \| R5} v_a = 0{,}33 v_a$$

Megoldás szuperpozícióval $v_a = 0$ esetén

$$v_{ki}^{(2)} = \frac{R3 \| R5}{R4 + R3 \| R5} v_b = 0{,}33 v_b = -0{,}33 v_a$$

$v_{ki} = v_{ki}^{(1)} + v_{ki}^{(2)} = (0,33 - 0,33)v_a = 0V$ azonosan nulla bemenő feszültségtől függetlenül!