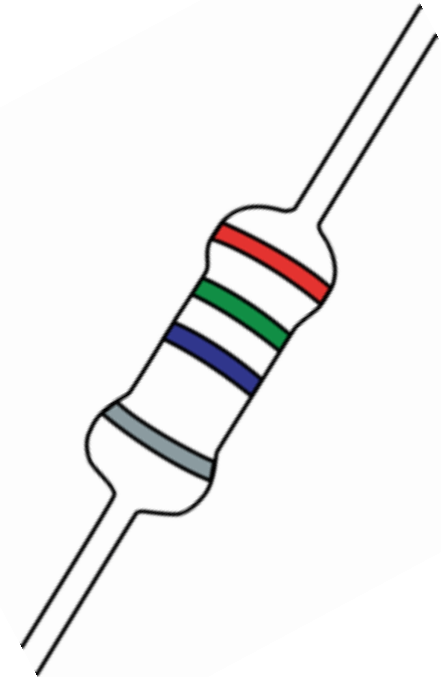


Föreläsning 3 – Ip2

'Verklig' OP

- Komparator
- Summerande förstärkare
- Differensförstärkare
- Integrator / Derivator
- Aktiva Filter



Tenta

- ***Färdigrättad – resultat i Ladok!***
- ***Tentavisning Torsdag 12.00-12.20 i labbsalen!***

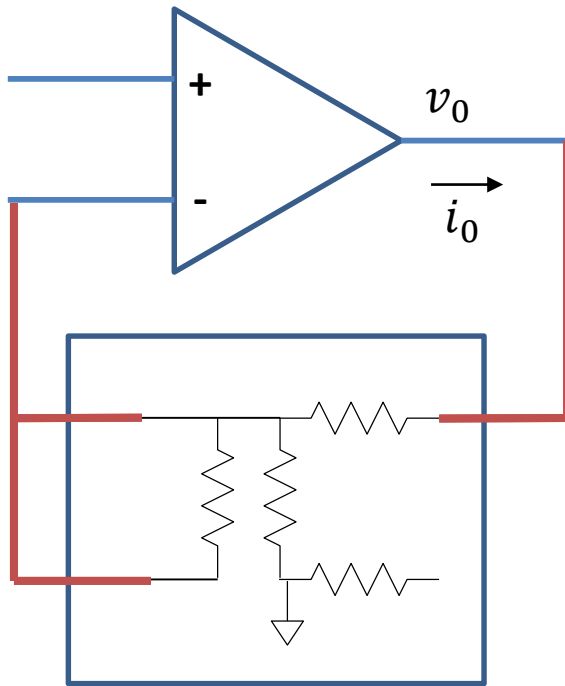
- ***23% - U (Omtenta i vår)***
 - ***25% - 3***
 - ***29% - 4***
 - ***21% - 5***

Börjar denna veckan!

- ***0-4 poäng***

Korrelation mellan godkänt betyg på tentan och elektroniska frågor...

Operationsförstärkare



- Negativ återkoppling
- Utgången kopplas till den **inverterande** ingången (RCL-nätverk)

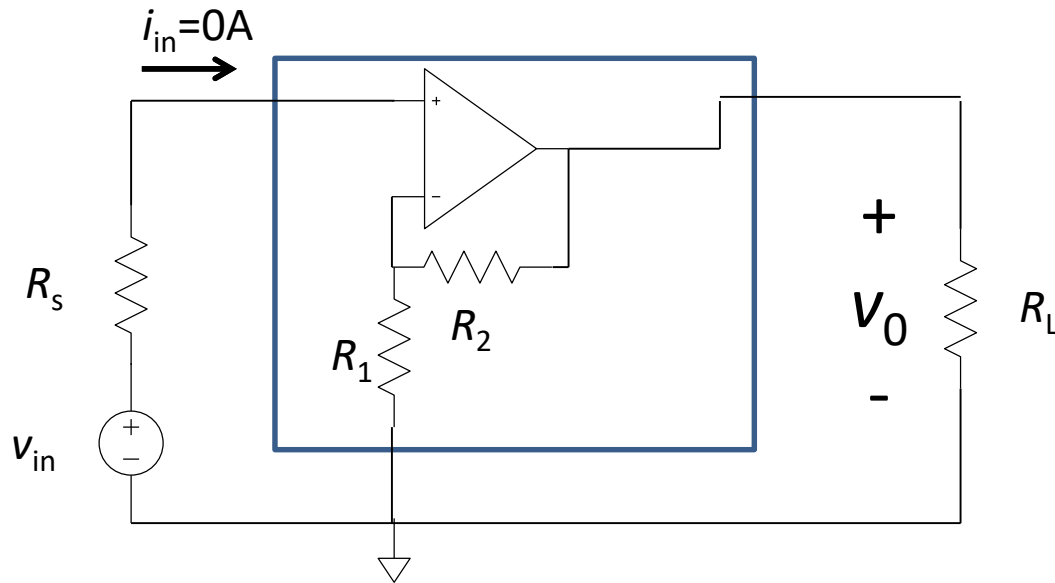
$$\begin{aligned}v_n &= v_p \\i_n &= i_p = 0A\end{aligned}$$

Analys:

KCL på okända noder utom v_0
Om KCL på v_0 – måste ta med i_0
ut ur OP-Ampen.

(För mer kompliserade kretsar – kan vara svårare att se om det är negativ återkoppling..)

V→V förstärkare

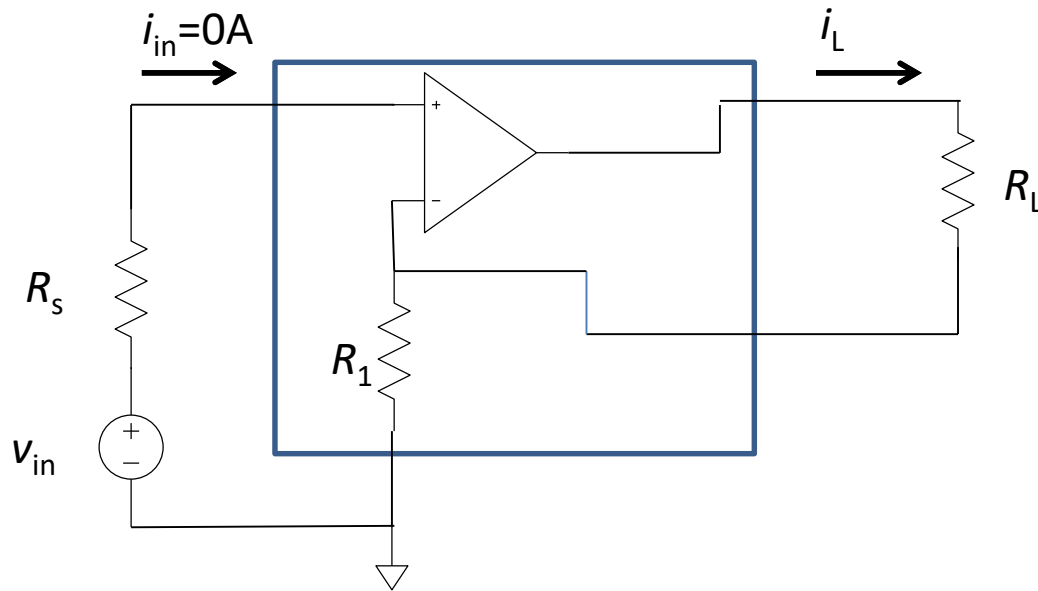


Förstärkning oberoende
av R_s : $R_{in} = \infty \Omega$ $i_{in} = 0A$

v_o oberoende av R_L :
 $R_o = 0 \Omega$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{in} \quad \text{Oberoende av } R_s \text{ och } R_L!$$

V → I förstärkare

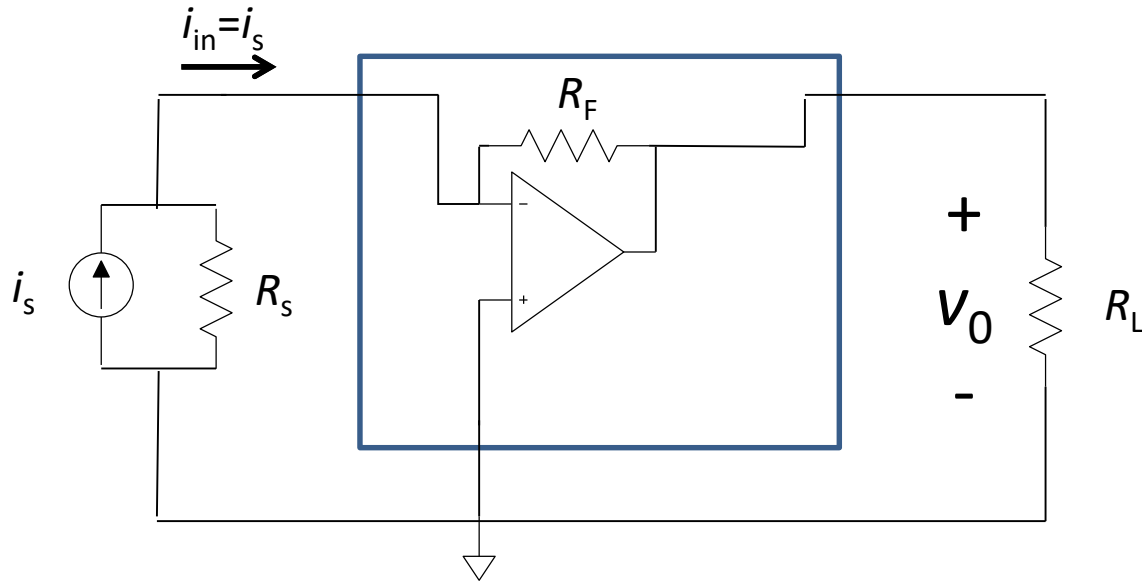


Förstärkning oberoende
av R_s : $R_{in} = \infty \Omega$

i_L oberoende av R_L :
 $R_o = \infty \Omega$

$$i_L = \frac{1}{R_1} v_{in} \quad \text{Oberoende av } R_s \text{ och } R_L!$$

I → V förstärkare

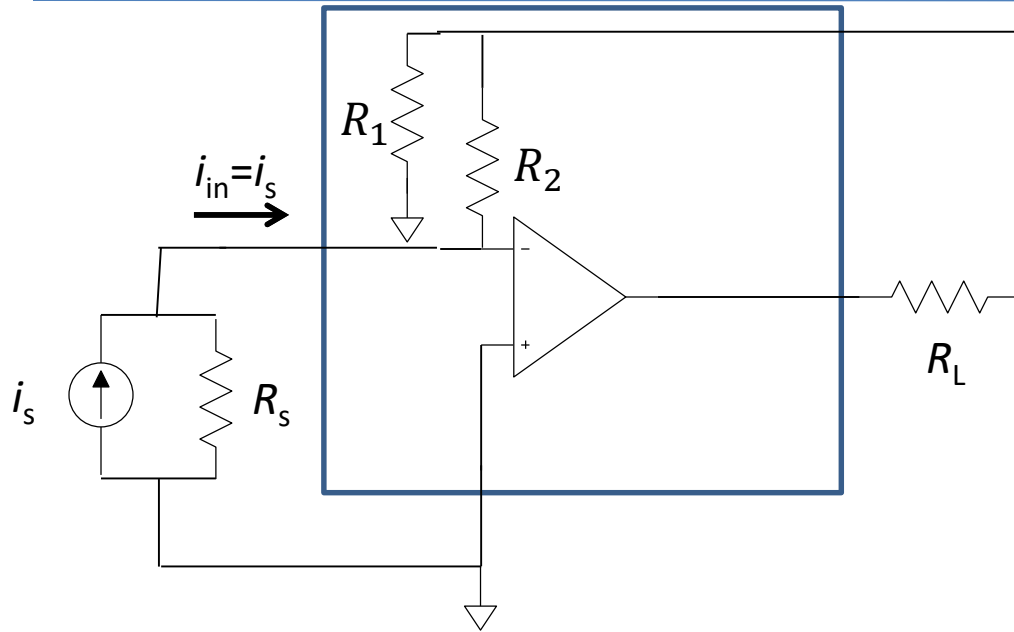


Förstärkning oberoende
av R_s : $R_{in} = 0\Omega$ $i_{in} = i_s$

v_o oberoende av R_L :
 $R_o = 0\Omega$

$$v_o = -R_F i_s \quad \text{Oberoende av } R_s \text{ och } R_L!$$

I → I förstärkare

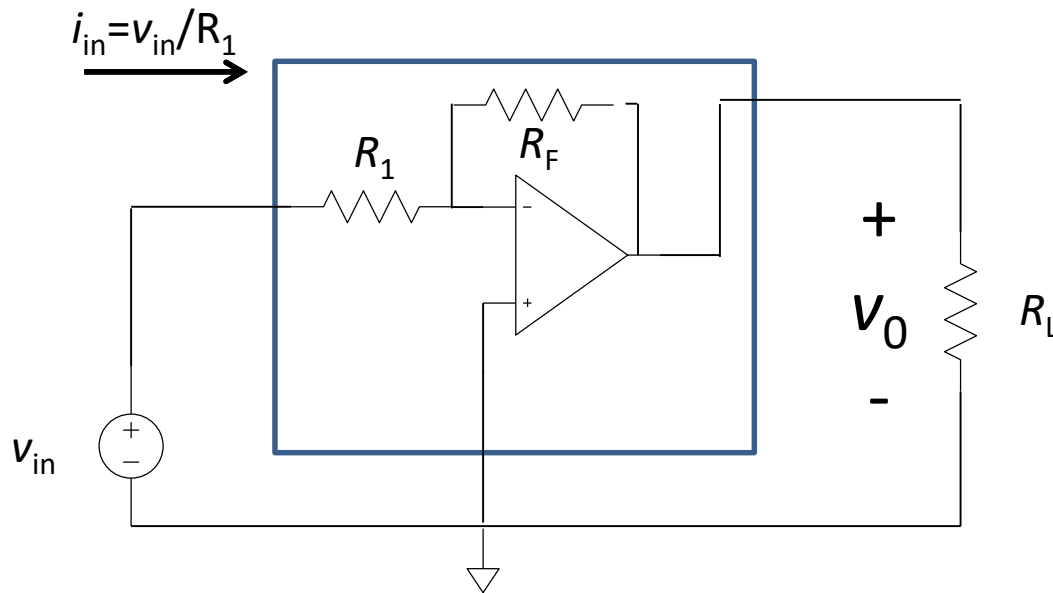


Förstärkning oberoende
av R_s : $R_{in} = 0\Omega$ $i_{in} = i_s$

v_o oberoende av R_L :
 $R_o = \infty\Omega$

$$i_L = -\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \text{ Oberoende av } R_s \text{ och } R_L!$$

Inverterande V→V förstärkare



v_o oberoende av R_L : $R_o = 0\Omega$

Ingångsresistansen $R_i = R_1$

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

Oberoende av R_L

V-V men med omvänt tecken!

$$v_o = -\frac{R_F}{R_1 + R_s} v_{in}$$

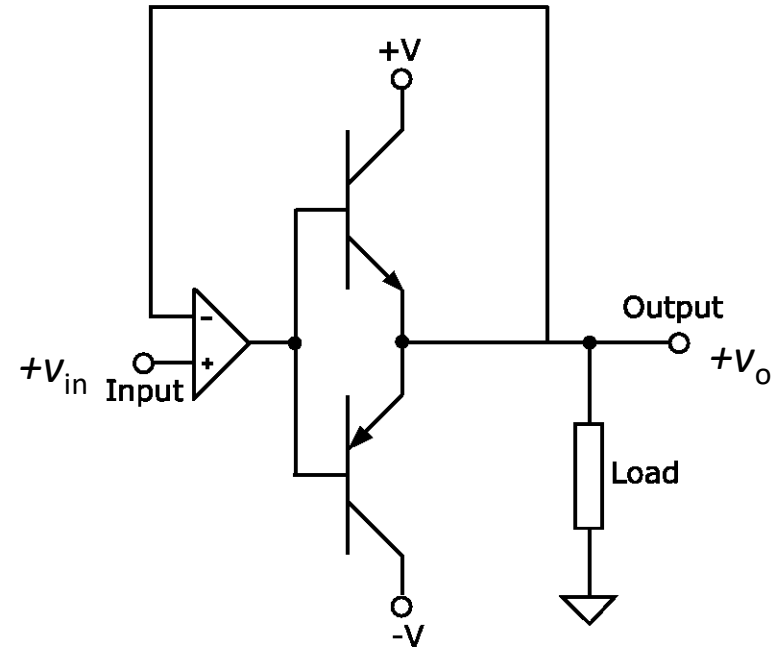
Om vi har en sourceresistans R_s . Oberoende av R_L

Klass B Push-Pull-Steg

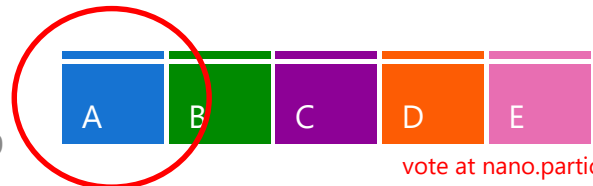
Op-ampen är negativt återkopplad.

Utan att veta exakt vad komponenterna i mitten gör – hur stor **bör** v_o vara?

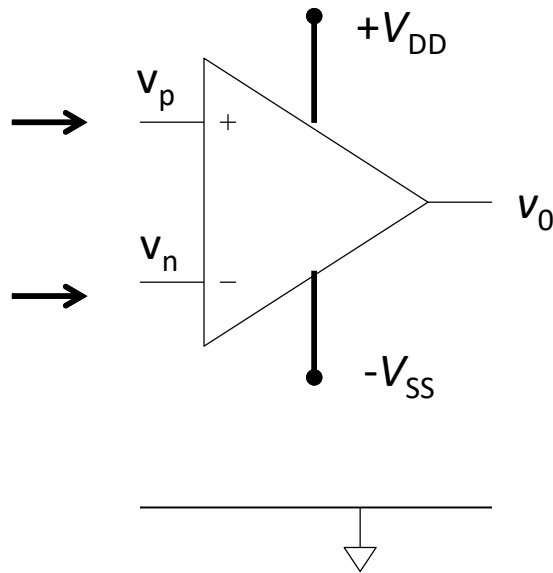
- A. $v_o = v_{in}$
- B. $v_o = +V$
- C. $v_o = -V$
- D. $v_o = -v_{in}$
- E. ????



nano.participoll.com



Ideal Operationsförstärkare



Differentiell förstärkare
 $A_d = 10^5 - 10^6 \approx \infty$

$$v_o = A_d(v_p - v_n)$$

Maximal $v_o = +V_{DD} / -V_{SS}$

Anslutningarna matningsspänning V_{DD}
 V_{SS} ritas ibland inte ut – men behövs
för att OP-ampen ska fungera!

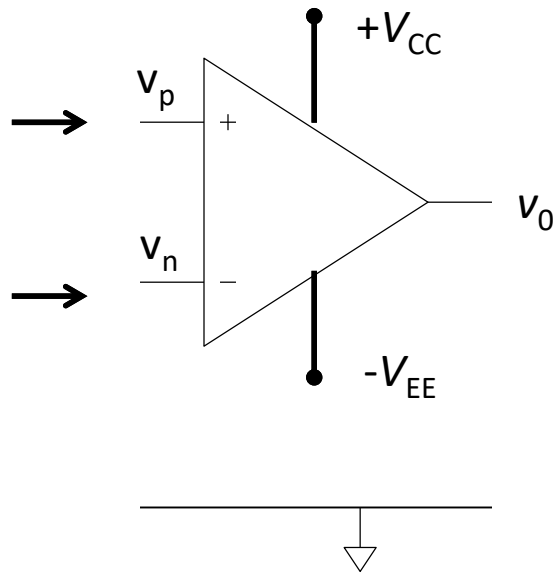
Ideal OP

Återkopplad förstärkare:

$$v_n = v_p$$

$$i_p = i_n = 0 \text{ A}$$

Verklig operationsförstärkare – viktiga begränsningar



Typiska värden på biaseringen
 $V_{CC}, V_{EE} = +/-10V$

Differentiell förstärkare

$$A_d = 10^5 - 10^6 \approx \infty$$

$$v_o = A_d(v_p - v_n)$$

Maximal utspänning $\approx -(V_{EE}+1V) / +(V_{CC}-1V)$
Dvs om $V_{EE}=-10V, V_{CC}=+10V$ så är $v_o \leq +/-9V$

Maximal utström: $i_o \leq 30 \text{ mA}$ – begränsar lastresistansen!

Minimal inspänning = $v_n, v_p > V_{EE}+1V$

Maximal inspänning = $v_n, v_p < V_{CC}-1V$

Ex: Om $V_{CC}=V_{EE}=10V$ så måste

$v_n, v_p > -9V$ och $v_n, v_p < 9V$

Verklig operationsförstärkare – Gain-bandwidth-Product

$$A_d \approx \frac{A_0}{1 + \frac{jf}{f_0}}$$

$$A_0 \approx 10^5$$
$$f_0 \approx 10 \text{ Hz}$$

Icke återkopplad OP.
Hög förstärkning – låg bandbredd

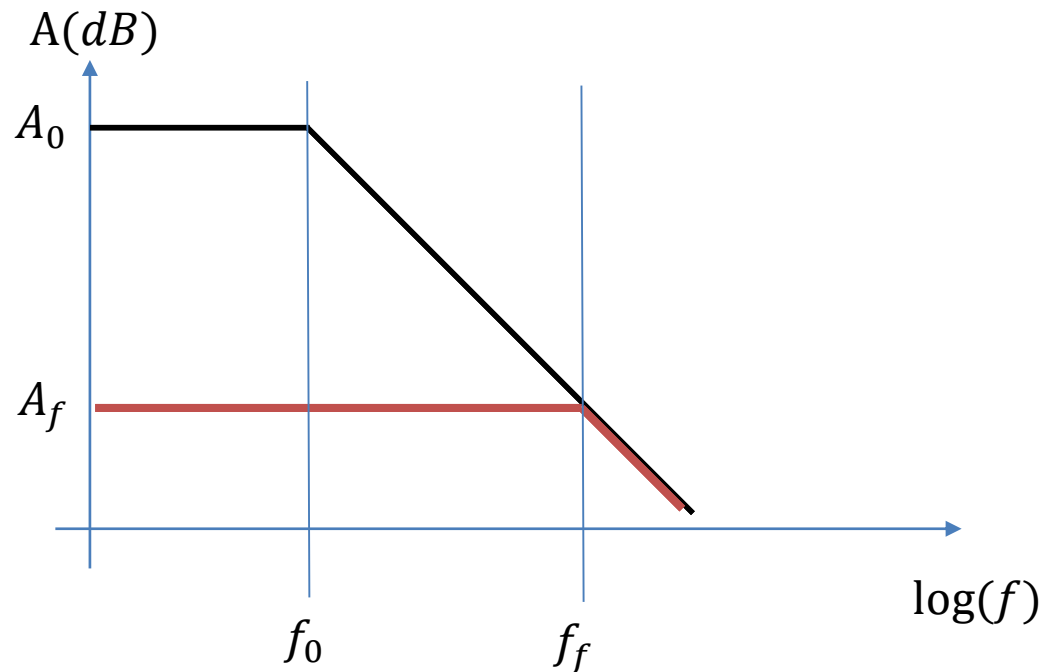
$$A_0 f_0 = GBP \approx 1 \text{ MHz} \quad (\text{Exakt värde beror på vilken OP})$$

Återkopplad OP (V-V)

Lägre förstärkning – högre bandbredd

$$A_f = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

$$A_f f_f = GBP$$

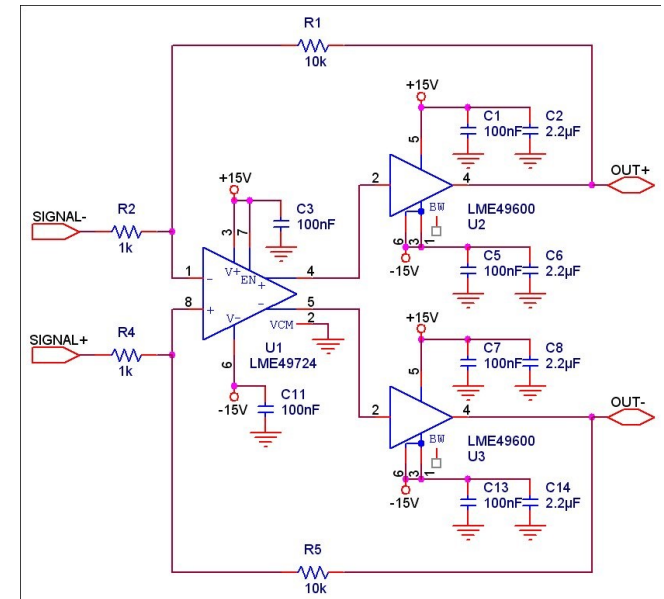
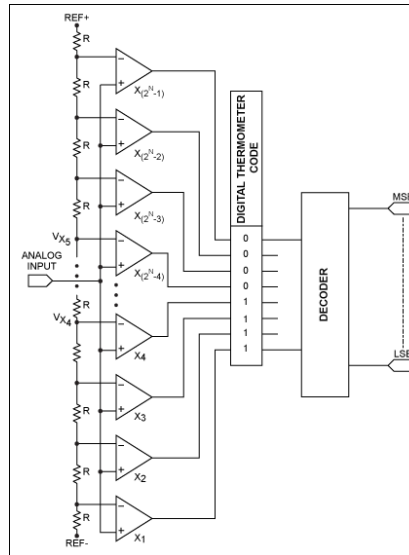
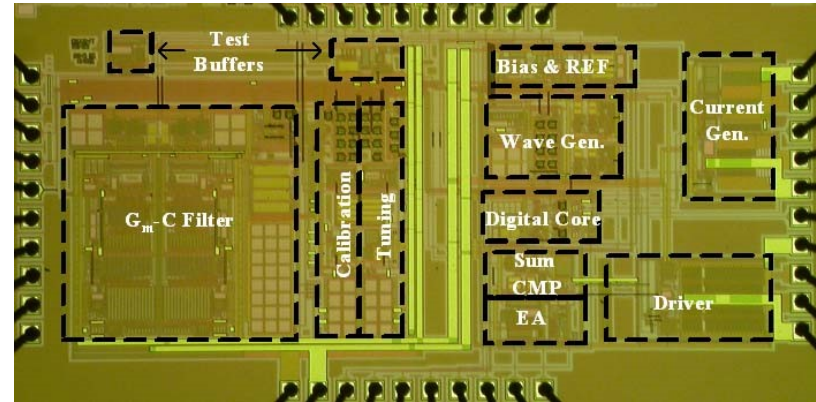


Ex – $A_f=100$, $GBP=1 \text{ MHz}$
 $f_f=10 \text{ kHz}$

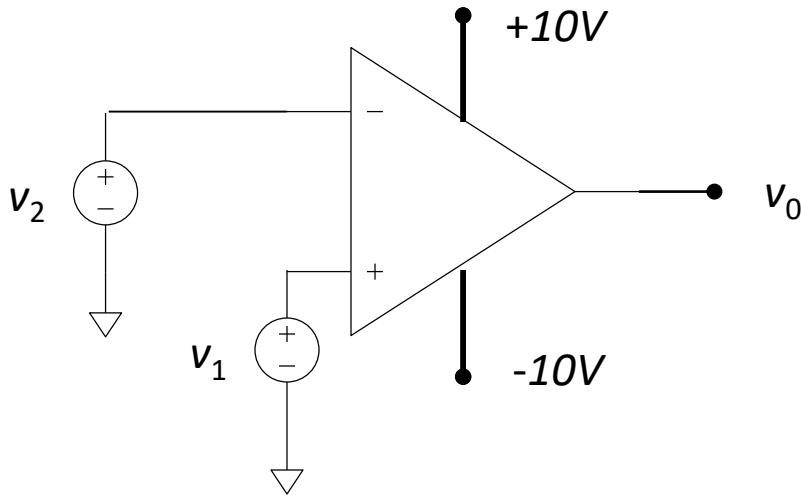
Operationsförstärkare



- **Generell modell** för återkopplade förstärkare – **både** diskreta och integrerade kretsar
- Byggblock i AD/DA omvandlare
- Billiga & Enkla för att snabbt bygga mindre kretsar



Icke återkopplad Op-Amp-koppling



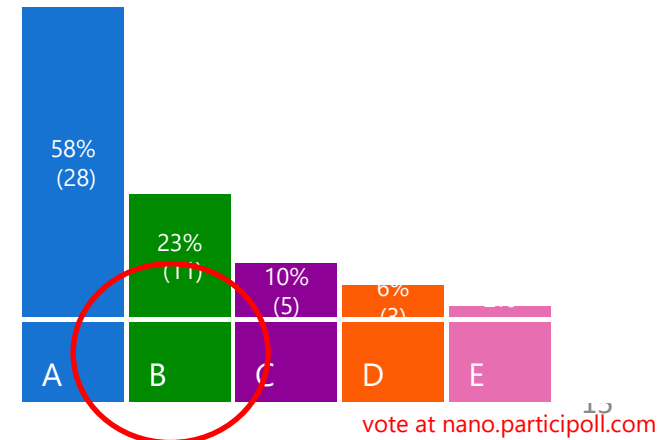
Vad är v_0 om:
 $v_1=0V$ och $v_2=0.1V$?

OBS – inte negativ återkoppling så
 $v_n \neq v_p$!

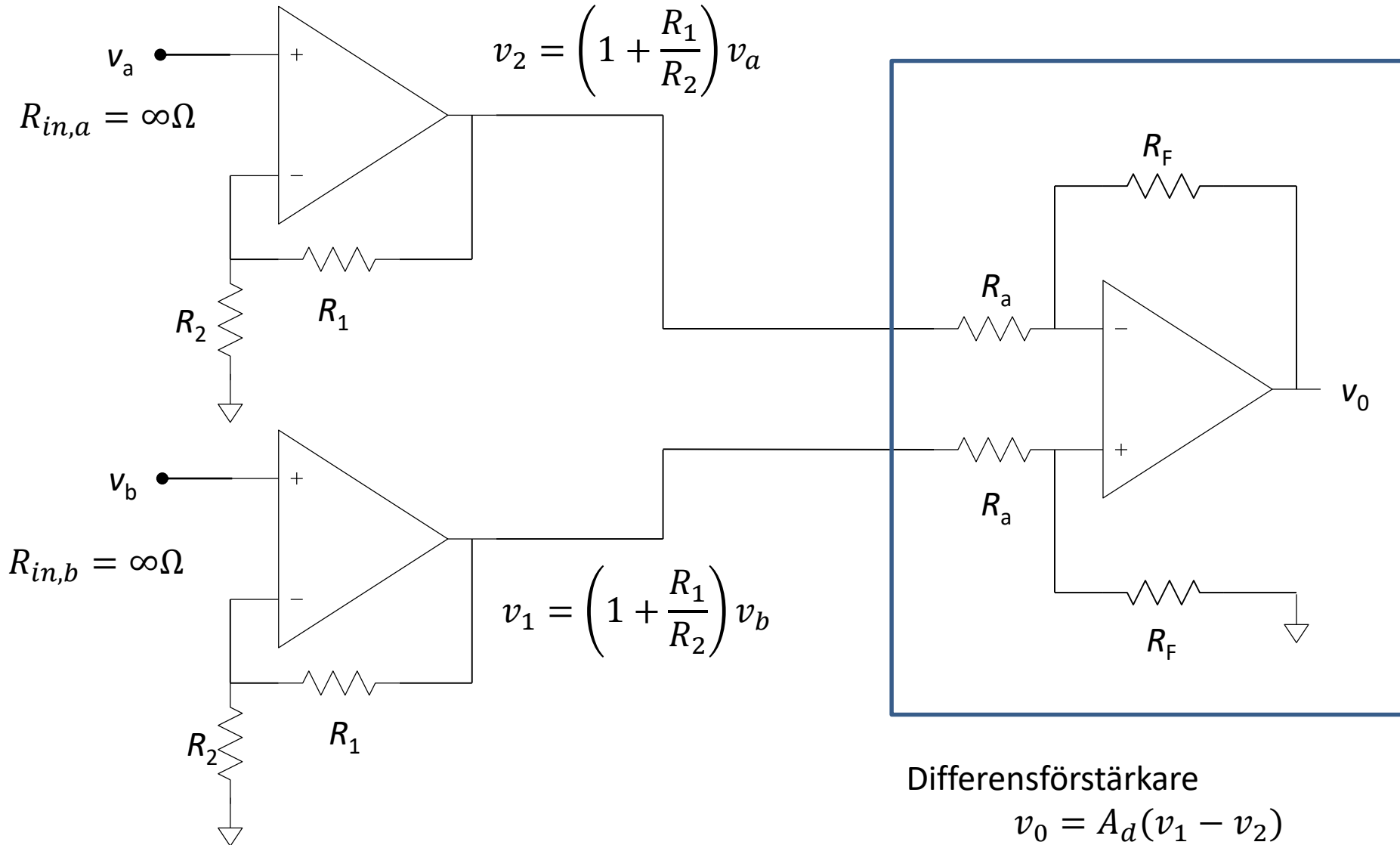
v_0 : max +/- 10V

- A. -0.1V
- B. -10V
- C. +10V
- D. 0V
- E. ???

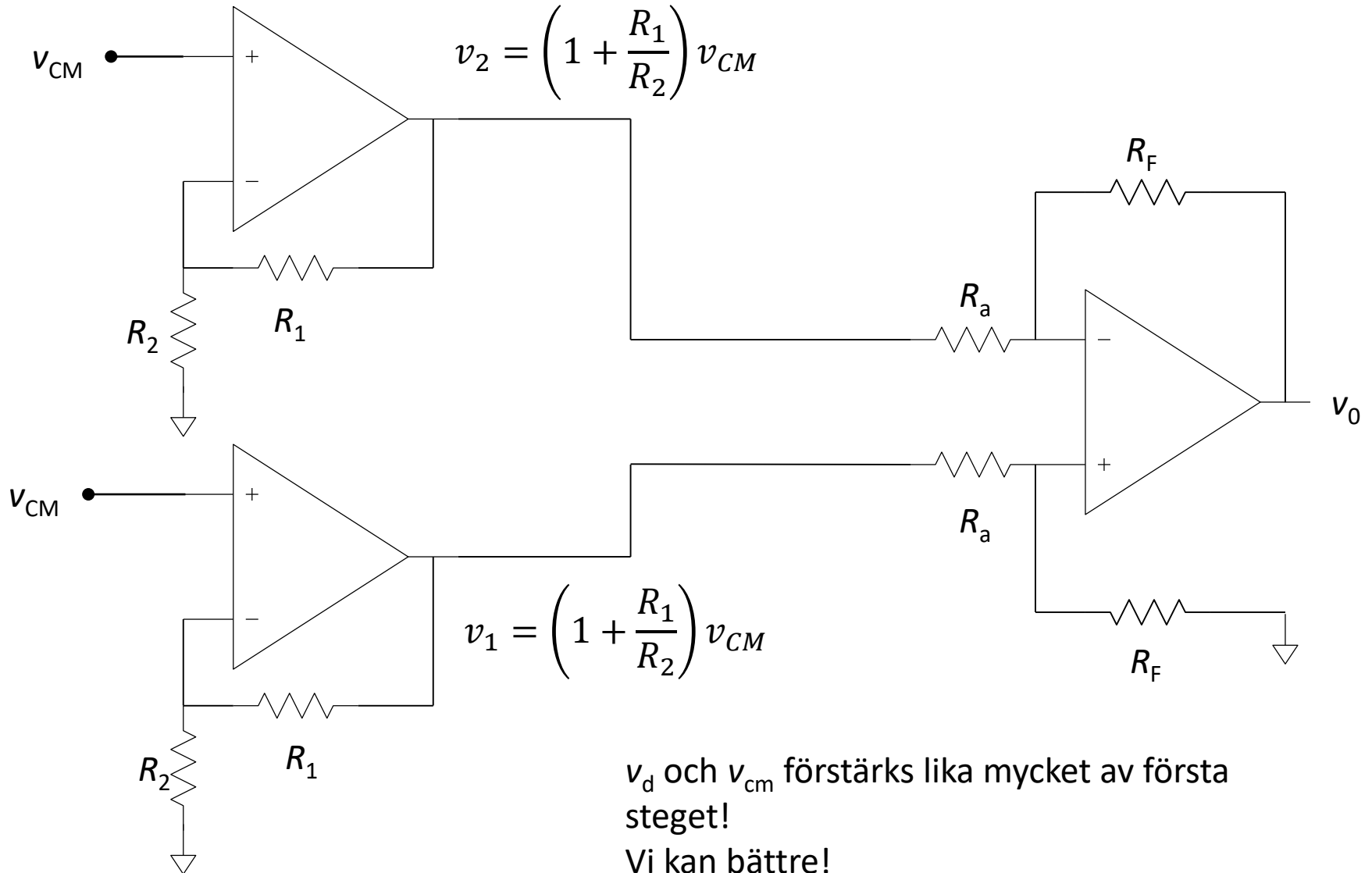
nano.participoll.com



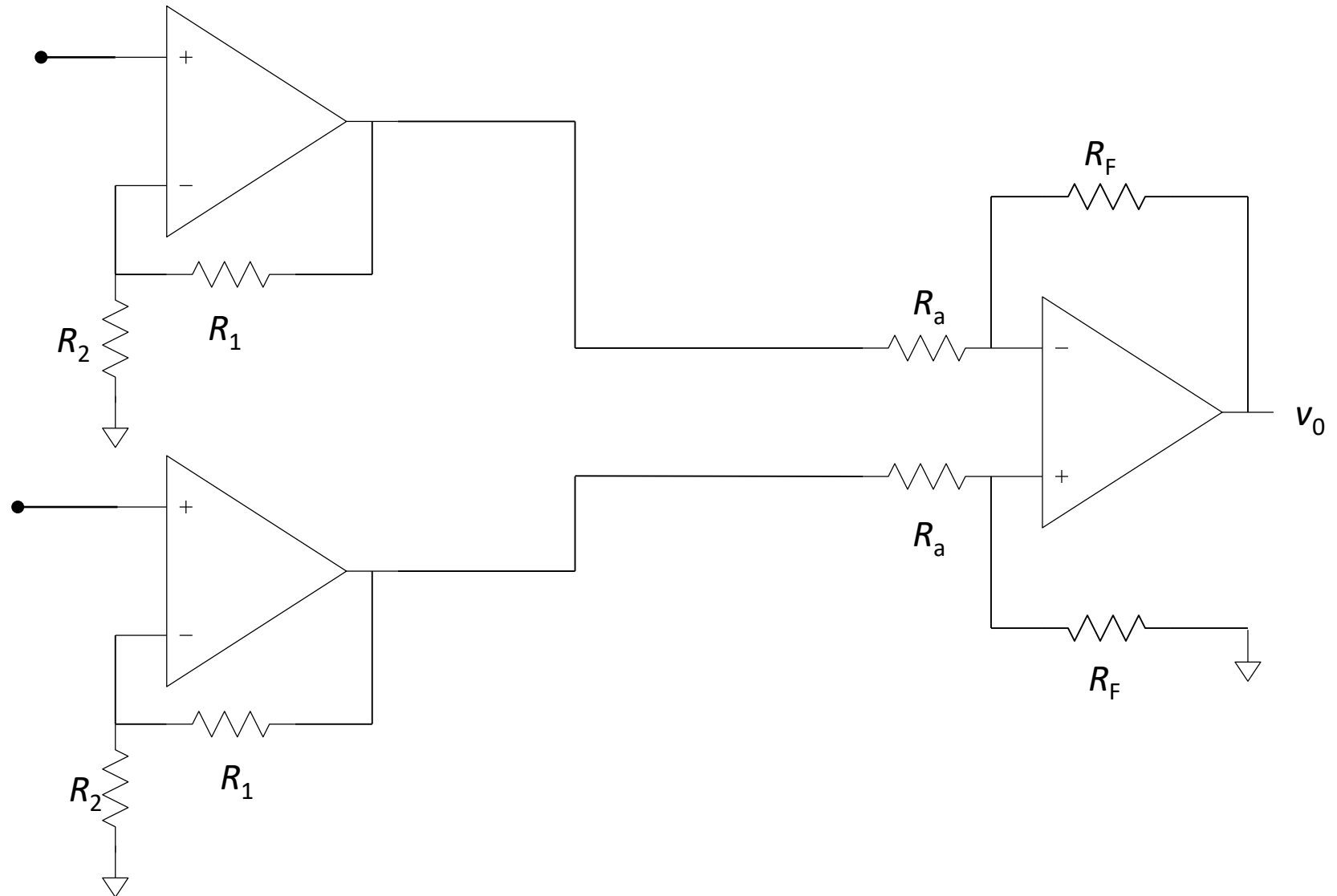
Differensförstärkare



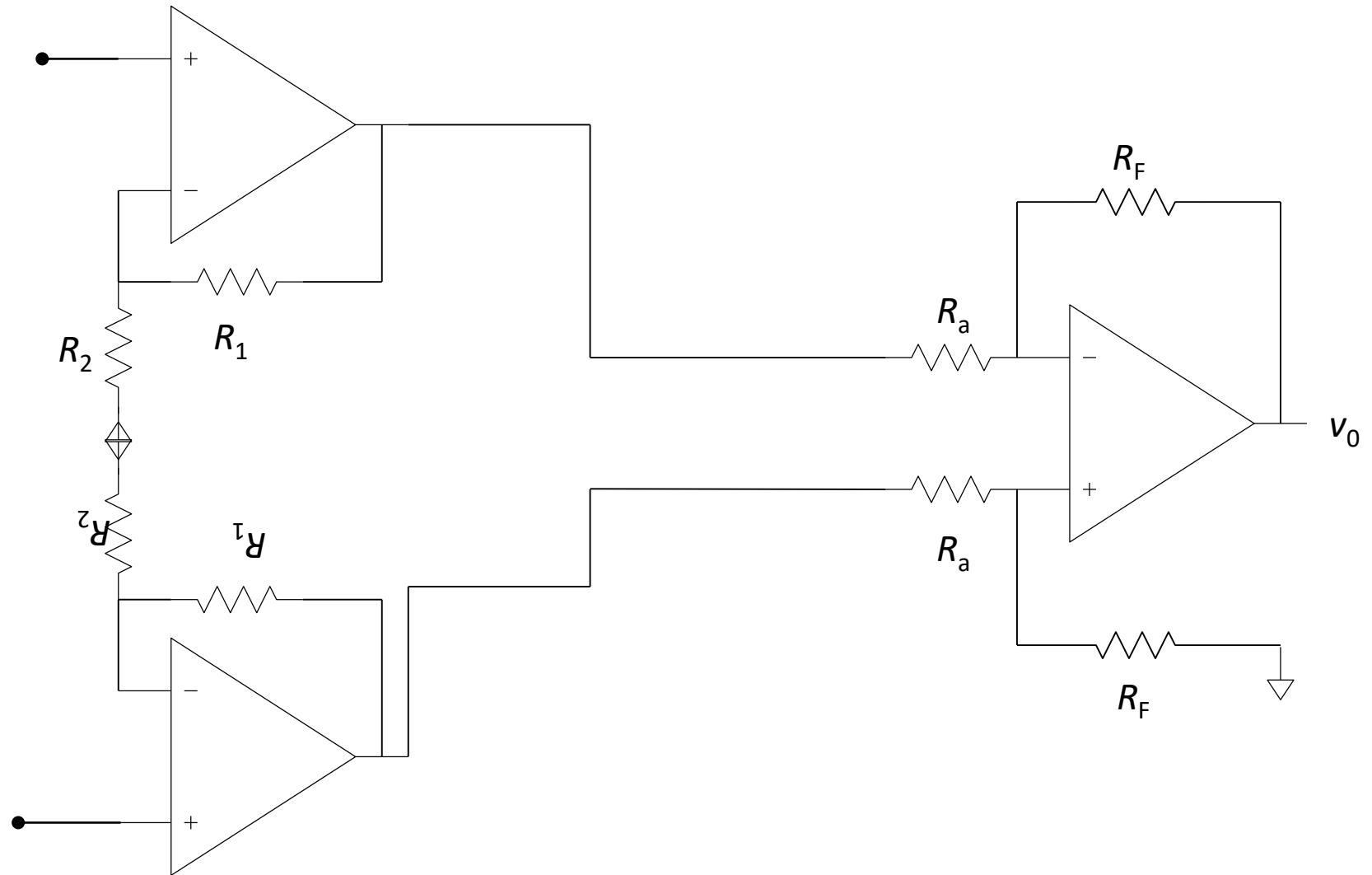
Differensförstärkare – Common Mode



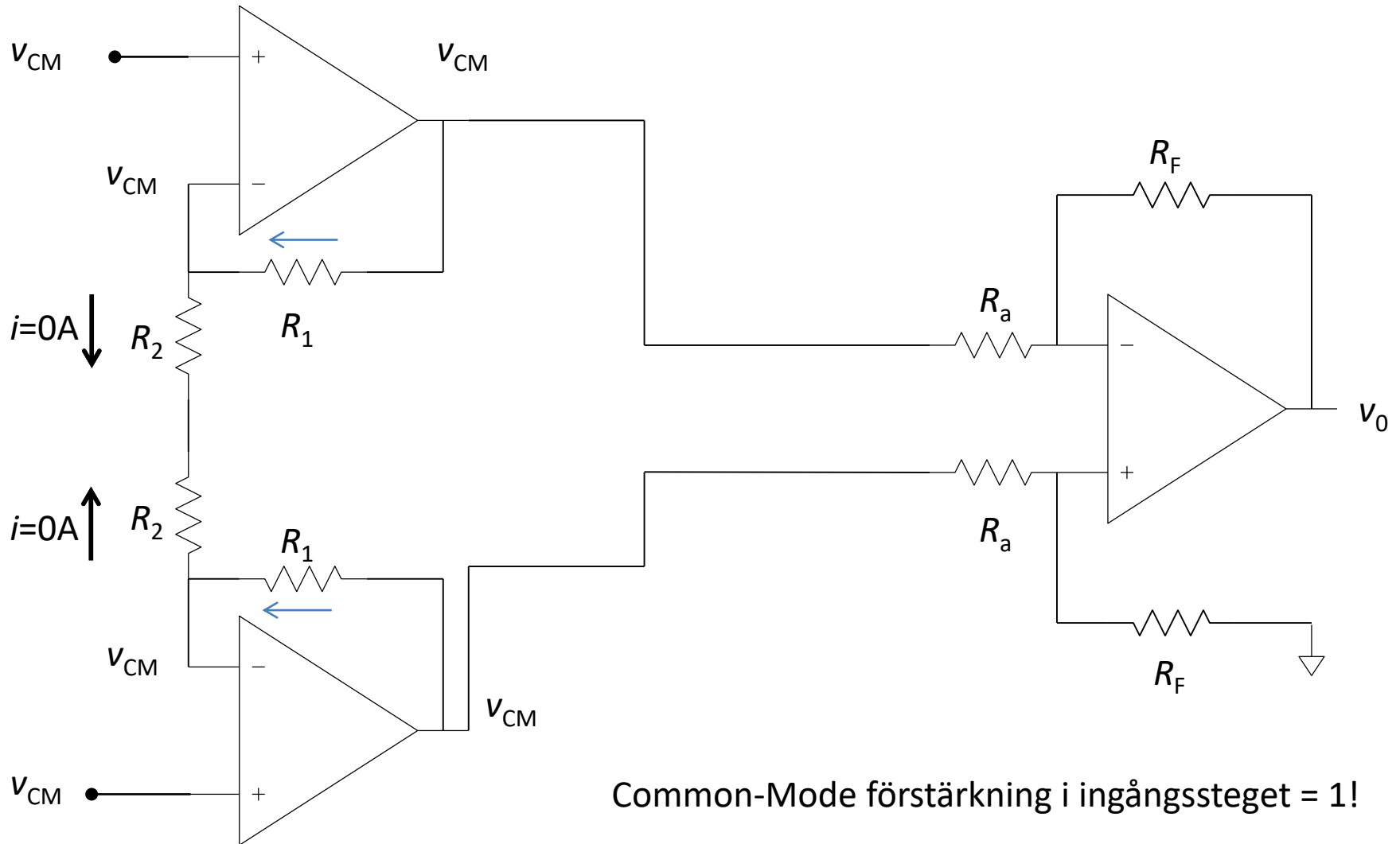
Differensförstärkare – Common Mode



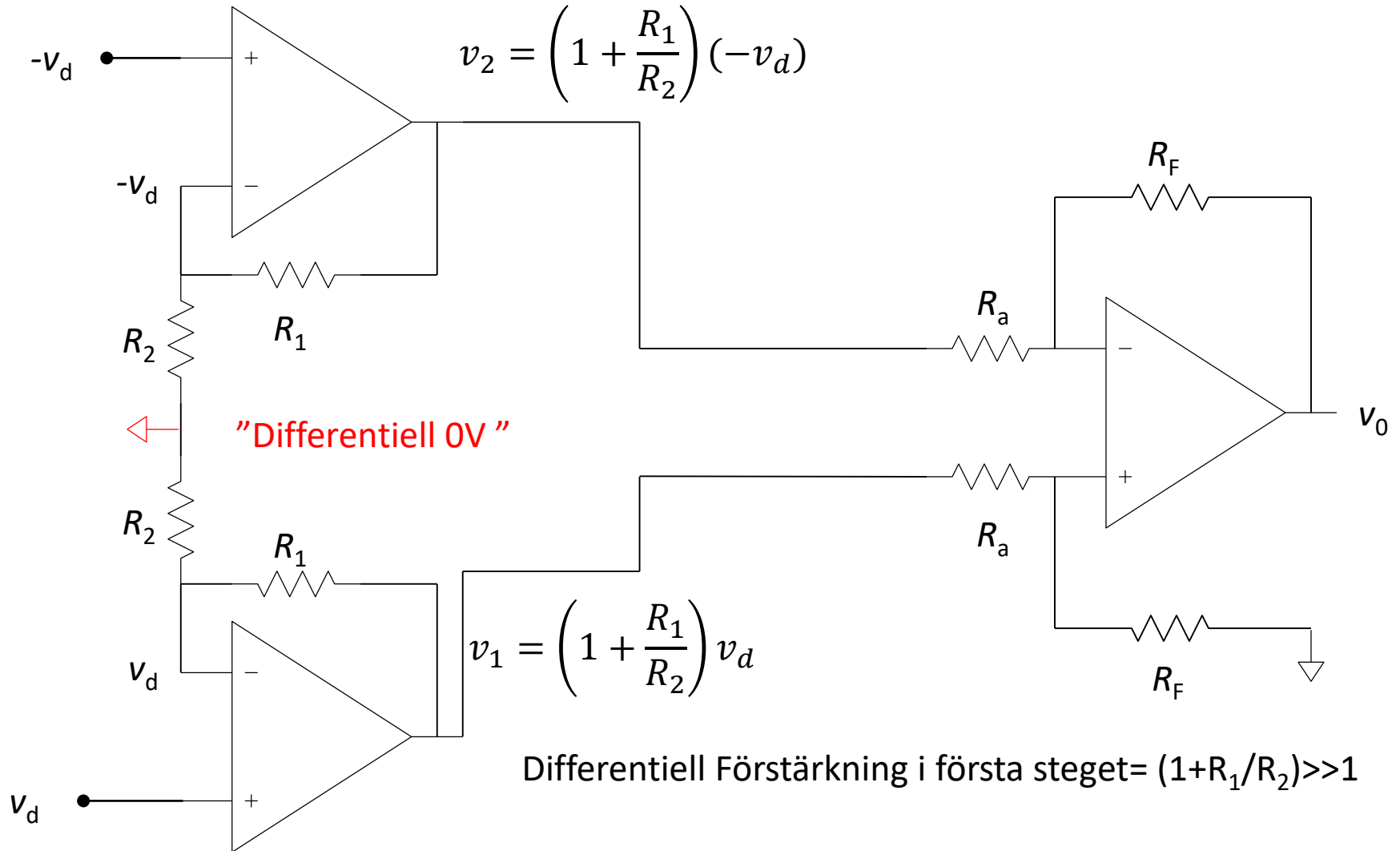
Differensförstärkare – Common Mode



Differensförstärkare

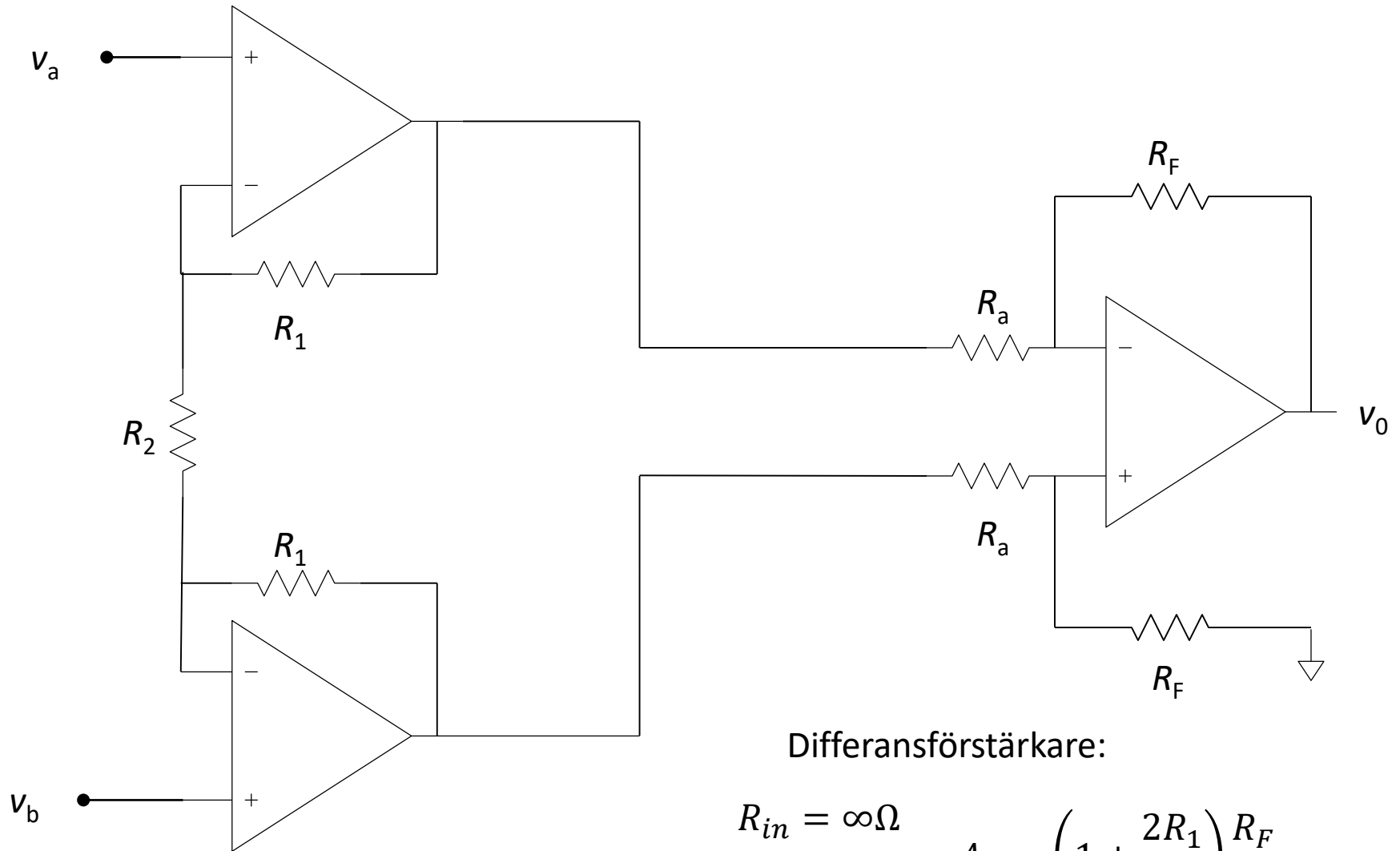


Differansförstärkare – Differentiell Förstärkning



Differentiell Förstärkning i första steget = $(1 + R_1/R_2) \gg 1$

Instrumentförstärkare – differentiell förstärkare



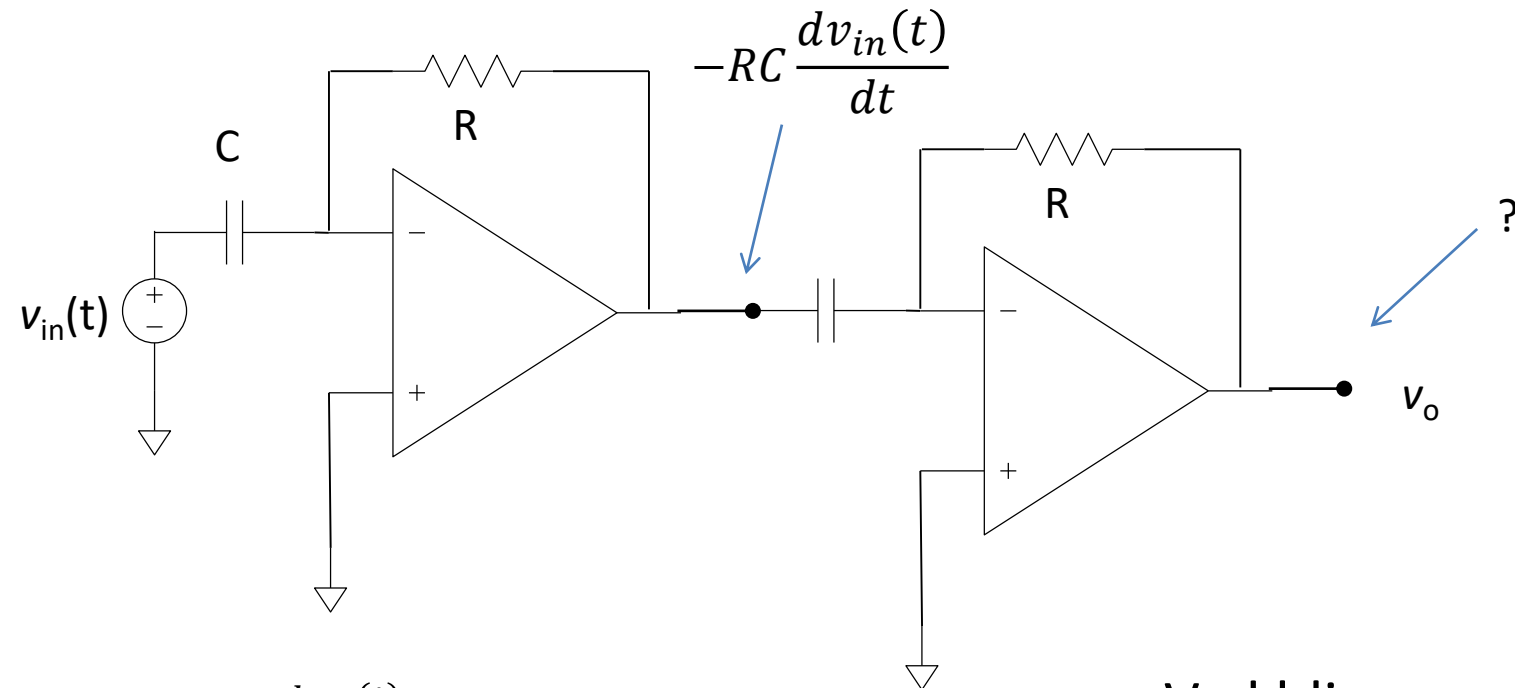
Differansförstärkare:

$$R_{in} = \infty \Omega$$

$$R_o = 0 \Omega$$

$$A_d = \left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right) \frac{R_F}{R_a}$$

Kaskadkoppling



- A. $-2RC \frac{dv_{in}(t)}{dt}$
- B. $0V$
- C. $(RC)^2 \frac{d^2v_{in}(t)}{dt^2}$
- D. $-RC \frac{dv_{in}(t)}{dt}$
- E. ???

nano.participoll.com

Vad blir v_o om vi kaskadkopplar två deriverande steg?

