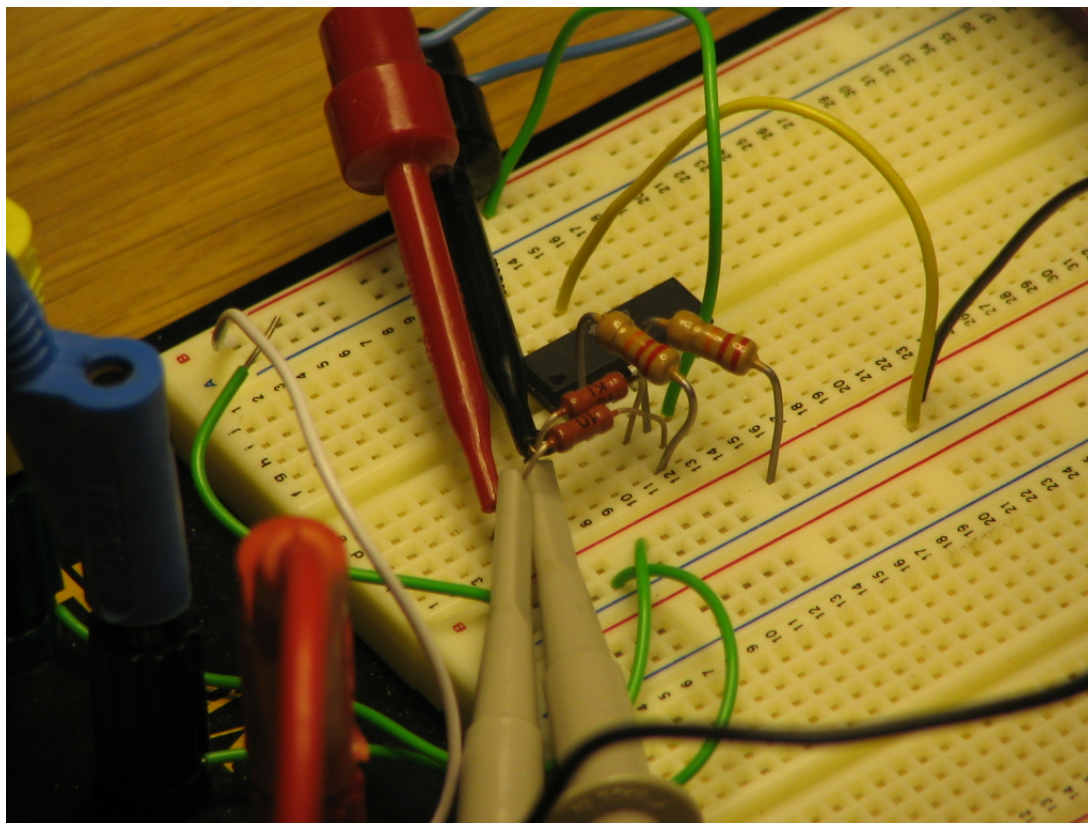


Mätningar på op-förstärkare.

Del 3, växelspänningsförstärkning med balanserad ingång.

Denna gång skall vi titta närmare på en förstärkare med balanserad ingång och obalanserad utgång. Normalt använder vi förstärkare med obalanserad in- och utgång. Vid dessa är alltid ena polen på in och utgång anslutna till jordanslutningen på förstärkaren, och det som förstärks är spänningsnivån räknat från jordpotential.



Vår instrumentförstärkare, så kallas ofta denna variant av op-förstärkaren. Namnet kommer av att förstärkarkopplingen är en väldigt vanlig del av elektriska mätinstrument, för radiotekniker skulle vi kalla den för "elektronisk-balun".

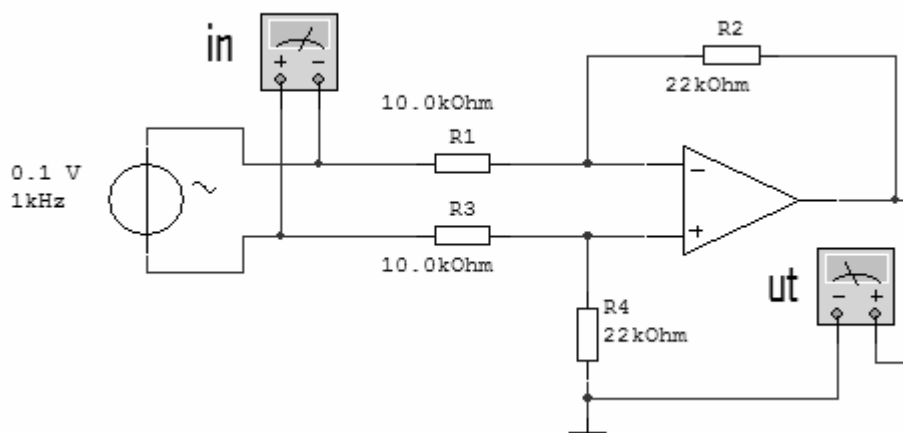
Här ser vi hur både signal matas till förstärkaren samt de två (grå) mätprobarna till oscilloskopet

Men vid ganska många tillämpningar förekommer en hel del störningar i jordsystemet, och ett stort arbete är då att eliminera att dessa störningar kommer in i förstärkningskedjan, något som kan vara omöjligt i vissa situationer.

Men genom att utnyttja det faktum att op-förstärkaren har två ingångar, kommer vi att klara oss utan jordanslutning på insignalen.

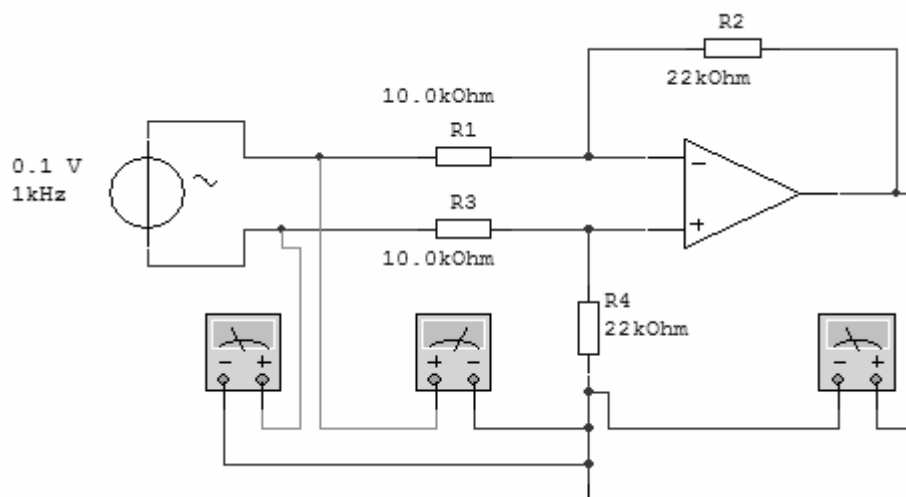
Finessen med denna koppling är att det som förstärks är skillnaden mellan dessa två ingångar, inget annat.

Som exempel ser vi att om vi skall ansluta en mikrofon ansluter vi normalt ena polen på mikrofonen till förstärkarens signaljord, men med balanserad ingång så kommer mikrofonen att vara ansluten till respektive ingång utan kontakt med förstärkarens jord.



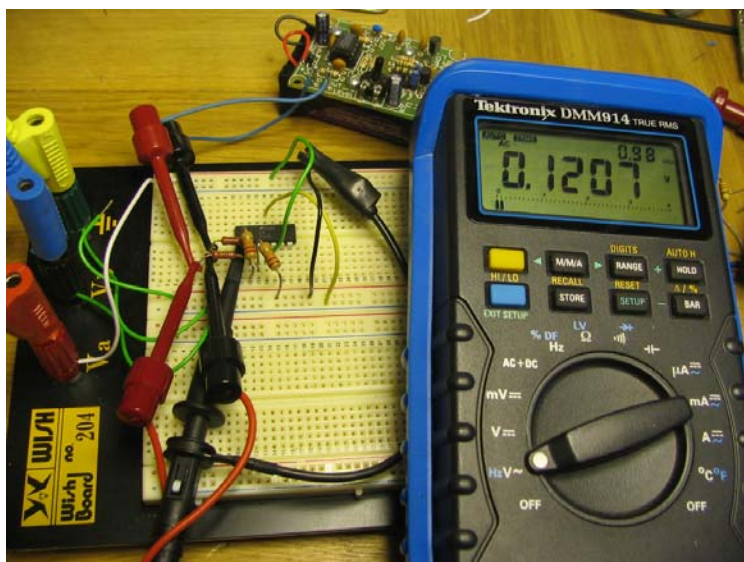
Vår koppling och hur vi kan mäta när vi arbetar med instrument som inte har någon galvanisk koppling mot jord.

Om vi byter R2 och R4 till 100 kohm får vi en förstärkare med 10 gångers förstärkning.



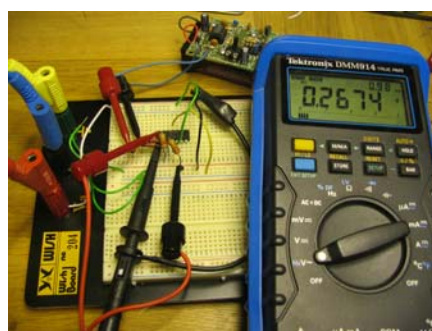
Detta är samma koppling, men här har vi instrument som på något sätt har en terminal (oftast märkt "common") galvaniskt kopplad till signaljord och/eller nätjord. Detta är fallet när vi mäter med oscilloskop, varje voltmeter i schemat kan ses som en kanal i oscilloskopet.

Det är tydligt att alla anslutningar som har jordanslutning måste till samma potential, helst också till samma kopplingsplint.



Till vänster mäter vi insignalen 0.1207 V, och till höger mäter vi utsignalen 0.2674 V. Beräknar vi förstärkningen får vi $0.2674/0.1207=2.22$ gånger. Här är mätningen mycket enkel då alla ingående instrument utom oscilloskopet är batterimatade och helt skilda från eventuell gemensam jord. Här används oscilloskopet till att "titta" på signalen och voltmeteren att "mäta" med, en ofta använd metod som ger bra kontroll på mätningen.

Att mäta på ett balanserat system är inte helt lätt, helt enkelt för att nästan all mätutrustning är obalanserad med ena polen ansluten till jord, och ibland även nätjord. Därför är det en utmaning att kunna genomföra en relevant mätning på denna förstärkare med nätansluten mätutrustning.



Om vi vill veta förstärkningen i dB mäter vi t.ex. utsignalen, och justerar den till "0" på dB-skalan, därefter flyttar vi mätsladdarna till ingången och kan då avläsa -7 dB. Vår förstärkare har alltså 7 dB förstärkning

Om vi använder oss av batterimatad utrustning kommer vi att få en betydligt enklare mätsituation att hantera. Med en bra multimeter kommer vi att kunna mäta både in- och utsignal. Jag har även här använt en batterimatad signalgenerator som gör mig oberoende från signaljorden på insignalen.

Testa två olika uppkopplingar med cirka 2.2 respektive 10 gångers förstärkning och lär dig att mäta både in- och utsignal med multimeter i denna koppling.

Prova att flytta generatoren längre bort från förstärkaren och notera hur okänslig kopplingen är för störningar. Om du har partvinnad sladd (eller om du tvinnar de själv) kan du ha 5-10 m sladd eller mer mellan din signalgenerator och förstärkaren utan att normalt få synbara störningar.

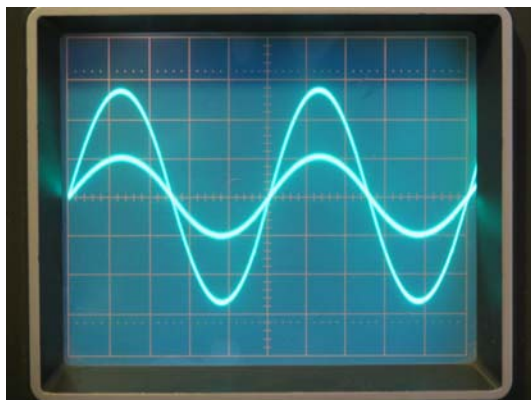
Med oscilloskop

Att mäta denna koppling med ett oscilloskop är en inte helt enkel uppgift. Normalt har vi en anslutning mellan jord och insignal till kanal A, och mellan jord och utsignal till kanal B. Vi kan sedan "enkelt" mäta skillnaden mellan in- och utsignal.

Men denna koppling fungerar inte här då insignalen har ingen referens till förstärkarens jord. Istället måste vi koppla enligt följande.

För att se insignalen ansluter vi kanal A till ena ingången och till jord, kanal B ansluts till den andra ingången och till jord.

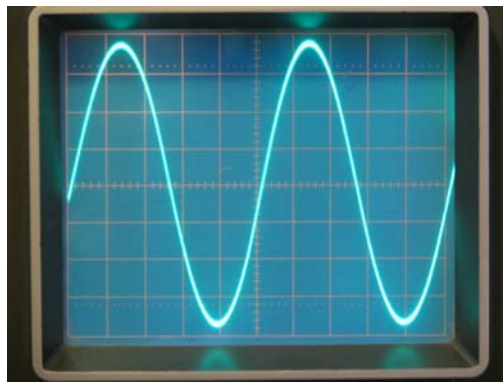
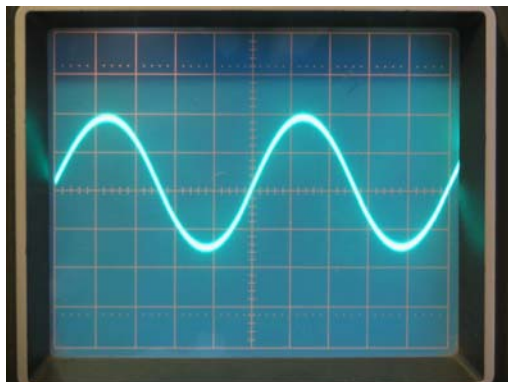
Lämplig känslighet på kanal A och B är 100 mV/div, vi bör då se två signaler.



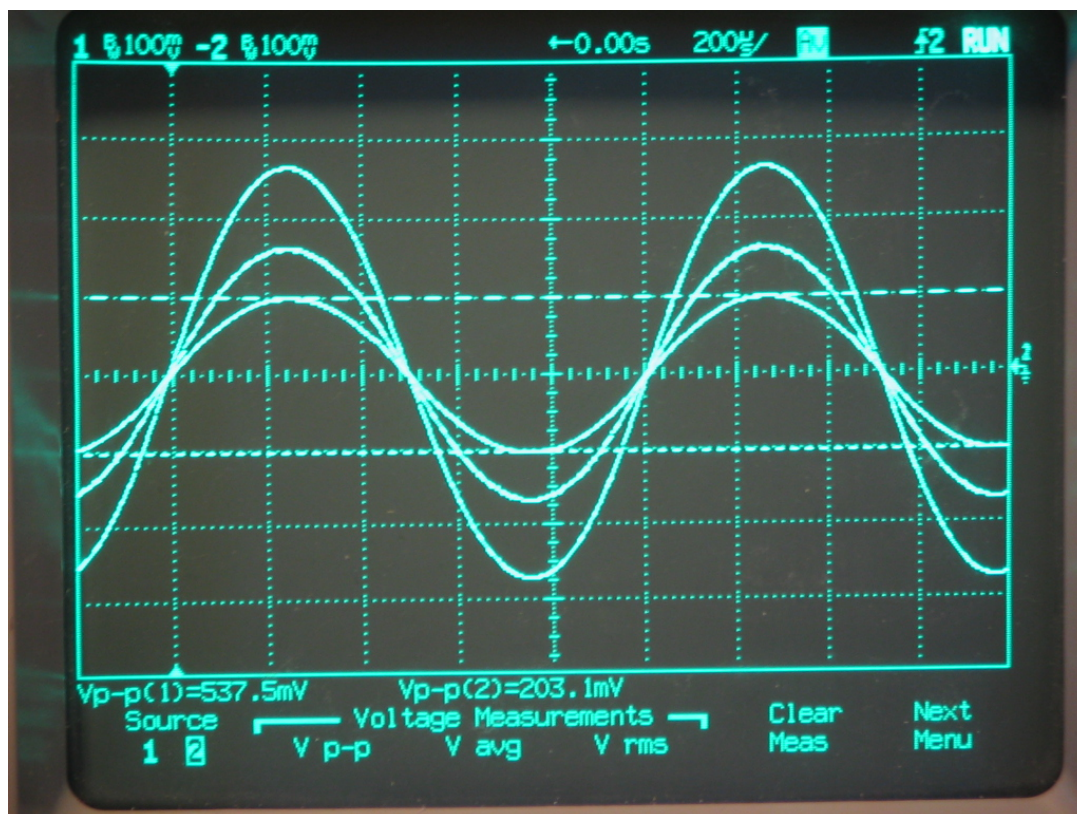
Insignalen till vår förstärkare är nu skillnaden mellan dessa två signaler. Notera hur lätt det var att mäta med en batteridrivna multimeter där vi kunde mäta direkt mellan ingångarna skilt från signaljord. Med den bild vi har på oscilloskopet är det inte självklart vad som är insignal.

A minus B

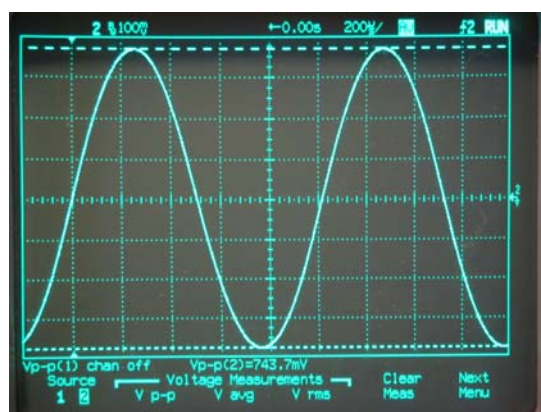
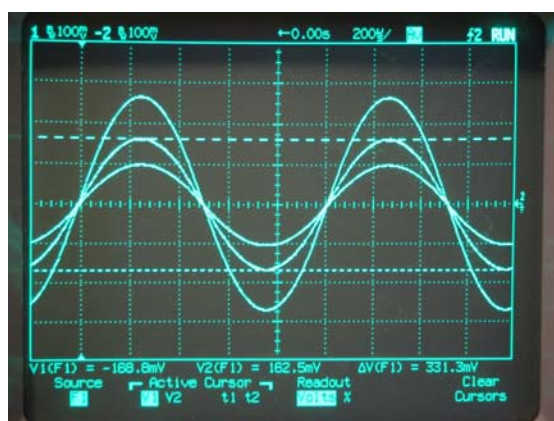
Till vår hjälp har många oscilloskop en möjlighet att visa summan eller skillnaden mellan kanal A och B. Om ditt oscilloskop har den möjligheten kan du ställa in oscilloskopet så det visar skillnaden ($A - B$) mellan kanalerna, det är just denna skillnad som förstärks i denna koppling.



Här är oscilloskopet till vänster inställt på att mäta skillnaden mellan kanal A och B. Vi mäter då rutorna och har 3.4 rutor gånger 100 mV/div ger 340 mVp-p som insignal. Utsignalen till höger är 7.5 rutor hög och $7.5 \times 100 \text{ mV/div} = 750 \text{ mVp-p}$. Förstärkningen beräknas till $750/340 = 2.2$ gånger



På ett digitalt oscilloskop kan vi normalt utföra beräkningar och presentera dessa beräkningar tillsammans med de signaler vi mäter. Här ser vi insignalerna på de bägge ingångarna till den balanserade förstärkaren. Mellan dessa syns den beräknade skillnaden mellan dessa signaler. Insignalen blir då $537.5 - 203.1 = 344.4$ mV.



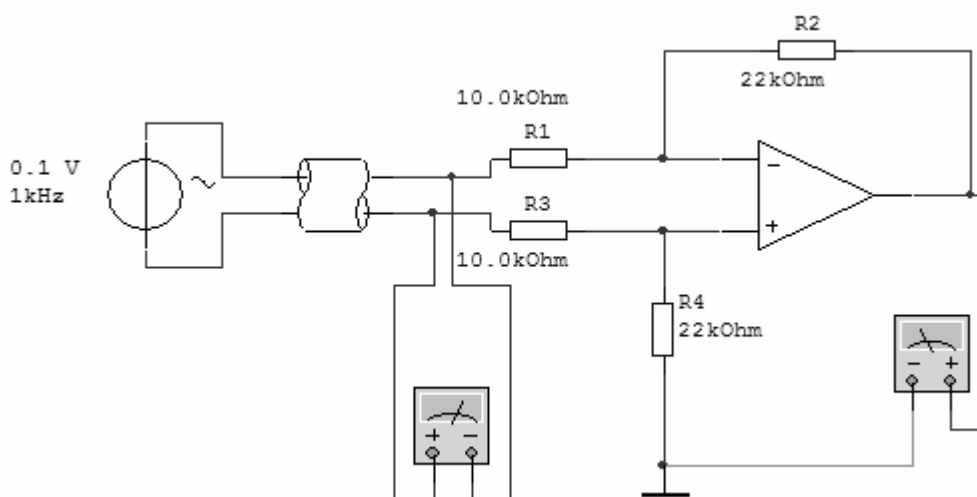
Om vi markerar den beräknade signalen och mäter på oscilloskopet ser vi att beräkningen stämmer bra. På bilden till höger ser vi utsignalen från förstärkaren. Beräknar vi så förstärkningen får vi $743.7/344.4 = 2.22$ gånger, det vill säga 6.95 dB.

De flesta oscilloskop har inte möjlighet att visa fler än två kanaler, vill du se utsignalen får du flytta en av kanalerna till utgången på förstärkaren. Vill vi kunna arbeta med två kanaler och samtidigt kunna se signaler i ett balanserat och obalanserat system får vi ta hjälp av en så kallad differentialprobe.

En differentialprobe låter oss arbeta fritt från signaljorden i den kanal proben är ansluten. Denna möjlighet att skilja oscilloskopets hölje från en vårt mätobjekt gör det möjligt att använda oscilloskopet lika smidigt som en multimeter. Tyvärr är dessa prober både dyra och sällsynta på surplusmarknaden.

Om du lyckats att komma till ett mätresultat som stämmer med dina beräkningar kan du vara nöjd. Att mäta på kombinerade balanserade och obalanserade system är i sig inte svårare än en "vanlig" mätning. Men det är mycket mera sladdar som skall anslutas och det gäller därför att ha lite extra kontroll var vi ansluter jordsystem etc.

Det är på en mätning som denna uppenbart att det är lättare att se om vi mäter "rätt" om vi använder en voltmeter samtidigt som vi mäter med oscilloskopet. Det är bra om vi kan arbeta "disciplinerat" och följa ett schema med bra "mental logistik".



Prova gärna att flytta generatoren från förstärkaren genom att använda en tvinnad signalkabel, det är ofta möjligt att nå över 10 meter med en testkoppling som denna innan vi får problem med störningar. Bygger vi en "snygg" förstärkare med metallhölje och kontakter kan vi nå kabellängder mot 100 m eller mer och ändå ha god kontroll på störnivå etc.

Svårigheten att mäta i ett balanserat system med obalanserade instrument kan säkert vara en av flera förklaringar till att det är så få som arbetar med balanserade kopplingar. Och visst fungerar många av våra vanliga tillämpningar bra även som obalanserade. Men möjligheten att arbeta fritt från signaljorden är utmanande.