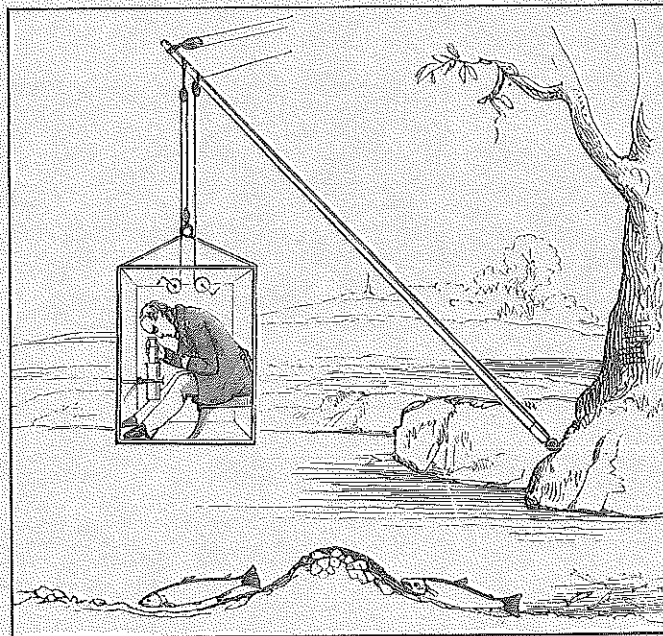


Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET

Drottningholm



LENNART BJÖRK

Utrustning för telemetriundersökningar

UTRUSTNING FÖR TELEMETRIUNDERSÖKNINGAR

Lennart Björk

0.	INLEDNING	2
1.	HYDROFONMOTTAGARE	4
2.	RIKTNINGSKÄNSLIG VRIDBAR HYDROFON	5
	2.1 Hydrofon	5
	2.2 Fjärrkontroll för hydrofon	8
3.	SÄNDARE	12
4.	UNIVERSALAVKODARE	15
	4.1 Frekvens - spänningsom- vandlare	16
	4.2 Tonavkodare	17
	4.3 Räknare	18
	4.4 Tidbasdelen	20
	4.5 Strömförsörjning	20
5.	AUTOMATISK REGISTRERINGS- STATION	22
6.	SUMMARY: EQUIPMENT FOR TELE- METRY INVESTIGATIONS	26

0. INLEDNING

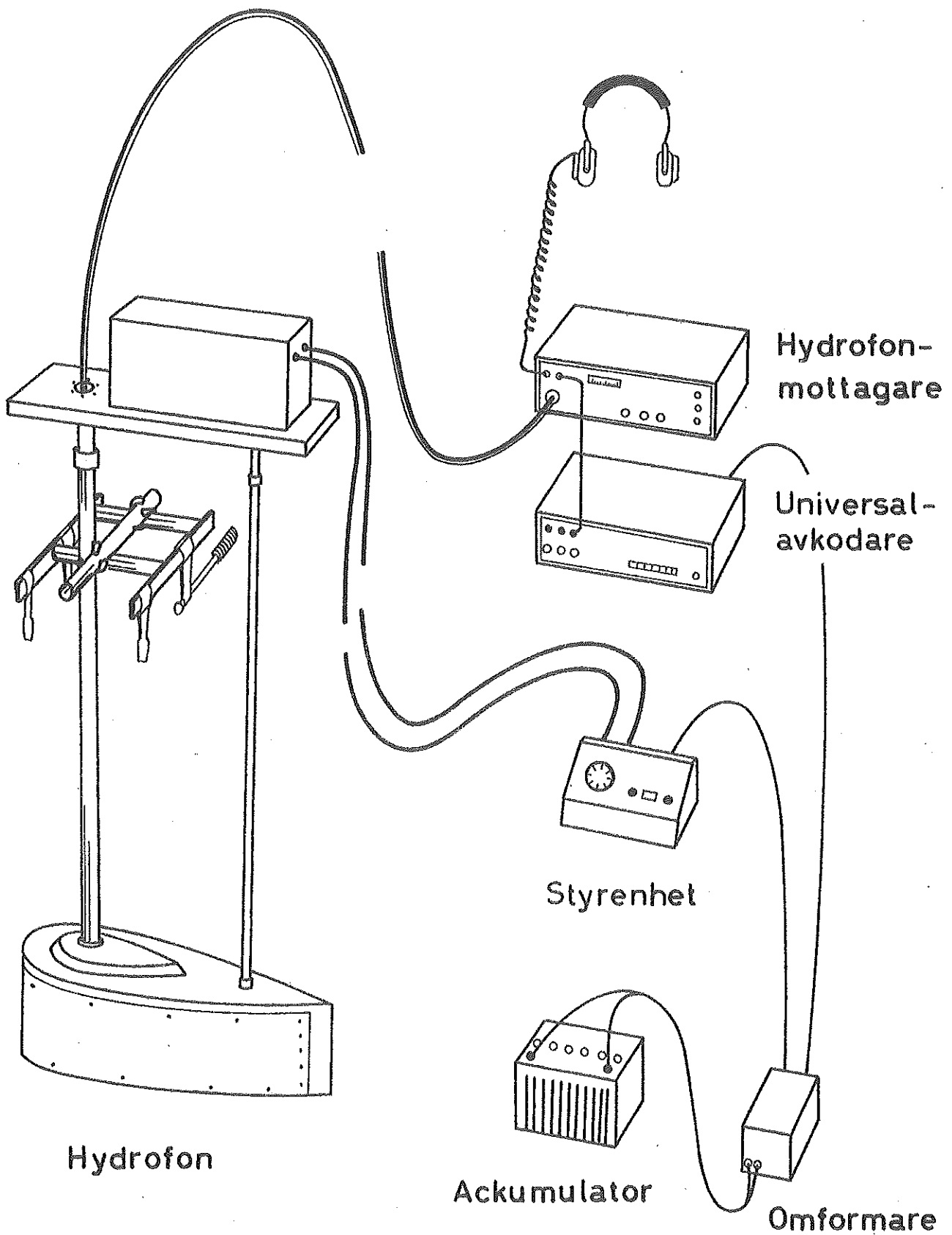
I denna rapport beskrivs de apparater och instrument som byggts under 1976 inom projektet "Telemetriundersökning på fisk", som genomförs med stöd från CDL's nämnd för värmekraftens miljöfrågor.

Apparaterna har tillkommit då en kommersiell motsvarighet ej stått att finna eller då denna ej fyllt uppställda krav.

Målsättningen har varit att få fram en enkelt användbar utrustning för undervattenstelemetri.

Utrustningen omfattar hydrofonmottagare, vridbar hydrofon med fjärrkontrollenhet, ultraljudssändare, universalavkodare och en fast automatisk registreringsstation.

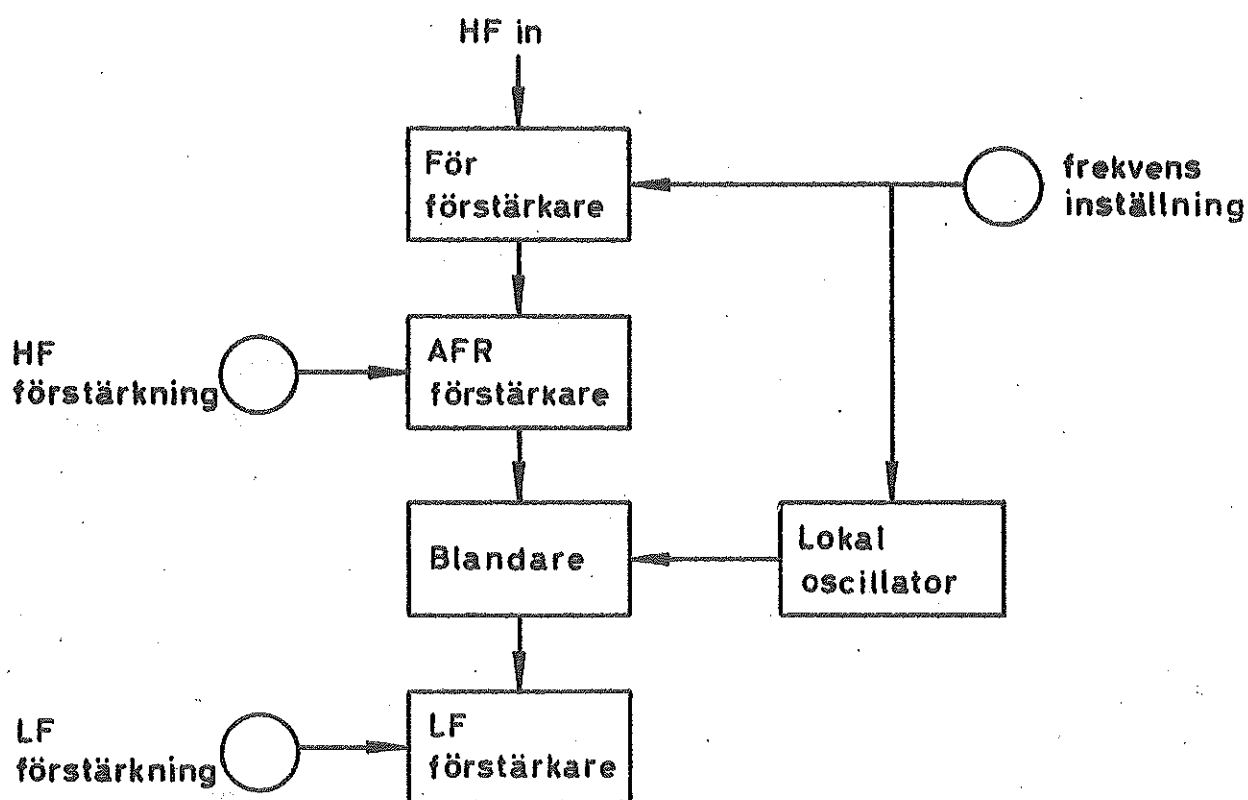
Rapporten är även tänkt att kunna användas som service-manual, varför kabelfärger och kortnumreringar finns angivna där så ansetts nödvändigt.



Figur 0.1. Hydrofonutrustning

1. HYDROFONMOTTAGARE

Hydrofonmottagaren bygger på en koppling beskriven i Holan, Mohus och Berntsen, "Fish Telemetry, Report 5 - Devices and Results 1974", SINTEF Report STF 48 A 74049 till NFFR 1974. Den principiella uppbyggnaden framgår av Figur 1.1.



Figur 1.1. Blockschema hydrofonmottagare

Förstärkningen hos AFR-förstärkaren kan varieras 40 dB, endera manuellt eller automatiskt. För att få en uppfattning om insignalens styrka indikeras AFR-spänningen med ett visarinstrument på panelen.

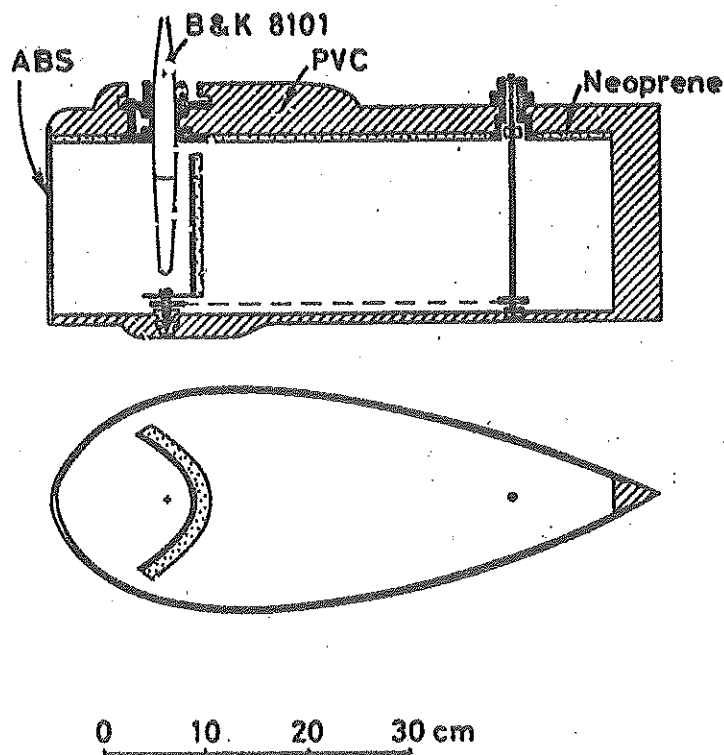
Signalen blandas med en lokal oscillator-signal för att erhålla en hörbar LF-signal. Denna signal förstärks ytterligare i en LF-förstärkare innan den går till högtalarurtaget där en lågohmig hörtelefon skall anslutas. För ytterligare data hänvisas till ovan nämnda rapport.

2. RIKTNINGSKÄNSLIG, VRIDBAR HYDROFON

Läget hos en ultraljudsändare bestäms enklast från en båt genom pejling. För detta krävs en vridbar riktningskänslig hydrofon som bör kunna fjärrmanövreras från båtens manöverplats, där man även skall kunna erhålla information om hydrofonens lyssningsriktning. Ett krav är också att den enkelt skall kunna monteras på olika typer av båtar från roddbåtar till mindre fiskebåtar.

2.1. Hydrofon

Hydrofonen består av en övervattens- och en undervattensdel. I undervattensdelen är själva hydrofonelementet fast monterat i brännpunkten hos en i horisontalplanet vridbar parabolisk reflektor, se Figur 2.1.



Figur 2.1. Undervattensdelen

En tandrem löper mellan reflektorn och en vertikal axel. Denna axel överför vridningen från övervattensdelen där en elektrisk motor är monterad. Här sitter även en riktningsgivare som består av en ändlös potentiometer.

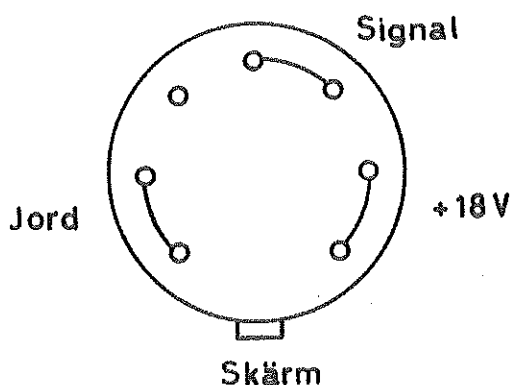
Undervattensdelen är utförd som en strömlinjeformad dome för att minimera brus och bubblor vid lyssning under gång. Materielet i domen är ABS-plast, vilken har låg dämpning för ultraljud. Den paraboliska skärmen är belagd med Neopren-gummi för att erhålla optimal reflektion. Lyssningsvinkeln är cirka $\pm 5^\circ$.

Under- och övervattensdelarna är förbundna med två stycken kromade mässingsrör (placering framgår av Figur 2.3.); i det främre grövre röret löper en skärmad kabel till hydrofonelementet och i det bakre röret löper motoraxeln för parabolens vridning. Hydrofonen fästes i det grova röret med en s k trevinge-koppling till en tvinganordning avsedd att hakas över relingen.

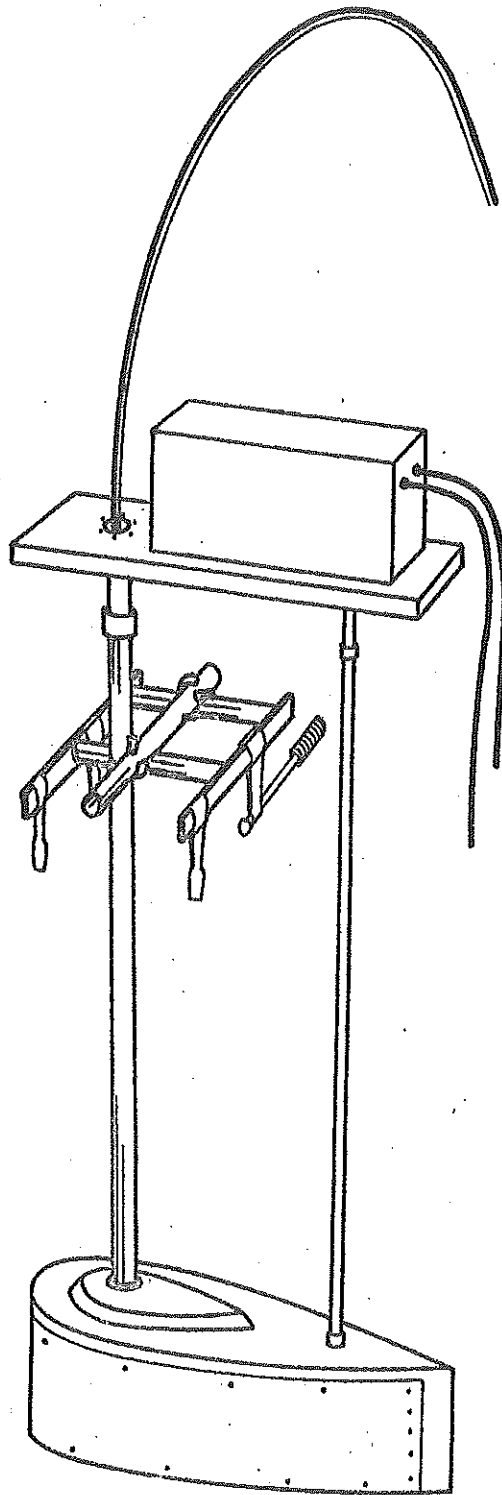
För att öka stabiliteten kan ett distansstöd monteras på röret mot bordläggningen. Det finns även öglor på undervattenskroppen för eventuella staglinor.

Total längd: 1.4 m eller 2.00 m beroende på vilken mellanrörsuppsättning man väljer.

Hydrofonelementet är en BRUEL & KJAER 8101 med inbyggd FETförstärkare. Den är i sig självt helt riktningsokänslig i horisontalplanet. Frekvensområdet är 1 Hz - 125 kHz. Elektrisk inkoppling är utförd enligt Figur 2.2.



Figur 2.2. Koppling hydrofonkontakt (sedd utifrån)

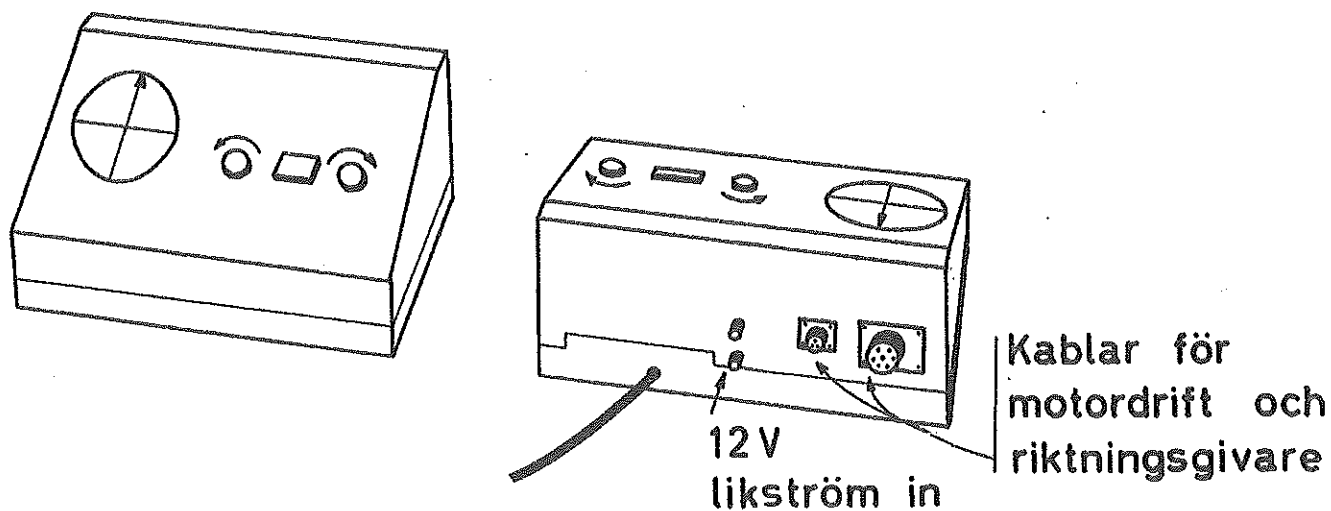


Hydrofon

Figur 2.3. Riktningssänslig hydrofon

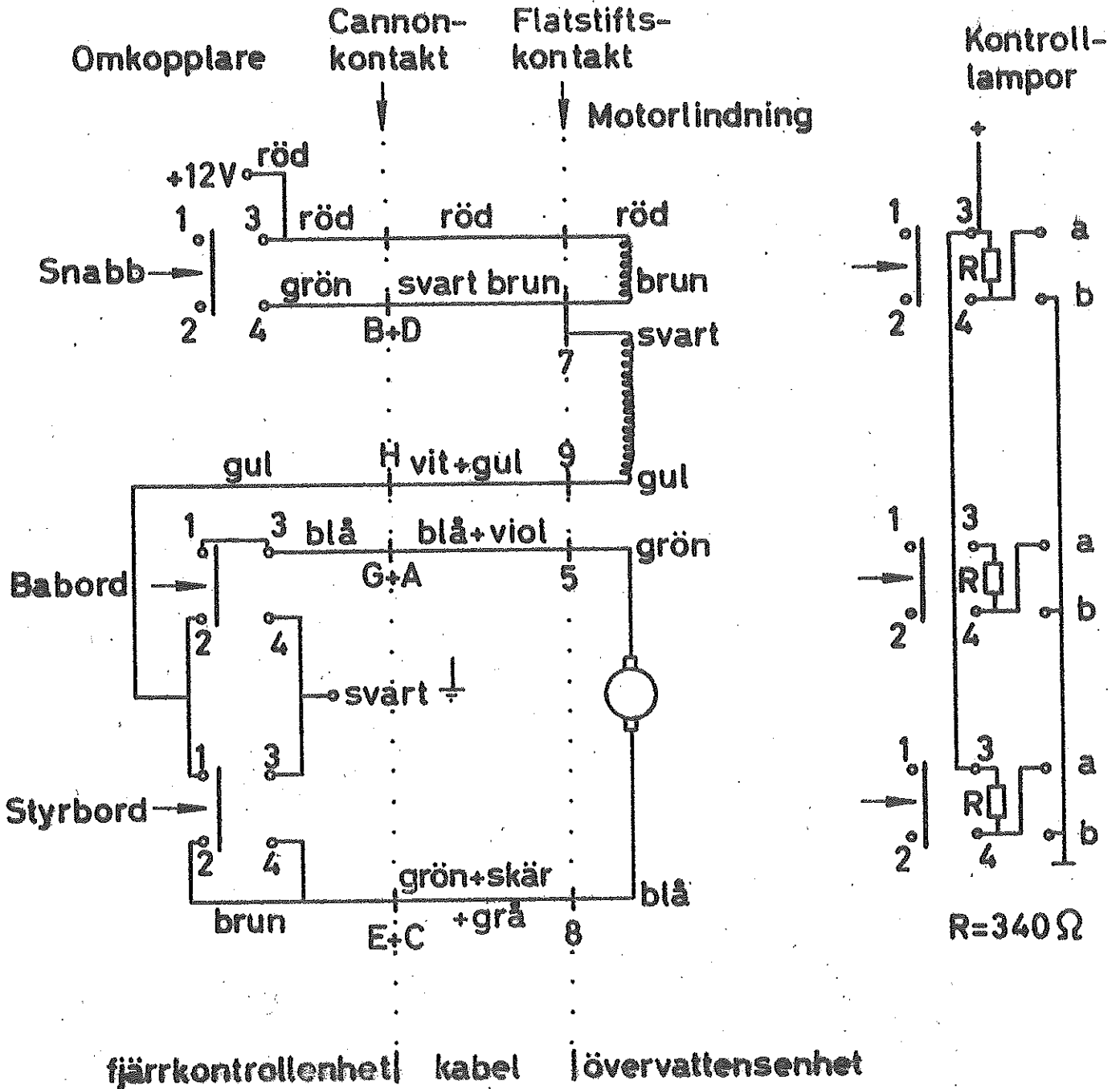
2.2. Fjärrkontroll för hydrofon

Motorn som driver parabolen manövreras med hjälp av en fjärrkontrollenhet, se Figur 2.4.



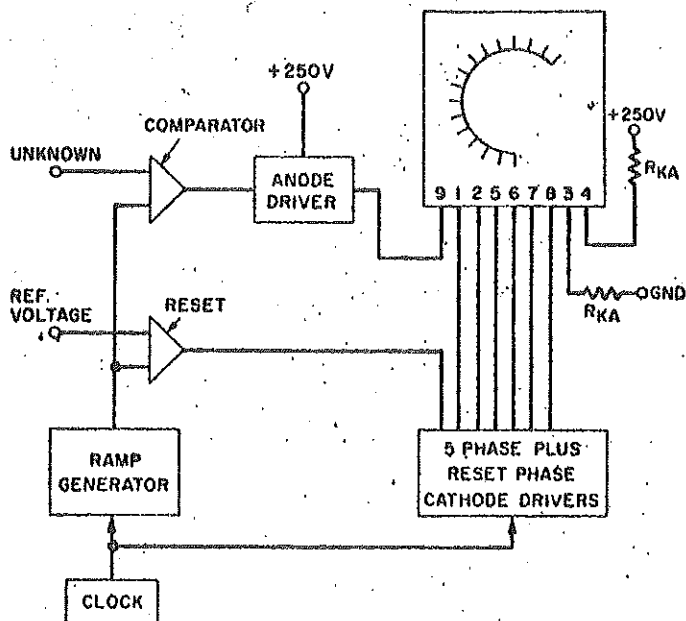
Figur 2.4. Fjärrkontroll för hydrofon

Vid intryckning av knappen längst till vänster (röd) roterar reflektorn moturs med en hastighet av cirka 1 varv/20s, och intryckning av knappen längst till höger (grön) ger rotation medurs med samma hastighet. Vid samtidig intryckning av mittenknappen (orange) och röd eller grön knapp ökar rotationshastigheten till cirka 1 varv/3s. De elektriska kopplingarna i fjärrkontrollenheten och övervattensdelen framgår av Figur 2.5, 2.6, 2.7 och 2.8.



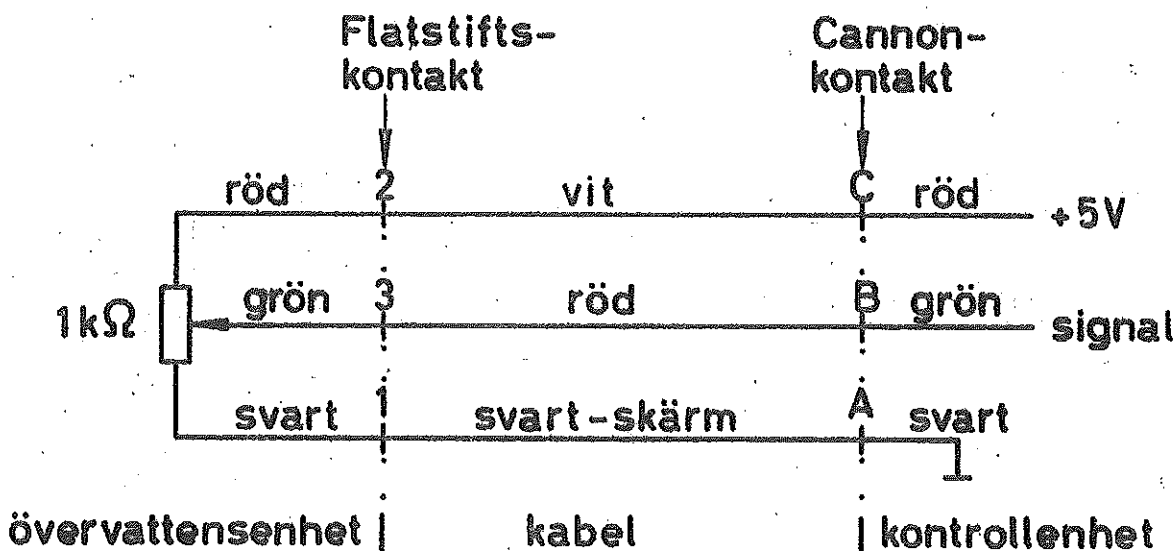
Figur 2.5. Kopplingsschema fjärrkontrollenhet

För att få en snabb och exakt uppfattning av i vilken riktning lyssningsvinkeln befinner sig och hur den rör sig användes en cirkulär BURROUGHS skala dvs ett segmenterat gasurladdnings-display med en upplösning av 3° . Vid starkt solljus kan ett 10 cm djupt ljusschakt monteras över skalan för att underlätta avläsningen.



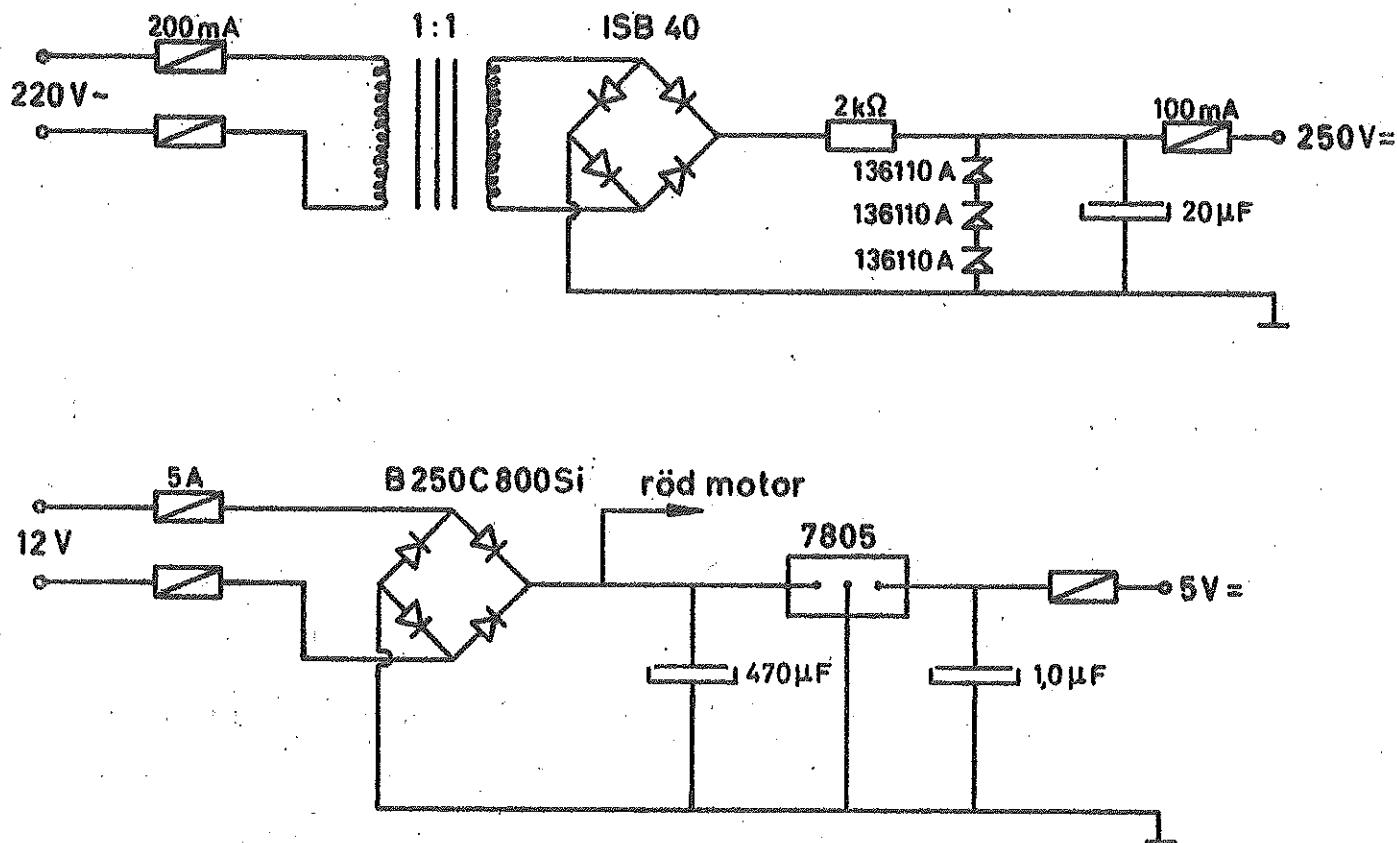
Figur 2.6. Blockschema drivkretsar för cirkulär skala (Burroughs Corporation)

Såsom lägesgivare används en ändlös potentiometer monterad i övervattensenheten.



Figur 2.7. Kopplingsschema lägesgivare och kabel till denna.

Kontrollenhetens drivspänningar är reglerade, varför utrustningen är okänslig för variationer i spänningsmatningen.



Figur 2.8. Kopplingsschema spänningsaggregat

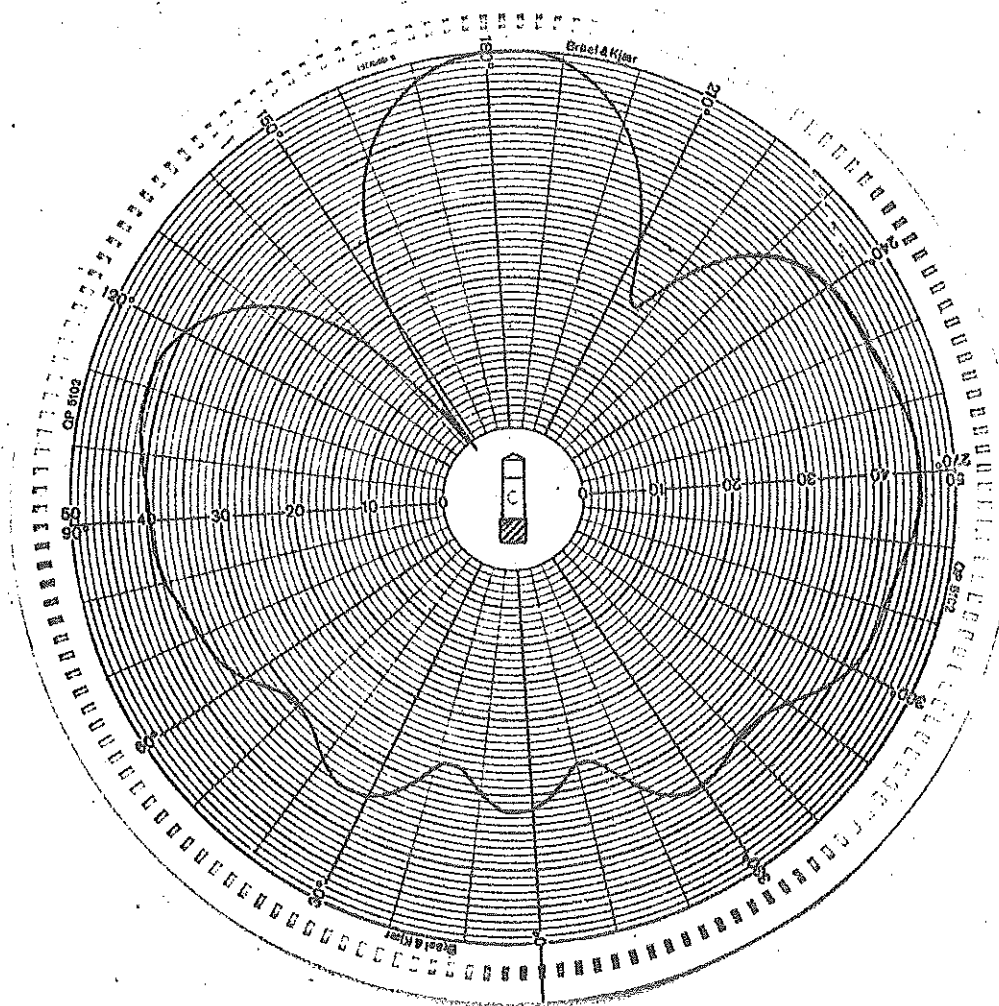
Effektförbrukningen (220 V \sim) för kontrollenheten är cirka 10W. Den totala strömförbrukningen för hela hydrofonen om omformare från 12V användes för 220V spänningen, är mindre än 3A.

3. SÄNDARE

Sändaren bygger på ett kopplingsschema som finns beskrivet i Sintefs "Fish Telemetry Report 5". Den är uppbyggd kring en CD 4049 och en timerkrets. CD 4049 är en integrerad C-MOS-krets innehållande 6 st inverterare, 2 inverterare utgör oscillator och 4 inverterare i parallell utgör drivsteg. I timerkretsen bestämmer en termistor (GA 73J1) pulsrepetitionsfrekvensen när man önskar pulsrepetitionsfrekvensen temperaturoberoende; i annat fall ersätts termistorn med ett fast motstånd (10 M Ω - 100 M Ω).

Vernitron 4-8031-PZT-5A har använts som sändarkristall.

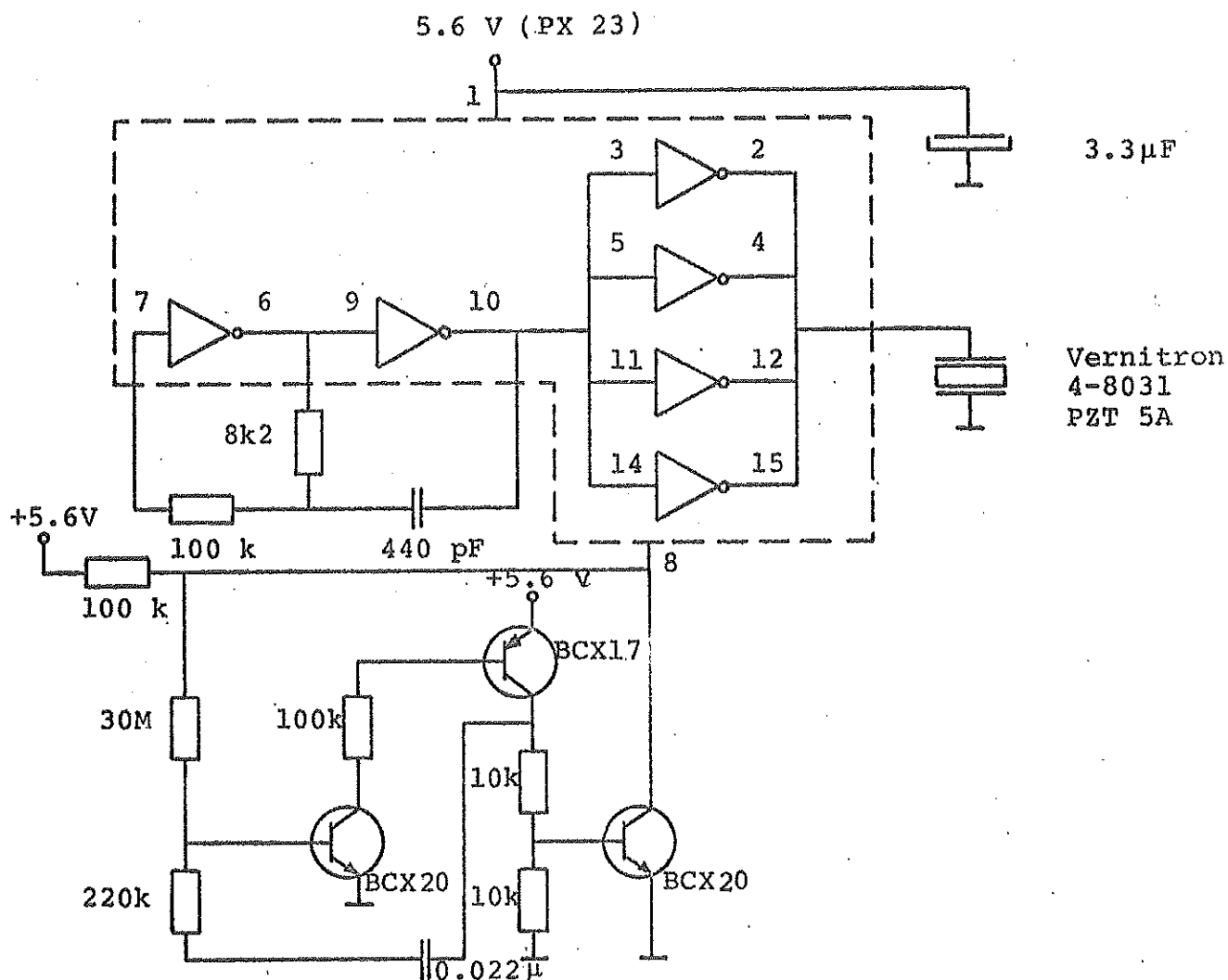
Figur 3.1. visar riktningsdiagram uppmätt på FOA, Stockholm. Maximal signalstyrka uppmättes till ~ 140 dB re 1 μ Pa. I vertikalplanet är signalstyrkan riktningsokänslig.



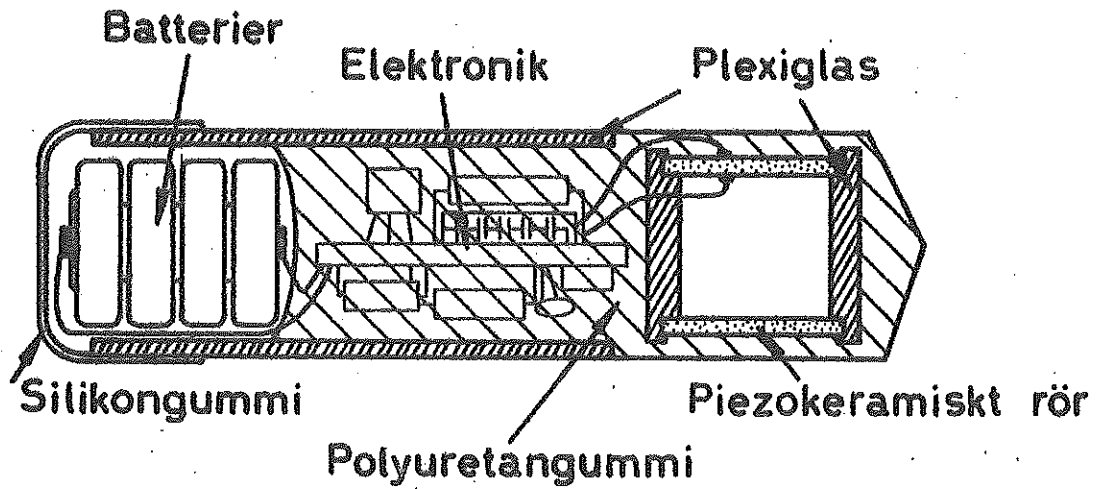
Figur 3.1. Riktningsdiagram för sändare vid frekvensen 100 kHz

Elektroniken byggs upp på ett dubbelsidigt Epoxy-laminat, vilket tillsammans med sändarkristallen gjuts in i polyuretangummi (se Figur 3.3.). Detta ger en sändare som tål djup ned till cirka 300 m. Ett kvicksilverbatteri (Berec PX 23) ger sändaren en livstid på cirka 1 månad. Sändaren är i färdigmonterat skick cylinderformad med diametern 15 mm och längden 55 mm. Den väger i luft cirka 16 g och i vatten cirka 6 g. Även en rektangulär sändare, 25 x 45 mm och med höjden cirka 10 mm, har byggts för användning på krabba.

Bärfrekvensens variation med temperaturen är mindre än 0.5 kHz vid temperaturer mellan +5 och +20°C. Pulsrepetitionsfrekvensen hos "icke-temperaturkänsliga" sändare varierar mindre än 1 o/o inom samma temperaturområde.



Figur 3.2. Sändarens kopplingsschema



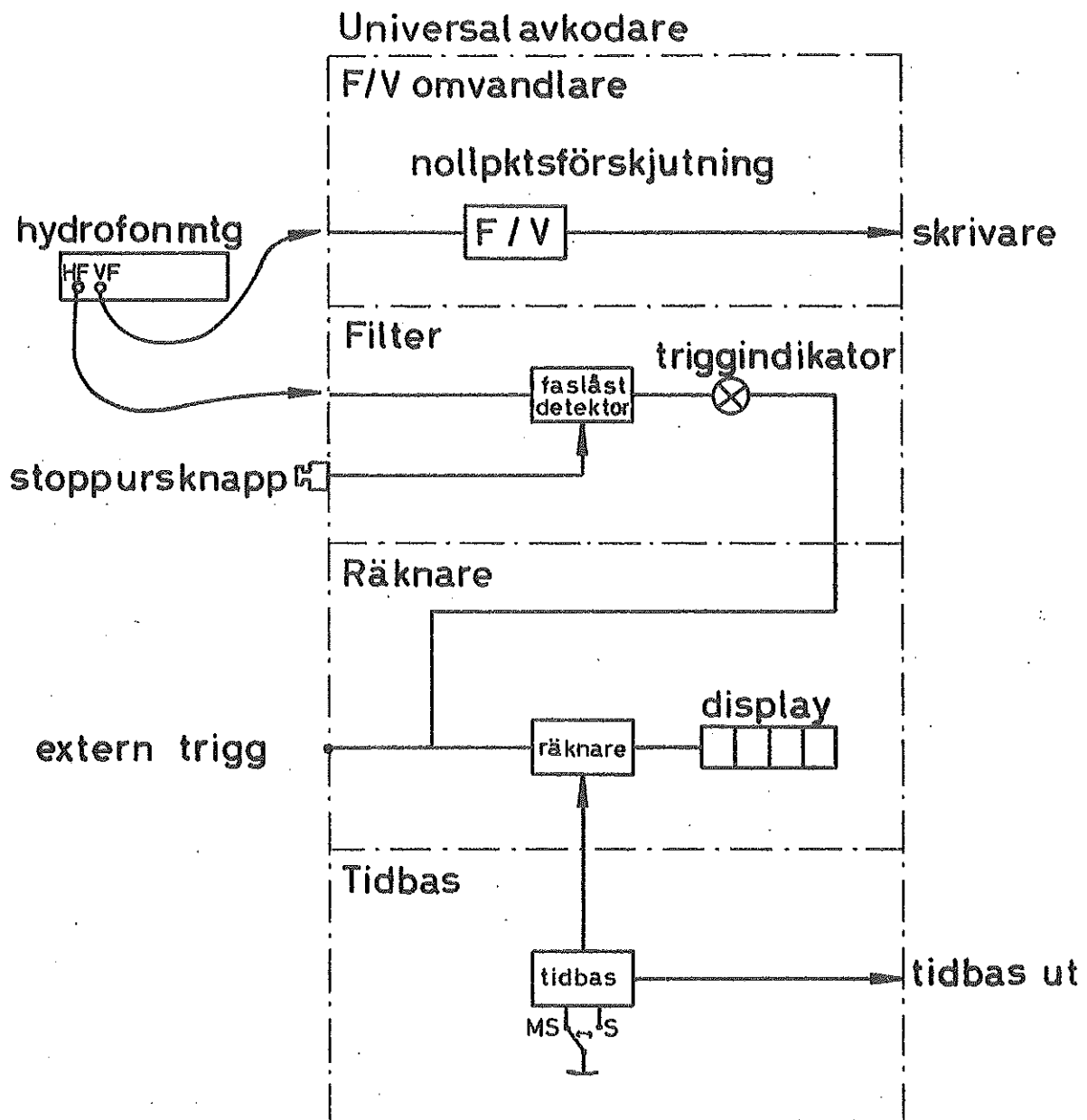
Skala 2:1

Diameter	15 mm	Bärfrekvens	80 - 130 kHz
Längd	55 mm	Pulsfrekvens	0,5 - 2 Hz
Vikt i vatten	6 g	Pulslängd	~30 ms
Livslängd	~30 dygn	Signalnivå	~140 dB re 1 μ Pa

Figur 3.3. Ultraljudsändare

4. UNIVERSALAVKODARE

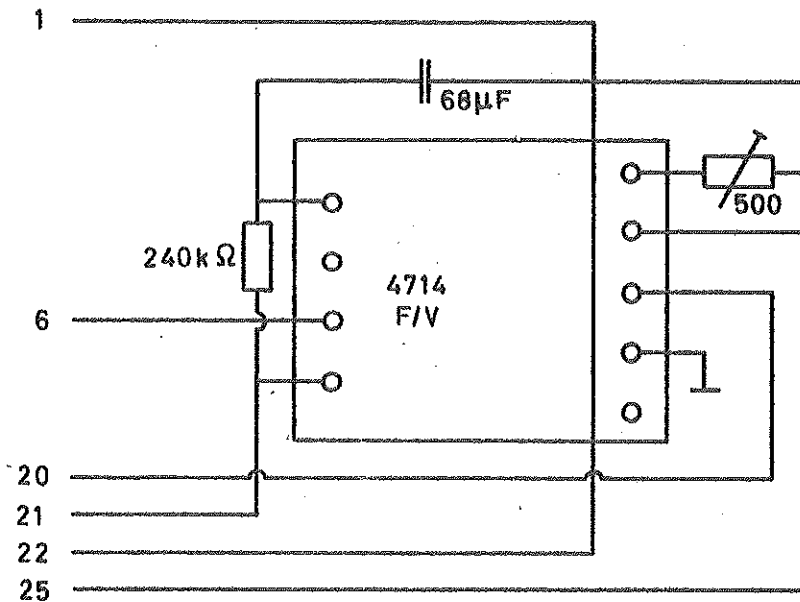
För att kunna tillgodogöra sig informationen hos en kodad signal har vissa användbara kretsar (se Figur 4.1.) samlats i en enhet kallad universalavkodare.



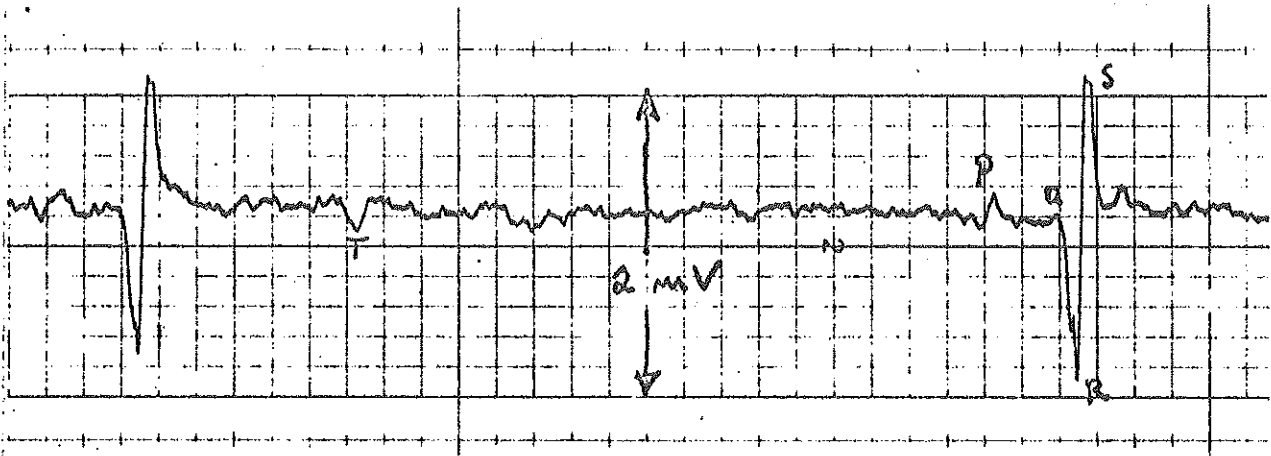
Figur 4.1. Principschema universalavkodare

4.1. Frekvens - spänningsomvandlare

Frekvensspänningsomvandlaren är användbar då bärarfrekvensen hos en ultraljudssändare är ett mått på en parameter (t ex spänningen hos en elektrod nära hjärtat vid hjärtfrekvensmätningar). Denna inkopplas till hydrofonmottagarens LF-del via ett 5-poligt DIN-urtag på frontpanelen. Utsignalen som alltså varierar med frekvensen finns tillgänglig i urtaget märkt "skrivare". För att underlätta inställning kan nivån nollpunktsjusteras mellan +10V och -10V med en 10-varvig potentiometer. Vid läge 5,00 ligger nollnivån på exakt 0,0V. Utspänning är 10mV/Hz.



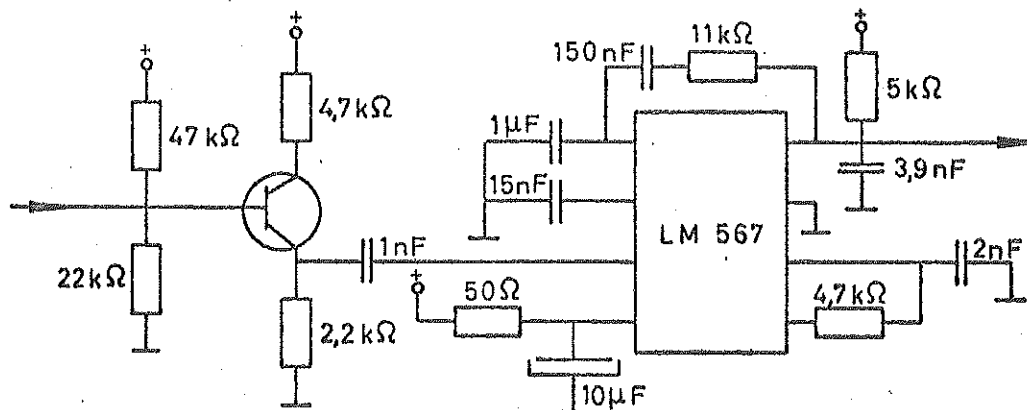
Figur 4.2. Kopplingsschema F/V-omvandlare (kort 3)



Figur 4.3. Exempel på registrering (hjärtfrekvens hos ål M.H.A. SINTEFs "Hjerteslag-sendere")

4.2. Tonavkodare

Tonavkodarens uppgift är att omvandla en insignal av en viss frekvens till en "logisk nivå" för att man enkelt ska kunna mäta exempelvis tidsintervall. Filtret är uppbyggt kring en faslåst detektor i integrerat utförande (LM-567).



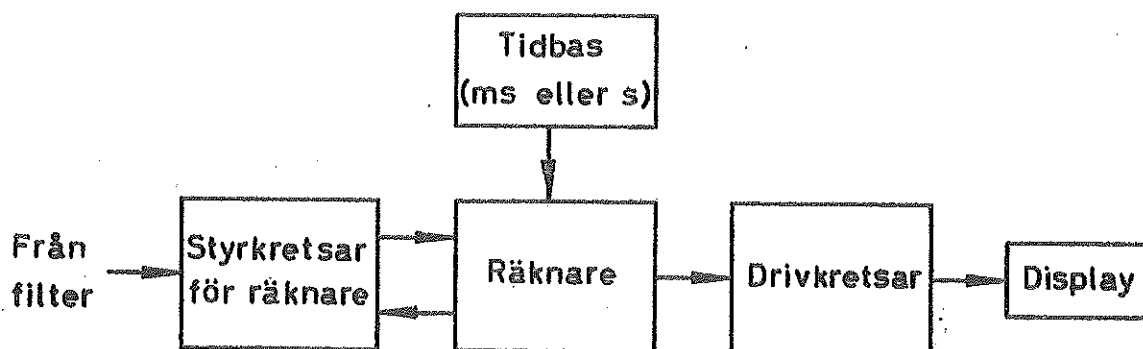
Figur 4.4. Schema tonavkodare

När insignalen är en ton med en viss förutbestämd konstant frekvens ger tonavkodaren en konstant spänning på utgången, annars blir utsignalen noll.

Tonavkodarens ingång är avsedd att anslutas till hydrofonmottagarens HF-utgång. För att underlätta inställning av hydrofonmottagaren tänds en grön lysdiod på signalprocessorns panel när filtret reagerar på insignal.

4.3. Räkna

Räkna visat direkt i sekunder eller millisekunder periodtiden hos det pulståg som kommer från filtret.

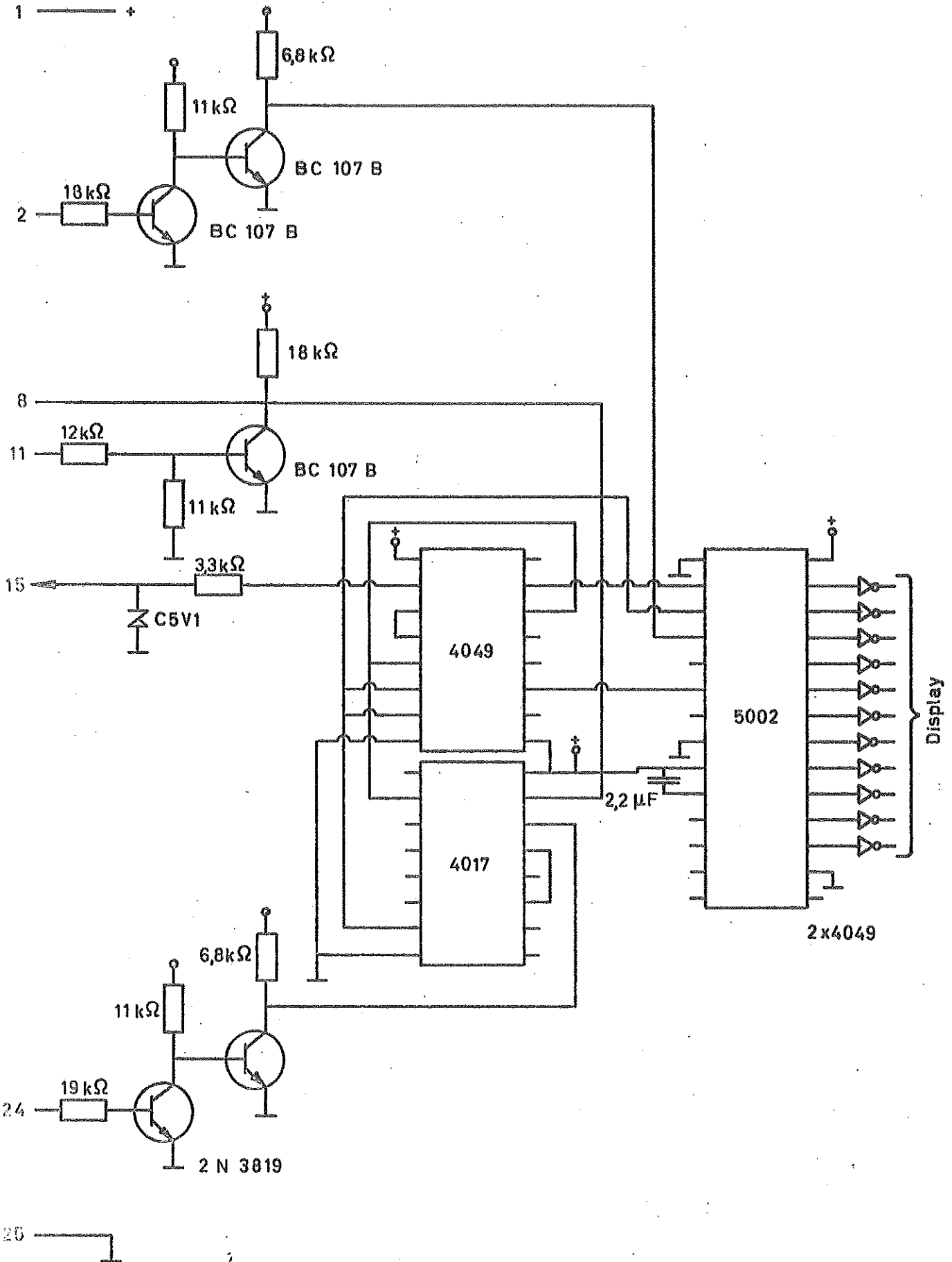


Figur 4.5. Blockschema räknare

Räkna fungerar på så sätt att varje puls får en räknarkrets att dels visa den aktuella ställningen, antalet s eller ms, på en lysdiöddisplay och dels nollställa sig så att uppräknningen kan börja på nytt. Räkneställningen anges i s eller ms beroende på vilken tidbasfrekvens som används.

För styrning av räknarkretsen används en dekadräknare (CD 4017) och en hexinverter (CD 4049). Själva räknarkretsen består av en Mk 5002 och som drivkretsar till displayen (4 st FND 500) används 2 st hexinvertrar (CD 4049). Kopplingschema visas i Figur 4.6.

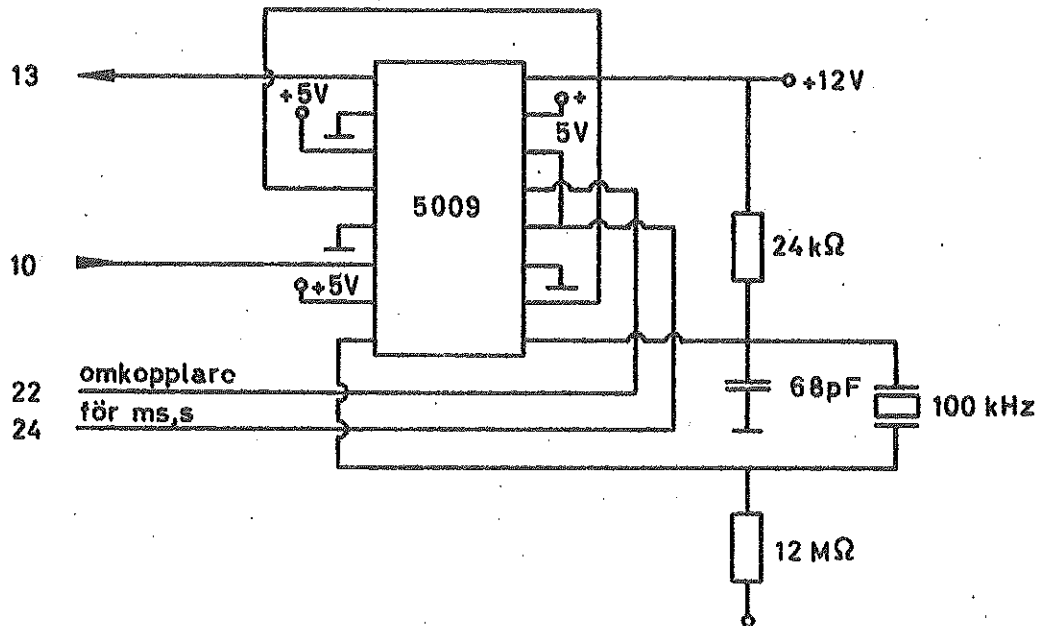
Vid så svåra mottagningsförhållanden att tonavkodaren ej kan fås att trigga men signalen fortfarande är hörbar, kan "stoppurknappen" på panelen användas. Displayen visar då tiden mellan två intryckningar av knappen.



Figur 4.6. Kopplingsschema räknare (kort 2)

4.4. Tidbasdelen

Tidbasdelen som försörjer räknaren med sekund- eller millisekundpulser består av en kristallstyrd oscillator i integrerat utförande (Mk 5009). Noggrannheten är bättre än 0.01 o/ö.

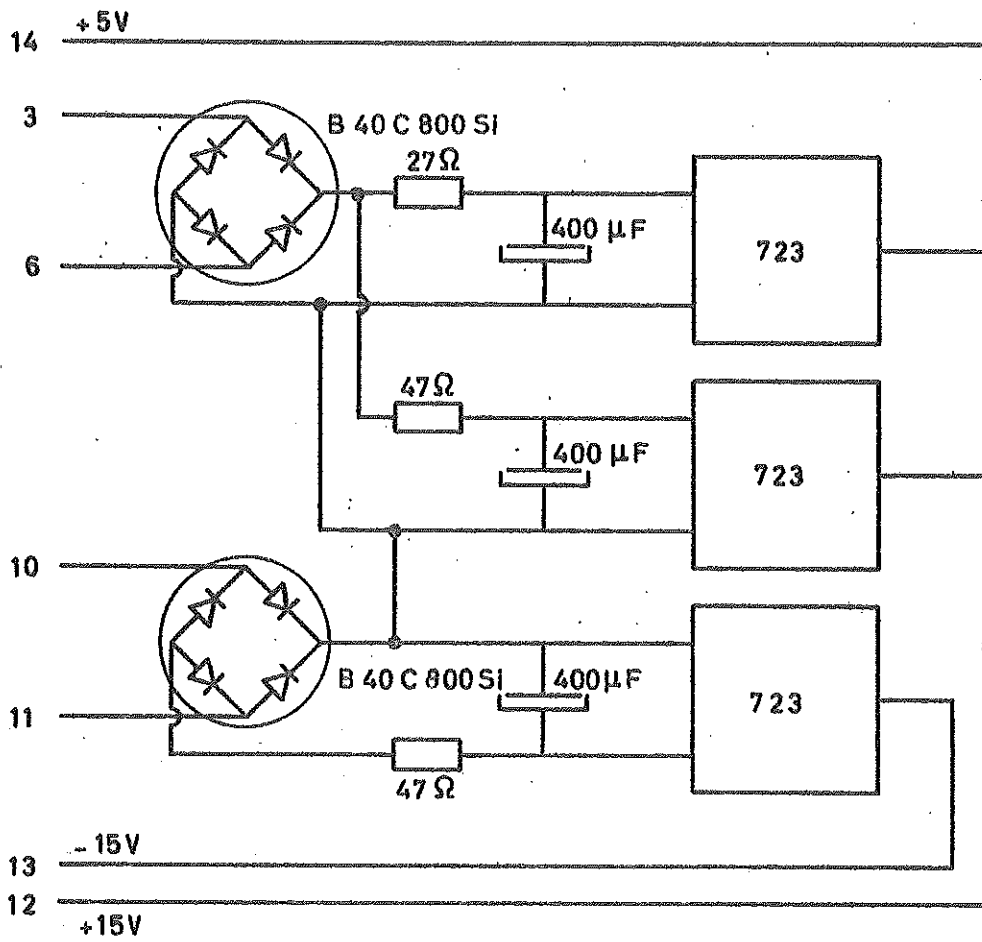


Figur 4.7. Kopplingsschema tidbas (kort 4)

Omställning av tidbasfrekvensen sker med en omkastare på signalprocessorns panel, där även tidbasen finnes tillgänglig för kalibreringsändamål.

4.5. Strömförsörjning

Slutligen finns ett kort (1) för strömförsörjning. Detta kort matas med 2 x 20 V växelström från en transformator monterad på signalprocessorns bakstycke, där även en säkring (200 mA) och ett uttag för + 15 volt (för hydrofonmottagaren) är placerade.



Figur 4.8. Kopplingsschema spänningsförsörjning (kort 1).

5. AUTOMATISK REGISTRERINGSSTATION

Att använda en eller flera automatiska registreringsstationer är mycket tids- och arbetsbesparande jämfört med att följa försöksobjektet från båt.

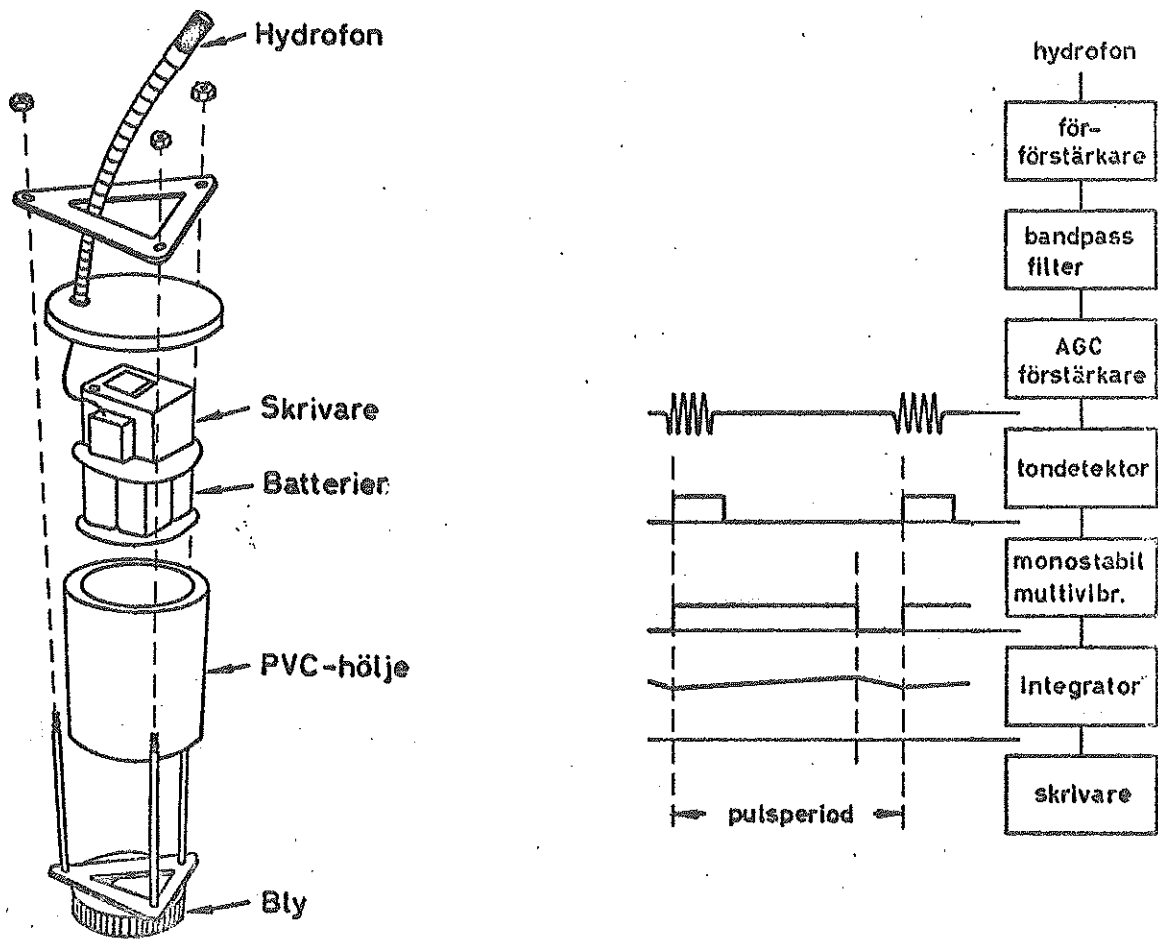
Vid användning av automatisk, fast registreringsstation kan man dock enbart få information om vid vilken tidpunkt och hur länge försöksobjektet befann sig inom ett visst område.

(T ex studier av fiskars vandringshastighet i en älv.)

Stationen är avsedd att stå eller ligga på botten försedd med en lina till boj eller till land. Den kan fås att detektera ultraljudsändare på avstånd upp till 300 m och skilja på upp till 8 olika sändare. Resultaten registreras på en skrivare. Elektroniken är monterad i en polypropylenburk med diametern 220 mm och höjden 300 mm. Burken är försedd med ett öppningsbart plexiglaslock genom vilket stationens funktion kan kontrolleras.

Som hydrofonelement (undervattensmikrofon) används Vernitron PZT-8063-5A monterat på en 400 mm lång, böjlig spiralarm. Spiralarmen har dels funktionen att hydrofonelementet kan vridas till ett lämpligt läge beroende på hur stationen placeras på botten, dels att göra den mindre känslig för mekanisk åverkan.

Registreringsstationens funktion och utseende framgår av Figur 5.1.

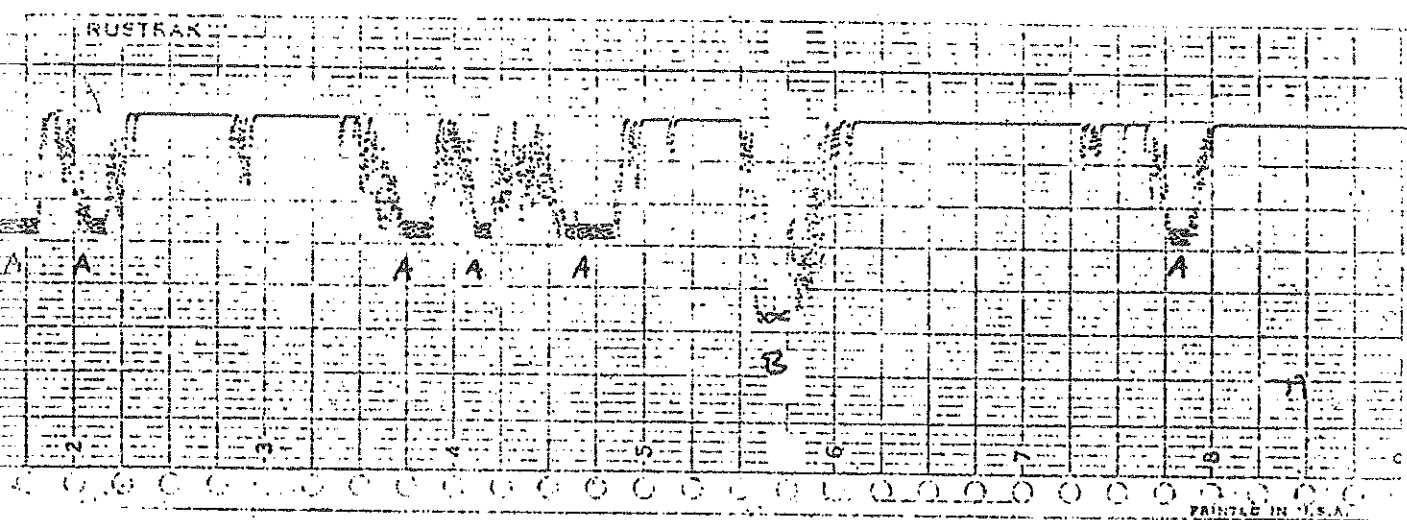


Figur 5.1. Automatisk registreringsstation.

Signalen förstärks i en förstärkare. För att minska störningskänsligheten får signalen passera ett avstämt filter ($f = 95 \text{ kHz}$). I AFR-förstärkaren förstärks signalen ytterligare till en nära konstant nivå (oberoende av insignalen). Tonavkodaren fungerar så att den ger en konstant spänning ut, om och endast om insignalen är en ton med en förutbestämd konstant frekvens, och med en varaktighet av minst 3 ms. Är inte dessa villkor uppfyllda blir utsignalen 0.

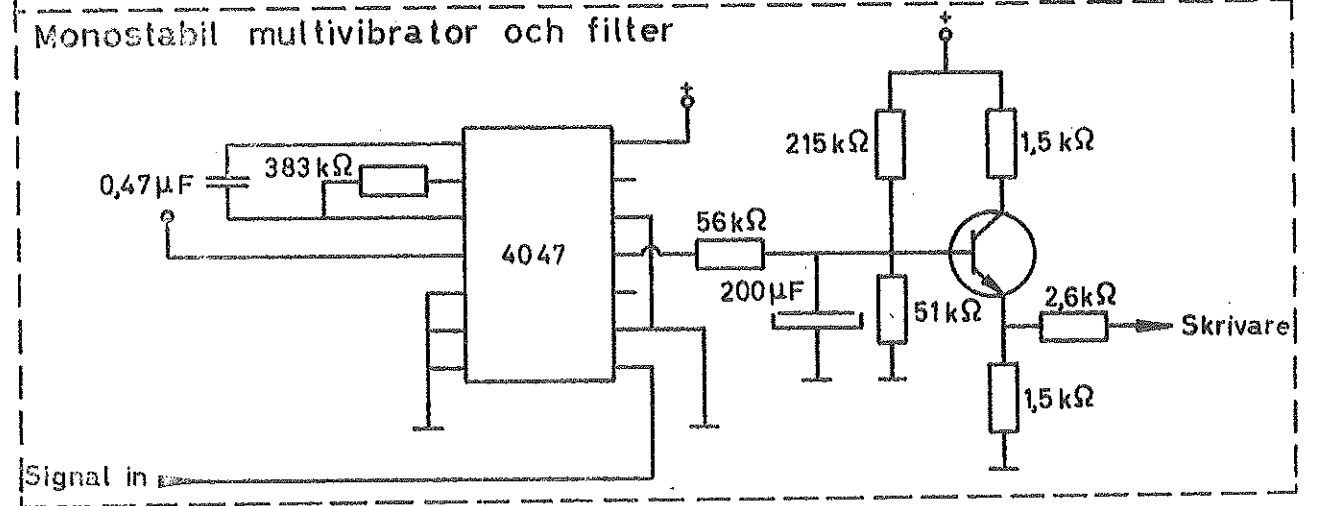
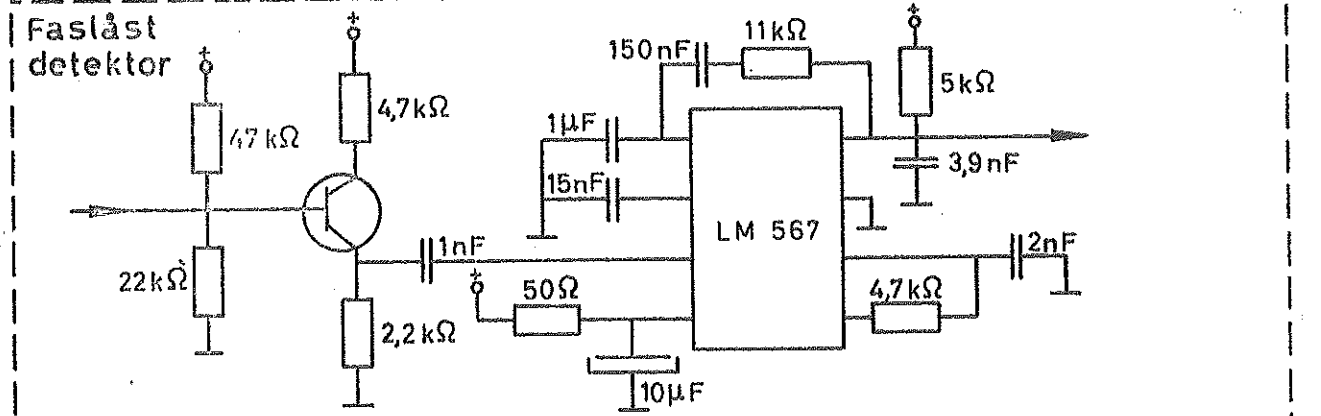
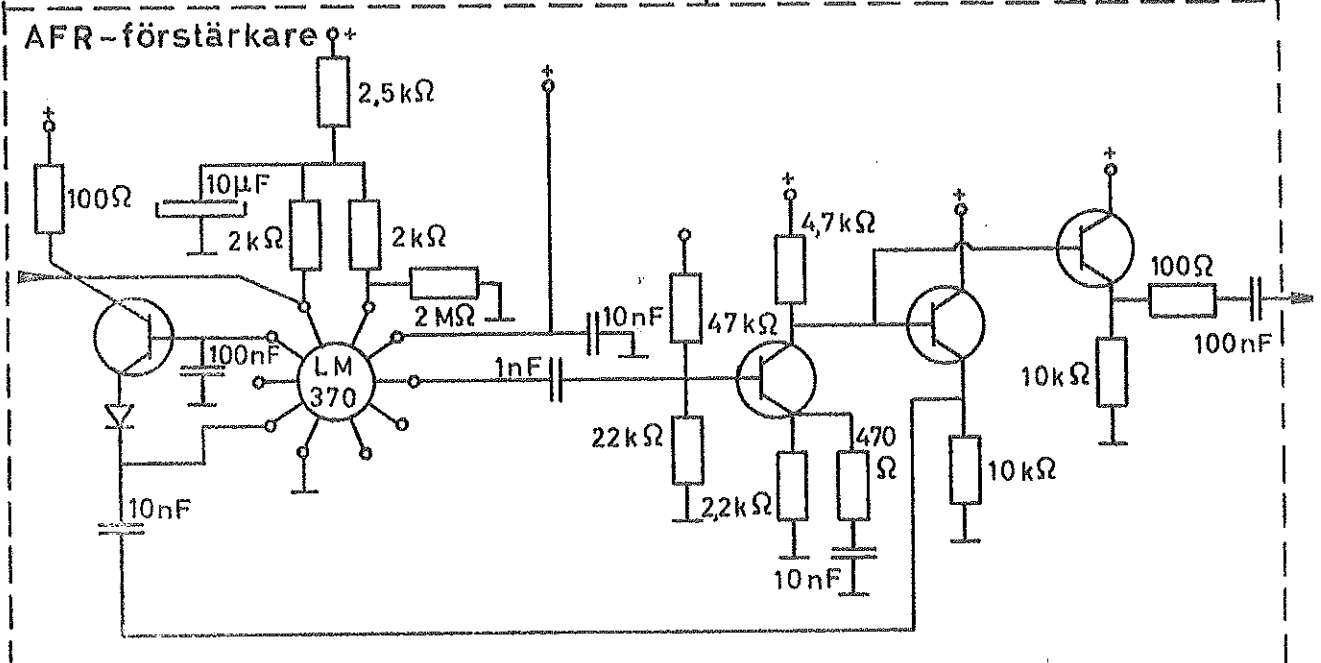
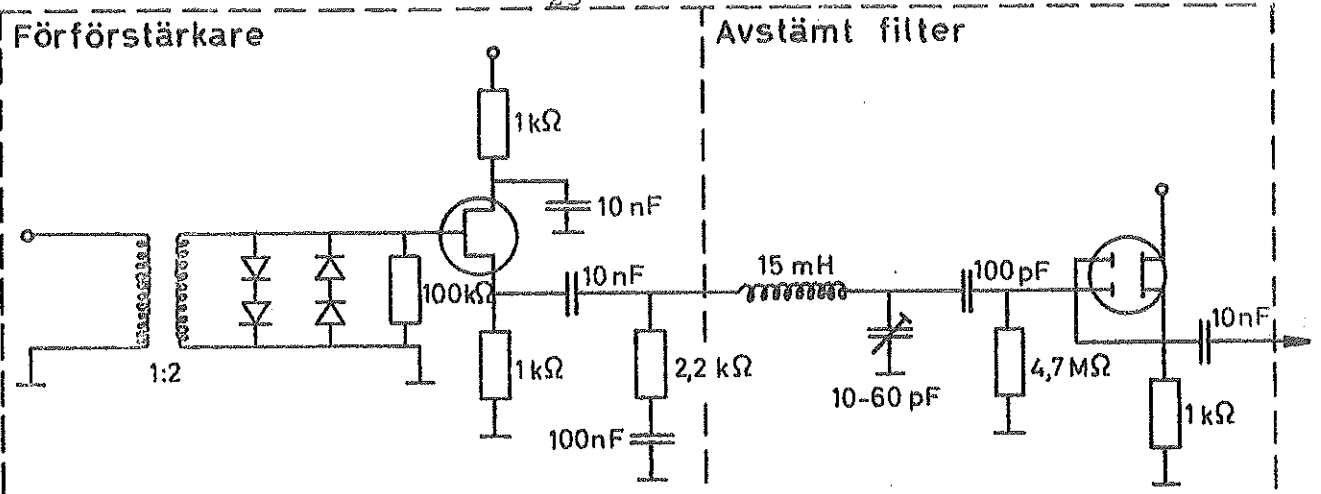
Pulserna från tondetektorn ges en konstant pulslängd i en monostabil multivibrator.

Det uppkomna pulståget filtreras med hjälp av en kondensator till en spänningsnivå som alltså kommer att variera med antalet pulser per tidsenhet. Spänningsnivån registreras kontinuerligt på en skrivare (Rustrak Recorder typ 288). På detta sätt kan upp till 8 olika pulsrepetitionsfrekvenser särskiljas. Figur 5.2. visar en registrering upptagen i Mörrumsån den 10 oktober 1976.



Figur 5.2. Exempel på registrering av en automatisk registreringsstation.

Strömförsörjningen ombesörjes av 4 st batterier av typ Berec HP- 996, vilka räcker för minst 10 dygns drift. Spänningen till både elektronik och skrivare stabiliseras av en 78L05.



Figur 5.3. Kopplingschema automatisk registreringsstation

6. SUMMARY: EQUIPMENT FOR TELEMETRY INVESTIGATIONS

This paper describes ultrasonic equipment for fish telemetry research.

The equipment consists of:

1. An ultrasonic receiver.
2. A hydrophone with remote control; the hydrophone can be mounted on a boats rail.
3. An ultrasonic transmitter with a lifetime of thirty days.
4. A universal encoder with timecounter, a frequency to voltage converter, and a time base.
5. A stationary automatic recording receiver that can distinguish between up to eight different transmitters and work for ten days without servicing.