

Elektronik för D

Bertil Larsson
2013-05-13

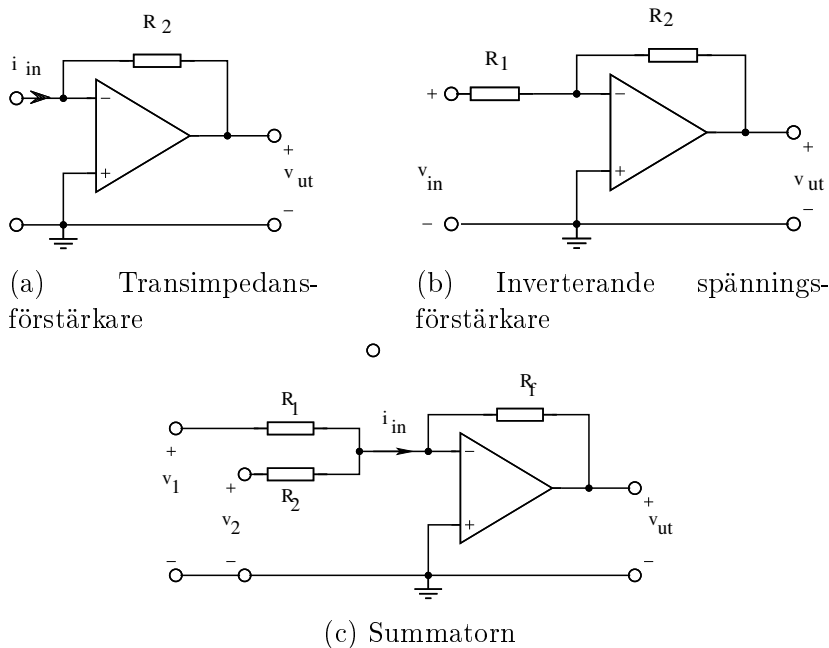
Sammanfattning föreläsning 17

Mål

Olika OP-kopplingar, komparatorn

Summatoren

I transimpedansförstärkaren (sammanfattning föreläsning 15) förstärks en inström till en utspänning, se figur 1a. Från denna skapades den inverterande spänningsförstärkaren genom att bilda en ström, i_{in} , från en inspänning och en resistor, figur 1b. Flera strömmar kan givetvis summeras till en gemensam inström till transimpedansförstärkaren och då får man en summatör för de olika inspänningarna enligt figur 1c.

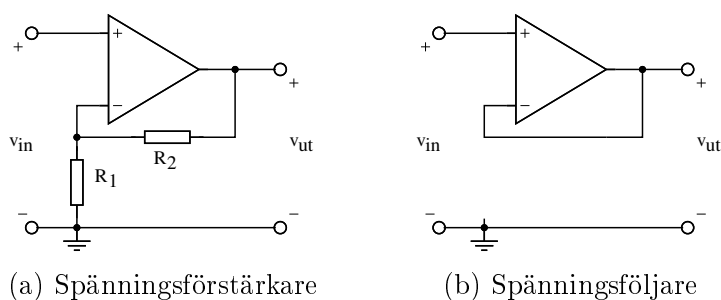


Figur 1: Summatoren härledd ur transimpedansförstärkaren

Totala strömmen in blir $i_{in} = i_1 + i_2 = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}$ och utspänningen blir då $v_{ut} = -i_{in}R_f$. Med strömmen insatt blir utspänningen $v_{ut} = -R_f\left(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}\right)$ eller omskrivet $v_{ut} = -\left(\frac{R_f}{R_1}v_1 + \frac{R_f}{R_2}v_2\right)$ d.v.s. v_1 och v_2 summeras.

Spänningsföljaren

Spänningsförstärkaren, figur 2a, har idealt förstärkningen $A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ samt $R_{in} = \infty$ och $R_{ut} = 0$. Om $R_2 = 0$ (kortslutning) och $R_1 = \infty$ (avbrott) blir förstärkningen $A = 1$. Kopplingen kallas för spänningsföljare, figur 2b, och används för att anpassa en höghögkälla till en låghögkälla. Utan följaren skulle spänningen över lasten i ett sådant fall bli väldigt liten. På grund av att följaren inte belastar källan, men kan leverera ström till lasten förloras inget i spänningsdelningen.



Figur 2: Spänningsförstärkare med förstärkning $A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ respektive $A = 1$

Komparatorn

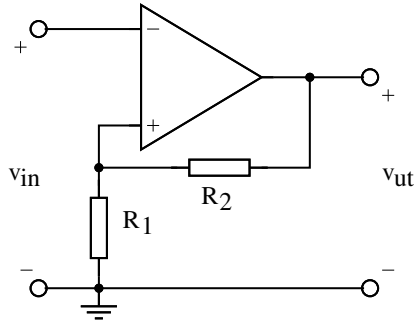
Om OPn inte återkopplas blir utsignalen $v_{ut} = A_{op}(v_+ - v_-)$. Eftersom A_{op} är så stor kommer OPn att bottna d.v.s. utgången blir antingen $+V_{DD}$ eller $-V_{DD}$ för en väldigt liten skillnad ($v_+ - v_-$). Om man ser utsignalen som digital är den '1' om $v_+ > v_-$ och '0' om $v_+ < v_-$. Man kallar denna koppling för en komparator. Komparatorn jämför två spänningar och avgör vilken som är störst. För krävande tillämpningar, d.v.s. snabba omslag från 0 till 1 finns speciella OP, komparatorer, optimerade för denna uppgift.

Schmitttriggern

Om en insignal till en komparator är brusig kan omslaget bli osäkert. Flera omslag p.g.a. bruset kan ge oönskade pulser i utsignalen innan det slutliga tillståndet uppnås. Schmitttriggern är en koppling med komparatorn som eliminerar detta, se figur 3.

Funktionen är som följer: Antag att utsignalen är i ändläget $+V_{DD}$. Spänningen på plusingången blir då $v_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{DD}$. När v_{in} ökar ligger utspänningen kvar på V_{DD} tills den passerar spänningen på v_+ . Då blir $v_- > v_+$ och utgången växlar till andra ändläget, $-V_{DD}$. Spänningen på plusingången ändras då omedelbart till $v_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (-V_{DD})$, som är negativ. Eventuella störningar och brus i insignalen måste nu understiga denna nya spänning för att ändra tillbaka omslaget. Kopplingen blir mer tolerant mot störningar. Skillnaden

mellan de två omslagsnivåerna på ingångssidan kallas *Hysteres*.



Figur 3: Schmitttriggern. Observera tecknen på ingången, här är det positiv återkoppling! Förstärkare som nämnts tidigare har negativ återkoppling.

Differentialförstärkare

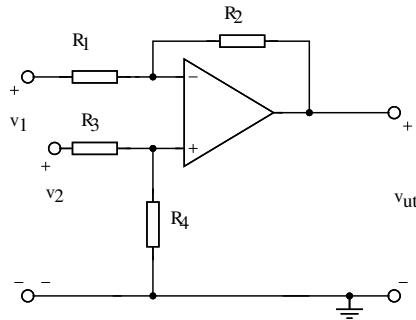
Då man vill förstärka en spänning där ingen nod är jord, t.ex. spänningen över ett motstånd inne i en krets, behövs en differentialförstärkare. En sådan förstärker skillnaden mellan två spänningar, $v_{ut} = A(v_2 - v_1)$, tecken bestäms av förstärkarkopplingen och var man ansluter signalerna.

När man räknar på differentialförstärkare definieras två tänkta signaler utifrån de verkliga insignalerna v_1 och v_2 nämligen $v_{DM} = v_2 - v_1$ och $v_{CM} = \frac{v_2 + v_1}{2}$. v_{DM} kallas differential mode och v_{CM} kallas common mode. v_{DM} är den signal man önskar förstärka och v_{CM} ska idealt inte ge något bidrag till utsignalen. I en verklig förstärkare blir dock utsignalen $v_{ut} = A_{DM}v_{DM} + A_{CM}v_{CM}$ där A_{DM} är den önskade förstärkningen och A_{CM} förstärkningen för den oönskade signalen v_{CM} . A_{CM} beror på toleranser och fel i kopplingen. Ett mått på kvalitén på en differentialförstärkare är Common Mode Rejection Ratio, $CMRR = \frac{A_{DM}}{A_{CM}}$. För en bra förstärkare har denna ett mycket stort värde, ofta angivet i dB.

OPn är en differentialförstärkare, men förstärkningen är för stor för de flesta användningsområden. Det finns en differentialförstärkarkoppling med OPn som har rimlig och valbarbar förstärkning, se figur 4. Med beteckningarna i figuren blir förstärkningen $A_{DM} = \frac{v_{ut}}{v_{in}} = \frac{R_2}{R_1}(v_2 - v_1)$ om villkoret $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$ är uppfyllt. Om förstärkaren ska fungera bra är detta ett kritiskt villkor och trimmning måste till för att få rätt förhållande. Kopplingen är av samma skäl känslig för variationer i utresistansen i källorna v_1 och v_2 .

Härledning av ovanstående:

Superposition $v_+ = \frac{R_4}{R_4 + R_3}v_2$; $v_+ = v_-$ ger strömmen i R_1 : $i = \frac{v_1 - v_+}{R_1}$ och



Figur 4: Differentialförstärkaren med en OP

utsignalen blir då $v_{ut} = v_- - iR_2 = \frac{R_4}{R_4+R_3}v_2 - \frac{v_1 - \frac{R_4}{R_4+R_3}v_2}{R_1}R_2$ lite algebra ger:

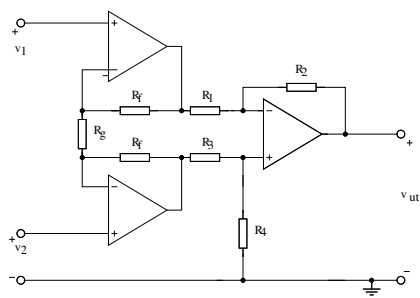
$$v_{ut} = \frac{R_2}{R_1} \left(\frac{1 + \frac{R_1}{R_2}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} v_2 - v_1 \right) \text{ där balansvillkoret framträder.}$$

En förbättrad men mer komplicerad koppling är *instrumentförstärkaren*

Instrumentförstärkaren

I instrumentförstärkaren föregås differentialförstärkaren ovan av ett förstärkande steg med två OP, se figur 5. Jämfört med förstärkaren i figur 4 har denna förstärkare tre fördelar: Hög inresistans, förstärkningen ställbar med endast en resistor, R_g , och differentiell förstärkning men common-modestärkningen 1. Hög inresistans gör den okänslig för variationer i källresistansen, en resistor gör förstärkningsändring enkel och differentiell förstärkning men ingen common-modestärkning gör att efterföljande differentialförstärkare får ett bättre insignalförhållande mellan DM- och CMsignalen att arbeta med. Förstärkningen ges av $A_{DM} = \frac{v_{ut}}{v_{in}} = 1 + \frac{2R_f}{R_g}$. Man vinner på att ha all förstärkning i ingångssteget och låta den efterföljande differentialförstärkaren ha förstärkningen 1 ($R_1 = R_2 = R_3 = R_4$).

Instrumentförstärkaren finns som färdig komponent.



Figur 5: Instrumentförstärkaren, $A_{DM} = 1 + \frac{2R_f}{R_g}$