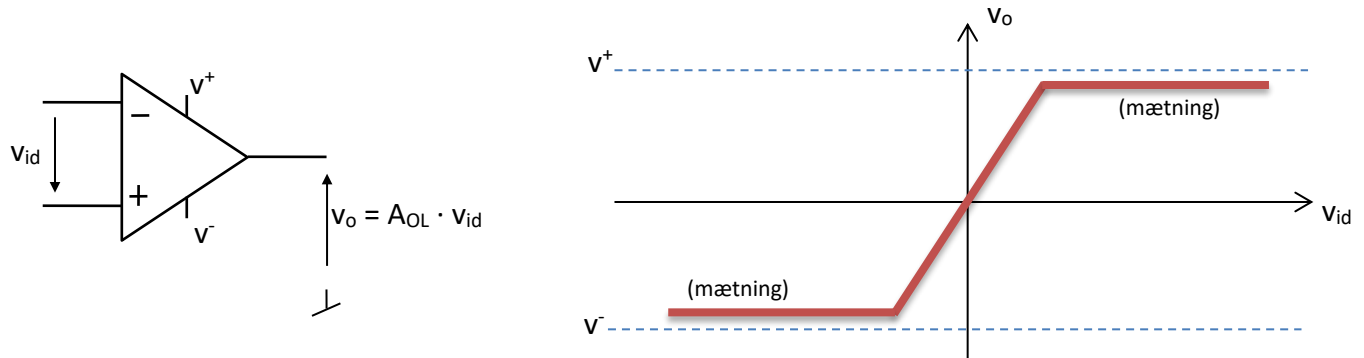


Forstærker med negativ feedback

Denne note skal betragtes som et supplement til lærebogens kapitel 2, og notationen er tilsvarende den, som anvendes i kapitel 9, hvor der i detaljer studeres effekten af negativ feedback.



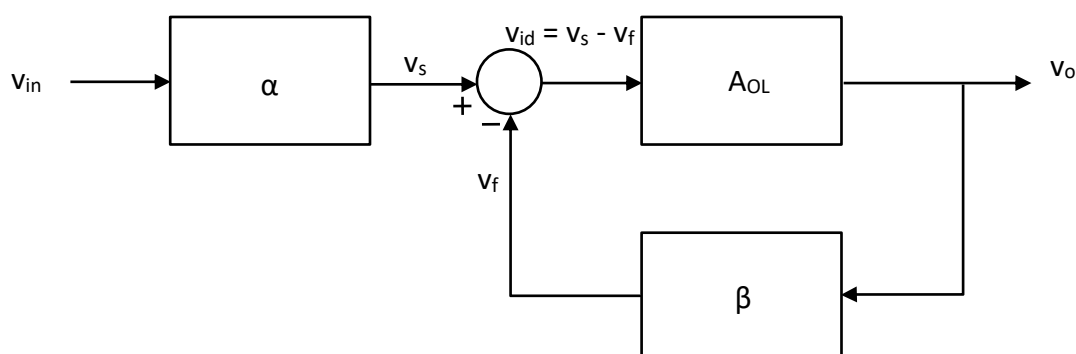
Figur 1 Op Amp med symboler og overføringskarakteristik

Operationsforstærkeren med sin meget høje åbensløjfeforstærkning A_{OL} - teoretisk uendelig - er i praksis kun anvendelig til lineær forstærker, hvis den modkobles.

Desuden er der i praksis meget stor parameterspredning på A_{OL} , og denne er en funktion af flere parametre - eksempelvis udvises en betydelig frekvensafhængighed.

Dette er ikke hensigtsmæssigt i et design, men her kan man ved hjælp af negativ feedback gøre den overordnede forstærkning uafhængig af A_{OL} , blot sidstnævnte er meget stor. Hvor stor en afvigelse der er grundet en ikke uendelig A_{OL} , kan man, som vi skal se i det følgende, regne helt eksakt på.

Lad os illustrere operationsforstærkeren koblet med negativ feedback med følgende diagram, der kan genkendes fra figur 9.1 på side 556 i lærebogen:



Figur 2 Blokdiagram af Op Amp med negativ feedback

Følgende sammenhænge kan stilles op ud fra figur 2:

$$V_o = A_{OL} \cdot V_{id} \quad (1)$$

$$V_{id} = V_s - V_f = \alpha \cdot V_{in} - \beta \cdot V_o \quad (2)$$

Indsættes (2) i (1) fås:

$$v_o = A_{OL} \cdot (\alpha \cdot v_{in} - \beta \cdot v_o) \quad (3)$$

Denne ligning angiver sammenhængen mellem indgangssignalet v_{in} og udgangssignalet v_o af en vilkårlig modkoblet forstærker. Vi løser nu denne for lukketsløjfe forstærkningen:

$$A_{CL} = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{\alpha \cdot A_{OL}}{1 + \beta \cdot A_{OL}} = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta \cdot A_{OL}}} = \frac{\alpha}{\beta} \cdot K_f \quad (4)$$

Bemærk at α og β alene er fastlagt af de eksterne komponenter, som udgør modkoblingen, og afvigelse fra ideel Op Amp performance ligger så i **fejlfaktoren** K_f . For den ideelle Op Amp gælder således følgende:

$$K_f|_{ideel} = 1 \quad (5)$$

Den ideelle forstærkning er kun bestemt af de eksterne komponenter:

$$A_{CL,ideel} = \frac{\alpha}{\beta} \quad (6)$$

α er den del af indgangsspændingen, som kobles ind på forstærkerens summationspunkt:

$$\alpha = \left. \frac{v_{id}}{v_{in}} \right|_{v_o=0} \quad (7)$$

β er tilbagekoblingsfaktoren:

$$\beta = - \left. \frac{v_{id}}{v_o} \right|_{v_{in}=0} \quad (8)$$

Der er altså to forstærkninger, som gør sig gældende her:

1. **Åbensløjfeforstærkningen A_{OL}** ↓ OL = Open Loop (ingen modkobling) som kan opfattes så "rå-forstærkningen" af den givne Op Amp, og denne er typisk meget høj ved DC og kan variere meget både pga. parameter-spredning men også for den enkelte Op Amp eks. som funktion af frekvensen.
2. **Lukketsløjfe forstærkningen A_{CL}** ↓ CL = Closed Loop (modkoblingssløjfen er etableret), som er den forstærkning en Op Amp har, når feedbacksløjfen er lukket, og forstærkeren således er modkoblet. Den negative feedback giver designeren mulighed for at kontrollere forstærkningen med eksterne komponenter og herved minimere de variationer og ikke ideelle forhold, som må forekomme for en Op Amp.
Bemærk i øvrigt at det kun er β i sammenhæng med A_{OL} , der indgår i fejlfaktoren K_f , og det er således β for den enkelte forstærker, der eksempelvis fastlægger båndbredden – ikke α !