

Balanserad mikrofonförstärkare i praktisk koppling med aktiva filter

Tillgången på mikrofoner som fungerar enligt kondensatorprincipen har ökat i och med att Kinesiska företag startade tillverkning av dessa mikrofoner. Priset är även detta klart tilltalande, oftast under 1000 kr.

Denna mikrofontyp har länge varit allenarådande inom radio och tv så varför har inte fler amatörer börjat använda denna mikrofon?

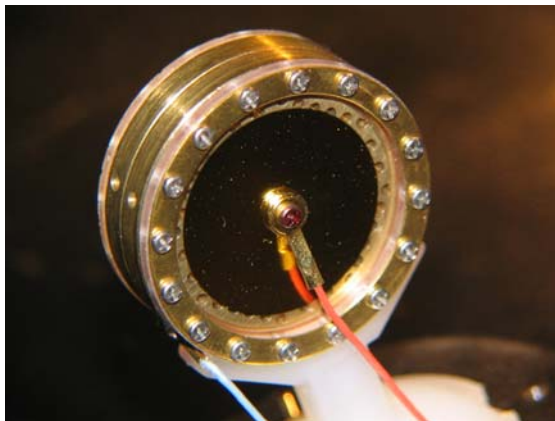
Anledningen till detta kan vara av flera orsaker:

- Tidigare var priset klart avhållande, en Neuman U87 t.ex. kostade 10 000 kr eller mer begagnad!!!
- Det är balanserad anslutning vilket få sändare har som standard.
- Fantommatning av kondensatorelementet och den inbyggda förstärkaren.
- Svårighet att utnyttja den dynamik som dessa mikrofoner kan återge.

Fördelarna är uppenbara om vi använder en mikrofon med bra känslighet, hög dynamik och avslutar med att koppla in en kompressor/limiter för att ensa signalen. Vi får då en mikrofonsignal som "alltid" är lagom som insignal till vår sändare oavsett om vi skriker eller talar normalt.

Var börjar vi ...? Jo först behöver vi en mikrofon, det finns flera typer som ser ut som en "rakapparat", nya kostar dessa från 1000 kr och uppåt inkl hållare, begagnad kan man få tag i dessa för runt en 500 kr.

För att få signal ur mikrofonen som passar till en sändare behöver vi en förstärkare med balanserad ingång och obalanserad utgång samt vi behöver fixa spänning till mikrofonen.



Så här kan mikrofonelementet se ut i en äkta kondensatormikrofon.

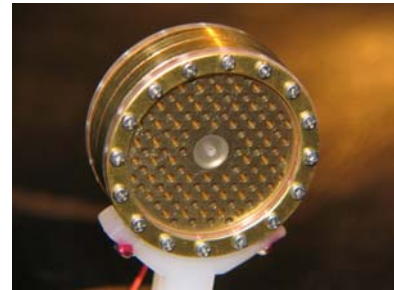
Genom den röda sladden kommer polarisationsspänningen till kondensatorplattan / folien. Genom att låta laddningströmmens variationer passera genom ett motstånd så får vi en spänning som varierar i takt med ljudet. Denna spänning låter vi gå in på gaten på en FET eller gallret på en triod. Oftast avslutar man kopplingen med en transformator.

Diametern på elementet är vanligtvis runt 3 cm. Sidan med folien och den röda sladden skall vara mot ljudkällan "munnen". Tjockleken på folien är bara några få μm . Använd alltid ett bra "puffskydd" så undviker du att få saliv på membranet.

Uppbyggnaden av en kondensatormikrofon

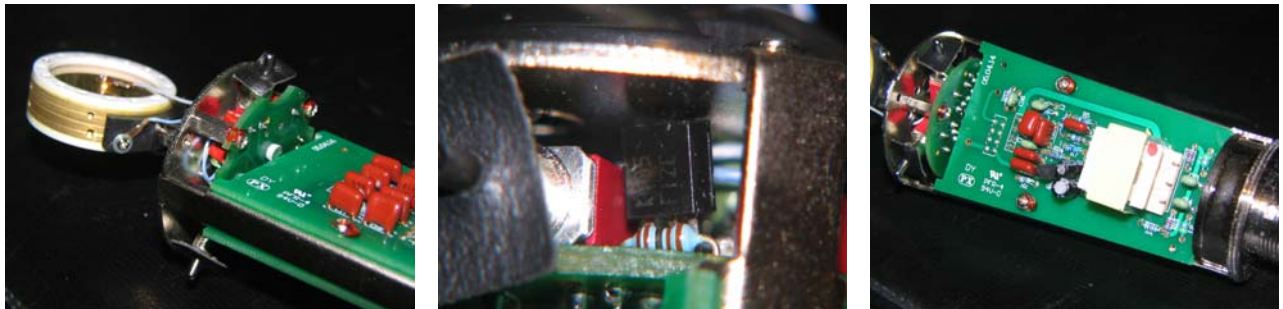
Stilen är tämligen klassisk och har sett lika dan ut sedan 30-talet, ofta sitter elementet på en piedestal, väl skärmat av en Faradays bur som hindrar störningar att nå det extremt högohmiga elementet med sin stora exponerade yta, dessutom fungerar detta ofta flerlagriga nät som ett minimalt ”puffskydd”.

Det finns mycket teknologi bakom ett mikrofonelement, alla hål som syns från baksidan påverkar frekvensgången, liksom kraften som membranet är uppspant med. Detta gör att det skiljer ganska mycket i ljudbild mellan ”dyrare” original och ”billigare” kopior, men om vi jämför med de enkla dynamiska kapslar vi normalt använder oss av så är dessa kondensatorkapslar helt underbara att arbeta med.



Mellan elementet och kontaktanslutningen sitter en förstärkare som via ett motstånd på 100M Ω eller mer omvandlar den med ljudet varierande laddningsströmmen till elementet. Här sitter idag oftast en fälteffekttransistor, men i vissa mikrofoner finns fortfarande ett elektronrör som första (och ibland enda) aktiva element.

Eftersom det är högohmiga kretsar är elektronrör och fälteffekttransistorer de aktiva element som passar här. Även dessa kretsar måste skärmas och här är det ofta ett metallrör som sitter som en skyddshylsa över förstärkare och transformator.



I bilden till höger syns mikrofonelementet utan sin ”skyddsbur” och direkt under elementet sitter en FET inklämd mellan omkopplare och skyddsplåtar (mittenbilden). I bilden till höger syns resten av förstärkaren med skyddshylsan borttagen, på denna mikrofon sitter utgångstransformatorn monterad på kretskortet.

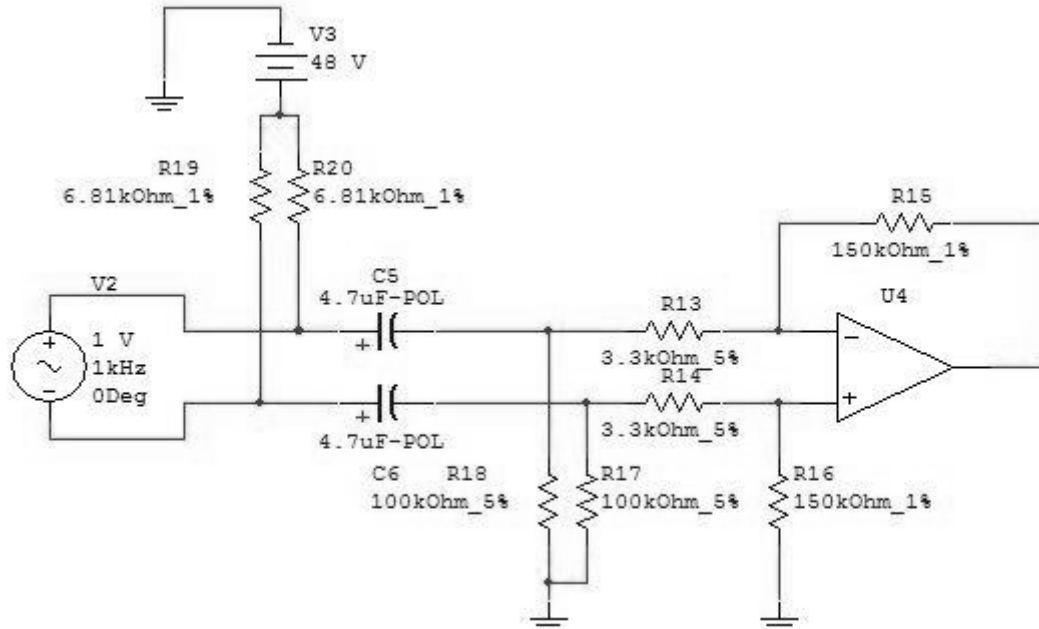
Denna inbyggda förstärkare måste naturligtvis få sin matningsspänning, dessutom måste mikrofonelementet få en polarisationsspänning. En mikrofonförstärkare med elektronrör har som regel ett eget nätaggregat dit mikrofonsladden ansluts. En transistoriserad förstärkare behöver mellan 5-35 volt för att fungera, vissa mätmikrofoner har 200 volt eller mer som polarisationsspänning för att klara extrema ljudtryck.

Denna polarisationsspänning/matningsspänning matar man genom mikrofonsladden, sk. fantommatning. Standarden för denna matning är att den skall ske genom två motstånd på 6.8k Ω som kommer att fungera som strömbegränsning vid ev. felkoppling etc. Spänningen är på 48 volt. Observera att det finns ett flertal standarder med olika spänningar för fantommatningar, men denna på 48 volt är klart mest vanlig. Återledningen sker via skärmen i kabeln.

Fortsättningsvis så är mikrofonen illustrerad som en vanlig växelströmgenerator i efterföljande scheman, i denna artikel kopplar vi alltså inte i den inbyggda förstärkaren som finns i mikrofonen.

Schemaförslag

Som start på projektet börjar vi med den balanserade förstärkaren som vi testade i del 3 i ”operationsförstärkarens grundkopplingar”, denna koppling är ”allt” vi behöver för att börja med ”riktiga” mikrofoner...



I schemat här ser vi samma koppling som vi använde under allt mätande i del 3 om op-förstärkare. Dock har jag kompletterat med spänningsmatningen till mikrofonen. Vi matar ut pluspolen symmetriskt till mikrofonen i de bägge signalledarna, som sedan separeras i mikrofonen för att gå vidare till förstärkare och membran. Minus låter vi komma tillbaka via skärmen i kabeln. Det går alltså ingen signalström i skärmen, endast strömmen från fantommatningen. Mikrofonsignalen kommer via samma två balanserade ledare och går genom de två kondensatorerna vidare till förstärkaren.

För att hindra likspänningen att spänningsdelas mellan op-förstärkarens inresistans och seriemotstånden till fantommatningen placerar vi två kopplingskondensatorer i signalvägen, därmed kan likspänningen endast gå till mikrofonen.

Fantommatningen till mikrofonen är enligt standarden oftast 48 V (det finns flera olika standarder med olika spänningar mm.), strömmen är endast ett par mA, och med spänningsdelning mellan motstånden och mikrofonens förstärkare så brukar det bli 30 – 35 volt kvar till mikrofonen.

Dessa mikrofoner skall klara ”fullt ös” av trumpeter etc rakt in i membranet, med normalt pratande kan man klara sig med mycket mindre spänning än 35 volt.

Jag har vid flera tillfällen monterat ett 9 volts batteri i mikrofonen med utmärkt resultat för normalt tal. En smidig lösning för de tillfällen man inte har tillgång till fantommatning.

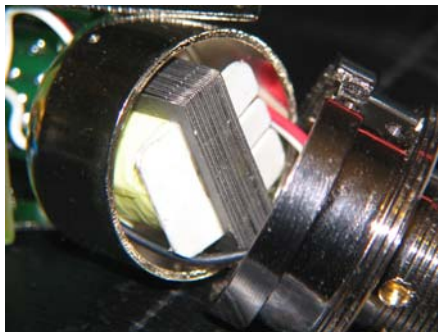
Men här skall vi följa standarden så vi matar med 48 volt via sladden. Som ni förstått så är det inte så där väldigt noga med matningsspänningen till mikrofonen, men man bör ligga mellan 40 – 50 volt.

Själva nätaggregatet behandlar vi lite senare i en annan artikel, vi börjar med att använda vanliga batterier.

Vidare finns två motstånd (R17, R18) på 100 k Ω inritade från vardera ingång till jord. Tanken är att man kan ändra dessa till ett lägre värde för att få en lägre inresistans som passar vår mikrofon. Vissa mikrofoner med transformatorutgång är känsliga på anpassningen för att få frekvenskurvan rätt, andra mikrofoner med transistorutgång är oftast tämligen okänsliga på anpassningen.

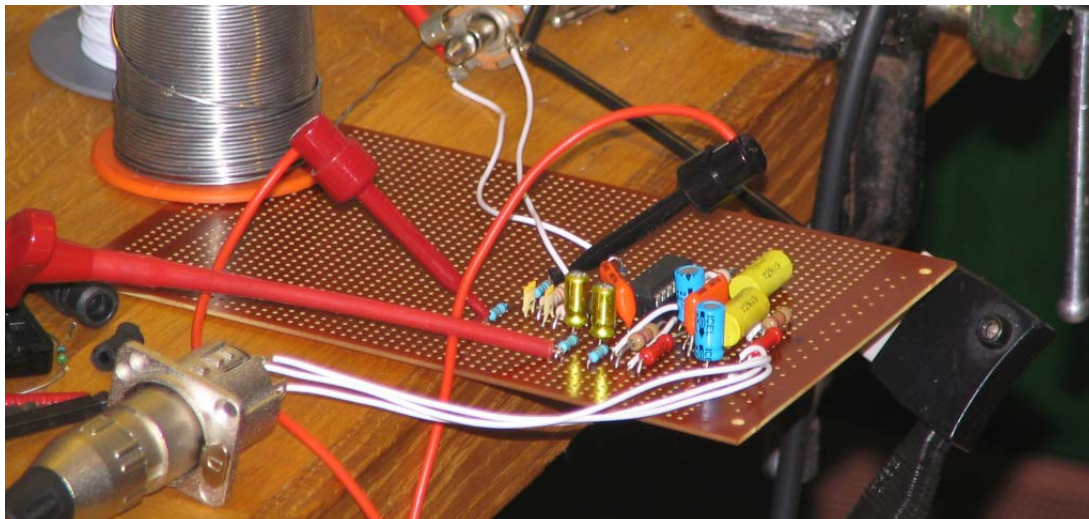
Normalt bestämmer man inresistansen med att välja motstånd vid beräkningen av förstärkningen av förstärkaren, men det kan ibland vara praktiskt att skilja på dessa två parameterar, och vill vi kunna justera inresistansen så är det lätt att lägga till en omkopplare. De mikrofoner jag provat har funkade bra utan dessa motstånd.

Det kan vara lämpligt att bygga en provkrets på ett labbord och lära sig hur mycket förstärkning mm. som vi behöver, samtidigt som vi lär oss att arbeta med balanserade system.



Mikrofonförstärkaren i mikrofonen avslutas ofta med en transformator som skiljer på fantomspänningen och mikrofonsignalen. Ofta är transformatorn väl inkapslad som synes på bilden här till vänster. Dessa mikrofoner ansluts normalt till en belastning på 200 – 600 Ω . Kontrollera om möjligt mot databladet för mikrofonen.

Den kontaktstandard man oftast använder i dessa mikrofoner kallas XLR eller CANON. Dessa kontakter är specialtillverkade för att tillåta att ljudutrustning kan kopplas under drift utan att det uppstår brum etc. Detta pga att jordanslutningen är längre än övriga stift, en smart detalj som säkerställer jordpotentialen vid inkoppling av alla enheter.



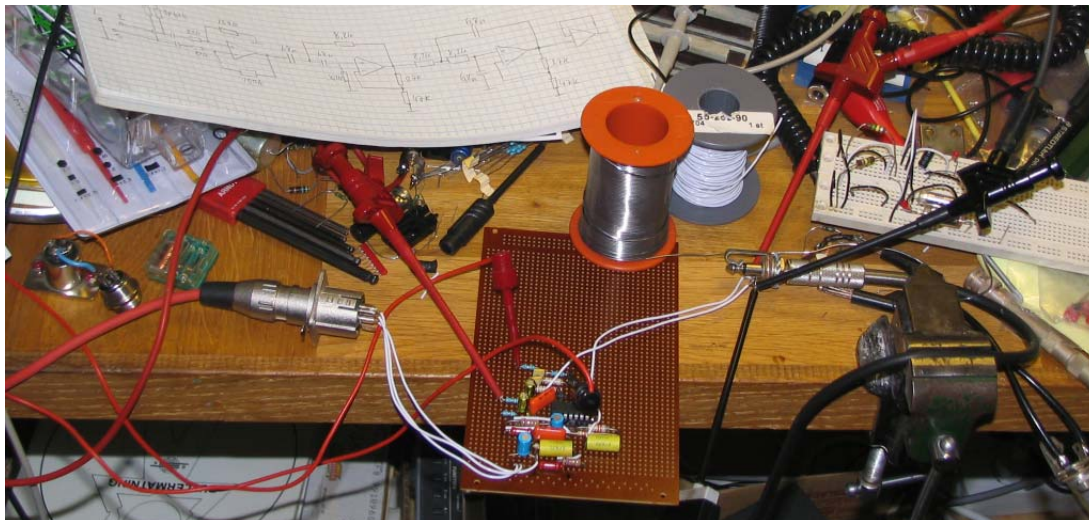
Förstärkaren med filter uppe för test, inte direkt RF-säkert men funkar bra för att kolla att förstärkningen är "lagom" mm. Det är "lättare" att höra om allt är som det skall än att mäta om man är ovan att utvärdera mätvärden från mätinstrument, örat är otroligt känsligt och det kan vi utnyttja. Var dock noga med kopplingarna så du inte får en "ljudbang" och förstör både hörselceller och hörlurar.

Notera att alla komponenter monterats med korta ledare och nära kortet för att minska mikrofoner. Detta är hela förstärkaren med båda filtren, mer är det inte som behövs ...

Den balanserade signalen från mikrofonen finns mellan stift 2 och 3 i XLR-kontakten (stift 2 är normal polaritet ”varm” och stift 3 är omvänd polaritet ”kall”) och returen för fantomspänningen går via stift 1 och skärmen i kabeln till jorden på förstärkaren. Normalt har vi bara en mikrofon ansluten till sändaren, men om vi senare vill leka lite med flera mikrofoner inkopplade samtidigt så är det viktigt att alltid få fasen rätt, blanda alltså inte ihop stift 2 och 3.

Vid övergång från balanserat till obalanserat kopplar man den kalla signalen till jord och får då ett osymmetriskt system. Undvik denna koppling annat än till din ”rig” och kompressor och försök att hålla kablarna så korta att vi inte får problem med RF i kablarna.

Med denna koppling får vi en obalanserad signal från op-förstärkaren som vi kan koppla till vår sändare. Samma resultat kan vi även få med en audiotransformator och fantommatning, men då det är op-förstärkare vi skall bygga med i denna artikel så lämnar vi transformatorkopplingen.



De små klämmorna är matningsspänningen ± 9 volt, den stora röda klämman är + 48 volt till mikrofonen och är ansluten till de bägge $6.8 \text{ k}\Omega$ motstånden. Till höger går den osymmetriska utsignalen till kompressorn och till vänster den balanserade signalen med fantommatad spänning till mikrofonen. Jordarna från de bägge spänningarna är anslutna till telejacket till höger.

Ritningen med kopplingsschema och skiss var komponenterna skall placeras på kretskortet och div. verktyg, sladdar, klämmor. Av någon konstig anledning så minskar bordsytan snabbt när inspirationen flödar och nya kopplingar provas ...

När vi nu har en signal till vår sändare så är det säkert flera som redan märker vissa nackdelar med mikrofonen, en sådan är det stora frekvensomfånget. Denna mikrofon har rak frekvensgång långt ned mot 20 Hz eller tom lägre. Detta gör att vi får flera problem, dels är mikrofonen väldigt känslig för ”puff-ljud”, så dels behöver man ett puff-skydd, men vi bör även filtrera bort bastoner med ett effektivt filter.

I dessa mikrofoner finns det oftast ett inbyggt basfilter vid ca 100 Hz, men vi behöver ett mycket effektivare filter för att hindra bastonerna från våra ”bullriga” röster att överstyra ALC-kretsarna i sändarna och för att enkelt kunna komprimera signalen.

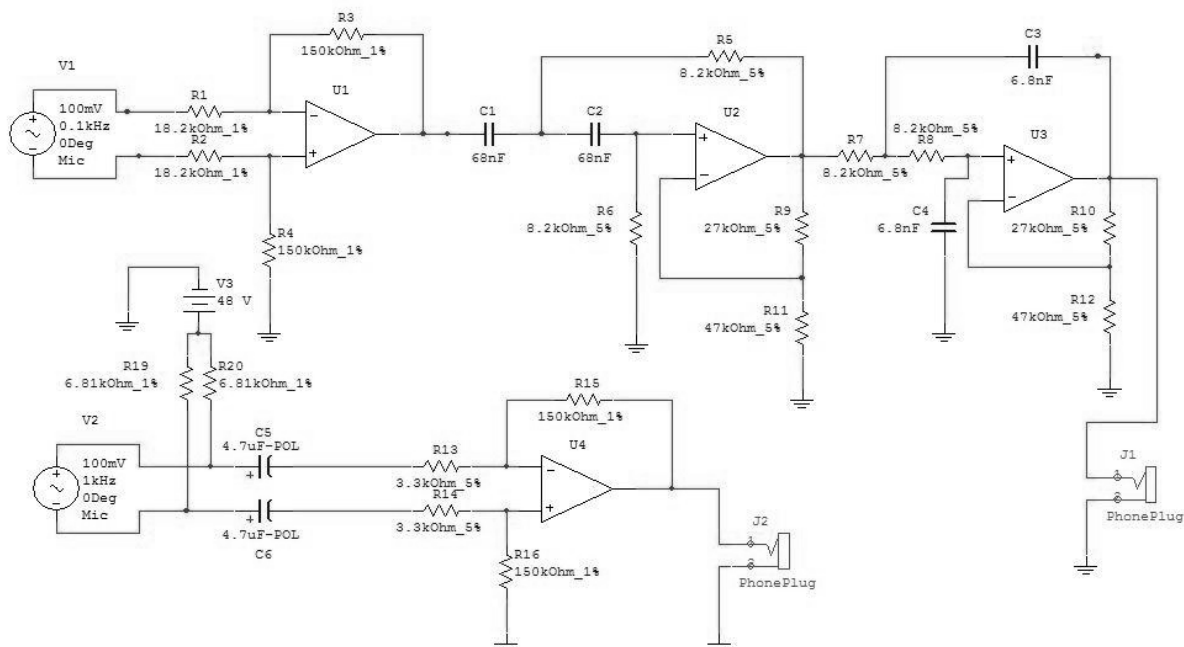
Lämplig nedre gränshfrekvens är runt 300 Hz och vi väljer ett aktivt andra ordningens Butterworth-filter med samma op-förstärkare som tidigare. Skall vi även ha en kompressor/limiter inkopplad så tjänar vi ganska mycket på att även filtrera bort de frekvenser

som vår radio ändå inte kommer att sända ut, beroende på våra filterparametrar vi har i radion så väljer vi en övre brytfrekvens mellan 3 – 6 kHz, jag valde 3 kHz då jag inte har någon sändare som kan sända ett bredare frekvensband. Vill vi ha 6 kHz som övre gränshfrekvens ändrar vi värdet på C3, C4 från 6.8 nF till 3.3 nF.

I en koppling som denna kan man med fördel löda in IC-hållare för den första op-förstärkaren så att man enkelt kan prova flera olika typer. Här kan man klart höra att vissa förstärkare är mer "brusiga" än andra typer. Skall man använda mikrofonens fulla dynamik bör man bygga ett balanserat ingångssteg med två transistorer eller två trioder för att optimera signalegenskaperna, men då vi ändå skall komprimera signalen så kan vi här med fördel använda denna enkla koppling.

Jag byggde mitt exemplar med en vanlig LM324 som innehåller 4 förstärkare, men TL071 m.fl. singel-kretsar är mer lämpade om man vill testa lite mer "dedicerade" kretsar.

På en loppis kan man hitta massor av olika op-förstärkare som är perfekta för olika ändamål, och i en koppling som denna är det ett bra tillfälle att prova dessa och notera eventuella skillnader.



Här är schemat även kompletterat med två filter som tillsammans släpper igenom signaler mellan 300 Hz till 3 kHz. Skall vi lägga lite omsorg på några enskilda delar så bör det vara filterkondensatorerna C1-C4, men vi skall inte överdriva behovet av specialdelar, låt inte bristen på 1% kondensatorer hindra dig från att prova kopplingen, det funkar bra med 10% delar också.

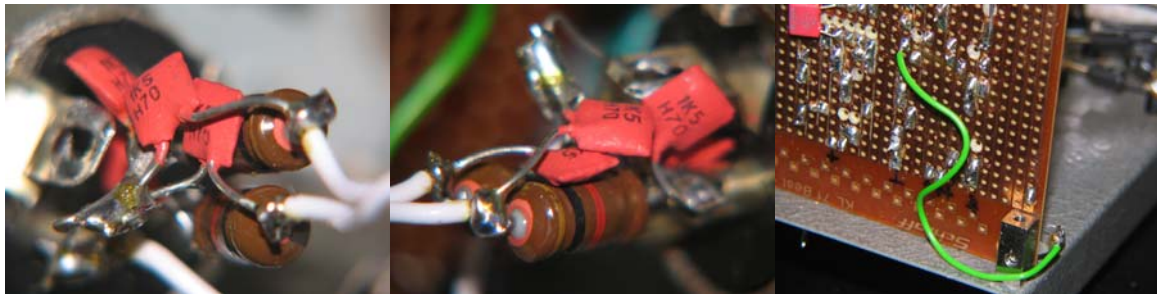
Vidare finns två varianter på ingångsteg i schemat, det med fantommatning är utan filter och har en annan förstärkning än det övre ingångssteg, det nedre steget har 33 dB (45 ggr) förstärkning och det övre 18 dB (8.2) ggr i första delen. Filterlänkarna ger +4 dB förstärkning i passbandet/länk, så vi får +8 dB signalförstärkning i passbandet av filtret. Total förstärkning på den övre förstärkaren blir därmed $18 + 8 = 26$ dB (20 ggr).

Testa vilken förstärkning som passar till "din" mikrofon och kompressor/limiter.

Stoppa RF-signalerna!

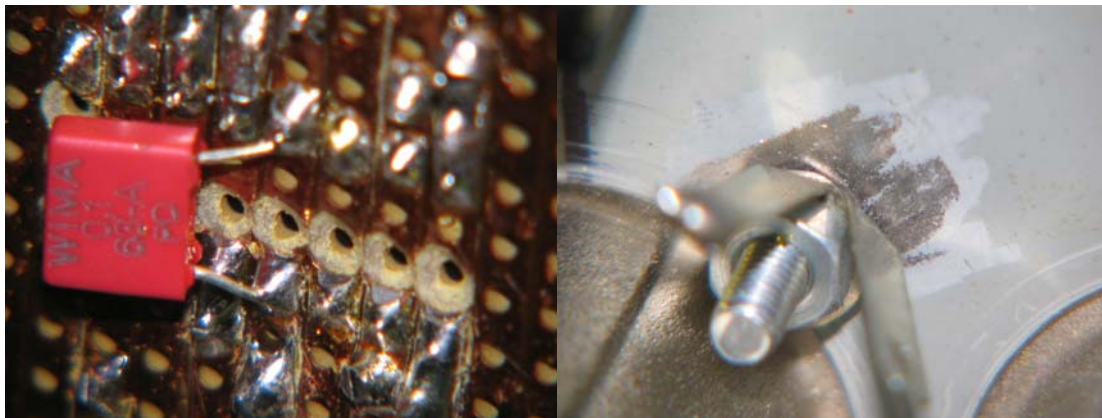
När vi monterar förstärkaren så måste vi planera hur vi hindrar RF-signalen från att komma in i elektroniken. Principen är att vi först gör signalen ”höghög” genom att låta den passera en drossel, sedan ”kortsletter” vi signalen direkt till jord med en kondensator som är för liten för att påverka LF-signalen, men som är stor nog att vara en låghög väg mot jord.

Monteringen av dessa avstörningskomponenter är viktiga så att det inte finns onödigt långa ledningar som kan fungera som antenner och leda störningarna vidare i elektroniken.



Så här monteras stoppdrosslarna och avkopplingskondensatorerna på alla kontakter som kan leda in RF i lådan och orsaka störningar i vår koppling. Till höger syns hur förstärkaren jordas med bara en sladd för att undvika jordslingor som plockar upp brum.

Vi monterar allt i en metalllåda med plats för en framtida nätdel, det är oftast enklare att få en bra layout om det finns lite extra plats, så undvik de minsta lådorna.



Även matningsspänningen till op-förstärkaren måste vara avkopplad med en kondensator på ca: 100 nF som monteras direkt mellan + 9 V och - 9 V på baksidan av IC-kretsen, har ni flera IC-kretsar så skall alla ha en kondensator mellan + och -.

Vid jordstiften är det som alltid viktigt att skarapa rent från all färg etc. att få bra jordning är väldigt viktigt.

Batterimatning för enkelhet

Till matningsspänning använder vi batterier, två 9 volts batterier till förstärkarens försörjning, och 5 st seriekopplade 9 volts batterier till fantommatningen av mikrofonkapseln.

Visst är batterier dyra, men strömförbrukningen är inte högre än att jag anser att det funkar OK att arbeta med batterier i denna koppling.

Dessutom är det ganska svårt att bygga en nätdel till en mikrofonförstärkare där brus och brum är det värsta vi vet, det gör att nätdelen kommer att vara det kanske dyraste att bygga i denna konstruktion, därför väntar vi med den delen.

Montering i lådan

Jag hittade en låda på loppis med ett typiskt "retro-stuk" som får passa bra.

Efter lite skissande så markerar jag var hålen skall borras och använder ett koniskt plåtborr till alla större hål.

Jag räknar med att ha två förstärkare i lådan, därför har jag lite extra kontakter monterade.

Själva förstärkaren monterades på ett lab-kort typ veroboard, försök att bygga lite kompakt och planera var de punkter finns som skall vara jord, för att undvika "jordslingor" skall kortet förbindas med lådan med endast en jordsladd. Bortsett från dessa förhållningsorder så är det bara att montera alla komponenter på kortet och skruva fast allt i lådan.



Däremot brukar inte "luftbyggnadstekniken" som är så smidig att använda inom HF-byggen funka så bra i detta fall (om man inte bygger med väldigt korta ben). När man bygger



mikrofonförstärkare måste man prioritera stabilt bygge som håller mikrofoni till ett minimum. Riktigt känsliga förstärkare är oftast byggda med avfjädrat chassie etc. Här gäller det att försöka ha korta ben och ett hyfsat stabilt kort. Låt nu inte detta avskräcka från bygge, utan se det som en möjlighet till utökat kunnande.

Problemet med mikrofoni i mikrofonförstärkare är att det är så svårt att hitta problemet eftersom det är samma ljud som genererar signalen i mikrofonelementet som även genererar störsignalen i förstärkaren, ofta ger mikrofoni i mikrofonförstärkare en distorsion som påminner om övergångsdistorsion och är väldigt störande.

Tänk på att sladdarna som förbinder kort och kontakter kan ge mycket mikrofoni, de enkelledare som passar bra i lab-borden är ofta hopplösa i detta fall. Försök i stället att använda ledare som består av flera kardeler, ledarna bör även tvinnas ca: 1 varv / cm för att minska störningar.

MT103 från TSM är en av de mikrofoner som inte har transformator i utgången. Dessutom är den ganska kompakt. En direkt "kopia" av Neuman TLM103

Kompression av dynamik

När man testar ett system med en känslig mikrofon så kan det vara lite knepigt att kontrollera att allt funkar OK, enklast är att spela in sig själv på band eller på datorn och sedan lyssna hur det låter. Mikrofonen är så känslig att man lätt får rundgång om man har hörlurar med hög volym och kör medhörning, akta öronen.



Om man nu hittar en låda med retro-stuk, så måste man så klart även ha en bandare med retro-stil för att kontrollera hur det låter. Här har jag plockat fram en Nagra III från -64, med sin kalibrerade "Modulometer" så ger den ett värde i dB hur förstärkaren och kompressionen fungerar.

När vi nu har en så stor dynamik så måste vi utnyttja detta till något nyttigt, om vi kopplar in en kompressor/limiter efter förförstärkaren så kan vi omvandla mikrofonens stora känslighet och dynamik till något vi har nytta av.

En dylik apparat använder man i studiobruk för att "normera" signaler så att man inte råkar ut för överstyrning av systemen men man kan också använda den lite "för mycket" och då får man en normering av utsignalen så att signalen från mikrofonen alltid är lika hög i amplitud.



Typiska kontroller på en kompressor / limiter, en begagnad kostar från 500 kr och uppåt. Ofta är de i stereoutförande så man kan ha två parametrar som kan mata två riggar etc.

För att nå detta så justeras ”attack time” till min och ”release time” till max, ”threshold” på min och ”ratio” på max. Dessa inställningar gör att kompressorn justerar förstärkningen i takt med signalen från mikrofonen, vilket leder till att vi får lika stark utsignal ”oberoende” av insignalen. Vi kan då styra ut sändaren från 5 meters avstånd såväl som ”close talk”, utan att behöva justera sändarens utstyrning, däremot får vi mer eller mindre rumseko i signalen beroende på avståndet till mikrofonen.

För att minska rumsekot bör man ha karaktären ”njure” på mikrofonen och en filt eller liknande på väggen bakom mikrofonen.

När vi har ”bra” ljud så justerar vi ”noise gate threshold” så att signalen blir helt tyst när vi inte pratar i mikrofonen.



När allt är justerat kommer förstärkningsregleringen att ”pendla” i takt med talet i signalen

Vill vi ha en mer ”levande” röst kan vi ställa in följande ”normvärden” för röster. Ställ in ”Ratio” på 3:1, koppla in ”mjuk tröskelövergång” om det är möjligt. Attacktiden på 0,1 - 0,15 ms, releasetiden omkring 100 ms.

Med en uppsättning likt denna kan vi stänga av den ofta enkla ”ljudprocessor” som finns i våra riggar och få ett ”proffsigt” ljud från vår sändare, med basfiltret slipper många att ALC-kretsarna överstyrs och orsaka olinjär drivning.

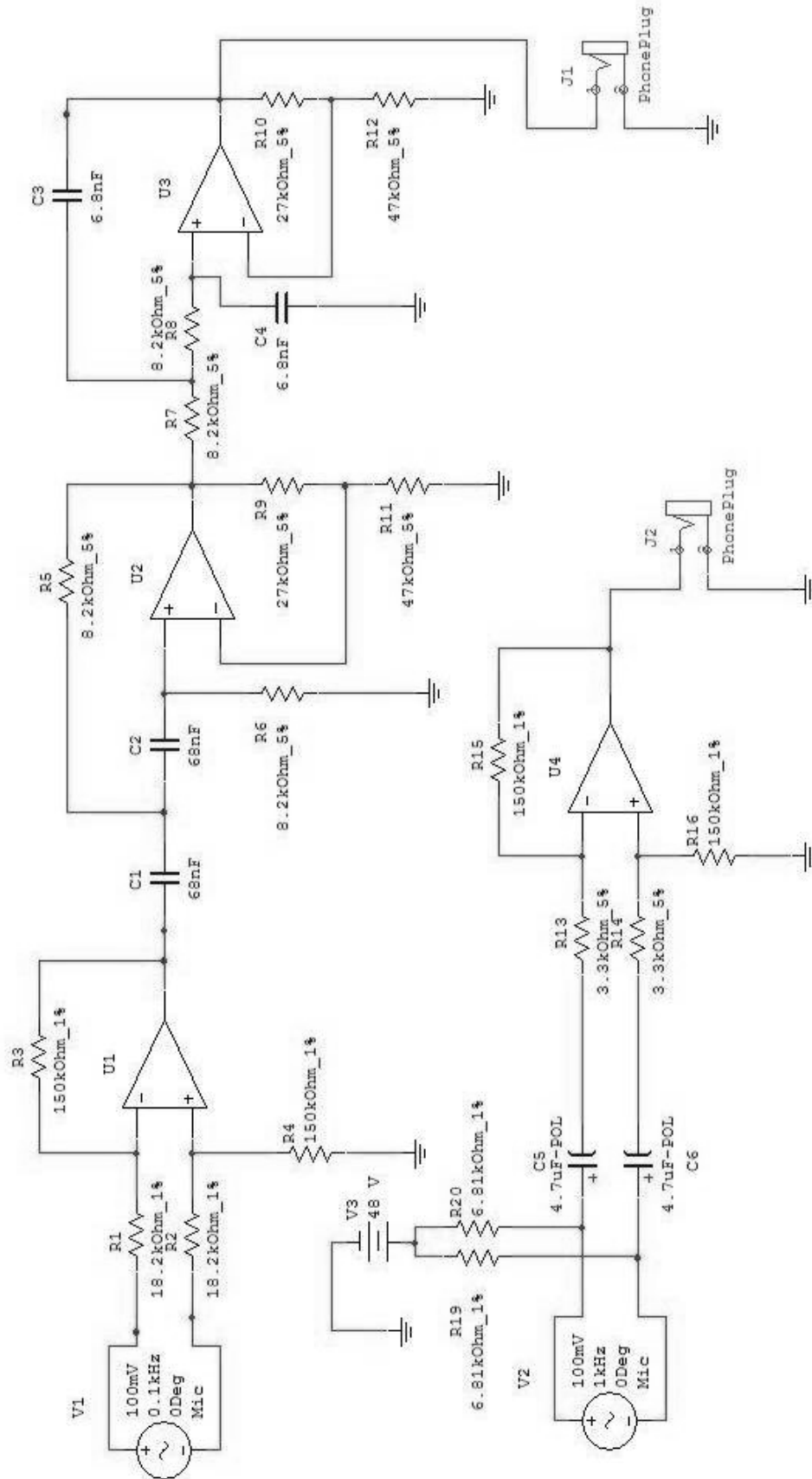
Att försöka komprimera signalen så mycket som vi gör här utan att framförallt filtrera bort basdelen av talet är nästan omöjligt. Det behövs så olika tidskonstanter för låga och höga frekvenser att det är svårt att få till en vettig kompromiss. Det är alltså filterdelen som gör att det är ”enkelt” att komprimera signalen så mycket som görs här.

En kompressor/limiter av ”proffsmodell” har oftast flera sektioner som styr olika tonområden, men genom att vi filtrerar bort de frekvenser vi ej avser att sända så slipper vi att S-ljud eller ”bastoner” ställer till problem för oss.

Men är det meningsfullt att ha en så ”tillkrånglad” mikrofonteknik när det funkar med att bara löda in en dynamisk kapsel?

Jag anser definitivt detta, man slipper alla sluddriga och otydliga signaler, man behöver inte trycka läpparna mot mikrofonen för att få vettig signal. Med all ”halvproffs”-utrustning som finns tillgänglig på begagnatmarknaden finns det enorma möjligheter att få en bättre och mer lättläst signal från sin ”rig”. Kopplar vi slutligen in VOX-kretsarna så öppnar sig en helt ny värld i användningen av en röststyrd sändare och hur smidigt och förbestämt S/M-omkopplingen sker.

Copyright © Leif Nilsson



Copyright © Leif Nilsson