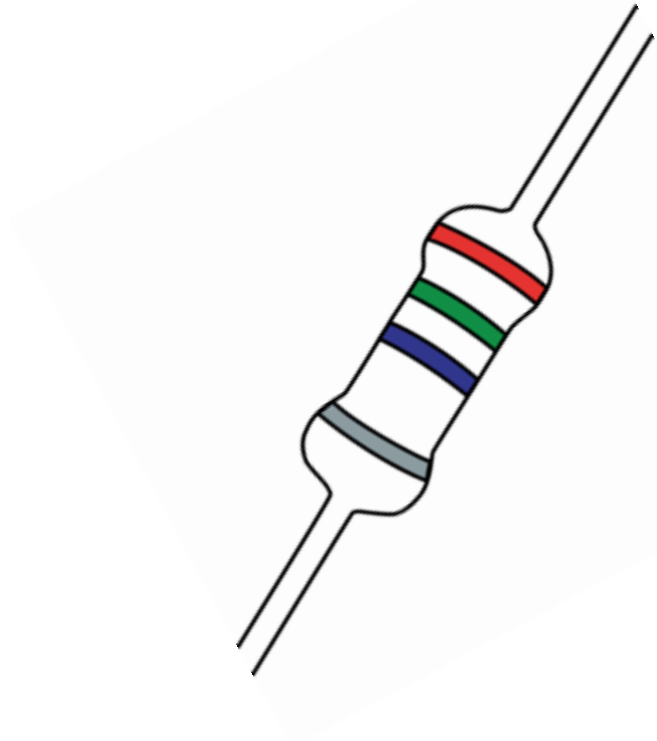


## Föreläsning 3 – Ip2

### 'Verklig' OP

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



# Tenta

---

- ***Färdigrättad***
- ***Tentavisning Idag 12.00-12.20 i labbsalen!***

- ***14% - U***
- ***16% - 3***
- ***31% - 4***
- ***38% - 5***

# Laborationer 3

---

- ***Förberedelseuppgifter***

## ***För att få labba***

- ***Klarat dugga***
- ***Kopplat upp krets enligt förberedelseuppgift***

# Laborationer

---

## Laboration 4 – Enskilt Miniprojekt

### Anmäl er på kurshemsidan

Anmälningens nummer ger vilket projekt ni ska göra  
pdf med projektbeskrivning finns på hemsidan.

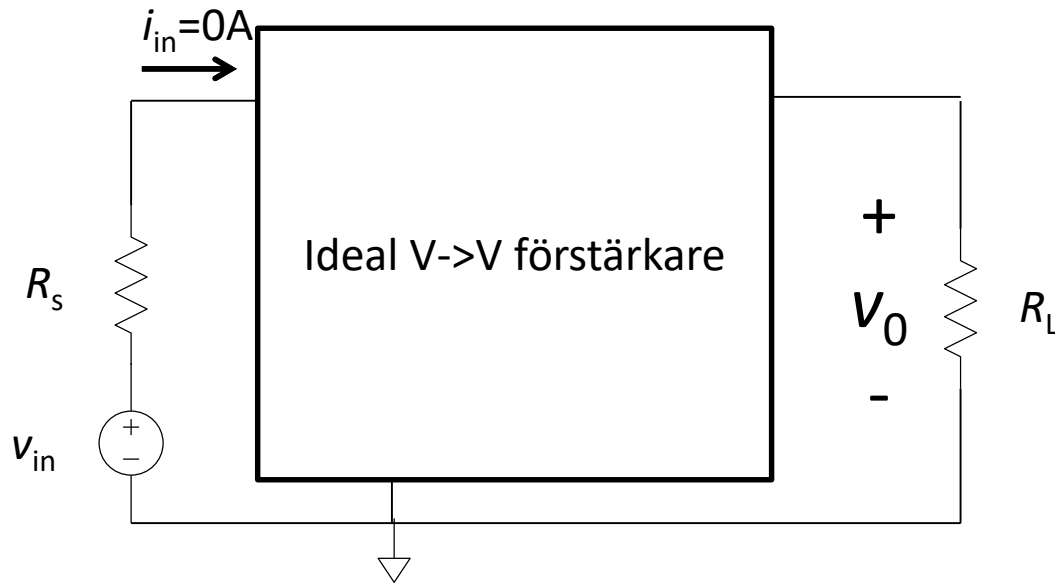
Kretsen konstruerar ni på egen hand

Laborationstillfället: 7 (min)-10(max) min presentation av kretsen (ppt!)

**Godkänd: Godkänd presentation och fungerande krets**

**Börja i god tid!**

# V→V förstärkare

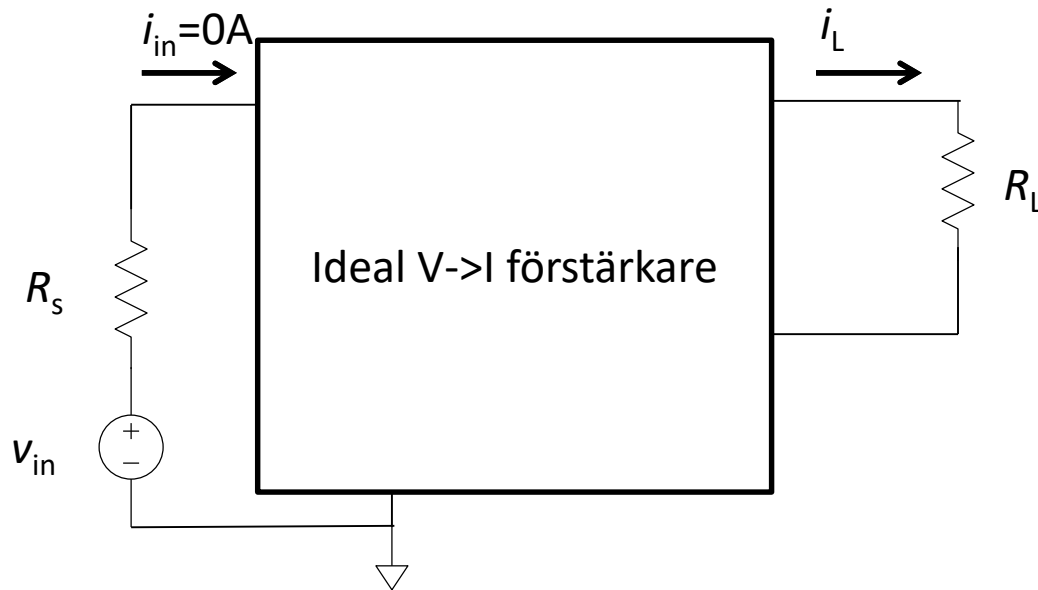


Förstärkning oberoende  
av  $R_s$ :  $R_{in} = \infty \Omega$   $i_{in} = 0A$

$v_o$  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

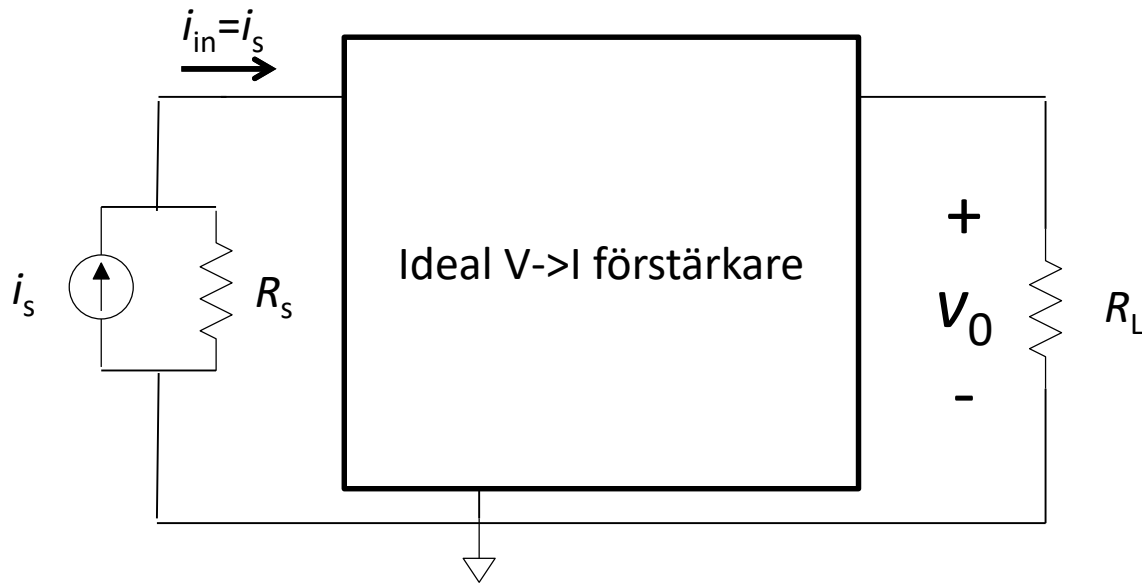


Förstärkning oberoende  
av  $R_s$ :  $R_{in} = \infty \Omega$

$i_L$  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  $R_s$ :  $R_{in} = 0\Omega$   $i_{in} = i_s$

$v_0$  oberoende av  $R_L$ :  
 $R_o = 0\Omega$

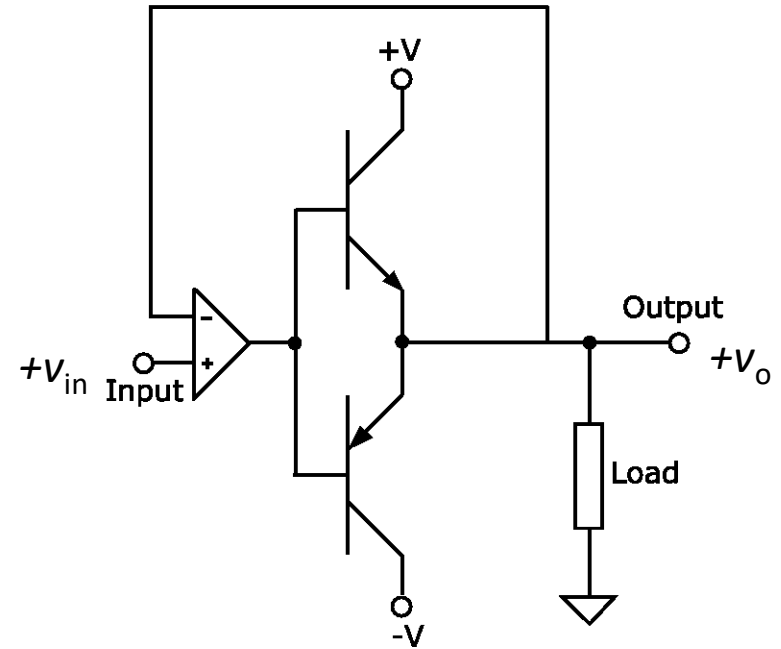
$$v_0 = -R_F i_s \quad \text{Oberoende av } R_s \text{ och } R_L!$$

# Klass B Push-Pull-Steg

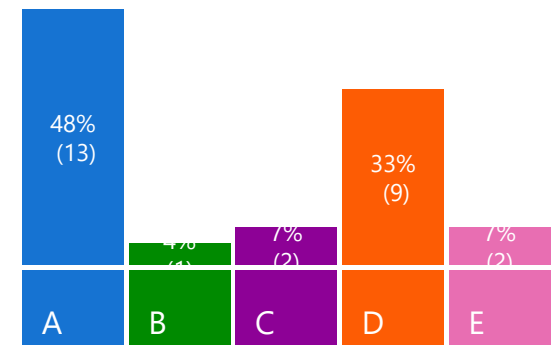
Op-ampen är negativt återkopplad.

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. ????

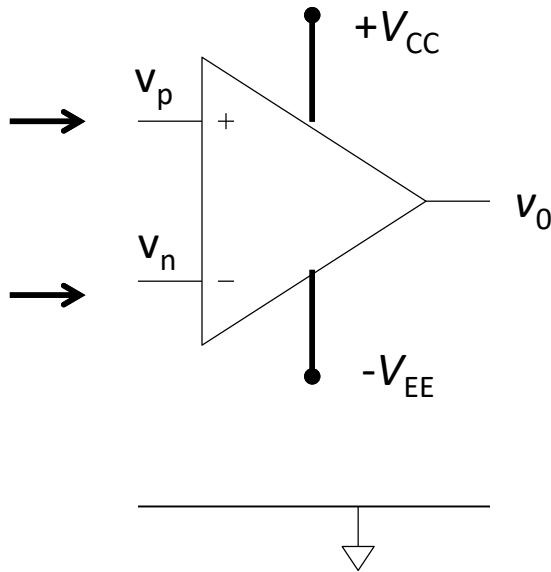


nano.participoll.com





# Ideal Operationsförstärkare



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

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

Maximal  $v_o = +V_{CC} / -V_{EE}$

Anslutningarna matningsspänning  $V_{CC}$   
 $V_{EE}$  ritas ibland inte ut

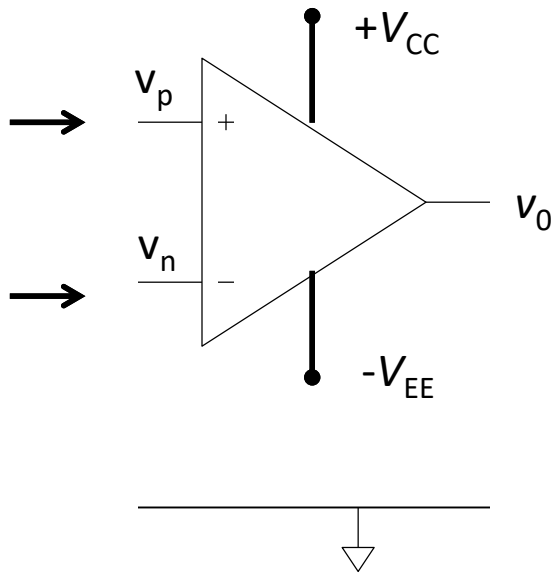
Ideal OP

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 =  $v_n, v_p > V_{CC}-1V$

# 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

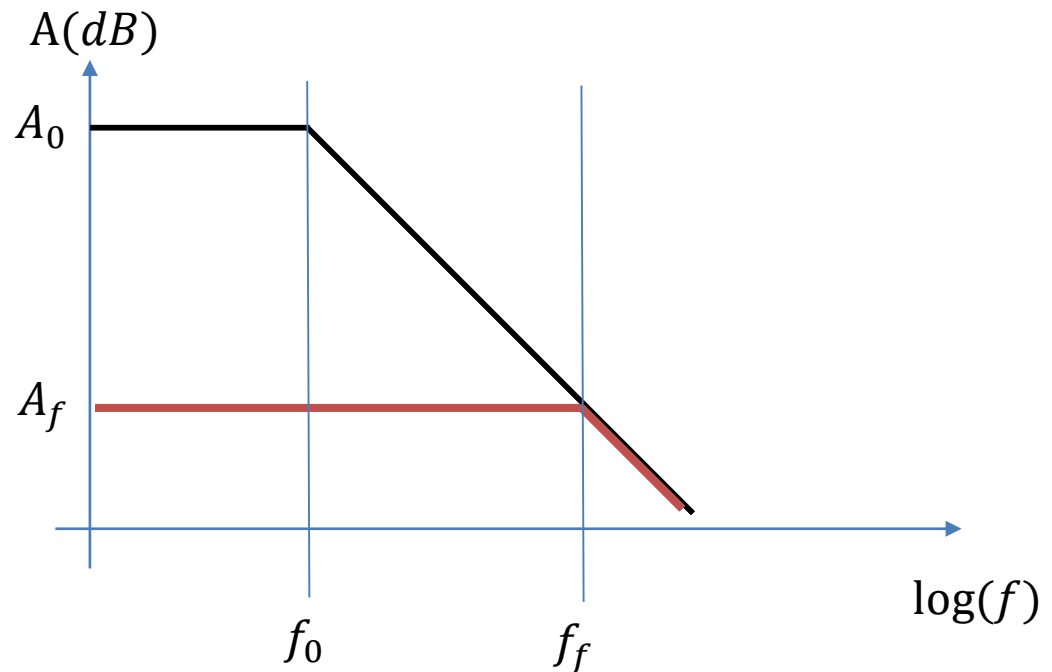
$$A_0 f_0 = GBP \approx 1 \text{ MHz} \quad (\text{Exakt värde beror på vilken OP})$$

Återkopplad OP (V-V)

Lägre förstärkning – högre bandbredd

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

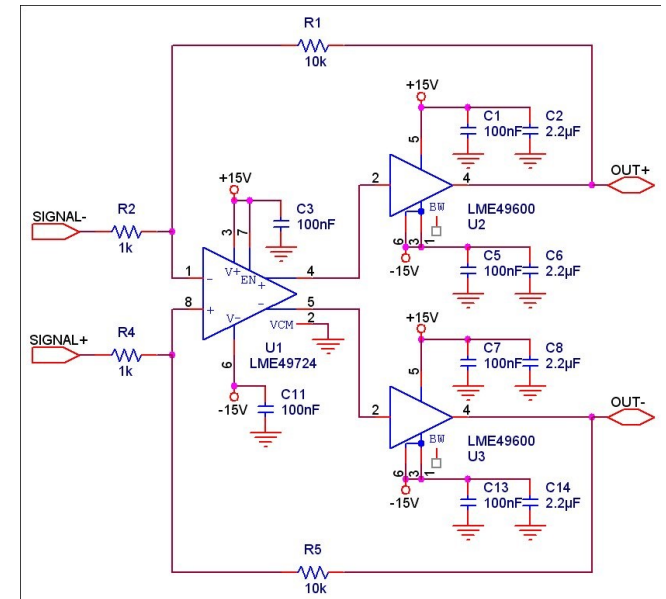
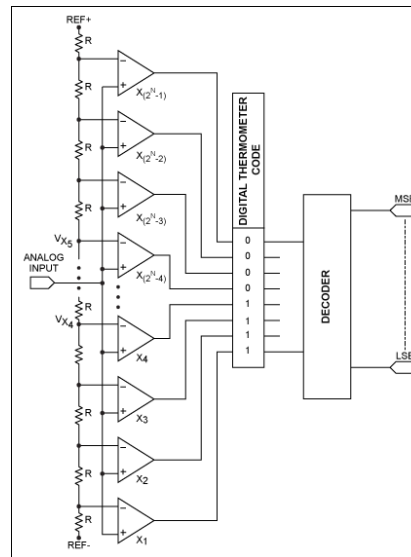
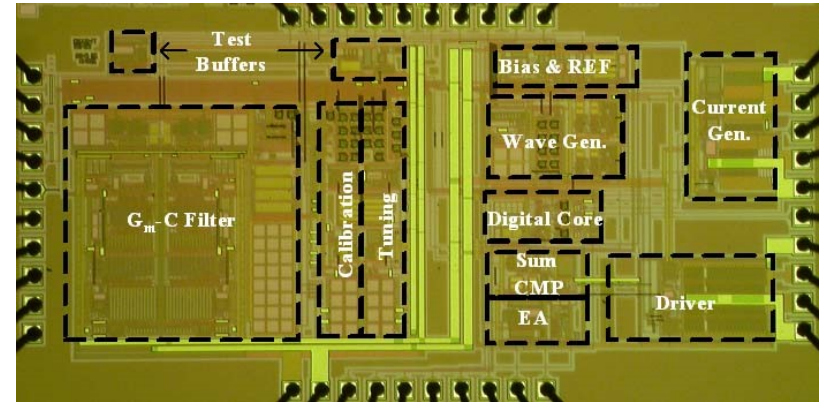
$$A_f f_f = GBP$$



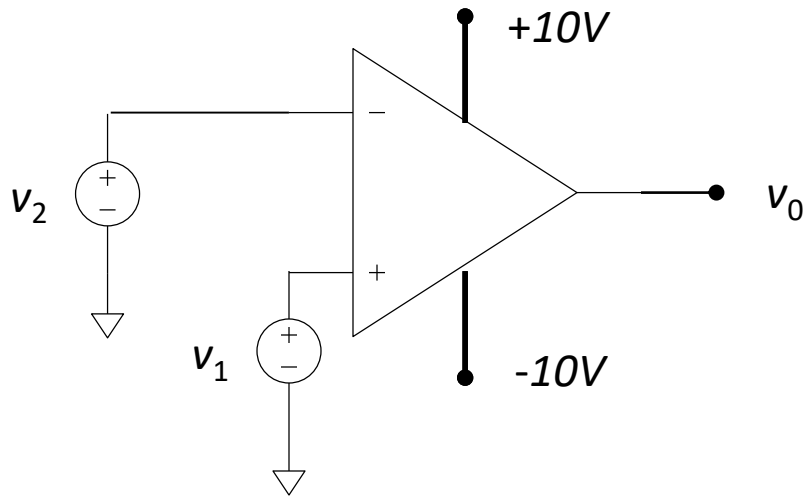
# Operationsförstärkare



- **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  $v_2=0.1V$ ?

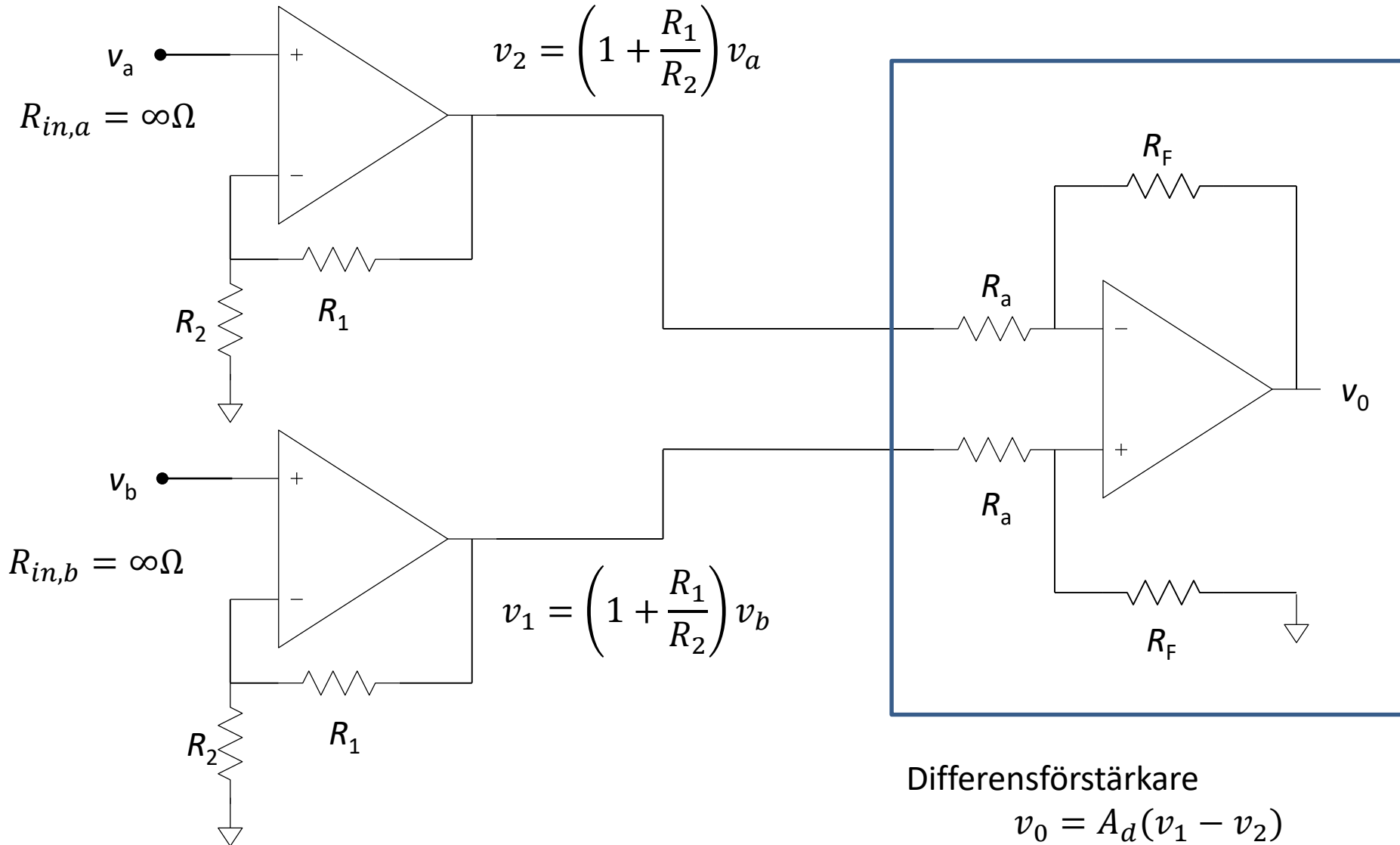
OBS – inte negativ återkoppling så  
 $v_n \neq v_p!$

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

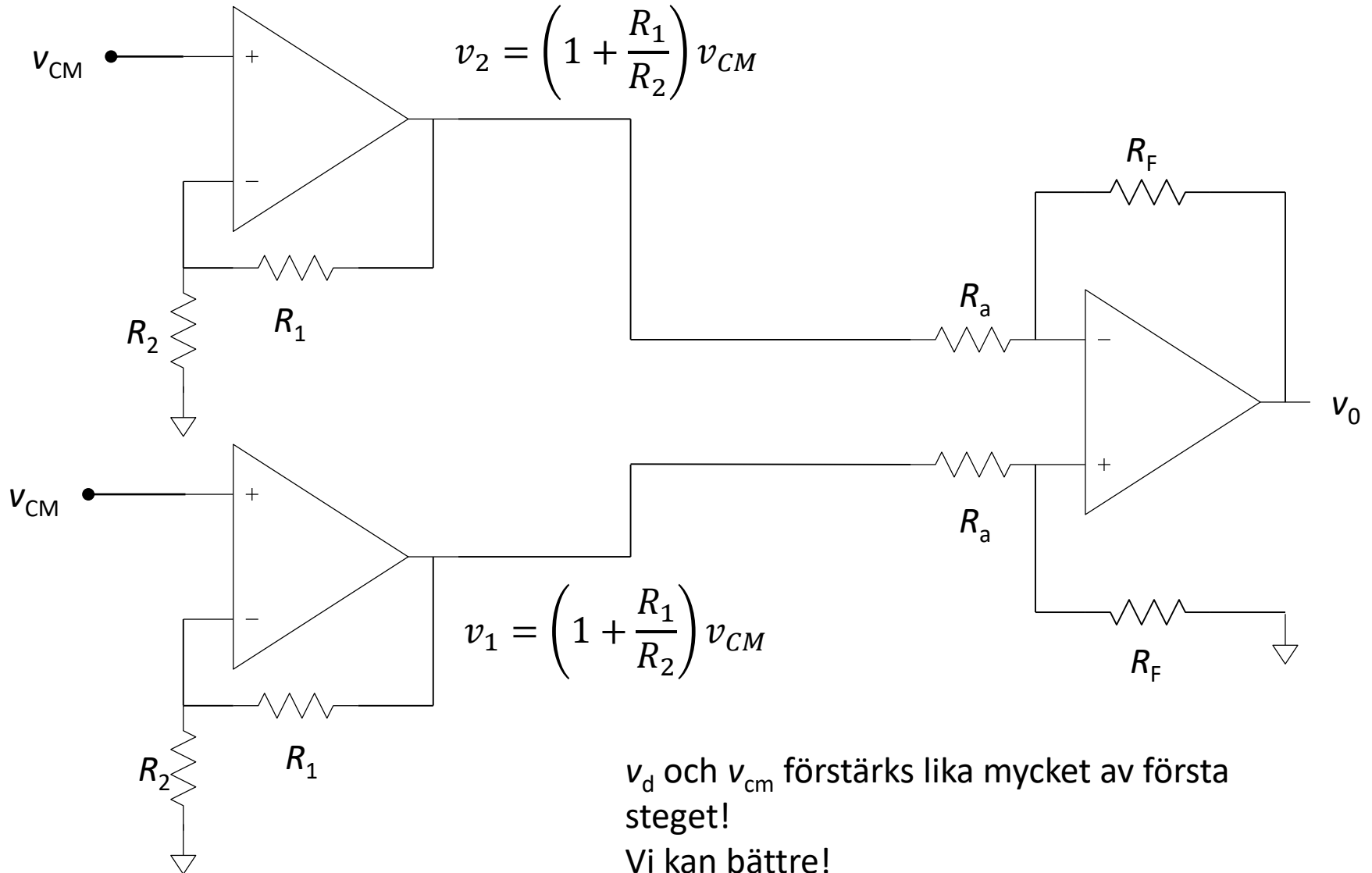
nano.participoll.com



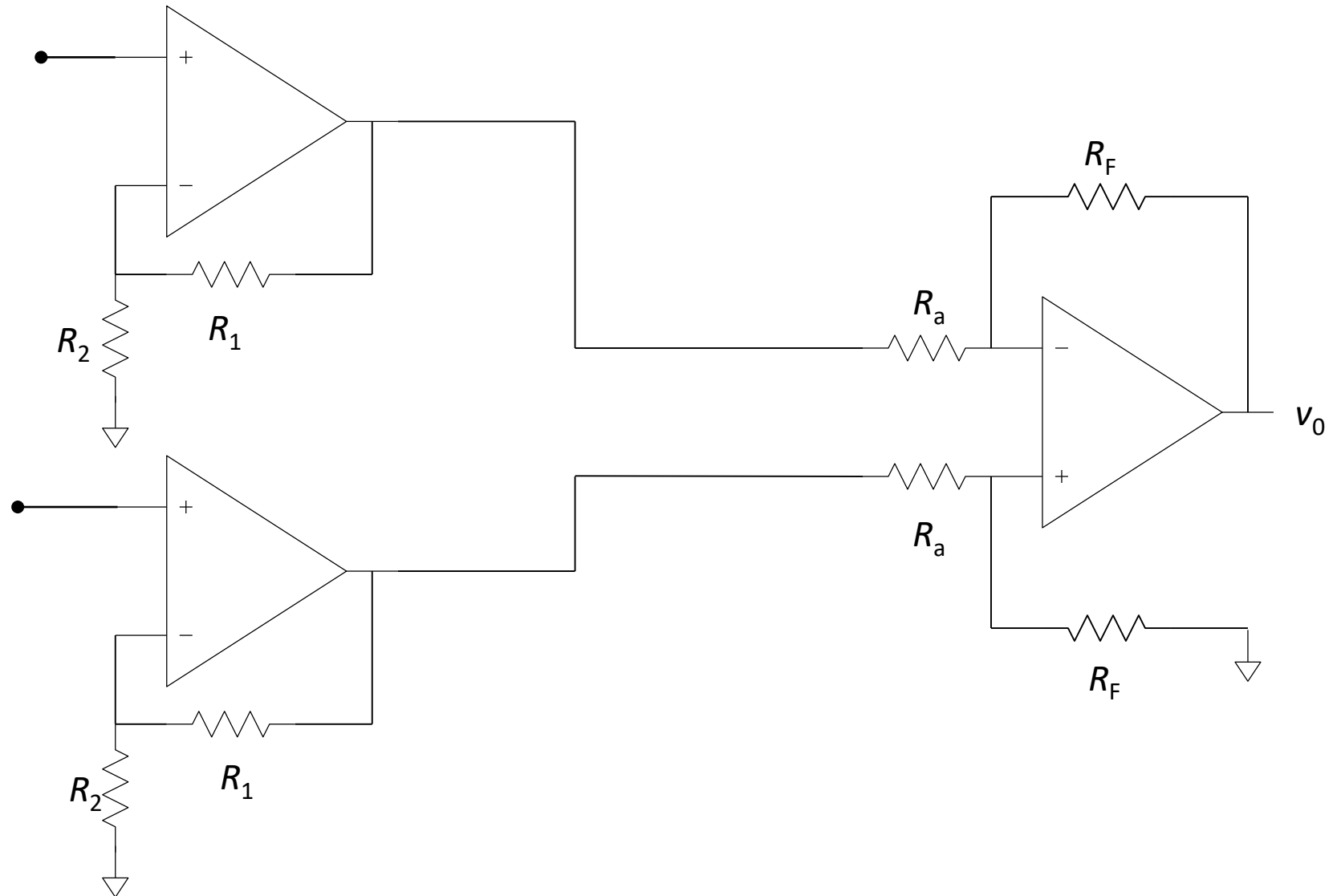
# Differensförstärkare



# Differensförstärkare – Common Mode

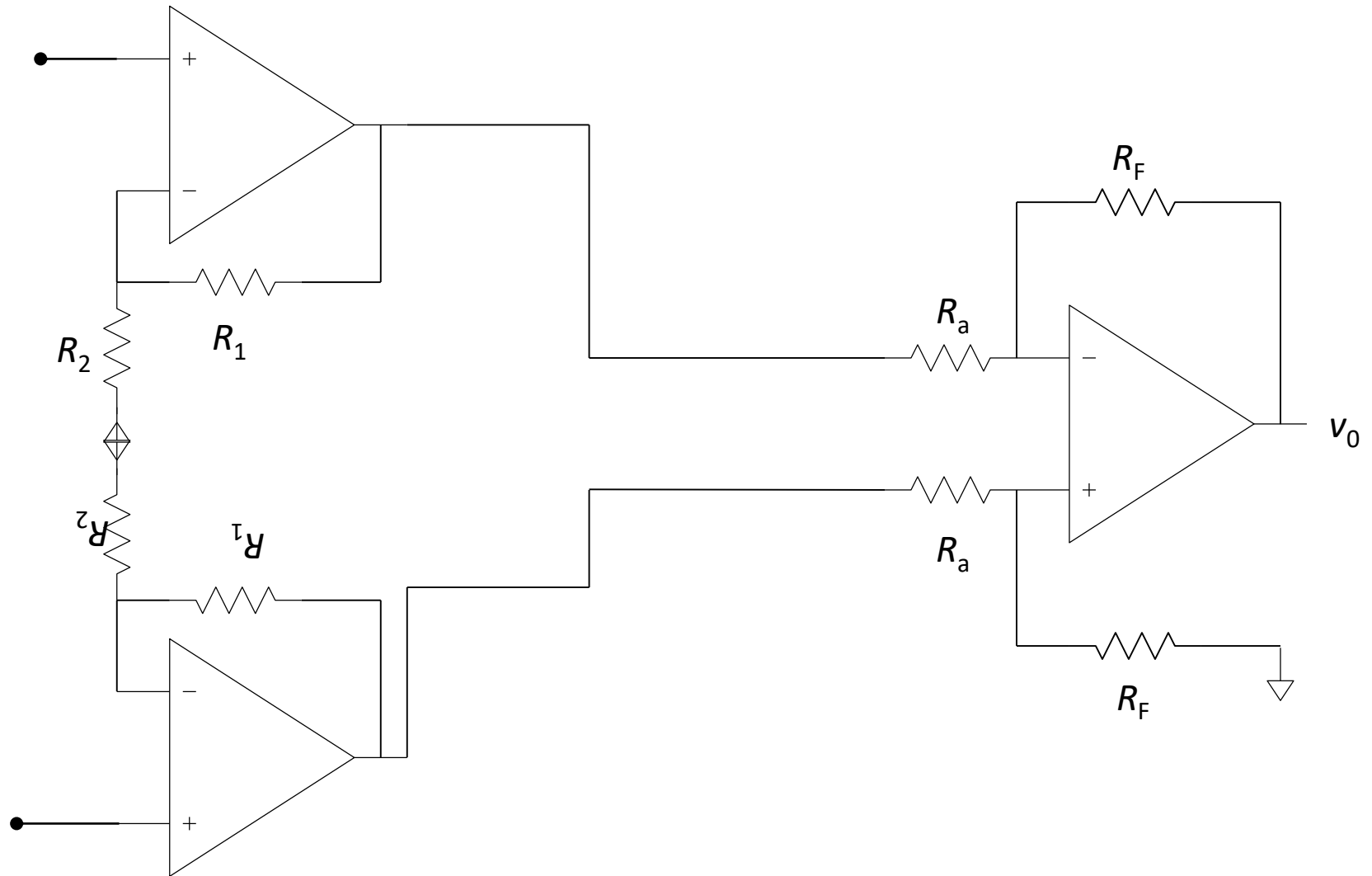


# Differensförstärkare – Common Mode

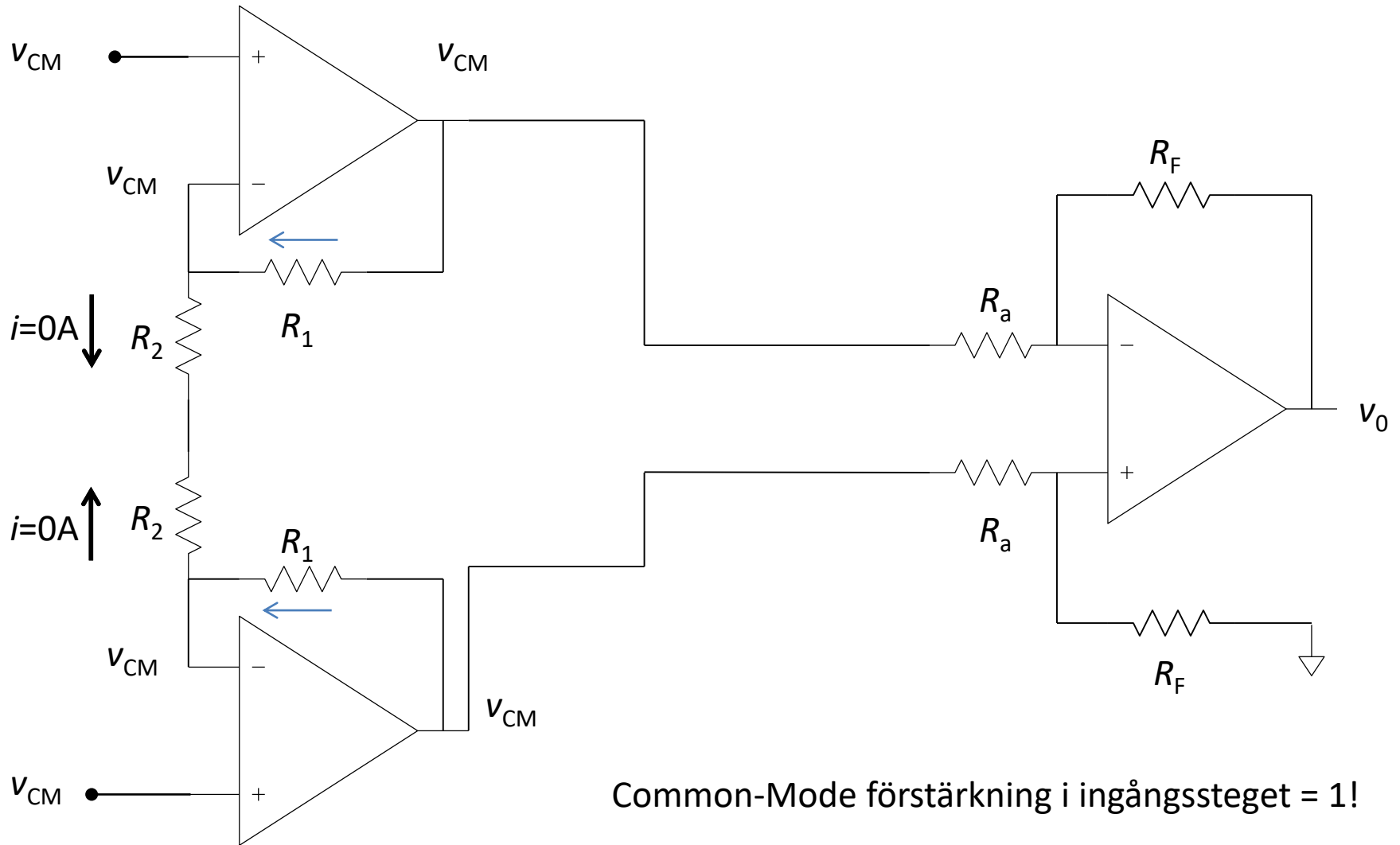




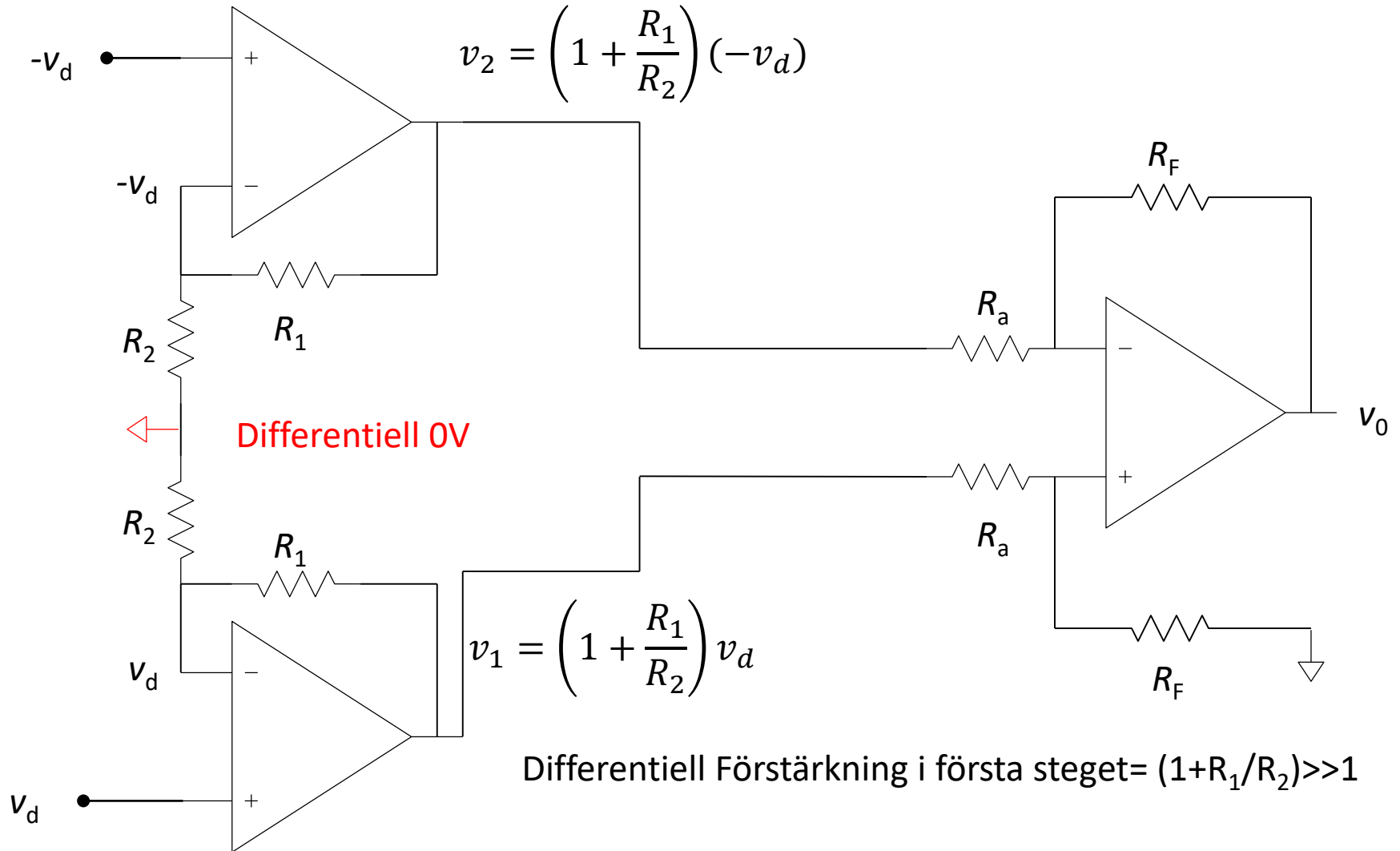
# Differensförstärkare – Common Mode



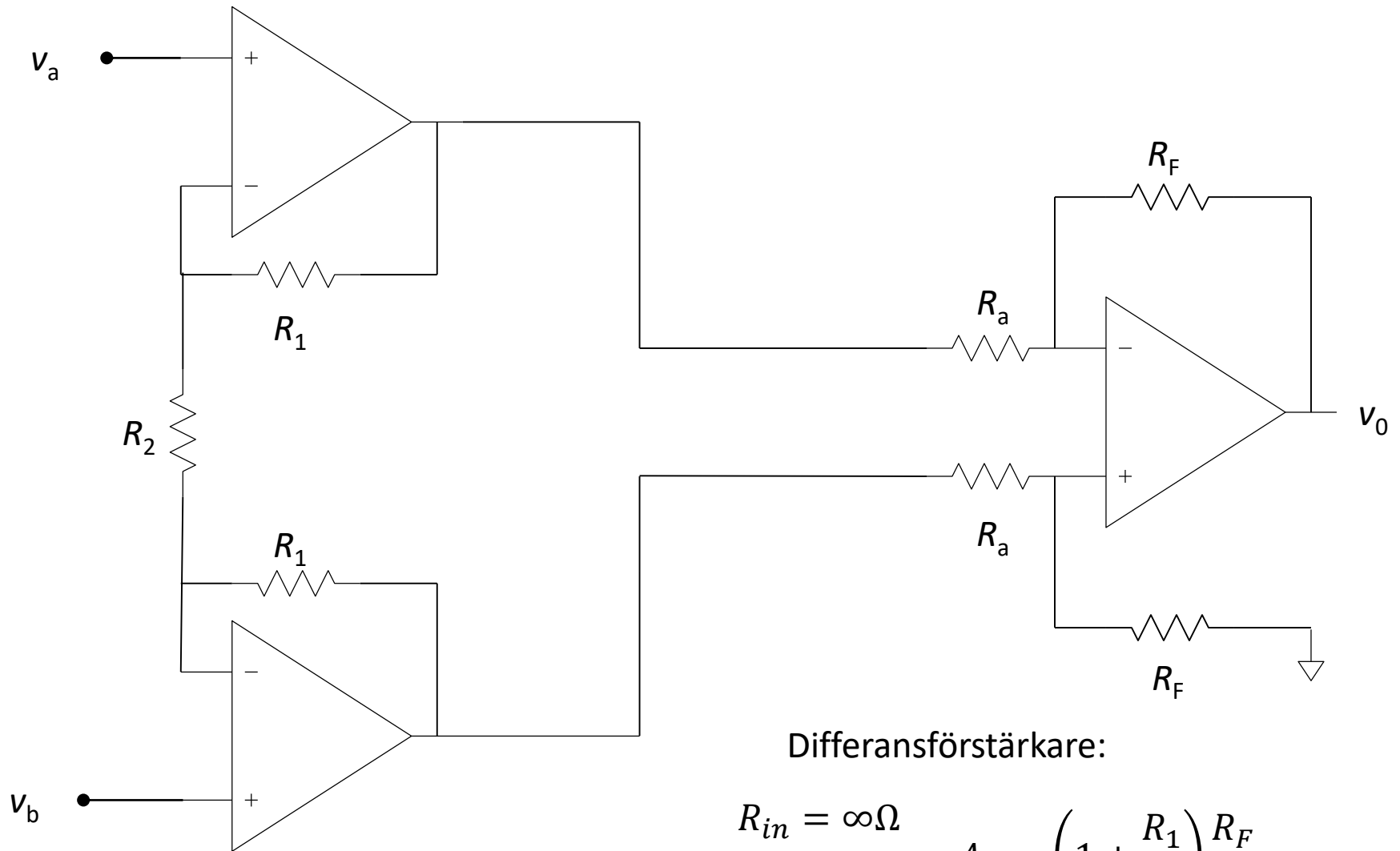
# Differensförstärkare



# Differansförstärkare – Differentiell Förstärkning



# Instrumentförstärkare



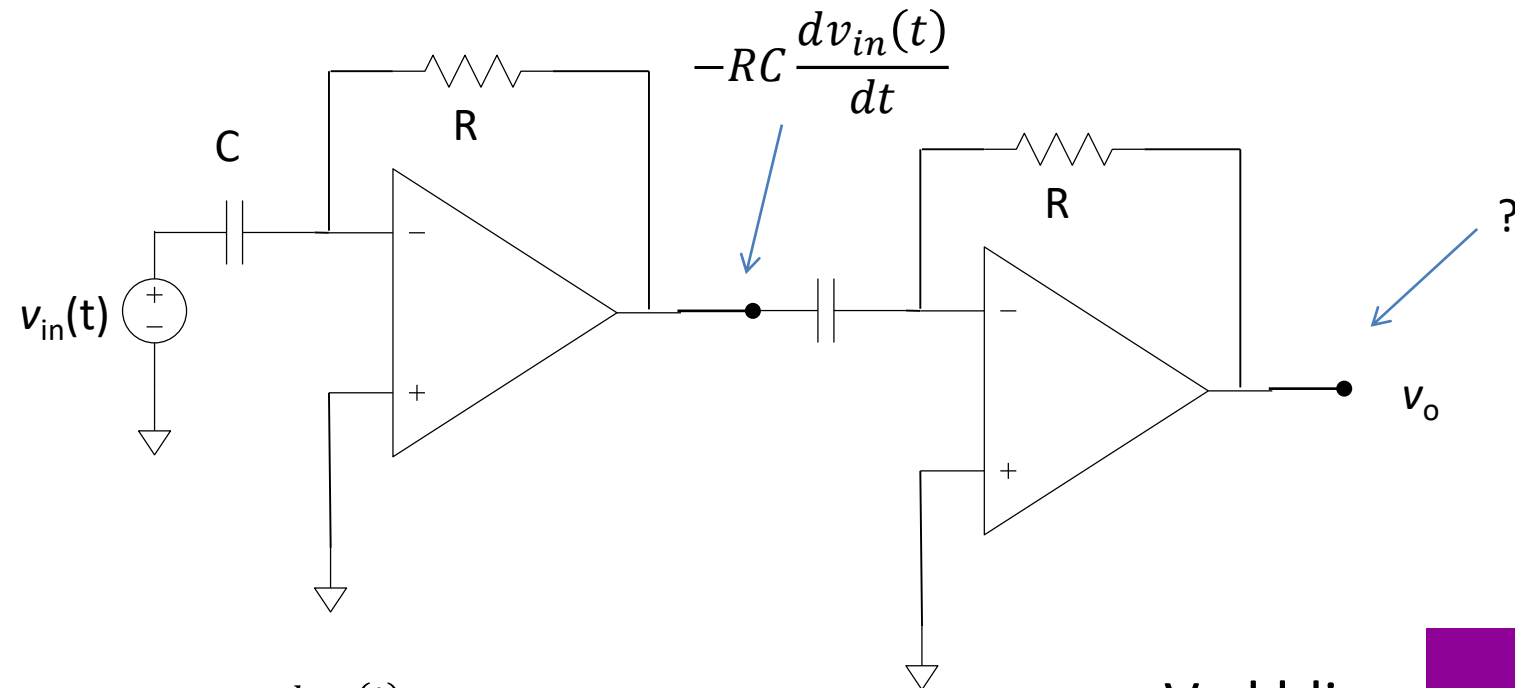
Differansförstärkare:

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

$$R_o = 0 \Omega$$

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

# 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 derivator i räk? ?

