

Hvidovre støjmålebro

Af OZ1AXG Flemming Nymann Larsen, Lyneborggade 22, 3.tv., 2300 København S.

Indledning

Denne artikel er en bearbejdet udgave af byggevejledningen for EDR Hvidovre afdelingens støjmålebrobyggeprojekt. Byggeprojektet kom i stand som et afdelingsprojekt i vinteren 1993 på grund af den store interesse for emnet, og den er nu bygget i ca. 15 eksemplarer.

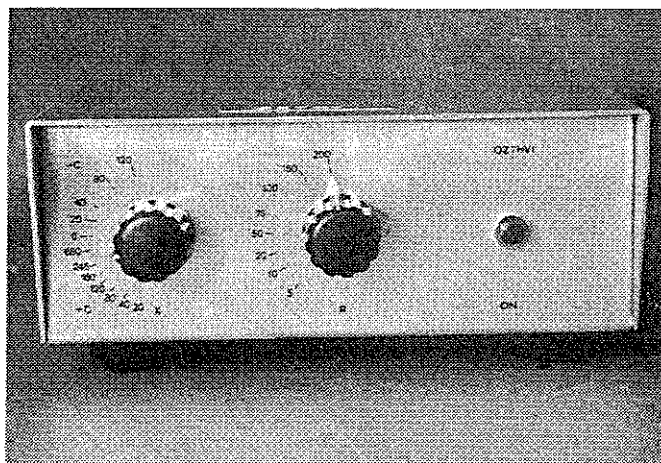
Støjmålebroen kan anvendes til at måle kompleks impedans på antenner eller andre elektriske komponenter i frekvensområdet 1-30 MHz, og er for den eksperimenterende radioamatør et uundværligt måleinstrument.

Konstruktionen er forholdsvis enkel, og netop på grund af den enkle opbygning skal man være omhyggelig i kalibreringen af støjmålebroen. Denne artikel videregiver de erfaringer i konstruktionen og kalibrering af støjmålebroen, som vi har opnået i EDRs Hvidovre afdeling. Specielt skal nævnes konstruktionens forskellige spredningskapaciteter, som kan forårsage, at målebroen viser sig at være svær at kalibrere, og som kan drille selv den mest erfarne konstruktør.

Konstruktionen har oprindeligt været bragt i forskellige håndbøger med konstruktionsbeskrivelse m.m. Der henvises til Ref. 1 for yderligere information, hvor bl. a. printudlæg er medtaget.

Måleprincip

Målebroen er bygget efter samme princip som en Wheatstone bro som vist i Figur 1. Kredsløbet består af en spændingsgiver samt en modstandsbro. Med et voltmeter måles spændingen mellem punkt A og punkt B, og R_k justeres, indtil voltmeteret viser 0. Når



dette sker, siges broen at være i balance, og den ukendte modstand R_x vil antage samme værdi som R_k .

Det samme princip benyttes i støjmålebroen. Her er spændingsgiveren blot udskiftet med en bredbåndet signalgenerator (3-30MHz) og voltmeteret med en HF modtager.

Opstillingen er vist i Figur 2. Ved at justere målebroen til minimum støj i HF-modtageren siges broen at være i balance, og den ukendte impedans Z_u vil antage den samme værdi som Z_k . Den komplekse impedans Z_u , som støjmålebroen er i stand til at måle, består af en resistiv del R samt en reaktiv del X , og kan beskrives ved formlen:

$$Z_u = R + jX$$

Kapacitiv reaktans kan beregnes efter formlen:

$$X_c = 1/(2\pi fC) \quad (C \text{ i Farad})$$

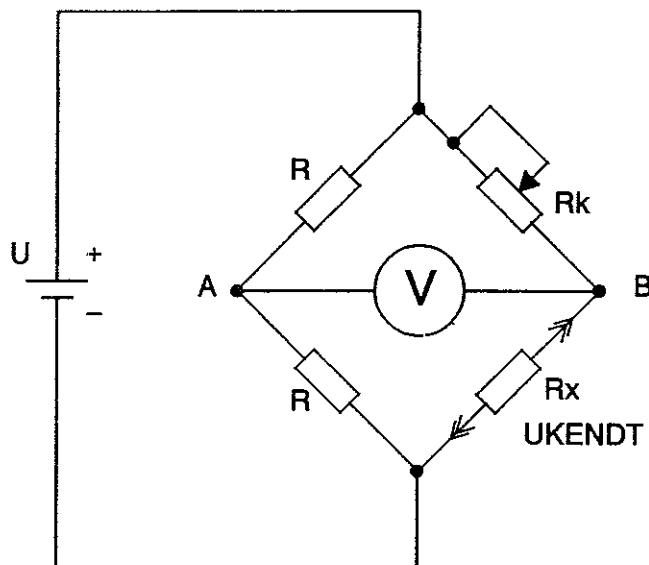


Fig. 1. Wheatstone bro.

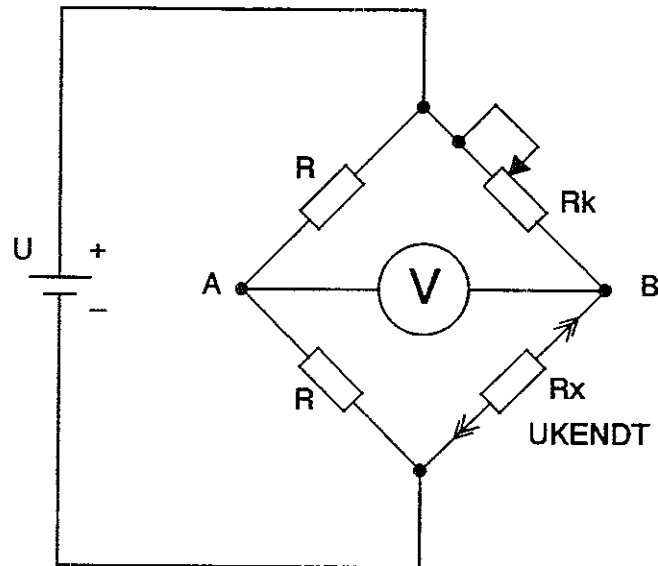


Fig. 2. Støjmålebro princip.

Induktiv reaktans kan beregnes efter formlen:

$$X_L = 2\pi fL \text{ (L i henry)}$$

Som vist i figur 3, kan en antenne opfattes som et serieresonans kredsløb bestående af R, X_L og X_C .

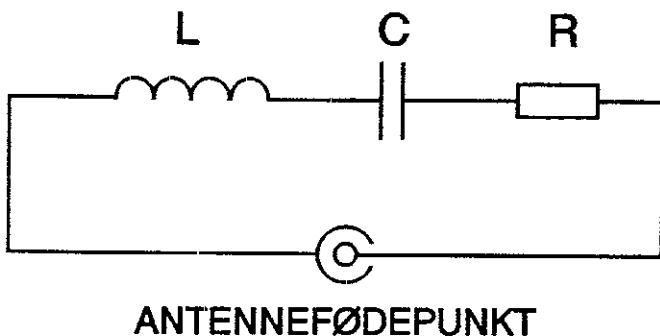


Fig. 3. Ækvivalensdiagram for en antenne.

Når antennen er i resonans, vil reaktansen af X_C antage samme værdi som X_L , d.v.s. $X_C = X_L$. Er antennen for kort til den valgte frekvens, siges antennen at være kapacitiv, dvs. værdien af X_C vil være større end værdien af X_L , d.v.s. $X_C > X_L$. Omvendt siges antennen at være induktiv, når $X_L > X_C$. Sammenfattet fås:

Udtryk	Impedans Z	Antennen er	Resulterende Reaktiv impedans vil være
$X_C = X_L$	R	I resonans	0
$X_C > X_L$	$R - j(X_C - X_L)$	For kort	Kapacitiv
$X_C < X_L$	$R + j(X_L - X_C)$	For lang	Induktiv

Støjmålebroen er i stand til at måle, om en antenne er kapacitiv eller om den er induktiv for en given frekvens, og den reaktive komponent kan direkte aflæses af X skalaen på støjmålebroen. Ligeledes kan den resistive komponent aflæses af R skalaen på målebroen.

Hvorvidt man faktisk ønsker at benytte de målte værdier til komplicerede beregninger eller ej, kan støjmålebroen i den simpleste anvendelse benyttes til at bringe en antenne i resonans, samt til at måle dens impedans på arbejdsfrekvensen. For de mere avancerede anvendelser kan man benytte måleværdier fundet med støjmålebroen til at beregne størrelse af forlængerspoler, top-hat kapaciter m.m. Endvidere er det ved forskellige kombinerede målinger muligt at bestemme parametre for kabler, samt at udkompensere antennemålinger for kablets indflydelse.

Blokdiagram

Støjmålebroen, figur 4, består af en bredbåndet støjgenerator, en simpel forstærker (AMP), samt en bredbåndstransformer (T1).

Kredsløbsdiagram

U1 udgør en 1000 Hz generator. Dette signal fødes til en zenerdiode, som giver et bredbåndet støjsignal. Dette signal forstærkes af Q1 og Q2 for derefter at fødes til bredbåndstransformeren (T1), der kobler signalet til målebroen. Den 'kendte' side af målebroen består af R1 og C1, og den ukendte side af målebroen består af 'ukendt-bøsningen' og C2. C2 har til opgave at sikre, at der både kan måles kapacitive reaktanser og induktive reaktanser.

Konstruktionsvejledning

Det anbefales at opbygge og afprøve støjmålebroen trinvis. Opbyg først oscillatoren (U1) med de til-

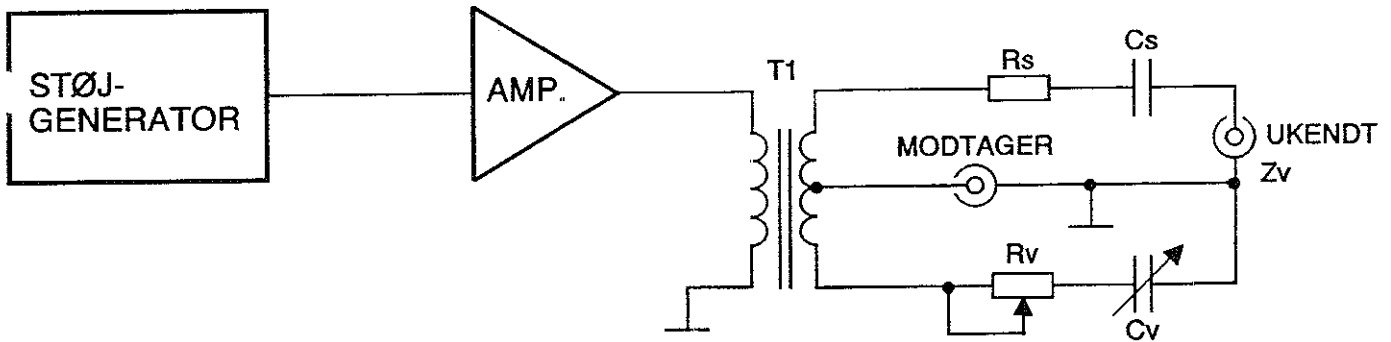


Fig. 4. Blokdiagram støjmålebro.

hørende komponenter. Forstærkertrinet afprøves ved at måle med oscilloscop på Q2 (kolektor), hvor der skal vises et 'bredbåndet' (stærkt forvrænget) signal. Herefter bygges bredbåndsførstærkeren og monteres på printet med så korte tilledninger som muligt. Bredbåndstransformatoren afprøves ligeledes. Mål med oscilloscop på sekundærsiden af transformerens RX bøsning, her skal vises et kraftigt forvrænget signal.

Mekanisk opbygning

Støjmålebrosen kan bygges i en aluminiumskasse med målene 12,7 cm x 6,1 cm x 9,6 cm. Printpladen monteres på bagsiden af kassen, således at tilledningerne fra coaxialstikkene er så korte som muligt.

Der skal udvises stor omhyggelighed, når potentiometeret skal monteres. For at kunne foretage kor-

rekte målinger, skal potentiometeret være godt isoleret fra stel. I det viste eksemplar blev dette opnået ved at montere potentiometeret på et stykke plexiglas, som blev fastgjort til kassen med et vinkelstykke i aluminium. Endvidere blev en plastikstang brugt til gennemføring på forpiaden. Et potentiometer af høj kvalitet er nødvendigt, hvis gode resultater skal opnås.

Det at montere kondensatoren er ikke det store problem, da rotoren er stillet. Som med potentiometeret er det også her vigtigt med en kondensator af høj kvalitet. Hvis der absolut skal spares penge, skal det ikke være på disse komponenter.

Der benyttes to hun SO-239 bøsninger på bagsiden af kassen til at forbinde fra støjmålebrosen til detektoren (modtageren) og til det ukendte kredsløb. Der er ingen grund til, at der ikke skulle kunne bru-

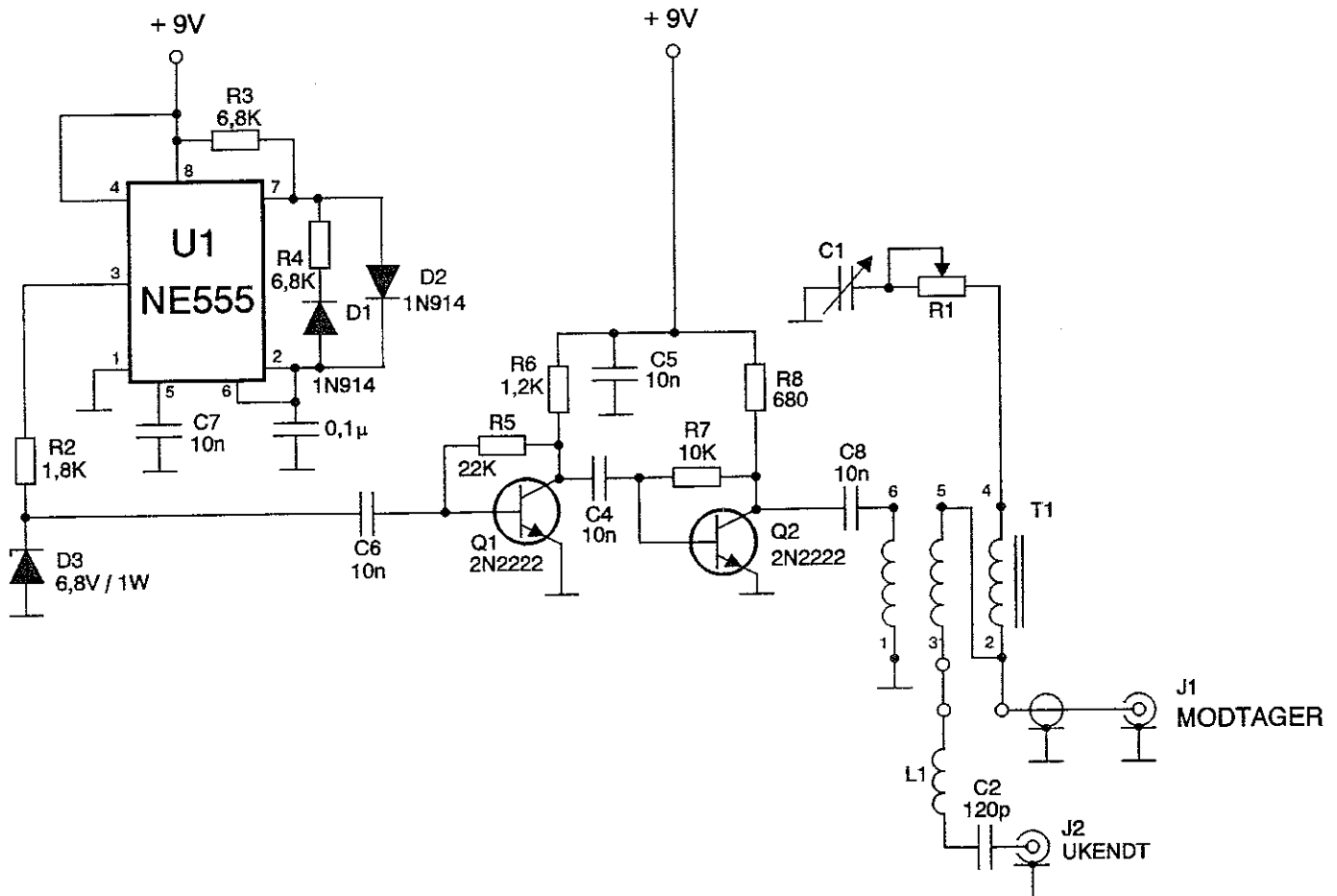


Fig. 5. Kredsløbsdiagram.

ges andre former for stik; dog bør man undgå plastisolerede phono-stik, da disse kan påvirke måleresultater på de højere frekvenser. Et stykke mini-coaxial kabel (RG-174/U) kan bruges mellem RCVR stikket og printet. C2 forbindes med det ene ben på stikket til 'ukendt', og det andet på printet.

Før den egentlige kalibrering af de to skalaer for målebrosen kan begynde, skal der foretages en nulpunktjustering for henholdsvis den resistive skala og den reaktive skala.

Reaktiv nulpunktjustering

På grund af forskellige spædningskapaciteter, primært fra pontentiometret P1, er det nødvendigt at foretage en nulpunktjustering af den reaktive skala. Spædningskapaciteten vil forårsage, at den reaktive skala vil være frekvensafhængig. For at udkompensere denne ekstra kapacitet anbringes der en spole mellem C1 og J2. Spolen består af 3 vindinger/ 6 mm ø med en tråddykkelse på 1 mm. Følgende målesekvens udføres:

- 1) Anbring en kortslutning i 'Ukendt' bøsningen J2.
- 2) Indstil modtager på 28.500 MHz og nulstil støjmålebrosen.
Noter dette punkt på skalaen. (f.eks. med en blyant, så det kan fjernes igen).
- 3) Indstil modtager på 3.0 MHz og nulstil støjmålebrosen.
Noter dette punkt på skalaen. (f.eks. med en blyant, så det kan fjernes igen).
- 4) Hvis L1 udkompenserer spædningskapaciteten tilstrækkeligt godt, vil der ikke være forskel på målepunktet noteret i punkt 2 og punkt 3.
Hvis der er stor afstand mellem disse punkter, kan der forsøges med en større eller mindre spole, indtil de to målepunkter er sammenfaldende

Resistiv nulpunktjustering

På grund af forskellige spædningskapaciteter og -induktanser, primært fra pontentiometret P1, er det nødvendigt at foretage en nulpunktjustering af den resistive skala. Spædningskapaciteten/induktansen vil forårsage, at den resistive skala vil være frekvensafhængig.

- 1) Anbring en 180 Ohm modstand i 'Ukendt' bøsningen J2.
- 2) Indstil modtager på 3.0 MHz og nulstil støjmålebrosen.
Med et ohmmeter måles modstandsværdien af R1. Noter denne værdi som R_v (Skal bruges i formelen senere)
- 3) Hvis R_v er større end de 180 Ohm, så er spædningskapaciteten større på potentiometersiden af broen end på 'ukendt' siden af broen.
For at udkompensere denne, skal der anbringes en kapacitet fra C2 til jord.

Størrelsen beregnes ud fra følgende formel (hvor $R_L = 180 \text{ Ohm}$):

$$C_P = C_1 \left(\sqrt{\frac{R_v}{R_L}} - 1 \right)$$

Når nulpunktjusteringen er udført, kan målebrosens skala herefter kalibreres. Dette foretages af tre omgange for at fastlægge den resistive skala, den induktive samt den kapacitive del af reaktansen.

Resistiv skala kalibrering

Der anvendes et sæt af precisionsmodstande til at kalibrere den resistive skala. Kalibreringen foretages ved at anbringe de forskellige modstandsværdier i 'ukendt' bøsningen. Herefter nulstilles målebrosen, og den fundne position markes på forpladen. Denne procedure fortsættes, indtil hele den resistive skala er kalibreret. Forslag til modstandsværdier: 10, 20, 25, 50, 75, 100, 150 og 200 ohm.

Reaktiv '-C' skala kalibrering

-C skalaen udgør den induktive reaktans-skala for støjmålebrosen. Der anvendes et sæt kapaciteter, der anbringes i parallel med C2. Kalibreringen foretages med en 50 ohm modstand i 'ukendt' bøsningen og ved at anbringe de forskellige kapacitetsværdier parallelt med C2 (loddet forsigtigt over). Herefter nulstilles målebrosen, og den fundne position markes på forpladen. Denne procedure fortsættes, indtil hele den induktive skala er kalibreret. Forslag til værdier: 20 pF, 40 pF, 80 pF, 100 pF og 120 pF.

Reaktiv '+C' skala kalibrering

+C skalaen udgør den kapacitive reaktans-skala for støjmålebrosen. Der anvendes et sæt kapaciteter, der anbringes i serie med C2. Kalibreringen foretages med en 50 ohm modstand i 'ukendt' bøsningen og ved at anbringe de forskellige kapacitetsværdier i serie med C2 (C2 loddet forsigtigt fra ved L1).

Herefter nulstilles målebrosen, og den fundne position markes på forpladen. Denne procedure fortsættes, indtil hele den kapacitive skala er kalibreret. Forslag til værdier: 40 pF, 80 pF, 120 pF, 330 pF, 520 pF, 680 pF og 820 pF.

Måling af impedansen af en antenne.

- 1) Tilslut støjmålebrosen så tæt på antennes fødepunkt som muligt.
- 2) Tilslut en HF station til målebrosen, og indstil modtagerfrekvensen på den frekvens, som der ønskes at måle på; der burde være et ca. 9 S-graders signal på modtageren.
- 3) Indstil nu støjmålebrosen således at der er minimum af støj i modtageren.
En korrekt indstilling vil som regel resultere i et S-meter udslag på nul.

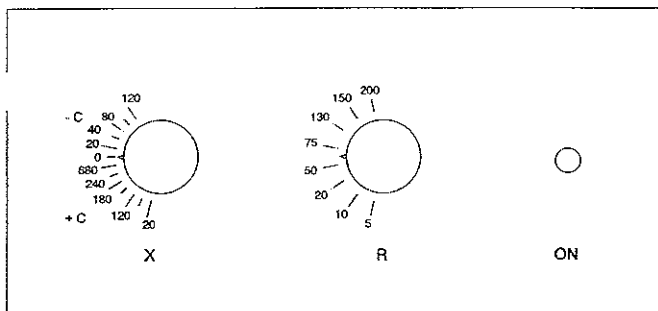


Fig. 6. Frontpanel for støjmålebro.

- 4) Støjmålebroen vil nu vise, om antennen er for kort eller for lang på X-Skalen samt den ohmske modstand på R-Skalaen.

Måling af den elektriske længde af et coaxial-kabel

Denne målemetode finder den elektriske længde af kablet i 'grader' for en given frekvens.

- 1) Indstil modtageren på den ønskede frekvens
- 2) Anbring en kortslutning i 'ukendt' bøsningen og nulstil broen. Herefter må indstillingen af den reaktive skala ikke ændres.
- 3) Fjern kortslutningen fra 'ukendt' Bøsningen.
- 4) Anbring den ene ende af coaxialkablet til 'ukendt' terminalen og placer kortslutningen til den anden ende af kablet, der skal måles.
- 5) Indstil modtageren i kombination med den Resistive drejeknap, indtil broen er nulstillet (den resistive skala bør vise et forholdsvis lille tal, ca. 20 ohm, måske mindre). Noter den nye frekvens: f_n
- 6) Drej modtageren OP i frekvens, indtil det næste nulpunkt er fundet. Indstil den resistive skala, hvis det er nødvendigt. Noter frekvensen for dette nulpunkt: f_{n+2}

Den elektriske længde beregnes ud fra følgende formel:

$$n = \frac{2f_n}{f_{n+2} - f_n}$$

$$f_L = \frac{4f_n}{n}$$

Stykliste

Symbol	Komponent	Bemærkning
C1	250 pF, dreko	med 6 mm akse
C2	120 pF 1%	evt. 2% eller 5%
C4-C8	10 nF	5 stks
C3	100 nF	
D1-D2	1N914 Diode	
D3	6V8 Zenerdiode	6V8, 1/2W
R1	220 Ohm Lineær	med plastaksel
2	1.8K	
R3	6.8K	

R4	6.8K	
R5	22K	
R6	1.2K	
R7	10K	
R8	680	
Q1, Q2	2N2222	
T1	FT-37-43 Amidon	8 trifilar vinkl.
RG174	5 cm RG174	"Tyndt kabel"
TR D	3 stks 10 cm	Til Transformer
	0.4 mm tråd	viklinger
U1	NE555	Timer

Mekaniske komponenter

Symbol	Komponent
S1	Ringetryk
J1-J2	SO-239 Coaxial connector
1 stk	Kasse
1 stk	Plexiglasplade 4 cm x 4 cm
1 stk	6 mm akselisolator
1 stk	6 mm aksel forlænger
2 stk	Print 'søjler' 3 mm (til printmontage)
2 stk	skruer/møtrikker 3 mm (til printmontage)
2 stk	6 mm plastaksel. Længde ca 5 cm

Referencer

- [1] ARRL Antenna handbook, chapter 6 (page 16-34)
- [2] J.Grebenkemper, Improving and using R-X Noise Bridges, QST august 1989, side 27-32,52.

OZ

Fra andre blade

Pep ICOM IC-725-familiens transceivere op

OH2GF afslutter sine redegørelser om forbedringer, der lader sig indføre i disse transceivere med at beskrive, hvorledes AGC-kredsløbet kan gøres endnu bedre og hvorledes intermodulationsforvrængning ved sending kan reduceres samt viser en enkel HF "speech processor".

Afslutningsvis anføres at også andre transceivere med lignende kredsløb lader sig forbedre.

Jukka Vermasvuori, OH2GF, Hot-Rod Your ICOM IC-725-Series Transceiver -Part 2, QST OCT 1995 pp 38-41

OZ8T

Pep ICOM IC-725-familiens transceivere op!

Selv velkonstruerede "radio'er" kan forbedres, især hvis man er villig til at udføre et stykke "engineering". OH2GF beskriver i sin serie en række forbedringer, der kan indføres i ICOM IC-725-familien, hvorved de kommer til at lyde bedre på såvel modtagning som sending.

Men OH2GF's idéer lader sig også overføre på "radio'er af andre mærker.

Jukka Vermasvuori, OH2GF, Hot-Rod Your ICOM IC-725-Series Transceiver - Part 1 QST SEP 1995 pp 42-45.

OZ8T