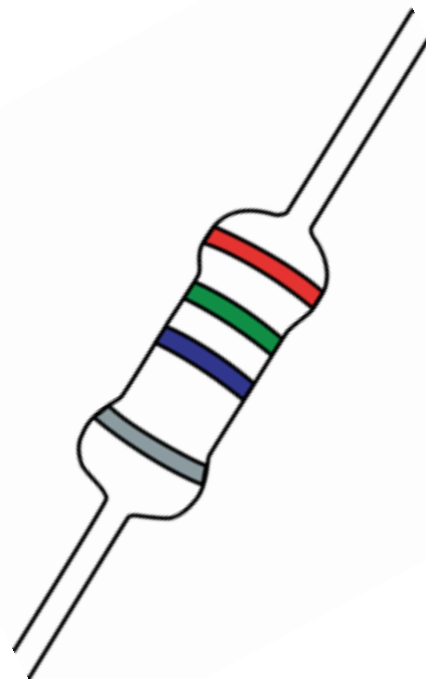


Föreläsning 2 – Ip2

Differensförstärkare

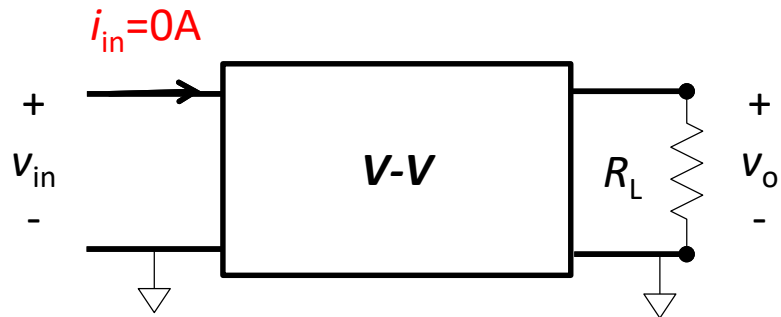
V-V, V-I, I-V och I-V genom återkoppling



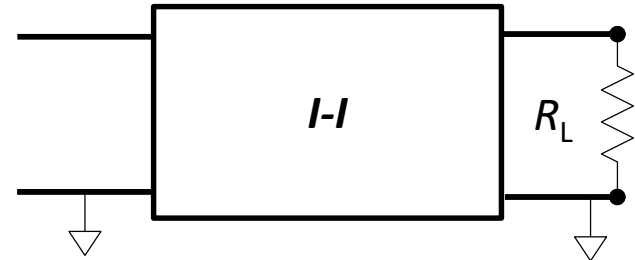
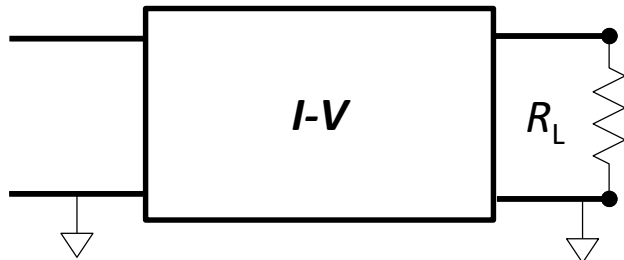
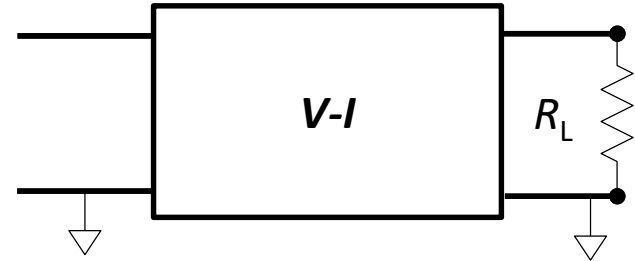
Information

- **Tentan – Lasse har några kvar att rätta..**

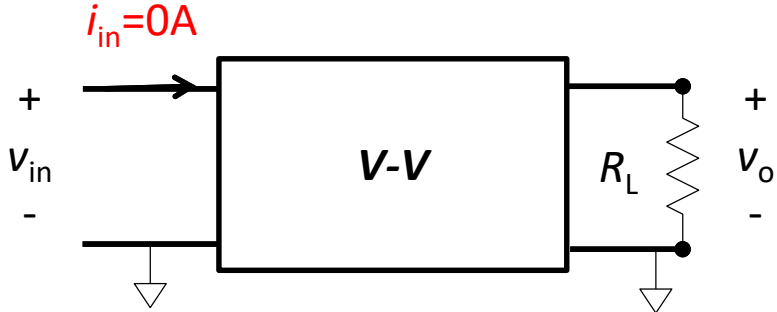
Ideala Förstärkare



$$R_{in} = \infty \Omega \quad i_{in} = 0A$$
$$R_o = 0 \Omega \quad v_o = A_v v_{in}$$

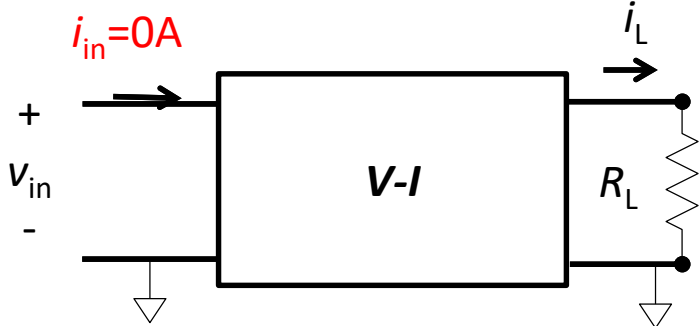


Ideala Förstärkare



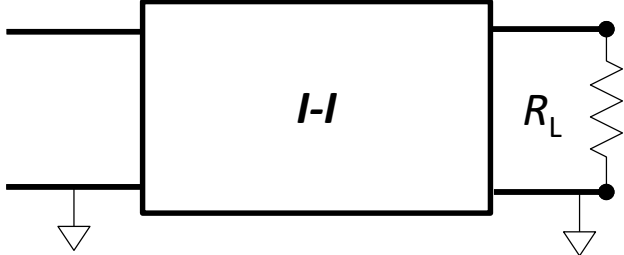
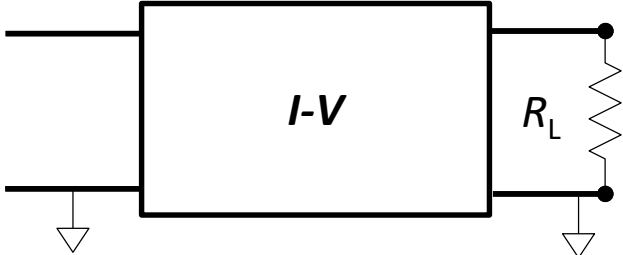
$$R_{in} = \infty \Omega \quad i_{in} = 0A$$

$$R_o = 0 \Omega \quad v_o = A_v v_{in}$$

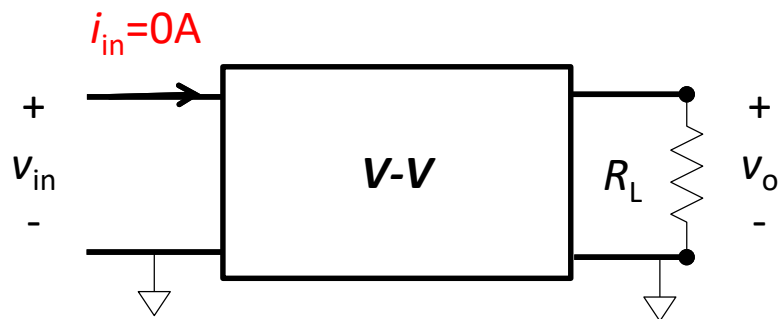


$$R_{in} = \infty \Omega \quad i_{in} = 0A$$

$$R_o = \infty \Omega \quad i_L = G_m v_{in}$$

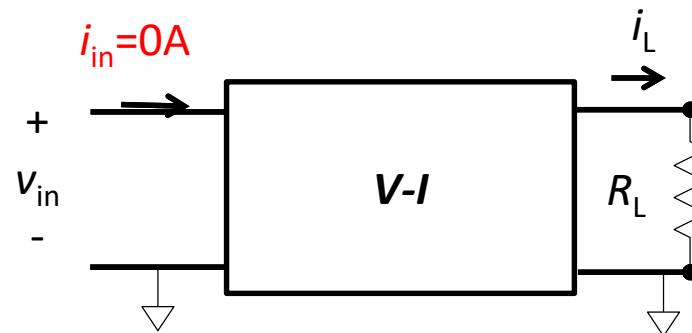


Ideala Förstärkare



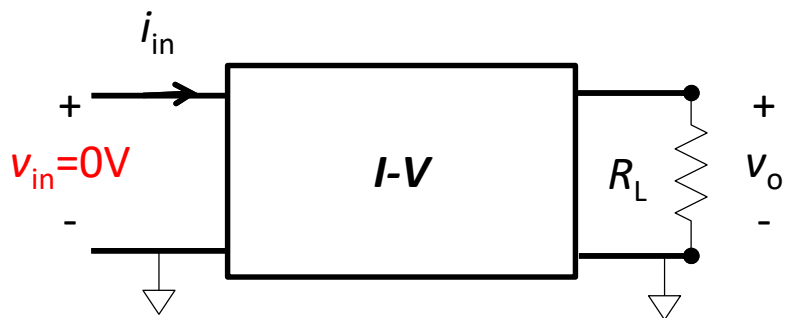
$$R_{in} = \infty \Omega \quad i_{in} = 0A$$

$$R_o = 0 \Omega \quad v_o = A_v v_{in}$$



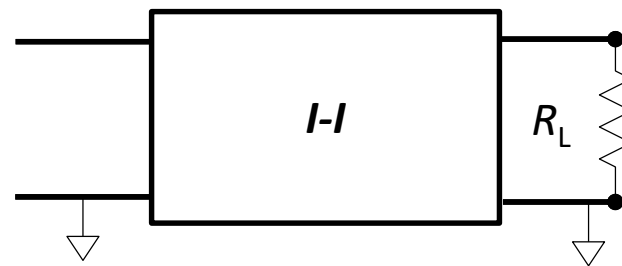
$$R_{in} = \infty \Omega \quad i_{in} = 0A$$

$$R_o = \infty \Omega \quad i_L = G_m v_{in}$$

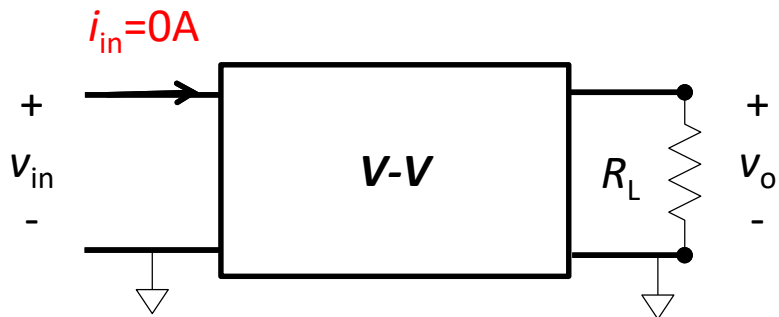


$$R_{in} = 0 \Omega \quad v_{in} = 0V$$

$$R_o = 0 \Omega \quad v_o = R_m i_L$$

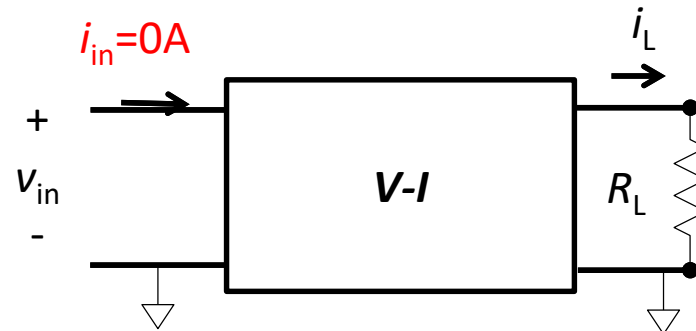


Ideala Förförstärkare



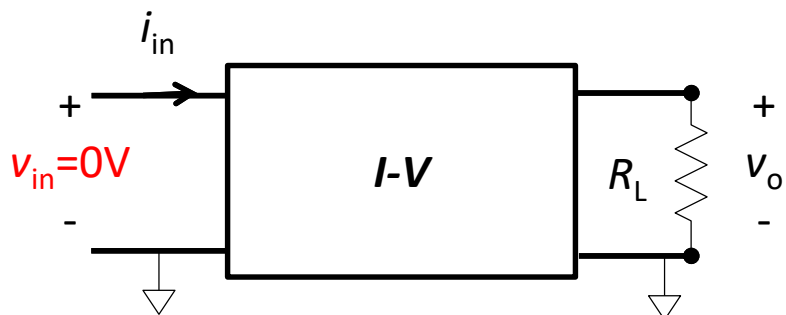
$$R_{in} = \infty \Omega \quad i_{in} = 0A$$

$$R_o = 0 \Omega \quad v_o = A_v v_{in}$$



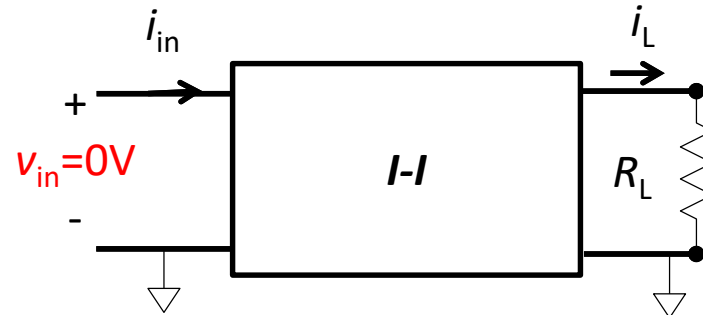
$$R_{in} = \infty \Omega \quad i_{in} = 0A$$

$$R_o = \infty \Omega \quad i_L = G_m v_{in}$$



$$R_{in} = 0 \Omega \quad v_{in} = 0V$$

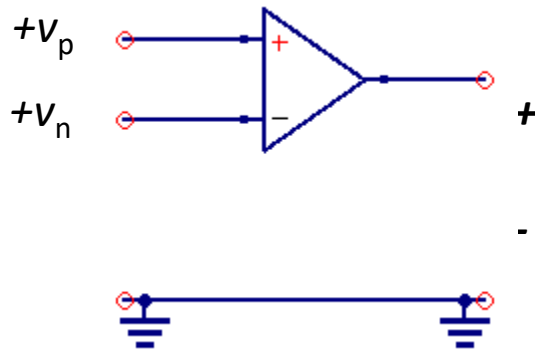
$$R_o = 0 \Omega \quad v_o = R_m i_L$$



$$R_{in} = 0 \Omega \quad v_{in} = 0V$$

$$R_o = \infty \Omega \quad i_L = A_i i_{in}$$

Differansförstärkare



$$v_o = A_d(v_p - v_n) + A_{cm} \frac{(v_p + v_n)}{2}$$

A_d - Förstärker skillnaden mellan v_p och v_n
 A_{CM} - Common-Mode förstärkning (*dåligt!!*)

$$CMMR = 20 \log \left(\frac{A_d}{A_{cm}} \right) \quad \text{Bra förstärkare - hög CMMR!}$$

Negativt återkopplade förstärkare

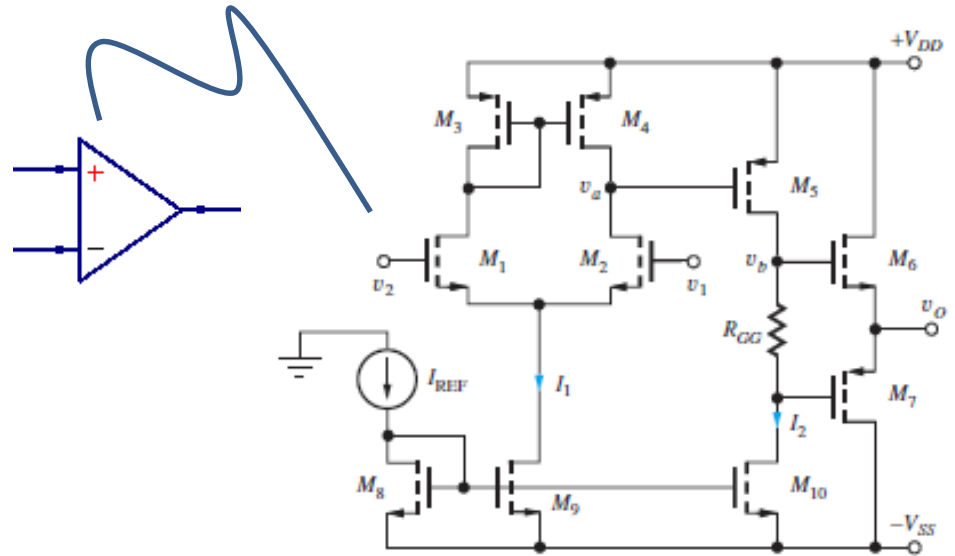
Transistorer – aktiva komponent som kan **förstärka signaler**

- Transistorer är **olinjära** kretselement
- Transistorer **ändras något** med **temperaturen**
- Alla transistorer har alla **lite olika** **karaktéristik**

Resistor – passiv komponent

- Resistorer är **linjära**
- Resistorer är nästan **temperaturoberoende**
- Kan enkelt väljas lika (**+/- 1%**)

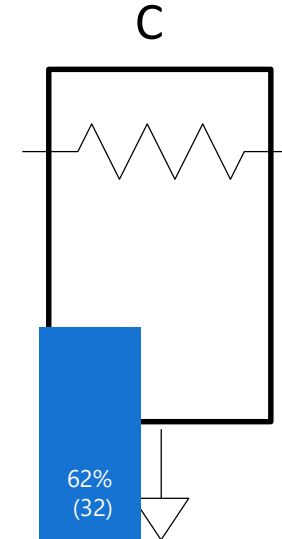
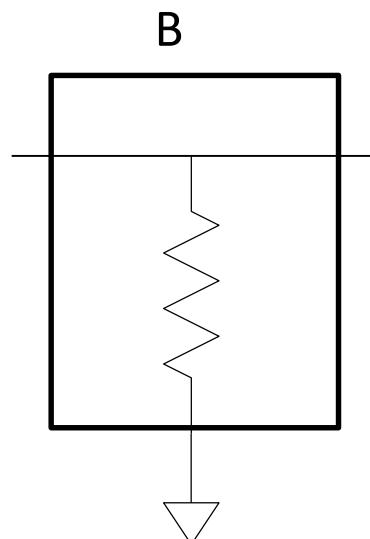
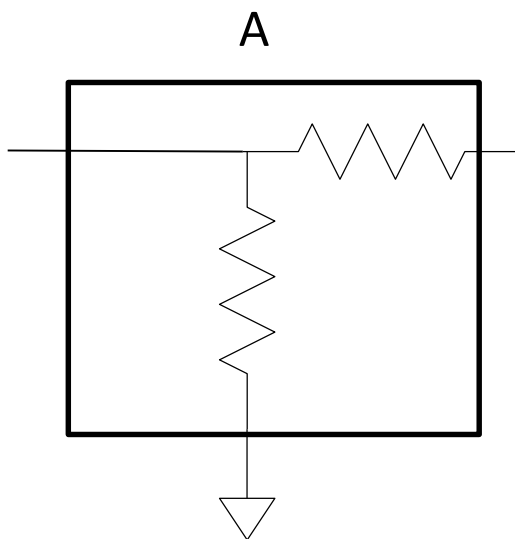
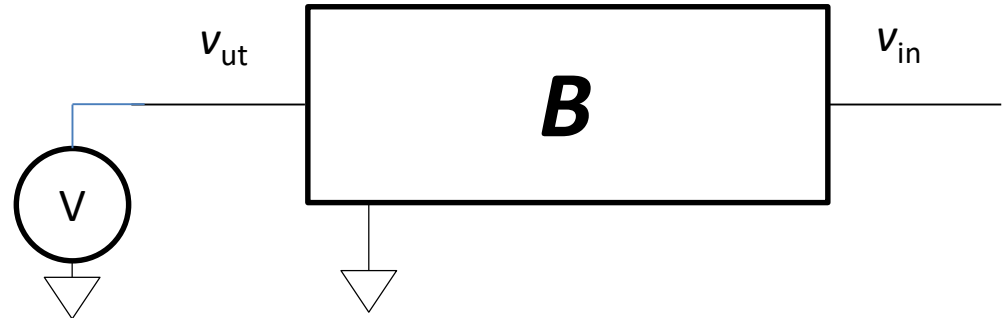
Negativ Återkoppling: Kombinera *aktiva och passiva* komponenter för att realisera linjära, stabila förstärkare!



CMOS realisering av en differensförstärkare (OP-amp)

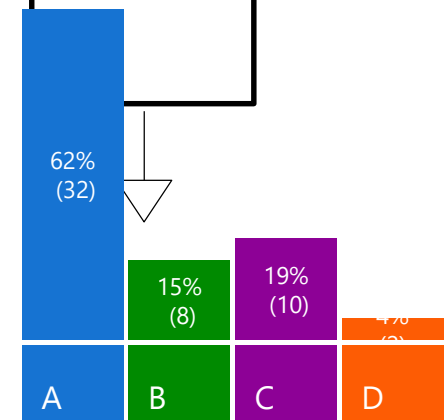
Realisering av B (Spänning-Spänning)

Vilken krets ger $v_{ut} < v_{in}$ om v_{ut} är kopplad till en voltmeter?

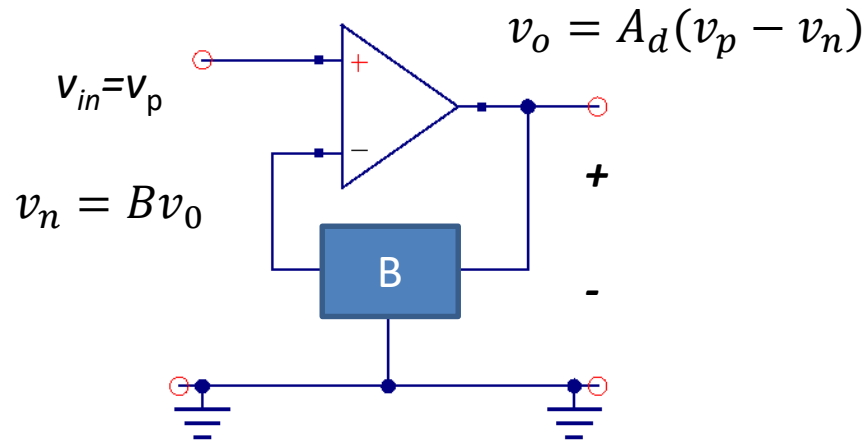


D
????

nano.participoll.com



Differensförstärkare – negativ återkoppling (V-V)



Differensförstärkare
med stort A_d !

$$v_o = \frac{A_d}{1 + BA_d} v_{in} \approx \frac{1}{B} v_{in} \quad A_d \rightarrow \infty$$

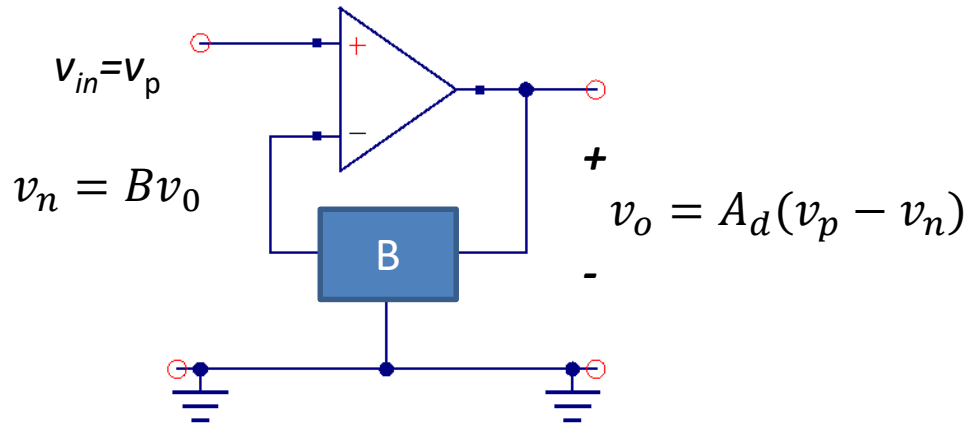
$$v_n = v_p$$

$$i_n = i_p = 0$$

Då A_d är oändlig!

*Vi kan använda differensförstärkare
med hög förstärkning för att bygga
ideala förstärkare*

Differensförstärkare – negativ återkoppling & ändlig A_d



$$v_o = \frac{A_d}{1 + BA_d} v_{in}$$

$$v_p = v_{in}$$

$$v_n = \frac{BA_d}{1 + BA_d} v_{in}$$

$$B = 0.01 \quad v_p = 1V$$

$$A_d = 10^5$$

$$v_{in} = 1V \quad v_n = \frac{0.01 \cdot 10^5}{1 + 0.01 \cdot 10^5} 1 = 0.999001V$$

$$\longrightarrow v_n \approx v_p$$

Med ett fel på bara 0.1%!

Om $A_d \rightarrow \infty$ får vi att $v_n \rightarrow v_{in}$, dvs $v_n - v_p \rightarrow 0$ $v_o = A_d v_d = \infty \cdot 0 = ?$

Oändlig A_d - komponent som måste ha $v_n = v_p$ genom återkoppling!

Analys av negativt återkopplade förstärkare med $A_d = \infty$

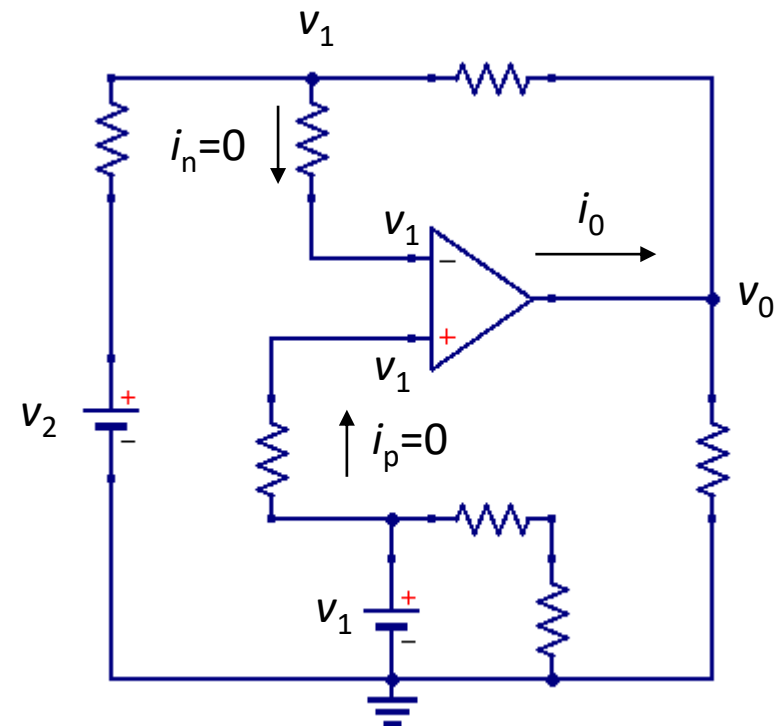
- 1) Identifiera om negativt återkopplad
- 2) **Skriv ner KCL på okända noder – utom noden kopplad till OP:ampens utgång**
- 3) Använd att $v_p = v_n$ och $i_n = i_p = 0$
- 4) Lös ekvationerna i 2.

2*. Flyter en ström i_0 från v_0 . Måste tas med om du skriver KCL på noden i_0 . En till obekant, som vi ofta inte är intresserad av!

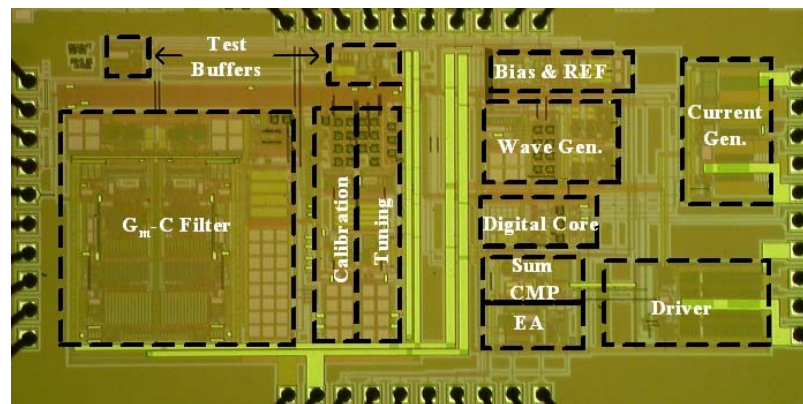
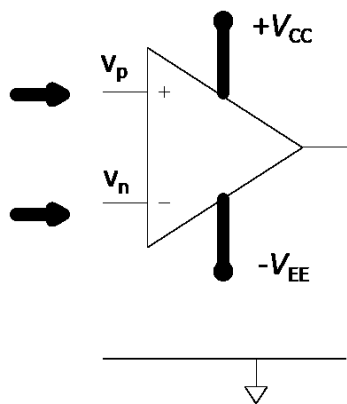
I många kretsar kan vi snabbt bestämma v_p och därmed v_n och sedan v_0 !

$$\frac{v_1 - v_2}{R} + \frac{v_1 - v_0}{R} = 0$$

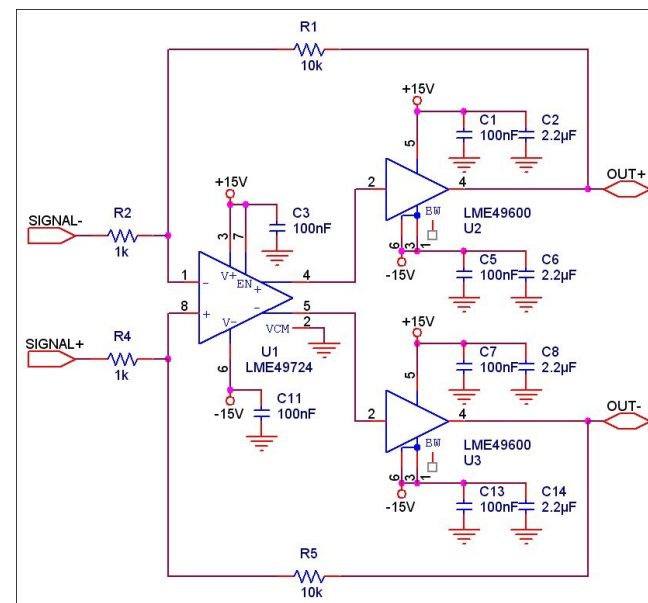
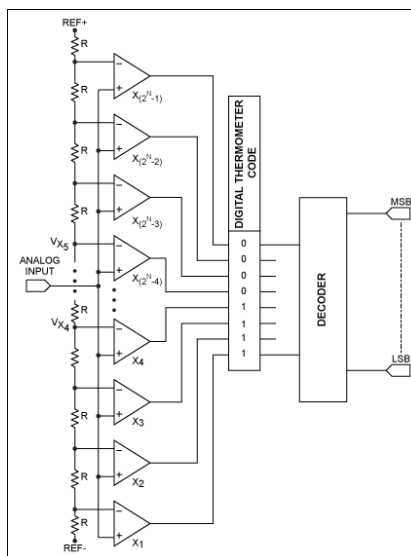
$$v_p = v_n$$
$$i_p = i_n = 0$$



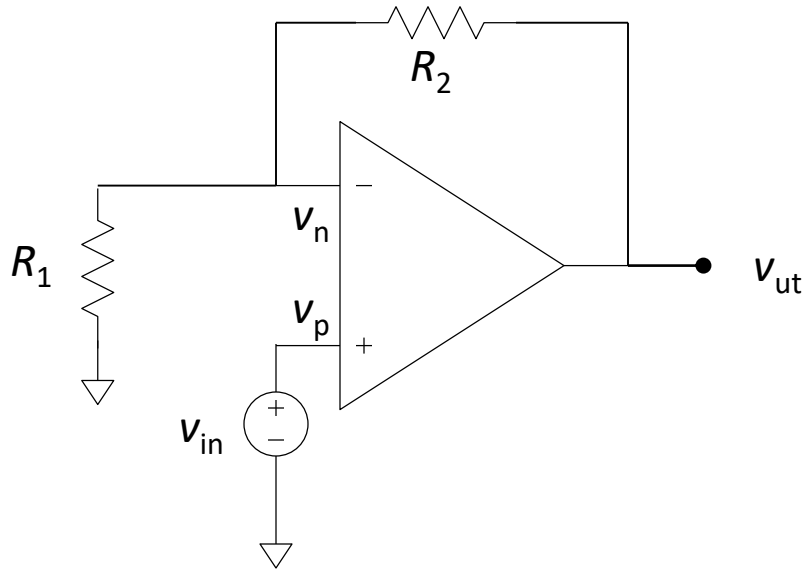
Operationsförstärkare



- **Generell modell för återkopplade förstärkare – både diskreta och integrerade kretsar**
- **Billiga & Enkla** för att snabbt bygga mindre kretsar (0.67-1:- styck!)
- **Byggblock** i AD/DA omvandlare



V-V förstärkare

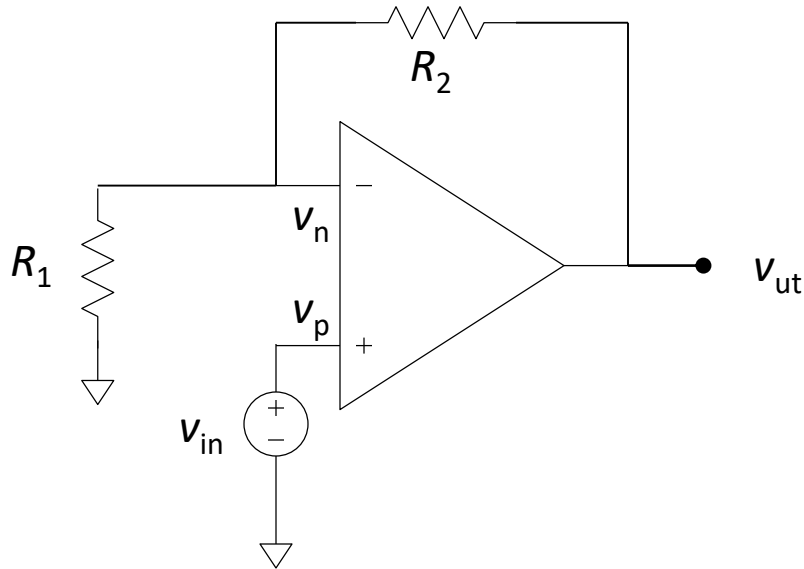


Vad blir v_n ?

- A. 0 V
- B. ∞V
- C. $\frac{R_1}{R_1+R_2} v_{ut}$
- D. v_{ut}
- E. ???

nano.participoll.com

V-V förstärkare

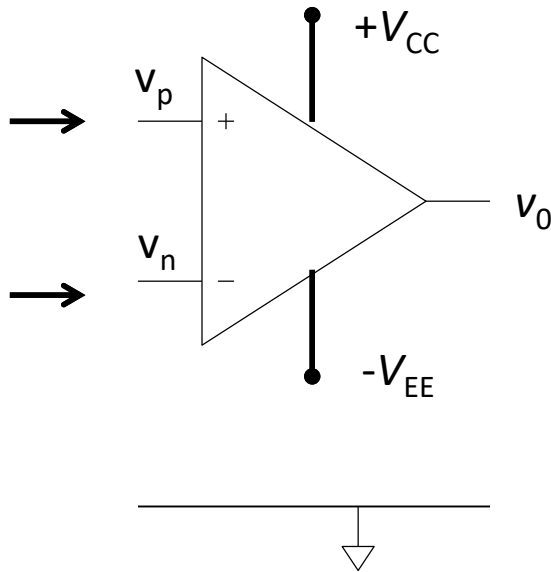


Varför blir $v_n = v_p$ för en återkopplad förstärkare?

- A. Op-ampen mäter på v_p och lägger ut samma spänning från v_n -porten.
- B. Eftersom $i_p = i_n$ måste $v_n = v_p$.
- C. v_{ut} ökas till dess att $v_n = v_p$.
- D. v_n och v_p är kortslutna inuti op-ampen.
- E. ???

nano.participoll.com

Operationsförstärkare



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

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

Maximal utspänning = $+V_{CC}$, $-V_{EE}$

Ideal OP

Återkopplad förstärkare:

$$v_n = v_p$$

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

En 'verklig' OP har fler begränsningar:

$$v_n, v_p > V_{EE} + 0.7$$

$$v_n, v_p < V_{CC} - 0.7V$$

Exakta siffror beror på vilken OP-amp ni använder!