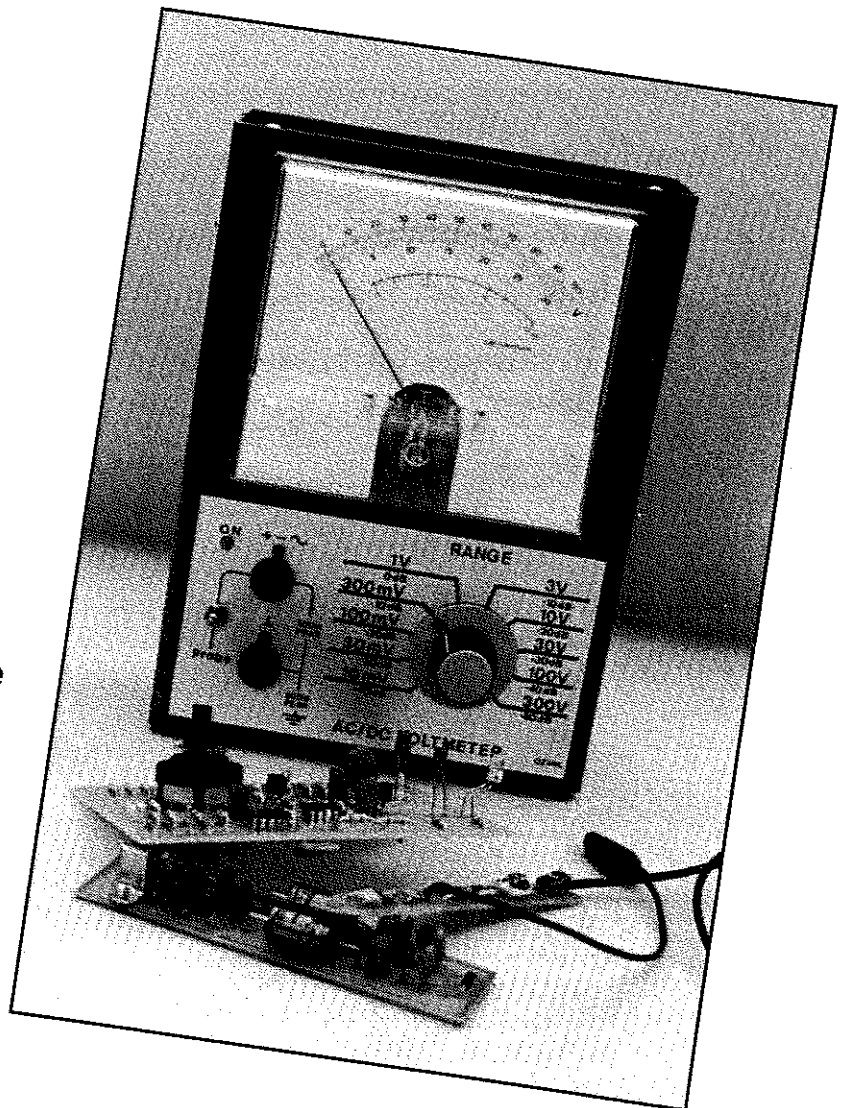


Byg selv

AC/DC voltmeter med diodeprobe

Af OZ4NL N. Henning P. Larsen, Rørkærvej 29, Strib, 5500 Middelfart,
oz4nl@post11.tele.dk / hpl@eltra.dk



Når man er eksperimenterende radioamatør, er det nødvendigt med gode måleinstrumenter for at kunne udføre pålidelige målinger. Jeg har bygget dette instrument som et godt alternativ til et universalinstrument. Det er bygget med et analog visende instrument for at være velegnet til justeringer.

Funktionsbeskrivelse

Lysdioder indikerer, om der måles DC eller AC og viser hvilken terminal, der er positiv ved DC måling. Omskiftning mellem AC og DC sker automatisk. Instrumentet er ikke true RMS målende.

Der er mulighed for omskiftning mellem to måleindgange med en vippeomskifter.

Med omskifteren i position 'op' måles med almindelige prøveledninger, der tilsluttes bøsningerne på fronten, og i position 'ned' er der forbindelse til et DIN-stik på bagsiden, hvortil f.eks. en diodeprobe kan tilsluttes.

Instrumentet er beskyttet mod overbelastning, max. indgangsspænding er 500V peak og max. 500V peak mellem bøsningerne og kassen.

Skalaerne er inddelt i følgende områder: 0 til 30, 0 til 100 og dB fra -5 dB til +13 dB. Måleområderne vælges med omskifteren mærket RANGE.

Instrumentets data:

10 Mohm indgangsmotstand for alle områder
DC måling fra 10 mV til 300 V bedre end Kl. 1.

AC måling fra 100 mV til 300 V bedre end Kl. 2.

Frekvensgang ved AC måling:

0,1 V fra 10 Hz til 200 Hz

1,0V fra 10 Hz til 1 kHz

> 10V fra 10 Hz til 5 kHz

dBm måling skalaområde 5 dBm til +13 dBm

10dBm pr. område fra -40 dBm til +50 dBm.

Der er 10 spændingsområder med en faktor 3,16 mellem områderne, dog kun 8 områder for AC spænding.

Som det fremgår af data, er klassen for DC måling 1 (Kl.1), hvilket vil sige, at instrumentet måler med en nøjagtighed på +/- 1 % af fuldt skalaudslag.

Et eksempel herpå: Ved et viserudslag på 40 volt i 100 volt området må afvigelsen være +/- 1 % af 100 volt, hvilket er +/- 1 volt. Altså er en visning fra 39 til 41 volt OK. Det gælder derfor om at indstille instrumentet på så følsomt et område som muligt, når der måles for at få et stort viserudslag og derved stor nøjagtighed.

Da forstærkningen i indgangsforstærkeren er meget høj ved lave spændinger, er frekvensgangen dårlig og overholder derfor ikke klassen i 10 mV og 30 mV områderne ved AC måling (se tabellen over frekvensgangen), hvorimod det har fulde data ved DC målinger. At instrumentet ikke måler true RMS ved AC måling vil sige, at klassen kun overholdes ved sinusformede spændinger.

Principbeskrivelse

For at opnå den høje indgangsmodstand, er der anvendt en operationsforstærker med FET transistorer i indgangen, så man i teorien har en uendelig høj indgangsmodstand.

På fig.1 vises princippet for forstærkeren. Fra udgangen tilbagekobles en del af det forstærkede signal til den inverterende indgang igennem R2, hvor også signalet, der skal forstærkes, tilsluttes gennem R1. Herved opnår man at kunne styre forstærkningen, som kan beregnes efter følgende: Forstærkningen = $-R2/R1$.

Hvis vi nu vælger R3 til 10 kohm og forudsætter, at drejespoleinstrumentet har en indre modstand på 0

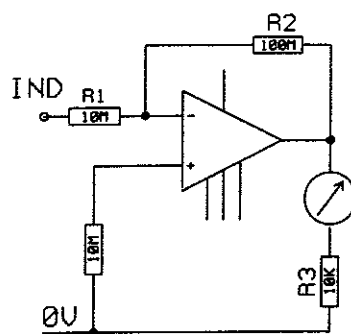


Fig. 1

ohm og fuldt udslag ved 0,1mA, så vil instrumentet give fuldt udslag ved en udgangsspænding på 1volt, idet $1 \text{ volt}/10 \text{ kohm} = 0,1 \text{ mA}$. Det vil sige, at hvis instrumentet skal have fuldt udslag ved 0,1 volt på indgangen, skal forstærkningen være 10 gange. Vælger vi nu en modstand R1 på 10 Mohm, kan vi beregne, at R2 skal være 100 Mohm. Da denne modstandsstørrelse er upraktisk at håndtere, vælger vi at dele R3 i to modstande, R7 på 1 og R6 på 9, se fig. 2. Ønsker vi stadig fuldt udslag på instrumentet ved 0,1 volt på indgangen, skal vi have 0,1 volt over

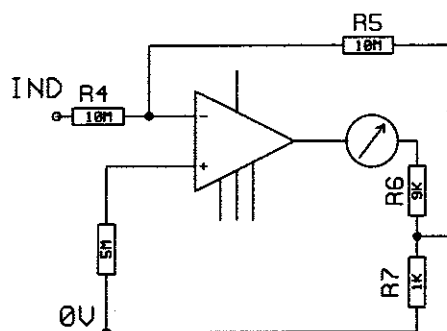
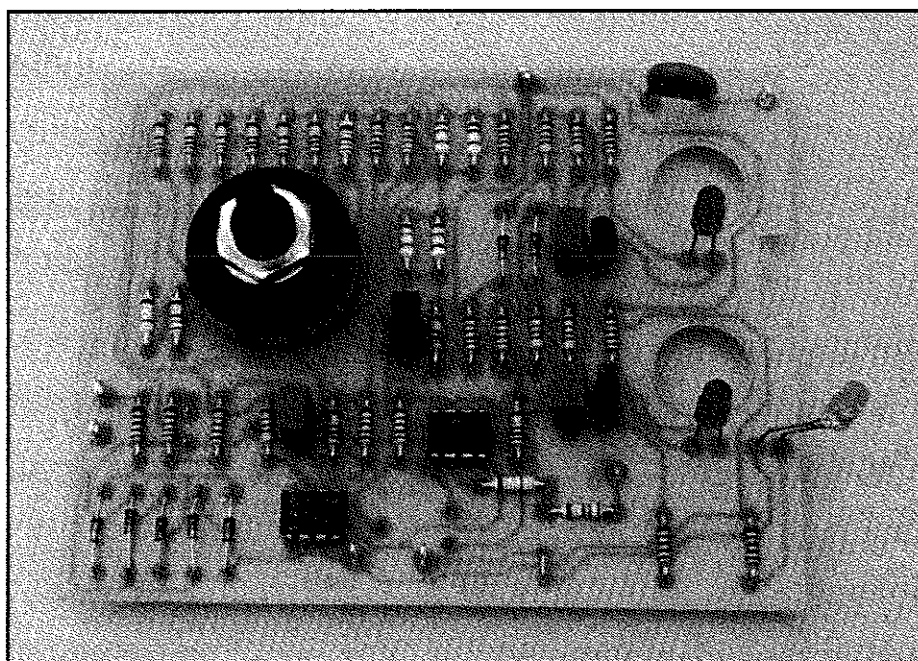
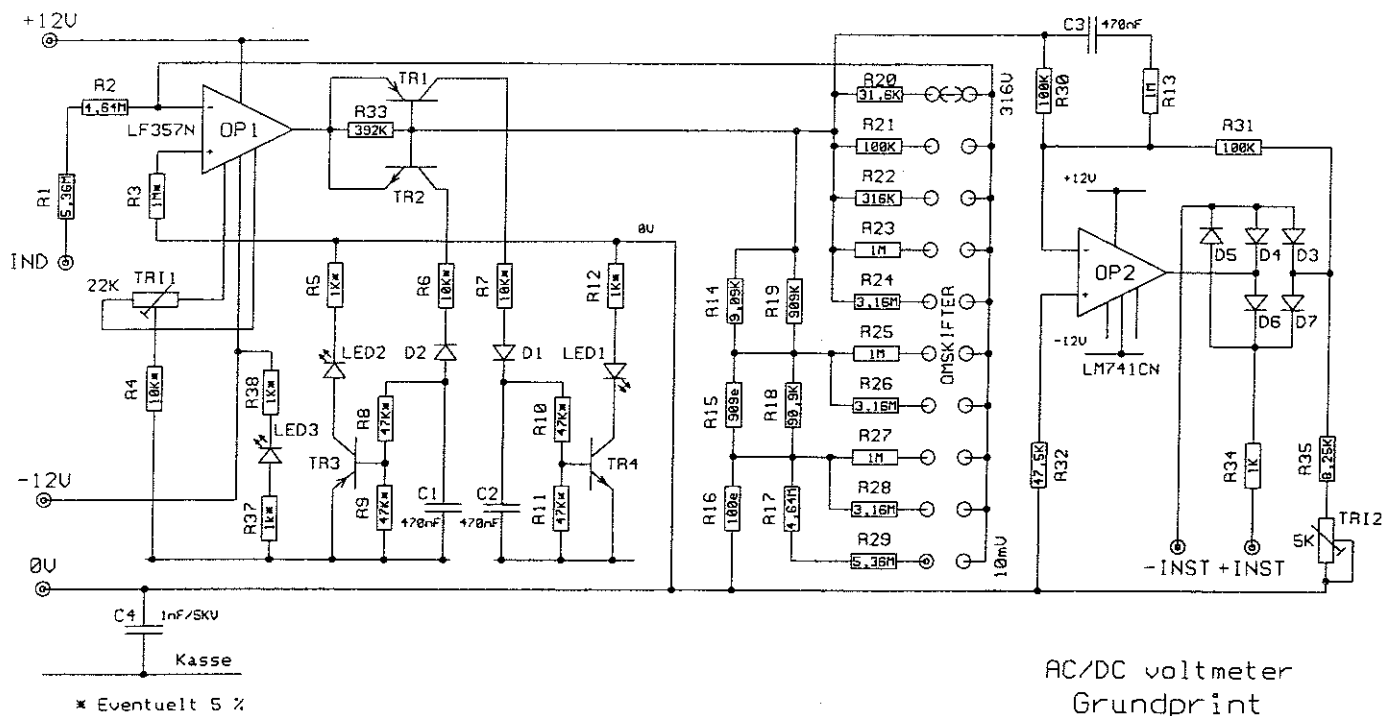


Fig. 2



Monteret grundprint



AC/DC voltmeter Grundprint
OZ4NL

R7. Ved at betragte spændingen over R7 som V_{out} , kan vi beregne forstærkningen til U_{out} / U_{ind} i dette tilfælde $0,1 \text{ volt} / 0,1 \text{ volt} = 1$ gang; R5 bliver således 10 Mohm. Ved at udskifte R5 eller ved at ændre deleforholdet mellem R6 og R7 kan man ændre instrumentets måleområder.

For at instrumentet skal kunne måle AC spændinger, er det nødvendig at ensrette signalet fra indgangsforstærkeren. Til dette anvendes yderligere en operationsforstærker i et ensretterkredsløb, hvor drejespoleinstrumentet er forbundet over en brokoblings plus- og minustilslutninger. Den ene vekselspændingsside af brokoblingen er forbundet til udgangen af forstærkeren og den anden side gennem en modstand til 0 volt (R8), se fig.3. Bemærk, at tilbagekoblingsmodstanden på 100 kohm er forbundet mellem modstanden R8 og ensretteren, hvorved diodernes

spændingsfald ikke får nogen indflydelse; men strømmen, der går i instrumentet, bliver summen af strømmen i R8 + strømmen i tilbagekoblingsmodstanden. For at kalibrere instrumentet kan man ændre R8. Se diagrammet over grundprintet for resten af beskrivelsen.

Ved AC måling er instrumentet middelværdimålende. For at instrumentet skal vise effektivværdi, sker der en automatisk omkobling af ensretterkredsløbets forstærkning mellem DC og AC måling ved at parallellforbinde en modstand i serie med en kondensator (R13 - C3) over modstanden R30. Forstærkningen ved AC bliver derved $1,1 \cdot$ DC forstærkningen. Omregning fra middelværdi til effektivværdi sker ved at gange middelværdien med 1,1 for sinusformede signaler.

For at opnå indikeringen af indgangssignalet, om det er positivt, negativt eller en vekselspænding, er der forbundet to transistorer, en NPN og en PNP, med emitter og basis over en modstand, der er i serie med udgangen af OP1. Bliver udgangen på OP1 negativ, ved at forbinde plus til bøsningen mærket '+ - AC', vil der gå strøm i TR2, der bevirker, at den røde LED2 ved den øverste bøsning lyser som indikation for, at bøsningen er positiv.

Hvis OP1s udgang bliver positiv ved at der tilsluttes minus til bøsningen '+ - AC', vil det bevirke, at LED1 ved den nederste bøsning, der også er rød, vil lyse, som indikation for at det nu er denne bøsning, der er positiv. Ved vekselspænding vil begge de to røde lysdioder lyse.

Den grønne lysdiode indikerer, at der er 12 V AC tilsluttet instrumentet. Bøsningen mærket med et omvendt T er referencebøsningen.

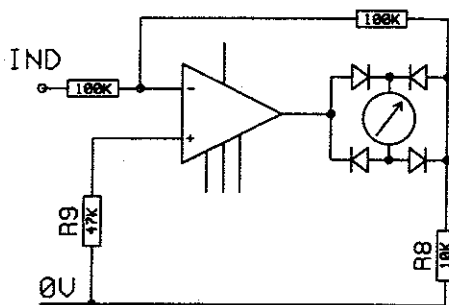
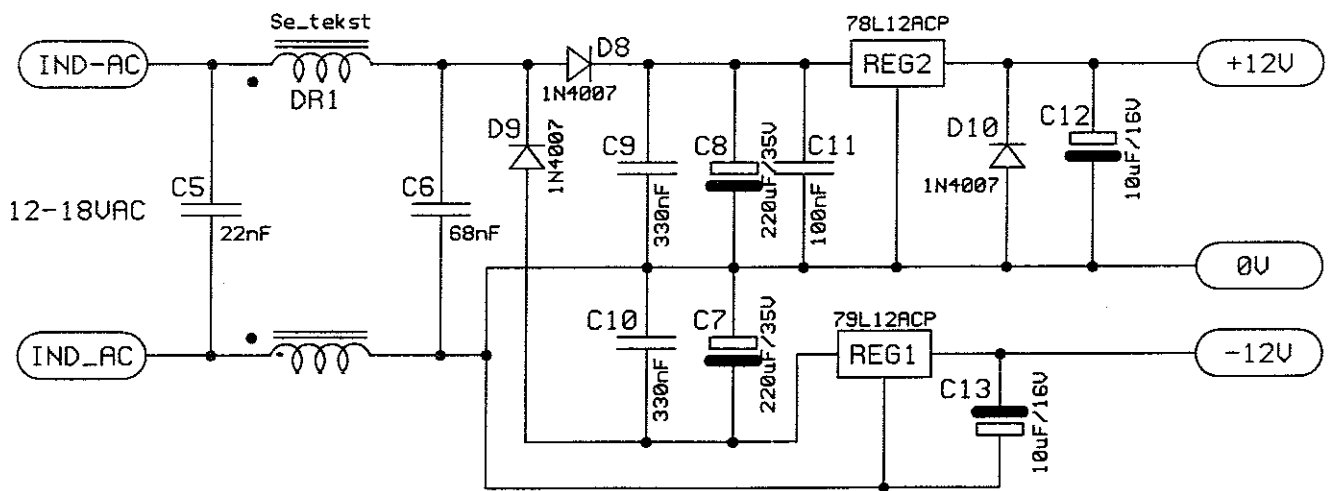


Fig. 3



Strømforsyning

Hvis en operationsforstærker skal arbejde med mindst temperaturdrift, skal de to indgange se ud i samme modstand. OP1s indgang ser ud i indgangsmodstanden ($R1+R2$) parallelt med tilbagekoblingsmodstanden. Da denne afhænger af måleområdet - den varierer fra 31,6 kohm til 10 Mohm - kan det ikke lade sig gøre at opnå den ideelle modstand; jeg har derfor valgt et kompromis og valgt den ikke-inverterende indgangsmodstand $R3$ til 1 Mohm. Det er bedre i ensretterkredsløbet, hvor det er to 100 kohm modstande, der er parallel forbundet, så $R32$ bliver beregnet til 50 kohm og valgt 47 kohm.

Det er kun nødvendigt at justere offsetspændingen på OP1, da det er den, der er mest følsom på grund af den store forstærkning, hvorimod OP2s forstærkning er lille og nulpunktet derfor ikke så følsomt.

Materialer

Komponenterne, der skal anvendes til printene, fremgår af komponentlisterne. Bøsningerne på fronten er beregnet til spændingsmåling og er af den nye godkendte type (der er kommet nye bekendtgørelser for materiel, der anvendes til målinger i laboratorier). Bøsningerne er ret store og kræver et opspændingshul på 12 mm. Proben tilsluttes på bagsiden gennem et 3 polet DIN stik.

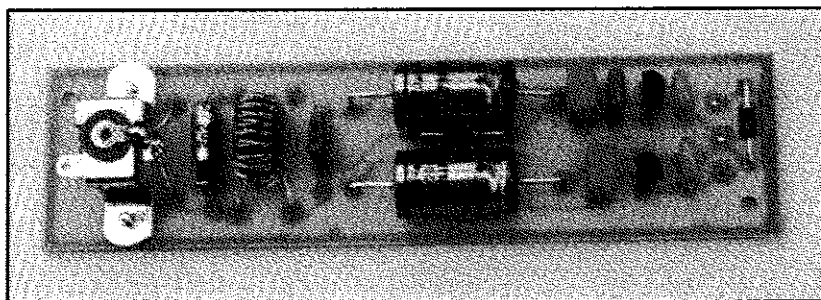
Vippeomskifteren på fronten er en lille topolet omskifter, der er beregnet til 250 V AC.

Instrumentet, der er anvendt, er et 0,1 mA DC af typen Kyoritsu KM118, men må gerne være af en bedre kvalitet. Vær opmærksom på, at det ikke er alle instrumenter, der er beregnet til at anvende både vandret og lodret eller til montering i et stålkabinet. Instrumentet bliver ikke bedre end det anvendte drejespoleinstrument.

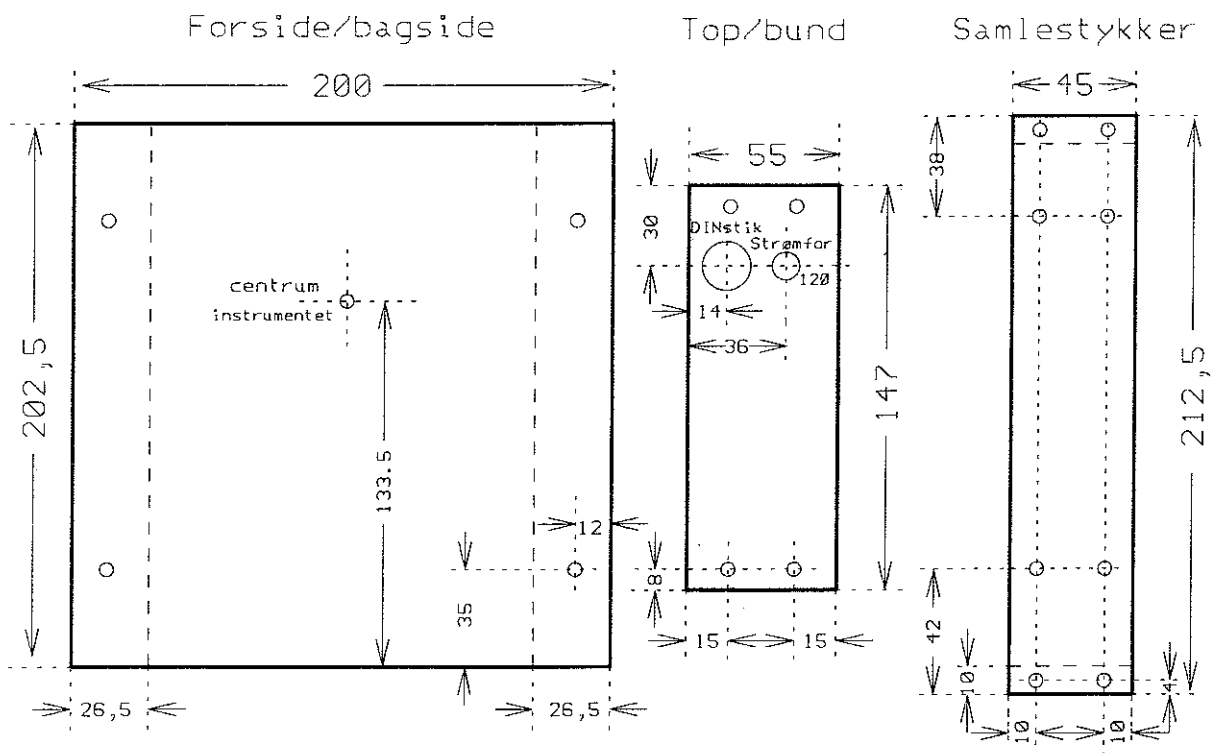
Fremstilling af kassen

Kassen til indbygning af instrumentet er vist på skitsen. Hvis man har en slagsaks, en bukkemaskine og en boremaskine, er den simpel at fremstille. Der skal anvendes to stykker af hver af det skitserede, og delene er fremstillet af 1,5 mm aluminium. Huller, der er symmetrisk placeret, er kun målsat et sted. Klip først de to stykker der er beregnet til forside/bagside.

Inden du bukker pladerne, er det nemmest at opmærke til de huller, der skal bores efter forpladen. Forpladen skal sidde med lige stor afstand til begge sider, og 3 mm fra nederste kant. Mål hulstørrelsen efter komponenterne. Hullerne til lysdioderne skal dog bores med et 5 mm bor i kassen, men kun med et 4 mm bor i forpladen.



Færdigt strømforsyningsprint. Inden montering i kassen forsynes det med en skærm af hvidblik. Se tekst.



Tegningen er ikke målfast, alle mål i mm.

----- Bukkelinie

SKITSE OVER KASSEN

Hullet til instrumentet skal placeres som på tegningen og kan max. have en diameter på 75 mm. Det er nemmest at anvende en løvsav til at save hullet med. Hullerne til sammenspænding af kassen, der er med på tegningen, er 3 mmØ.

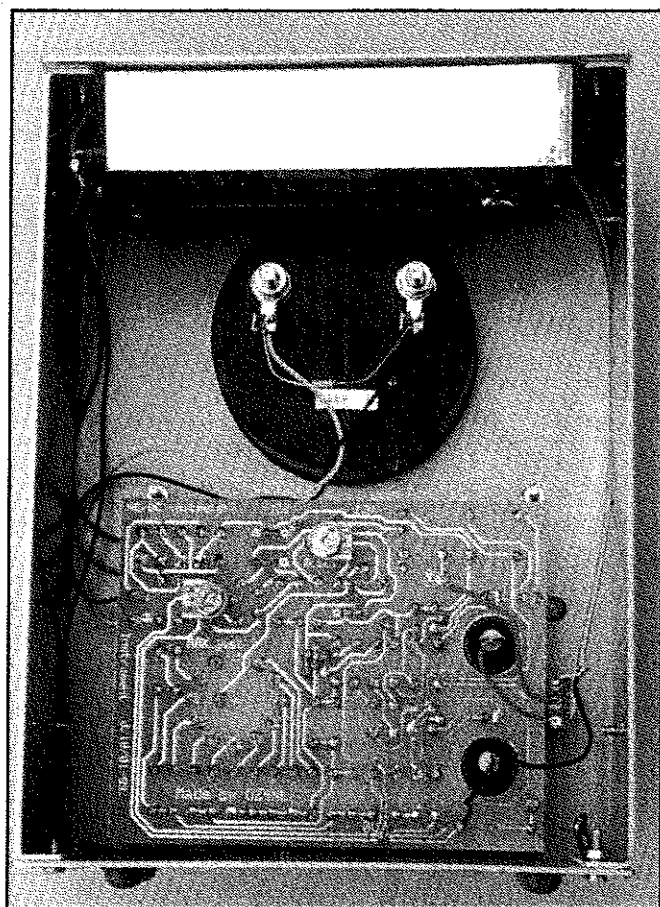
Når alle hullerne er boret, kan for- og bagside bukkes efter den stiplede linie. Herefter skal de to samlestykker fremstilles. Vær opmærksom på, at der er bukket 10 mm om i begge ender. Hullerne, der er boret i samlestykkerne, er alle 2 mmØ. De er beregnet til selvskærende skruer.

Så kan for- og bagside skrues sammen med samlestykkerne. Herefter skal målene på top- og bundstykkerne kontrolleres, inden de klippes til. Hullerne til DIN-stik og strømforsyning, der er tegnet på top og bund, skal kun bores på topstykket og monteres med 2,5 mm skruer. De fire huller til sammenspænding er 3 mmØ.

Når kassen er færdigsamlet, er bundstykket næsten plant med for- og bagside, så der kan pålimes små gummifødder helt ude i hjørnerne, hvorimod topstykket er trukket ca. 5 mm ned. Der skal også limes gummifødder på bagsiden af kassen.

Montering

Printene monteres på sædvanlig måde ved først at montere modstande og kondensatorer; derefter halvlederne. Vent med omskifteren til allersidst. De to trimmere samt loddesspyddene på grundprintet skal monteres på bagsiden (kobbetsiden). Bemærk, at der er en lus på printet!



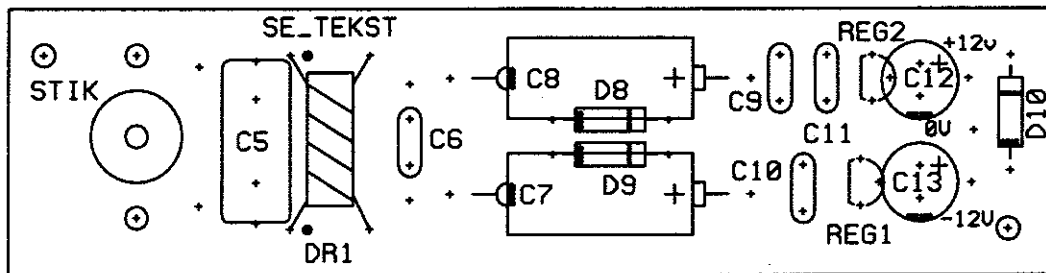
Et kig ind i kassen. Grundprintet er en prototype, hvor der ikke er foretaget udfræsning. Strømforsyningen med sin skærm er monteret øverst.

Drosselspolen, DR1 i strømforsyningen, vikles af to parallelle kobbertråde (0,3 mm lakisoleret) med 20 vindinger på en ferritkerne ca. 18 mm i diameter. De to trådender med den samme vikleretning mærket med en plet forbindes til stikket, de to andre forbindes til C6. For at skærme strømforsyningen for udstråling, er der loddet en 25 mm bred hvidblikstrimmel hele vejen rundt. Hvor der er mærket med + 0 - 12 V, se komponentplaceringen, bores tre 4 mm huller i hvidblikket til at lodde tre gennemføringskondensatorer i for spændingsudtagene.

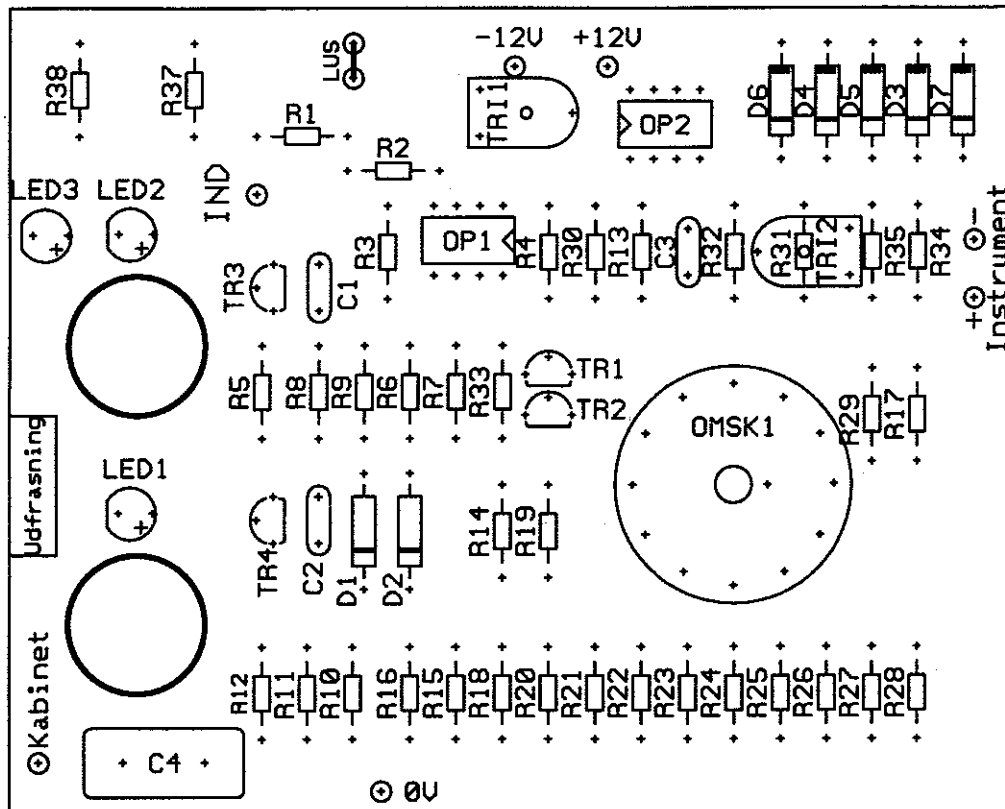
Inden du lodder printene, er det klogt at kontrollere dem for monteringsfejl. Strømforsyningen skal afprøves, inden du monterer den i kassen. Det simpleste er at tilslutte 12 VAC og forbinde to modstande på 220 ohm mellem +12 V og 0 V og -12 V og 0 V og måle spændingerne på henholdsvis + og - 12 V DC med 0 V som reference.

For at undgå HF-indstråling og kapacitivt overført støj, er instrumentet bygget i en metalkasse. Grundprintet monteres i kabinettet med omskifteren som eneste opspænding.

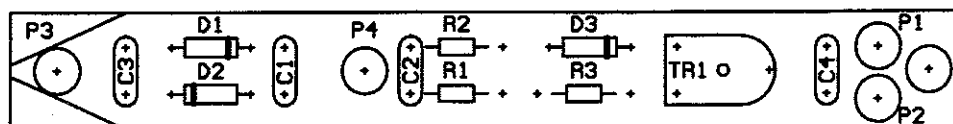
Komponentplacering



Strømforsyning



Grundprint



Probe

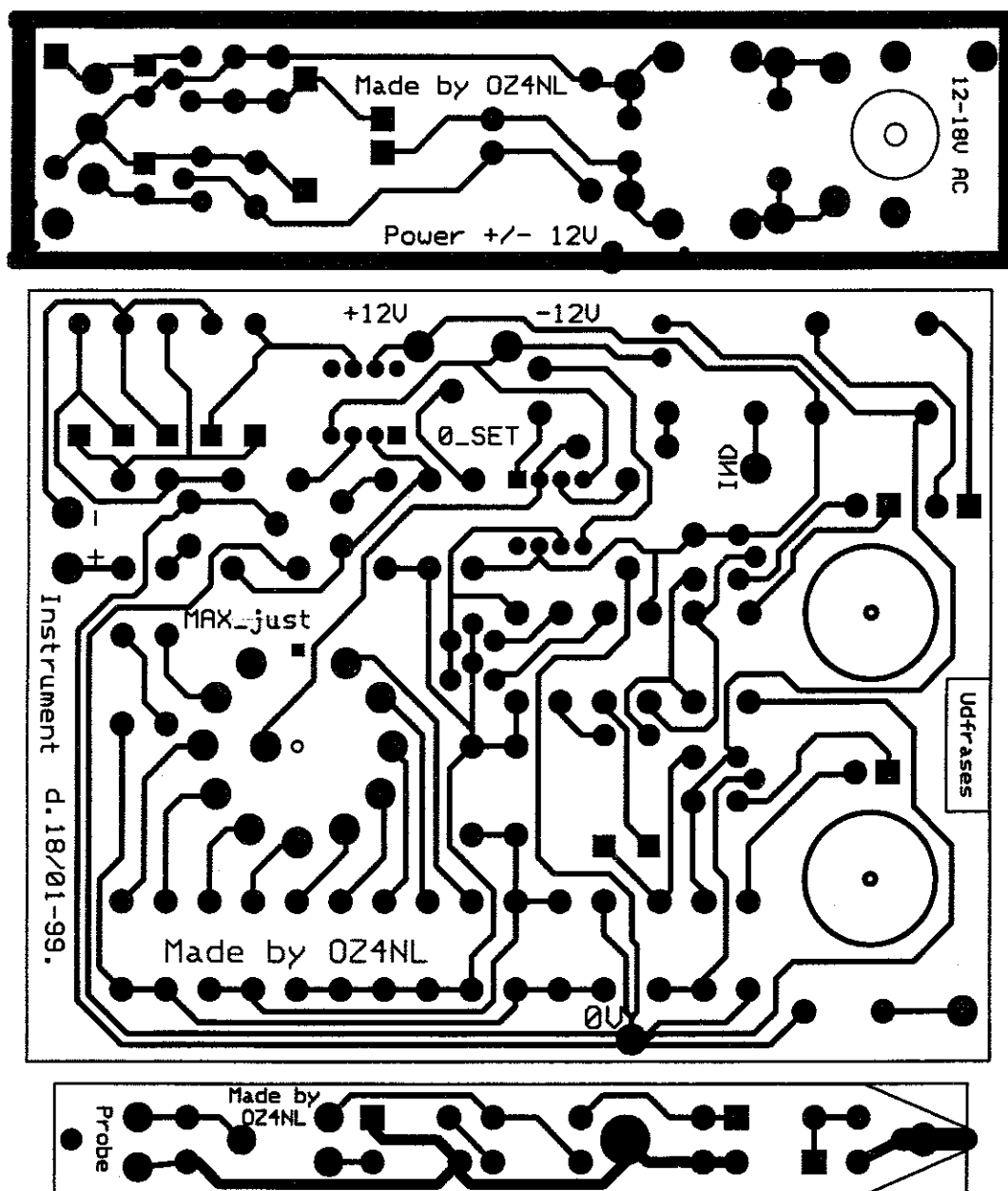
Lysdioderne monteres, så de netop når gennem forpladen, og den grønne lysdiode bukkes så den passer i forpladens hul. Vent med ilodningen, til printet er monteret i kassen.

Strømforsyningen, er monteret på kassens bagplade, hvor den kan tilsluttes 12 V AC gennem et 12 mm hul. Den elektriske monterings ses på forbindelsesdiagrammet.

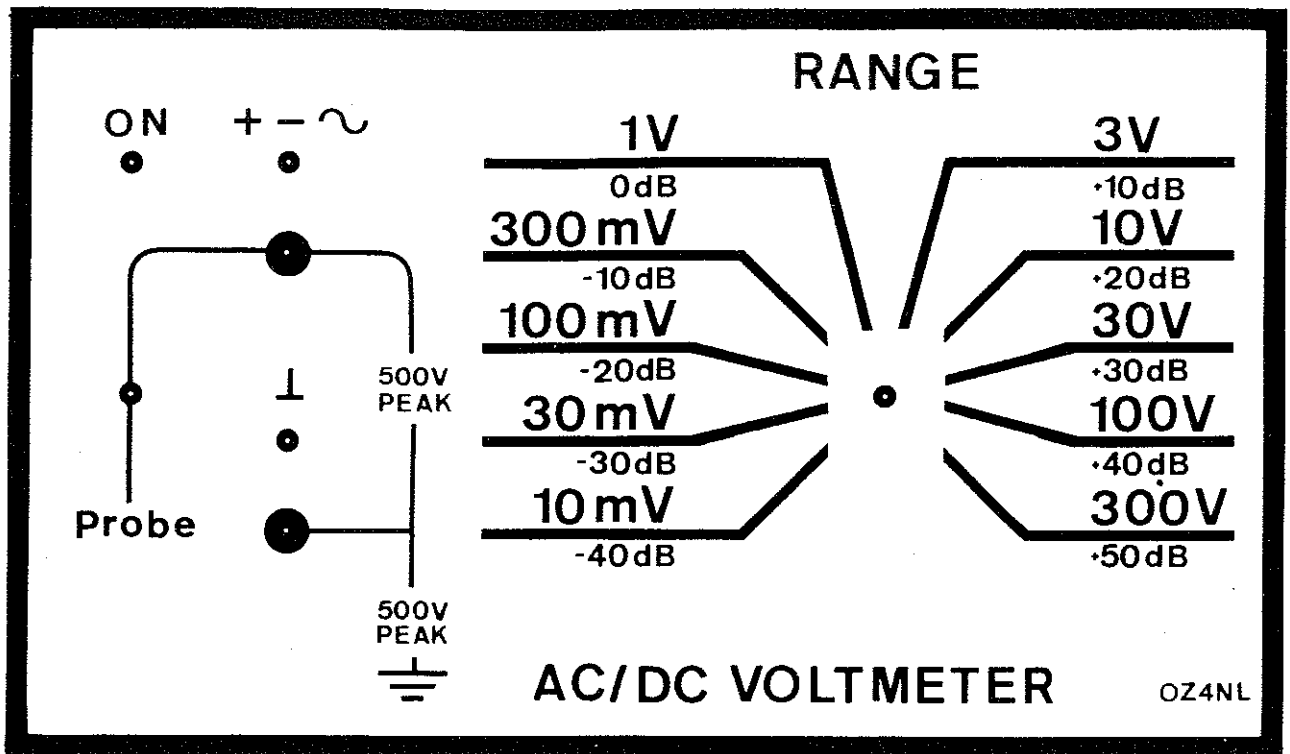
Forpladen er afbildet i størrelsen 1:1 og kan fremstilles fotografisk efter denne, eller man kan anvende en fotokopi belagt med en beskyttelsesplastik. Det er nok ikke nemt at finde et instrument, der har skalaen som vist, men også her kan man anvende en fotokopi eller bedre en copyproof, der kan limes på den bestående skala med en limstift eller kontaklim. Skalaen skal kopieres til en størrelse, der passer til instrumentet, det vil sige, at instrumentets viser skal

nå fra krydset, der er viserens omdrejningspunkt, og til enden af 0-stregen ved den øverste skala. Skalaen, der er vist, passer til Kyoritsu KM118 instrument. Det kræver en del nøjagtighed at lime skalaen på, således at viseren har samme afstand til skalaen, når den drejer hen over denne; men det er af betydning for instrumentets målenøjagtighed.

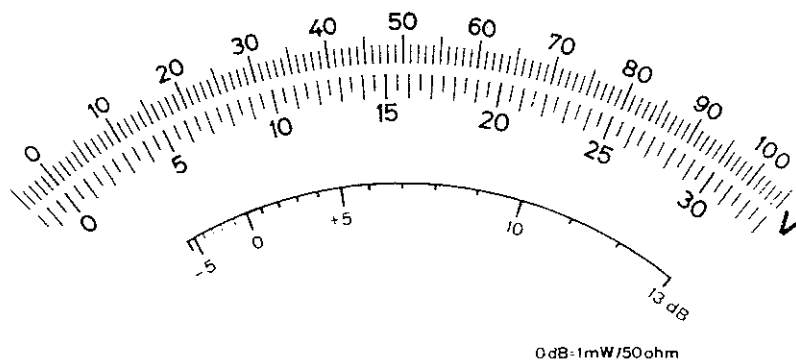
En pæn overfladebehandling af kabinettet er maling; men inden malingen skal det grundbehandles. Alle huller og skarpe kanter afgrates med en fil, hvorefter kabinettets sider og endeflader ætzes i en blanding af vand og kaustisk soda, NaOH. 3 liter vand og 1 deciliter kaustisk soda er passende. Pas på, det koger kraftigt, ætser og lugter stærkt, så det tilrådes, at det foregår udenfor. Når kabinettet er afrenset, skal det vaskes grundigt og tørres, inden det males med en primer, der fås på spraydåse. Når primeren



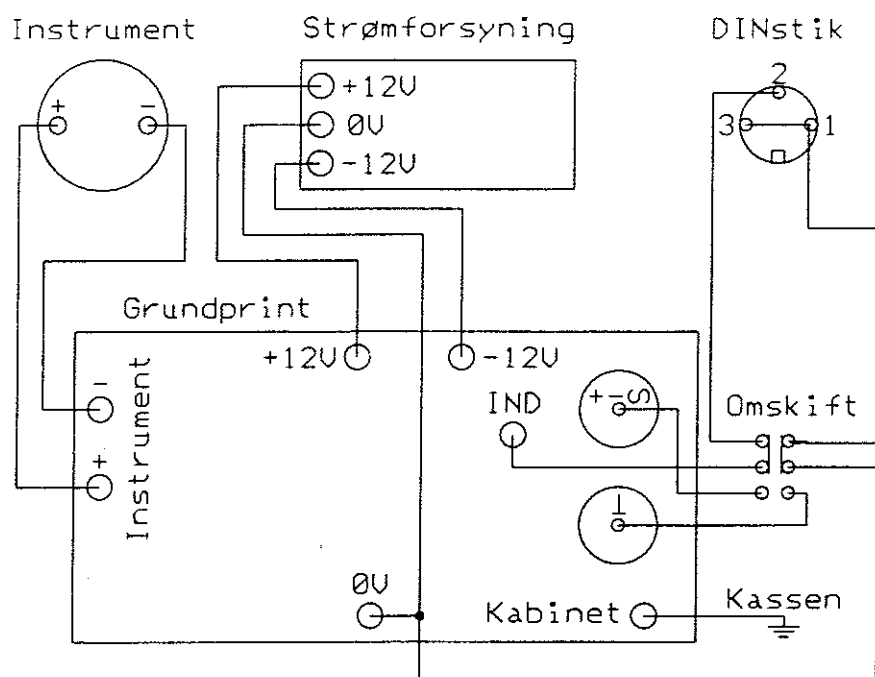
Printlayout 1:1 set fra kobber siden.



Forplade til kassen 1:1



Skala til instrument 1:1



Forbindelsesdiagram

er tør, kan malingen rulles på med en lille malerrulle eller males med spraydåse. Hvis man er utålmodig, kan det tørres i en ovn ved ca. 125° C.

Afprøvning

Når instrumentet er færdigmonteret, skal det afprøves. Til dette skal der være mulighed for at måle på DC spænding fra 10 mV til 300 V og AC sinusspændinger fra 100 mV til 300 V samt kontrolmåle med et voltmeter i samme områder og en klasse bedre end instrumentet, dvs. KI 0,5, helst bedre.

Man kan godt afprøve printene ved at forbinde dem som vist på forbindelsesdiagrammet og lade det ligge på bordet; men så kan instrumentet ikke nulstilles, da det samler for meget støj op.

Når instrumentet er samlet i kassen, kan den endelige afprøvning foregå.

Afmonter bagpladen for at kunne justere på trimmerne. Justér først instrumentets viserudslag til 0 V med skruen, der er beregnet til mekanisk nulstilling på fronten af instrumentet. Derefter skal skruen drejes ganske lidt den modsatte vej for at løsne mekanismen fra skruen, men ikke så meget, at viseren går ud af justering. Der må naturligvis ikke være tændt for instrumentet ved denne justering.

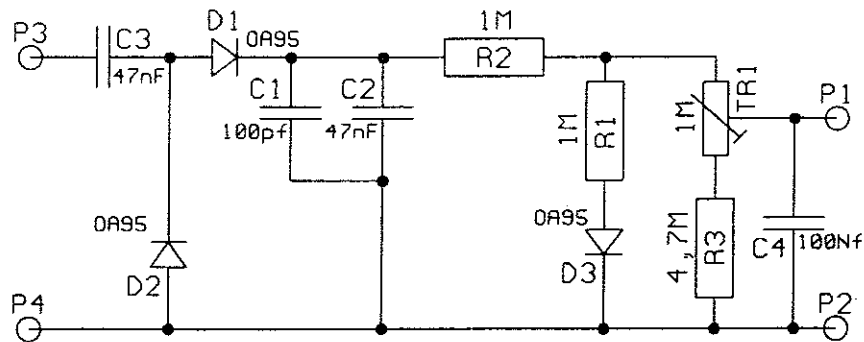
Når instrumentet er mekanisk nulstillet, skal indgangsforstærkeren balanceres. Tilslut 12 V AC til strømforsyningen, vælg målebøsningerne på forpladen med omskifteren og kortslut dem med en kort ledning. Vælg derefter 1 volt området og med trimmeren mærket 0_SET på printet, justeres instrumentet, så det viser 0 volt, samtidig med at de to røde lys-

dioder slukker. Derefter udføres det samme i 10 mV området. Det kan være vanskeligt på grund af kapacitivt koblet støj, når bagsiden er afmonteret, men ved at anvende en lang trimmenøgle af plastik, kan det lade sig gøre.

Derefter tilsluttes 1,0 V DC, målt med kontrolinstrumentet; plusledningen til den øverste bøsning og minusledningen til den nederste bøsning, instrumentet stilles i 1 volt området, lysdioden ved plusledningen skal nu lyse, og instrumentet skal vise ca. 1 V. Med trimmeren, der er mærket MAX_just, justeres derefter til 1,00 V. Herefter vendes plus og minus på målespændingen, og lysdioden ved den nederste bøsning skal nu lyse, instrumentet skal stadig vise 1,00 V. Hvis dette ikke er tilfældet, er balancen ikke justeret rigtigt og må gøres om.

Når det er OK, skal skalaens linearitet kontrolleres: Tilslut kontrolinstrumentet parallelt med instrumentet og justér målespændingen til 0,90 V. Passer det med skalaen, sænkes spændingen med 0,10 V, og skala-visningen kontrolleres igen. Det udføres over hele skalaen ned til 0 V. Hvis skalaen ikke passer, kan det skyldes, at den ikke er pålimet korrekt.

Herefter skal der laves en kontrolmåling af samtlige områder, først med DC og bagefter med AC spænding. Dette udføres bedst ved at kontrolinstrumentet tilsluttes parallelt over instrumentet og målespændingen justeres til max. udslag på instrumentet. Kontrolinstrumentet aflæses og værdien noteres i en tabel. Efter denne tabel kan instrumentets skalaværdier kontrolleres og eventuelt efterjusteres det, så man opnår den bedste nøjagtighed.



Proben

Proben

Når printet er monteret, skal det forbindes med en skærmet ledning på ca. 1,5 m. Skærmen til P2 og lederen til P1, se komponentplaceringen. I den anden ende monteres et 3-polet DIN stik med skærmen til ben 1 og 3 og lederen til ben 2, beregnet for tilslutning af instrumentet. I den anden ende af printet i P3 loddes en 1 mm tyk kobbertråd ca. 10 mm, der anvendes til målespids, lige som der i P4 loddes

et spyd beregnet til referenceledningen, der skal være så kort som mulig - max. 10 cm. Ledningen monteres med et lille krokodillenæb i den ene ende og en klæmsko, der passer til loddespyddet i den anden ende. Printet kan monteres i et ca. 12 cm langt 5/8" elektrikerør, hvor der bores et 3 mm hul, så referenceledningen kan tilsluttes loddespyddet på printet. Ved at klemme røret på siderne i en skruestik er det nemt at skubbe printet ind i røret. Den

Komponentlister

Grundprint

R2 R17	4,64 M
R30 R21 R31	100 K
R32	47,5 K
R4 R6 R7	10 K
R20	31,6 K
R8 R9 R11 R10	47 K
R5 R12 R37 R38	1 K
R1 R29	5,36 M
R3	1 M
R13 R27 R25 R23	1 M
R16	100 e
R15	909 e
R14	9,09 K
R19	909 K
R18	90,9 K
R28 R26 R24	3,16 M
R22	316 K
R35	8,25 K
R34	1 K
R33	392 K
LED1 LED2	RØD
LED3	GRØN
C1 C2 C3	470 nF
C4	1 nF/5 KV
OP2	LM741CN
TRI1	22 K
TRI2	5 K
TR2 TR4	BC550C

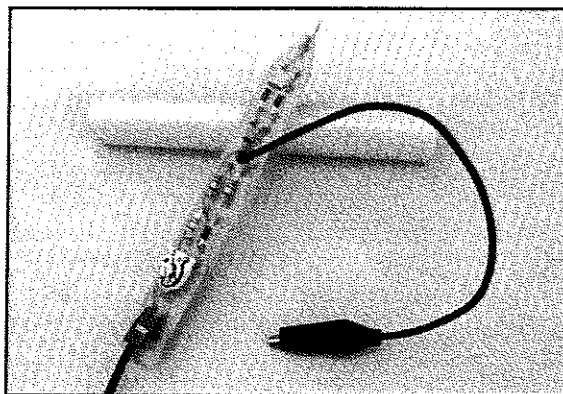
TR3 TR1	BC560C
D1 D2 D5 D4 D6 D3 D7	1N4148
OP1	LF357N
OMSKIFTER	1*12 STILLINGER
LODDESPYD	6 stk.
Modstande 1 % metalfilm, evt. 5 %	

Probe

R3	4,7 M
R1 R2	1 M
D2 D3 D1	OA95
C2 C3	47 nF
C1	100 pF
C4	100 nF
R1	1 M

Strømforsyning

5 SPYD	
C9 C10	330 nF
C6	68 nF
C11	100 nF
C5	22 nF
D9 D8 D10	1N4007
C8 C7	220 uF/35 V
C13 C12	10 uF/16V
DR1	Se tekst
REG1	79L12ACP
REG2	78L12ACP



Proben

spidse del af printet skal være uden for røret.

Før du monterer proben i røret, skal den justeres, det gøres nemmest ved at tilslutte 0 dBm i frekvensområdet mellem 1 MHz og 100 MHz og justere TR1 på proben til 0 dBm på instrumentet i området -10 dBm. Jeg har målt følgende data for proben med de måleinstrumenter, jeg har til rådighed:

Indgang: 1 Mohm parallel med ca. 10 pF

Måleområde: fra -10 dBm til +40 dBm, +/- 3dB, fra 1 MHz til 100 MHz.

Proben er spids-til-spids-målende, men effektivværdikalibreret; den vil være anvendelig til måling over et større frekvensområde, hvor dataene ikke holdes under -10 dBm, men alligevel giver udslag.

Afsluttende bemærkninger

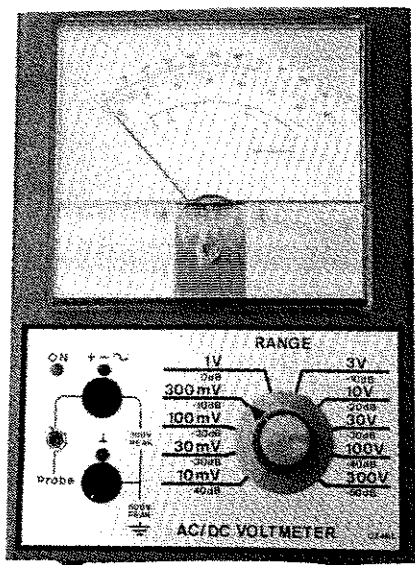
Den eksterne strømforsyning skal være mellem 12 V AC og 18 V AC, ca. 100 mA og kan købes beregnet til at sætte direkte i stikkontakten og med ledning og stik, der passer i instrumentets strømforsyningsbøsning.

Ved anvendelse af instrumentet skal man være opmærksom på, at der fra referencebøsningen og til stel er ca. 5 nF kapacitet til kabinettet, hvorimod den anden bøsning har få pF til kabinet og er højohmet.

Hvis man er omhyggelig med indjustering af instrumentet, kan der opnås en klasse bedre en angivet altså for DC Kl.0,5 og for AC Kl.1.

OZ

Har du lyst til at bygge OZ4NL's FET voltmeter?



Så har vi stumperne:

(Forventet levering fra medio september)

Modul 1:

Print (grundprint, strømforsyning og probe) + alle komponenter .. kr. 240,-

Modul 2:

Indbygningskasse (rå aluminium) med huller samt frontplade, knapper, bøsninger og vippeomsk. kr. 300,-

Modul 3: (så længe lager haves)

Instrument med skala til påklæbning kr. 160,-

(Bemærk at instrumentet er af andet udseende/følsomhed end det i konstruktionen anførte.

(12V AC adapter medfølger ikke)



RADIOAMATØRERNES

FÖRLAG

AFPS

Klokkestøbervej 11 · 5230 Odense M · Giro nr. 3 11 92 11 · Tlf. 66 15 65 11 · Fax 66 15 65 98