

Als de aarde beeft

**Robuuste laagfrequenttransmissie op print- en
systeemniveau.**

Bruno Putzeys
Hypex, Grimm Audio

Inhoud

Gebalanceerd? Symmetrisch? Differentieel?

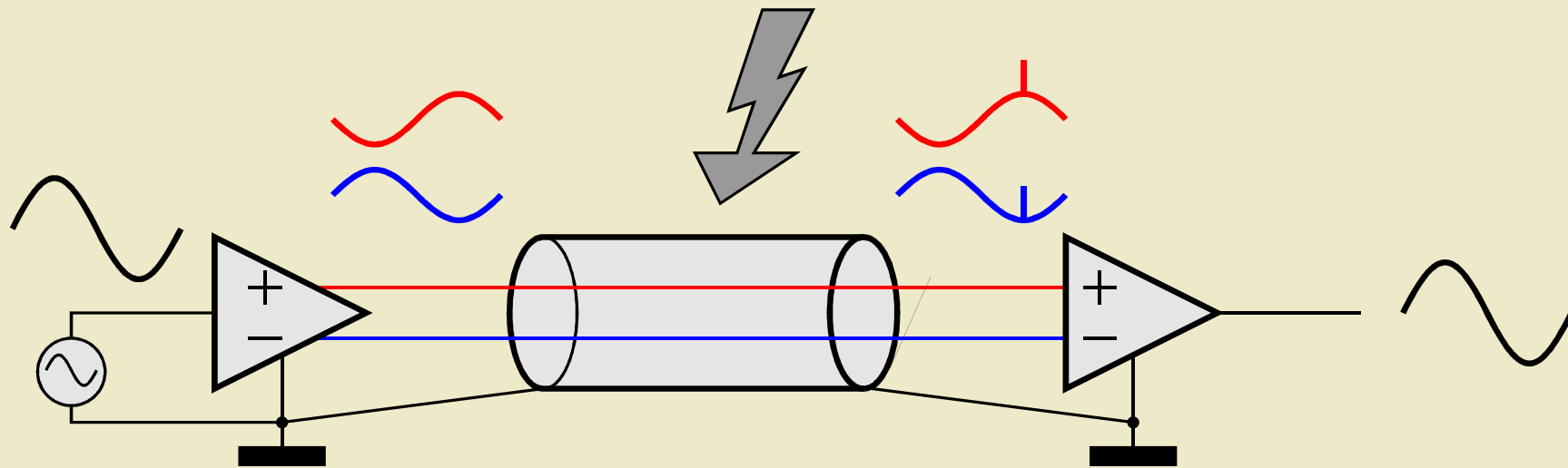
Stroomlussen: vermijden of mee leven?

Differentieel op printniveau

Pen-1-probleem, AES48

Gebalanceerd?

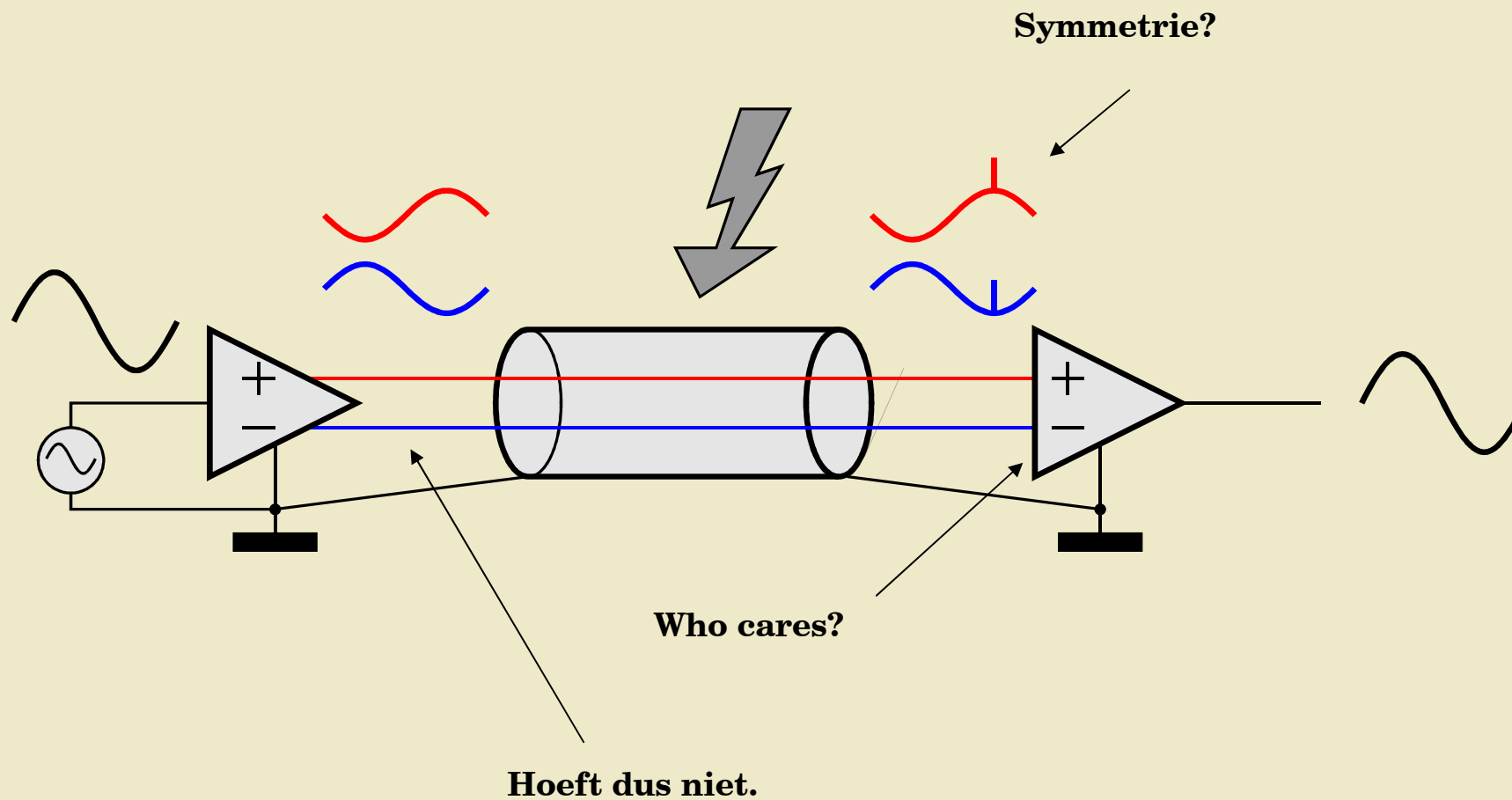
Volgens de schoolboeken en de boekskes*:



**boekskes (vl): "boekjes", tijdschriften, in casu hifibladen*

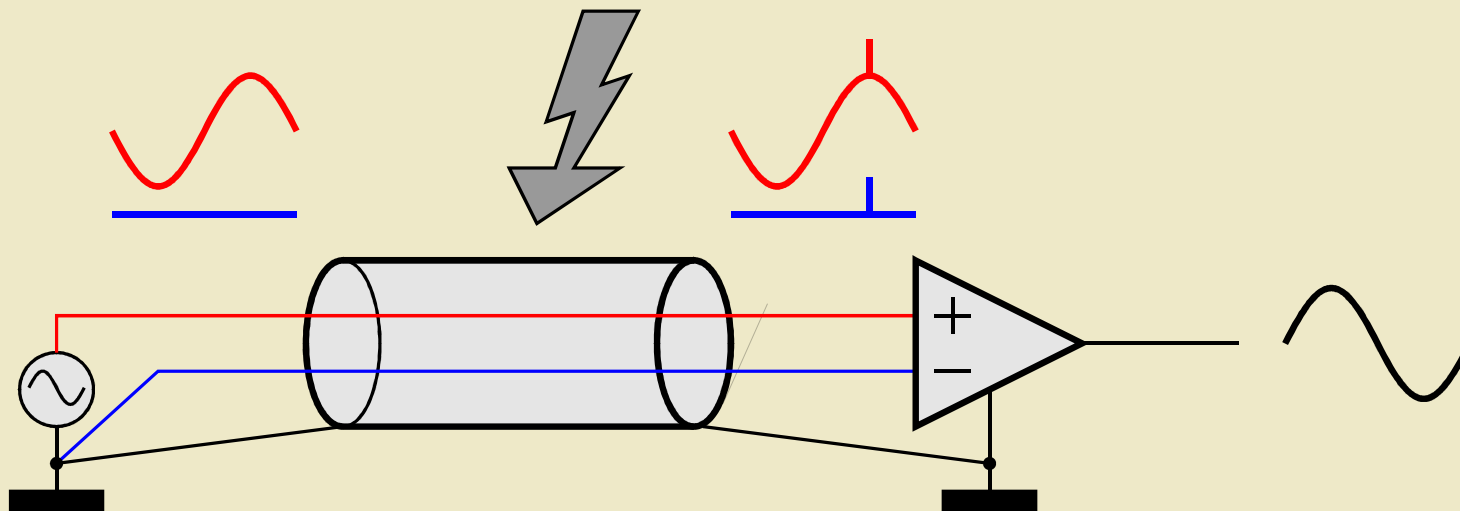
Gebalanceerd?

Is symmetrische aansturing nodig?



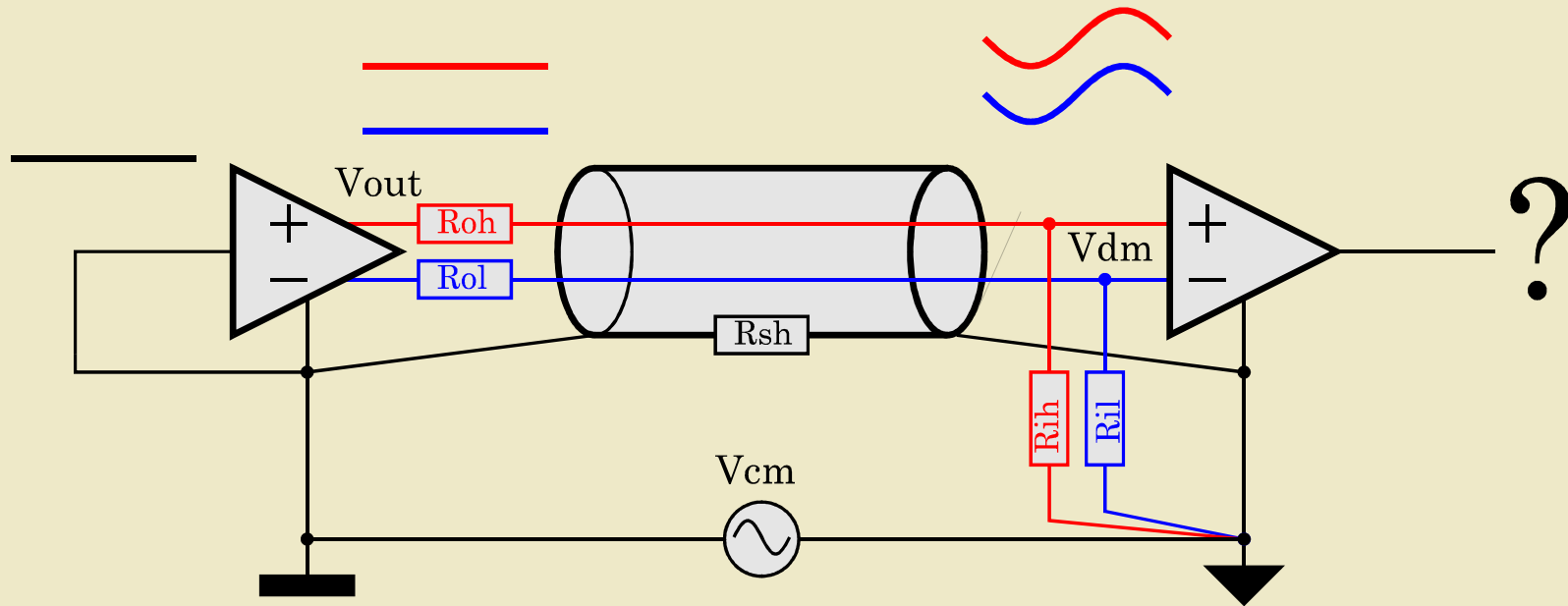
Gebalanceerd?

Dit werkt ook!



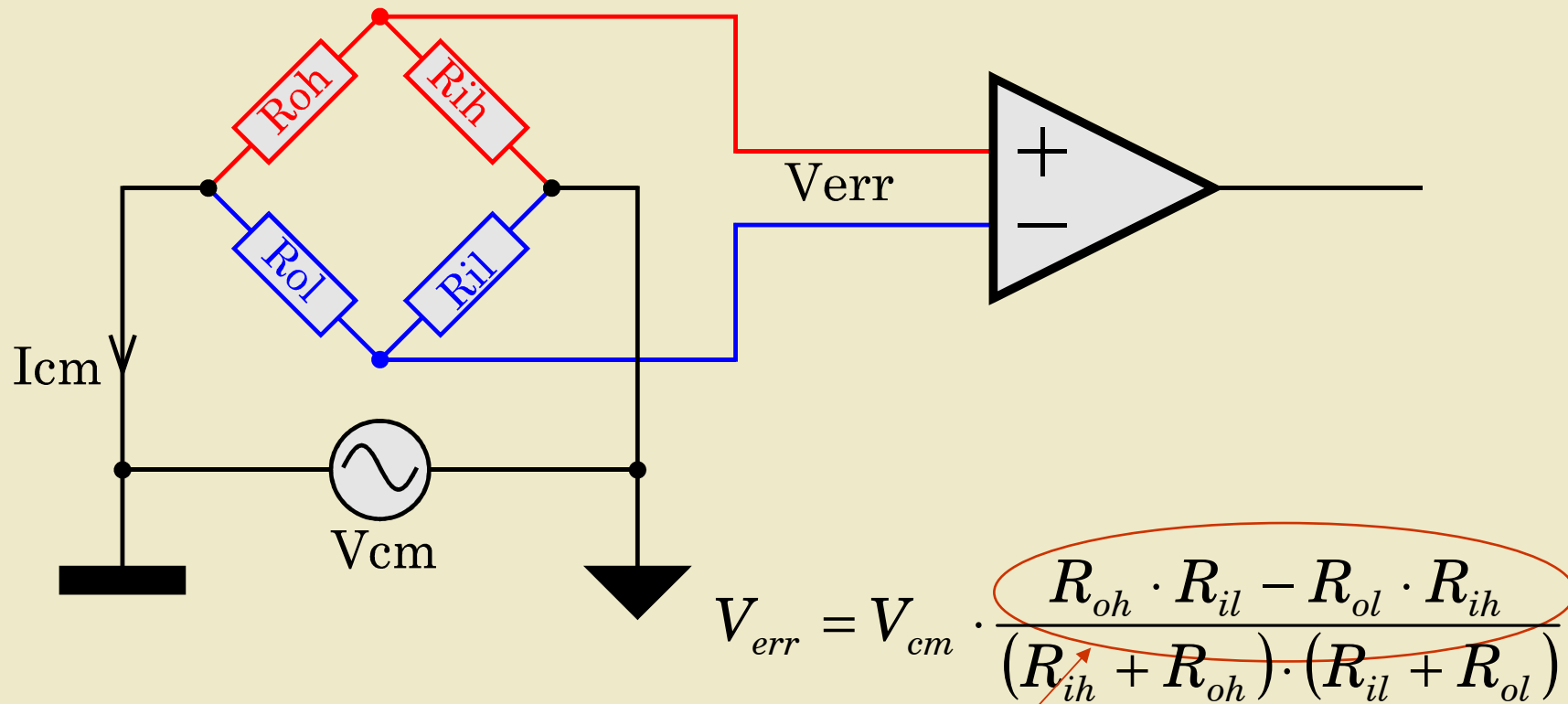
Impact van Common Mode

Voorbeeld: aardstroom



Common Mode Storing

Uitwerking: Wheatstone-brug



- Matching is van levensbelang

CMRR optimaliseren

Matching

R_o laag en R_i hoog

I_{cm} reduceren -> CMingangsimpedantie verhogen

- Uitgang kan ook, maar minder praktisch

CMRR optimaliseren

CM ingangsimpedantie verhogen

- Voorbeeld: bootstrappen van R_i .

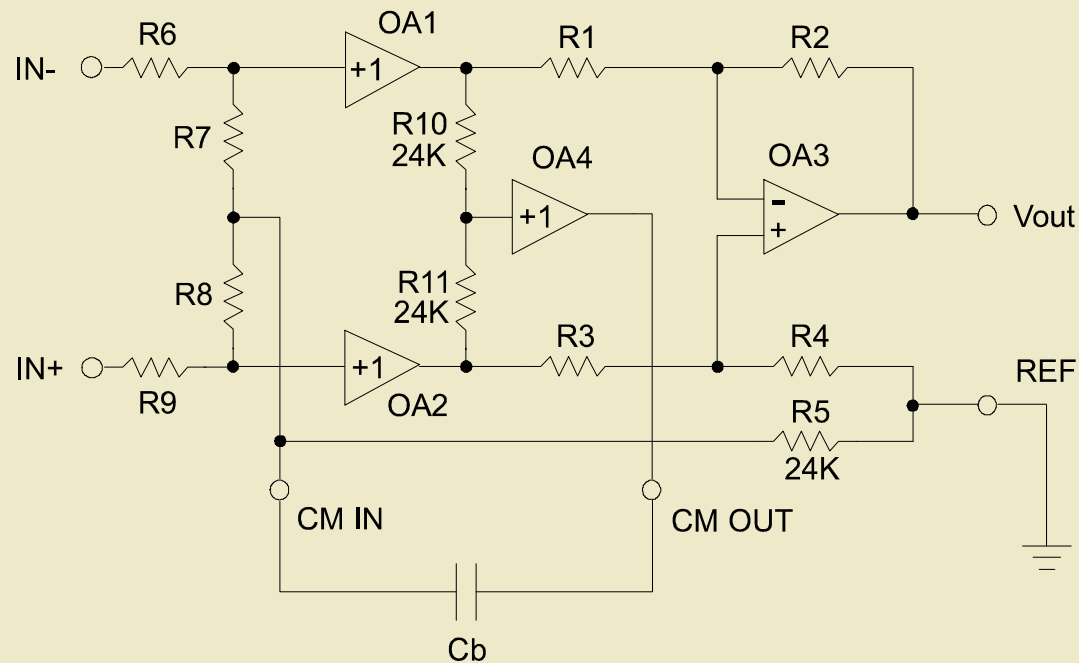


Figure 8. THAT1200-series equivalent circuit diagram

Gebalanceerd is...

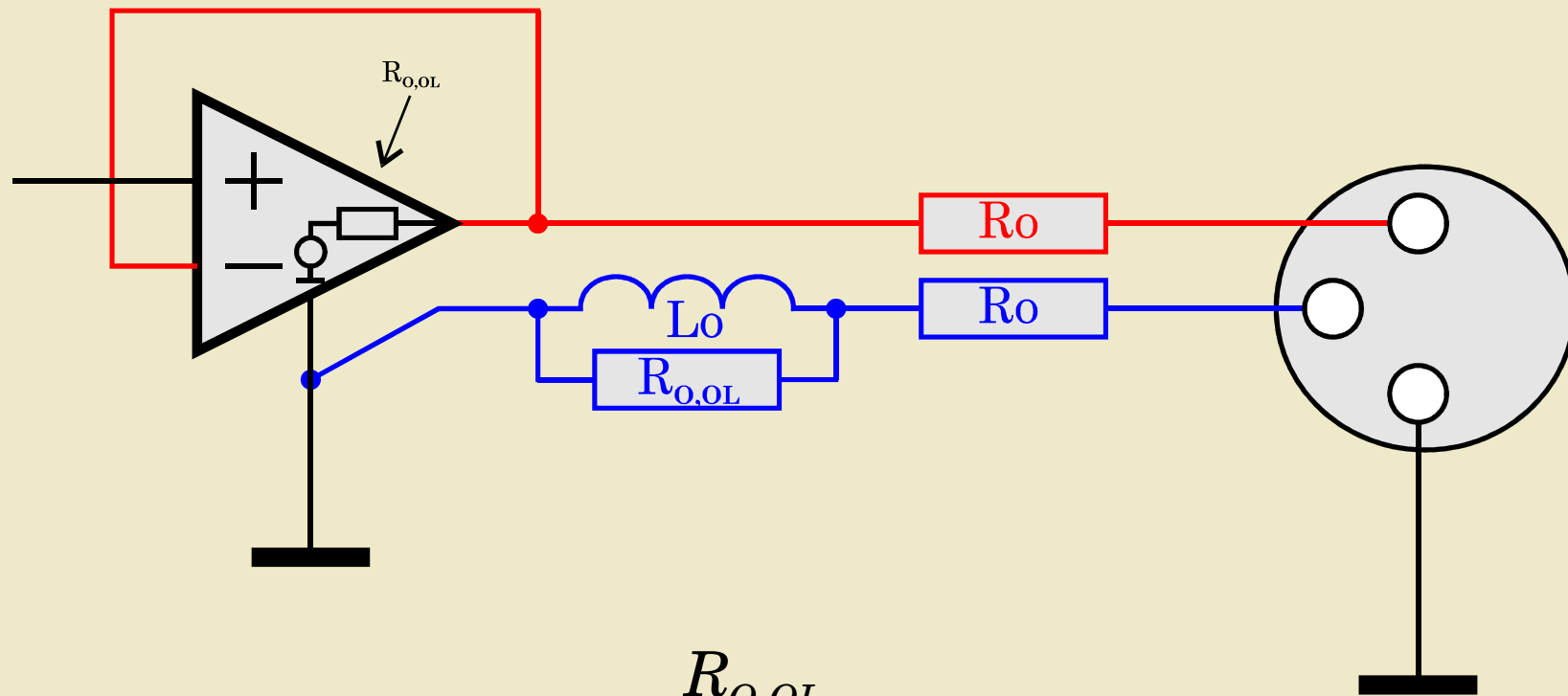
...wel:

- Impedantiebalans
- Differentiële ingang

...niet:

- Symmetrische uitgangsspanning
- Dubbel uitgevoerd signaalpad

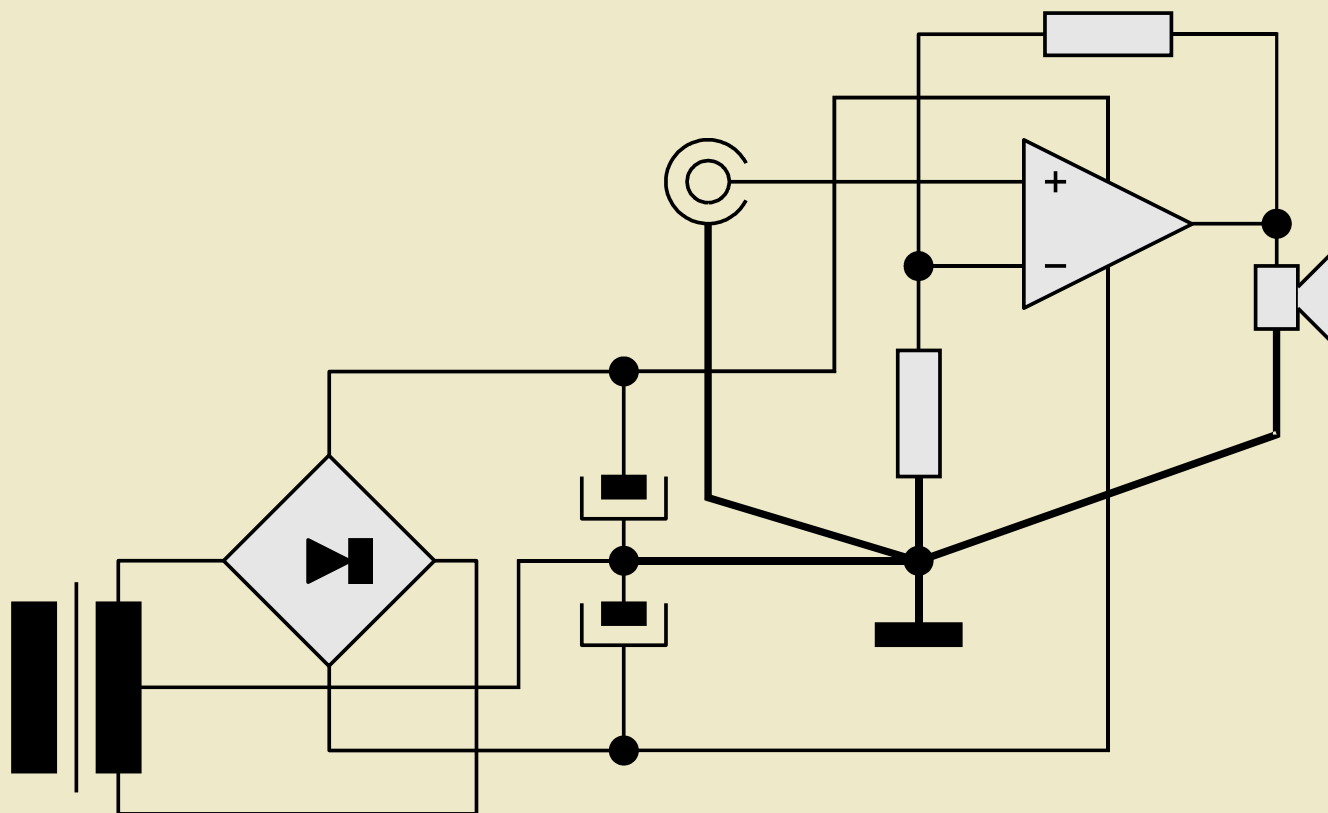
Zünige, perfect gebalanceerde uitgang



$$L_o = \frac{R_{O,OL}}{2 \cdot \pi \cdot GBW}$$

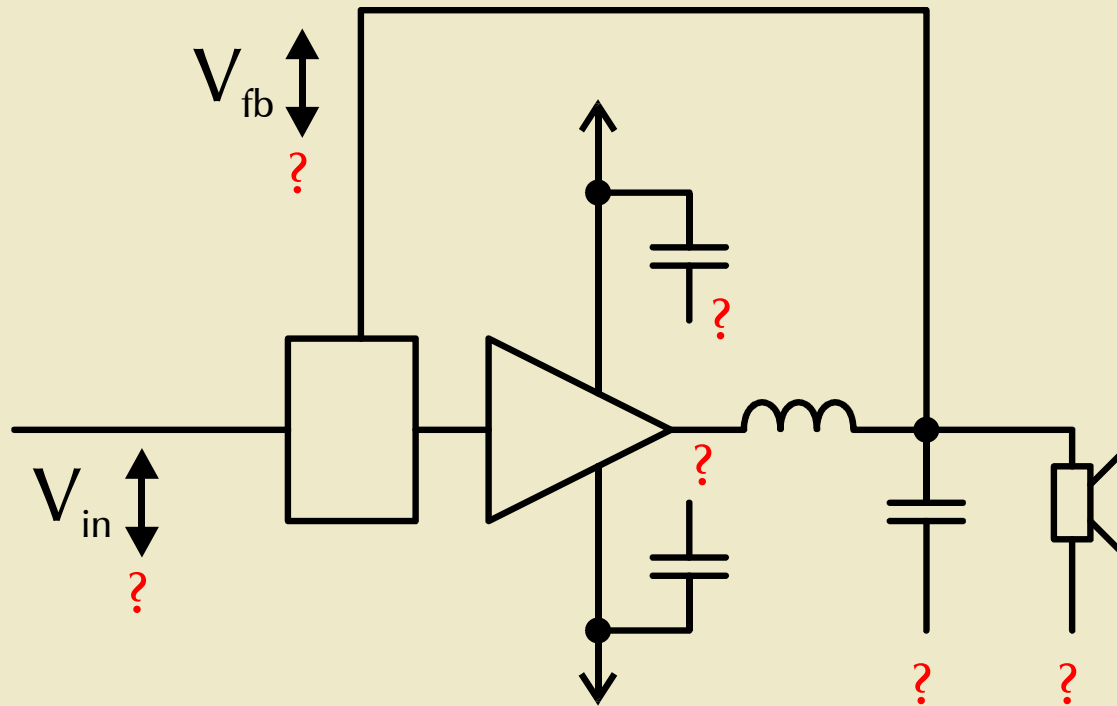
Aarde en referentie

Ontwerppraktijk Consumentenaudio “Sterearde”



Aarde en referentie

Stereaarde werkt niet bij HF



- Stroomlussen moeten lokaal blijven
- Aardlussen zijn **niet te vermijden**

Aarde en referentie

Probleem

- Brom, vervorming enz.

Directe oorzaak: fysica

- Stroom door de referentiedraad!!!

Grondoorzaak: terminologie

- Retourleiding en spanningsreferentie worden beiden “aarde” genoemd.

Aarde en referentie

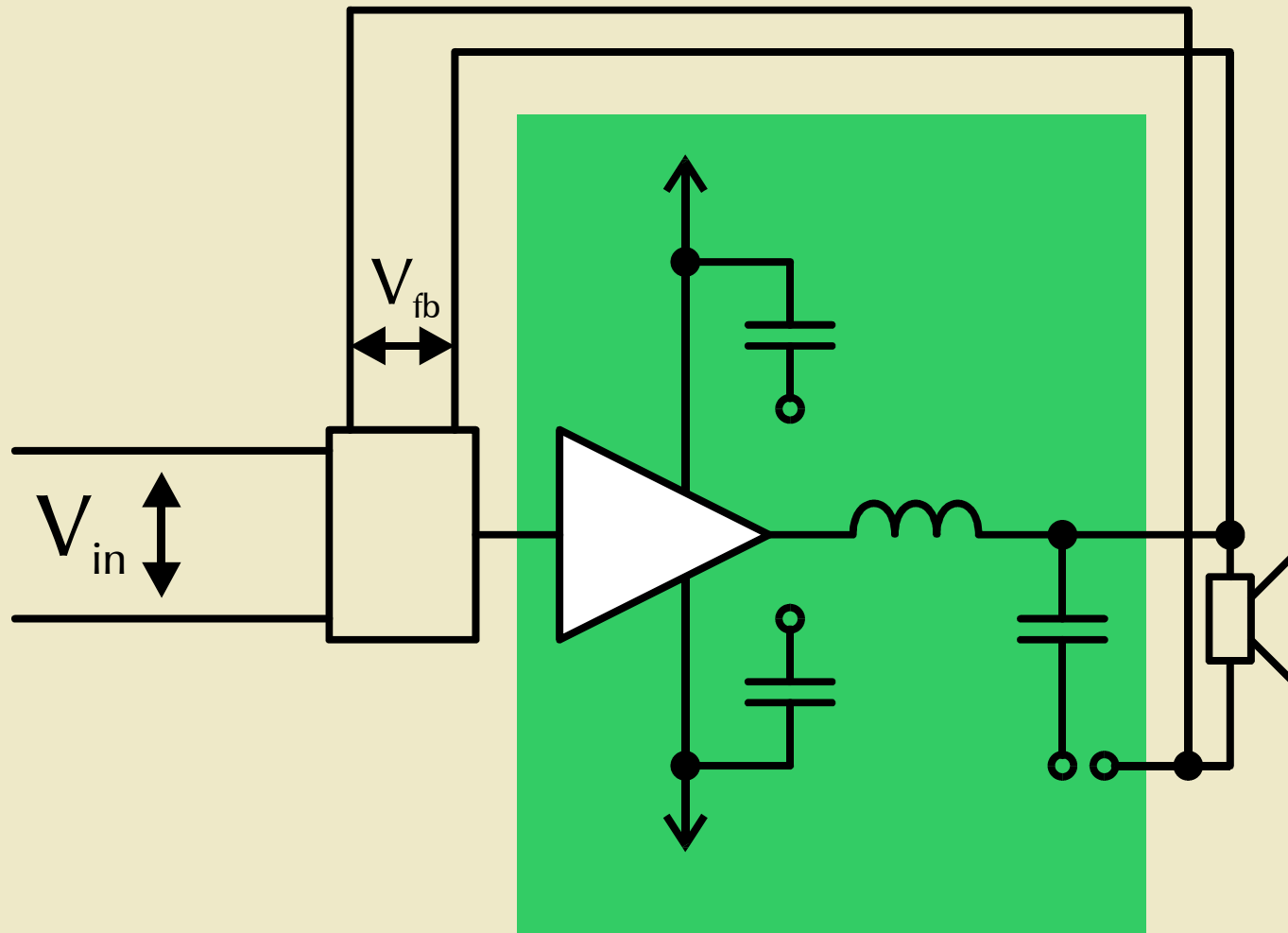
Zelfde oplossing voor beide:

- Aparte woorden en aparte draden voor retourleiding en spanningsreferentie

Voorzie elk “signaal” van zijn “referentie”.

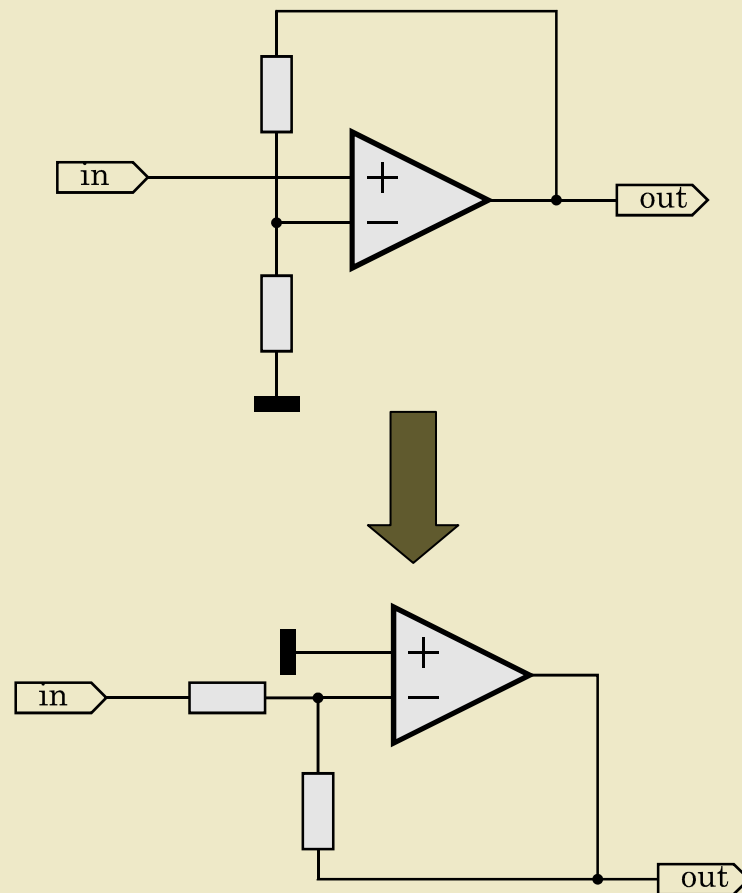
Aarde en referentie

Scheiding van retour en referentie



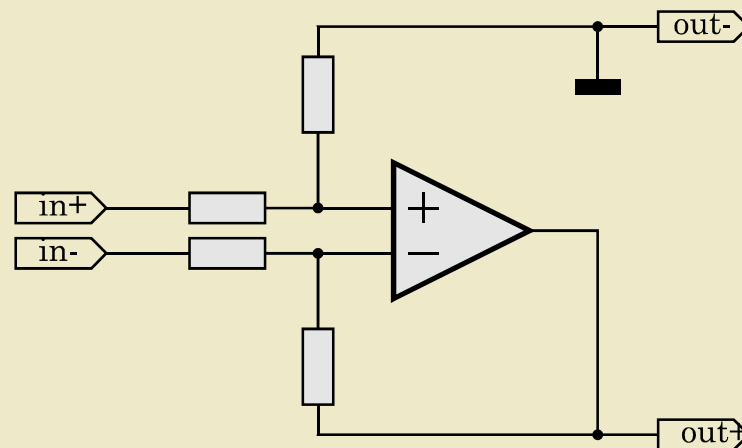
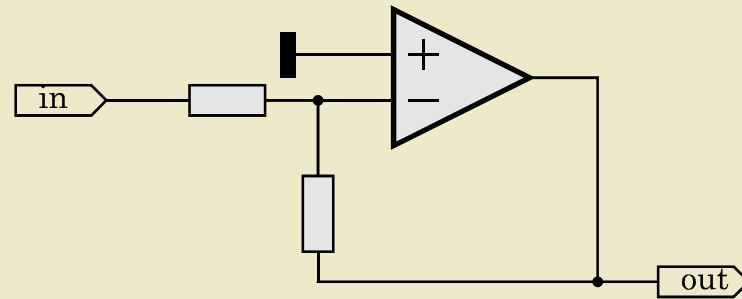
Differentieel ontwerpen

Stap 1: Schakeling inverterend ontwerpen



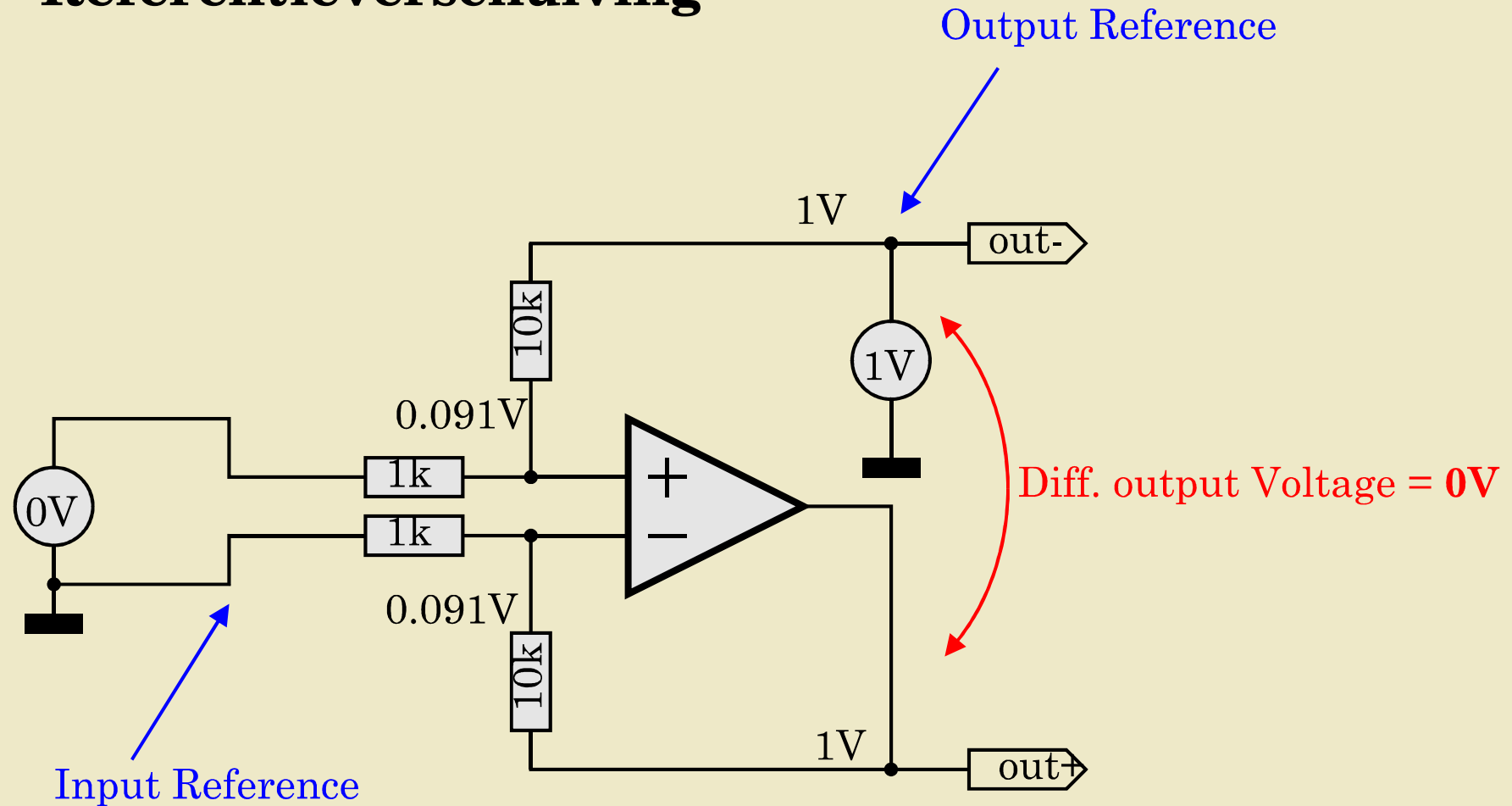
Differentieel ontwerpen

Stap 2: Terugkoppelketen spiegelen



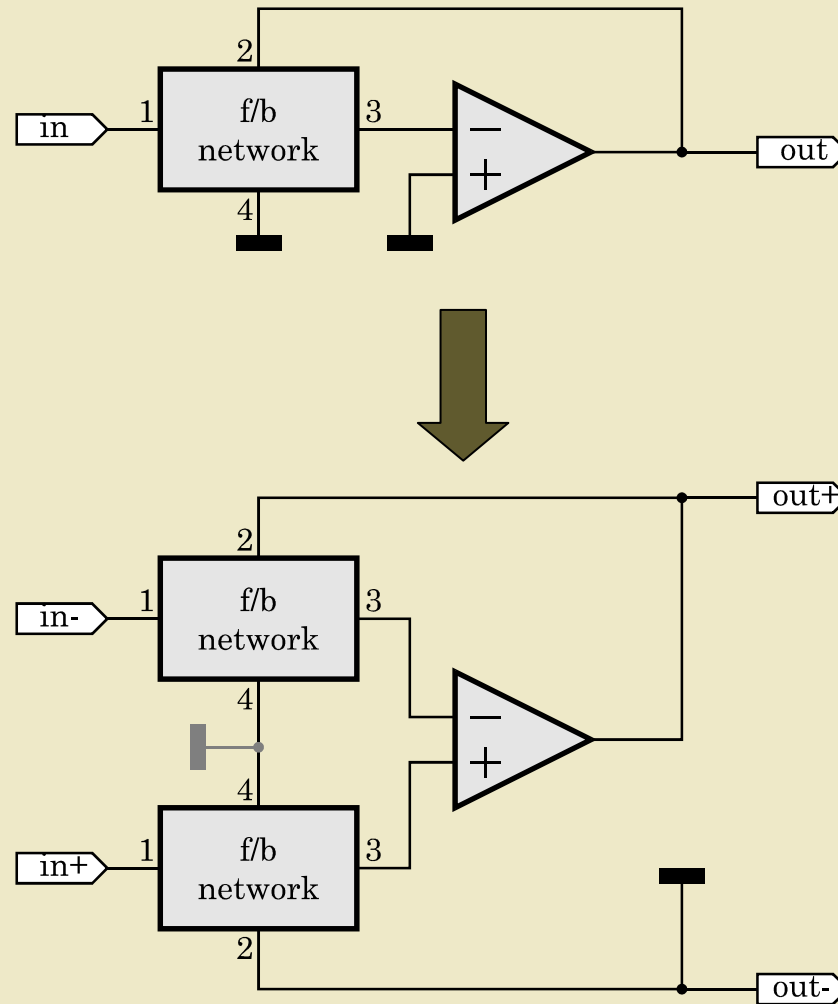
Differentieel ontwerpen

Referentieverhuiving



Differentieel ontwerpen

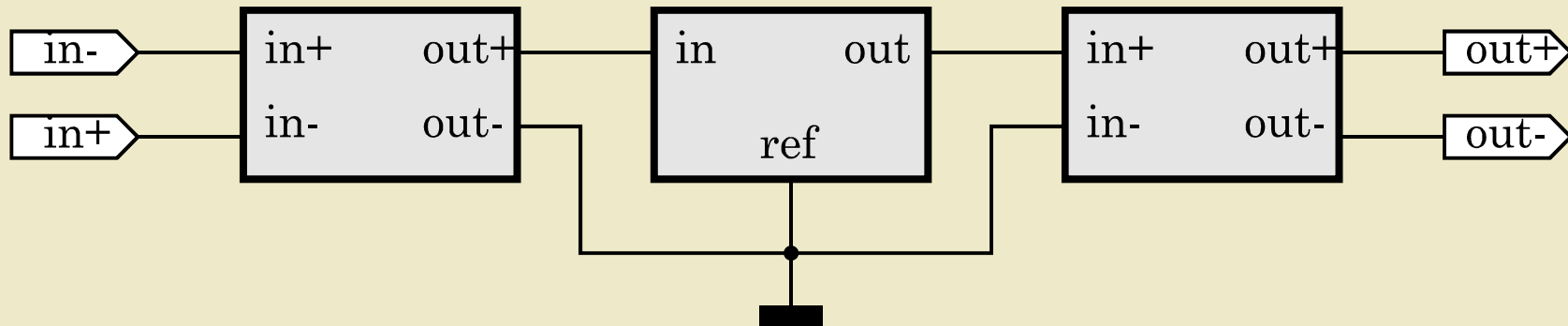
Algemene methode



Differentieel ontwerpen

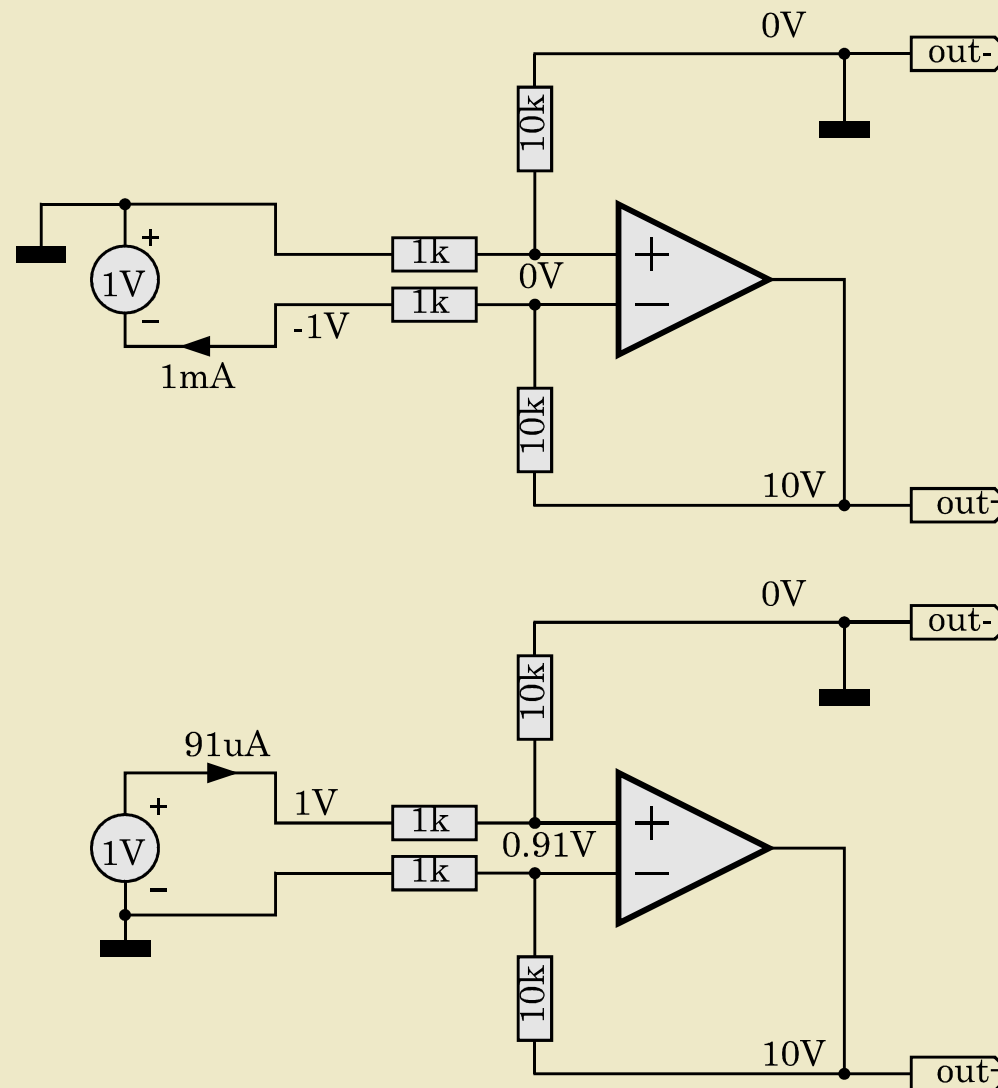
Niet-transformeerbare trappen

- Omliggende trappen op 1 punt refereren!



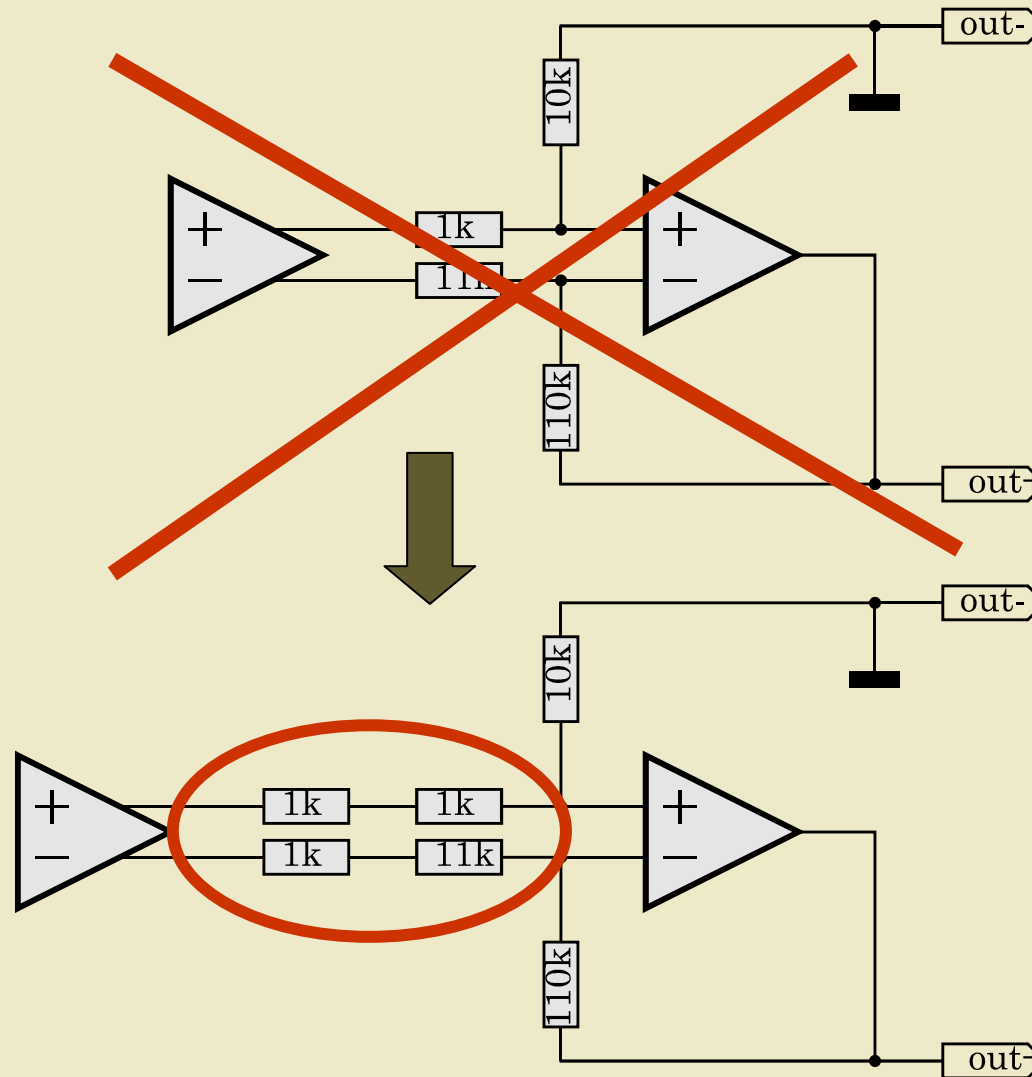
Differentieel ontwerpen

Stromen zijn niet gelijk...



Differentieel ontwerpen

probeer ze ook niet gelijk te maken!!!



Stoorgevoeligheid verminderen

Stoorbronnen

- Gemeenschappelijke impedantie
 - LF stromen door aardvlak
 - Is nu al opgelost!
- Magnetische inkoppeling (dI/dt)
- Capacitieve inkoppeling (dV/dt)



Stoorgevoeligheid verminderen

Capacitieve storingen verminderen

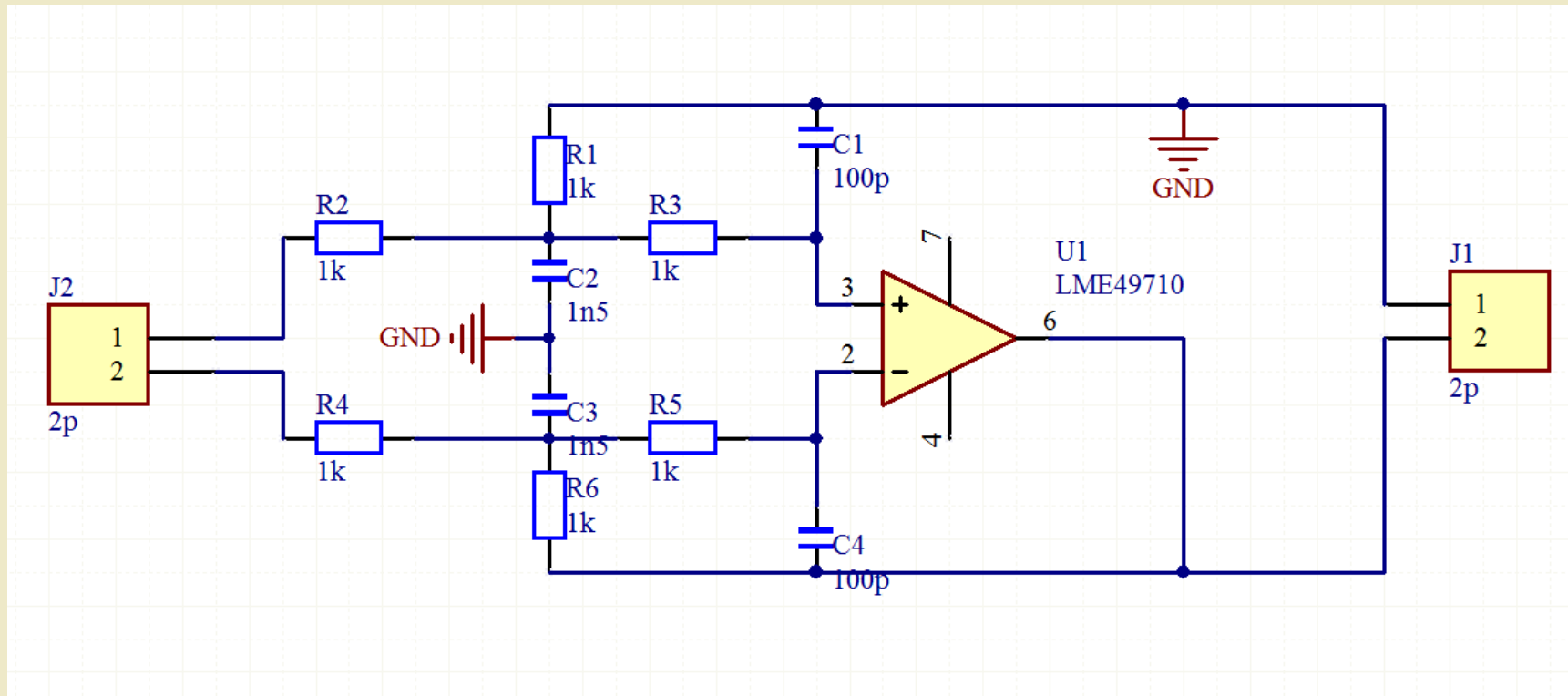
- Ongebalanceerd: Kleine “platen”
- Gebalanceerd: Gelijke “platen”
 - Dicht bijeen = gelijke capaciteit met stoorbron

Magnetische storingen verminderen

- Ongebalanceerd: Kleine lussen
- Gebalanceerd: Gelijke lussen.
 - Overlappend = identieke geïnduceerde spanning
 - =oppervlakte van het diff paar klein houden

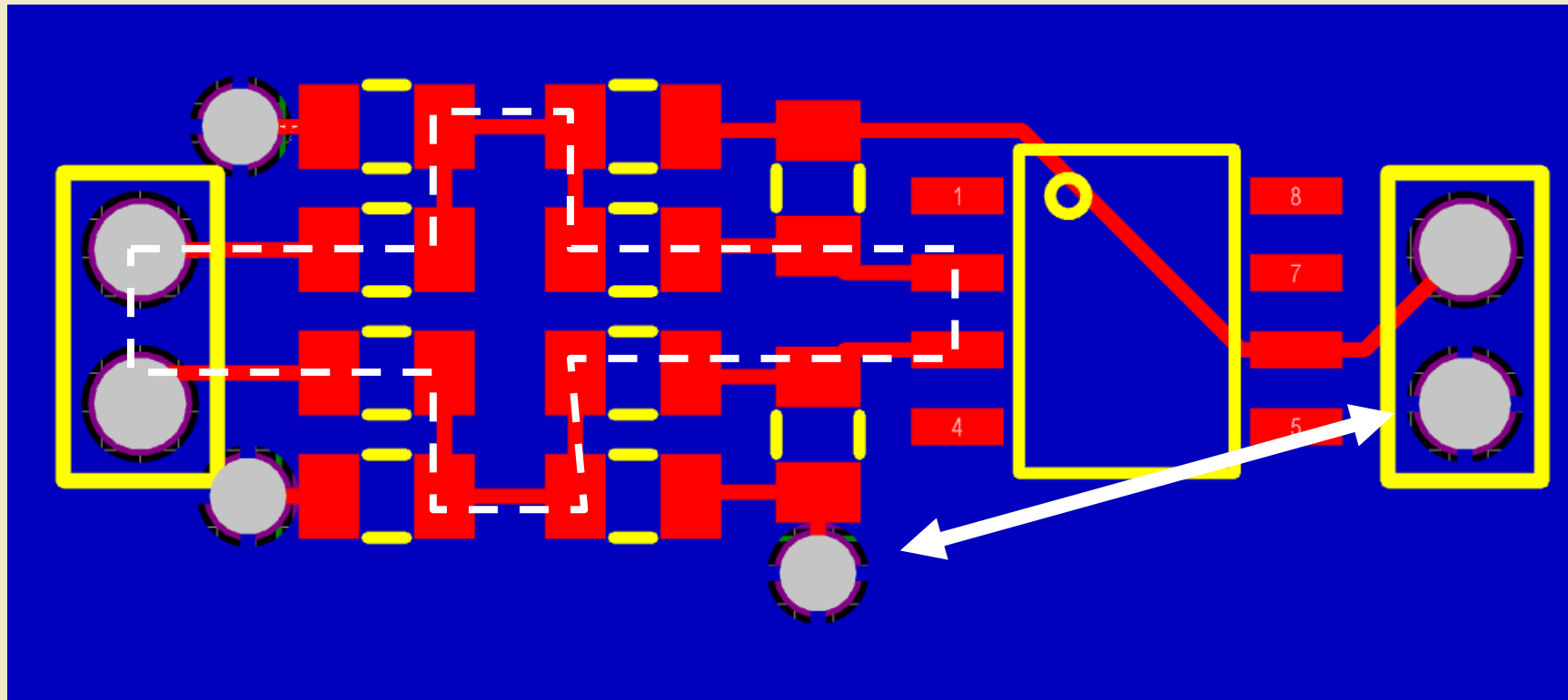
Differentieel layouten

Voorbeeld 1: 2e orde LPF



Differentieel layouten

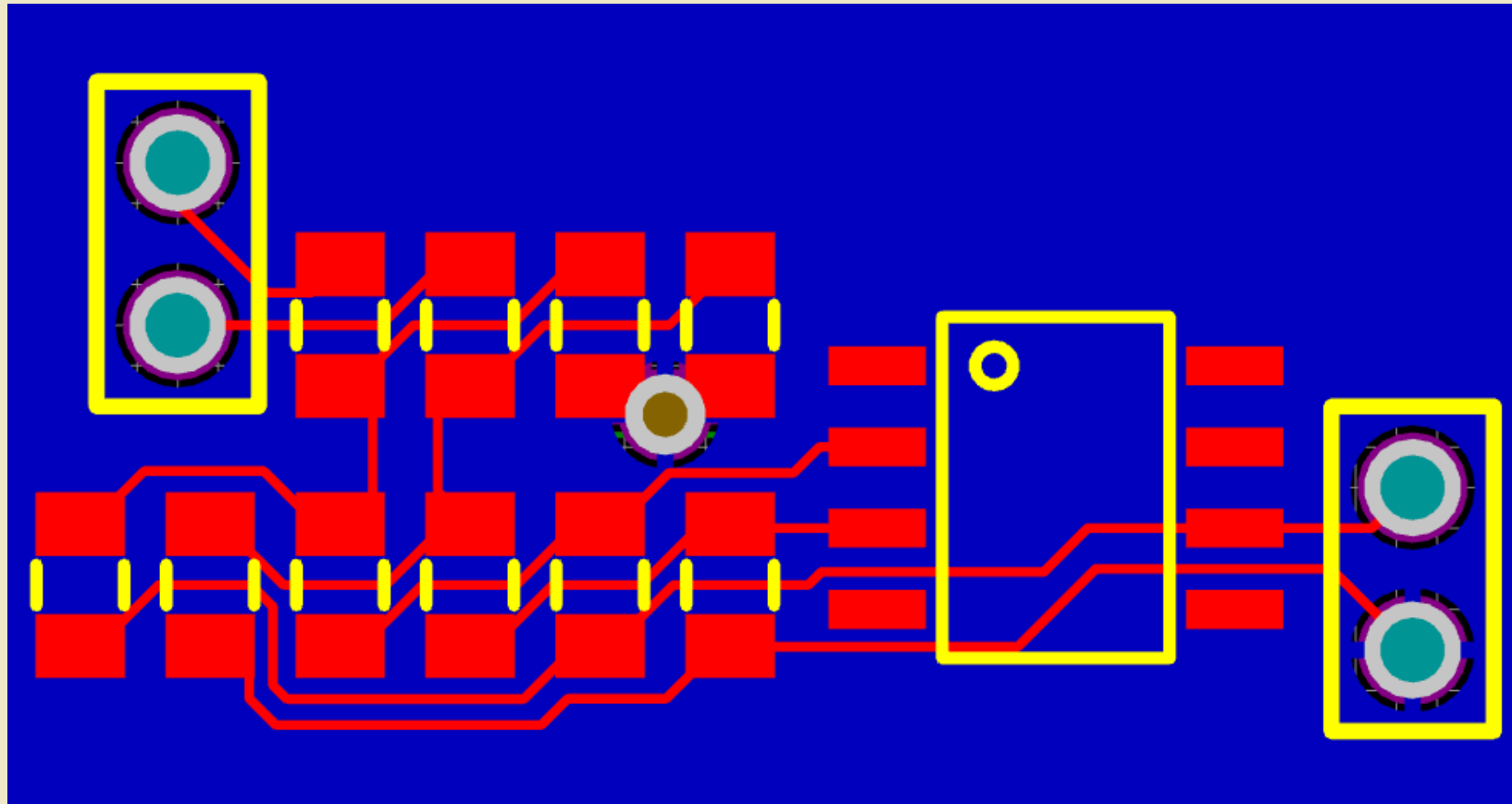
“Typische” layout



- Referentiefout
- Tegengestelde lussen. Een “mooie symmetrische layout” is extra stoorgevoelig!

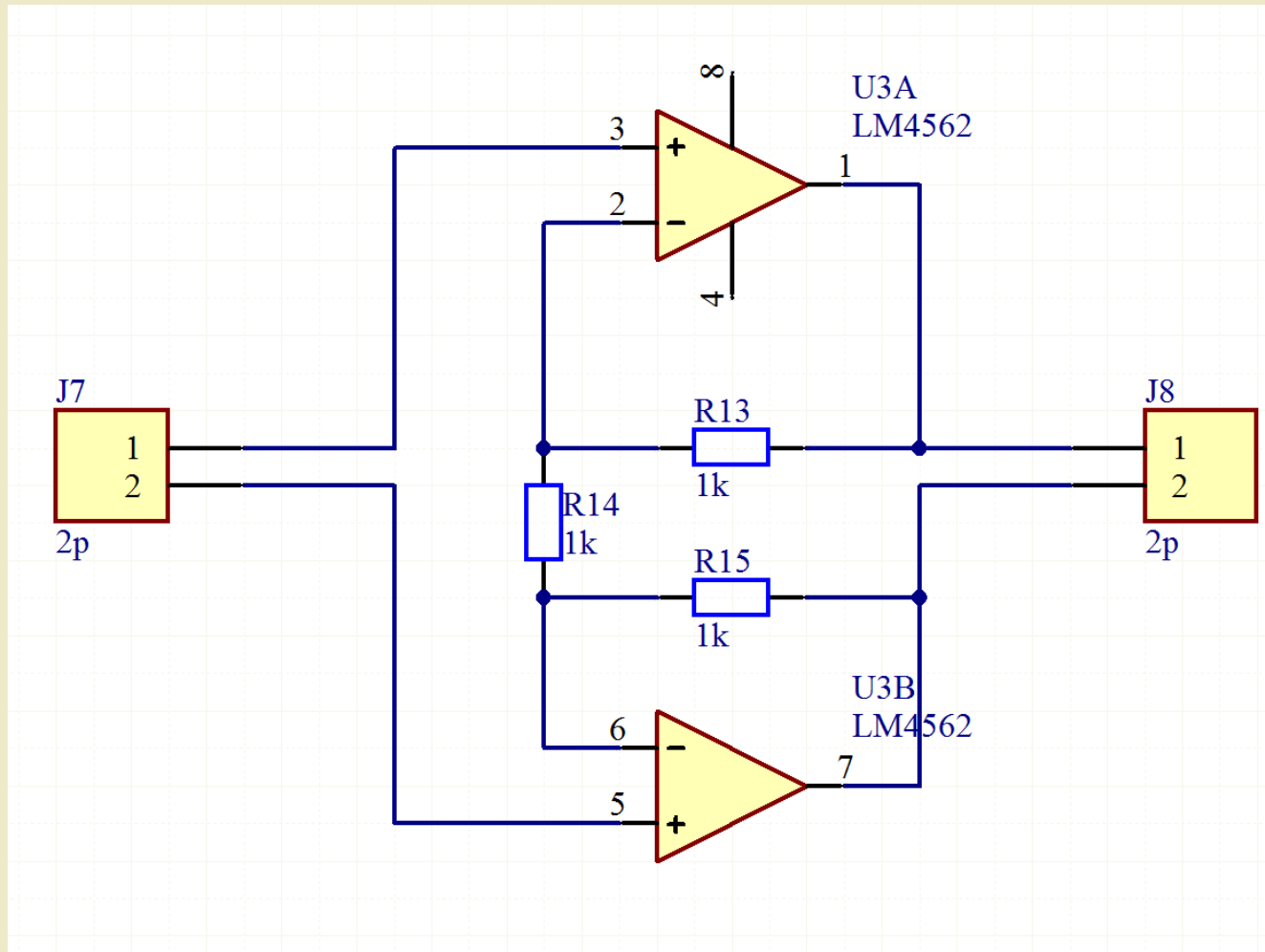
Differentieel layouten

“Alternerende” layouttechniek



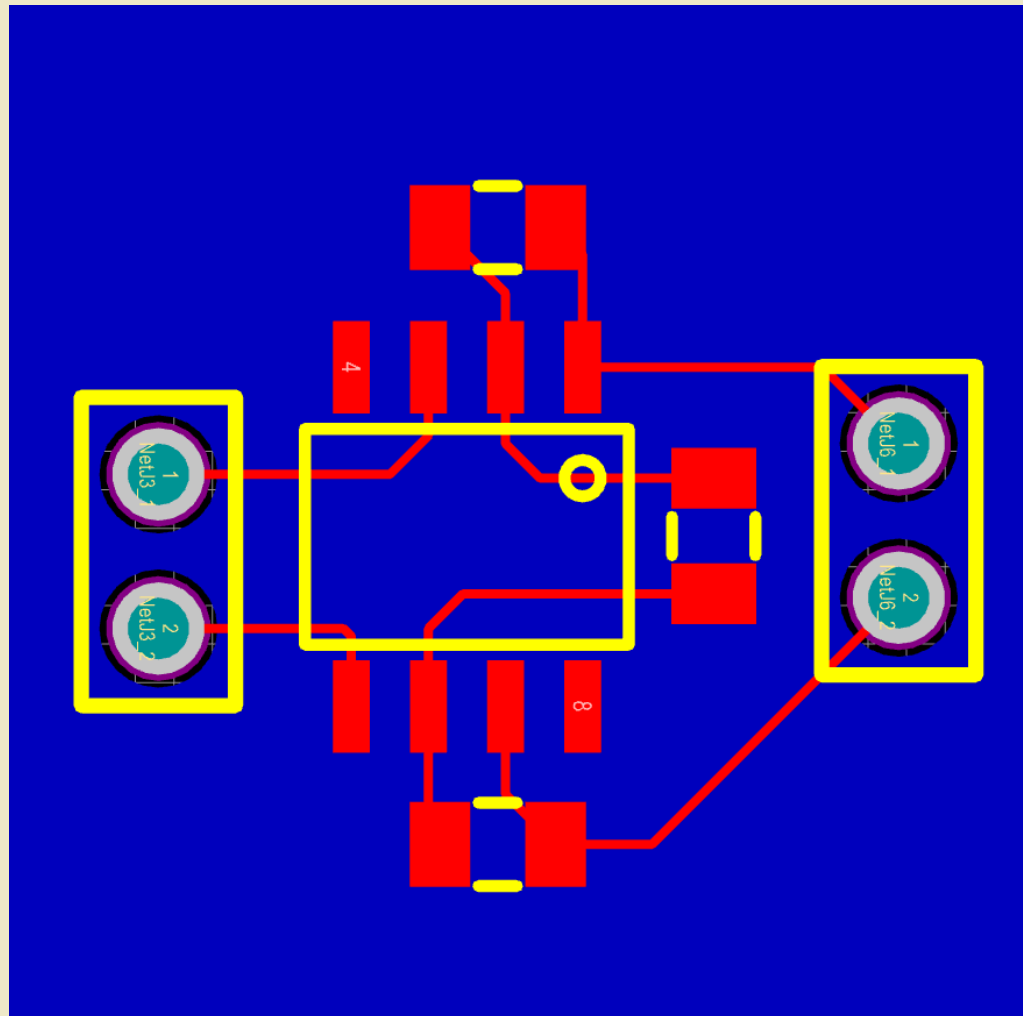
Differentieel layouten

Voorbeeld 2: Ingangstrap



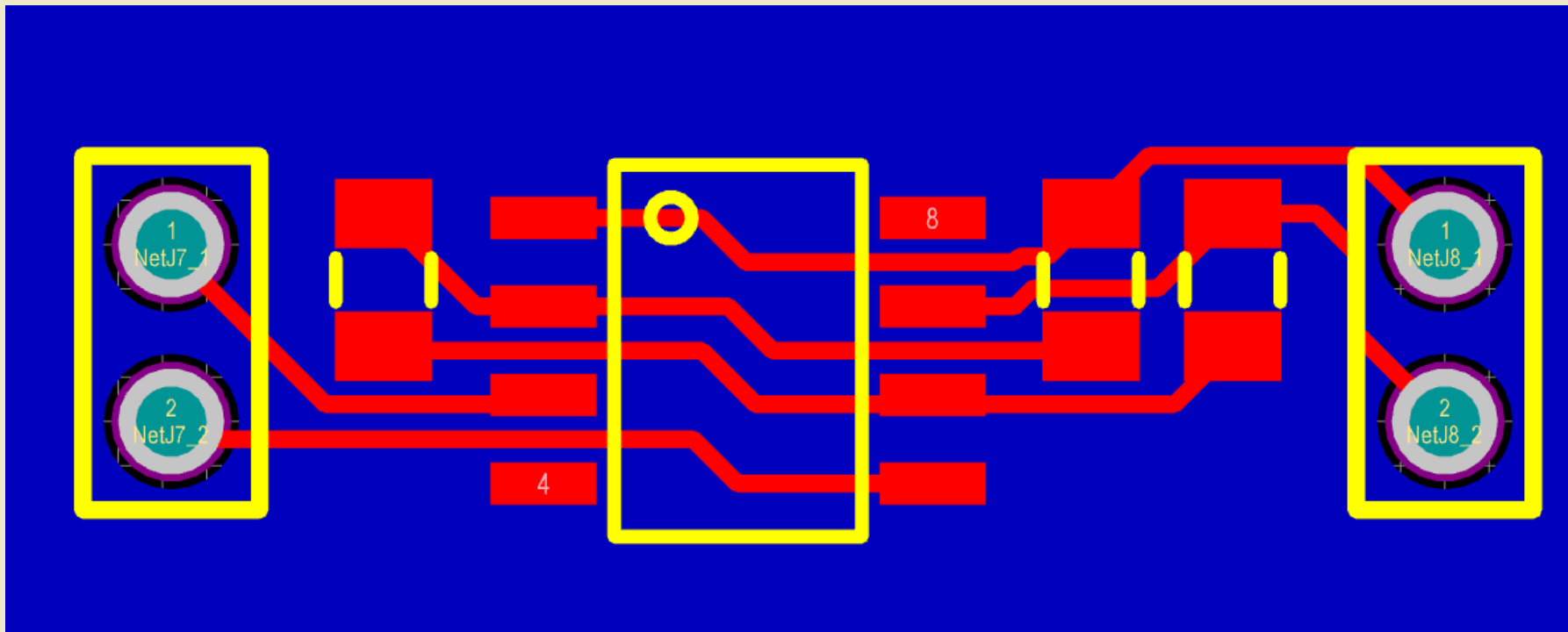
Differentieel layouten

“Typische” layout



Differentieel layouten

Betere oplossing



Differentieel layouten

Stoorgevoeligheid

- Gemeenschappelijke impedantie
- Magnetische inkoppeling (dI/dt)
 - Gelijke geïnduceerde spanning
- Capacitieve inkoppeling (dV/dt)
 - Samen in hetzelfde veld

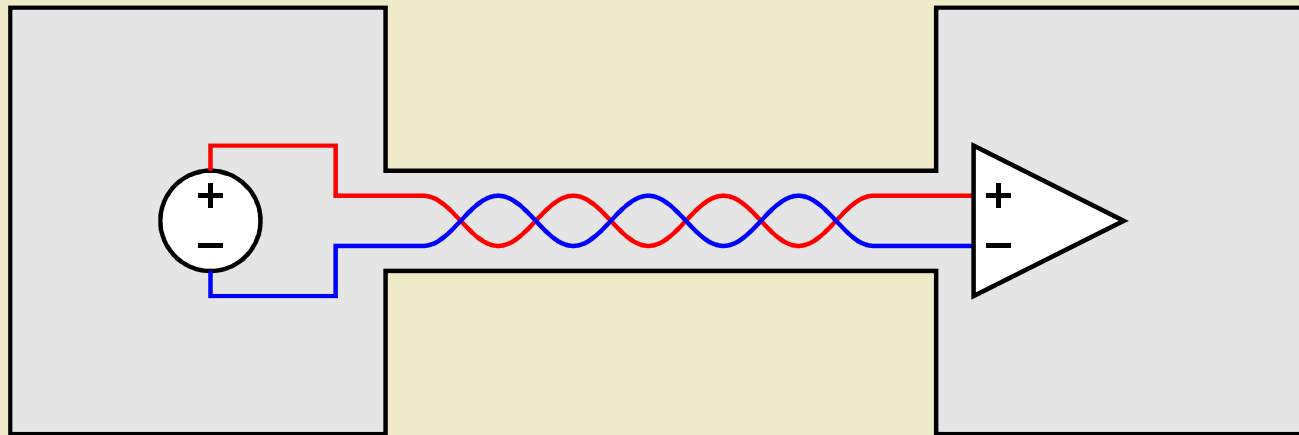


Kabels

Gebalanceerd = TWEE draden

Functie van mantel?

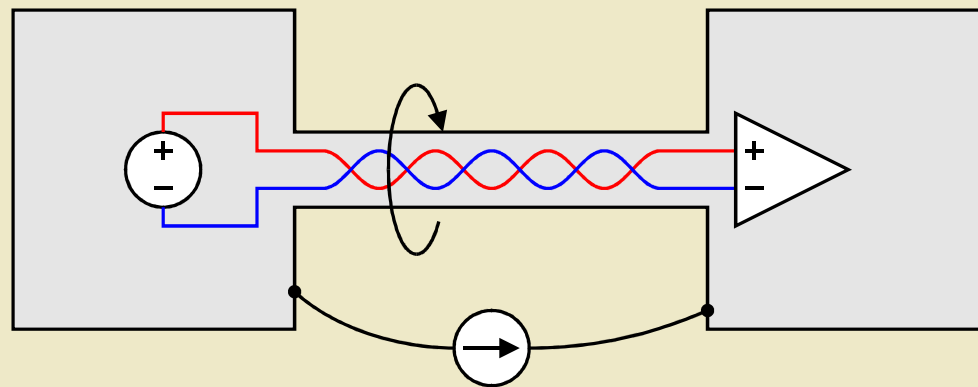
- Idealiter: niet nodig
- Praktisch: uitbreiding van chassis



Kabels

Effecten van mantel

- Elektrostatisch scherm
 - Begrensd door “optical coverage”
- Magnetisch scherm
 - Enkel HF
- CM reductie



Kabels

CM reductie

- Stroom door mantel \rightarrow veld
 - enkel buiten mantel!
- Veld rond mantel = veld rond aders
 $\rightarrow dV/dt$ over aders = dV/dt over mantel

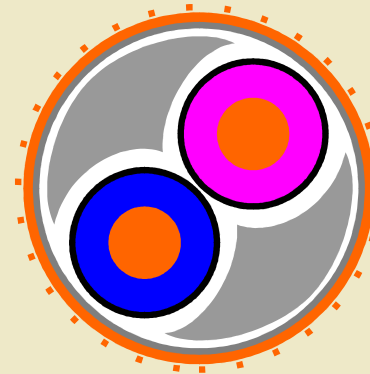
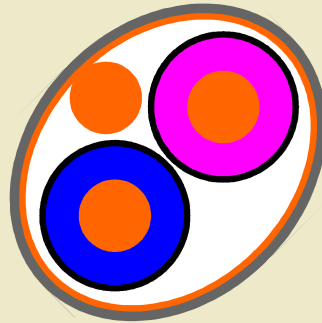
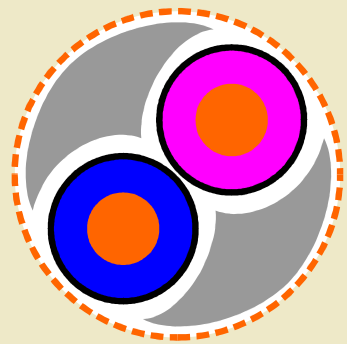
Beperkingen

1. Openingen in vlechtwerk
 - Ook veld binnenin
 2. “Drain wire”
 - Ook stroom binnenin mantel
- 1 of 2 en asymmetrische ligging = $I_{\text{mantel}} \rightarrow DM$

Kabels

Goede kabel

- Dichte mantel of foliescherm
- Symmetrische aderligging
 - Ronde sectie opgevuld
- Geen drain wire



Kabels

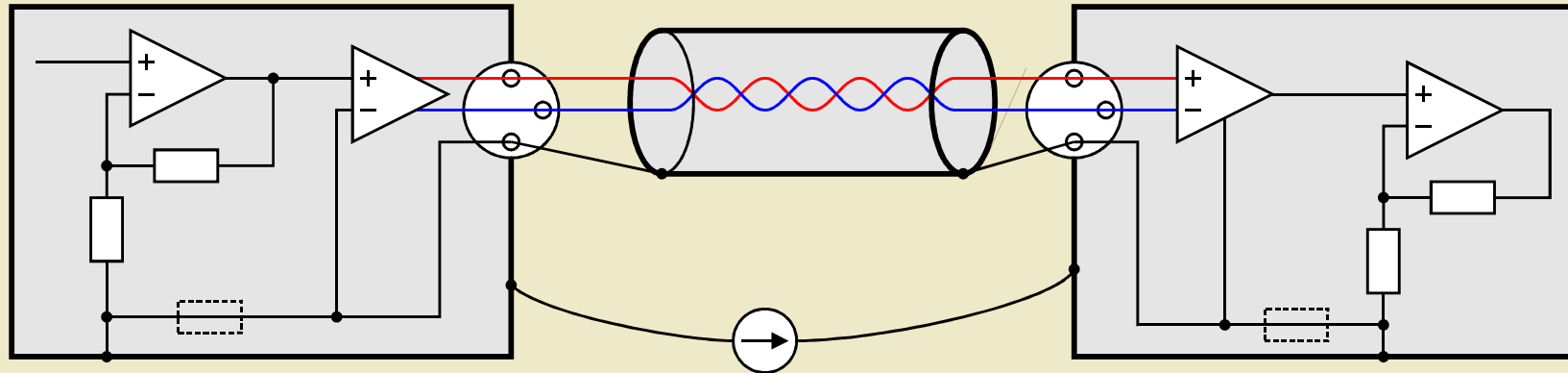
Star Quad?

- Beter
 - Minder gevoelig aan nabije magnetische storing
- Niet beter
 - RF, capacitief, verre veld.
- Slechter
 - Veel hogere C

Niet toepassen indien niet dwingend

Pen 1: Waar hang je nou die mantel vast?

Veel voorkomende fout



- Aardlus veroorzaakt stroom in referentie
- Bromprobleem staat los van CMRR
- Kan ook aan uitgang voorkomen
- Ground lift werkt maar tot 2 apparaten

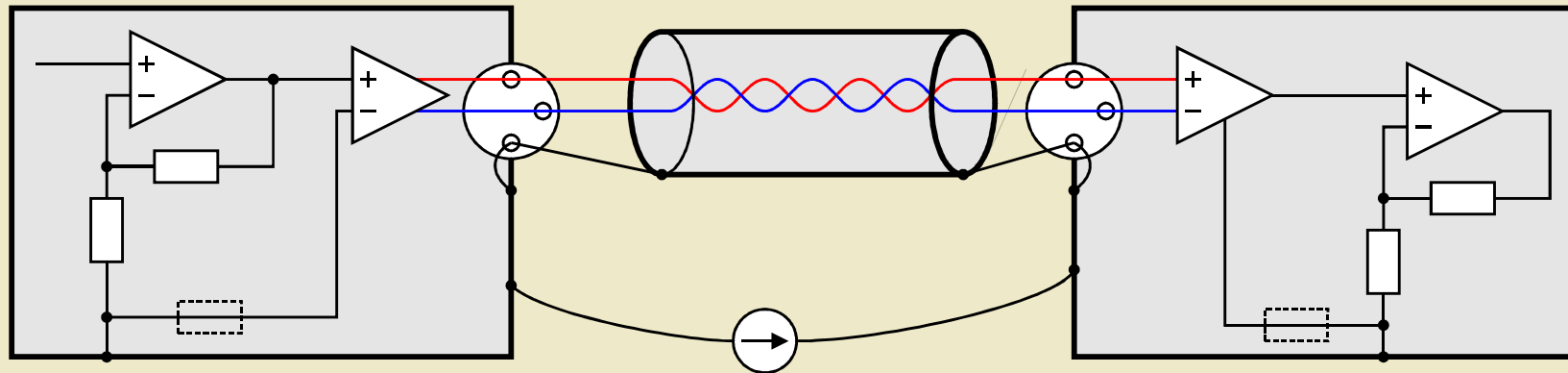
Pen 1: Waar hang je nou die mantel vast?

Zijn aardlussen het probleem?

- Aardlussen zijn niet te vermijden.
 - Lus ontstaat vanaf 3 toestellen in kring
- Mantel onderbreken?
 - Compleet onderbroken: mantel wordt antenne
 - Met C aan ontvangende aarde: lost alleen brom op
- Mantelstroom moet niet naar binnen
- Hoeft niet door de print!

Pen 1: Waar hang je nou die mantel vast?

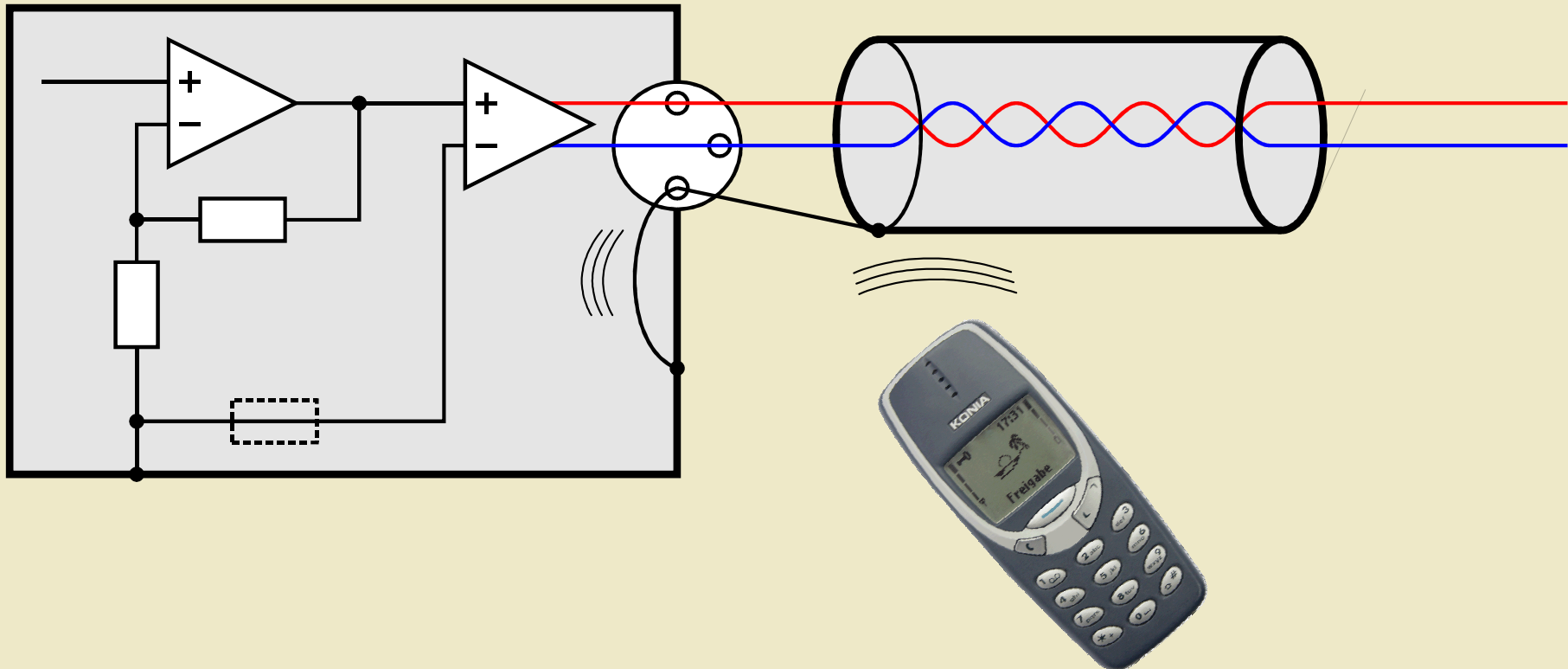
Oplossing



- Harde mantelverbinding reduceert CM
- Stroom gaat direct het chassis in.
- Aardstroom blijft buiten audiopad
- **Aardlus is geen probleem meer**

Pen 1: Waar hang je nou die mantel vast?

Ook veel voorkomende fout



AES48-2005

Legt correcte aansluiting van mantel vast

Geleidende kast?

- Direct (DC) verbonden met kast
- Kortst mogelijke weg
- Liefst aan buitenkant

Geen geleidende kast?

- Alle mantels direct aan 1 punt (ster)
- Referentieaarde van daar afnemen

Aansluiten met bestaande “foute” apparatuur?

- Geen voorziening treffen.
- Gebruiker moet mantel onderbreken buiten apparaat

Voorbij AES48-2005

AES48 is voldoende maar niet noodzakelijk

- “Contactstrip” is effectiever dan een ster.
- Bij volledig differentiële printlayout mag het aardvlak kringstromen voeren.

Conclusies

Geen signaal zonder referentie

- Altijd expliciete referenties maken

Gebalanceerde audioverbinding

- = Tweedraadsverbinding
- = Differentiële ingang
- = Impedantiebalans
- ≠ Dubbel signaalpad
- ≠ Spanningssymmetrie (mag wel)
- ≠ Gelijke stromen (mag wel)

Layouten

- Niet spiegelsymmetrisch
- Gelijk georiënteerd & overlappend