Greining rása:

Aðgerðamagnarar

Jón Tómas Guðmundsson

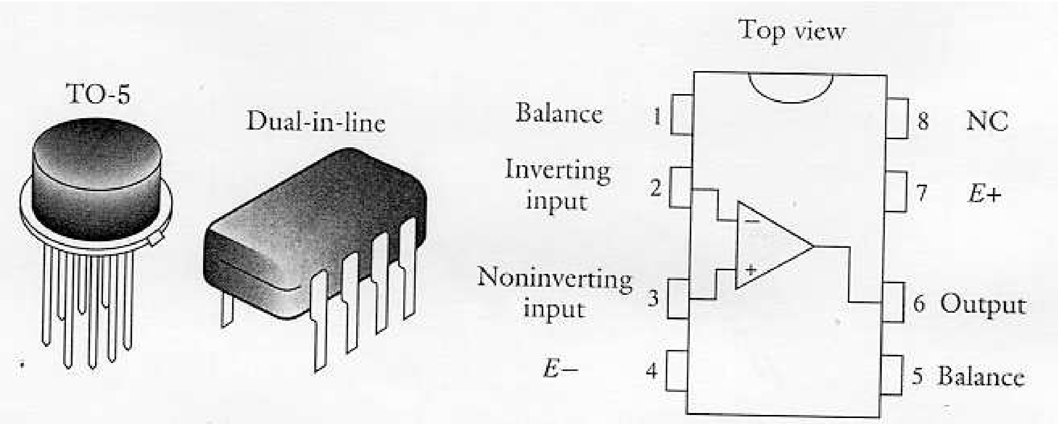
tumi@raunvis.hi.is

26. janúar 1999

Heimildir

- R.A. DeCarlo og Pen-Min Lin, Linear Circuit Analysis: Time Domain, Phasor and Laplace Transform Approaches, Prentice Hall, 1995, Kafli 3
- D. E. Scott, An Introduction to Circuit Analysis - A Systems Approach, McGraw-Hill, 1987, kaflar 8.1. - 8.2.

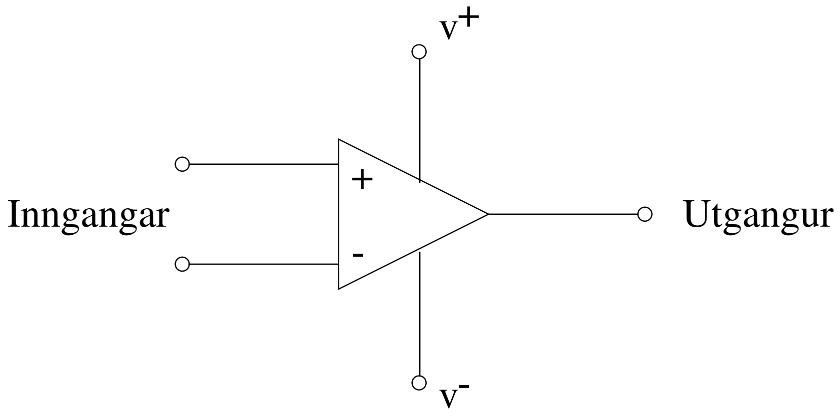
Aðgerðamagnarar



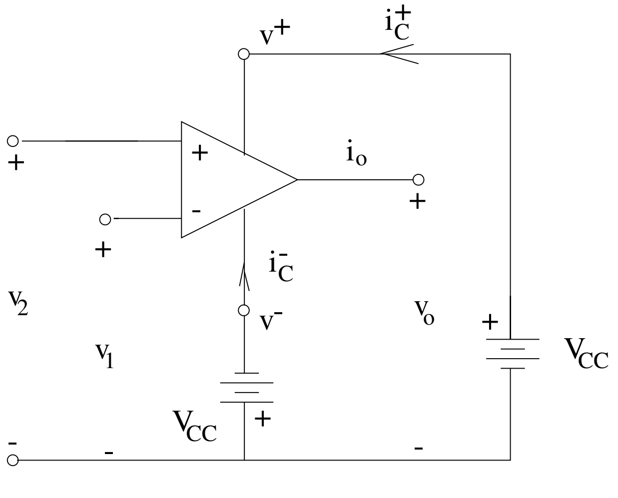
Aðgerðamagnarar

Aðgerðamagnarar verða skoðaðir sem "svartir kassar" þ.e. skoðum ekki það sem fram fer inni í þeim heldur skoðum eingöngu ytri tengingar.

Rásamynd af aðgerðamagnara



eða



Aðgerðamagnarar

Skoðum nú strauma og spennur og stærð þeirra. Innri gerð aðgerðamagnarans setur ákveðinn skilyrði á strauma og spennur.

Skilyrðin sem spennurnar verða að uppfylla eru tvö

$$v_o = A(V_2 - v_1)$$

og

$$-V_{CC} \leq v_o \leq +V_{CC}$$

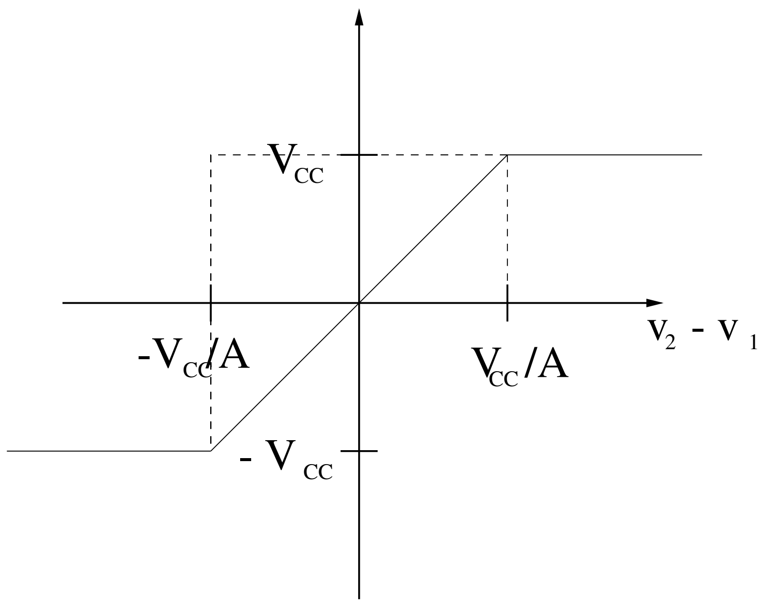
Fyrra skilyrðið segir okkur að útgangsspennan er í réttu hlutfalli við mismun inngangsspennanna v_1 og v_2.

Hlutfallsstuðullinn A er kallaður **mögnun í opinni lykkju**.

Seinna skilyrðið segir okkur að útgangsspennan takmarkast af lindarspennunum $\pm V_{CC}$.

Ef $v_o = \pm V_{CC}$ þá segjum við að aðgerðamagnarinn sé **mettaður** (í mettun).

Aðgerðamagnarar



Aðgerðamagnari er í línulegu sviði ef
$\mid v_o \mid < \mid V_{CC} \mid$

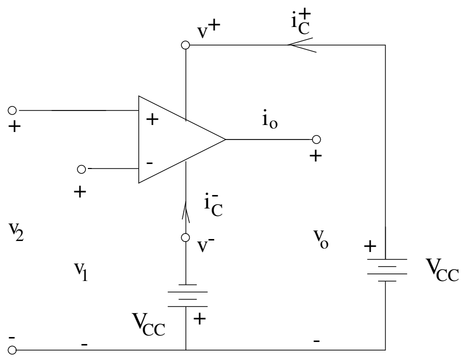
Dæmigerð gildi á V_{CC} og A eru $V_{CC} < 20$ V og $A > 10^5$.

Við sjáum að því að í línulegu sviði gildir að

$$\mid v_2 - v_1 \mid < \frac{20}{10^5} = 0.2 \ \ \text{mV}$$

sem þýðir í raun að $v_1 \approx v_2$.

Aðgerðamagnarar



Beitum nú KCL á aðgerðamagnarann og fáum

$$i_1 + i_2 + i_o + i_C^+ + i_C^- = 0$$

Skilyrðið sem innri gerð aðgerðamagnarans setur á straumana er að i_1 og i_2 séu mjög litlir miðað við hina straumana. Ì fullkomnum aðgerðamagnara gildir að $i_1 \approx i_2 \approx 0$.

Þetta segir einnig að inngangsviðnám aðgerðamagnara er mjög stórt (frá 10^5 til 10^9 Ω). með þessu skilyrði verður KCL-jafnan

$$i_o = -(i_C^+ + i_C^-)$$

þ.e. útgangsstraumurinn getur verið talsverður þótt inngangsstraumarnir séu núll.

Aðgerðamagnarar

Ef við vitum að aðgerðamagnarinn vinnur í línulegu sviði, þá má einfalda rásamyndina enn frekar.

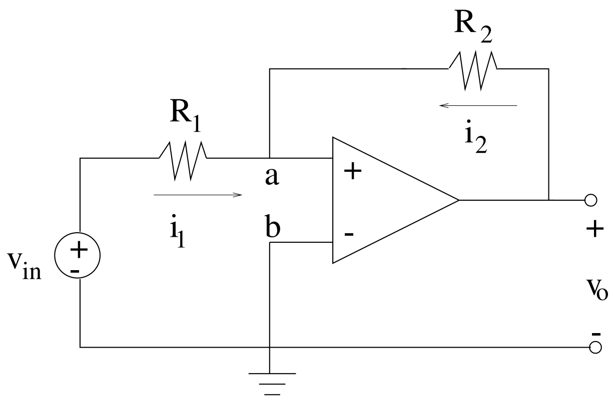
Það er ekki nauðsynlegt að hafa $V_{CC}^{-} = -V_{CC}^{+}$ en alltaf verður að gilda $V_{CC}^{-} \leq v_o \leq V_{CC}^{+}$ (t.d. ef $V_{CC}^{+} = 15$ V og $V_{CC}^{-} = -10$ V þá er -10 V $\leq v_o \leq 15$ V, ef aðgerðamagnarinn á að vinna á línulegu sviði.

Við gerum ráð fyrir að lykkjumögnunin A sé fasti, þó að sú sé ekki alltaf raunin.

Lítum nú á tvær algengustu uppsetningar aðgerðamagnara.

Aðgerðamagnarar

Magnari með umpólun



Gerum ráð fyrir fullkomnum aðgerðamagnara þ.e. $A = \infty$, $R_{in} = \infty$ og $R_o = 0$. Þar sem inngangarnir eru við því næst sömu spennu $(v_a \approx v_b)$ þá sjáum við að spennan í punkti a er $v_a \approx v_b = 0$.

Enginn straumur fer inn á inngangana $(R_{in} = \infty)$ svo að $i_1 + i_2 = 0$. En nú er

$$i_1 = \frac{v_{in}}{R_1} \quad \text{og} \quad i_2 = \frac{v_o}{R_2}$$

svo að

$$\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_o}{R_2} = 0$$

Aðgerðamagnarar

og þá

$$\frac{v_o}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

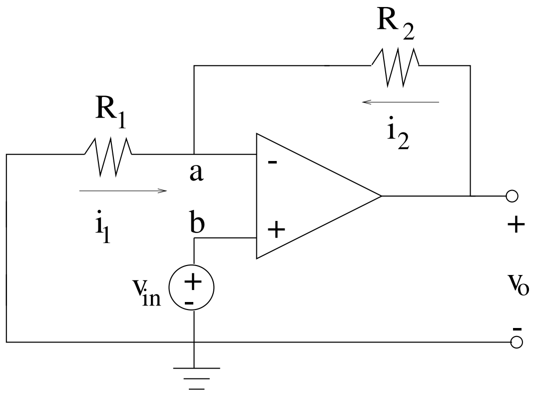
Við sjáum að enda þótt mögnunin í opinni lykkju sé $A = \infty$ þá verður mögnunin í lokaðri lykkju (**afturverkunarviðnámið** R_2 lokar lykkjunni) endanleg og það sem meira er, ákvarðast eingöngu af hlutfalli viðnámanna R_1 og R_2.

Mínusinn þýðir að ef $v_{in} > 0$ þá er $v_o < 0$ (umpólun).

$\Longrightarrow$ Dæmi 4.1.

Aðgerðamagnarar

Magnari án umpólunar



Hér sést að

$$v_a \approx v_b = v_{in}$$

og með því að líta á þessa rás sem spennudeili má sjá að

$$v_{in} = v_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} \qquad => \qquad v_o = v_{in} \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

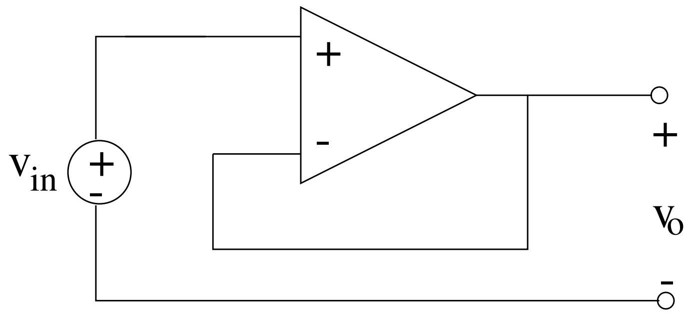
eða

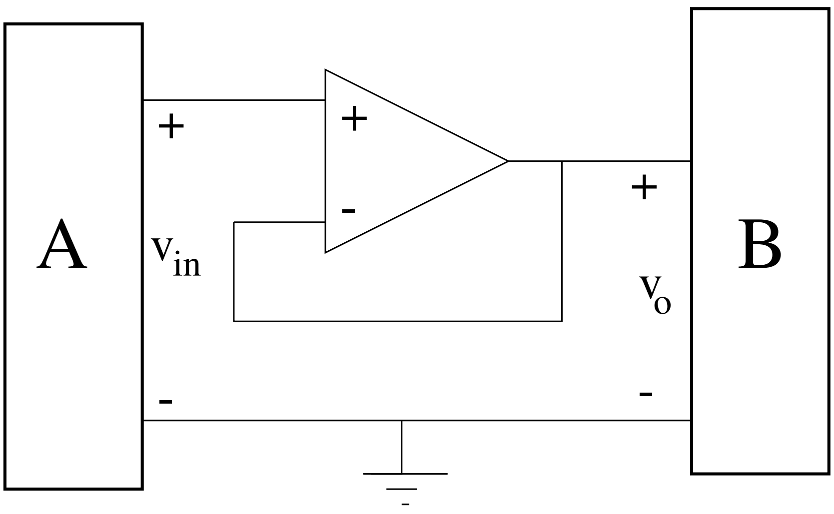
$$v_o = v_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

svo að hér ákvarðast mögnunin eingöngu af viðnámunum R_1 og R_2. Ì þessu tilfelli getur mögnunin ekki orðið minni en 1. Ef $R_2 = 0$ þá verður mögnunin $v_o/V_{in} = 1$.

Aðgerðamagnarar

Getum því valið R_1 að vild; veljum $R_1 = \infty$ þ.e. sleppum því. Þessi rás er svo kallaður “voltage follower” og er notuð sem “buffer” milli tveggja rása A og B, þ.e. rás B dregur þá engan straum frá rás A. ($R_{in} = \infty$, $R_o = 0$).

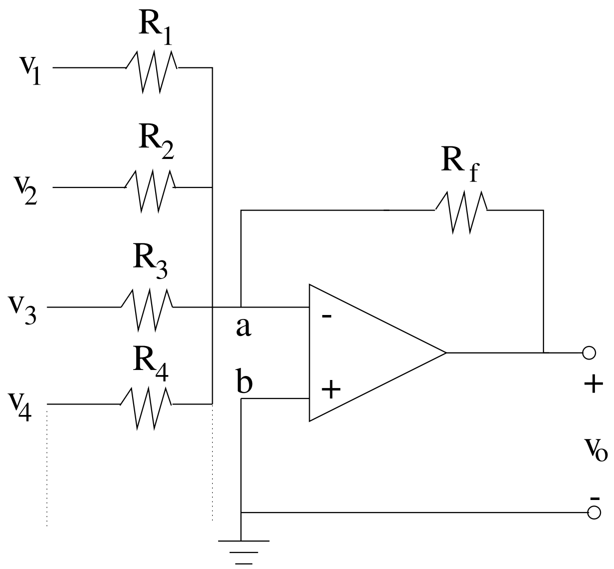




Aðgerðamagnarar

Summari

Sértilfelli af umpólunarmagnaranum er summarinn:



Ì punkti a gildir samkvæmt KCL

$$\frac{v_o}{R_f} + \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \cdots = 0$$

eða

$$v_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}v_1 + \frac{R_f}{R_2}v_2 + \cdots\right) = 0$$

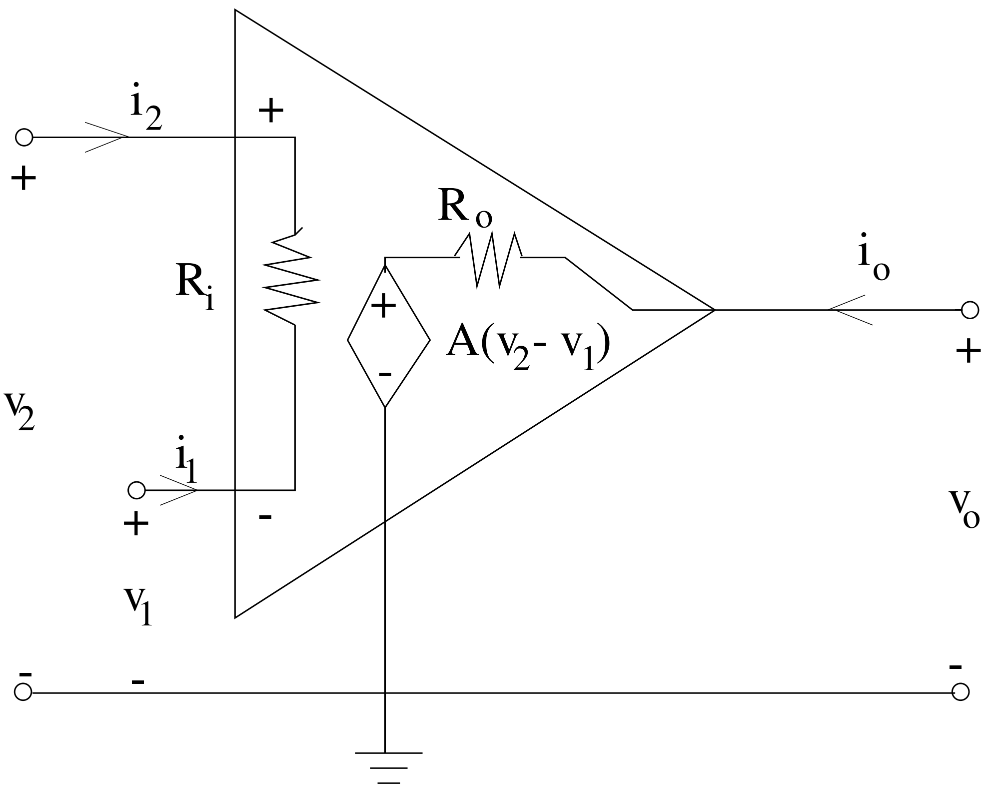
$\Longrightarrow$ Dæmi 4.2.

Aðgerðamagnarar

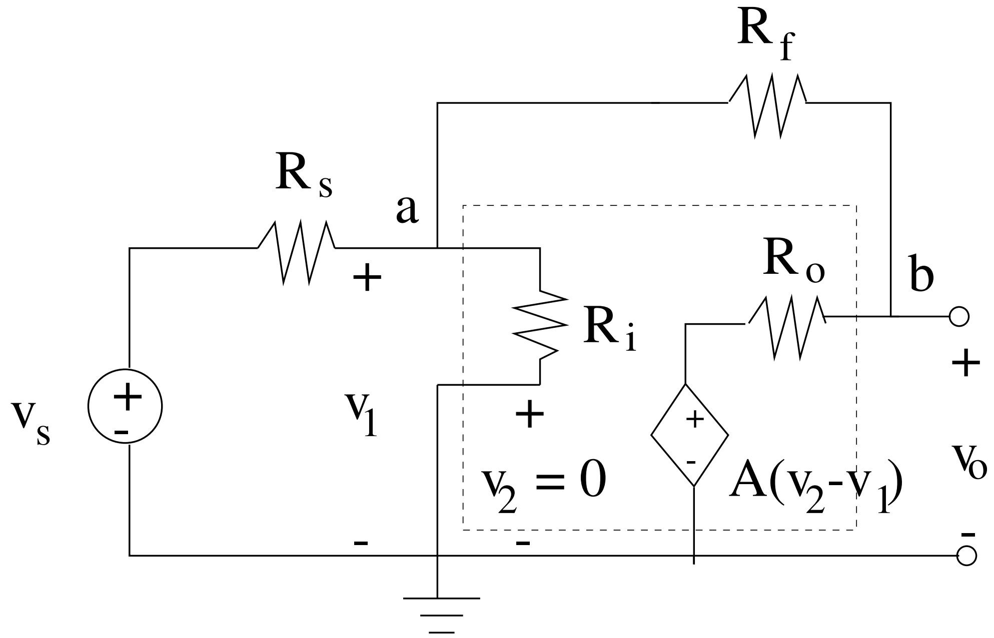
Jafngildisrás fyrir aðgerðamagnara

Neðangreinda jafngildisrás má nota fyrir aðgerðamagnara sem ekki er fullkominn. Hér er gert ráð fyrir $A \neq \infty$, $R_i \neq \infty$ og $R_o \neq 0$.

Jöfnurnar $v_1 \approx v_2$, $i_1 \approx i_2 = 0$ og $v_o = A(v_1 - v_2)$ gilda ekki nema um fullkominn aðgerðamagnara.



Aðgerðamagnarar



Setjum upp hnútpunktajöfnur í punktum a og b

a:

$$\frac{v_1 - v_s}{R_s} + \frac{v_1 - v_o}{R_f} + \frac{v_1}{R_i} = 0$$

b:

$$\frac{v_o - v_1}{R_f} + \frac{v_o - A(-v_1)}{R_o} = 0$$

eða

$$\left(\frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_i}\right) v_1 - \frac{1}{R_f} v_o = \frac{1}{R_s} v_s$$

Aðgerðamagnarar

Þá er

$$\left(\frac{A}{R_o} - \frac{1}{R_f}\right) v_1 + \left(\frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_o}\right) v_o = 0$$

svo að

$$v_o = \left(\frac{-A + \frac{R_o}{R_f}}{\frac{R_s}{R_f}\left(1 + A + \frac{R_o}{R_f}\right) + \left(\frac{R_s}{R_i} + 1\right) + \frac{R_o}{R_f}} \right) v_s$$

Ef $R_o = 0$, $R_i = \infty$ en $A \neq \infty$ fæst

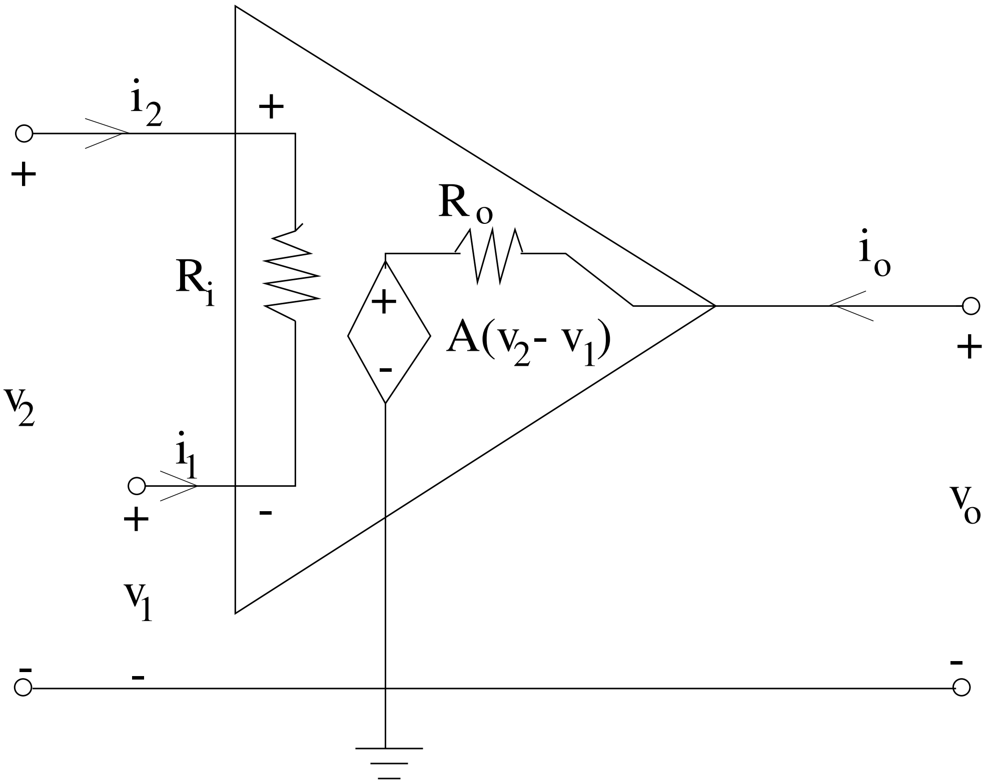
$$v_o = \left(\frac{-A}{\frac{R_s}{R_f}\left(1 + A\right) + 1} \right) v_s$$

Ef $R_o = 0$, $R_i = \infty$ og $A = \infty$ (fullkominn aðgerðamagnari) fæst

$$v_o = -\frac{R_f}{R_s} v_s$$

eins og áður.

Aðgerðamagnarar



Gerum þrjár leiðréttingar:

- endanlegt inngangsviðnám R_i
- endanleg mögnun A
- útgangsviðnám $R_o \neq 0$

Dæmigerð gildi eru $R_i = 2$ MΩ, $R_o = 75\ \Omega$ og $A = 10^5$