

ELE-plan for i dag:

Differentiel måling/transmission - alternativ?

Fysisk udlægning af elektriske kredsløb

Eksempel hvor differentiel måling er krævet

Balanceret transmission

CMRR

Pause?

CMRR's betydning for de to grundkoblinger med Op Amp

Subtraktor (simpel differensforstærker) baseret på Op Amp

Pause?

Instrumenteringsforstærker:

- Princip*
- Et nærmere kig på AD620*

F1

CMRR forhold for ikke-ideel subtraktor?

- Modstandstolerance + Op Amp CMRR*
- Samlet resultat*

ELE-plan for i dag:

Differentiel måling/transmission - alternativ?

Fysisk udlægning af elektriske kredsløb

Eksempel hvor differentiel måling er krævet

Balanceret transmission

CMRR

Pause?

CMRR's betydning for de to grundkoblinger med Op Amp

Subtraktor (simpel differensforstærker) baseret på Op Amp

Pause?

Instrumenteringsforstærker:

- Princip
- Et nærmere kig på AD620



F1

CMRR forhold for ikke-ideel subtraktor?

- Modstandstolerance + Op Amp CMRR
- Samlet resultat

*Hvad er **fordelen** ved at måle **differentielt**?*

*Hvad er **fordelen** ved at måle **differentielt**?*

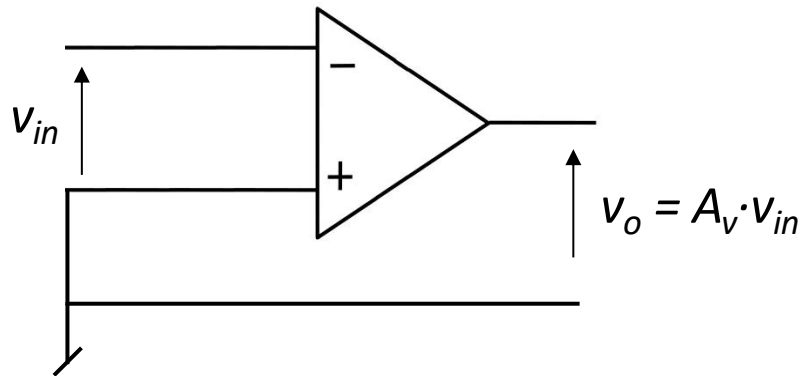
Undertrykke støj - hvis man kan!

Nogen gange er man tvunget til det!

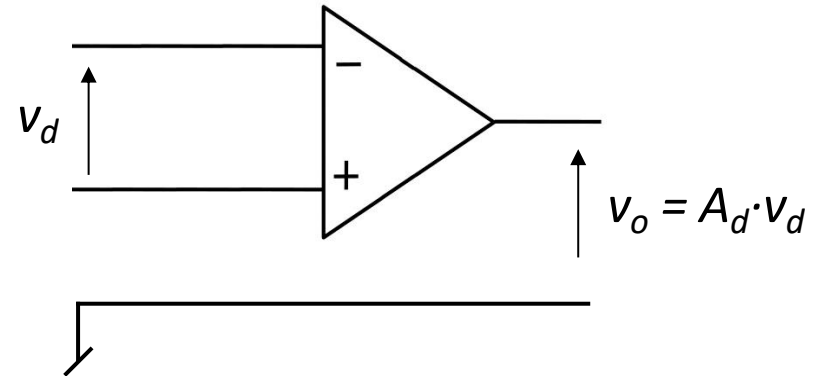
*Hvad er **alternativet** til differentiell måling?*

Hvad er **alternativet** til differentiell måling?

Måling i forhold til **stel**:

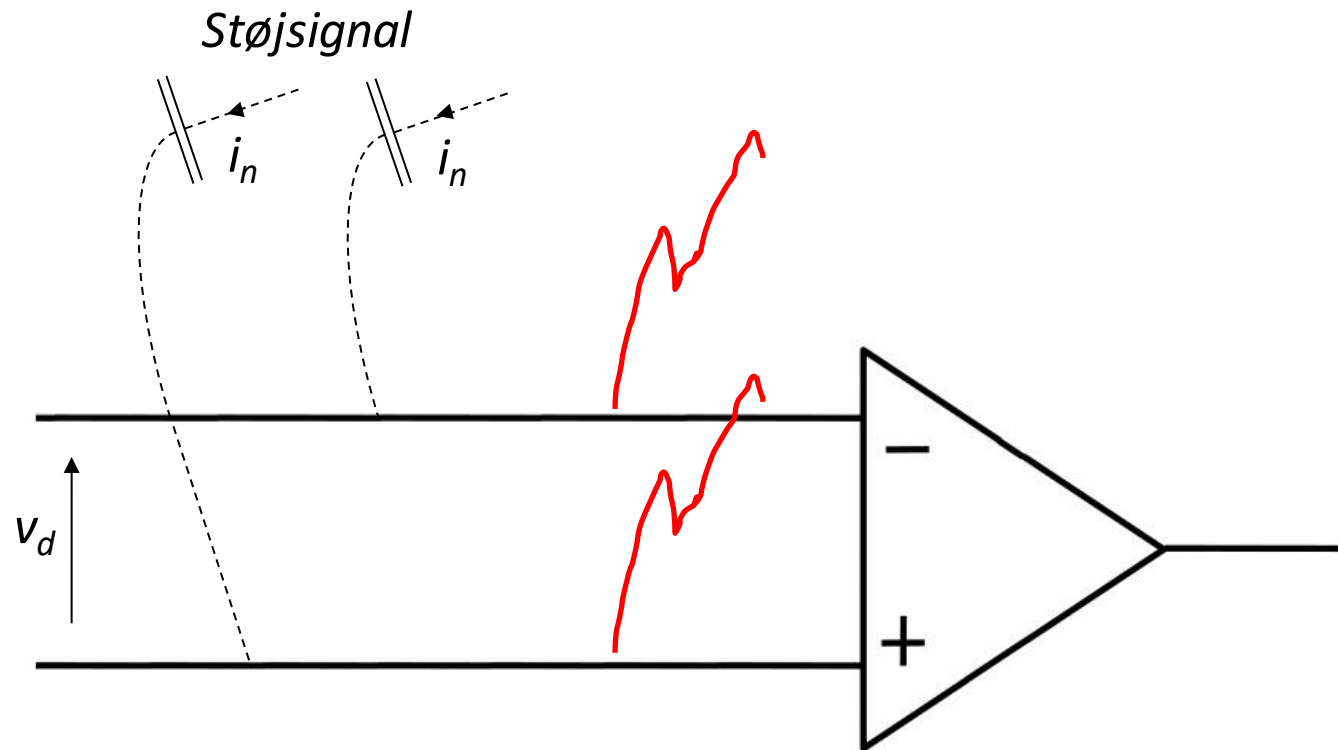


Måling i forhold til **stel**...

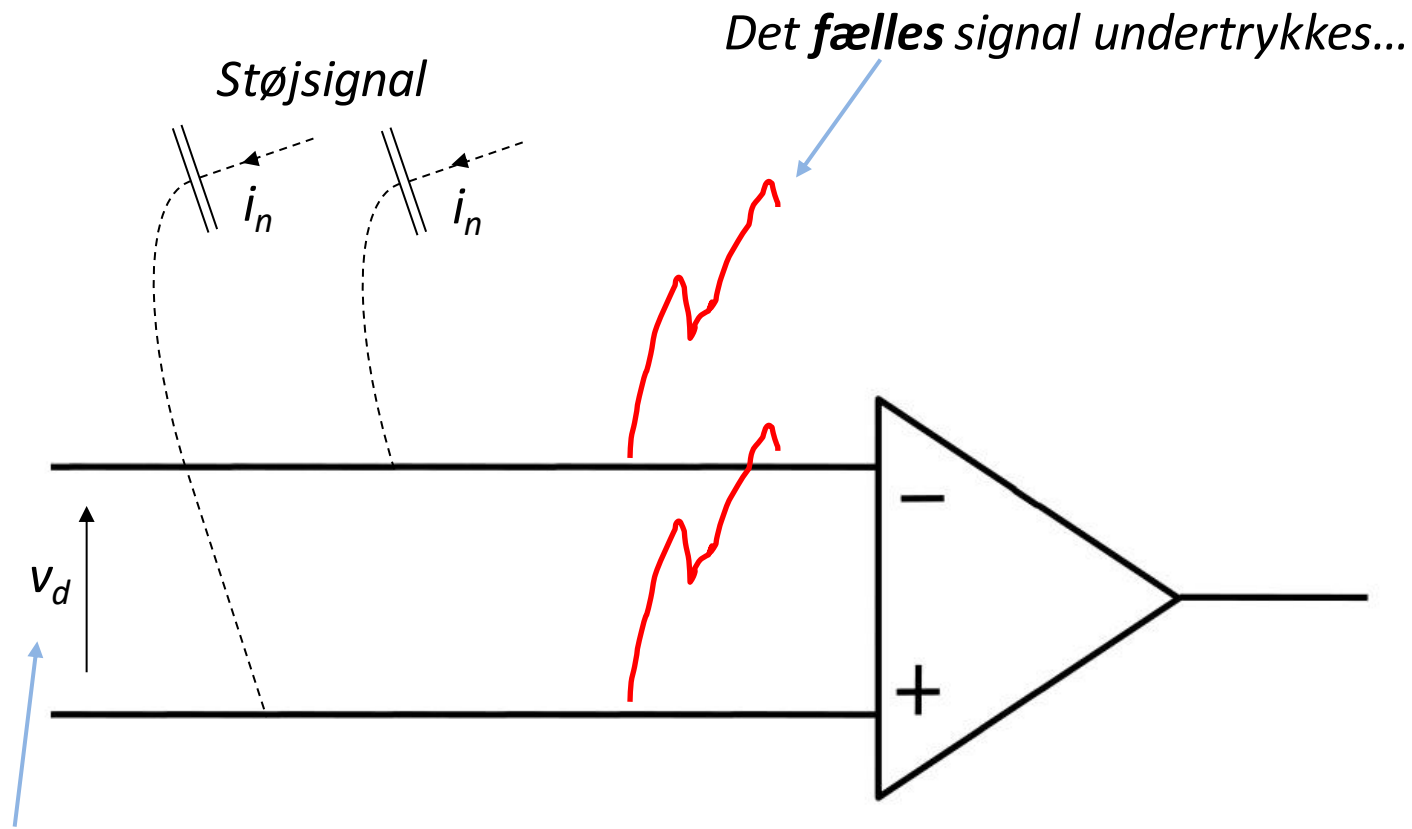


Differentiell måling
(måske balanceret?)

Differensforstærker



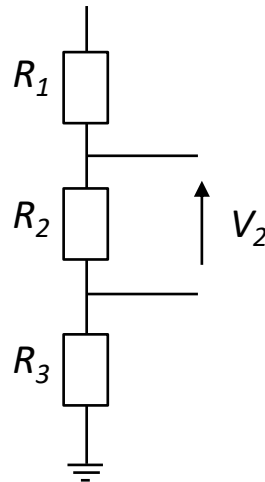
Differensforstærker



Kun **differenssignalet** v_d forstærkes...

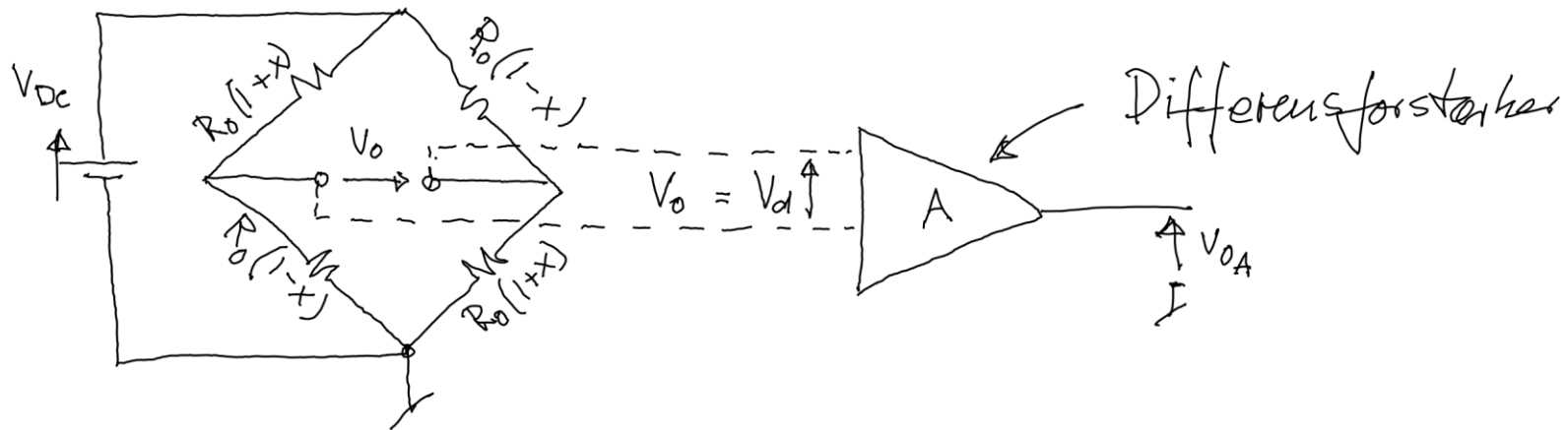
Hvor kan differentiell måling være et **krav**?

Eks. når en spænding ikke måles i forhold til stel



Denne spænding V_2 er ikke refereret til stel

Wheatstone Bridge (eksempel)



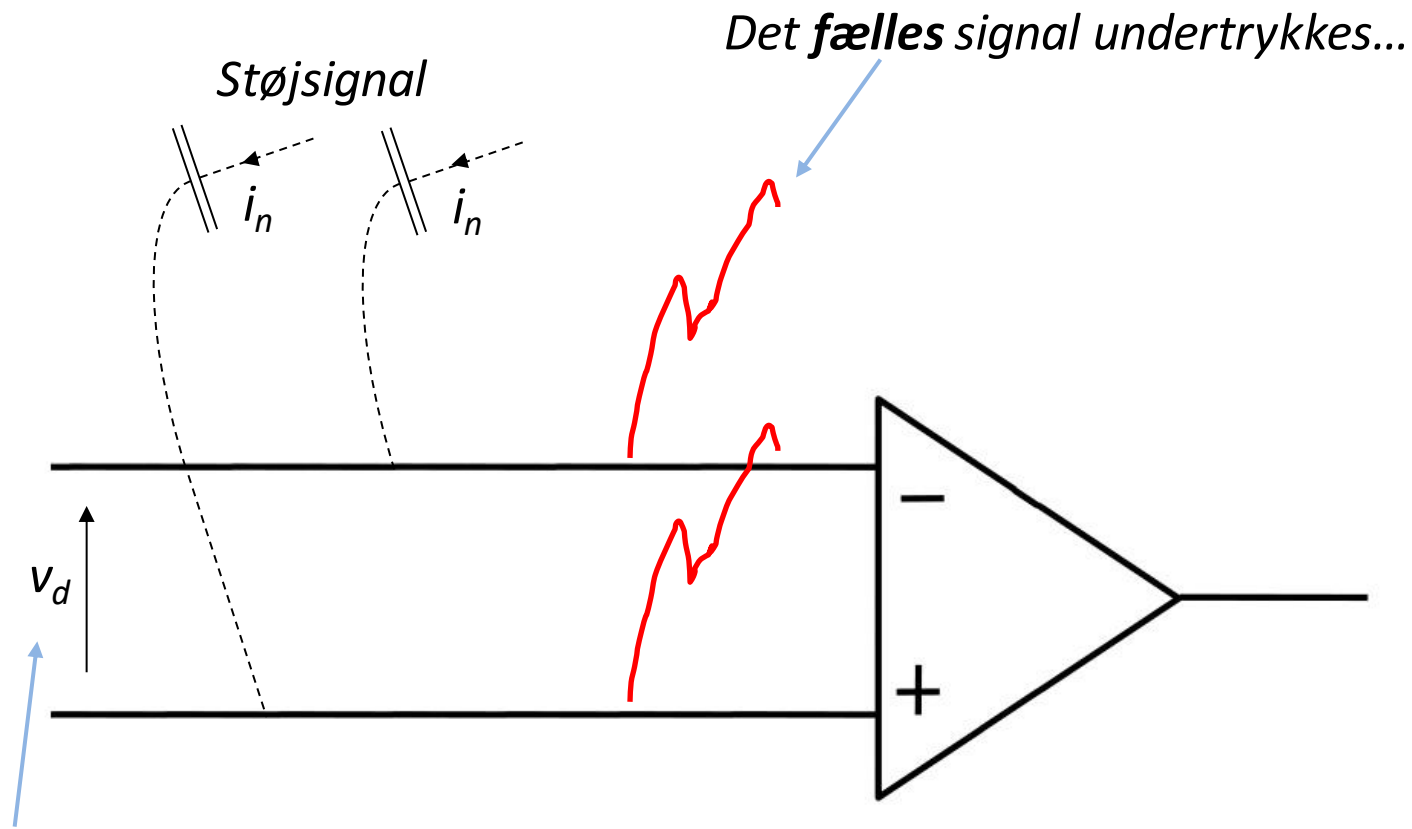
$$\underline{\underline{V_0 = V_{DC} \cdot X}}$$

(Princip med "Full Bridge" er uddybet på sidste to slides i denne PPS)

Krav?

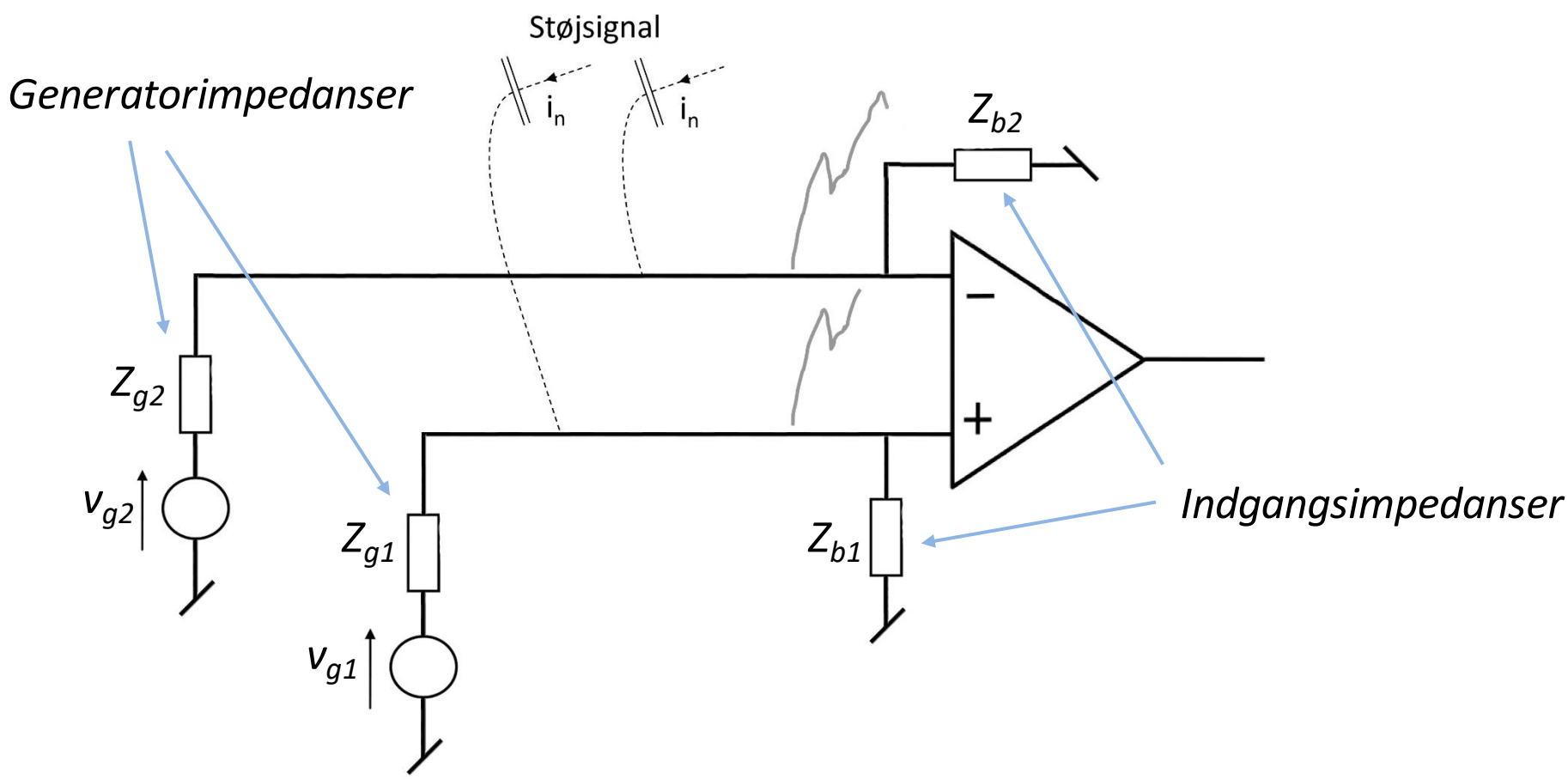


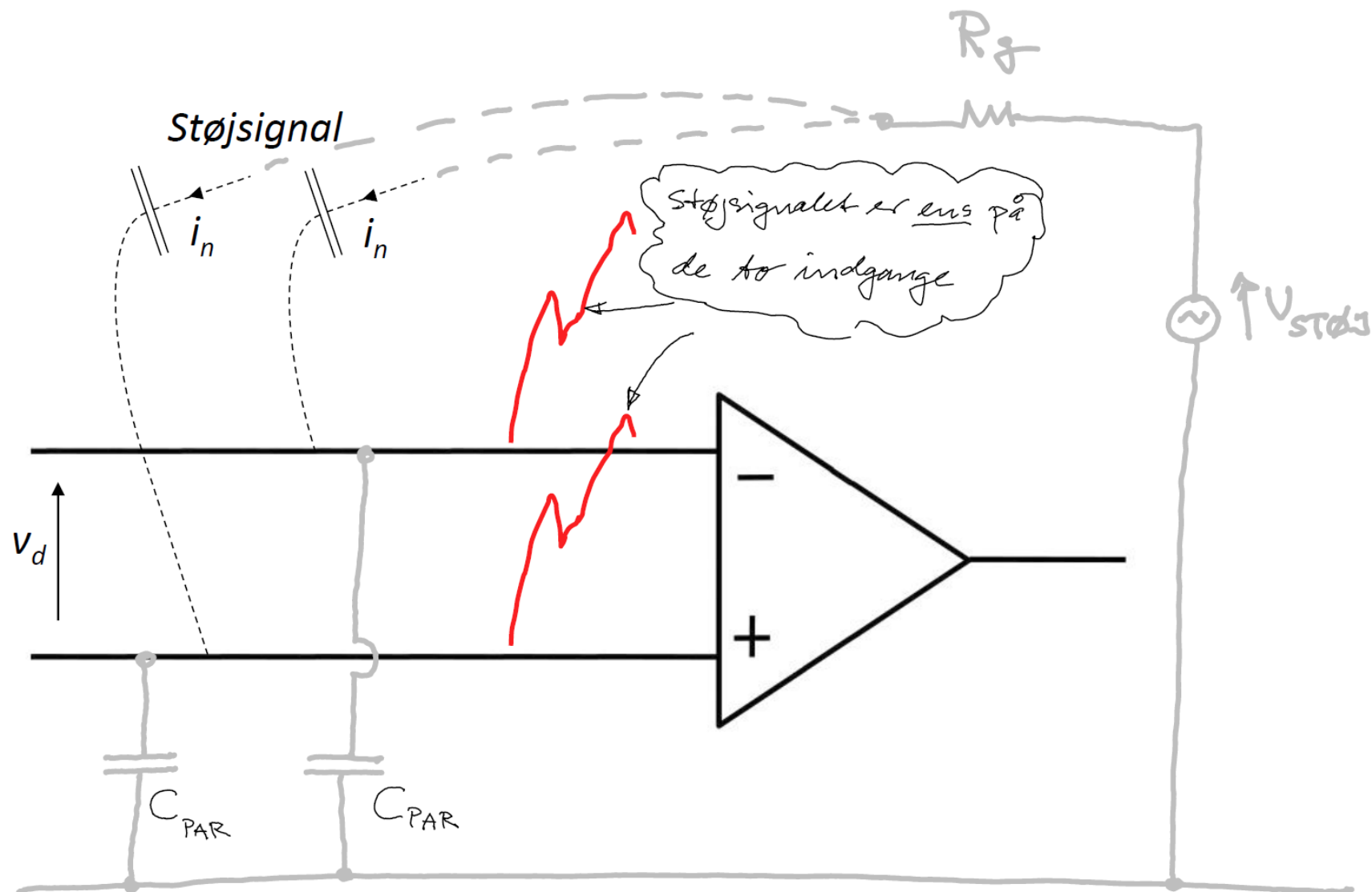
Differensforstærker



Kun **differenssignalet** v_d forstærkes...

Balanceret måling/transmission





Jeg har illustreret, at støjen fra en fælles støjkilde vil koble og returnere via spredningskapaciteter. (Eksempel)

Parasitiske impedanser

Parasitiske impedanser kan være vanskelige at kontrollere:

- Ohmsk modstand i ledninger og printbaner*
- Sprednings-kapaciteter*
- Sprednings-induktanser*

Begrebet "parasitiske" impedanser

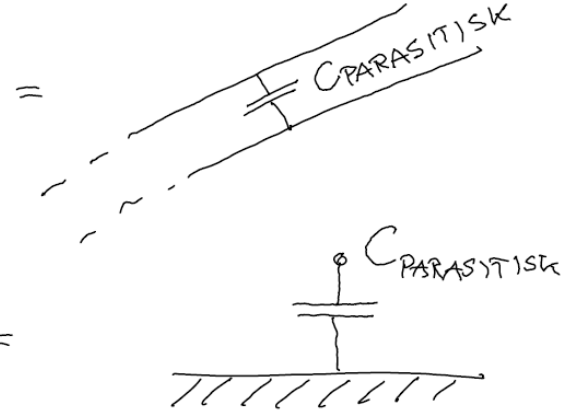
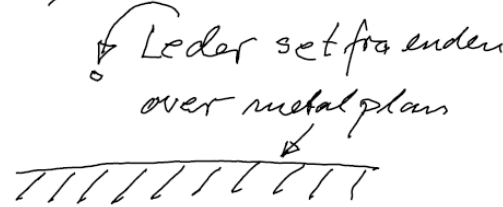
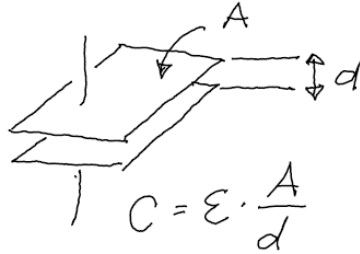
$R; L; C$

Enhver leder udgør en ohmsk modstand (lille)



To ledere over for hinanden / en leder over et chassis udgør en (utilrigselig) kapacitet.

Pladekondensator



Strøm gennem leder \Rightarrow Magnetisk flux Φ :



Sammenhængen er givet ved $\Phi = L \cdot i \Rightarrow L = \frac{\Phi}{i}$



Dette betyder, at en ledning i praksis også indeholder en selv-induktion L .

$L_{\text{PARASITISK}}$

Begrebet "parasitiske" impedanser

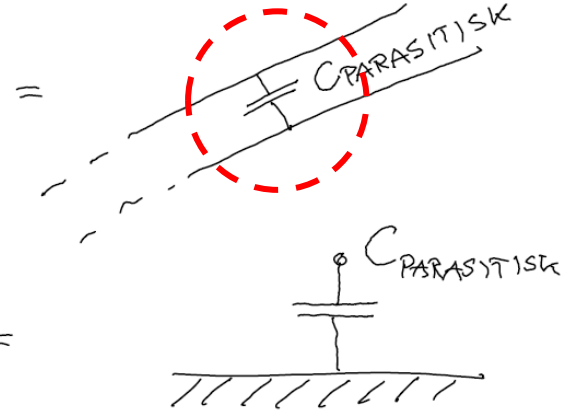
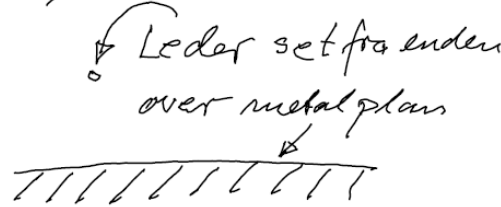
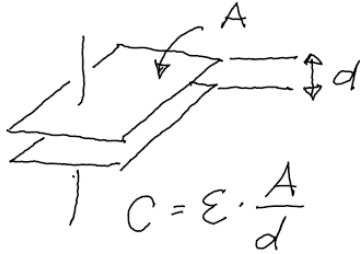
$R; L; C$

Enhver leder udgør en ohmsk modstand (lille)



To ledere over for hinanden / en leder over et chassis udgør en (udtilsigtes) kapacitet.

Pladekondensator



Strøm gennem leder \Rightarrow Magnetisk flux Φ :



Sammenhængen er givet ved $\Phi = L \cdot i \Rightarrow L = \frac{\Phi}{i}$



Dette betyder, at en ledning i praksis også indeholder en selv-induktion L .



Eks. på spredningskapacitet

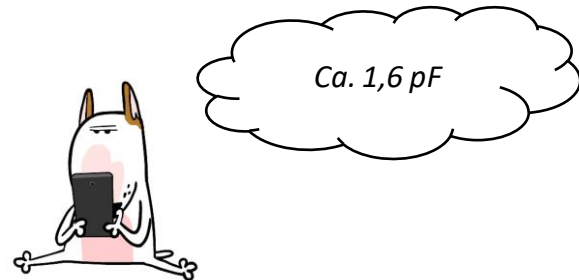
En printbane løber parallelt over et metalchassis i en længde på 5 cm.

*Bredden af printbanen er 2 mm. Printet er af epoxy typen.
($\epsilon_r = 3,6$)*

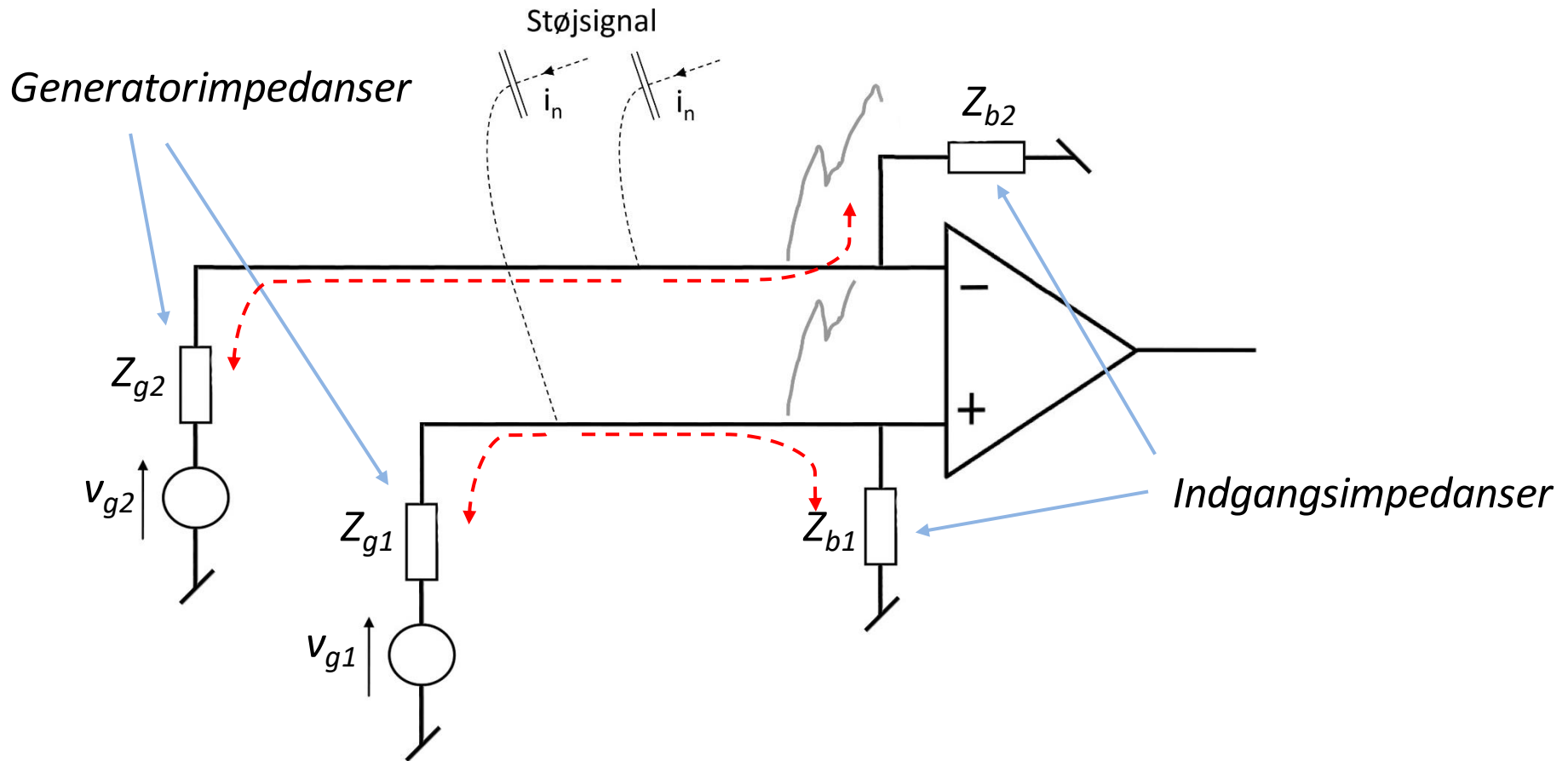
Afstand mellem printbane og metalchassis er 2 mm.

*Situationen kan modelmæssigt betragtes som en
pladekondensator.*

Beregn spredningskapaciteten.

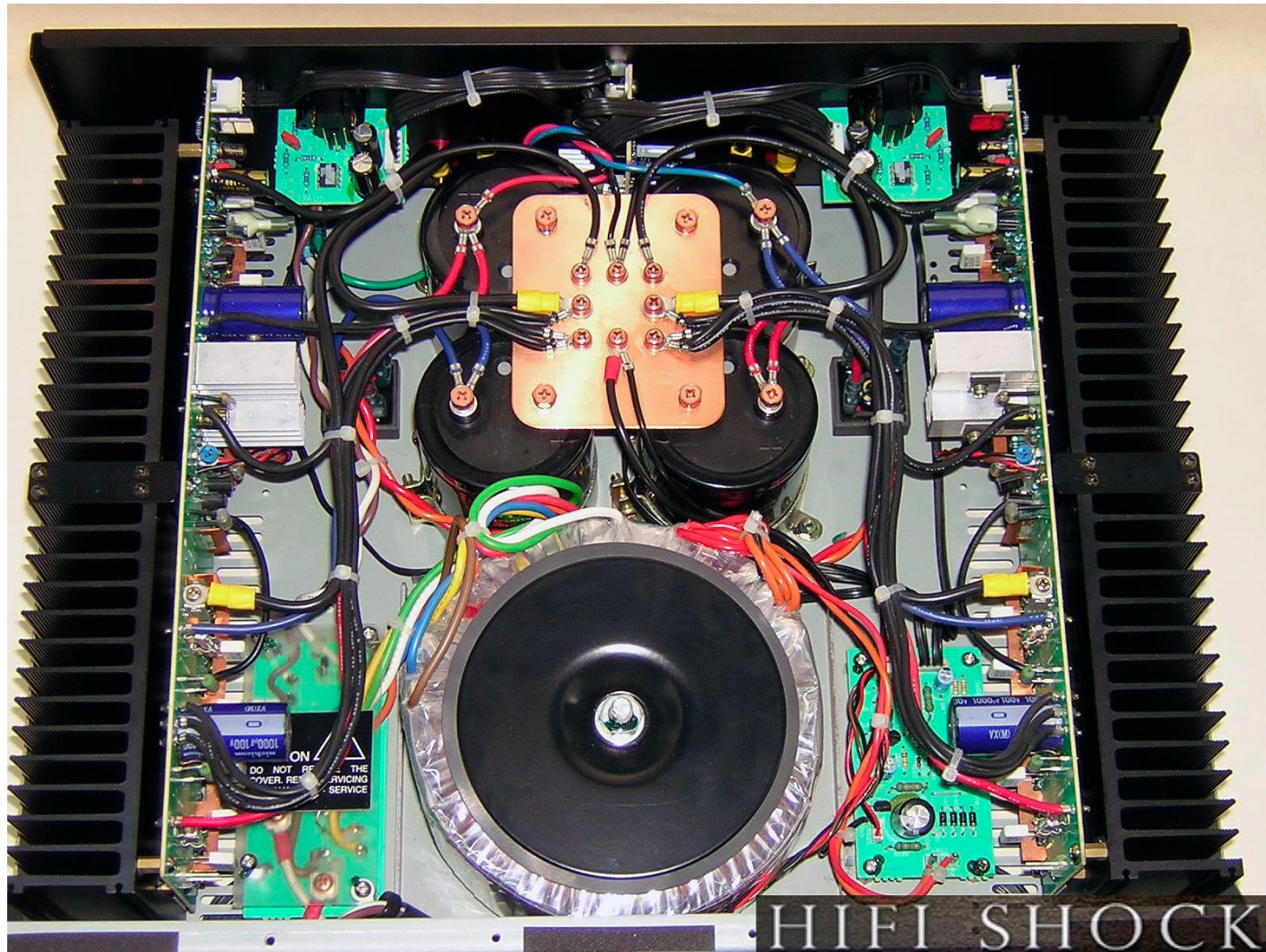


Balanceret måling/transmission



Krav: $Z_{g1} // Z_{b1} = Z_{g2} // Z_{b2}$

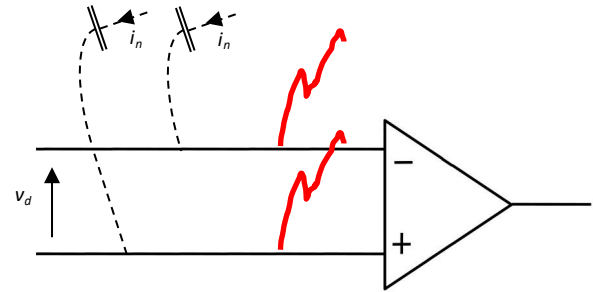
Rotel RB-991 top view



Symmetrisk layout

CMRR

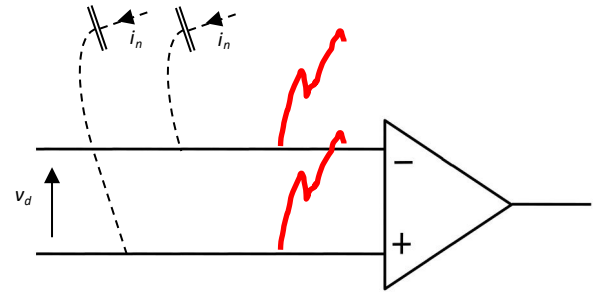
Common Mode Rejection Ratio



Fortæller noget om hvor god en forstærker er til at undertrykke *fælles signaler*

CMRR

Common Mode Rejection Ratio



Fortæller noget om hvor god en forstærker er til at undertrykke *fælles signaler*

$$CMRR = 20 \log \frac{|A_d|}{|A_{cm}|}$$

(1.25) på side 50

Ex. $\mu A741$



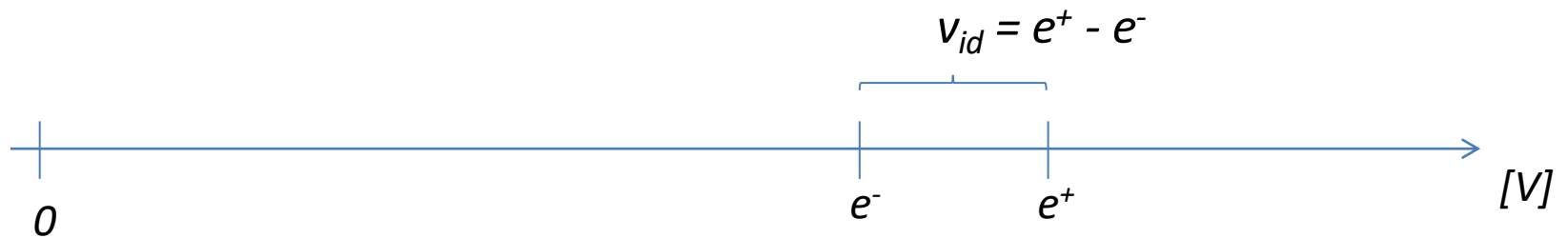
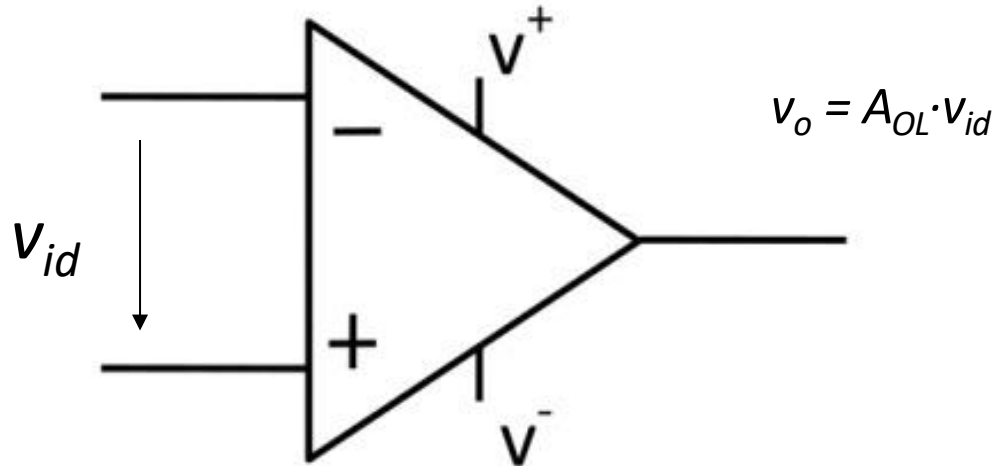
Op Amp – i sig selv en differensforstærker – anvendes med modkobling.

Instrumenteringsforstærker – dette ER en differensforstærker

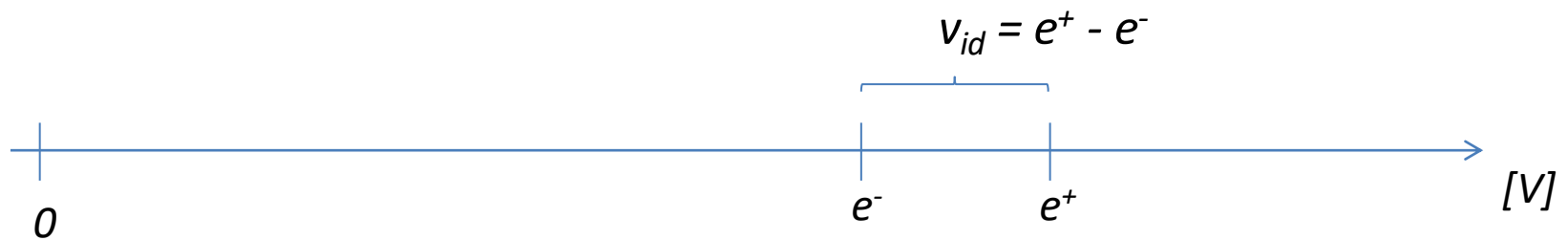
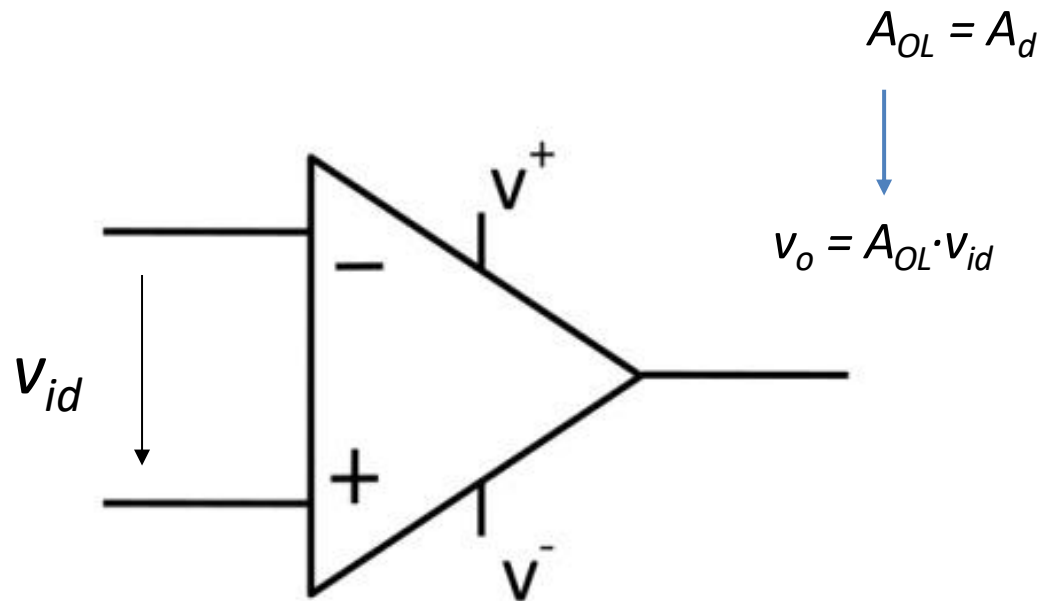


Ex. AD620

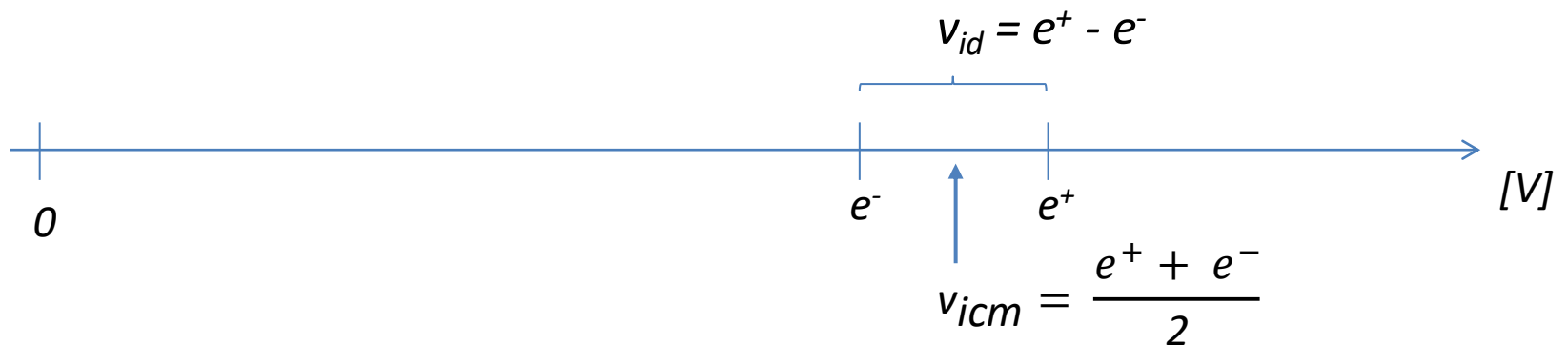
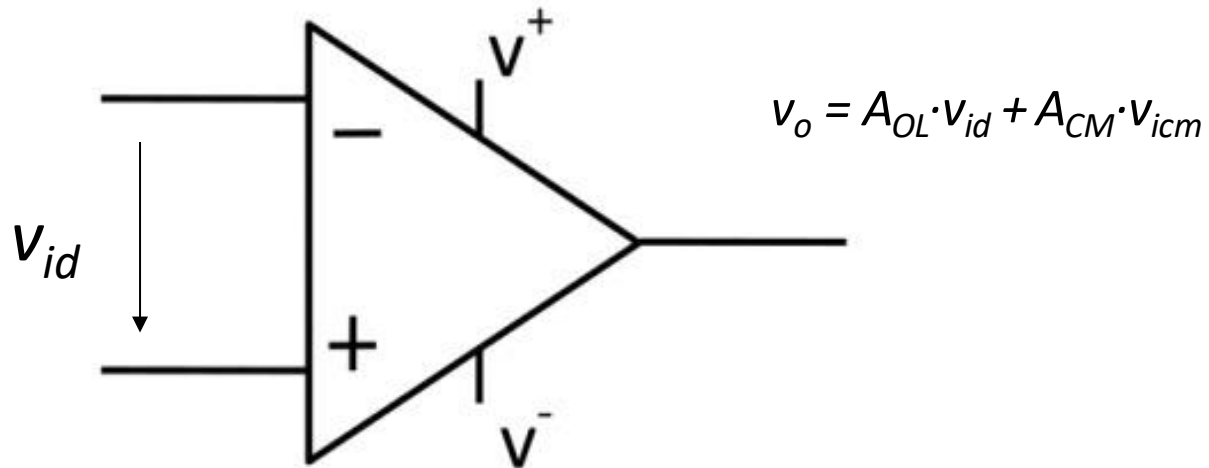
Ideelt forstærkes kun v_{id}



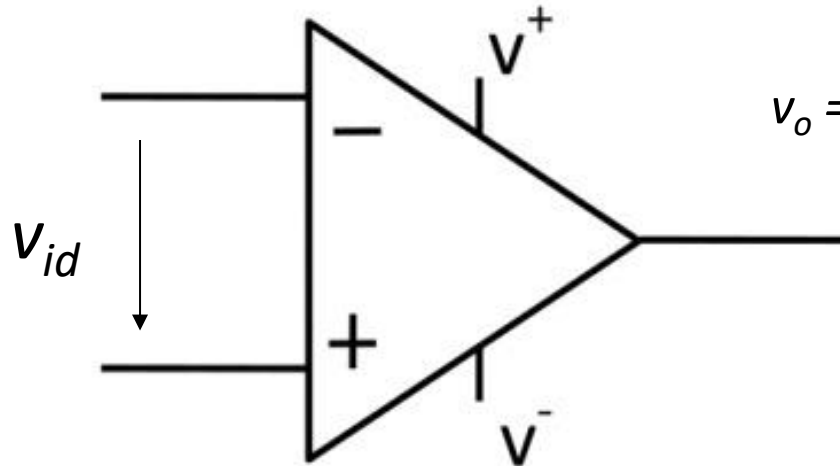
Ideelt forstærkes kun v_{id}



I praksis forstærkes også v_{icm}

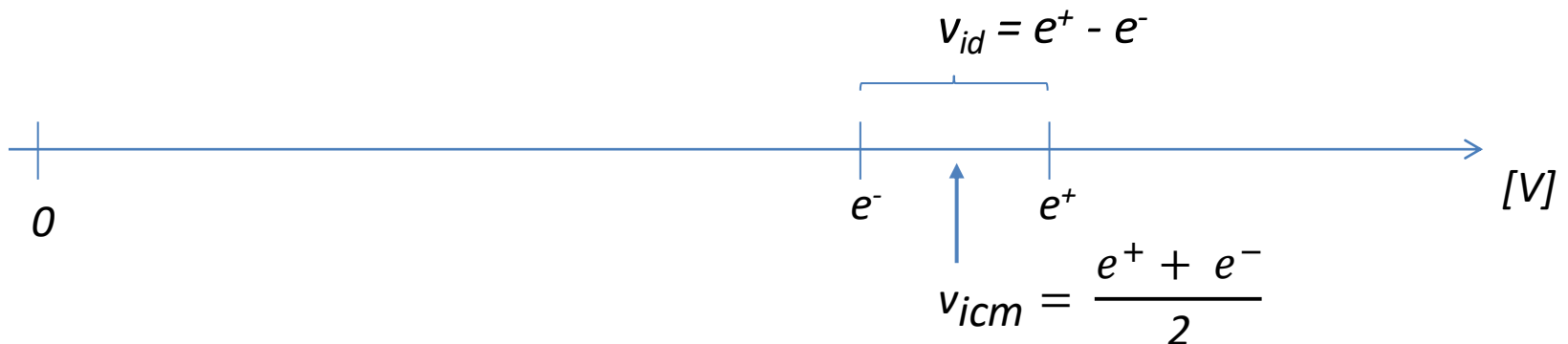


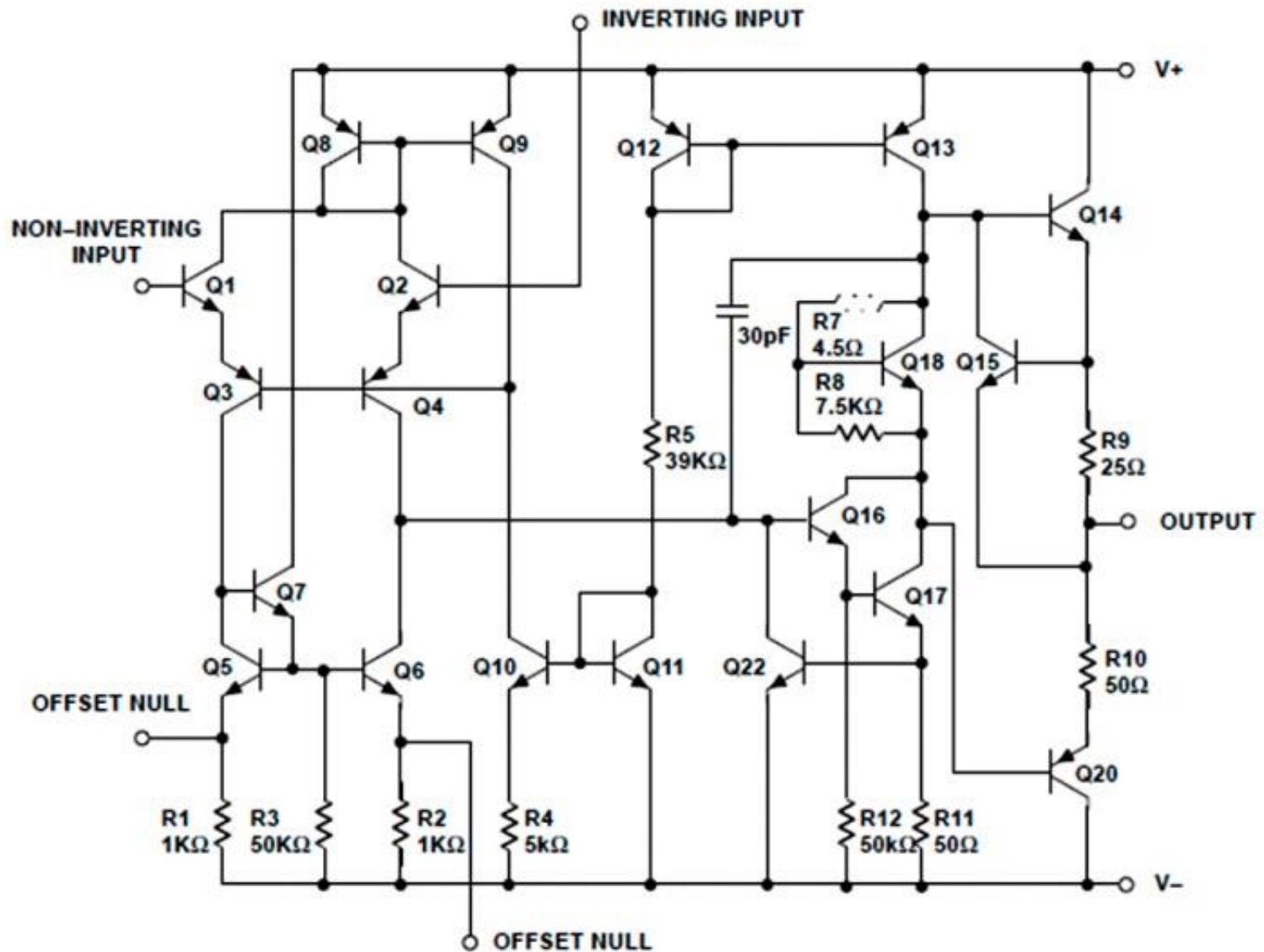
I praksis forstærkes også v_{icm}



$$v_o = A_{OL} \cdot v_{id} + A_{CM} \cdot v_{icm}$$

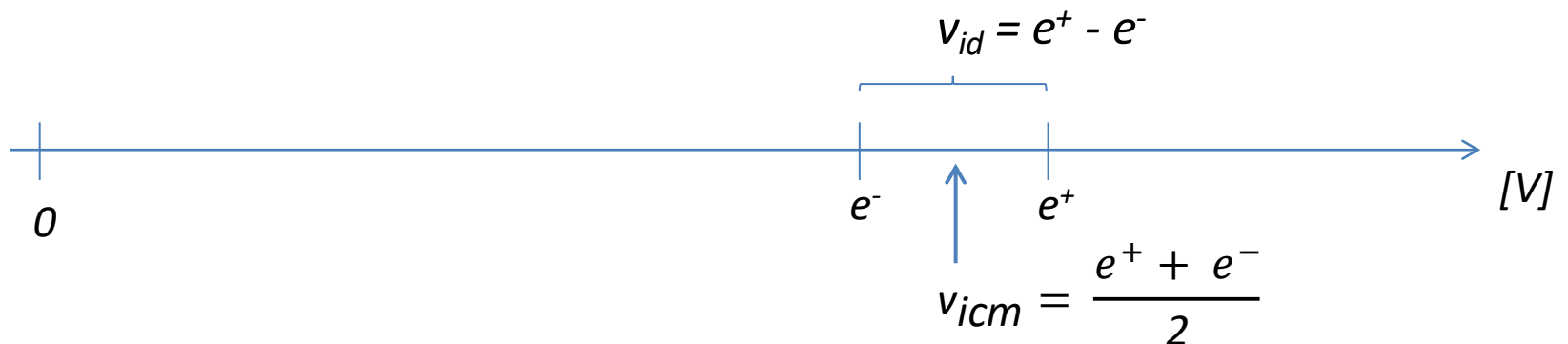
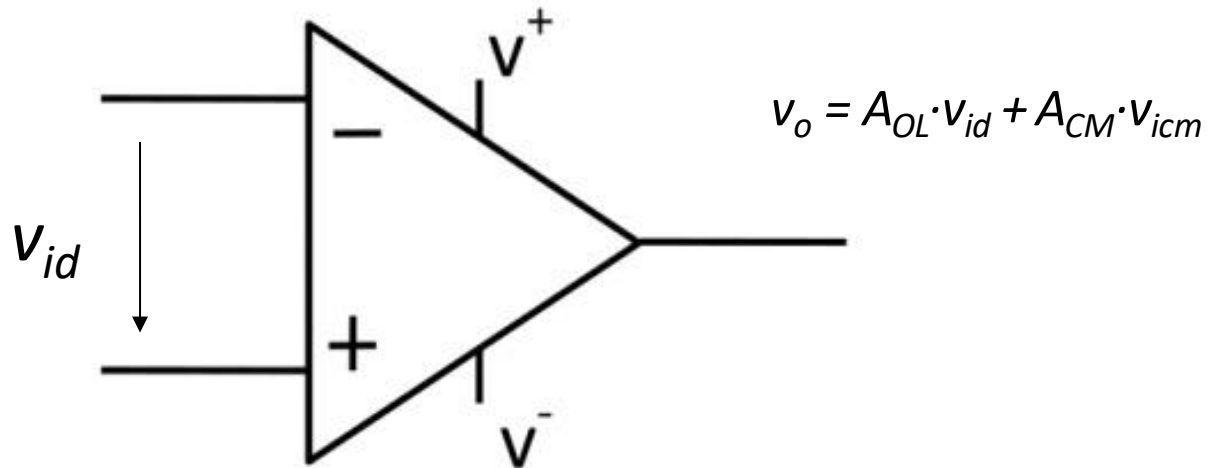
*Skyldes forskel i forstærkningen
for de to indgange*





Dual fejl

I praksis forstærkes også v_{icm}



CMRR ideelt?

$$CMRR = 20 \log \frac{|A_d|}{|A_{cm}|}$$

CMRR ideelt

$$CMRR = 20 \log \frac{|A_d|}{|A_{cm}|}$$

$$CMRR_{IDEEL} \longrightarrow \infty$$

CMRR for $\mu A741C$

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	$\mu A741$			$\mu A741C$			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{os}	Offset voltage	$R_c=10\text{k}\Omega$		1.0	5.0		2.0	6.0	mV
		$R_S \geq 10\text{k}\Omega$, over temp.		10	150				$\mu\text{V/V}$
CMRR	Common-mode rejection ratio					70	90		dB
		Over temp.	70	90					dB
				1.1	2.8		1.1	2.8	mV

CMRR for $\mu A741C$

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_A = 25^\circ C$, $V_S = \pm 15V$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	$\mu A741$			$\mu A741C$			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{os}	Offset voltage	$R_c = 10k\Omega$		1.0	5.0		2.0	6.0	mV
		$R_S \geq 10k\Omega$, over temp.		10	150				$\mu V/V$
CMRR	Common-mode rejection ratio					70	90		dB
		Over temp.	70	90					dB
				1.1	2.8		1.1	2.8	mV

Afhænger CMRR af iøjenfaldende og måske logiske parametre for $\mu A741C$?

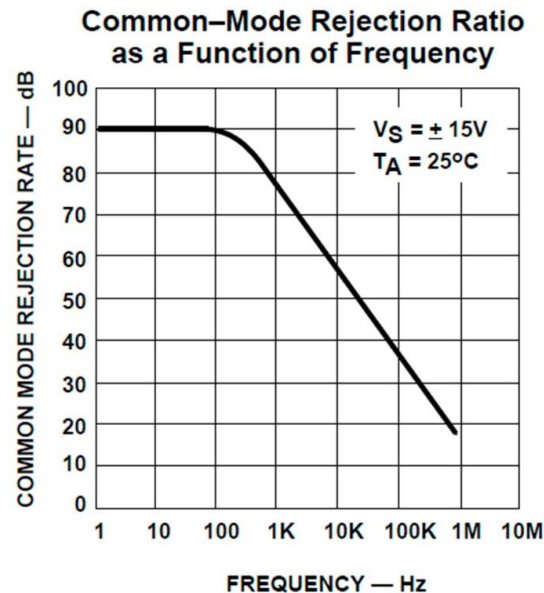
CMRR for $\mu A741C$

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise specified.

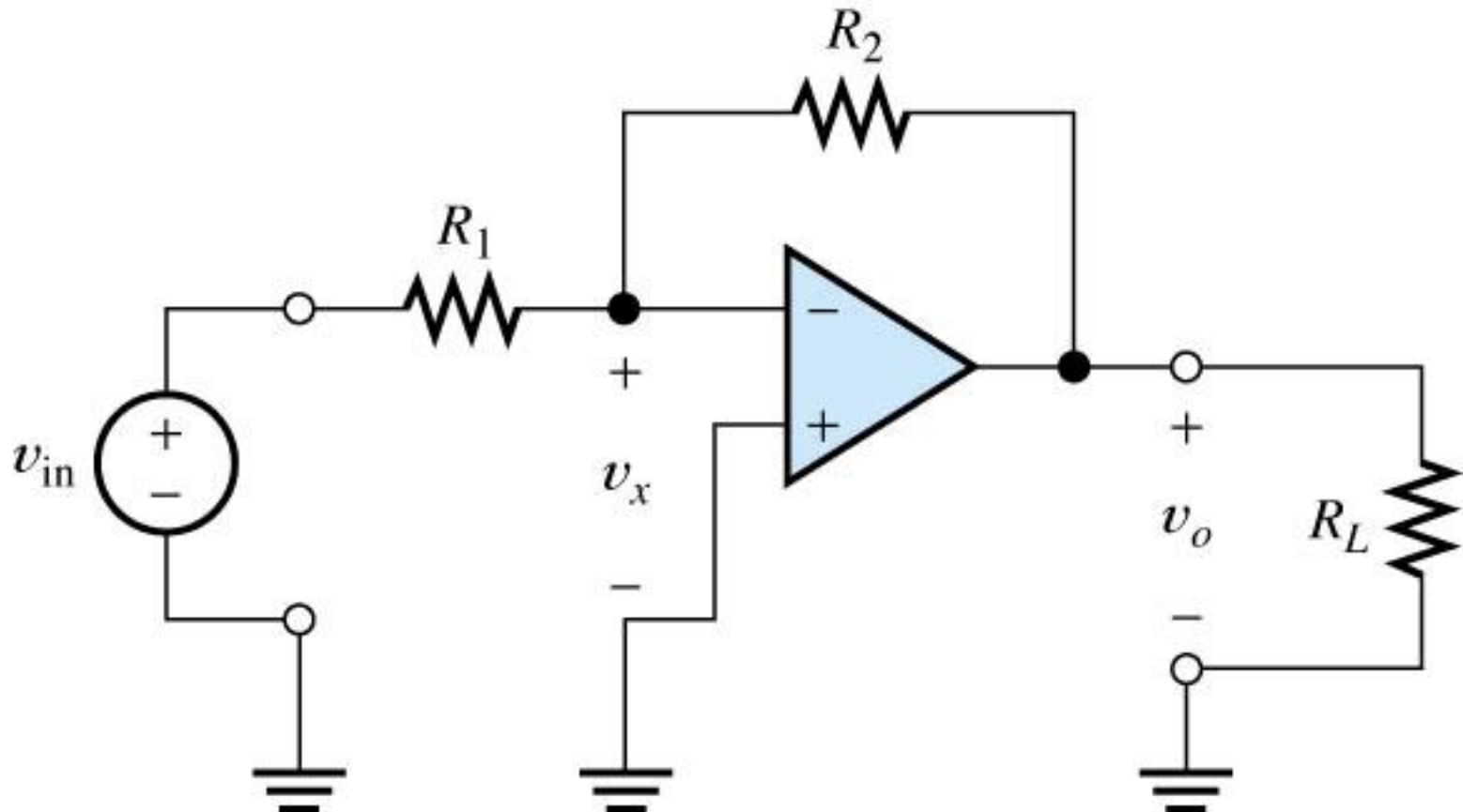
SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	$\mu A741$			$\mu A741C$			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{os}	Offset voltage	$R_c = 10\text{k}\Omega$ $R_S \leq 10\text{k}\Omega$, over temp.		1.0	5.0		2.0	6.0	mV
				10	150				$\mu\text{V/V}$
CMRR	Common-mode rejection ratio	Over temp.	70	90		70	90		dB
				1.1	2.8		1.1	2.8	mV

Afhænger CMRR af iøjenfaldende og måske logiske parametre for $\mu A741C$?



Sp. 6 fra forberedelsen:

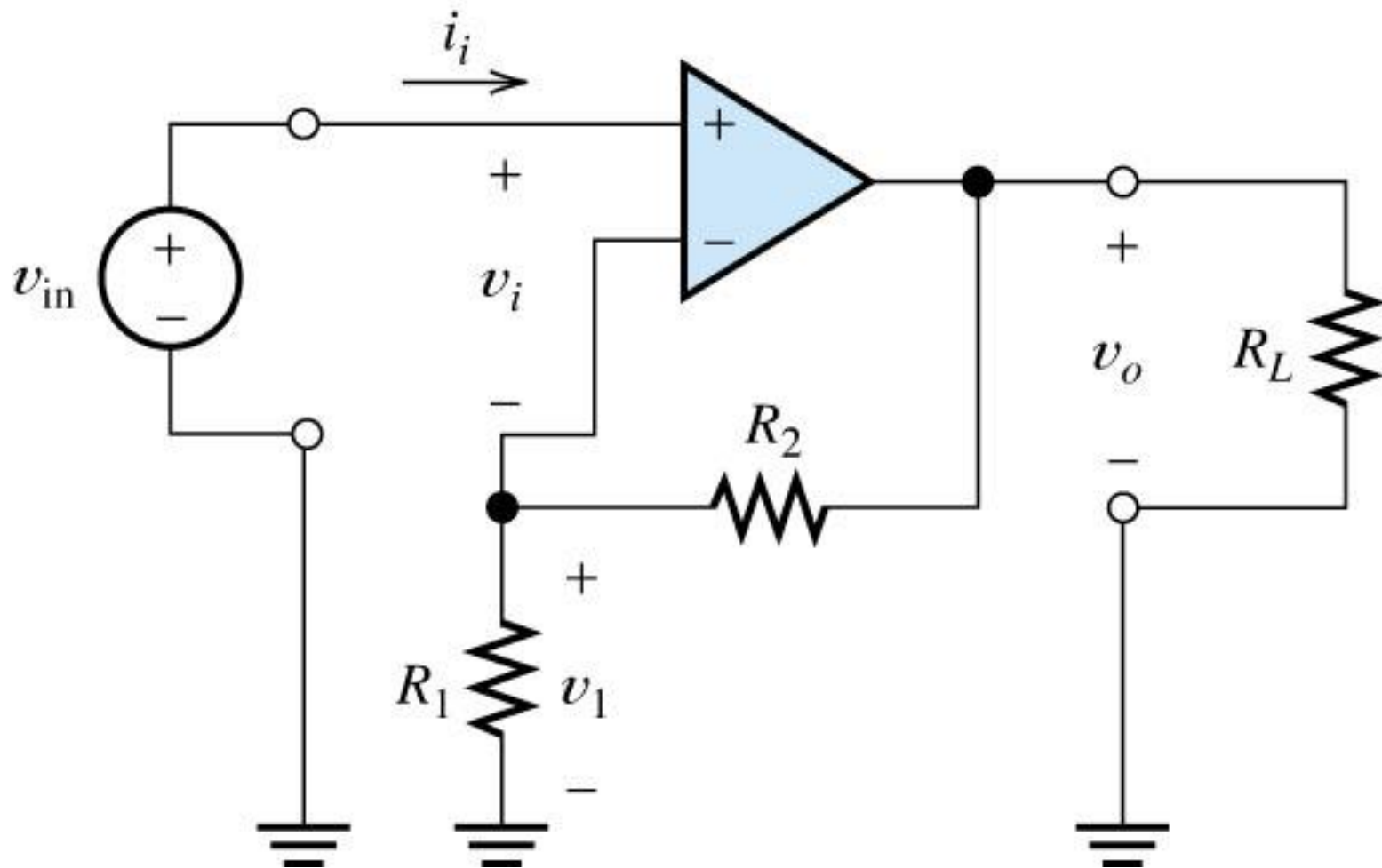
Den inverterende kobling har en fordel mht. fejl grundet ikke ideelle CMRR forhold. Hvilken?



Figur 2.4

Sp. 7 fra forberedelsen:

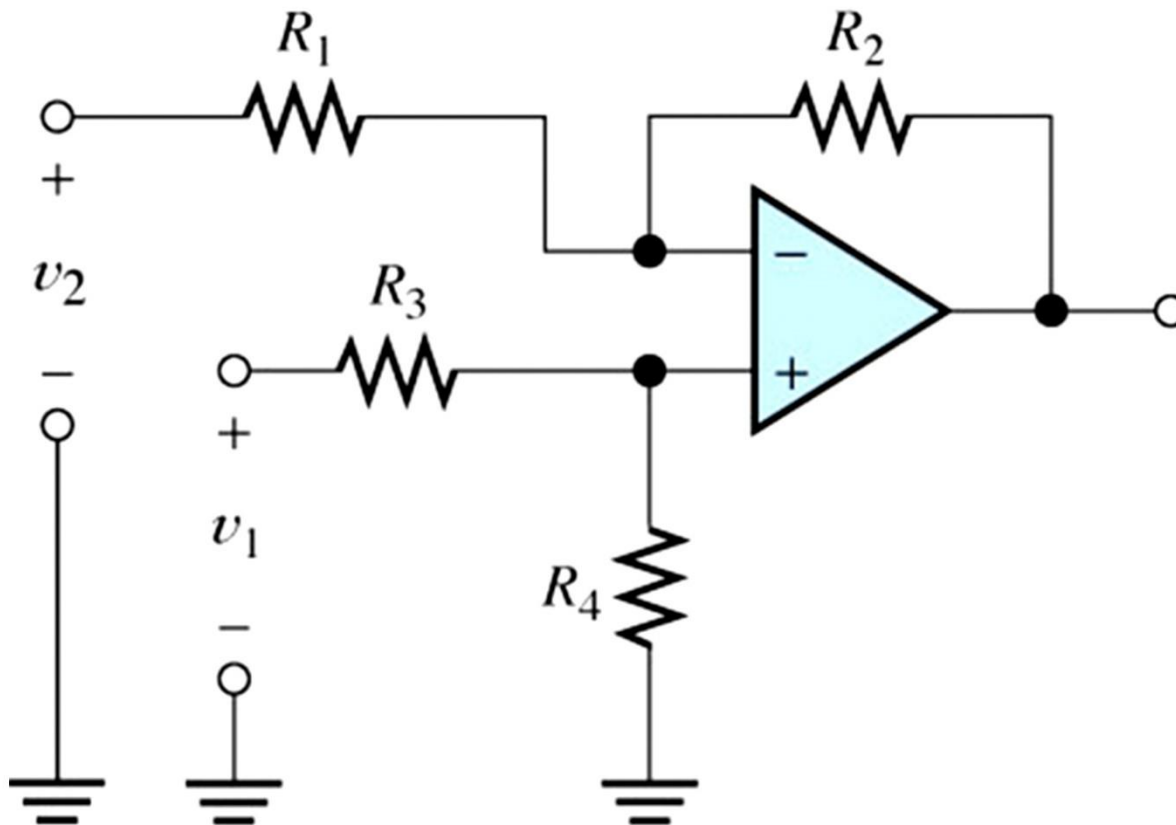
Hvordan kan fejl grundet CMRR ækvivaleres som en ekstern generator for den ikke inverterende kobling?



Figur 2.11

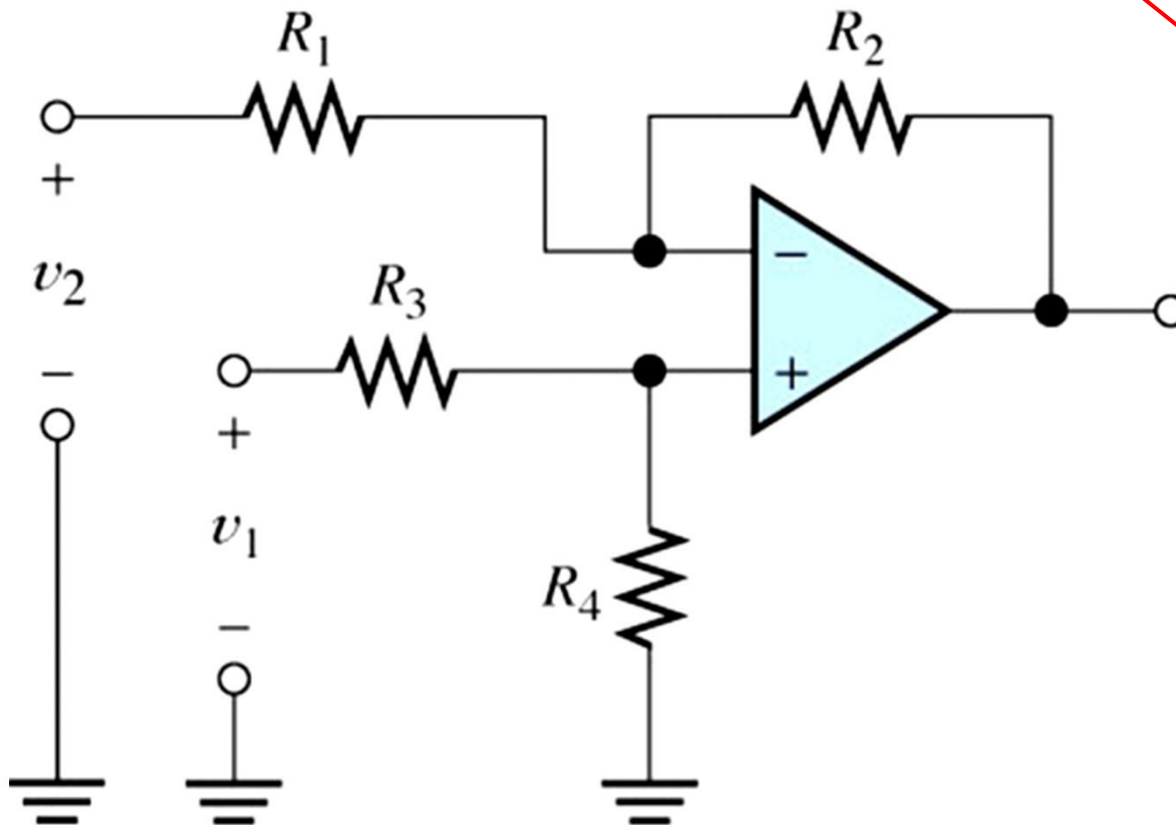
Sp. 8 fra forberedelsen:

En simpel differensforstærker baseret på en enkelt Op Amp er vist på figur 2.53 på side 111. Hvilken **forudsætning** skal være opfyldt for en høj CMRR for denne kobling – også selv om Op Amp'en regnes for ideel?



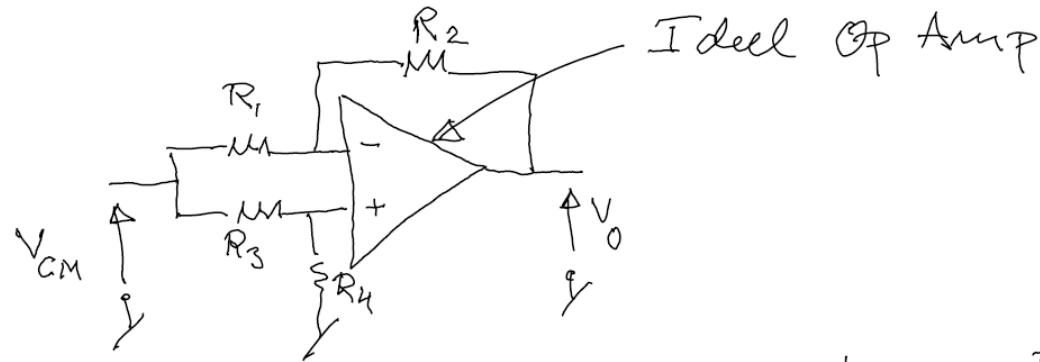
Sp. 8 fra forberedelsen:

En simpel differensforstærker baseret på en enkelt Op Amp er vist på figur 2.53 på side 111. Hvilken **forudsætning** skal være opfyldt for en høj CMRR for denne kobling – også selv om Op Amp'en regnes for ideel?



$CMRR \rightarrow \infty$

$A_{CM} = 0$



Superposition \Rightarrow

$A_{CM} \leftarrow$ Denne ønskes lig 0

$$V_O = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot V_{CM} - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{CM} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_4}{R_1} - \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot V_{CM} \Rightarrow$$

$$\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_4}{R_1} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_4}{\cancel{R_1}} \cdot \frac{R_1}{R_2} = 1 \Rightarrow$$

Fondsetting for CMRR $\rightarrow \infty$

$$\frac{\frac{R_1}{R_2} + 1}{\frac{R_3}{R_4} + 1} = 1 \Rightarrow$$

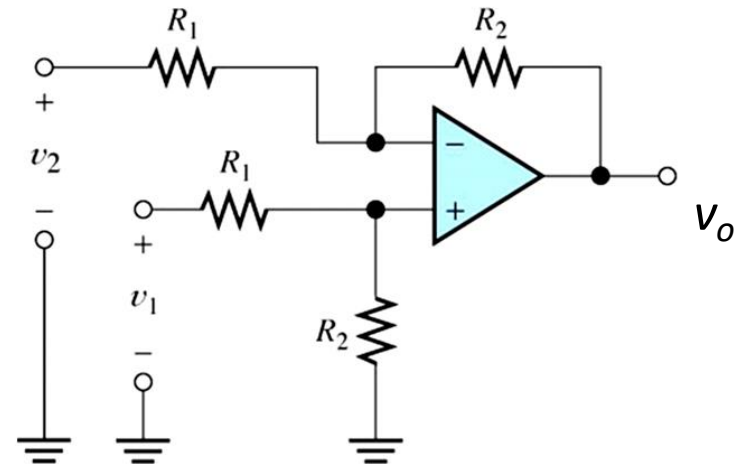
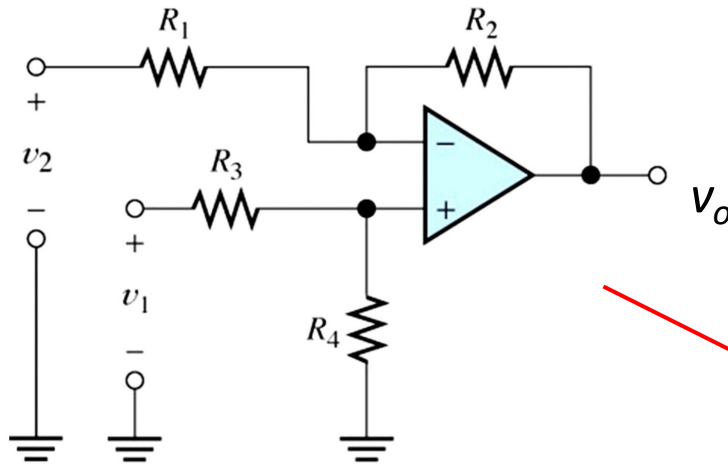
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Ex. $R_1 = R_3$
 $R_2 = R_4$

- Some offset arises i div. bogør.

Sp. 8 fra forberedelsen:

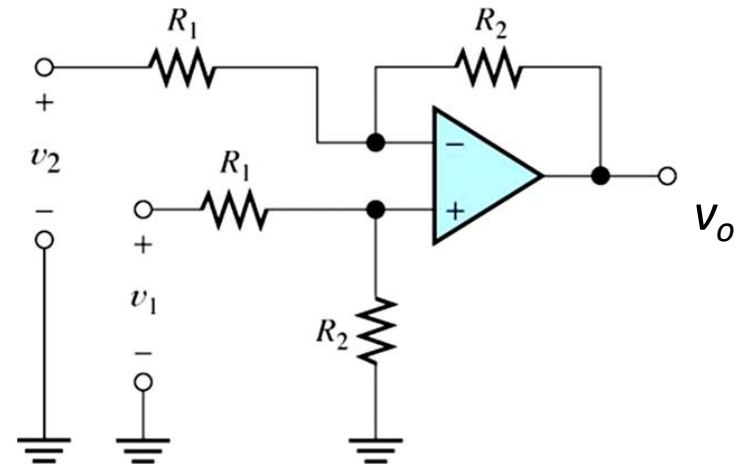
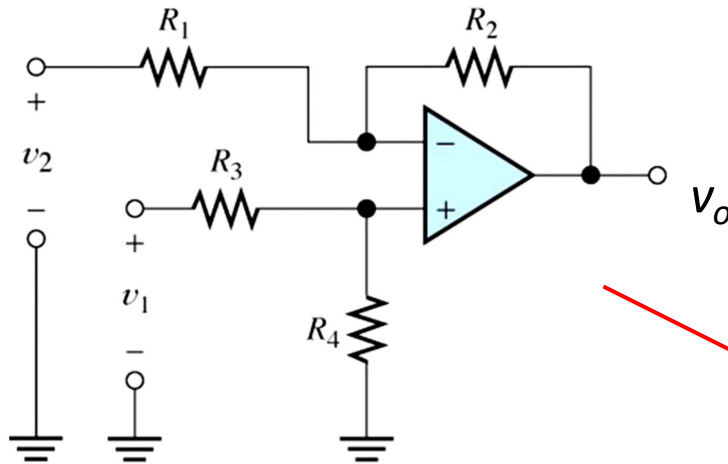
En simpel differensforstærker baseret på en enkelt Op Amp er vist på figur 2.53 på side 111. Hvilken **forudsætning** skal være opfyldt for en høj CMRR for denne kobling – også selv om Op Amp'en regnes for ideel?



$$v_o = \frac{R_2}{R_1} \cdot (v_1 - v_2)$$

Sp. 8 fra forberedelsen:

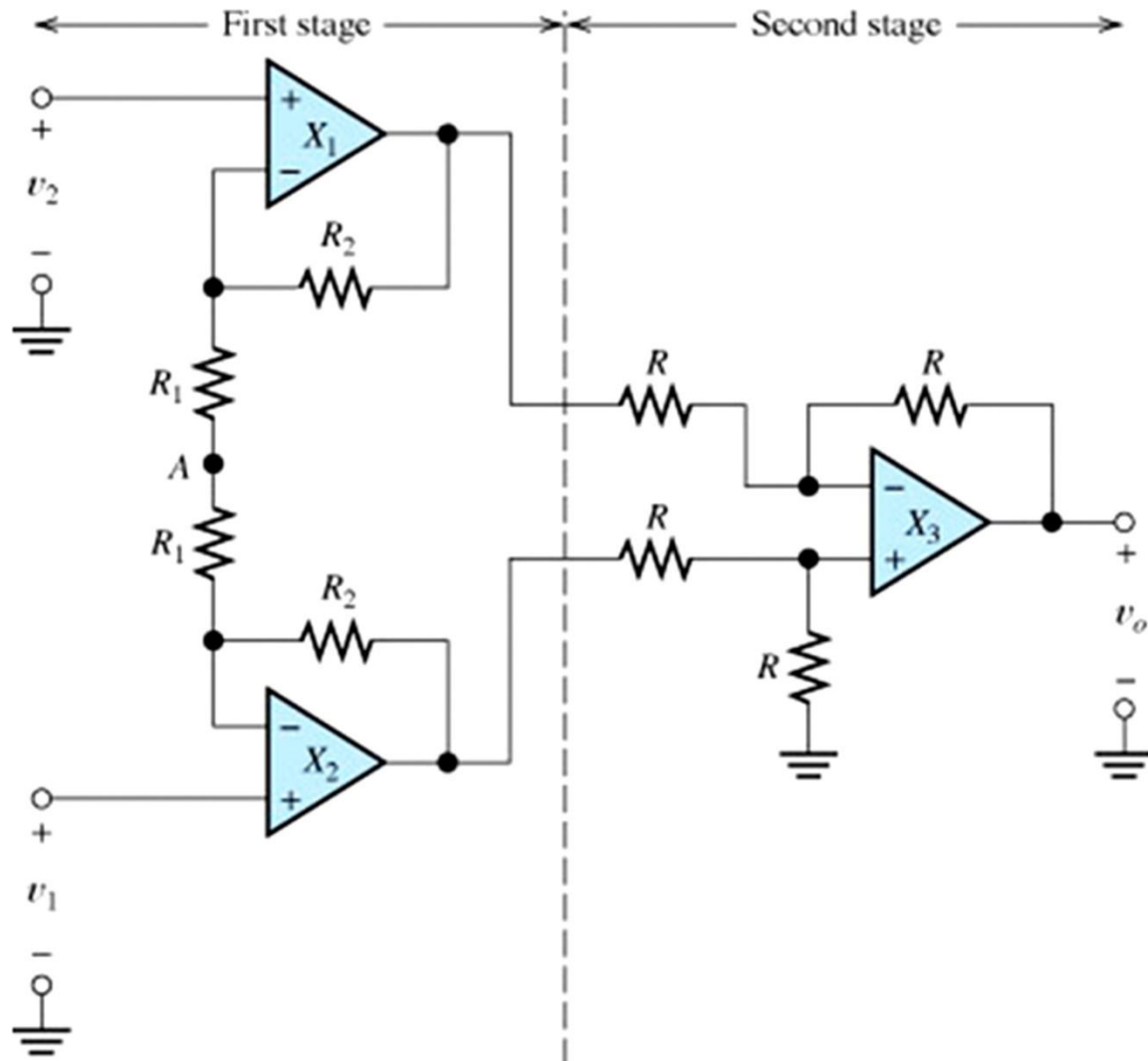
En simpel differensforstærker baseret på en enkelt Op Amp er vist på figur 2.53 på side 111. Hvilken **forudsætning** skal være opfyldt for en høj CMRR for denne kobling – også selv om Op Amp'en regnes for ideel?



$$v_o = \frac{R_2}{R_1} \cdot (v_1 - v_2)$$

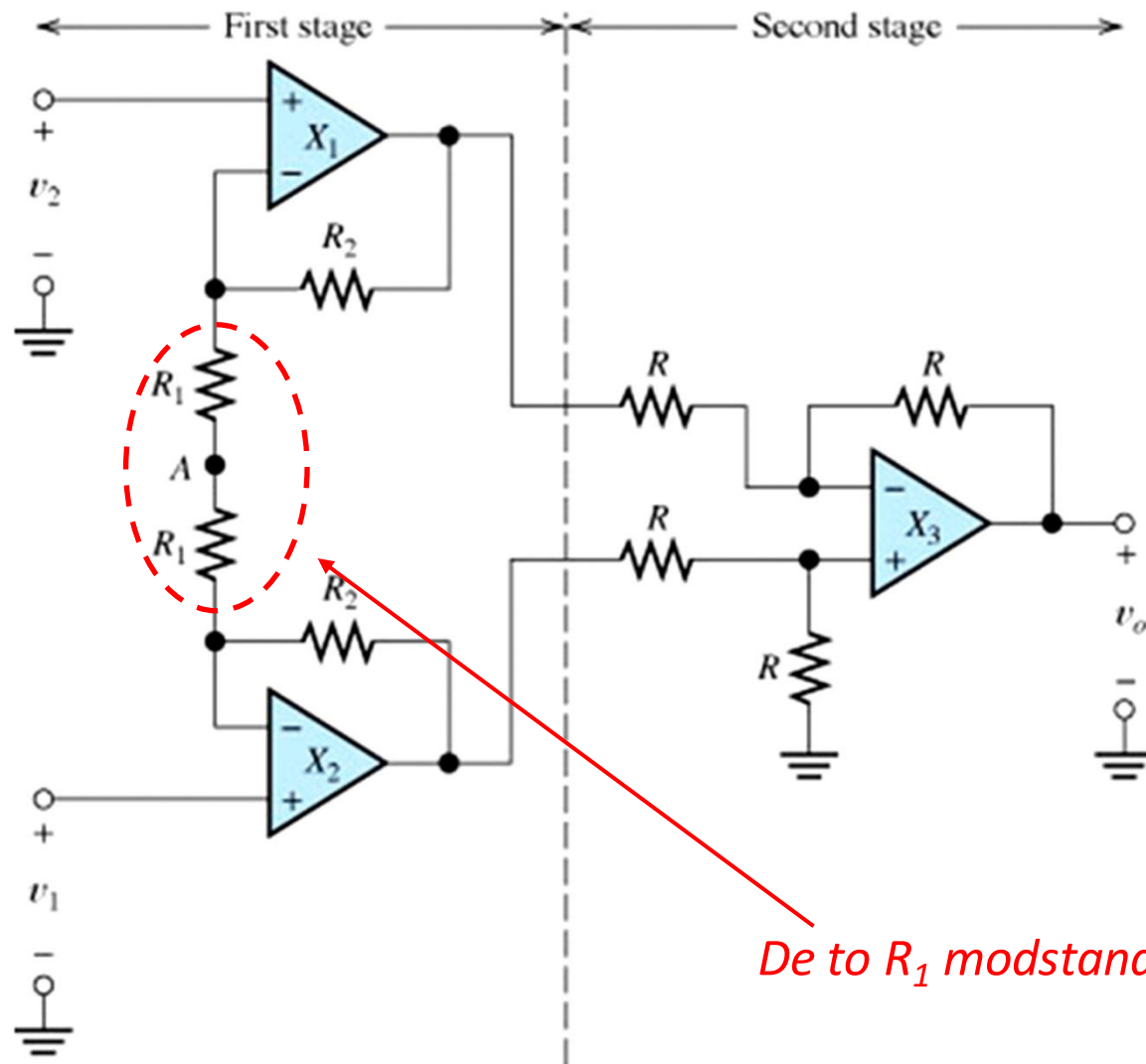
Er indgangene på denne forstærker **balancerede**?

Instrumenteringsforstærker



Figur 2.54

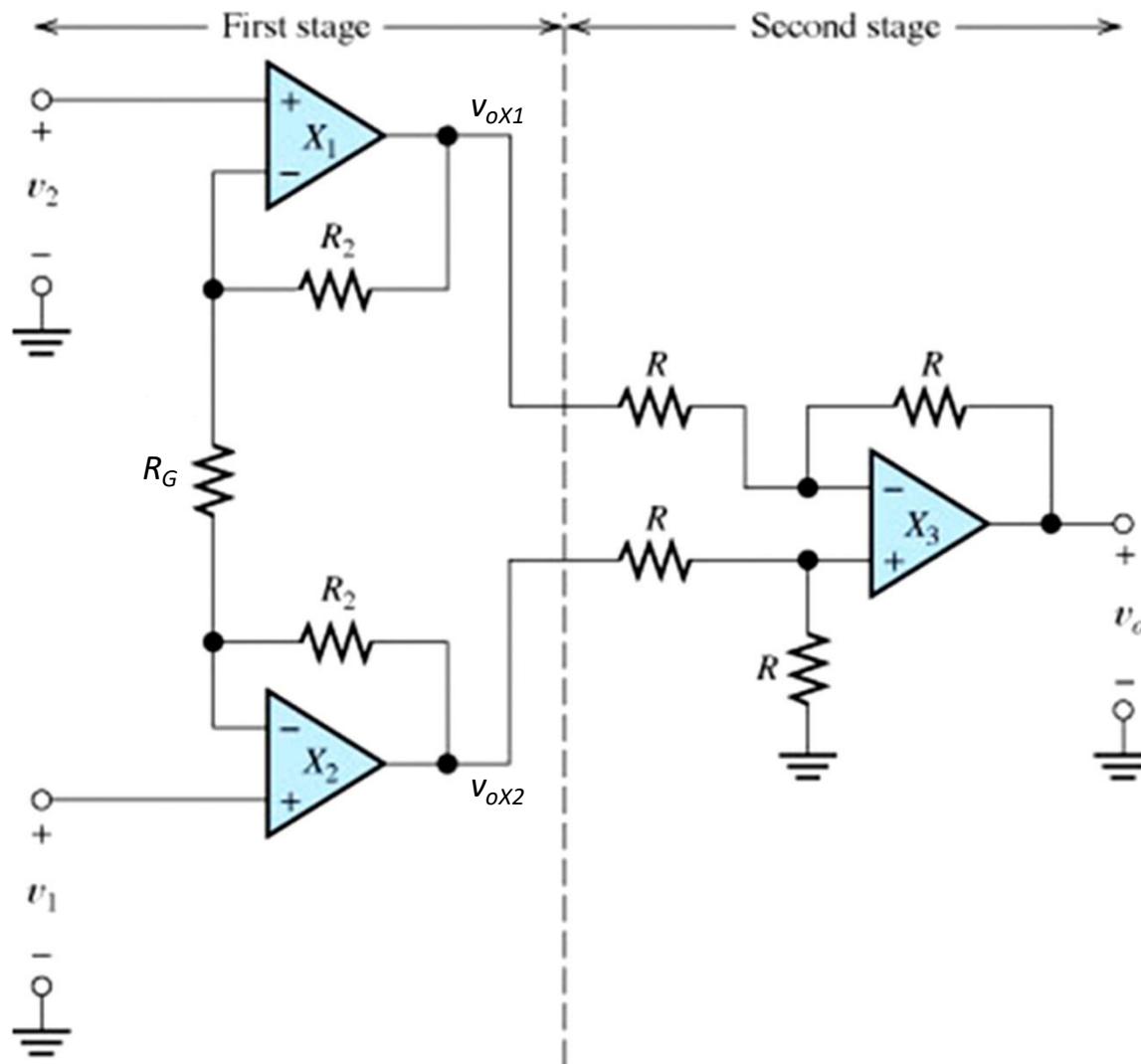
Instrumenteringsforstærker



De to R_1 modstande erstattes af R_G

Figur 2.54

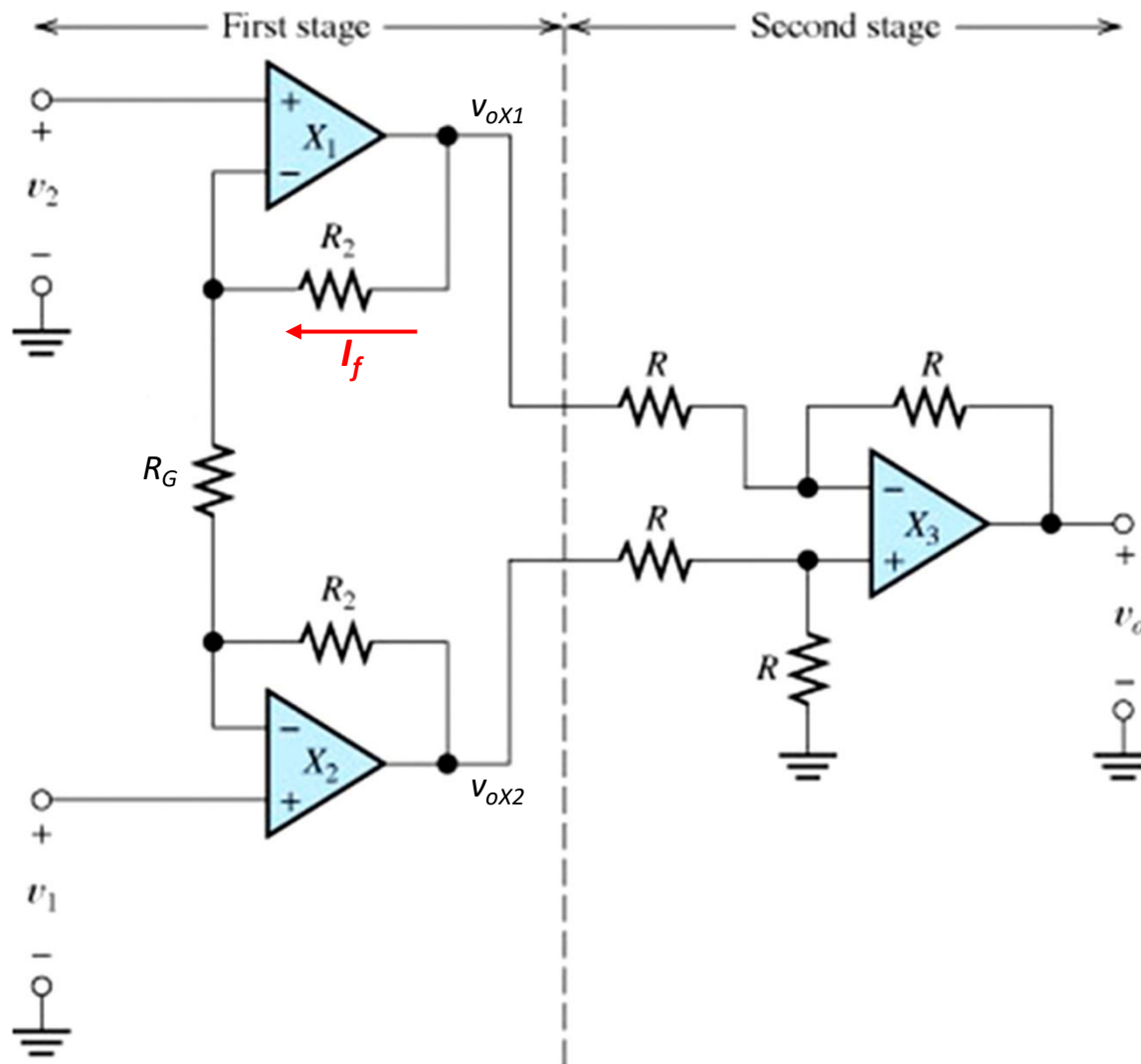
Instrumenteringsforstærker



Kunne være en AD620



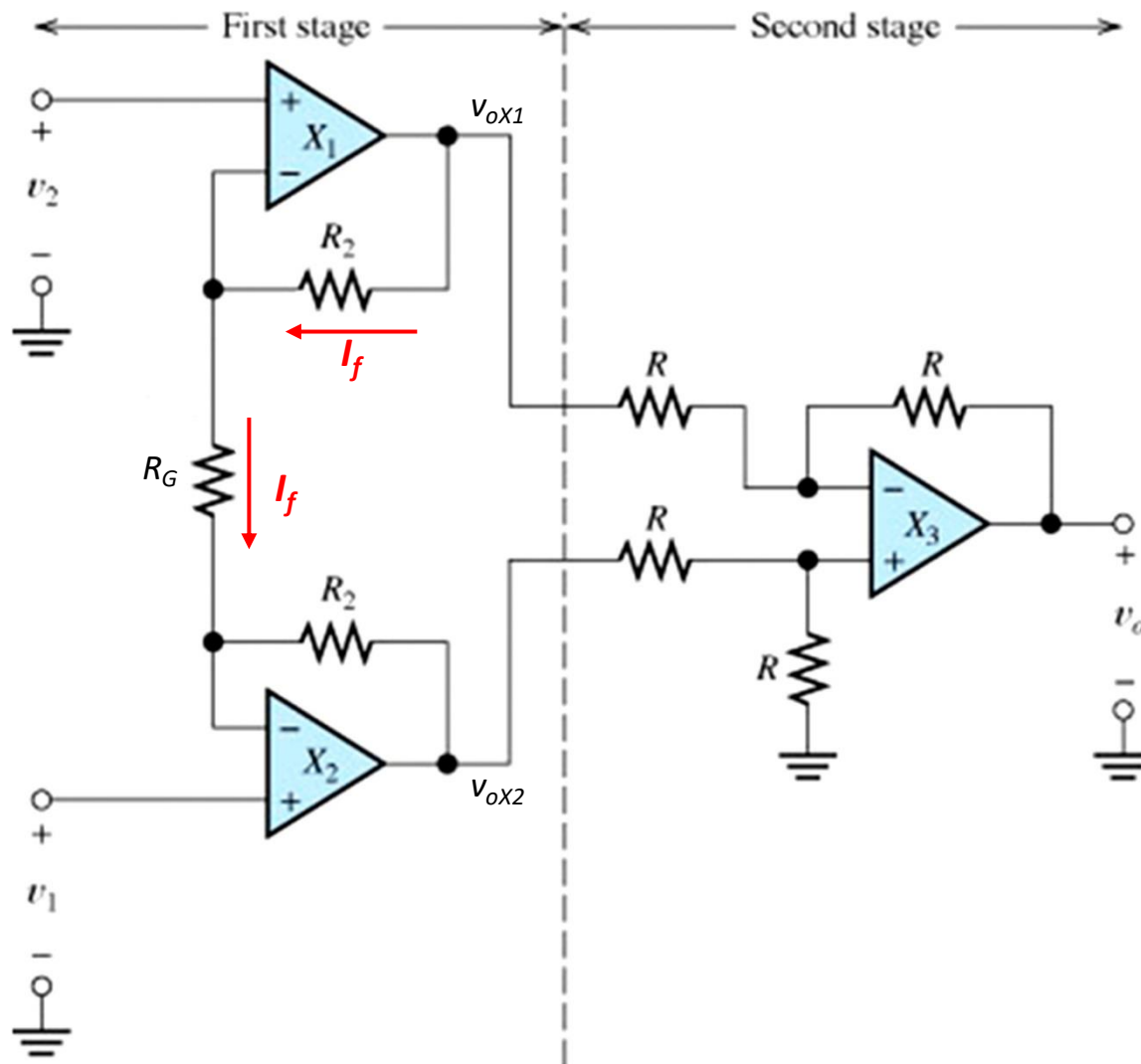
Instrumenteringsforstærker



Kunne være en AD620



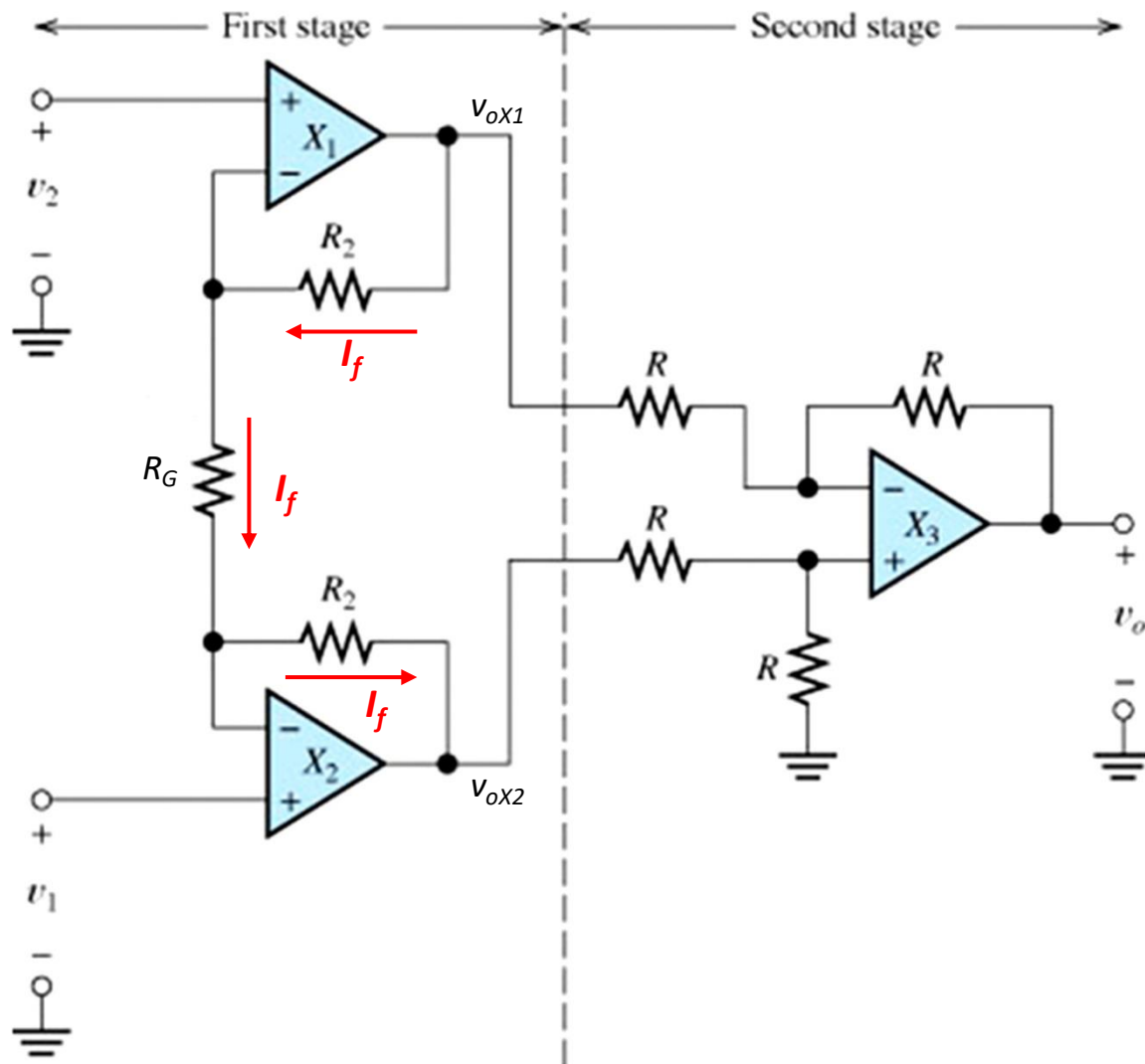
Instrumenteringsforstærker



Kunne være en AD620



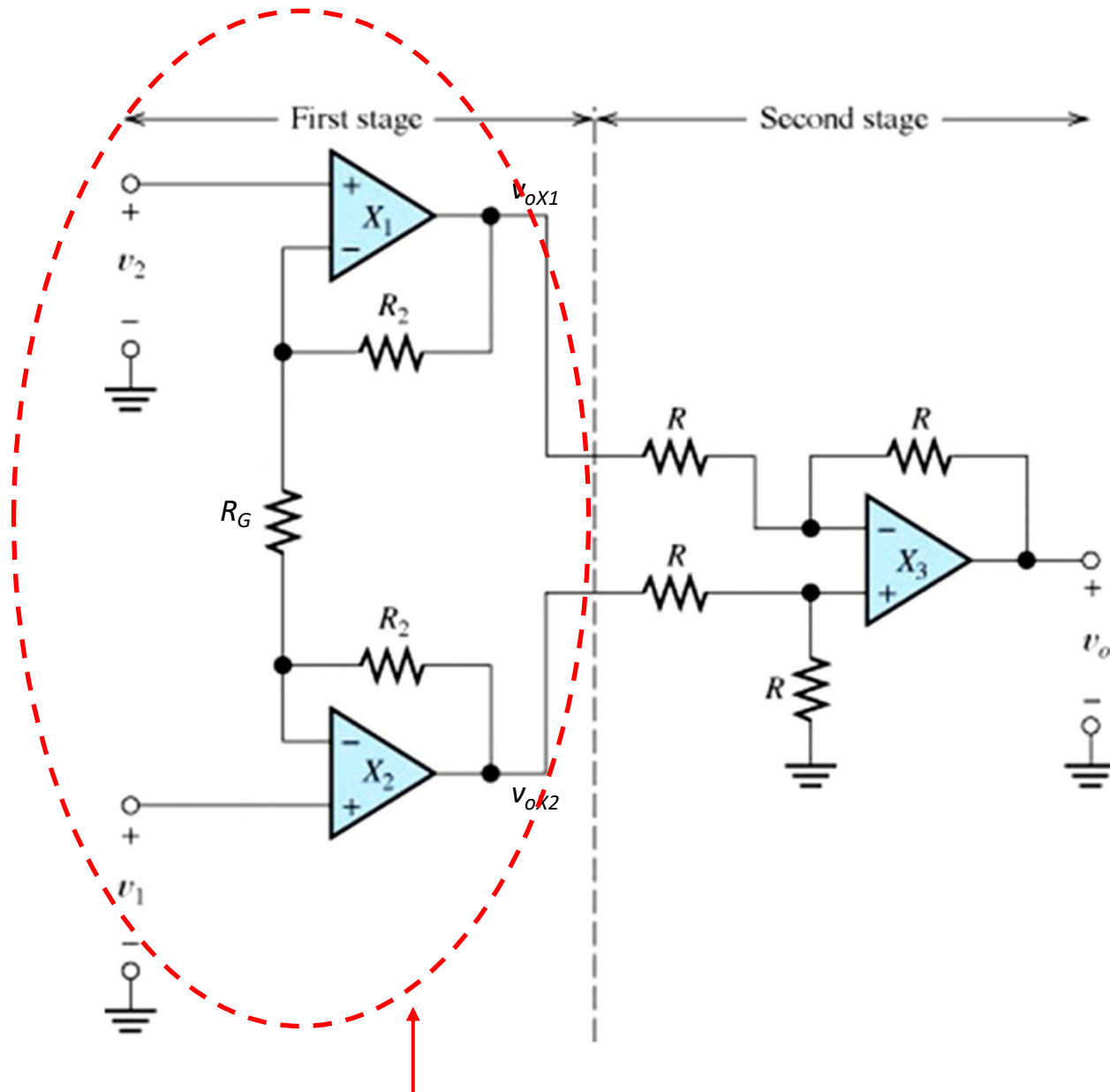
Instrumenteringsforstærker



Kunne være en AD620



Instrumenteringsforstærker



Kunne være en AD620



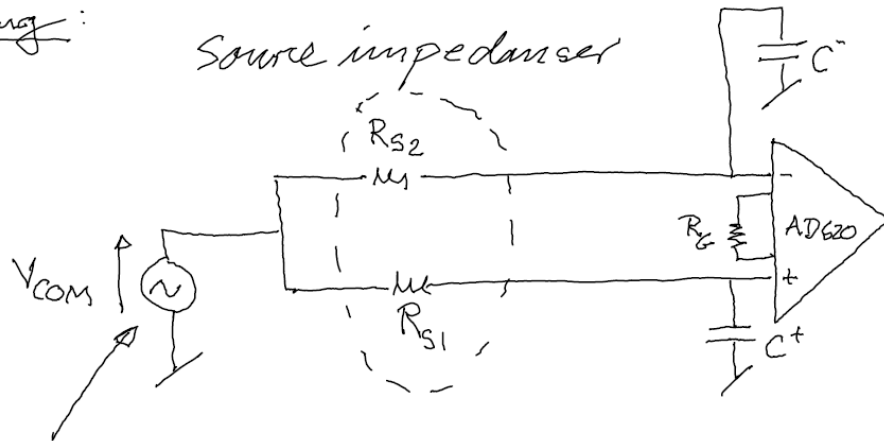
Hvad er Common Mode forstærkningen i det første trin?

"1 k Ω Source Imbalance" - en kommentar ved CMRR for AD620

Overst side 4 i datablad for AD620 ved opgivelse af CMRR nævnes der

"1 k Ω Source Imbalance"

Førløring:



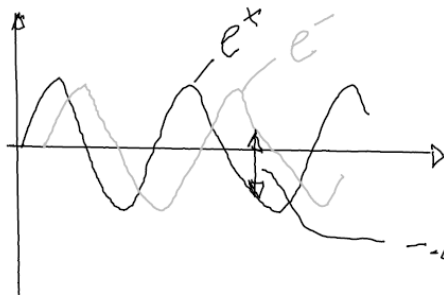
Samlet kapacitet på de to indgange.

Antag blot at disse er ens:
 $C^- = C^+$

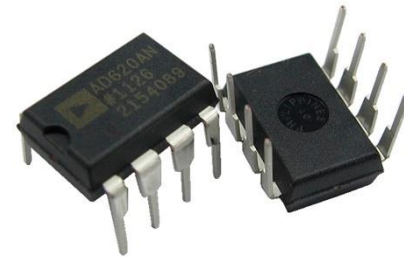
Følles (Common) støjgenerator op til 120 Hz

Hvis $R_{S2} = R_{S1}$ er der intet problem. Hvis $R_{S1} \neq R_{S2}$ vil der være forskellig

fasedrejning til de to indgange:



-og denne forskel (differens)-forstærkes med G ☹



En differensforstærker skal bygges op omkring instrumenteringsforstærkeren AD620A.

Den er forsynet med en dual forsyningsspænding på ± 15 V. Tolerancen på denne forsyning er 5%.

Sp. 1 Bestem R_G så forstærkningen bliver 100.

Sp. 2 Et differentielt indgangssignal på $v_d = 0,14$ V skal forstærkes. Hvad er den maksimalt tilladelige Common Mode spænding, som kan tillades på indgangen, såfremt fejlen hidrørende CMRR ikke må overstige 100 ppm?

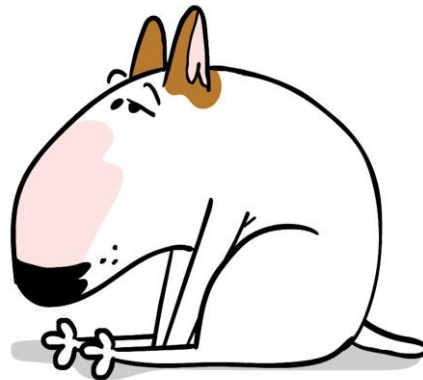
Sp. 3 Hvad bliver den maksimale fejl ("Worst Case") på udgangen hidrørende fra variationer på forsyningsspændingen?

[Link til datablad over AD620](#)

Men kig lige på næste side først!

Tirsdag den 7. maj

Sidste FF lektion!



Undervisning slut ca. 10.00 → FF slutevaluering
Eksamens info/spørgsmål

*Følgende to sider skal opfattes helt frivillige at studere.
De er blot en uddybning af en "Full Bridge" – en
Wheatstone brokobling med strain gauges, som kræver
differentiel måling af signalet.*

Så læs videre hvis I har lyst 😊

Wheatstone Bridge (eksempel)

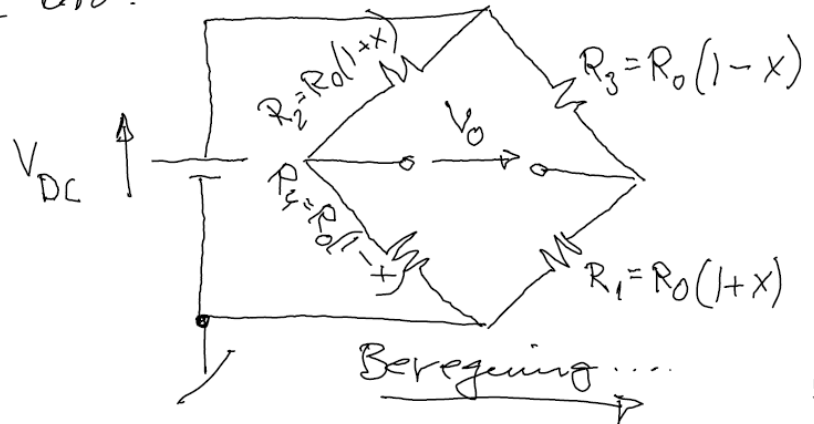
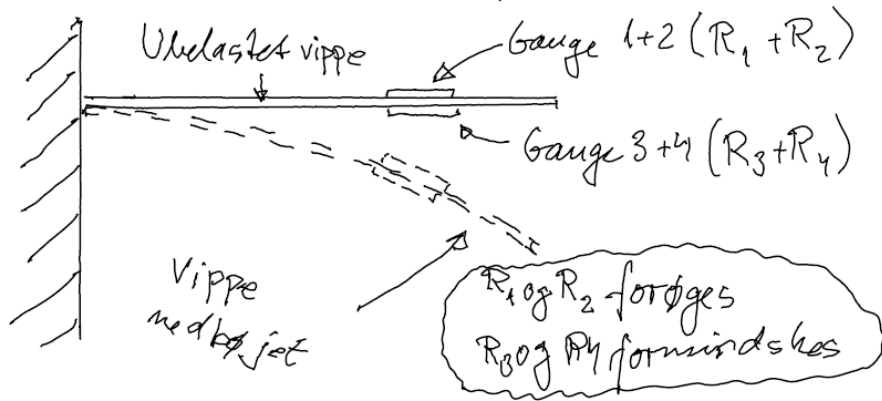
Benyttes ofte til interface for resistive følere / transducere, dvs. hvor en modstand afhænger af en given fysisk størrelse (temperatur, deformation, etc.). Her har man således:

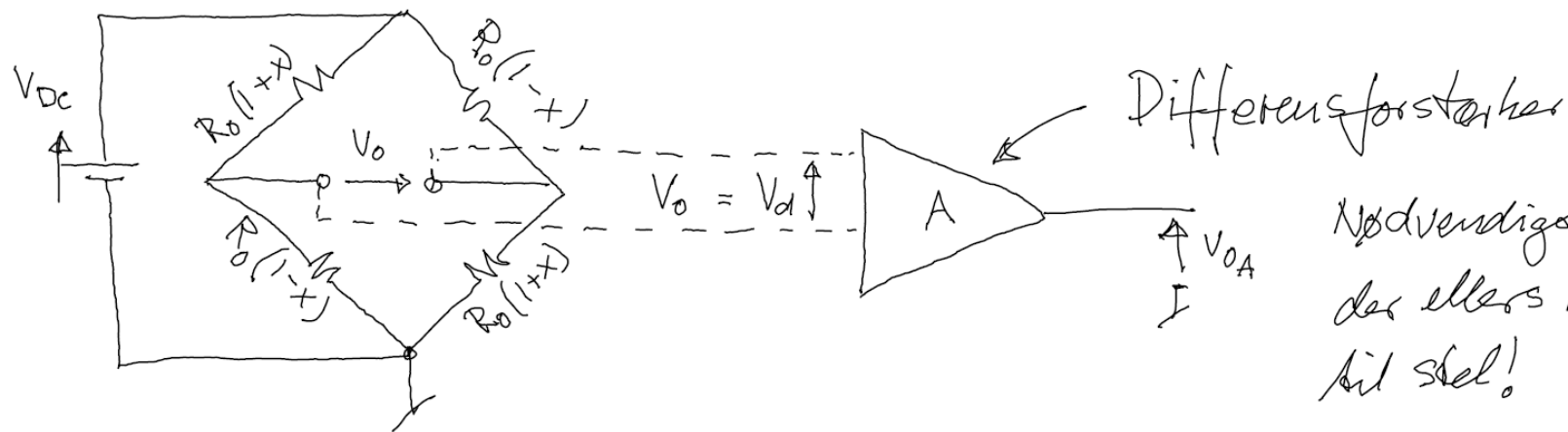
$$R = R_0 + \Delta R = R_0 \left(1 + \frac{\Delta R}{R_0}\right) = R_0(1+x)$$

"x" er således den relative modstandsændring

I kender måske til strain-gauges, som benyttes til måling af relativ deformation.

Lad os have et eksempel med en vippe i en sværmurhal (~ indspændt bjælke). Vi limmer 4 strain-gauges på overside og 4 på underside og kobler dem som vist herunder op i en Wheatstone Bro:





Nødvendigt her da
der ellers kortsluttes
til stel!

$$V_0 = V_{DC} \frac{R_0(1+x)}{R_0(1-x) + R_0(1+x)} - V_{DC} \frac{R_0(1-x)}{R_0(1+x) + R_0(1-x)} = V_{DC} \left(\frac{1+x}{2-x+x} - \frac{1-x}{2+x-x} \right)$$

$$= V_{DC} \left(\frac{1+x}{2} - \frac{1-x}{2} \right) = V_{DC} \frac{1+x-1+x}{2} = \underline{\underline{V_{DC} \cdot X}}$$

Altså direkte
proportionalitet
mellem "X" og
ledningsspændingen.

- Men som sagt blot en applikation, hvor
det er krævet/nødvendig at måle
differentielt.