

“Need to have or Nice to have” för den experimenterande radioamatörens instrumentsamling

Om man nu blivit intresserad att börja koppla lite själv, vad behöver man då ha för utrustning för att få lite hjälp att förstå vad som händer i vår koppling och vår radio?

Jag får ofta frågan om den och den voltmetern ”duger” att mäta med, och jag brukar svara att om du litar på den så är den säkert alldeles utmärkt.

Jag tänkte här ge min syn på vad som är ”Need to have” samtidigt som jag ger en del tips på vad som är ”Nice to have”



Första instrumentet

Först vågar jag nog påstå att en pålitlig ”multimeter” hamnar överst på inköpslistan, idag så finns det väldigt prisvärda multimetrar för under 500 kr.

Vad jag tittar på är att både AC och DC funkar ner till 100mV, ofta så har billiga instrument ett AC-område som slutar vid flera volt, och då kan vi bara använda det till att kolla om det finns nätspänning i vägguttaget.

Ingångsresistansen på ”bättre” multimetrar är idag oftast 10 Mohm, kolla detta, det underlättar mätandet betydligt med så höghögmig voltmeter. Kolla också att det är 10 Mohm både på DC och AC. Det underlättar betydligt i början på karriären mot ”fullfjädrad hobbymätmästare”, att mätaren har konstant ingångsresistans.

Gillar vi att arbeta i apparater med elektronrör så bör vi kolla så voltmeteren klarar 1 kV DC och 750 V AC för att vi skall kunna felsöka i dessa apparater.

Efter spänningsmätning kommer finesser som att kunna mäta kapacitans, frekvens och resistans samt framspänningsfallet på halvledare. Tänk på att kolla om den klarar ett framspänningsfall upp till 4 volt, ofta klarar mätarna max 2 volt och då kan man "bara" kolla röda lysdioder.

Om man nu vill ha en multimeter som huvudinstrument så kolla noga hur snabb den är att hitta rätt mätområde, de flesta multimetrar är "autoranging" dvs. de väljer mätområdet själva, du behöver endast välja DC eller AC, volt, amper etc.

Tyvärr är många billiga multimetrar hopplöst långsamma i beslutsprocessen, och skall man alltid sitta och vänta på att instrumentet skall välja färdigt så tröttnar man snart och tanken var att intresset för labbandet skulle öka.....

Hur vet man då hur snabb mätaren är? Oftast står inte detta på kartongen eller ens i bruksanvisningen, så enda sätter är att testa.

Många multimetrar skiftar område vid t.ex. 3 V, så mät mellan ett 1.5 V och 9 V batteri, och gör 20 – 30 mätningar och se om det upplevs som plågsamt att vänta på att mätaren har bestämt sig. Kontrollera även vad som händer om du skiftar + och -, en del udda instrument börjar att "bläddra" igenom alla mätområden ner till 0, för att sedan byta tecken och "bläddra" upp igen

Fundera inte på ett instrument som uppför sig så, ni kommer att tröttna på att mäta innan första helgen passerat.

Personligen hanterar jag gärna instrument med manuell omkoppling av mätområdet, men det finns alltid en liten risk att omkopplaren "står fel" och visaren försöker då att snurra flera varv.

En del lite finare analoga instrument har skydd för detta, de som inte har detta skydd brukar ibland få en krokig visare ...

Därefter kollar jag att det finns ett hyffsat område på strömmätning, viktigast är att det är avsäkrat och att det finns någon form av larm eller spärr om sladdarna sitter i fel uttag.

Strömmätning är så speciellt och riskfyllt att det är bättre att ha en separat strömmätare. Otaliga är de tillbud där man har mätt strömmen för att snabbt kolla spänningen och glömmer då att flytta sladdarna från strömshunten till spänningsingången och så smäller det!!!!

Förhoppningsvis klarar man sig med att byta säkring eller säkringar, men ofta har apparaten vi mäter på fått ordentligt med stryk.

Begagnade multimetrar

Om man köper sin multimeter begagnad så bör man kolla att den mäter någorlunda rätt, enklast är att jämföra med en multimeter som man känner till "historian" på. Det är få förunnat att ha kalibrerade instrument med spårbarhet att jämföra med, så vi får ofta lita på att jämför vår mätare mot annat instrument som vi vet är OK

Ett vanligt fel är att de spänningsskydd som finns på ingången på de flesta multimetrar ger väldigt olinjär ingångsresistans om de har varit utsatta för överspänning. Dessa skydd ser ofta ut som en färgglad liten kondensator med ett sågsnitt halvvägs igenom.

Har de blivit "använda" finns det ofta en sotig yta på skyddet. Byter man dessa skydd så får ofta mätaren tillbaka sina data, men inte alltid, undvik med andra ord en sådan multimeter.



Visserligen en digital multimeter, MEN ack så lååångsam att mäta med, men om du gillar siffrorna i NIXI-rören så är det ganska "kul" att sitta och titta på siffrorna under de 15-30 s som mätaren bläddrar innan "rätt" värde presenteras, och kultfaktorn är klart häftig. Notera att instrumentet inte mäter "fel", det är bara så svårt att orka vänta på resultatet ...

Anslutningarna tar ofta stryk på moderna multimetrar, ofta så sitter kontakterna försänkta långt in i plasten för att klara personsäkerheten, men det leder till att kontakthylsorna är lödda i botten på ett billigt pertinaxkort. Sliter vi till i våra mätsladdar så spricker kortet och oftast är det "omöjligt" att fixa detta. Kontrollera att anslutningarna inte glappar.

Äldre instrument har oftast inte detta problem då man har kontakterna monterade direkt i lådan, men de hade inte samma krav på personsäkerhet förr utan man litade på att man visste vad man höll på med ... (hmmm intressant utveckling ...)

Strömmätare

Att ha en eller ett par ampérinstrument att kolla strömförbrukningen på våra stationer är alltid bra, har vi tur hittat vi dessutom en mätare med vridjärnssystem som är sant effektivvärdesvisande.



En så här enkel ampermätare är oftast till stor nytta, och få skulle få för sig att mäta spänning med den, så risken för felkoppling är avsevärt reducerad. Många av dessa typiska labinstrument är mycket bra och är så överdimensionerade att de klarar "en hel del" elektrisk (och mekanisk) misshandel. Skulle vi råka att bränna strömshunten så finns det gått om plats inne i instrumentet för att vi "enkelt" kan laga det. Ingen omkopplare som kan gå sönder, inga batterier som läcker etc.

Bättre är då att köpa ett billigt instrument och att ha detta till de få gånger då man måste mäta strömmen genom att leda strömmen genom instrumentet.

Men hur gör man då när man vill ha reda på strömmen i en krets är en av de vanligaste frågorna jag får. Svaret är att vi mäter generellt ALLTID spänningen över ett motstånd, och så RÄKNAR vi fram strömmen med t.ex. miniräknaren. ($I=U/R$)

Detta funkar i regel alltid och ger mycket bättre resultat, minskar olycksrisken, mm.



Naturligtvis måste även miniräknaren vara kalibrerad, till skillnad från våra voltmetrar etc., så klarar vi kalibreringen själva. Allt som behövs är en kulram, sedan är det bara att vika en kväll framför TV:n och kolla att de fyra räknesätten fungerar. ☺ ☺ ☺ ☺

Miniräknare

Instrument Nr 2 är följaktligen en miniräknare, och det behöver inte vara en så värst avancerad räknare. Önskvärda ”knappar” är, $[\sqrt{x}]$, $[1/x]$, $[x^2]$ och möjlighet att räkna med 10-potenser. Den räknare jag använder mest är en 30 år gammal HP33E, (naturligtvis med lysdioddisplay)

Kolla däremot att displayen är tydlig, det finns räknare som har väldigt kontrastlös display som gör den svårläst.

Nu har jag märkt att det är många som använder andra räknare som inte har RPN (Reverse Polish Notation), är man bara det minsta intresserad av att snabbt och enkelt få fram svaret så finns det inget annat alternativ.

Att sitta och knappa parantesnivåer med andra räknare leder oftast bara till att det matematiska inslaget i labbandet känns obegripligt och jobbigt, och jag vågar påstå att formeltäkandet cementeras fast i.s.f. att använda matematiken till att kreativt berika labbandet.

Nu pratar jag med viss erfarenhet som utbildare, och jag vågar påstå att de räknare typ TI30XYZ, Casio m.fl. som sägs utgöra lösningen på alla matematiska problem och svårigheter, och som rekommenderas flitigt i gymnasieskolorna är ett kvalificerat nerköp. Reklamen säger att ”det är bara att knappa in som formeln” står, problemet är att du tvingas att ha penna och papper och skriva formler på för att sedan knappa in siffror och alla parantesnivåer.

Så långt är det kanske OK, men så fort som vi börjar använda räknaren mera "fritt" blir det ofta feltryckt i dessa parantesnivåer och vi blir osäkra ... har vi mätt fel ... eller räknat fel ...

Jag är medveten att jag generaliserar stort här och att det naturligtvis finns de som hävdar motsatsen, men det kan inte hjälpas att ofta ligger det en HP-räknare på labbänken i "kreativa" labb.

Jag brukar skoja med att antingen gillar man att knappa på räknaren eller så gillar man att snabbt få svaret.

Med andra ord så bör du välja räknare lika seriöst som du väljer din multimeter, väljer du rätt så kommer ni att bli reskamrater på en lång och rolig resa ...

Analoga mätinstrument



Dessa "klassiker" är inget att rynka på näsan åt, tvärt om, dessa instrument är nästan ett måste i många situationer. Ohm-mätaren i dessa instrument är "osviktig" att kolla halvledare med t.ex.

En digital mätare visar vad konstruktören vill att den skall visa, och det är ganska ofta som mätresultatet kan bli minst sagt häpnadsväckande. När man börjar mäta på växelspanningar så är det inte fel att jämföra och mäta både med analog och digital mätare och på så sätt få en känsla för vad som mätarna visar vid olika signaler.

Vill vi var välförsedda skaffar vi oss både analog och digital multimeter, men med de priser som är på digitala instrument idag så lär de flesta börja med en digital multimeter, och så kollar man på surplusmarknaden efter mätare från HP, Philips, Goerz, Norma, Metrawatt, B&K etc och skaffar en analog kvalitetsmätare. Ofta är dessa analoga mätare försedda med spänningsmätning upp till 5 kV, så vi kan mäta på slutsteget också.

Att notera är att de "klassiska" analoga multimetrarna med bara ett instrument och spänningsdelare (batteriet behövs bara för resistansmätning), dessa mätare mäter alltid "rätt". Vi kan alltid gå tillbaka till fysikens grundlagar och räkna ut vad visaren skall visa vid "knepig" signaler och vågformer.



En samling klassiska "rörvoltmetrar" som fortfarande är i dagligt bruk.

Från vänster försvarets rörvoltmeter Philips M3618-113 RÖR-UR-METER, och i mitten en HP 427A till höger Brul&Kjaer 2409.

B&K och HP instrumenten klarar 0.01 VAC (fullt skalutslag) och kan alltså användas för att mäta "allt" från signalen hos en mikrofonkapsel upp till 300 V. Philipsinstrumentet är mer konservativt med 3 V som känsligast på AC-mätning, men det har finesser som "mittnolla" i DC mätning vilket gör det till god hjälp vid trimmning av detektorer och förstärkare etc.

Philips och B&K-instrumenten är försedda med elektronrör, men med den kvalitet som de är byggda med så lär de säkert kunna "gå i arv" ett par generationer till.

Och ni bör vara medvetna att de "fina" multimetrarna med alla "fina" finesser mäter ibland fel i helt vanliga mätsituationer.

Vanligast är att de inte klarar signaler med blandade AC och DC komponenter. Blandar vi AC och DC är det inte ovanligt med över 50 - 100 % felvisning på en vanlig multimeter.

Och som vi kommer att mäta och koppla så har vi ofta AC och DC blandat. men jag har exempel på bänkmultimetrar från HP och Fluke som inte klarar att mäta på en halv våglikriktad nätspänning, och det är oftast inget man kan läsa sig till i manualen utan man får kontrollera själv.

Att notera är att detta exempel var inga "hobbyinstrument" utan bänkmultimetrar för "proffs-brukande", instrument som kostade över 10 000 kr + moms, så dyrt är inte alltid bra.

Som köpare och användare av ett ”elektroniskt” instrument är du utlämnad till konstruktörens godtycke och yrkeskunskap kombinerad med ekonomiavdelningens krav på lönsamhet, ofta drar vi som konsumenter det ”kortaste strået” om vi aningslöst litat på reklamen som marknadsavdelningen vill få oss att se, de lär inte ”skryta” med vad som inte funkar.... Det är upp till oss att kontrollera.

Mät-sladdar

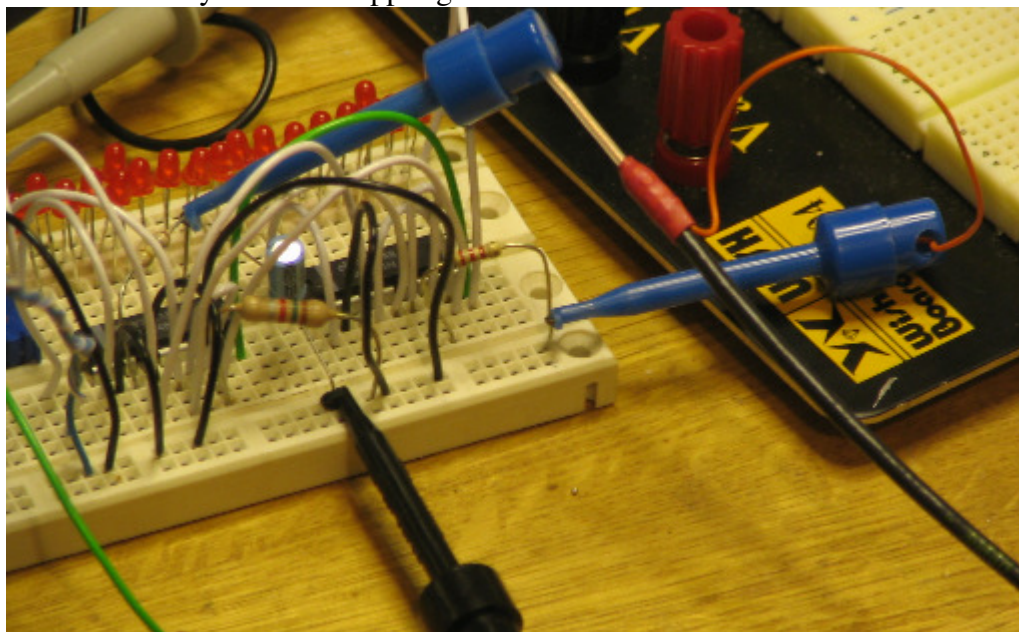
Den ”bästa” mät-sladden är oftast en avklippt sladd med kontakt som passar instrumentet i ena änden och som löds i den andra änden.

Det kan tyckas udda att löda in sina mät-sladdar, men ofta så får vi en hel del störningar att brottas med då vi jobbar med klämmor och probar, ofta inga jättestörningar, men ändå tillräckligt för att förbrylla en nybörjare i mätteknik. Genom att arbeta med lödda kablar så slipper vi många små problem.

Dessutom är bra mät-sladdar väldigt dyra, och det kan vara lönsamt att ”hia sig” (lokalt uttryck för att inte förhastat sig) ett tag och se vad man är beredd att spendera.

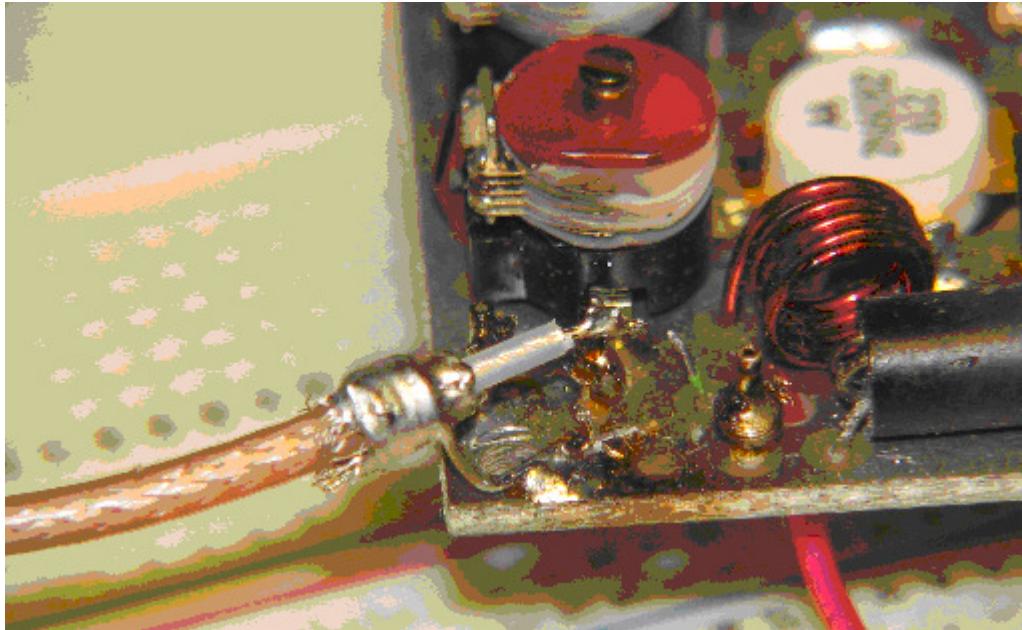
Om vi nu väljer att börja med inlödda sladdar så skaffa 3 – 5 koaxialkablar med BNC-kontakt i båda ändarna, klipp sedan dessa på mitten (eller lätt förskjutet om du vill ha olika längder).

Jobbar vi med kopplingsbord enligt bild nedan så löder vi in ett par blanktrådar som vi enkelt kan trycka ned i kopplingsbordet.



Till våra mätare tillverkar vi ett antal mät-sladdar med SMÅ mät-klämmor, krokodilklämmor i all ära, men ofta är våra kopplingar så små så att vi orsakar kortslutning bara vi närmar oss med en krokodilklämma.

Att tillverka sina egna mät-sladdar är ofta en mycket lönsam affär, och ger en god insikt om felkällor som kontaktresistans och skärmning. Har man lärt sig att fixa bra mät-sladdar för låga frekvenser är det enkelt att löda in en HF-probe och genast kan vi använda våra mätinstrument att mäta i våra sändare.



Enkel men effektiv anslutning till vårt mätinstrument. Använder vi teflon-kabel så slipper vi problem med att isoleringen smälter vid mycket lödande.

Vill vi minska inverkan av mätkabeln på våra HF-kretsar så kopplar vi två t.ex. 10 kohm motstånd i serie med mittledare och skärm, använder vi höghomiga (mer än 1 Mohm) är mättelet försumbart.

Skall vi arbeta med en förstärkare så brukar det sluta med att det sitter tre till fem sladdar inlödda, och vi växlar genom att byta BNC-kontakt.

Denna metod att löda in sladdarna funkar väldigt bra även för höga frekvenser, och i många situationer är detta det enda som funkar.

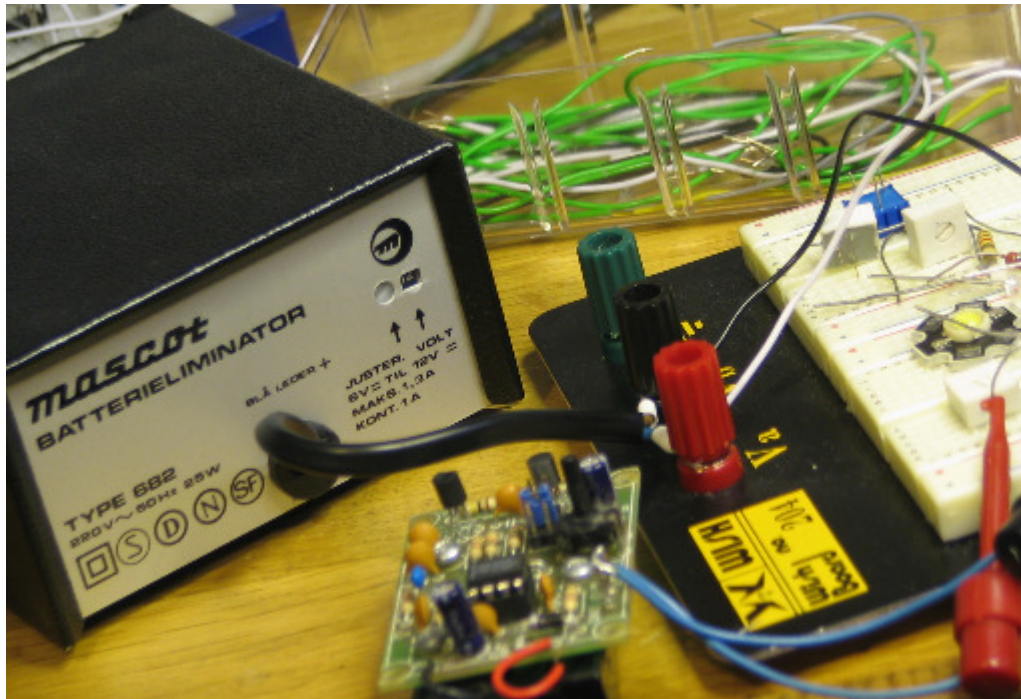
Strömförsörjning

Ofta skaffar vi strömförsörjning till vår station samtidigt som vi införskaffar stationen, många lockas att använda samma nätdel till labbprojektet. Tyvärr så funkar det aggregatet oftast dåligt som labbaggregat pga. Att det ger alldeles för mycket ström. Typiskt ger ett aggregat till en kortvågsstation 10 – 30 A, och kopplar vi fel så brinner våra kopplingar flera gånger om innan en eventuell säkring löser ut.

Ett labbaggregat har helt andra finesser än det aggregat vi driver vår radio med. ett labbaggregat brukar ha möjlighet till dubbel spänning, ofta är de olika delarna i ett labbaggregat galvaniskt fria från jorden, detta medför att vi kan ansluta valbart plus eller minus till jord. I vårt aggregat till stationen är i regel minus kopplad till jord utan möjlighet att ändra detta.

Men ofta klarar man sig utmärkt med en enkel ”Mascot”-dosa på några hundra mA och 6-12 V AC eller DC.

Ger ”dosan” ut växelström så blir första bygget en likriktare med filterkondensator.



Mascot 682 är en utmärkt liten enhet som är lätt att hitta på loppisar och liknande ställen. Med 1 A som utström duger den utmärkt att driva labbar med "Power-LED" också.

Vi kan hitta en nytta med glödlampor, genom att koppla en glödlampa i serie med vår enkla lilla nätadel så har vi en strömbegränsning. Kopplar vi fel och orsakar strömrusning eller direkt kortslutning så kommer lampan att lysa starkt, medan då allt är som det skall vara så lyser lampan svagt.

12V/0.1A "skallampa" brukar vara utmärkt som strömbegränsning, men även lampa till julgransslingan funkar utmärkt, glöm bara inte att skruva tillbaka lamporna i slingan innan frun/flickvännen skall använda slingan, dylikt "missbruk" kan i värsta fall innebära ett till ytan reducerat radiorum ...

Men någon tycker kanske att varför inte bara koppla lampan till vårt aggregat som finns till radion, då får vi den strömbegränsning vi saknade? Helt rätt, men vi har fortfarande problemet att hålla reda på jorden, och vi skall börja enkelt utan att ha en massa "måsten" att börja med.

När man kommit på att det var ganska kul att koppla så kommer man att prioritera ett riktigt labbaggreat med riktig strömbegränsning som räddar mina labbkopplingar vid oplanerade kortslutningar mm.

Men fram till dess så klarar vi oss utmärkt t.o.m. med vanliga batterier. Dessutom blir det väldigt enkelt att lära sig att förstå skillnaden mellan dubbel och enkel matningsspänning.

Våra kopplingar drar oftast inte mer än några mA så batterier räcker länge, dessutom bränner vi inte sönder vårt kopplingsbord vi kortslutning.



När vi skaffar oss ett labbaggregat enligt bilden så rekommenderar jag att välja modellen med analoga visarinstrument, när något blir fel så brukar man se att visarna "går som vidrutetorkare", och man reagerar genast och trycker på "nödstoppet". Om vi har digital presentation, så tar det betydligt längre tid att omsätta ett högt eller lågt värde till att dra slutsatsen att något är fel.

Den vanligaste felkopplingen man gör vid arbete med dubbel matningsspänning (\pm matning) är att "glömma" att koppla "nollan" till jord.

Kommentaren jag alltid får när jag påpekar felkopplingen är "nollan ... men det är ju NOLL volt, så det är ju ingen idé att koppla in".

Det är naturligtvis lätt att dra på smilbanden åt dylika uttalanden, men man skall vara medveten att det är många erfarna labbare som har framfört åsikten att noll volt inte behöver anslutas ... även yrkesmän ...

Att mäta signaler som varierar med tiden

När vi börjar att arbeta mer med kopplingar som hanterar signaler som varierar med tiden, typ ljud eller liknande, så uppstår genast ett behov av att kunna se denna signal i tidsplanet.

Och då har vi kommit till att mäta med ett oscilloskop. Detta instrument presenterar nämligen signalen längs en "tidslinje", och det är ofta ganska "lätt" att förstå bilden som vi ser på skärmen.

Yrkesteknikerna har bytt ut många analoga oscilloskop mot digitala dito, och det gör att det idag går att få tag på ett "bra" oscilloskop för 500 -1000 kr.

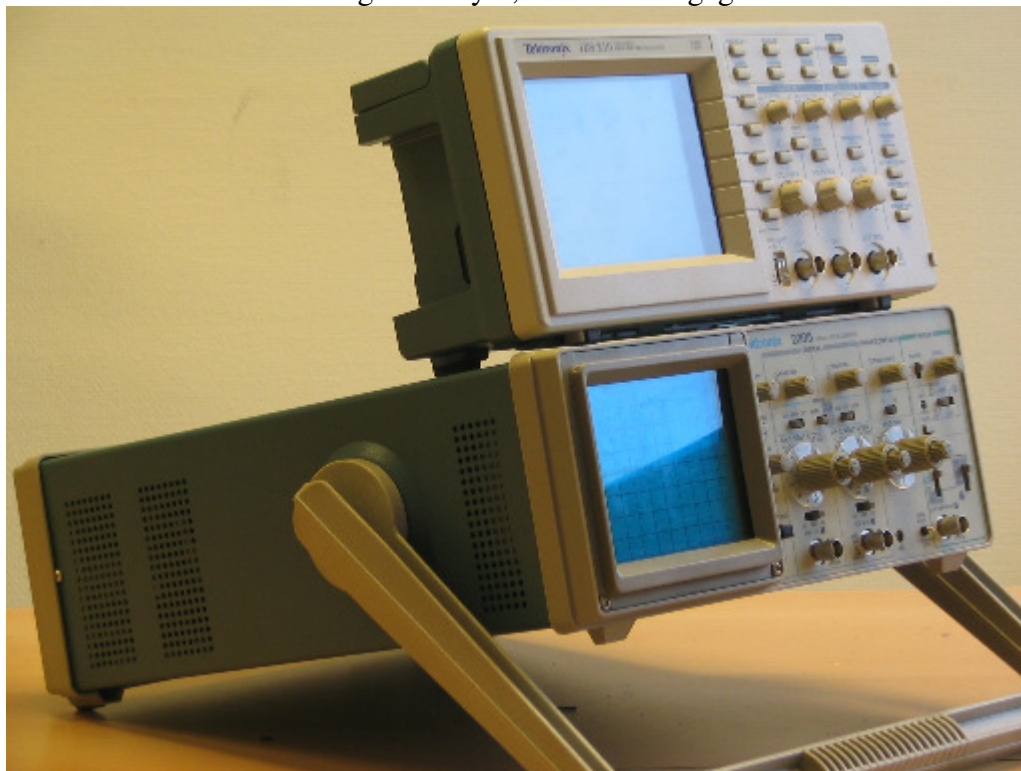
Ofta är det oscilloskop med data som 20 MHz bandbredd och 2-10 mV känslighet.

Detta passar oftast utmärkt till vårt labbande, det betyder att vi kan mäta i hela det hörbara frekvensspektrumet ifrån signalen direkt på mikrofonelementet till högtalarna på stereoförstärkaren.

Bandbredden 20 MHz säger oss att vi har tillräckliga möjligheter att justera "tidsskalan" för att se de signaler som vi vill mäta.

Men är det inte "bättre" att skaffa ett oscilloskop som har en bandbredd på 150 MHz, då kan jag mäta direkt på antennen på min 2-meterssändare?

Nej, det är inte så vi använder ett oscilloskop, och skall vi mäta HF så finns det många möjligheter att mäta det "bättre" än att mäta direkt i kretsen. Dessutom är oscilloskop med dessa data fortfarande ganska dyra, även som begagnade.



Det syns ganska tydligt hur storleken påverkas av att katodstråleröret har ersatts av en LCD-skärm. Notera att frontpanelen har behållits intakt så att det fortfarande finns full funktionalitet i handhavandet. Kan man bara få plats med det stora oscilloskopet så får man oftast en mycket bra presentation av kurvformen av katodstråleröret, vid snabba förlopp finns en viss modulation av styrkan på ljusstrålen som ger mycket information, något som många enklare digitala instrumenten inte klarar av att visa.

Jämför med våra radioapparater där jag anser att tillverkarna valt helt fel metod att minska formatet genom att göra frontpanelen mindre och sedan ha "oändliga" menyer att bläddra mellan, ofta helt omöjligt att överblicka.

Vad som däremot är viktigt är att vi skaffar oss ett par "nya" mätprobar och BNC-sladdar av god kvalitet till vårt oscilloskop. Att jobba med slitna probor som kärvar och där spetsarna eller mätkroken ramlar av skapar bara irritation, det finns bra probor hos flera hobbyfirmor för 200-300 kr, vilket måste ses som ganska prisvärt. Vi köper då naturligtvis 10X-probor och får p.s.s. 10 Mohm i mätpetsen.

När vi skaffar oss ett oscilloskop inför vi en hel del nya möjligheter till "konstiga" mätfel, så det är inte fel att ha skaffat sig en viss erfarenhet innan vi börjar mäta med oscilloskop.

Att tänka på i samband med oscilloskopmätningar:

I ett oscilloskop är samtliga jordar ihopkopplade och anslutna till metallhöljet. Detta medför att vi måste koppla alla jordsladdar från oscilloskopet till samma punkt eller helst bara använda en jordsladd, annars orsakar vi kortslutning mellan jordsladdarna.

I ett oscilloskop är höljet i regel alltid anslutet till nätjorden, ofta vill man ha lite mer frihet var vi kan koppla jordsladden i vårt mätobjekt och då kopplar vi bort nätjorden i nätkontakten. MEN om vi inte tänker oss för var vi ansluter vår oscilloskopjord så kan vi "råka" att få spänning i höljet på vårt instrument. Detta kan vara direkt LIVSFARLIGT!!! Det gäller med andra ord att veta lite vad det är som skall mätas.

En smidig uppställning när jag arbetar med LF-signaler är att låta signalen gå genom voltmeteren för att sedan gå ut genom voltmeterens skriverutgång vidare till oscilloskopet. Genom detta slipper jag att ändra oscilloskopets vertikalförstärkning, utan det räcker att följa efter med voltmeterens dämpsats. Finns det filter i voltmeteren så är det enkelt att få en bra indikation om frekvensinnehållet i signalen som vi mäter på.

Men en sådan uppställning har ganska mycket "Nice to have" över sig

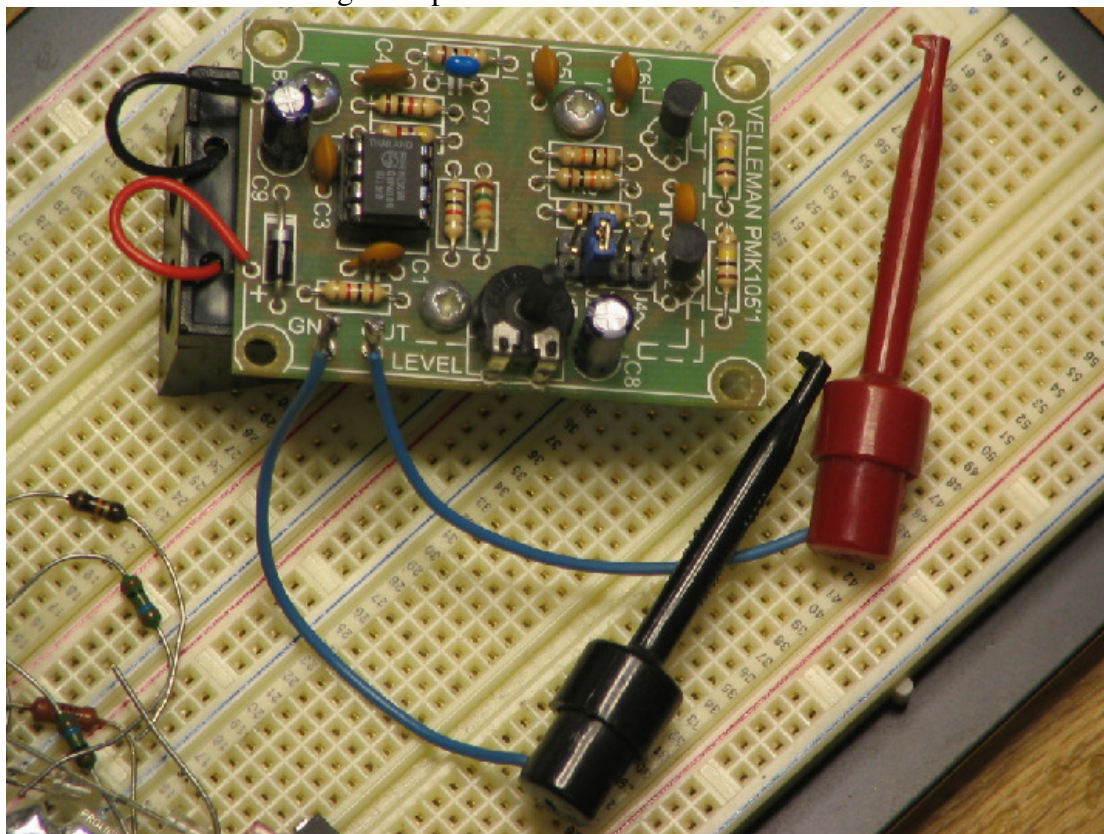


Att ha en uppställning som denna med tersfilter och voltmeter med 160 dB dynamik är naturligtvis "Nice to have" för de flesta. Yrkesmässigt handlas dessa instrument ibland för ganska höga summor, men ofta kan vi amatörer hitta liknande instrument på loppisar eller auktioner med industrisurplus. Kvaliteten i dessa instrument gör att de kommer att leva länge om de hamnar på en labbank som använder och vårdar dem.

Här syns också att mätaren har skriverutgång, ofta låter jag den vara kopplad till oscilloskopet. Att instrumentet har "160 dB dynamik" innebär att jag kan mäta signaler från 1uV till 1kV AC!! De flesta multimetrar klarar 3 V till 750 V AC.

Generatorer

Ofta kommer vi till att vi behöver skicka in en signal som vi kan mäta på i vår koppling, och då behöver vi en generator. Naturligtvis är det smidigt med en fin funktionsgenerator med dämpsats m.m. Men man kommer otroligt långt med en liten batteridrivna testgenerator från Velleman, gärna kompletterad med en potentiometer så att vi kan kontrollera signalamplituden.



En alldeles utmärkt liten generator byggd av en 555-timer, som ger både sinus, trekant och fyrkant ut. Skulle "oturen" vara framme så är det inte så svårt att laga generatoren, eller så köper man en ny byggsats.

Jag har ett av dessa, en med variabel utsignal enligt originalskemat samt två med fast utsignal i olika nivåer. Mycket praktiskt när man lagar eller modifierar prylarna.

Att använda en generator som denna kan tyckas "fattigt" och "oproffsig", men verkligheten är precis tvärt om. Genom att ha ett par – tre generatorer på olika frekvens och/eller utsignal kontrollerar vi enkelt de flesta kopplingar vi labbar med. Batteridriften känns ibland "amatörmässig", men tro mig, det är en otrolig "frihetskänsla" att arbeta med batterimatade enheter där vi ofta inte behöver oroa oss för hur signalen kopplar genom nätjorden etc.

Att bygga en signalgenerator för HF eller högre band låter sig inte göras med sådan stabilitet så vi har praktisk nytta av den, så här är det läge att hålla utkik efter lämpliga objekt på surplusmarknaden.

Däremot är det väldigt smidigt att ha en batterimatad "signal tracer" för att enkelt kolla prylar vi labbar med.

Copyright © Leif Nilsson