

# Moment 1 - Analog elektronik

## Föreläsning 4 Operationsförstärkare

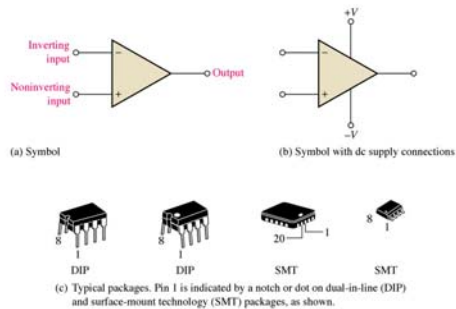
Jan Thim

## F4: Operationsförstärkare

- Innehåll:
  - Introduktion
  - Negativ återkoppling
  - Applikationer
  - Felsökning

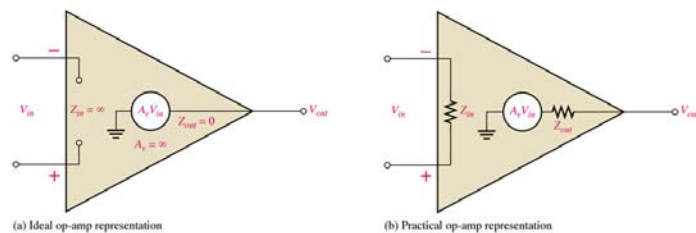
## Introduktion

- Operationsförstärkaren är en integrerad krets med flera kretsar inuti.
- En typisk OP är matad två inverterade spänningar av samma amplitud. (En positiv och en negativ.) Dessa brukar dock normalt inte visas i kretsscheman.



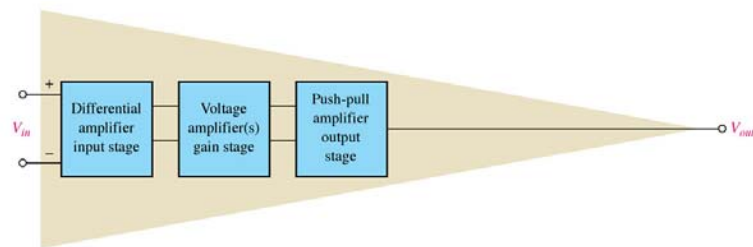
## Introduktion

- En ideal operationsförstärkare har oändlig förstärkning och bandbredd. Dock vet vi att sådana inte existerar.
- En OP har dock mycket hög förstärkning, mycket hög ingångsimpedans, mycket låg utgångsimpedans och stor bandbredd.



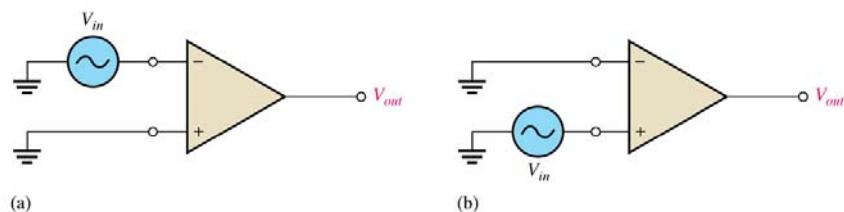
## Introduktion

- En OP består oftast av tre olika förstärkare. Ett ingångssteg, en spänningsförstärkare och ett utgångssteg.



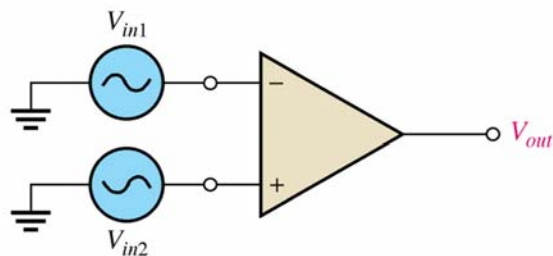
## Introduktion

- I "single ended input mode" jordar man den ena ingången.



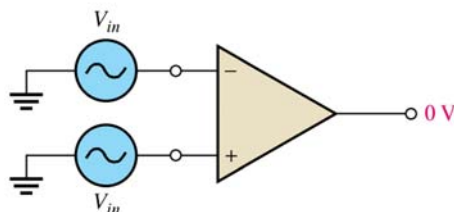
## Introduktion

- I differentiell mode har man två ingångssignaler i motfas mot varandra.
- Skillnaden mellan de två förstärks och skickas ut på utgången.



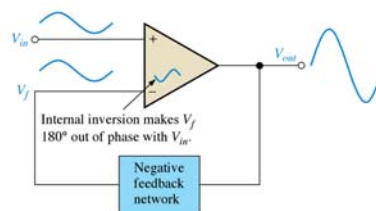
## Introduktion

- Med gemensam ingångsmode menar man att man lagt på två signaler av samma fas, frekvens och amplitud, vilket resulterar i att man får 0V på utgången.
- Denna mode används för att ta bort störningar och brus.



## Negativ återkoppling

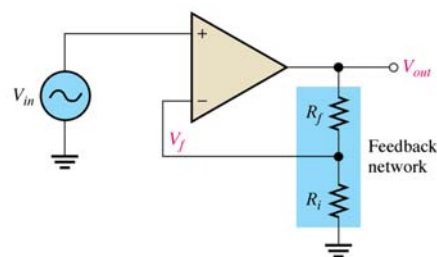
- Med en negativ återkoppling skickar man tillbaka en del av utgångsspänningen till den negativa sidan av OP:n.
- Detta för att begränsa förstärkningen så att OP:n inte går in i mättnad.
- Kom ihåg att oavsett förstärkningen så finns det gränser för vad en förstärkare klarar att producera.



## Operationsförstärkare med negativ återkoppling

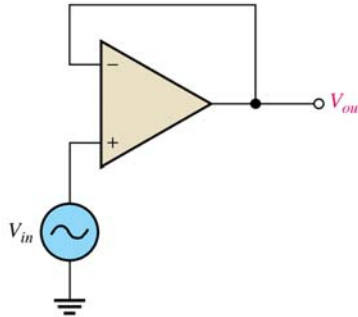
- "Sluten-loop förstärkning" ( $A_{cl}$ ) är spänningsförstärkningen hos en förstärkare med extern återkoppling. Förstärkningen kan kontrolleras med värdena på externa komponenter.
- Förstärkaren på bilden är en ickeinverterande förstärkare med sluten-loop förstärkning:

$$A_{cl(NI)} = 1 + R_f/R_i$$



## Operationsförstärkare med negativ återkoppling

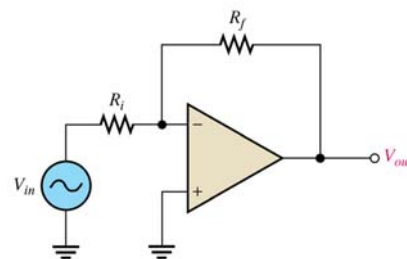
- Spänningsföljaren i denna figur får hela signalen från utgången matad till den inverterande ingången.
- Spänningsförstärkningen är 1. Kopplingen är användbar som buffer, eftersom den har hög ingångsimpedans och låg utgångsimpedans.



## Operationsförstärkare med negativ återkoppling

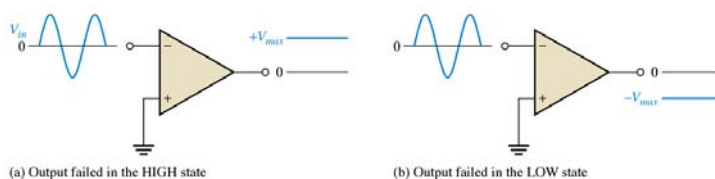
- Den inverterande förstärkaren i denna figur har utgången matad tillbaka till den inverterande ingången via en resistor för att kunna reglera förstärkningen.
- Förstärkningen för den inverterande förstärkaren kan uttryckas som:

$$A_{cl(l)} = R_f / R_i$$



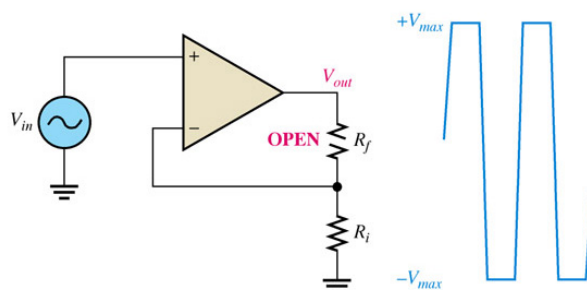
## Felsökning

- Operationsförstärkare är i regel mycket pålitliga. Interna fel kan dock uppstå, kanske som en följd av ett externt fel.
- Att utgången "fastnat" på endera det maximala eller minimala värdet kan vara ett tecken på ett internt fel.



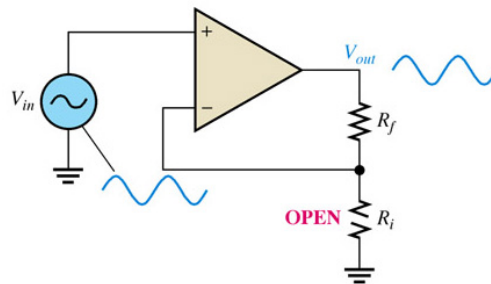
## Felsökning

- Med ett avbrott i återkopplingsresistorn  $R_f$  i en ickeinverterande förstärkare, kommer OP:n att överstyra och utgångssignalen kommer att bli klippt vid max och minvärdena.



## Felsökning

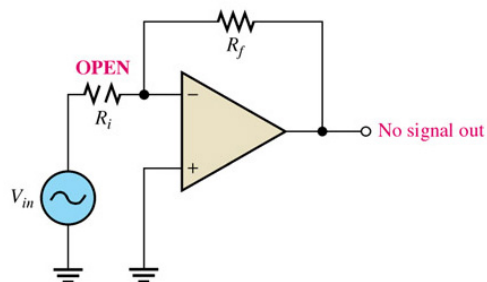
- Om däremot  $R_i$  skulle ha ett avbrott skulle förstärkningen gå mot 1, dvs. utgången skulle få samma amplitud som ingången.
- Andra fel på signalen tyder troligtvis på ett internt fel.



(b)  $R_f$  open

## Felsökning

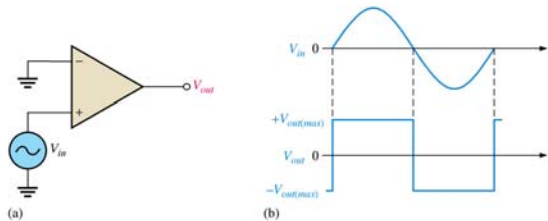
- Ett avbrott i återkopplingsresistorn  $R_f$  hos en inverterande förstärkare skulle bete sig på samma sätt som hos en icke-inverterande, OP:n kommer att överstyra.
- Ett avbrott i ingångsresistorn  $R_i$  förhindrar insignalen från att komma fram.



## Applikationer

### Komparator

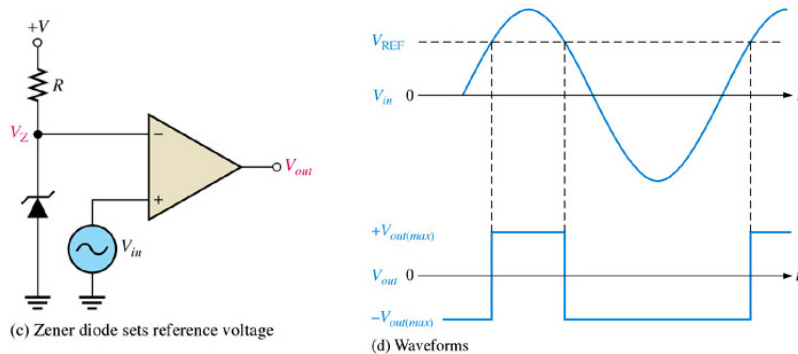
- En komparator jämför två signaler med varandra.
- I detta exempel med en nollnivå-detektor är OP:n i öppen loop läge (ingen återkoppling). Den inkommande signalen driver OP:n till mättnad, och sinussignalen blir då fyrkantvåg. Detta för att OP:n lätt hamnar i mättnad i öppen loop läge.



## Applikationer

### Komparator

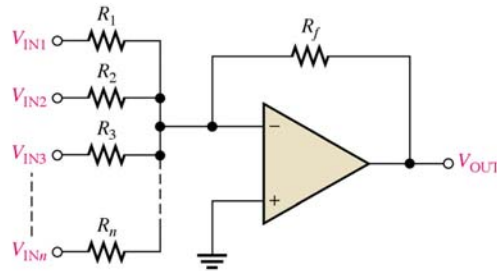
- I detta fall sätter en spänningsdelare eller en zenerdiod referensspänningen som insignalen jämförs mot.



## Applikationer

### Summerande förstärkare

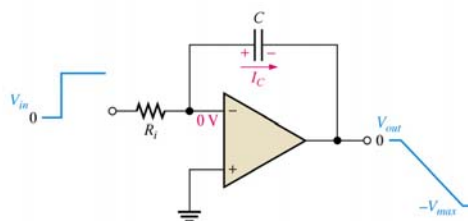
- Den summerande förstärkaren har två eller flera ingångar och utgången blir den negativa summan av ingångarna.



## Applikationer

### Integrator

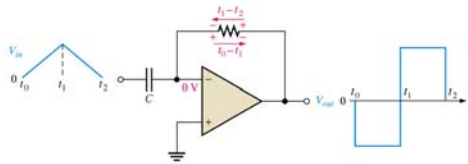
- En integrator får man genom att sätta en kondensator i återkopplingsloopen.
- En konstant inspänning ger en rampfunktion på utgången.
- Kan användas till att skapa en triangelvåg av en fyrkantvåg.



## Applikationer

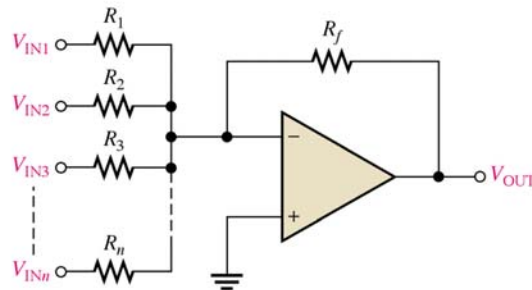
### Derivator

- En derivator gör det motsatta jämfört med en integrator.
- En triangelvåg på ingången skulle resultera i en fyrkantvåg på utgången.
- Notera att kondensatorn nu sitter på ingången.



## Felsökning, applikationer

- I fallet med den summerande förstärkaren skulle ett avbrott på en ingångsresistor resultera i ett lägre värde än förväntat på utgången.



## Sammanfattning

- En OP är matad av två olika matningsspänningar som sätter max och min värdena.
- Den kan arbeta endera med en ingång jordad, eller med signal på bägge ingångar (differenziell mode).
- Med negativ återkoppling kan man styra förstärkningen hos en OP.
- En OP är i regel mycket pålitlig, varför man ofta misstänker kringliggande komponenter vid felsökning.