

radio & television

Nr 3
MARS 1978
PRIS 9:50 (inkl moms)
I DANMARK 14:75 Dkr
I FINLAND 9:25 Fmk
I NORGE 15:75 Nkr (inkl moms)

tidskrift för tillämpad elektronik

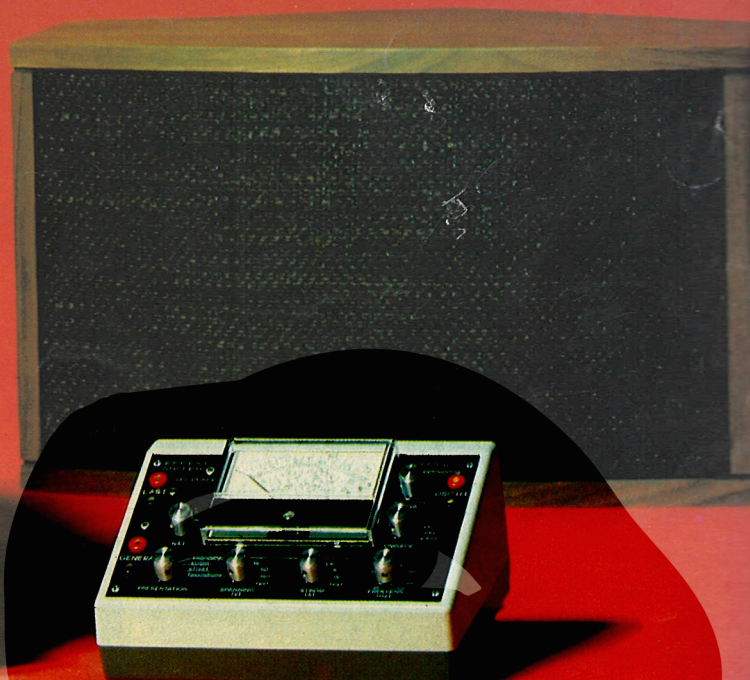
**Specialprogram för dosan
för bandspelarräkneverket
I exakt timer för tapen**

**RT granskar
Commodore-datorn
PET 2001**

**Bygg för mörkrummet:
Modern fototimer
med C-MOS-kretsar**



T-provning: Technics 9600



**Bygg för Hi fi-labbet:
Fasvinkelmätande
realeffektmeter**

fi-instrument för verklig effekt och fasvridning i reaktiva laster

I artikeln beskrivs ett unikt bygg själv-system för mätningar Hi fi-anläggningar. Instrumentet kan mäta utspänning, ström, reell uteffekt och fasvridning mellan ström och spänning.

Det innehåller också en sinusoscillator, amplitudstabiliserad om $\pm 0,5$ dB och med låg distorsion inom frekvensområdet 20 Hz–20 kHz. Dessutom ingår en krets för detektering av topplippt signal, dvs indikering av att förstärkaren är överstyrd.

Ett fynd för ditt Hi fi-labb hemma – liksom för en mängd vicejobb, PA-systemtrimningar etc på yrkessidan!

Om man vill göra mätningar av uteffekt hos förstärkare ansluter man ofta en aktiv konstantlast till den, mäter spänningen och beräknar den avgivna effekten. Det är allmänt bekant att högtalare, som är förstärkarens naturliga last, inte alls är rent resistiva utan också uppvisar betydande reaktiva komponenter.

Om förstärkaren driver sådana laster, uppstår ofta ej önskvärda och obehagliga effekter som sätter ned den nyttiga uteffekten. Man har alltmer börjat uppmärksamma detta som sker i bl a skyddskretsar hos slutsteg för att man skall få besked om hur en given kombination av förstärkare och högtalare för sig, bör man därför mäta med den reella högtalaren som last.

Om man uppstår genast problemet hur man skall mäta och beräkna den reella effekten. Efter att man har mätt spänningen och strömmen vid många frekvenser ger en fasvridning av strömmen gentemot spänningen, kan man inte bara mäta upp spänningen och beräkna effekten som U^2/R , utan man måste även mäta fasvinkeln och korrigera för den.

Om långa förstärkare kommer också att påverka spänning eller ström innan full effekt uppnått, och man bör därför även hålla koll på kurvformen för att se att man är under riktiga betingelser.

Alla dessa problem löses med instrumentet denna beskrivning. Strömmar och spänningar kan mätas var för sig, den verkliga effekten kan mätas direkt och så även fasvinkeln mellan ström och spänning. För övervakning av signalformen finns också en lysdiod som indikerar topplippling efter analys av signalen.

Moderna förstärkare ger allt större uteffekt och instrumentet har därför konstruerats för mätningar upp till 2 500 W! Systemet

klarar inspänningar upp till 150 V rms och strömstyrkor upp till 15 A. Instrumentet och mätobjekten är skyddade mot kortslutningar med en säkring om 15 A, vilken givetvis bara löser ut om förstärkaren ifråga är kapabel till denna ström. Det högsta mätområdet för effekt är alltså 2 500 W och det lägsta är 0,25 W. Totalt finns 25 olika mätområden för effekt samt fem områden vardera för ström och spänning. Dessa omfattar 1,5 V–150 V samt 0,15 A–15 A.

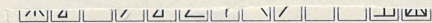
I spänningsmättningsmod kan även mätningar av bandbredd göras med stor noggrannhet vid alla effektnivåer. Fasvridning kan mätas från 0° till $\pm 90^\circ$.

Resistansberoende mättnoggrannhet

Mättnoggrannheten är mycket hög och bestäms nästan uteslutande av resistanser samt det använda vridspoleinstrumentet. Samtliga kritiska motstånd har därför en onoggrannhet mindre än 1 %. Det använda instrumentet har en onoggrannhet mindre än 2 %. Tack vare dess stora frontmått elimineras till stor del avläsningsfelet.

Som strömshunt används ett effektmotstånd på 0,1 ohm, 3 %, vilket tål 25 W. Detta motstånd kalibreras till 0,097 ohm, vilket är det lägsta värde det kan anta inom toleransgränsen. Denna kalibrering sker genom att man parallellkopplar effektmotståndet med ett eller flera motstånd på 3,3–100 ohm. För detta ändamål kan kopplingen i fig 2 utnyttjas. I den komponentsats som tillhandahålls i anslutning till den här artikeln ingår ett kalibrerat shuntmotstånd som ger en onoggrannhet mindre än 0,5 %. Total onoggrannhet blir då som följer:

1. **Spänningsmätning** max $\pm 6,5 \% \pm 2 \%$
(instrumentets onoggrannhet)
typiskt $\pm 2,5 \% \pm 2 \%$
2. **Strömmätning** max $\pm 7 \% \pm 2 \%$
typiskt $\pm 3 \% \pm 2 \%$



Siemens introducerar en ny LED-indikator med alfanumeriska tecken. Alfabetet från A till Z, siffrorna 0–9 samt åtskilliga tecken åstadkoms med 16 segment. Varje tecken är 4 mm högt, och fyra tecken sammanfogas i en enhet med typbeteckningen HA 4041.

Modulen innehåller förutom tecknen en dekodare för ASCII-koden, en multiplexenhet och drivsteg till lysdioderna. Utåt har kretsen egenskaper som gör den möjlig att direkt ansluta till RAM-kretsar och den går också att nyttja tillsammans med TTL vid 5 V matningsspänning.

Varje tecken lyser med 0,1 med och har en spridningsvinkel på 20° åt alla håll. Upp till fyra

Fig 1. I färdigt skick kan instrumentet ta sig ut på detta vis med ingångskontakter från förstärkaren och utgångar till högtalaren längst t.v. Längst upp t.h. ses oscillatorutgången och i mitten det dominerande visarinstrumentet.

3. **Effektmätning** max $\pm 8,6 \% \pm 2 \%$
typiskt $\pm 2 \% \pm 2 \%$
4. **Fasvridning** max ca $\pm 3 \%$
(optimalt handhavande förutsätts)

Ännu bättre noggrannhet kan fås om de kritiska motstånden byts ut mot exempelvis 0,1 %-iga sådana. Det inbyggda instrumentet kan också ersättas med t.ex. en digitalvoltmeter, men i så fall måste skalfaktorn först ändras.

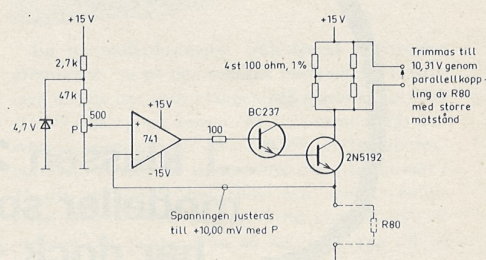


Fig 2. Förslag till kretslösning för en kalibreringsenhet avsedd för justering av R80. Ingår inte i mätinstrumentet.

Analog multiplikator beräknar effekten

Mätsystemets principiella uppbyggnad framgår av fig 3. Hjärtat i apparaten är IC4, MC 1494L, som är en analog multiplikator av 4-kvadranttyp, dvs den kan multiplicera två inspänningar med varandra oavsett deras polaritet. Den lämpar sig därför synnerligen väl för multiplicering av växelspänning med sinusform. Kretsen följer sambandet:

$$k \cdot V_x \cdot V_y = I_{ut}$$

där k är en konstant som väljs med ett par

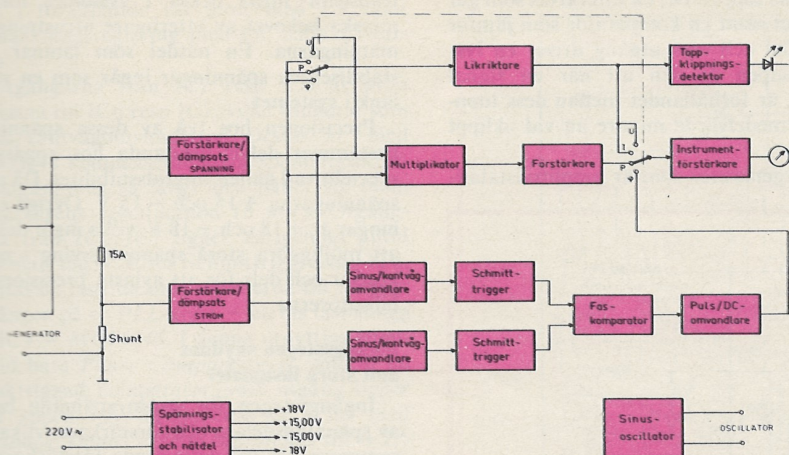


Fig 3. Blockschema för effektmeter.

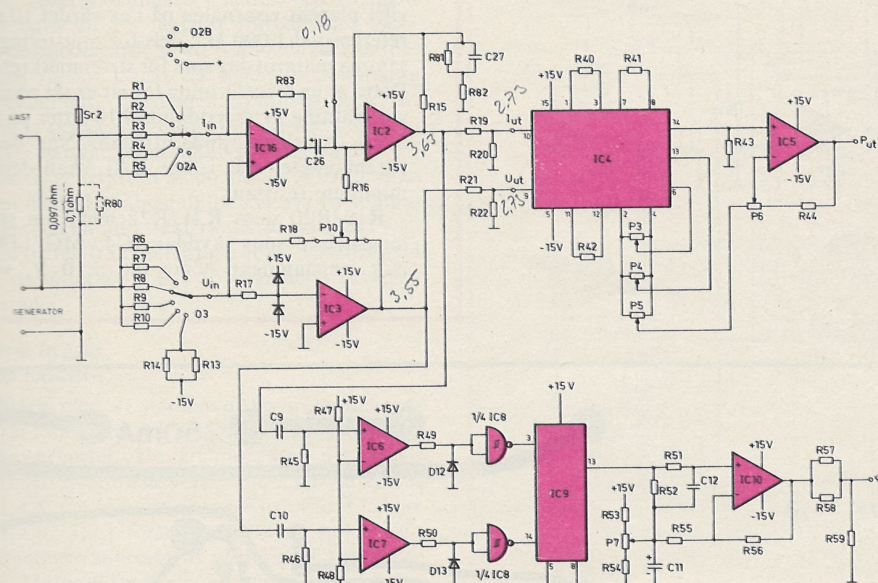


Fig 4. Schema över ingångskretsarna, multiplikatorn och fasdetektorn.

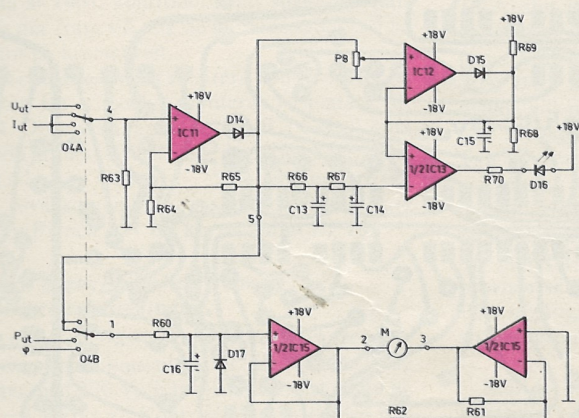


Fig 5. Instrumentdrivkrets och toppklippningsindikator.

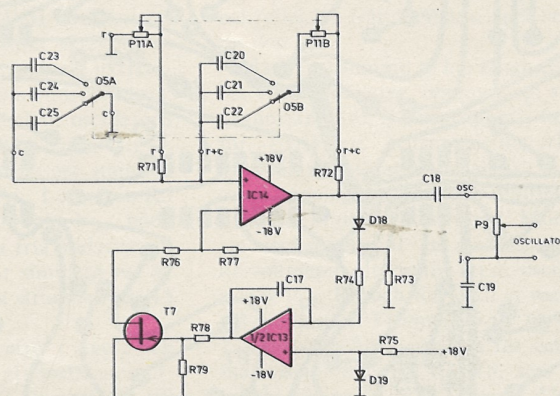


Fig 6. Amplitudstabiliserad sinusgenerator.

externa komponenter. I_{ut} anger att kretsen har strömavgång, vilken dock lätt omvandlas till spänningsutgång med ett motstånd, R43, se fig 4. MC 1494L har en bandbredd upp till ca 3,4 MHz, delvis bestämd av externa komponenter, samt en maximal onoggrannhet av 1 %, typiskt 0,5 %. En inbyggd spänningsreferens svarar för spänningsförsörjning till ett antal potentiometrar för offset- och balansjusteringar. Tyvärr är MC 1494L ganska dyr, men tack vare sina goda data och sin höga stabilitet har den ändå valts till den här konstruktionen.

Övriga IC-kretsar som ingår i konstruktionen, huvudsakligen operationsförstärkare, har valts med erforderliga prestanda som främsta kriterium. Således är samtliga operationsförstärkare som arbetar med behandling av växelspanningar av typen MC 1741S, vilken har hög slewing rate, dvs stigningsförmåga (bättre än 15 V/ μ s), vilket är en förutsättning för låg distorsion vid frekvenser upp mot 20 kHz. Trots att man inte kommer att lyssna till de signaler som passerar den här apparaten är det ändå väsentligt att distorsionen hålls låg för att inte onoggrannheten skall öka.

Faskomparator avkänner $\cos \phi$

Enheten kopplas in mellan en förstärkares utgång och en högtalare eller ett belastningsmotstånd. En sinusgenerator, t ex den inbyggda, ansluts till förstärkarens ingång. Den ström som nu passerar lasten passerar också effektmeter, där den nivåanpassas i ett par operationsförstärkare. Förstärkarens utspänning nivåanpassas på motsvarande sätt i en annan operationsförstärkare. De båda operationsförstärkarstegen utslutningar påförs dels den analoga multiplikatorn, dels en omkopplare som väljer mätstorhet. Dessutom ansluts de båda signalerna till var sin sinus/kantvåg-omvandlare följda av Schmitttriggare, till vilkas utgångar en faskomparator med treläges utgång ansluts. Denna ger positiva (+15 V) pulser ut om spänningen ligger före strömmen i högtalarkabeln och negativa (0 V) pulser ut om det motsatta förhållandet gäller. Om ingen tidsdifferens föreligger mellan ström och spänning, hålls faskomparatorns utgång på +7,5 V. Pulserna på utgången filtreras och

Bygg själv

nivåanpassas samt förses med skalfaktor i en efterföljande krets.

Instrumentdrivkretsen i fig 5 är balanserad och driver ett 10 V vridspoleinstrument. Omkopplaren för val av presentationsstorhet är ansluten en ideal likriktare, multiplikatorn samt faskomparatorn, och endera av dessa kretsars utsignaler kan påföras instrumentdrivkretsen. Likriktaren matar också topp-

klippdetektorn. Denna består av en detektor för signalens toppvärde, en filterkrets som ger medelvärdet samt en komparator som jämför dessa värden och vars utgång driver en lysdiod. Principen är den att när en signal toppklippas, är förhållandet mellan dess toppvärde och medelvärde mindre än vid oklippt signal.

En sinusgenerator som är amplitudstabiliserad med en komparator och en fälteffekt-

transistor ingår också i systemet för att minska behovet av ytterligare utrustning vid mätningarna. En nätbel som lämnar fyra stabiliserade spänningar ingår som en viktig länk i systemet.

Precisionen hos två av dessa spänningar bestämmer delvis prestanda hos apparaten, speciellt vad gäller långtidsstabilitet. Då avses spänningarna +15 och -15 V. Övriga spänningar är +18 och -18 V, vilka ingår dels för att möjliggöra stora spänningssving i några kretsar och dels för att avlasta precisionsstabilisatorerna.

Ingångsstegen skyddas mot stora insignal

Ingångsstegen för ström/spänning består av spänningsdelare och förstärkare, vilka tillsammans ger väl definierade förstärkningar. IC3 är skyddad mot för höga inspänningar, orsakade t ex av felvalt mätområde.

P10 medger förstärkningsökning med en faktor 3 för spänningsmätarkretsen, dels för att underlätta bandbreddsmätningar då man kan vilja placera visarnålen på t ex värdet 10 som referens vid 1 000 Hz, dels för injustering till samma mätarutslag som för strömmätarkretsen. Detta är en förutsättning för ett exakt resultat vid mätning av fasvridning. P10 sitter på den bakre panelen i apparatlådan. När denna potentiometer står i läge KAL skall den ha minimum resistans.

R19/R20 samt R21/R22 bildar en spänningsdelare som skyddar IC4, MC 1494L, mot inspänningar högre än ± 10 V, vilka

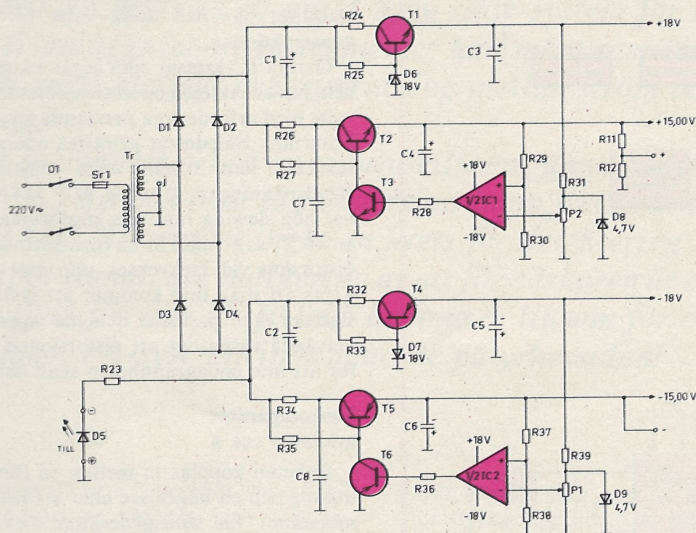
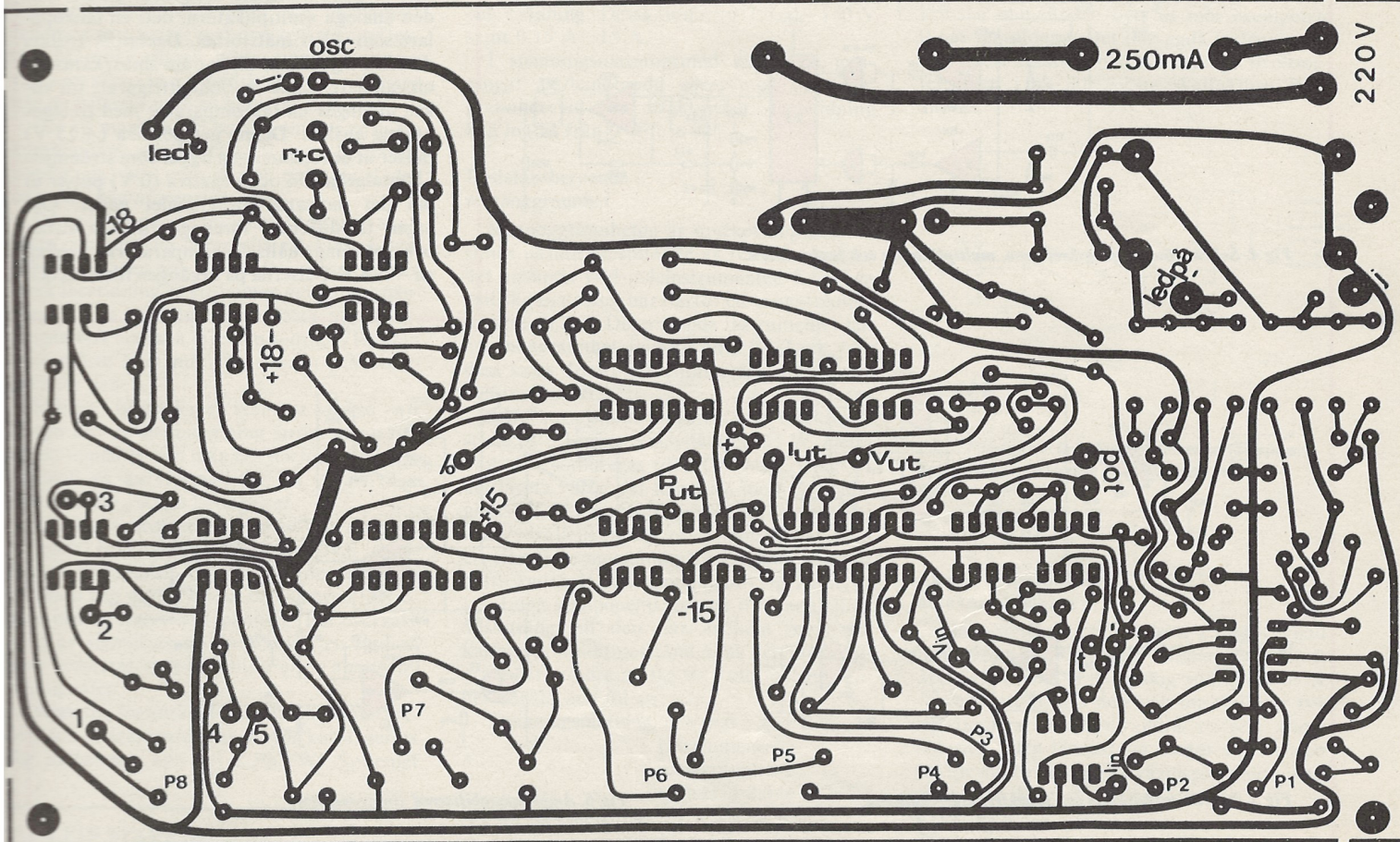


Fig 7. Instrumentets nätdel.

Fig 8. Mönsterkortritning i skala 1:1.



nnars kan förstöra denna.

IC5 medger balansering av utsignalen från C4 i förhållande till jord, med P5 samt förstärkningsreglering med P6, båda 15-var-iga.

Utgångarna från IC2 resp IC3 är även anslutna till IC6 resp IC7, vilka fungerar som sinus/kantvågomvandlare. Dessa är med R47/R48 kompenserade mot spänningsoffset på ingångarna så länge den håller sig inom tillverkarens specifikation (5 mV). Utgångarna från IC6/IC7 ligger härigenom alltid "normalt låga". Efter Schmitttriggarna, IC8, ansluts de resulterande signalerna till vardera ingången på en PLL-krets — en fas låst slinga — IC9 = MC14046. I denna utnyttjas emellertid bara Phase Comparator II, som är en blanktriggad komparator, vars utgång ligger helt öppen när insignalerna är i fas med varandra. Denna utgång omvandlas till $+7,5 \text{ V} \pm 7,5 \text{ V}$ med en spänningsdelare som har nolltrimningsmöjlighet. P7 kan således justeras så att man får 0° på instrumentet när ström och spänning är i fas med varandra.

Den ideala likriktaren och toppklippdetektorn beskrevs tidigare i texten och tilläggas bör bara att P8 reglerar förhållandet toppvärde/medelvärde så att lysdioden på frontpanelen förblir släckt då ingen toppklippning förekommer. Lysdioden kommer dock att tändas också när insignalen sänks, eftersom filtret har sin givna tid konstant även då.

Sinusgeneratoren är en vanlig Wien-brygga men med amplitudstabilisering via en komparator och en fälteffekttransistor med lågt r_{on} . Utsignalen från oscillatoren är ca $+10 \text{ dB}$ med en stabilitet av $\pm 0,5 \text{ dB}$ över hela frekvensområdet.

Börja bygget med nätdelen

Börja med att montera de komponenter som ingår i nätdelen och spänningsstabilisatorn på mönsterkortet. De komponenter det gäller framgår av kretsschemat. Glöm härvid ej C3, C4, C5, C6 samt trådbygeln ovanför T7. När detta är klart förses kortet med 220 V och spänningsstabilisatorns utspänning kontrolleras. Mätpunkter är markerade på kretskortet. 18 V-spänningarna får ej överstiga 18 V, och bör ej vara lägre än 16,5 V. Om så är fallet måste zenerdioden bytas i den aktuella kretsen. 15 V-spänningarna trimmas, helst med DVM, till exakt 15 V med P1 resp P2. När detta är klart, kontrolleras att spänningsmatning går fram till alla de punkter som skall ha sådan på kretskortet.

Fortsätt sedan att montera komponenter på kortet. En IC-sockel monteras på platsen för IC4. Observera, att IC12 — IC14 skall sitta vända åt motsatt håll mot de övriga kretsarna.

Löd nu in C20 — C25 på omkopplare 05, en 3-vägsomkopplare, samt anslut denna jämte P9 och P11 till kortet enligt fig 10.

Stegvis uppbyggnad och trimning underlättar driftsättning

Anslut ett oscilloskop, en förstärkare eller en växelspanningsvoltmeter till P9 och försök kortet med 220 V. Sinusgeneratoren skall nu ge 2,5 — 3 V rms ut. Kontrollera att signalen har låg distorsion samt är amplitudstabil vid alla frekvenser. Kontrollera även att hela området från 20 Hz till 20 kHz täcks in. Med 05 i läge 1 kan P11 reglera frekvensen mellan ca 20 Hz

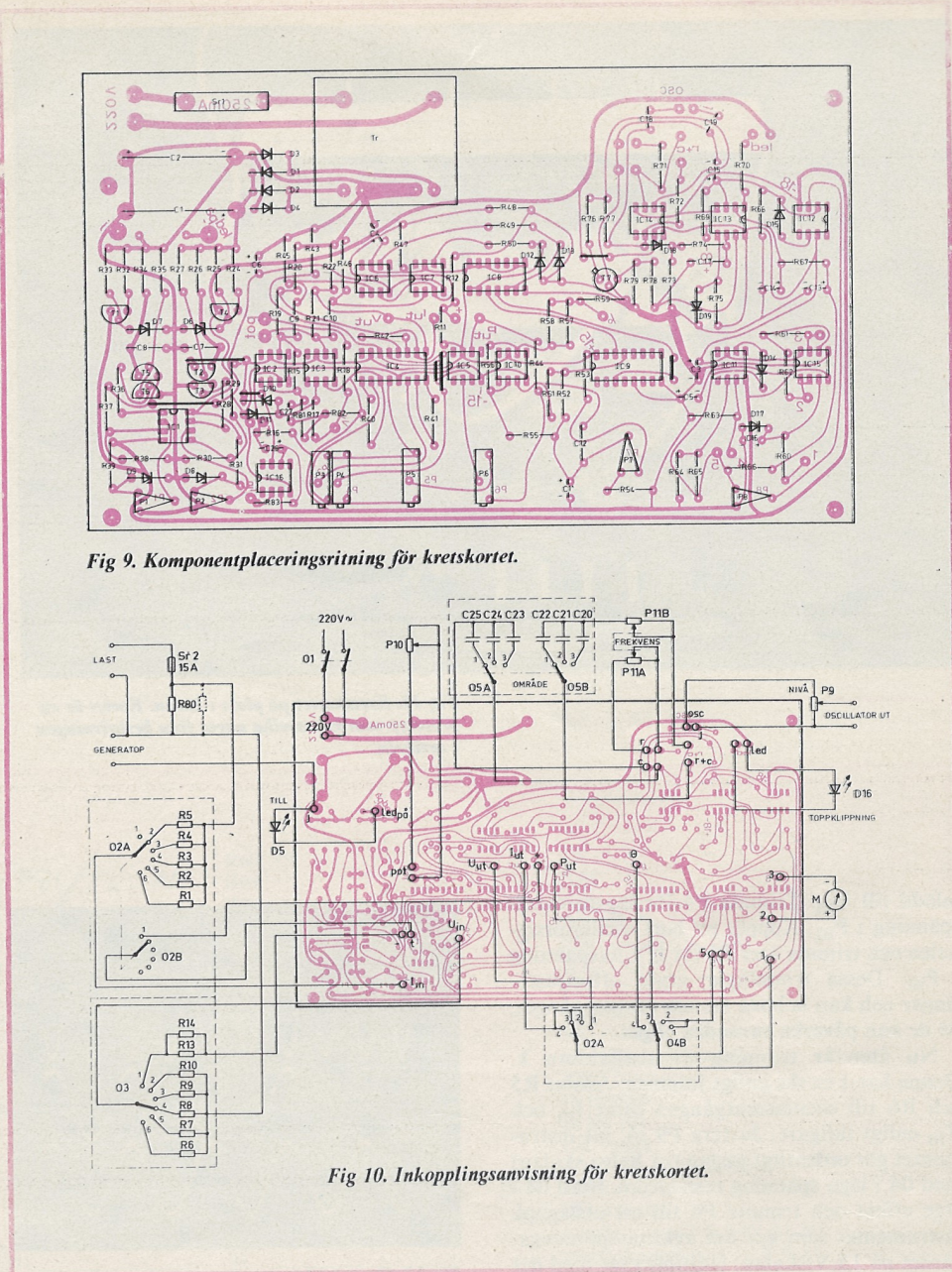


Fig 9. Komponentplaceringsritning för kretskortet.

Fig 10. Inkopplingsanvisning för kretskortet.

och 200 Hz. 05 i läge 2 resp 3 multiplicerar frekvensen med en faktor 10 resp 100.

Anslut instrumentet M till kortet enligt fig 10. Anslut även 04B (Obs! endast B) till kortet enligt samma fig. Förbind provisoriskt oscillators utgång till punkten 4 på kretskortet. Ställ 04 i läge 1. Instrumentet skall nu ge utslag, vilket indikerar att den ideala likriktaren fungerar liksom instrumentdrivkretsen. Tag nu bort anslutningen mellan oscillatoren och punkt 4 samt löd in 04A enligt fig 5. Anslut också P10 till kretskortet och ställ den på minimum resistans = KAL. Löd nu in R5 till punkt I_{in} samt R6 till punkt V_{in} , båda provisoriskt. Anslut de båda fria ändarna till P9:s utgång. R5/R6 får här simulera val av spänningsområde 1,5 V samt strömområde 15 A.

Ställ 04 i läge 1 samt därefter i läge 2 och kontrollera i vardera läget att instrumentutslaget kan varieras med P9. Justera P9 till maximalt instrumentutslag utan "bottning", $f = 1 \text{ kHz}$.

Ställ 04 i läge fasmätning. Trimma P7 så,

att instrumentet indikerar 0° . Om detta ej kan uppnås utan instrumentet gör maximalt utslag åt ettdera hållet, beror detta på att någon av vipporna i IC9 står fel. Detta kan lösas genom att man tillfälligt kopplar loss R5 och/eller R6 från oscillatoren och sedan ansluter den igen.

Har vi nu kommit så här långt utan problem vet vi att oscillator, ingångssteg, sinus/kantvågomvandlare, Schmitttriggarna, faskomparator, likriktare, instrumentförstärkare samt spänningsstabilisator fungerar. Återstår då toppklippningsdetektor och multiplikator.

Vi tar multiplikatorn först. Montera IC4 i sin sockel. Anslut en dc-voltmeter och en ac-voltmeter, alternativt ett dc-oscilloskop, till punkt P_{ut} . R5 och R6 skall ej vara anslutna till oscillatoren. Trimma P5 för 0 V i P_{ut} . P6 kan också behöva justeras för detta. Anslut max oscillatorsignal till R5, som skall vara inlörd till punkt I_{in} . Trimma P3 för lägsta växelspanning i P_{ut} . R6 skall härvid vara oansluten. Anslut därefter oscillatoren till R6 och låt R5 vara oansluten. R6 skall vara

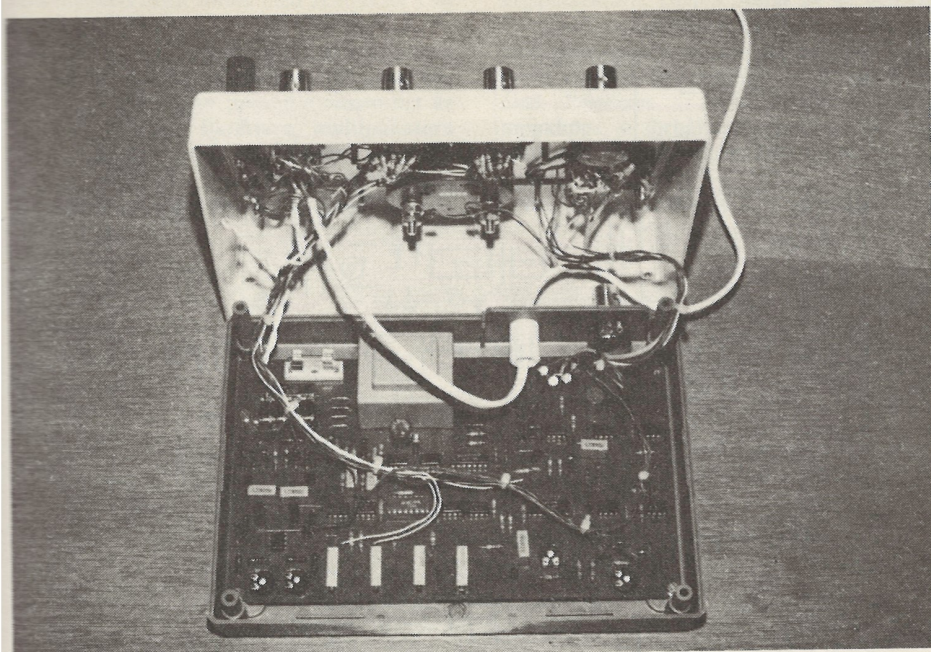


Fig 11. Kretskortet på plats i lådan. Kortet är en prototyp som kan avvika något från beskrivningen i artikeln.

inlörd till V_{in} . Trimma P4 för lägsta växelspanning i P_{ut} . Koppla nu bort oscillatorsignalen och trimma åter P5 för 0 V likspänning i P_{ut} . Dessa trimningar utgör offsetjusteringar och kan behöva tas om ett par gånger, då de kan påverka varandra något.

Nu återstår trimning av skalfaktorn k. Denna kan t ex ske enligt följande: Anslut R5 och R6 till oscillatorutgången samt I_{in} och V_{in} enligt tidigare. Justera P9 så, att instrumentet gör ordentligt utslag (ca halva skalan) med 04 i läge spänning resp ström. Ställ 04 i läge effekt och trimma P6 till ett utslag på instrumentet som ger det avlästa spänningsvärdet på 15 V-skalan, multiplicerat med det avlästa strömvärdet på samma skala (15). Denna produkt skall avläsas på 25 W-skalan, eftersom $1,5 \text{ V} \times 15 \text{ A} = 22,5 \times 10^3 \text{ W}$. Samma skala används alltså för avläsningar upp till $22,5 \times 10^3 \text{ W}$ och $25 \times 10^3 \text{ W}$. 1,5 V och 15 A kom ju av att R5/R6 simulerar dessa skalområden.

Dimensionera kablagen för stora strömstyrkor

När nu kretskortet är monterat och trimmat är det dags att montera och ansluta kontakter jämte omkopplare i lådan.

Löd först bort R5 och R6 från kortet. Löd sedan in R1–R14 på omkopplarna 02 och 03 enligt fig 10. I omkopplare 02 motsvarar kontakt 1 enligt fig 5 läge TEST. Samma sak gäller för 03. Placering för de komponenter som i övrigt skall sitta på frontpanelen framgår av fig 5. Hållaren för S2, 15 A, skall skruvas fast i det hål som sitter mellan uttagen för LAST och GENERATOR. R80 skall skruvas fast i de återstående hålen i frontpanelens övre vänstra del.

Innan något över huvud taget monteras på frontpanelen måste naturligtvis den självhåll-

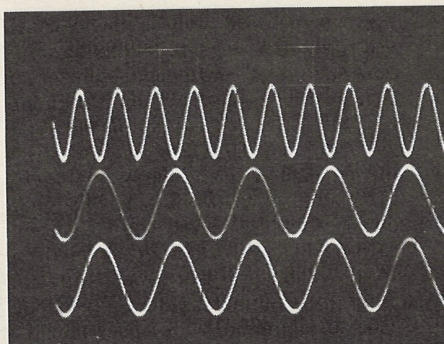


Fig 12. Om två likfärgade sinussignaler med samma amplitud påförs den analoga multiplikatorn får den resulterande utsignalen dubbelt så hög frekvens och en likspänningsnivå som är lika med utsignalens toppvärde. Använd frekvens 1 kHz.

tande frontskylten appliceras och hålltagas (med en kniv t ex).

Den undre kontakten i respektive kontaktpar för LAST, GENERATOR och OSC UT skall vara svart. Detta underlättar vid mätningar, då det är väsentligt att de två sistnämnda har samma potential i förstärkaren, eftersom de växelströmsmässigt är sammankopplade i effektmeter över C19. Vid mätningar på t ex balanserade slutsteg måste således en extern sinusgenerator användas.

S2 och R80 ansluts till kontakterna LAST och GENERATOR enligt fig 10 med grov kabel (1,5 mm² minst). Förbind också frontpanelen med kretskortets jord för att undvika brum. När rattarna monterats, alla lösa trådar bundits ihop och säkringar placerats i hållarna, är effektmeter klar att användas. Endast trimning av toppklippningsdetektorn återstår.

Toppklippningsdetektorn möjliggör korrekta mätningar

Utgången från den förstärkare som skall mätas kopplas till effektmeters ingång GENERATOR. Se därvid till att förstärkarjord ansluts till svart kontakt. Högtalaren eller lasten kopplas till LAST. Om den inbyggda oscillatorn skall användas, ansluts denna till förstärkarens ingång. Observera, att svart kontakt måste anslutas till förstärkarjord!

Välj nu lämpliga mätområden för SPÄNNING och STRÖM samt slå på nätspänningen till apparaterna.

Om mätning av maximal utspänning före klippning skall göras, bör man först vara medveten om att denna normalt är lägre med last ansluten. Det mest rättvisande värdet på denna parameter får man således med nominell last ansluten.

För indikering av begynnande klippning kan den inbyggda toppklippningsdetektorn användas. Vid kalibrering av denna bör man ha tillgång till oscilloskop, men med ett gott öra kan den vane bedömarens förmodligen uppfatta förändringar i ljudet innan klippningen blivit alltför svår. Trimning till rätt tröskelnivå sker med P8.

När klippning inträder, kan aktuell spänningsnivå avläsas på den skala som motsvaras av inställt skalområde multiplicerat med 10^3 . Är last inkopplad kan aktuell utström avläsas på motsvarande sätt.

Högtalarens impedanskurva för hela frekvensområdet kan fås genom att man för ett antal valda frekvenser avläser spänning och ström och dividerar dessa värden med varandra. För effektmätning gäller att visarutslagen för spänning och ström bör vara så stora som möjligt utan "överslag", dvs så låga mätområden som möjligt bör väljas. Detta är önskvärt p g a att visarutslaget för effekt normalt utgör produkten av utslagen för spänning och ström, dvs halva skalutslag för de båda ger ca ett fjärdedels visarutslag för effekt. Med presentationsväljaren i läge effekt kan nu aktuellt värde avläsas på den W-skala som motsvarar valt skalområde för ström multiplicerat med valt skalområde för spänning.

Med icke-resistiva laster, dvs nästan alla högtalare, får man härvid ett mått på effekten som tar hänsyn till fasvridningen i lasten (likaväl som till ev fasvridning i förstärkaren p g a reaktiva impedanskomponenter). Följande formel gäller härvid:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

Fasvridningen kan avläsas med presentationsomkopplaren i läge fasvridning. Justera dock, innan detta görs, först visarutslaget för spänning till samma utslag som för ström med P10. Detta ger högsta precision vid fasmätning. Positivt indikerad fasvridning innebär att spänningen ligger före strömmen i tid.

Noggranna frekvenskurvor kräver kalibrerad generator

För uppmätning av en förstärkarens frekvenskurva kan man med fördel utnyttja den inbyggda amplitudstabiliserade sinusgeneratoren. Vid vilken signalnivå en sådan mätning skall ske, får diskuteras från fall till fall. Den bör dock alltid ske med last inkopplad och helst då med den högtalare som normalt skall vara ansluten förstärkaren.

Generellt brukar mätningar vid låga signal-

