

音波 遠隔 離脫機 國產化 開發 研究(Ⅲ)

Development for a domestic model of
the acoustic release system(Ⅲ)

1993. 8

研 究 機 關
韓 國 海 洋 研 究 所

科 學 技 術 處

提 出 文

科學技術處 長官 貴下

본 報告書를 “ 음파 원격이탈기 국산화 개발 연구 (Ⅲ)” 사업의 최종 보고서로 제출합니다.

1993. 8

主管研究機關名 : 韓國海洋研究所
總括研究責任者 : 全 鎬 景 (海洋器機室)
研 究 員 : 咸 錫 賢 (海洋器機室)
 朴 東 元 (海洋器機室)
 黃 槿 春 (海洋器機室)
研 究 助 員 : 李 忠 雨 (海洋器機室)
 魚 泳 相 (海洋器機室)
 金 美 垞 (海洋器機室)

要 約 文

I. 題目 : 음파 원격이탈기 국산화 개발 연구 (III)

(Development for a domestic model of the acoustic release system)

- 압력 케이스 및 분리장치 제작 실험

II. 연구 개발의 목적 및 중요성

과거 해양연구는 평면적인 자료의 획득에 머물렀으나 영토의 개념으로 해양의 중요성이 점차로 증대하여 현재는 해양자원과 이에 따른 자료의 확보와 필요성이 증가함에 따라 종합적이고 입체적인 자료의 획득으로 변모하는 해양개발연구가 활발하게 이루어져 가고 있다. 이러한 방향 변화는 전자산업이 정밀화, 집적화가 됨으로서 가능하게 되었다.

한편 국내 해양 전자 산업은 매우 낙후되어 있는 실정으로 신기술의 습득과 기기 및 장비 개발 만이 해양국으로의 면모를 갖출 수 있으리라고 본다.

실제로 해양기기의 개발은 해양, 전자, 기계 산업의 복합적이고 종합적인 기술로 이루어지게 되므로 이들 산업의 육성을 유도하게 되며 원활한 해양 장비의 이용은 해양 연구, 해저 탐사, 해저 구조물 설치, 보수, 해양 상태 파악 연구 등, 학술, 자원, 군사, 산업 등에 적극 이용이 가능하며 이는 국가적으로 필요한 첨단 핵심 기술 개발로 이어지는 것이다.

해양에서 쓰이는 각종 센서가 반도체 집적회로로 발전되어 가면서 해양관측의 방법 또한 실시간 자료획득을 위한 방법으로 변화되고 있다. 수중에서의 관측 활동이 음향, 전기 그리고 기계와의 상관 관계에서 이루어져 가는 것을 볼 때 수중음파를 이용하여 원격제어할 수 있는 장비의 개발은 해양연구의 방향이 기초 연구에서 응용 연구로 전환되는 매우 필요한 일이라고 본다.

Ⅲ. 연구 개발의 내용 및 범위

1. 송수파기 정보 전달 체계화
 - 신호 전송 및 수신 방법
2. 송·수파기 특성 실험
 - 전자회로와 센서의 연결 관계 : 입출력부
 - 신호 전달 정보분석
3. 압력 케이스 및 분리 장치 제작 및 실험
 - 가압 상태에 따른 수밀 방법 개선
 - 인장력에 따른 분리 장치 개선

Ⅳ. 연구 개발 결과 및 活用に 대한 建議

1. 研究 結果
 - 모선으로 부터 해저 관측기기의 거리 및 방향 측정기 제작
 - 송수파기 개발의 기초 마련
 - 수중계류 기기의 침수 방지 방법 분석
 - 송수파기 센서(9 [kHz] ~ 11 [kHz])의 신호처리 분석
 - 걸쇠에 의한 분리 장치 개발

2. 기대효과

- 해양 연구의 다변화 및 입체, 심층 연구확대에 대비
 - 수중 음파를 이용한 해양 관측 및 측정기기의 응용확대
 - 수중 장비 (R.O.V., 유인 잠수정, A.U.V. 등) 위치 측정
- 계류장비의 개발로 연구업무의 능률향상
 - 저가의 장비 사용으로 업무 부담감 감소
 - 현장장비의 활용폭 증대로 연구업무의 활성화
- 해양기기의 국산화 노력
 - 해양 기기개발 및 개선기술 축적
 - 해양 전자산업 육성의 선도적 역할

3. 활용방안

- 해저 및 해중에서의 장기 관측시 장비 계류용으로 사용
(한국 해양 연구소, 각 대학 해양학과, 유관 기관 등에서 장기 계류 관측시)
- 수중에서의 거리 및 방향 관측 (잠수정 모선에서 잠수정 위치 파악)
- 수중 구조물 설치, 회수 (항만 공사 등)
- 해저 광 케이블 보수 유지시 또는 보수 수리시 응용 가능
- 자료망 구축사업의 수중 자료 전송에 활용

SUMMARY

I. Title

Development for a domestic model of the acoustic release system (III)

II. Object and necessity of the study

In the past, the ocean research have stayed at the way of data acquisition just holizontally but now the methodes are changed from simple to complicated and real time, because the ocean is understanding a parts of importance territory of man. Really the ocean development and study consist of accomplished synthetically by the advanced and integrated each electronics industry.

On the other hand domestic ocean electronic industry have been fallen behind state compared other western country. Need to learning and development of new technology for reaching to powerful ocean country.

Actually the development of oceanographic instruments is accomplished by complex and integrate technique of oceanic, electrical and mechanical industry. It also leads upbringing of these industry. The usage of oceanographic instruments has many wide applications. For example, ocean research, survey of sea bottom, establishment of under water structure, research of oceanic status, investigation of resource, military and industry, etc. Nationally required the nearest techniqe development will be realized by these applications.

Because most of sensors used in ocean are progressing by semiconductor integrated circuit and then methods of oceanic observation are also changing into real time data acquisition method. These applications of acoustics are base on the electronics and mechanical technics. Therefore we believe that the development of under water remote controlled instruments must be contribute for the point of changing from basic study to application of this field.

III. Scope and contents of the study

1. To systematized of transmission a information with transducer
 - Method of receiving and transmitting with acoustic signal
2. Function test of underwater transducer
 - Connetion with electric circuit to transducer
 - : test for in/out of transducer signal
 - Analysis of command signal processing
3. Testing and manufacturing of a release mechanism and pressure case
 - Test of watertight depending on to increased
 - Improvement of release mechanism under the high pressure tension

IV. Result and suggestion

1. Result of study

- Design of the measuring unite for direction and distance between ship and under water equipments.
- Preparation of the basic technique for development of underwater transducer
- Study of the watertight method for underwater equipments
- Analysis a signal processing at 9 [kHz] ~ 11 [kHz] band from transducer
- Improvement a device of release mechanism

2. Expected effectiveness.

- Expected for the various and three-dimensional deep ocean research.
 - Magnify applications of ocean observation and measurement using acoustic wave.
 - Measured position of the underwater equipment : R.O.V., submarine, A.U.V. ,etc.
- Advancing efficiency of research work by the development of acoustic equipments.
 - Decrease research cost by using the unexpensive equipment.
 - Activate research by magnifying application of equipment.
- Try to manufacturing a oceanographic instrument in domestics.
 - Accumulation of new technique about the oceanographic instrument
 - Upbring ocean electronic industry.
- Accumulate a technique of design for electric circuit and mechanical device with CAD, CAM

3. Application method.

- Use equipment to observe ocean status during the long term.
(KORDI, universities and related institute in domestics, etc)
- Observate distance and direction underwater. (can be check a submarine's position or under water vehicle, etc).
- Establish and get back the underwater structure.
- Construction and repairing, maintance for the under water optical cable.
- Transmittte the data through under water.
- To Support the technique of a pilot manufacturing and design of mechanical device.

目 次

提出文	2
要約文	3
Summary	7
目次	11
List of figures	13
List of tables	15
List of photos	16
第 1 章 序論	19
第 2 章 전자회로 구성	21
第 1 節 회로 설계	21
1. 선상기기 (Deck unit)	21
2. 거리 측정 회로	22
3. 방향 측정 회로	26
4. 수증기기	31
第 2 節 특성	32
1. 선상기기 (Deck unit)	32
2. 거리 및 방향 측정기 회로	37
3. 수증기기의 회로	42
第 3 章 송·수파기의 특성	47
第 1 節 스피커	47
1. 스피커의 일반적인 특징	47
2. Piezo ceramic speaker	51
第 2 節 마이크로폰	54
第 3 節 Hydrophone	56
第 4 節 Piezo 전기 변환기	58
1. 등가회로의 일반 이론	58
2. 특성 측정	61
3. 구조	62

第 4 章 기계부분 (수중 Acoustic Release Unit)	65
第 1 節 설계 및 기능	65
1. 이탈 부분 (Release part)	65
2. Pressure case	75
第 2 節 수밀 시험 (Watertight test)	77
第 5 章 실험 및 결과	83
第 1 節 선상기기	83
1. 수파기 실험과 초단 증폭기 및 진폭제한기	83
2. Post filter/ level sensor	85
3. PCB 단자 배선도	85
4. Deck unit 주파수 발생부	87
第 2 節 수중기기	88
1. 부품선정과 크기	88
2. Detector 부	89
3. 송수파기 신호	89
第 6 章 결론 및 건의	93
參考文獻 (Reference)	95
Appendix A. Range / Bearing PCBs	97
Appendix B. Acoustic Release PCBs	105
Appendix C. Deck Command PCBs	113
Appendix D. Release Mechanism Assembly	119
Appendix E. Sensors	125
Appendix F. Pressure case test	129
Appendix G. Battery holder and field test of underwater unit	133
Appendix H. ITC 3013D S/N. 689	137
Appendix I. Electronic circuit of range/bearing	145
Appendix J. Electronic circuit of Deck unit	151
Appendix K. Electronic circuit of underwater unit	161

List of figures

Fig. 1 -	1. Block diagram of acoustic release system	20
Fig. 2 -	1. Block diagram of deck command controller	-21
Fig. 2 -	2. Geometry principle for the range measurement.	-23
Fig. 2 -	3. Block diagram of the range measurement	-26
Fig. 2 -	4. (a) The principle of bearing measurement between two sensors (b) The principle of position measurement at space coordinate system	-27
Fig. 2 -	5. Block diagram of range/bearing unit	-30
Fig. 2 -	6. Block diagram of underwater unit	-31
Fig. 2 -	7. Coded of digital input	-34
Fig. 2 -	8. Deck command signal timing diagram	-35
Fig. 2 -	9. Amplifier circuit of command signal	-36
Fig. 2 -	10. Hydrophone structure	-37
Fig. 2 -	11. (a) Block diagram of analog (b) Waveforms analog	-39
Fig. 2 -	12. Timing diagram, reply and no previous reply.	-41
Fig. 2 -	13. Prefilter and Limiting amplifier circuit	-43
Fig. 2 -	14. Detector Circuit	-44
Fig. 2 -	15. Memory Circuit	45
Fig. 2 -	16. Release firing block diagram	-46
Fig. 3 -	1. Frequency response of speaker measurement system	-49
Fig. 3 -	2. Harmonic distortion measurement system	-51
Fig. 3 -	3. Horn Unit	-52
Fig. 3 -	4. Character of Piezo ceramic speaker	-53
Fig. 3 -	5. Condencer Microphone	-55
Fig. 3 -	6. Set-up for calibration in the 3 [kHz] ~ 200 [kHz] range by the calibrated projector method	-57

Fig. 3 - 7.	Four terminal network of acoustic impedance Z_R	- - - - -	59
Fig. 3 - 8.	Equivalent network of piezoelectric transducer	- - - - -	61
Fig. 3 - 9.	Directional response test axis	- - - - -	62
Fig. 3 - 10.	Transducer structure	- - - - -	63
Fig. 4 - 1.	Current meter mooring system	- - - - -	66
Fig. 4 - 2.	Structure of release part #1	- - - - -	68
Fig. 4 - 3.	Structure of release part #2	- - - - -	69
Fig. 4 - 4.	Bottom plate and "O" ring groove	- - - - -	71
Fig. 4 - 5.	Load holder (Side view)	- - - - -	72
Fig. 4 - 6.	Load holder (Bottom view)	- - - - -	73
Fig. 4 - 7.	Load holder / Load ring	- - - - -	74
Fig. 4 - 8.	Schematic of K-92	- - - - -	75
Fig. 4 - 9.	Pressure control diagram	- - - - -	78
Fig. 4 - 10.	Pressure test graph #1	- - - - -	79
Fig. 4 - 11.	Pressure test graph #2	- - - - -	80
Fig. 4 - 12.	Pressure test graph #3	- - - - -	81
Fig. 5 - 1.	Amp #1,2,3	- - - - -	84
Fig. 5 - 2.	Post Filter	- - - - -	86
Fig. 5 - 3.	Component hight	- - - - -	88
Fig. 5 - 4.	Timing diagram of detector on receiver output	- - - - -	90

List of tables

Table 2 - 1. Vertical distributions of mean temperature and salinity for 1961-1982 in line 106(Chumunjin section) St.7.	25
Table 2 - 2. Frequency of command signal	32
Table 3 - 1. Ultrasonic sensor (MA23L3)	55
Table 3 - 2. Characteristic of ITC - 3013	61
Table 4 - 1. Release part name list	70
Table 4 - 2. Specification of Model K-92	76
Table 4 - 3. Pressure testing system specification-	77
Table 4 - 4. The result of pressure case test with pressure chamber system(KORDI)	78
Table 5 - 1. PCB wiring terminal	87
Table 5 - 2. Command frequency measurement	87
Table 5 - 3. Frequency bandwidth of detector	89
Table 5 - 4. Comparison of transmission and receiver frequency	91

List of photos

Photo A - 1.	Range / Bearing PCB Assembly	- - - - -	99
Photo A - 2.	Pre Amp and Hardlimiter PCB (CH1)	- - - - -	99
Photo A - 3.	Pre Amp and Hardlimiter PCB (CH2)	- - - - -	-100
Photo A - 4.	Pre AMP and Hardlimiter PCB (CH3)	- - - - -	-100
Photo A - 5.	Analog PCB	- - - - -	-101
Photo A - 6.	Postfilter PCB	- - - - -	-101
Photo A - 7.	Range 1 PCB	- - - - -	-102
Photo A - 8.	Range 2 PCB	- - - - -	-102
Photo A - 9.	Reference PCB	- - - - -	-103
Photo A - 10.	Bearing indicator PCB	- - - - -	-103
Photo B - 1.	Acoustic Release PCB Assembly	- - - - -	-107
Photo B - 2.	Prefilter Hardlimiter and Pinger generator	- - - - -	107
Photo B - 3.	Main power Amplifier PCB	- - - - -	-108
Photo B - 4.	Transponder detector PCB	- - - - -	-108
Photo B - 5.	Command Code PCB	- - - - -	-109
Photo B - 6.	Memory PCB	- - - - -	-109
Photo B - 7.	Signal detector PCB (#1)	- - - - -	-110
Photo B - 8.	Signal detector PCB (#2)	- - - - -	-110
Photo B - 9.	Signal detector (#3)	- - - - -	-111
Photo B - 10.	Release power PCB	- - - - -	-111
Photo C - 1.	Deck Command PCB Assembly	- - - - -	-115
Photo C - 2.	Timing and Control PCB	- - - - -	-115
Photo C - 3.	Letter Encoder PCB	- - - - -	-116
Photo C - 4.	Frequency Generator	- - - - -	-116
Photo C - 5.	Amplifier PCB	- - - - -	-117
Photo C - 6.	Power Supply of Deck Unit	- - - - -	-117

Photo D - 1. Release Mechanism Assembly	
(Load holder, bottom plate, "O" ring)	121
Photo D - 2. Magnetic solenoid / bottom plate Assembly	121
Photo D - 3. Small rotary disk and Large rotary disk assembly	122
Photo D - 4. Trigger key within rotary disk	122
Photo D - 5. Main power spring	123
Photo E - 1. Receiving sensor (Hydrophone assembly)	
(Ultrasonic sensors)	127
Photo E - 2. ITC Transducer	127
Photo E - 3. Ceramic speaker	128
Photo F - 1. Figure of crushed(1) at 4000PSI	131
Photo F - 2. Figure of crushed(2) at 2500 PSI	
(put the top plate in to pressure case)	131
Photo G - 1. Battery holder and PCB holder of Underwater unit	135
Photo G - 2. Failure of watertight at field test	135

第 1 章 序 論

음파를 이용하는 방법은 날로 발전되어 가고 있으며 그 응용 범위도 넓어져 가고 있다. 해저를 관측하고 산업적으로 이용하기 위한 연구가 급속히 발전되어 가고 있으며 필수적으로 음파를 이용함으로써 해결되어 가고 있다. 음파의 이용은 관측기기의 상태, 끊임없이 변화하고 다양한 해양 환경요소가 존재하는 많은 어려움 속에서 이루어진다.

해저연구에 있어 가장 중요한 점은 기기 및 장비의 해저 활동 거리가 모선으로부터 얼마나 떨어져 있으며 방향은 어느쪽에 있는가 하는 것이다. 여기서는 거리 및 방향을 알기 위해 Transducer를 통하여 수중에 설치한 Pinger나 해저 Unit와 Interrogate Command 신호를 송신하면 수중장비의 Transponder는 이 신호를 감지 즉시 응답 신호를 발신하게 된다. 즉, 이 Unit는 음파의 Turn-around time을 계산하여 수중에 설치한 장비의 거리 및 방향을 디지털 형식으로 나타내게 하였다.

본 연구는 음파를 이용하여 해양 관측 및 탐사에 사용할 수 있는 장비를 개발하고자 노력하는 것이다. 즉, 수중에 장치한 물리적인 장치를 선상에서 음파의 약속된 신호를 보내 기계적인 작동으로 유도하는 음파 원격 이탈장비의 국산화 개발 노력이며 이 장비의 구성은 선상 제어부와 수중기기로 (Fig. 1 - 1 참조)되어 있다. 음파를 이용하여 수중에 설치한 장비와 Shipboard Control Unit 사이에 신호(Pinger)를 이용하여 해저로부터 수신된 신호의 위상차와 매질을 전파하는 음파의 속도를 전자적으로 계산처리하여 음원(모선)으로부터의 거리(Distance)와 방향(Slant)을 검출하는 것이다. 따라서, 본 연구가 성공적으로 수행된 후에는 음파를 이용한 수중 관측 장비 및 제어, 항해, 통신 장비등 첨단 음향 장비개발의 기초를 마련하고자 한다.

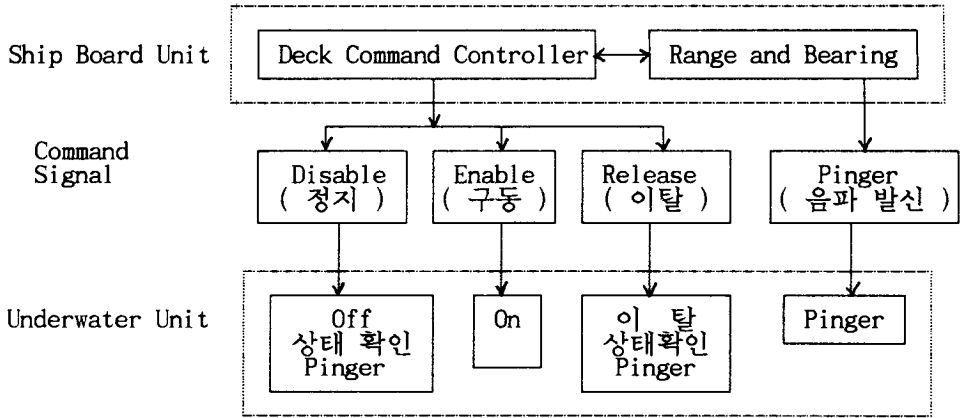


Fig. 1 - 1. Block diagram of acoustic release system

第 2 章 전자회로 구성

第 1 節 회로 설계

1. 선상기기(Deck Unit)

Deck unit는 해저에 설치한 수중기기를 조정 제어할 수 있는 것으로 주파수의 대역폭을 $10 \text{ [kHz]} \pm 1 \text{ [kHz]}$ 로 결정 하였다. 주파수는 크리스탈을 사용하여 Command 구성을 위해 8개의 기본 주파수로 만들고 9 [kHz], 11 [kHz]는 거리 및 방향기에서 신호를 보내면 증폭단에서는 8 [ms] 또는 20 [ms]의 펄스에 실려 나갈 수 있게 했다.

해저에 설치한 수중기기와 몇가지 약속된 Command word를 송신하여 해저장비의 기능 및 상태를 확인하고 기계적이거나 물리적인 작동을 할 수 있도록 음파를 매질인 Sea water를 통하여 보내게 되면 수중기기는 신호를 발신하게 된다.

Transducer로 약속된 신호를 보내기 위해 전자 Board를 Fig. 2 - 1 로 구성 하였다. 이 때 고려할 것은 Transducer로 수중기기에 신호를 보내는 장치로 주위의 잡음을 고려하여 출력을 설계하며, 신호는 높은 안정도를 가진 Oscillator로 부터 만들어 내는 8 개의 주파수 군으로 부터 4 개의 주파수를 선택하여 한 단어로 조합되어서 명령어를 전송하게 된다.

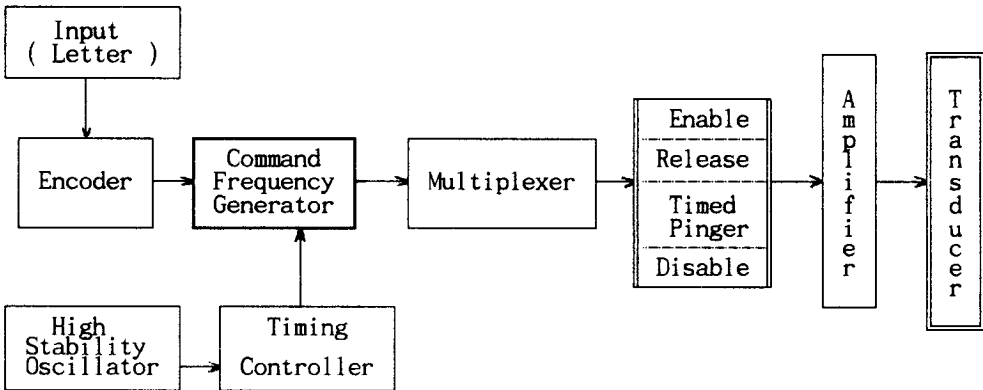


Fig. 2 - 1. Block diagram of deck command controller

2. 거리 측정회로

수중에서의 음향학적 파라미터중 가장 중요한 것은 음파의 속도이다. 최초로 음속을 측정한 것은 아마도 1826년 11월 스위스에 Colladon과 Sturm에 의해서였다고 한다. (C.S.Clay and H.Medwin 1977)

이미 잘 알려진 수중에서의 음속은 평균 약 1500 [m/s]이며 이것은 수온, 염도, 압력의 변화에 따라 다르며 또한 지형적인 변화 및 수심, 등에 대하여도 다소 변화가 있다.

공기중에는 우리가 미처 감지하지 못하는 수없이 많은 전파가 존재 하듯이 수중에도 역시 다양한 음향이 존재하고 있으며 이러한 음향의 성질을 이용하여 과학적인 탐사장비나 통신 또는 항해용 등으로 개발하여 사용하고 있으며 그중에서도 수중통신 이나 특정 신호로 제어하기 위한 목적으로서 가장 보편적으로 사용하고 있는 주파수대는 7 [kHz] ~ 12 [kHz]이다.

일반적으로 주파수가 높을수록 정밀도 및 분해력은 향상되어지나 또한 주파수에 비례하여 전달손실이 증가하여 이를 보상하기 위한 부차적인 회로나 출력의 증가, 복잡한 회로의 구성등에 따른 기술적인 노력과 경제성을 검토하여야 한다.

따라서 수중 환경 요소에 강한 제약을 최소화하고 기존에 사용하고 있는 음파원격 이탈기와 호환성을 살리기위하여 본 연구에서도 11 [kHz]대의 주파수를 사용하였다.(참조. 주파수와 통달거리관계 도표 : I차 보고서 P.37)

가. 거리측정원리

일반적으로 전파를 이용한 거리측정의 방법은 매질에 대하여 전파의 전달시간을 알고 이 신호가 다시 돌아온 정확한 시간을 측정하여 수식을 만들고 신호에 대한 전자회로를 설계하여 거리를 나타낸다.

같은 방법으로 수중에서의 거리 측정도 음파의 속도를 알면 거리 측정에대한 수식을 얻을 수 있다. Fig. 2 - 2 에서와 같이 해수 표면 (A)에서 음원을 수중으로 보내면 해저에 있는 장비로부터 이 신호를 받는 즉시 응답을 보내게 된다. 이때 음원과 수중장비 간의 거리는 다음과 같다.

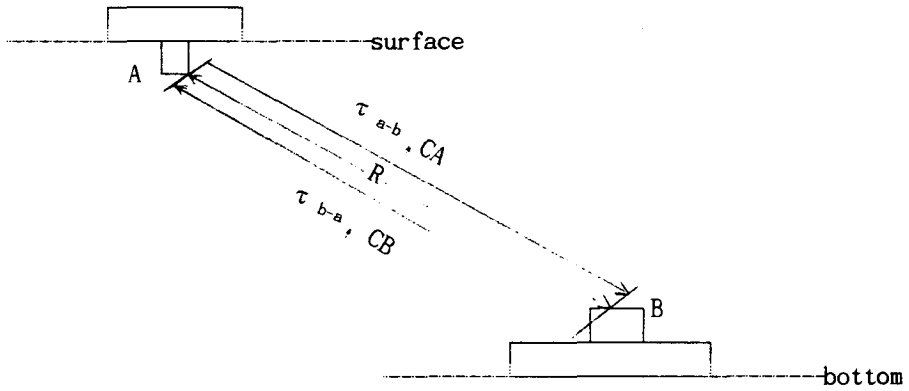


Fig. 2 - 2. Geometry principle for the range measurement.

$$R = \frac{1}{2} \{ (CA \times \tau_{a-b}) + CB \times \tau_{b-a} \} \text{-----}(2 - 1)$$

τ_{a-b} : A에서 B로 음의 전달시간

τ_{b-a} : B에서 A로 음의 전달시간

이때 $CA=CB$ 이고 $\tau_{a-b} = \tau_{b-a}$ 로 놓으면

$$R = \frac{1}{2} \{ (CA + CB) \times (\tau_{a-b} + \tau_{b-a}) \} \text{-----}(2 - 2)$$

이고, $\tau = \tau_{a-b} + \tau_{b-a}$ 이면

$$R = \frac{1}{2} (C \times \tau) \text{ [m]} \text{-----}(2 - 3)$$

으로 계산한다. 즉, 수중에서의 음속 C는

$$C = \frac{1}{2} (CA + CB) \text{-----}(2 - 4)$$

이고 이에대한 일반적인 수중에서의 음속 공식에 의하여

$$C = 1449.2 + 4.6T - 0.055T^2 + 0.00029T^3 + (1.34 - 0.010T)(S - 35) + 0.016Z \text{ -----}(2 - 5)$$

단, C: 수중에서의 음속 [m/s] T: 수온 [°C], S: 염도[%] Z: 수심[m] 이다. (Carl Eckart, 1977)

결과적으로 실제로 사용하고자 하는 해역에서 상기식에 필요한 각종 파라메타에 대한 상수를 구하여 식 (2 - 5)를 이용하여 수중에서의 음속C를 구할 수 있다.

나. 거리계산

다음은 1961년 부터 1982년까지 국립 수산진흥원에서 관측한 22년간의 수온, 염분자료중 그 일부를 인용하여 실제로 계절변화에 따른 수중에서의 음속을 상기 식 (2 - 5)에 의하여 계산하여 실제로 동해에서의 음의 속도를 알아보았다. 관측 위치는 동해 중부 해역 주문진 부근에서 연안선의 수직으로 일본열도 쪽으로 연결된 수산진흥원 정선관측선인 106 Line에서 정점 7에 대하여 2월과 10월 중 수심에 따른 수온과 염분의 평균으로 계산하였으며 어느 특별한 층만 고려하지 않았다. (Table 2 - 1)

Table 2 - 1 에서 2월과 10월의 수심 500m에 대한 평균값을 이용하여 음의 속도를 구하여 보니 2월에는 음속 $C_2=1475.5$ [m/s] 였고 10월에 $C_{10}= 1461.5$ [m/s] 였다. 결과에서와 같이 10월 보다는 2월의 수온이 낮고 따라서 염분이 약간 높기때문에 밀도에 영향을 주어 음속이 약간 빠르게 나타났으며 전자회로의 설계의 어려움으로 두값의 중간값을 취하여 회로를 설계 하였다.

$$C_0 = C_2 + C_{10} = 1468.5 \text{ [m/s]}$$

이상에서 나타난 결과를 식 (2 - 3)에의해서 음원으로 부터 송신된 신호가 다시 원점으로 되돌아 오는 시간(Trun-aruond-time: τ)을 계산 하여보면 τ 는 거리에 대하여 비례하므로 100 [m]에 대한 τ 는

$$\tau = 2R/C[s] \text{ -----}(2 - 6)$$

에서 $\tau = 0.136[s]$ 이다. 또, 여기서 전자회로에서 Counter 에 인가되는 Clock pulse는

Table 2 - 1. Vertical distributions of mean temperature and salinity for 1961-1982 in line 106(Chumunjin section) St.7.

Depth [m]	Temperature [°C]		Salinity [‰]		Remark
	Feb	Oct	Feb	Oct	
0	9.0	19.1	34.20	33.10	
50	7.5	14.0	34.15	33.60	
100	6.5	8.5	34.10	34.05	
200	4.0	3.2	34.05	34.07	
300	2.2	1.6	34.06	34.03	
400	1.4	0.8	34.06	34.03	
500	0.9	0.8	34.06	34.00	
Average	4.5	6.86	34.09	33.84	

자료 : 이흥재 1987. 어해황예보기술 개발연구(I)에서 응용

$C.P = R / \tau$ [Hz] 로 나타낼수 있으므로

$C.P = 100 / 1.36 \times 10^{-2} = 735.3$ [Hz]가되며 이값과 τ 값을 응용

하여 거리를 환산한다.

즉 거리를 나타내는 식을 정리하면

$$R = C.P \times \tau \text{ [m] 이다. -----(2 - 7)}$$

다. 거리측정 회로

Fig. 2 - 3은 거리 측정회로의 구성도이며 τ 는 Transducer에서 신호를 전송하는 순간 부터 Clock-pulse와 조합하여 거리를 환산하게 된다. 전송하는 순간 τ 는 High "On"으로 되며 수신부에서는 Threshold level을 넘어서는 첫번째 신호를 받게 되면 R-S Latch를 Reset시켜 Low "Off"로 되면서 측정된다. 이 τ 를 회로를 통해 계산하여 디지털로 거리가 전시된다.

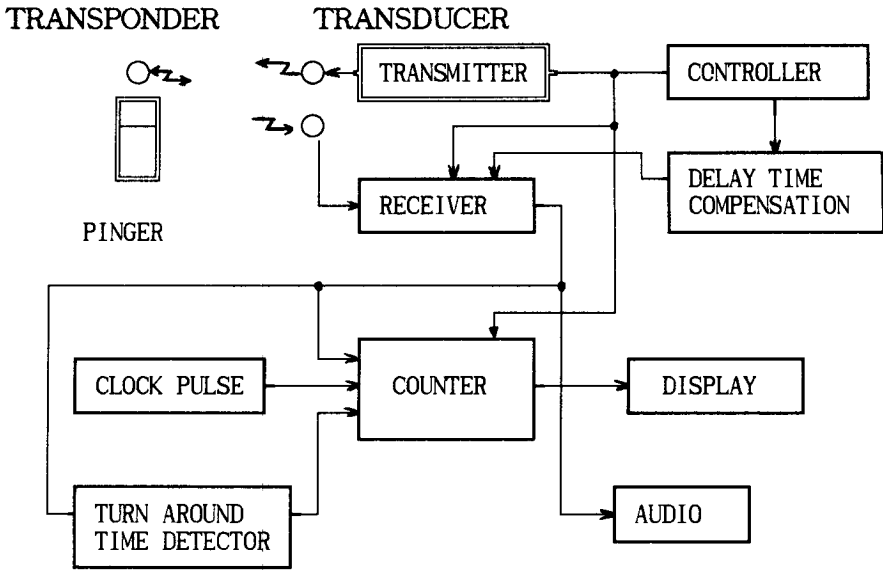


Fig. 2 - 3. Block diagram of the Range measurement

3. 방향 측정 회로

가) 방향 측정 원리

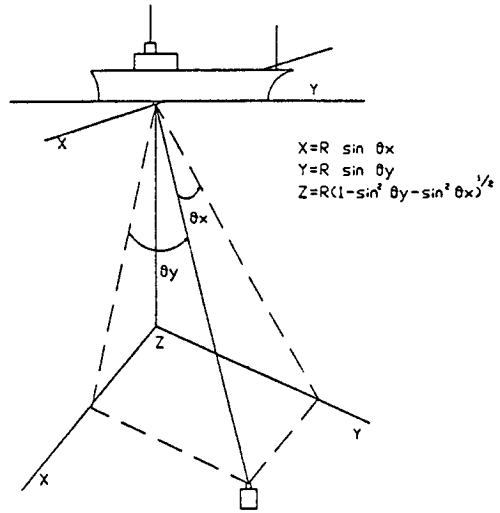
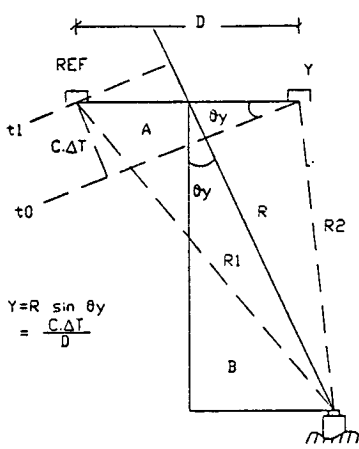
Fig. 2 - 4에서와 같이 방향의 측정방법은 음원으로부터 Hydrophone까지의 음의 도달시간이 서로 다른 ($d\tau$)을 계산하는 원리이다. Hydrophone의 구성은 Y 축은 선박의 선미쪽으로 하고, X축은 선박의 좌현쪽으로, Z축은 해저에 수직한다. 이러한 X.Y.Z에 대한 공간 좌표이므로 각각 직각 방향의 Hydrophone 의 수신되는 음파의 위상차를 계산하고 이미 측정된 X.Y방향의 각도의 의해서 위치를 측정한다.

두 삼각형 A와 B에서 X, Y 축의 거리는

$$\sin \theta_y = R_o \sin \theta_y / R_o = C \times d\tau / D \text{ -----(2 - 8)}$$

$$\left. \begin{aligned} Y &= R \sin \theta_y \\ X &= R \sin \theta_x \end{aligned} \right\} \text{-----(2 - 9)}$$

$$\left. \begin{aligned} Y &= C \times \tau / 2 \times C / D \times d\tau_y \\ X &= C \times \tau / 2 \times C / D \times d\tau_x \end{aligned} \right\} \text{-----(2 - 10)}$$



(a)

(b)

Fig. 2 - 4. (a) The principle of bearing measurement between two sensors (b) The principle of position measurement at space coordinate system

Hydrophone 사이의 위상차는

$$\left. \begin{aligned} \phi &= 2\pi / \lambda (R_1 - R_2) \text{ [radian]} \\ \phi &= 360 / \lambda (R_1 - R_2) \text{ [deg.]} \end{aligned} \right\} \text{-----(2 - 11)}$$

$$R_1 = R + 1/2 D \sin\theta_y \text{ -----(2 - 12)}$$

$$R_2 = R - 1/2 D \sin\theta_y \text{ -----(2 - 13)}$$

$$\begin{aligned} (R_1 - R_2) &= (R + 1/2 D \sin\theta_y) - (R - 1/2 D \sin\theta_y) \\ &= D \sin\theta_y \text{ -----(2 - 14)} \end{aligned}$$

그러므로 위상차는

$$\left. \begin{aligned} \phi_y &= 2\pi / \lambda \times D \sin\theta_y \text{ [radian]} \\ \phi_x &= 2\pi / \lambda \times D \sin\theta_x \text{ [radian]} \end{aligned} \right\} \text{-----(2 - 15)}$$

식 (2 - 15)에서 λ 는 파장이고 D는 기준 hydrophone과 X축, Y축 방향의 Hydrophone 사이의 거리이다. 주파수 f 에 대한 파장을 구하면

$$\begin{aligned}\lambda &= C_0/f = 1468.5 / 11000[\text{Hz}] \\ &= 13.35 [\text{cm}]\end{aligned}$$

보통 위상차로 위치를 측정하고자 할 경우에는 sensor 사이에 거리는 $D \leq \lambda$ 이다. 그러므로 위상차 2π [radian] 에서 최대의 각도 90° 를 측정하기 위한 sensor간의 거리는 13.35 [cm] 이나 계산상의 거리보다 약간 짧은 13 [cm]로 설계 하였다.

$D = 13$ [cm] 에서 90° 에 대한 위상차를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\phi &= 2\pi / \lambda \times D \times \sin \theta_y [\text{radian}] \\ &= 2\pi / 0.1335 \times 0.13 \times 1 = 350.37^\circ \quad \text{-----}(2 - 16)\end{aligned}$$

이 의미는 설계된 수파기로 음파를 수신할 경우에 전자회로 내에서는 350.37° 이내의 모든 각도는 계산되어야 한다는 것이다.

가. 위상차에 대한 Delay time

위치에 대한 상수를 계산하기 위해서는 위상차와 지연시간을 계산하여 전자 회로에서 이 시간을 계산하여 위치를 산출한다.

$$\begin{aligned}\phi &= 2\pi/\lambda \times D \times \sin \phi_y [\text{radian}] \\ &= 360/\lambda \times D \times \sin \phi_y [\text{deg.}] \quad \text{-----}(2 - 17)\end{aligned}$$

$$\sin \theta_y = C \times d\tau/D \quad \text{-----}(2 - 18)$$

식 (2 - 16)과 (2 - 17) 에서 delay time $d\tau$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}d\tau &= \lambda\phi/360 \times C [\text{sec}] \\ &= D/C \sin \theta_y [\text{sec}] \quad \text{-----}(2 - 19)\end{aligned}$$

나. 각도 계산

위상차에 대한 Time delay($d\tau$)와 $\sin\theta$ ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$)에서 $5^\circ - 45^\circ$ 까지의 sine 함수를 근사 선형으로 하여 θ 를 측정하고 식을 구한다.

$$\theta = d\tau \times C.P \text{ [deg.]} \quad \text{-----}(2 - 20)$$

ex) 40° 에서 C.P를 구하고 위상차(ϕ)에 대한 지연시간($d\tau$)을 구해보면
식 (2 - 19)에서 $d\tau$ 구하면 58×10^{-6} [sec]이고

$$C.P = 40/58 \times 10^{-6} = 689655 \text{ [Hz]} \quad \text{-----}(2 - 20-1)$$

이고 다시 C.P의 주기를 계산하면

$$T = 1/f = 1/689655 = 1.45 \times 10^{-6} \text{ [sec]} \text{이다.} \quad \text{-----}(2 - 20-2)$$

이 주기에 대한 전자회로내의 error를 계산해 보면

$$d\tau = T \times C.P \quad \text{-----} (2 - 20-3)$$

$$\text{이며 } = 1.45 \times 10^{-6} \times 689655 = 0.99999 \text{ [deg.]}$$

즉 최대 1° 의 오차가 생기게 되므로 이 오차를 줄이기 위하여 clock Pulse 보다 5 배 이상의 pulse를 만들어 다시 분주시켜 사용하는 방법을 택하였다.

이러한 방법으로 45° 이상의 각도를 계산하고 역시 40° 이하의 각도를 계산하여 설계한다.

해저에 장비를 설치하게되면 이 장비의 위치는 x, y, z이라는 공간 좌표 상에 존재하게 되므로 이를 측정하기 위해서는 거리 및 방향을 알아야 정확한 위치 측정이 가능하다. 기본적으로는 Hydrophone 3개를 적당한 간격으로 배열하게 됨으로서 정확한 위치를 구할 수 있게 된다.

Fig. 2 - 5는 거리 및 방향 계산부로 방향회로의 Block diagram이다. 이 때 회로 구성에 있어서 없어서는 안되는 것이 Count부와 C.P 부, 그리고 $\sin \theta$ 의 보상 회로부이다.

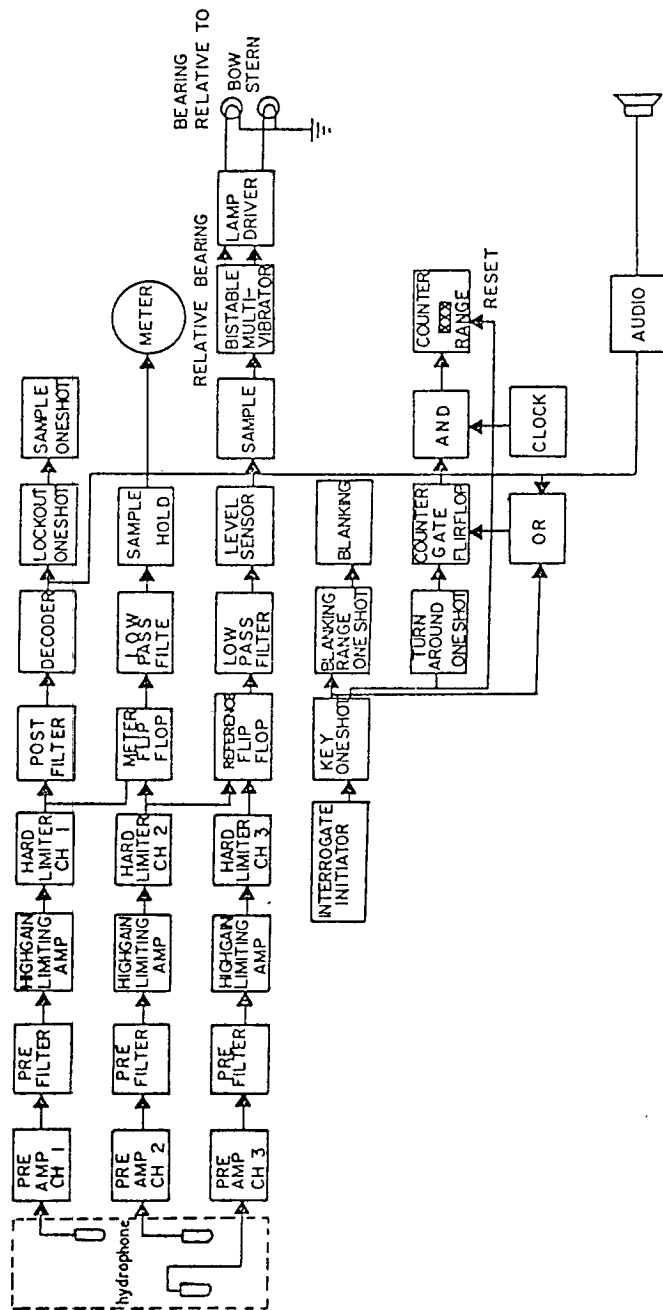


Fig. 2 - 5. Block diagram of range/bearing unit

4. 수중기기

수중에 설치 또는 계류한 구조물이나 해양 관측 장비등의 회수를 위한 장비로 모든 전자회로는 수밀이 완전한 Pressure housing속에 넣어져 있으며 단지 기계적인 작용만 외부에서 이루어진다. 이 장비는 계류 유지를 위한 Tension과 수압에 견딜 수 있는 자체 Housing의 견고성에 따라 천해로부터 심해에 이르기 까지 사용이 가능하다.

이 Unit는 Transponder와 몸체로 되어 있고 Ship board control unit의 Command 신호에 의하여 제어된다. 이러한 질문(Interrogate)과 응답(Reply) 주파수는 9 [kHz]와 11 [kHz]로 사용이 가능하나 본 장비는 11 [kHz]로 작동하도록 하였으며 모든 전자적, 기계적인 동력은 내장된 건전지로서 작동시킨다.

수중기기는 Transducer를 통해 들어오는 명령어를 분석하여 정해진 상태로 작동하면서 핑거를 선상 기기로 보내 줄 수 있게 Fig. 2 - 6과 같이 전자 Board를 구성하였다.

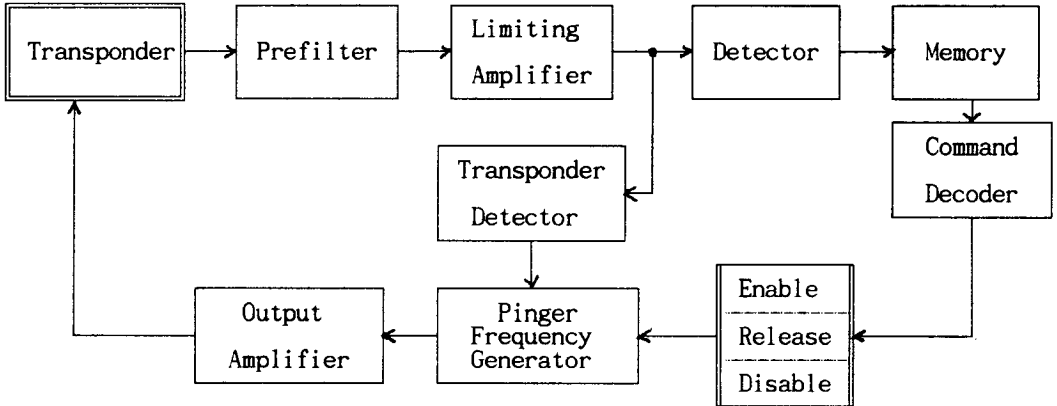


Fig. 2 - 6. Block diagram of Underwater Unit

Pinger 발신은 계류한 후 혹은 회수시에 선상기기의 명령어로 장비의 위치를 확인하기 위해 또는 명령어에 따른 수중 기기의 작동 결과를 확인하기 위한 것이다. 이 방법을 다음과 같이 하였다.

- Release / Timed pinger : 2 회 / 1 초
- Disable / Timed pinger : 송신부 폐쇄 신호인 Disable신호를 받은후 16초 동안 매 1초 간격으로 발신
- Enable : 송신부 회로 개폐

第 2 節 특성

1. 선상기기 (Deck unit)

가. 명령어의 구성 (명령어의 디지털화)

명령신호에 사용된 주파수는 9.365 [KHz] ~ 10.778 [KHz] 이며, 이 주파수 Table 2 - 2과 같이 8개의 기본주파수를 정하여 각 명령어에 따라 8 개의 주파수로 분리시켰다. 그 간격을 대략 200 [Hz]로 하였으며 주위잡음을 고려하여 8 개의 기본주파수중 4개를 선택하여 하나의 명령어로 구성하였다.

Table 2 - 2. Frequency of command signal

명령어	해당 주파수	명령어	해당 주파수
0	9,365 [Hz]	4	10,172 [Hz]
1	9,570 [Hz]	5	10,378 [Hz]
2	9,783 [Hz]	6	10,593 [Hz]
3	9,974 [Hz]	7	10,778 [Hz]

입력 되는 모든 숫자를 주파수의 조합으로 만들어 하나의 Word로 구성하여 전달하는 방법이다. 각 명령어의 신호를 한 장비에 대해 3 개의 조합으로 구성하여 만들었다. 즉 이탈 신호(0 1 2 4), 구동신호(1 3 5 6), 정지신호(1 3 5 7)로 구성 하였다.

나. 신호의 코드화

입력되는 디지털을 일정한 코드로 만들기 위해서는 입력단에서 들어오는 신호를 Encoder를 통하여 입력되는 값에 대한 하나의 명령어 주파수를 Timing control로 조정하여 하나의 명령어 Word로 구성하였다. 즉, 각각의 주파수를 합성하여 입력값에 대한 주파수를 할당하여 FSK(Frequency Shift Keying)와 같은 형식으로 만들어서 위와 같은 명령을 수행할 것이다. 그리고 수중에서의 신호가 정재파가 되는 것을 막기 위하여 연속적으로 16회 정도 반복하여 신호가 정확히 전달될 수 있게 한 것이다.

Fig. 2 - 7은 입력된 값이 Encoder를 통하여 명령어 주파수가 만들어 지고 Multiplexer를 거쳐 명령어가 코드화(Malvino, 1982)되는 과정을 나타 낸것으로 실선의 값들은 구동 신호를 나타 낸다.

다. Timing diagram

명령어 주파수를 설정하기 위해 기본 발진 주파수를 3.072 [MHz]로 하였고 각 전자 Board의 Timing diagram은 Fig. 2 - 8처럼 구성 되었다. Fig. 2 - 8에서보면 Enable signal이 여러단계를 거쳐 Command frequency generator에서 주파수의 조합으로 구성되어 나타나는 것을 알수 있다.

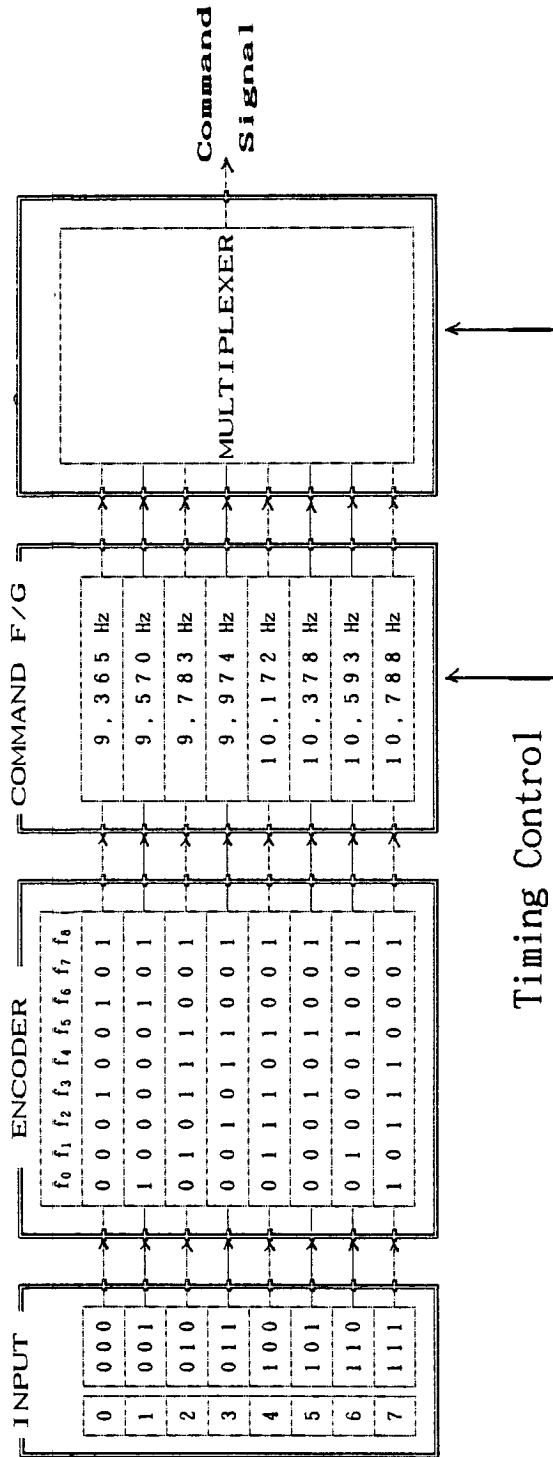


Fig. 2 - 7. Coded of digital input

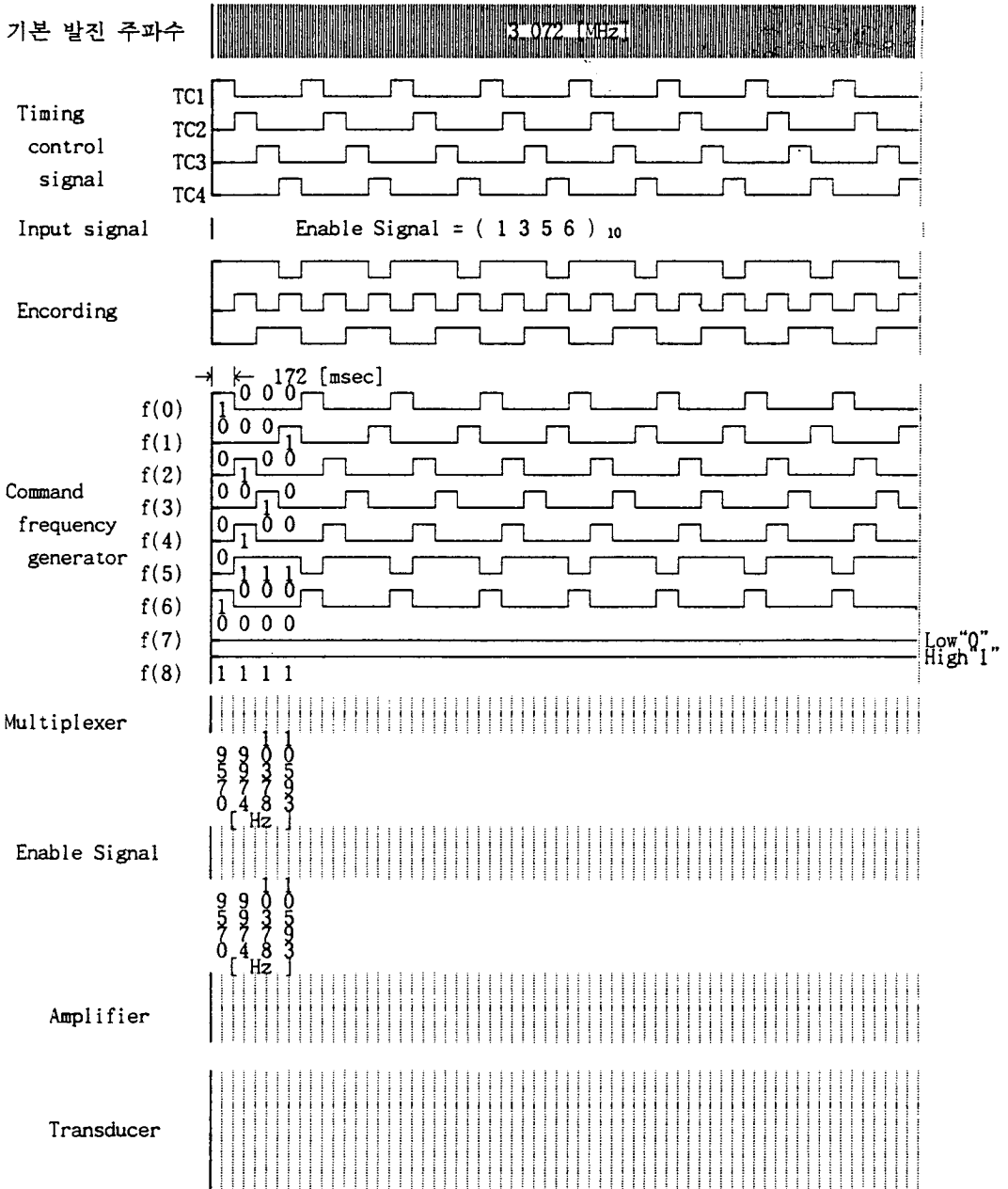


Fig. 2 - 8 Deck command signal timing diagram

라. Transducer의 출력

Transducer와의 정확한 정합은 곧 출력의 효율을 최대로 할 수 있는 것으로 이 회로의 구성은 Fig. 2 - 9와 같으며 Pinger신호 또는 Command 신호가 Input에 들어오면 OP Amp에 의하여 구형파를 사인파(Belove, 1986)로 만들어 T1, T2, T3에서 증폭하게 된다. 출력회로는 Push-pull 증폭회로로 2 단 구성하여 효율을 최대로 높이고 있다.(박, 1985)

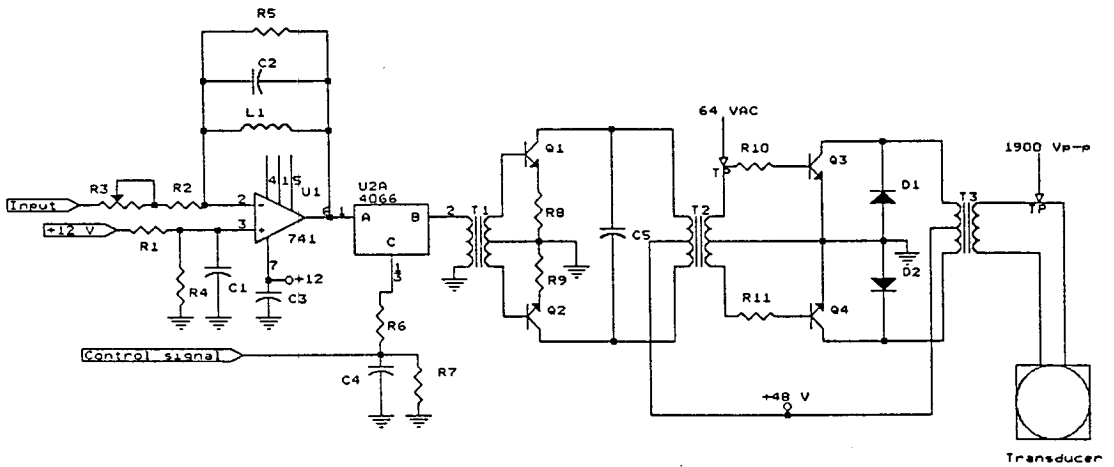


Fig. 2 - 9. Amplifier circuit of command signal

2. 거리 및 방향 측정기 회로

수신부의 기능은 다음과 같다. (참조: Appendix I.)

- Analog 기능
- Logic 기능
- 출력 및 표시기능

가. Analog 회로의 기능

이부분의 기능은 수파기로부터 검출된 미약한 신호를 증폭시킨다. 사용주파수 대역에 있는 모든 잡음 및 신호들을 증폭시켜 hardlimiter amplifier를 거쳐 어느 레벨 이상의 신호로 억압시킨 후 협대역 filter를 통과하게 된다. 이 부분의 회로는 또한 수중 transponder의 신호를 받아 방향을 판별할 수 있는 위상편차 회로가 구성되어 있다.

이미 언급한 바와 같이 수파기는 세개의 수신 소자로 Fig. 2 - 10와 같이 X, Y Z축으로 구성되어 있다. Hardlimiter 역시 prefilter의 주파수와 동일한 대역에 공진되어 있으며 이상적으로 간이진폭 제한기의 기능을 갖고 있다. 이 간이진폭 제한기는 2 단으로 고역(High state "+")와 저역 (Low state "-") 으로 구분된다.

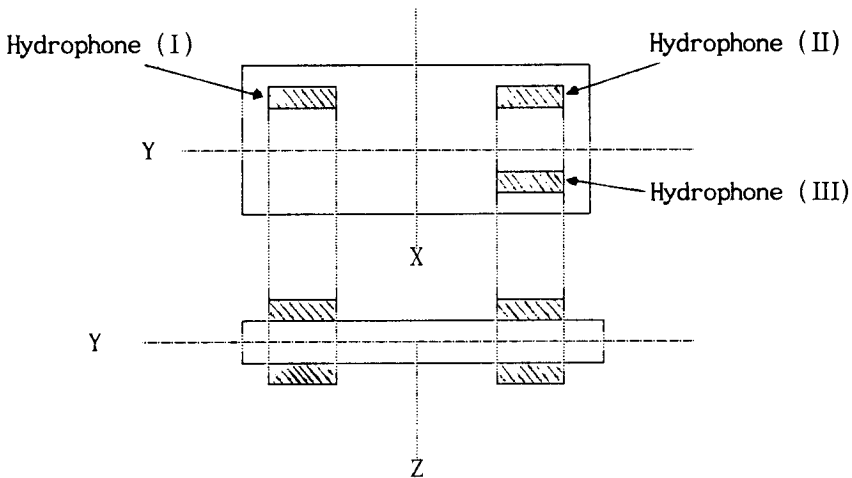
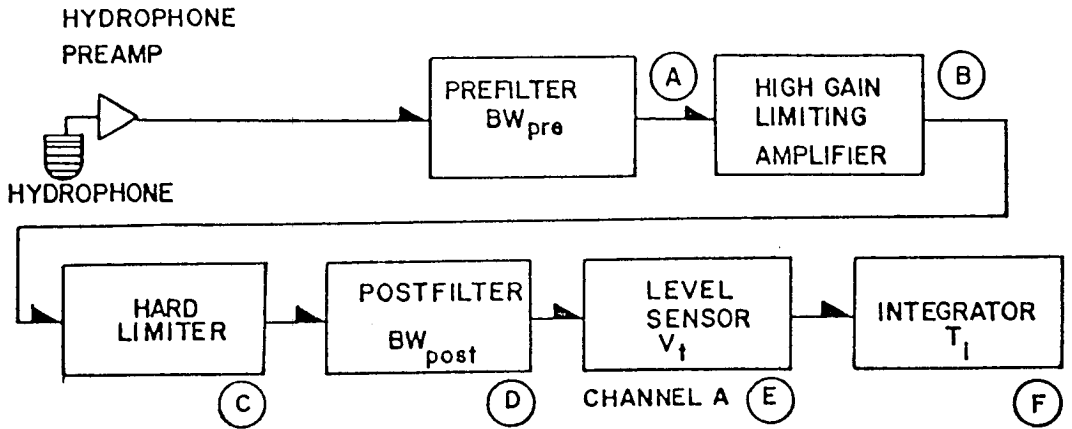


Fig. 2 - 10. Hydrophone structure

즉, Prefilter의 입력이 순간적으로 Positive일 때 그 출력은 High state가 되며 Prefilter의 입력이 순간적으로 Negative가 되면 Low state가 된다. 이 회로에서 Hardlimiter의 전단까지의 이득의 총합은 약 100 [dB]이며 이 증폭기들은 입력신호가 적당한 조건하에서 강력한 초과 신호에 대해서도 그 대처능력이 매우 우수하여야 한다.

고이득 진폭제한기의 출력은 이미 신호의 최대치를 잘라냈으나 충분한 이득을 가지고 있다. 또한 이 단은 온도영향이나 입력신호에 대하여 상당히 안정성을 가져야한다.

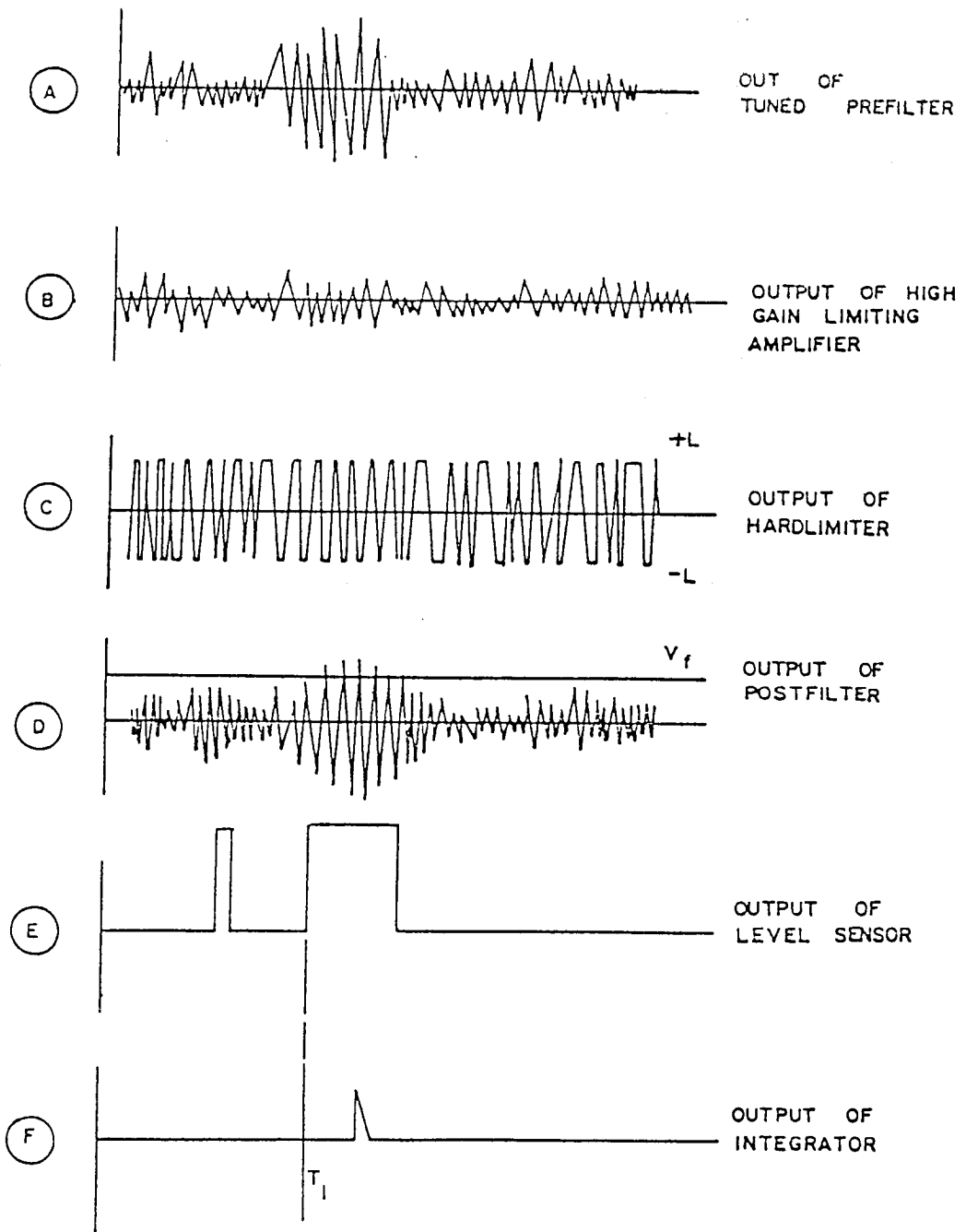
Postfilter는 협대역 Filter로서 Transponder응답 주파수인 11 [kHz]에 공진되어있다. Hardlimiter 출력에서 Postfilter에 인가되는 주파수는 신호대 잡음비가 양호하고 Postfilter대역내를 통과 할 수 있는 주파수들이며 이 Postfilter의 출력은 Continuous wave 로서 증폭도는 filter Q에 의하여 결정된다. Fig. 2 - 11(a), (b)은 analog 각 단의 출력 모양도이다.



NOTE:

○ REFERS TO WAVEFORM
PRESENT AT THIS POINT

(a)



(b)

Fig. 2 - 11 (a) Block diagram of analog (b) Waveforms analog

Postfilter는 Hardlimiting technique 라고 할 수 있는 복조형식의 진폭제한기와 filter이다. Level sensor의 기능은 postfilter와 관계있으며 level sensor 입력 threshold level인 V_t 이상 초과되었을 때 결정된다. 만약 postfilter 출력의 Envelope 가 V_t 이상되었을 때 Level sensor 출력은 변환 상태로 되며 Postfilter envelope이 V_t 이하로 떨어질 때 까지 지속된다. 또 Level sensor 입력이 V_t 초과로 변환 상태로 나타났을 때 Integrator 는 counting 이 시작된다. Level sensor 입력이 이미 결정된 시간 간격(pulse time)이 증지될 때 까지 계속 Integrator로 기능을 한다. 다시 말하면 Level sensor의 출력시간이 integrator의 동작시간이며 이러한 Level sensor나 integrator는 pulse를 이용한 하나의 Decoding network 이다. 이 Decoding network의 목적은 수중속에서의 환경잡음에 대하여 수신능력을 높이기 위한 회로이다.

나. Logic 회로 기능.

Logic 회로의 기능은 수동 및 자동으로 수중 장비와 선상 제어기기 간의 대화와 신호의 Turn around time과 위상차를 합성하여 방향을 계산한다. Fig. 2 - 12에서 Timing diagram을 보면 무응답과 응답의 두 가지 파형을 알 수 있다. Interrogation button인 S1을 수동으로 누르면 t_0 에서 Interrogate initiator 단에서는 Interrogation이 시작되며 Keying의 반복과 발진회로의 발진 주기를 조절하는 외부 가변저항에 의하여 Keying의 반복 비율을 사용하기 편리한 시간(주기)으로 조작한다.

수신부 회로 (Appendix I.참조) 에서 이 부분을 보면 Q38, Q39, Q40 은 단안정 Multivibrator로서 정밀한 시간을 나타내며 한번 Trigger된 것은 "TRIGGER OUT"단자를 통하여 Trigger coder로 사용된다.

이러한 coder를 통하여 수중 장비와 대화를 하고 Q41, Q42의 단안정 multivibrator의 blanking range로 trigger 되며 Q46, Q47인 Flip-flop gate counter로 reset 된다.

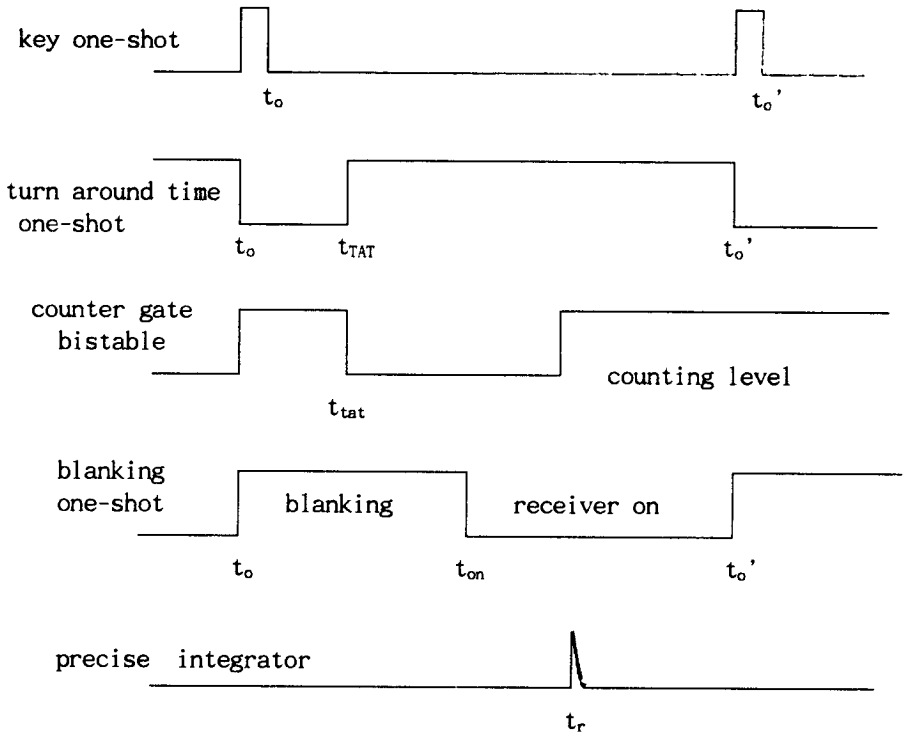


Fig 2 - 12. Timing diagram, reply and no previous reply.

다. 출력 및 표시 회로 기능

다시 Appendix I.의 회로를 보면 Logic 및 출력부분 회로에서 단안정 Multivibrator의 주요 기능은 System의 전체적으로 소요한 시간과 송수신시에 걸리게되는 음파의 펄스 시간과의 비교하는 것이다. 실제로 출력으로 표시되는 것은 펄스의 왕복시간이 아닌 수중장비와의 실 거리임은 이미 앞에서 기술하였다.

단안정 multivibrator가 주기적으로 작동을 시작할 때 reset 를 위해 5.5V의 pulse를 가하면 Q5은 순간적으로 OFF로 바뀌고 Counter는 Zero가 되어 Reset가 된다. 단안정 multivibrator의 회로에서 설정한 공백범위(blanking range) 이내의 어떤 응답도 감지할 수 없도록 하였다. 이러한 수신 공백 시간을 가능한 줄이는 것이 사용 주파수에 인접한 다른 신호나 또는 잡음등이 응답신호로 오인될 가능성을 최소화 시키는 것이다.

선상장비의 출력표시는 거리를 LED로 표시하였고 방향과 각도는 눈금이 있는 아날로그 메타와 선박선수를 기준으로 하여 좌, 우를 표시하는 Lamp로 나타냈다.

3. 수중기기의 회로

가. 전원

부분적으로 저전력 CMOS IC들이 제공하는 아날로그 및 디지털 기능들에 대한 선택폭이 넓어 짐에 힘 입어 Battery로 전원이 공급되는 시스템이 늘고 있다. 부하전류의 크기는 방전 중의 단자전압이나 동작 수명시간에 크게 영향을 끼치며 부하전류를 작게 하는 것이 전지 선택의 자유도를 증가 시킨다. 동작 전압 범위는 전지의 종류를 선택 할때 중요하고, 동작 전압은 사용 전지의 직렬수에 관계 된다.

해중에 있는 장비의 전원은 Battery를 사용하여야 한다. 지금 까지 Buoy의 전원, 비상신호, 자동 수중 센서, 다른 항해 목적으로 바다에 알맞게 모두가 해수의 침투를 방지 할 수 있게 단단한 Case 내에 들어가든가 아니면 스스로 알맞은 방법으로 발전되어 가고 있다.

수중기기의 상태를 고려해 볼 때 장비 계류시 보통 2 ~ 3 개월을 수중에 있어야 하므로 소비 전력이 매우 적어야 한다. 이 때 필요 전원은 두 부분으로 나누어 진다. 하나는 IC 부품들을 작동 시킬 수 있는 전원 DC 12 [V]와 다른 하나는 Transducer의 출력을 증폭하기 위한 전원 DC 24 [V]이다. 장비의 크기를 고려하여 Battery의 크기는 1.5 V의 C Type Size로 사용 했다.(전, 1991)

나. Prefilter and Limiting amplifier (Fig. 2 - 13)

Transponder에서 감지된 미약한 신호를 OP Amp LM 358과 차동 증폭회로 Q3, Q4, Q7, Q8에 2SC 945 Tr을 사용하여 약 100 [dB]를 증폭하여 주파수 10 [KHz] \pm 1 [KHz] 사이의 주파수들 만을 받아 들이는 Bandpass filter의 역할을 한다. 이때 Detector Amp 초단에 수신된 주파수가 구형파로 약 4.3 V_{p-p}의 신호가 나간다.

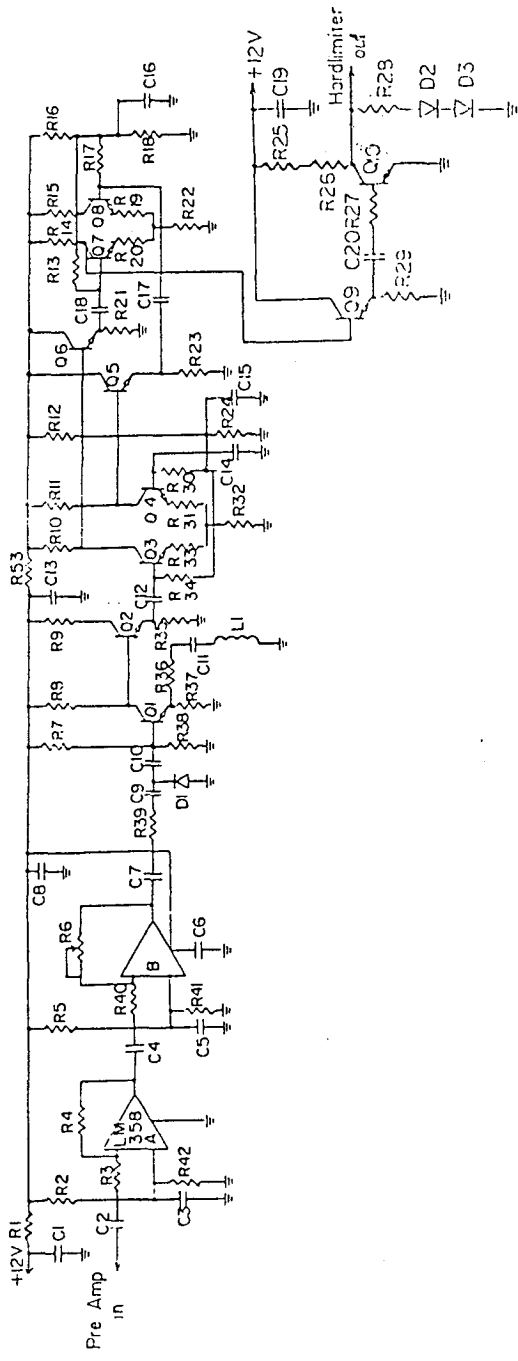


Fig. 2 - 13 . Prefilter and Limiting amplifier circuit

다. Detector

Prefilter를 통하여 들어온 신호를 Table 2 - 2의 명령 주파수만을 통과할 수 있게 Fig. 2 - 14를 구성하였다. 초단 Q1 에서 R1의 Bias 저항을 둔 이유는 전원 전압 강하에 대한 대비와 입력되는 Command 신호의 Level이 약하더라도 검출될 수 있도록 하였다.

Q1을 통한 신호는 Prefilter 인 C1, L1 에서 공진하며 C1, L1 각각의 설정된 주파수에서만 공진하도록 하였다. 공진회로를 거친 신호는 C2를 통하여 전계효과가 월등한 Q2인 FET Gate에 인가된다. Q1 - Q4는 Postfilter인 L1, C1과 2 차 공진 회로인 T1 1차측 사이에 Buffer작용을 해준다. T1 1차측에서 다시한번 공진한 Command 신호는 T1 2차측에 유기되어 Bridge rectifier에 의하여 AC 성분인 Envelope을 제거 당하게 된다. R6와 C4는 Lowpass filter로 작용하며 Q6는 스위칭 트랜지스터로서의 역할을 한다. 즉 Base에 전류가 흘러서 Collector와 Emitter간이 도통하여 그 사이의 전압 V_{α} 가 거의 0 [V]로 되면 CD 4069를 통해 그동안의 출력은 High(V_{cc}) 로 되는 Level sensor로 동작한다.

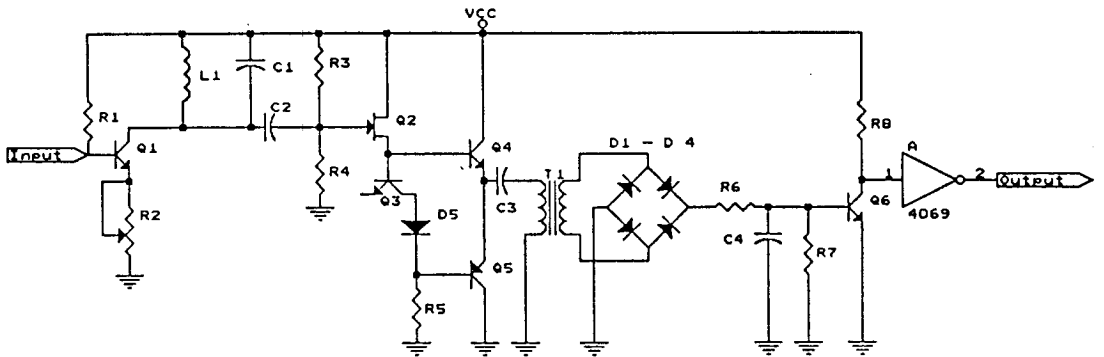


Fig. 2 - 14. Detector Circuit

라. Memory

각 Channel의 신호는 Fig. 2 - 15의 Input단에 각각의 Channel로 신호가 가해진다. 4개의 Channel에서는 순서대로 각각의 신호를 받았을 때 U1은 Monostable Multivibrator로 Negative Edge Trigger로 발진하며 약 0.65 [sec] 동안 U1 pin 10번 단자로 신호를 내보내며 U2는 Positive NOR R/S Latch로 일단 Set 상태로된 U2의 출력은 Summing network을 통하여 다음 단계인 Command Circuit로 들어간다.

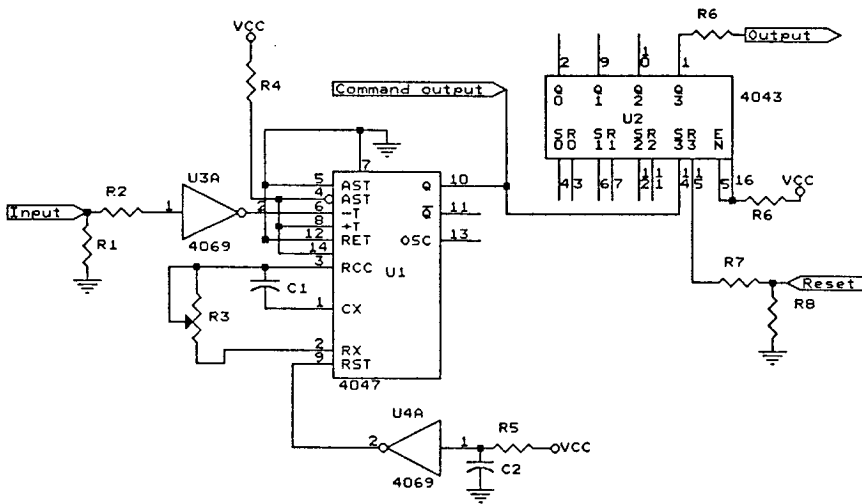


Fig. 2 - 15 . Memory Circuit

마. Command circuit (Appendix K - 1)

Channel 0 - 7 까지의 Memory 회로 출력 Pulse는 4 Input Nand Gate인 CD 4012에 4 개의 신호가 172 [ms]의 간격으로 들어감으로서 설정된 명령어를 수행하게 되어 Disable, Release 및 Enable의 신호를 각각 50 [ms] 발생시킨다.

바. Transponder Detector (Appendix K - 2)

Command에서 발생된 신호를 선상의 기기에 알려주는 역할을 하며 Release / Timed pinger가 인가되면 초당 2 회씩 발신하고, Disable / Timed pinger 신호가 들어오면 16초 동안 매 1초 간격으로 발신하며, Enable신호가 들어오면 수신할 수 있는 준비 상태로 들어가게 된다.

사. Release 부

이 전자회로는 적은 힘을 축적하여 큰힘으로 방출시킬 수 있는 것으로 기존 제품들은 이탈용의 전원을 따로 사용하고 있으나 본 장비는 이탈시키는 동안만 고전압으로 바꾸어 Timer에 의하여 약 1분간 충전 시켰다가 방출시켜서 Magnetic 스위치가 구동하여 이탈되게 만들었다.

Fig. 2 - 16는 Release 부분의 구성도이며 신호를 받으면 CD 4047이 Monostable multivibrator로 동작되며 1분 Timer로 작동하면서 DC to DC Converter 발진부(20 [kHz])를 1 분간 구동시켜 고전압이 CT에 충전되는 것이다.

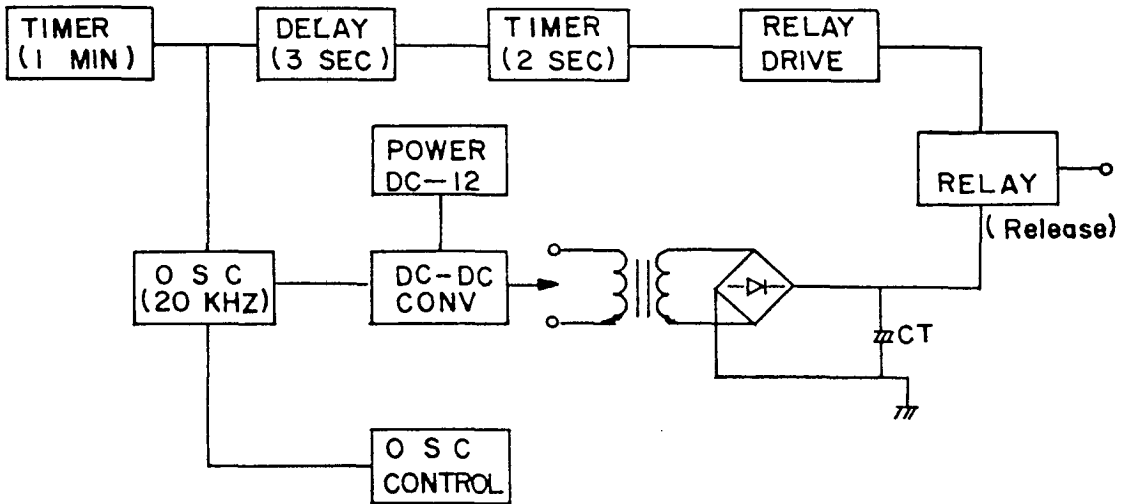


Fig. 2 - 16. Release firing block diagram

第 3 章 송·수파기의 특성

전기음향은 음의 입력에서부터 증폭 및 재생에 이르기까지의 모든 단계의 전기, 전자 장치들을 다루는 전자공학의 한 중요한 분야이다. 전기 음향 기술의 궁극적인 목적은 좋은 재생 즉 원하는 올바른 신호를 얻는 것으로서 이를 위해서 재생음에 영향을 줄 수 있는 모든 요소들을 추적 분석하며 전자 장치의 기능을 개선하는 것으로 요약할 수 있다.

각 단계에 의한 주요 장치들을 살펴보면 다음과 같다.

음의 입력 장치 : 마이크로폰

녹음장치 : 테이프 녹음기, Turntable, Compact disk

증폭 및 조정장치 : 증폭기, Turner, Equalizer

재생 장치 : 스피커

위에 언급된 음의 입력 장치는 수중에서는 Hydrophone으로 대체될 수 있고 재생장치인 스피커는 Projector로 대체하여 설명할 수 있다.

신호를 올바르게 수중에서 전달되게 하려면 해양환경을 올바르게 분석하여야 한다. 환경에 맞는 출력의 선택, 신호간격, 주파수 설정 등 다양한 해양 환경의 변화에 맞는 특성이 요구된다. 공기중에서의 실험을 효율적으로 하기 위하여 마이크와 스피커를 사용하여 수중에서의 실험에 대한 기초를 마련하였다.

第 1 節 스피커(전, 1992 수중음파 측정기술)

전기적 신호를 물리적으로 진동시켜 음향 신호로 변환하는 변환기의 하나로 스피커를 사용하고 있다. 여기서 우리는 스피커를 사용하여 공기중에서의 실험을 통한 후 실제적인 수중에서의 실험을 위해 사용하였다.

1. 스피커의 일반적인 특성

스피커의 성능 측정과 특성을 나타내는 주요 데이터로서는 전기적 임피던스, 주파수 반응, 비선형 왜곡(Distortion), 지향성 효율 등을 들 수 있다. 우선 이들 각각의 측정 방법에 대해서 살펴보고자 한다.

가. 전기 임피던스

스피커의 측정시 전기 임피던스, 정격 임피던스, 스피커 측정 전원 임피던스와 증폭기 출력 임피던스는 매우 중요한 요소이다. 이들은 스피커 자체에 관련된 문제일 뿐만 아니라 신호를 공급하는 전원과의 관계에서도 중요한 역할을 한다. 또한 파워전달, 주파수 반응, 비선형왜곡(Distortion), 특성 등과 같은 양을 적절한 조건하에서 측정하기 위해서라도 이들 값의 결정은 매우 중요하다.

1) 스피커의 전기 임피던스

스피커의 전기 임피던스는 스피커의 입력 단자에서 측정한 주파수별 복소 전기 임피던스이다. 이는 스피커 입력 단자에 가해진 전압과 전류의 위상관계 및 크기를 측정하여 결정한다. 이 때 전압과 전류는 정현파이어야 한다. 이의 표현은 복소 형태로 주어 지는데 크기와 위상을 주파수의 함수로 나타내거나, 저항과 리액턴스 성분을 주파수의 함수로 나타낸다.

2) 스피커의 정격 임피던스(Z_R)

스피커의 정격 임피던스는 순수한 저항값으로 이는 전원으로부터 스피커에 공급되는 전력을 측정하기 위해 대치된다. 예를 들어 스피커의 정격 임피던스가 R [ohm] 일 경우 증폭기의 출력을 측정하기 위해서는 저항 R [ohm]을 증폭기의 출력 단자에 연결하여 측정한다.

3) 스피커 측정 전원 임피던스(Z_p)와 증폭기 출력 임피던스(Z_G)

스피커 측정 전원 임피던스는 스피커의 성능을 시험하기 위해 스피커 및 일정 전원과 직렬로 연결되는 순수한 저항의 값이다. 증폭기 출력 임피던스는 스피커에 전력을 공급하는 증폭기의 출력 단자에서 측정된 내부 임피던스를 말한다.

나. 주파수 반응

스피커의 기준 음압 반응은 정규 음압 반응으로서 스피커의 주축상 1 [m] 떨어진 자유음장에서 측정된 음압과 스피커의 정격 임피던스에 공급된 전력과의 비로 주어지며 단위는 dB이다. 이 기준 음압 반응을 주파수 반응이라고 하는데 측정하기 위해서는 Fig. 3 - 1과 같이 무향실에 스피커를 설치한 후 제조회사에서 명시한 주축이 있는 경우에는 스피커 중심에서 스피커 면에 수직한 축상에 마이크로폰을 설치한다. 이 때 스피커와 마이크로폰 사이의 거리는 자유음장을 얻기위해 적어도 스피커 직경의 3배는 되어야 하는 데 일반적으로 1 [m]로 한다. 스피커의 주파수 반응을 표시하기 위해서는 스피커와 마이크로폰과의 거리, 스피커의 정격 임피던스, 이에 가해진 전력, 스피커 측정에 사용된 전원의 임피던스를 명시하여야 한다.

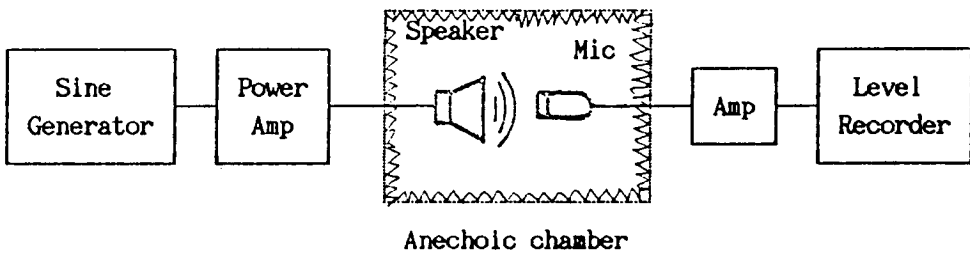


Fig. 3 - 1. Frequency response of speaker measurement system

다. 정격효율

스피커의 정격효율 η 는 주파수에 따라 그 값을 달리하며, 전력을 음향파워로 변환시키는 능력 뿐만 아니라 전원으로부터 전력을 받아 들이는 능력에도 의존한다. 이는 음향파워 출력 W 와 스피커의 정격 임피던스에 공급해 준 전력 P_E 와의 비에 의해서 다음과 같이 주어진다.

$$\eta = 10 \text{ Log}_{10} (W / P_E) \quad \text{--- (3 - 1)}$$

라. 지향 특성

스피커의 지향계수는 스피커 주축상 자유 음장에서의 음향 Intensity와 스피커 중심을 원점으로하는 구면상의 평균 음향 Intensity와의 비로서 주어진다. 이를 나타내기 위해서는 주파수를 명시하여야 하며 측정위치는 스피커로 부터 충분히 멀어서 측정위치에서는 구면파를 형성하여야 한다. 지향 지수는 지향계수에 상용대수를 취해 [dB]로 나타내면

$$K_L = 10 \text{ Log} \left(\frac{I_r}{I_a} \right)$$

I_r : 주축상 거리 r 에서의 자유음장 Intensity
 I_a : 음향파워/ $4\pi r^2$ 로 평균 음향 Intensity

이다.

마. 비선형 왜곡

스피커의 비선형 왜곡은 음향 출력과 전기 입력사이의 비선형에 의한 불필요한 파형의 변화이다. 이러한 왜곡은 스피커 출력의 유효크기를 제한하는 하나의 요소가 된다. 스피커의 중요한 비선형 원인으로서는 ① 스피커의 역학적 진동 시스템에 있어서 가해진 힘과 변위 사이의 비선형, ② 역학적 진동 시스템을 가동시키기 위한 자장의 불균형 ③특히 호온 스피커에 있어서는 대기 자체의 불균일성 등을 들 수 있다. 처음의 두 원인은 주로 변위가 큰 저주파에서 왜곡을 발생 시키고 세번째 원인은 고주파에서 심한 왜곡을 심한 왜곡을 유발시킨다.

- 고조파 왜곡 (Harmonic distortion)

비선형의 결과로 전기신호 입력에는 없는 주파수 성분이 음향출력에 나타난다. 단일 주파수 입력에 대해 이러한 비선형 왜곡은 입력 주파수의 정수배로 주어지는 고조파 및 입력 주파수를 정수로 나눈 저조파 왜곡을 발생시킨다. 총 고조파의 율을 측정하기 위해서는 고조파 통과여파기를 사용하여 입력 주파수 성분 및 그 이하의 주파수 성분을 제외한 나머지 고조파 성분을 감쇄없이 통과시킨다. 이를 측정하기 위한 시스템은 Fig. 3 - 2와 같다. 마찬가지로 총 저주파의 왜곡율을 측정하기 위해서는 저주파 통과 여파기를 사용하여 동일한 방법으로 측정한다.

스피커 설계를 위해서는 총 고조파의 왜곡율보다 좀더 세밀한 분석을 위해 개별 고조파 왜곡도를 측정한다. 이를 측정하기 위해서는 대역 통과 여파기를 사용하여 필요한 주파수 성분만을 통과시킨다.

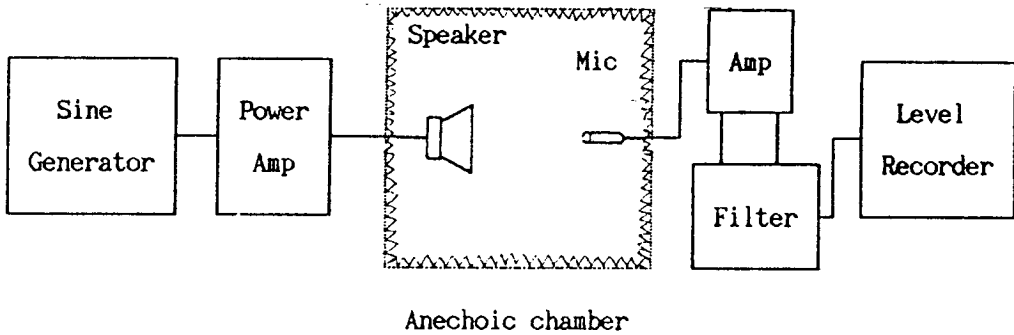


Fig. 3 - 2. Harmonic distortion measurement system

2. Piezo Ceramic speaker

이 스피커는 호온형 유닛(Fig. 3 - 3)으로 실제의 음압을 발생시키는 구동부와 발생된 음압을 능률적으로 방사시키는 나팔 부분으로 이루어진다. 코온형이나 도움형 등은 진동판이 직접 공기에 접해있기 때문에 직접 방사형이라고 하는데 반해 호온형 유닛은 호온의 안쪽에 진동판이 있고 음압은 호온에 의하여 유도되어 방사되기 때문에 간접 방사형이라고 한다. 적당한 모양의 호온을 작은 모양의 음원에 부착 시키는 것은 낮은 주파수에서 그 음향 출력을 현저히 증가시킨다. 이러한 호온은 상대적으로 무거운 진동 피스톤의 부하 임피던스를 공기의 부하 임피던스에 효과적으로 잘 정합 시키는 음향 트랜스의 역할을 한다. 특히 호온의 목 부분에서, 낮은 주파수의 음향저항은 무향 조절판 내에서 진동하는 같은 면적의 피스톤에 작용하게 되는 저항보다 훨씬 커서 음원에 걸린 호온의 출력은 크게된다. 그러나, 높은 주파수에서는 음원이 좁은 빔(Beam)과 같이 소리를 방사하기 때문에 호온의 효과가 거의 없다. (음향, 1991)

호온의 가장 중요한 특성은 그 목부분의 임피던스가 주파수에 따라 변하는 것이다. 이 목부분의 임피던스는 목의 면적, 입구의 면적 그리고 호온의 단면적 증가율에 대한 함수이다.

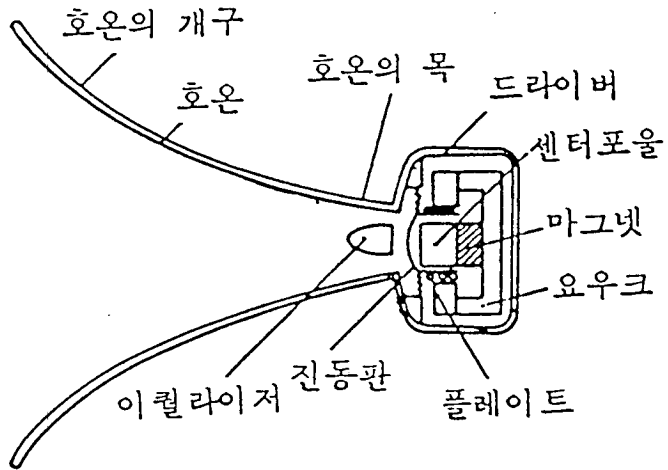


Fig. 3 - 3. Horn Unit

전기 에너지를 음향 에너지로 변환 시킬때 고려해야 할 사항은 전기적 음향 효율, 주파수 특성, 선형성, 순간적 반응, 크기, 내구성, 전력 허용 용량, 가격 등이다.

여기서 사용된 스피커의 특성은 Fig. 3 - 4와 같다.

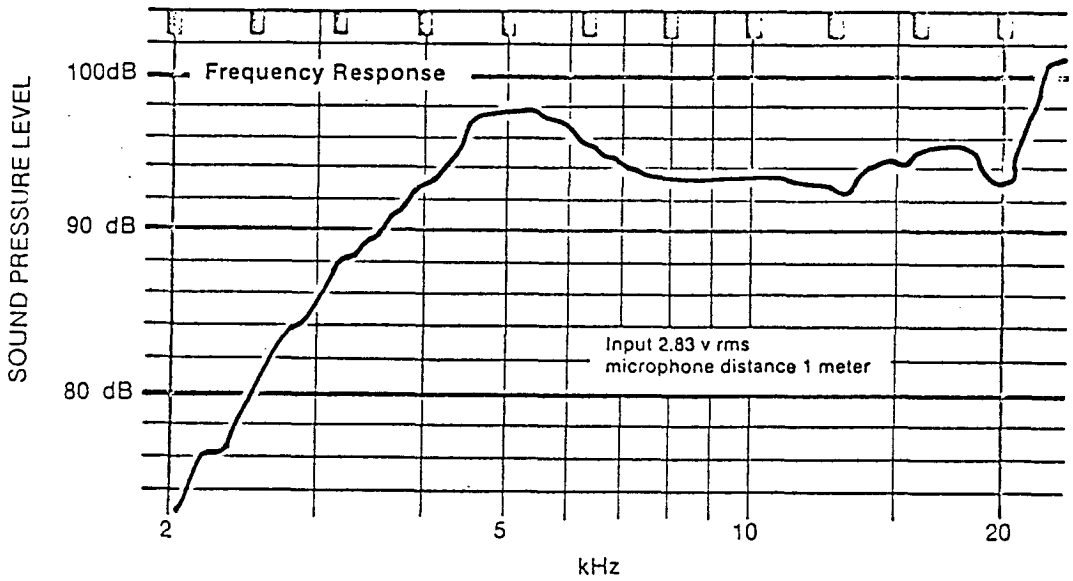
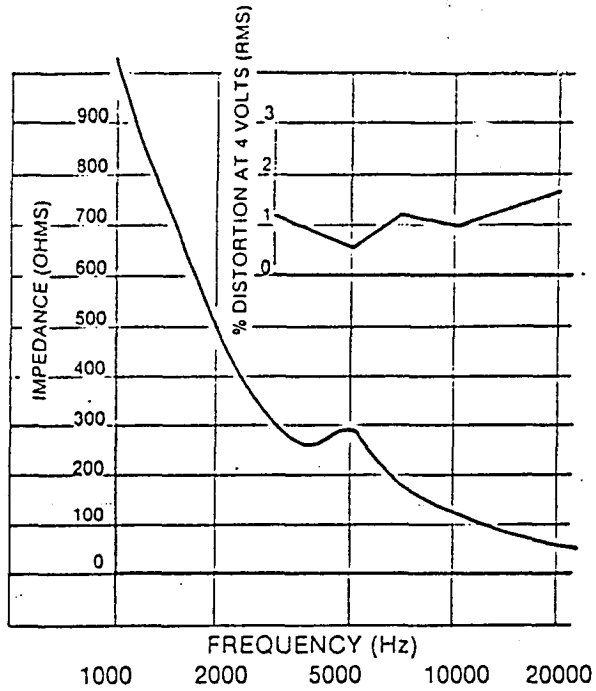


Fig. 3 - 4. Character of Piezo ceramic speaker

第 2 節 마이크로폰 (전, 1992 수중음파 측정기술)

음향 측정에서 정밀도와 안정도가 높아서 가장 많이 쓰이는 마이크로폰은 콘덴서 마이크로폰이다. 콘덴서 마이크로폰은 높은 내부 임피던스를 갖고 있기 때문에 마이크로폰 출력 단계에서 전치 증폭기를 필요로 하며, 전치 증폭기의 높은 임피던스는 회로내에 잡음을 야기시킬 수 있다. 또한 이 마이크로폰은 전지나 또는 아주 잘 정류된 출력을 가진 정류기로 부터 200 ~ 400 볼트의 분극 전압을 필요로 한다. 이러한 단점 때문에 콘덴서 마이크로폰은 크리스탈 마이크로폰이나 가동코일 마이크로폰 등에 비해서 일반 용도로도 많이 쓰이지는 않으나 정밀 음향측정과 고감도 녹음등에 널리 사용되고 있다. 콘덴서 마이크로폰은 Fig. 3 - 5 (a) 와 같이 고정된 백플레이트와 얇은 평행 금속 진동판으로 구성되어 있다.

백플레이트는 마이크로폰의 나머지 부분과 절연되어 있고 Fig. 3 - 5에서 보는 바와 같이 분극전압 E_0 가 백플레이트와 진동판에 작용한다. 음파가 진동판에 입사 되었을 때 생기는 진동판의 변위는 마이크로폰의 용량 C 를 변화시키며, 이에 의해서 부하저항 R_L 에 신호 전압 e_s 이 발생된다.

마이크로폰의 특성은 일차적으로 주파수에 따른 반응감도와 동적 범위에 의해서 결정된다. 반응감도 M 은 마이크로폰의 진동막에 균일하게 가해진 음압 p 에 대한 출력단자의 개방회로 전압(open-circuit voltage) e 의 비로서 주어진다.

$$M = \frac{e}{p}$$

대개의 변환기가 그렇듯이 일정한 입력에 대해 출력치가 큰것이 이상적이다. 마이크로폰의 경우도 우선 반응 감도가 높은 것이 바람직하다. 그러나 특히 정밀 측정용 마이크로폰에서는 이와 함께 따른 반응감도가 일정한 값을 가져야 한다.

Table 3 - 1는 본 연구의 실험을 위하여 사용한 것으로 특징은 특수구조에 의해서 광대역이며, 고감도로 작동거리를 크게 잡을 수 있다. 그리고 내습, 온도특성이 뛰어나며, 내진동, 내충격 특성이 뛰어나다.

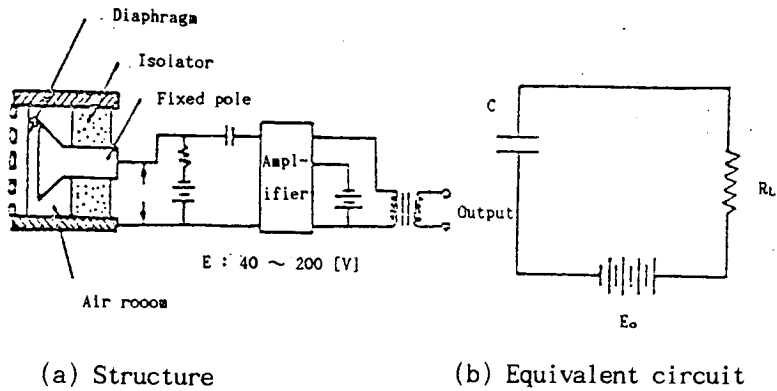


Fig. 3 - 5. Condenser Microphone

Table 3 - 1 Ultrasonic sensor (MA23L3)

형 명		MA23L3
전기음향특성	공진주파수	23kHz
	감도 (max감도)	-70dB/V/ μ bar이상
	대역폭	-73dB/V/ μ bar이상 (20~26kHz로)
	정전용량	2800pF
	절연저항	100M Ω 이상
	허용 입력전압	연속 20Vrms
내후특성	온도특성	-20~+60° C에서 감도변화는 10dB이내
	내습특성	온도40° C, 습도90~95%RH의 습도중에 100 시간 방치한 후 측정했을 때의 감도변화는 3dB이내
성능특성	내충격특성	충격가속도 100G(6ms) 의 충격을 서로 직각의 방향으로 1 방향당 3회, 합계 9회 부가한 후의 감도변화는 3dB이내
	내진동특성	전진폭1.5mm, 진동수600~3300rpm, 주기 1분간의 진동을 서로 직각의 3방향으로 1방향당 2시간, 합계6시간 부가한 후 측정했을때의 감도변화는 3dB이내

第 3 節 Hydrophone

Hydrophone이 갖는 음압을 측정시 중요한 것은 얼마만큼 신뢰할 수 있고 그 결과가 반복되느냐에 있다. 현장과 동일한 조건에서의 측정이 가능하다면 문제가 없지만 온도와 압력 그리고 장비의 감도에 따라 변화하기 때문에 Hydrophone의 교정은 매우 중요하다. 교정없이 다른 시간에 비교한것 또는 다른 장소에서 나타난 값은 실제로 믿을 수 없다.

Hydrophone이 해수의 음장에 있을때 Incident Pressure Waves의 주파수에서의 진동 Sensitivity는 발생하는 전압 $e[V]$ 는 압력 $p[in \mu Pa]$ 에 비례 하며 Hydrophone Sensitivity (M_t)는

$$M_t = \frac{e}{p} \quad \text{----- (3 - 2)}$$

이고 다시 dB로 나타내면

$$M_t [dB] = 20 \log \frac{e}{p} \quad (\text{re } 1 [V/\mu Pa])$$

이다.

실험실에서의 교정은 주파수를 0.1 [Hz] ~ 1 [Hz], 50 [Hz] ~ 4 [kHz], 3 [kHz] ~ 200 [kHz]로 나누어서 하는데 여기서는 3 [kHz] ~ 200 [kHz]에 대해서만 알아 보았다.

Projector로서 사용되는 잘 알려진 Transmitting sensitivity의 기준 Hydrophone과 임의의 Hydrophone을 이 주파수대에서 Projector를 사용하여 교정하는 방법이다. 이 방법은 Fig. 3 - 6과 같이 설치하여 할 수 있다. 이 때 수조는 음의 반사, 벽 또는 바다, 물의 표면으로 부터 반사 되지 않아야 하므로 수조내에서의 정확한 위치를 선정하여 연속적인 신호를 보내야 한다.

Gating System은 신호의 반사를 줄이는데 쓰이는데 신호 발생기의 신호를 펄스로 보내준다. 증폭된 신호는 Projector를 통하여 전달되면 Hydrophone은 신호를 받아 증폭한후 고역 필터를 통한후 신호를 펄스폭과 일치 시켜 신호를 보내게 되면 Fig. 3 - 6과 같은 신호를 얻게 된다.

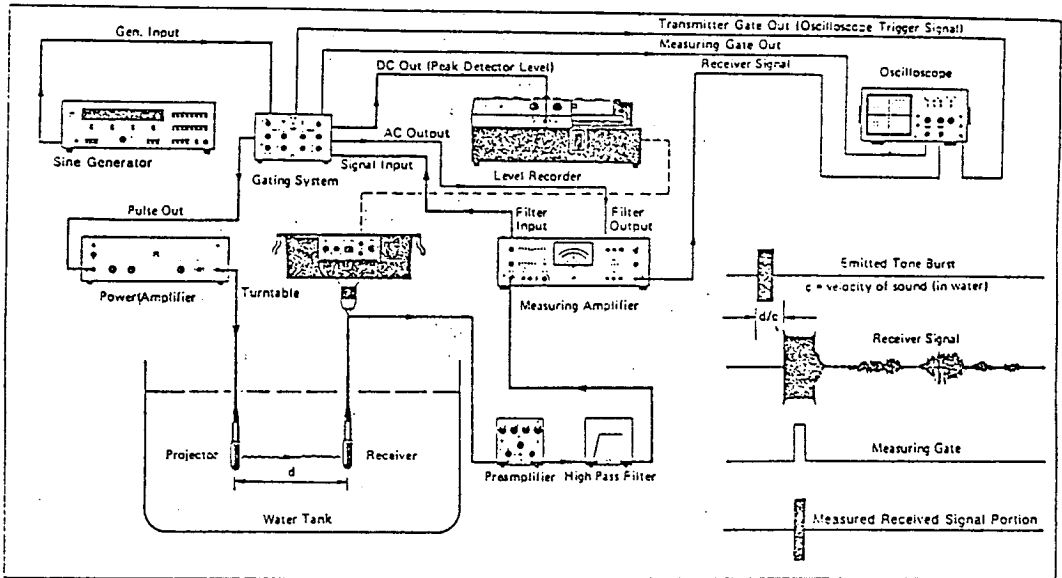


Fig. 3 - 6. Set-up for calibration in the 3 [kHz] ~ 200 [kHz] range by the calibrated projector method

Hydrophone sensitivity를 계산하면 다음과 같이 얻을 수 있다. Projector가 1 [m] 거리에 S_v [$\mu\text{Pa}/\text{V}$]이라면 임의의 Hydrophone에 직접 가해지는 음압은

$$p^2 = \frac{E^2 S_v^2}{d^2} \quad \text{--- (3 - 3)}$$

E : the sensitivity of the projector, the voltage applied
d : the hydrophone separation

이고 Hydrophone의 sensitivity는 식 (3 - 2), (3 - 3)로부터

$$M_t = \frac{ed}{ES_v}$$

이고 다시 [dB]로 표현하면

$$M_t [\text{dB}] = 20 (\log_{10} d + \log_{10} e - \log_{10} E - \log_{10} S_v) \text{ 이다.}$$

第 4 節 Piezo 전기 변환기

공기에 비하여 물의 고유 음향 특성 임피던스 때문에, 액체(물)에서 사용하도록 고안된 변환기의 진동 소자는 액체와 임피던스 정합을 잘하기 위해 작은 변위에서 큰 힘을 발생시킬 수 있어야 한다. 가장 일반적으로 사용되는 그러한 변환기의 소자의 유형은 압전 효과에 의해 동작한다. 일반적으로 사용되는 압전 진동자는 석영, 로셀염, ADP(ammonium dihydrogen phosphate), 그리고 barium titanate 또는 그와 유사한 강한 ferroelectric 성질을 갖는 유전체와 같은 주로 세라믹 물질로 만든다. 두번째 그룹의 변환기 진동자 소자는 닛켈이나 어떤 닛켈합금의 강한 Magnetostrictive 효과를 이용한 것이다. 세번째 유형의 변환기는 코일에 교류를 가하여 생기는 전자석과 액체와 접촉되어 있는 단단한 원형 금속판 사이에서 변화하는 흡입력을 이용한 것이다.

1. 등가회로의 일반이론(차, 1976)

압전 변환기의 기계적 소자와 전기적 소자사이의 관계를 보면 변환기는 두개의 전기적 입력 단자와 두개의 기계적출력 단자로 구성된 네단자로회로로 나타낼수 있다.(Fig. 3 - 7) 만약 교류 전압 E 가 입력 단자에 인가된다면 전류는 다음 식과 같이 흐를 것이다.

$$I = Y_E E - \phi U \quad \text{--- (3 - 4)}$$

여기서 Y_E 는 $U=0$ 에 대응되는 소위 차단된 전기적 입력 어드미턴스이다. 그리고 ϕ 는 변환기의 전기적 측면에서 단락된 회로에 압전기적으로 유기된 전류와 관련 시키는 변환 계수이다.

그에 대응하여, 만일 변환기의 기계적인 측면으로 교변력 F 가 인가된다면

$$F = \phi E + Z_M U \quad \text{--- (3 - 5)}$$

여기서 Z_M 은 E 에 대응하는 단락된 기계적 임피던스이며, ϕ 는 운동이 차단되었을때, 즉 $U = 0$ 에 대해서 변환기에 압전기적으로 유기된 힘을 발생, 전압 E 에 관련 시키는 변환 계수이다.

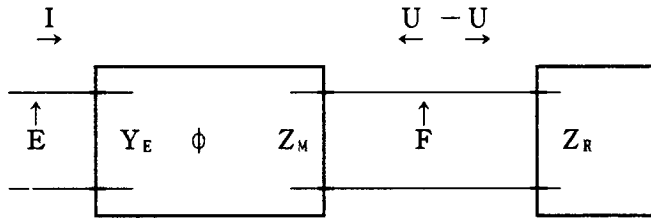


Fig. 3 - 7 Four terminal network of acoustic impedance Z_R

면적이 S 인 변환기 표면에 작용하는 기계적인 힘은 다음식과 같이 인접유체 매질에서의 입자운동 속도 U 와 상호 관계를 갖는다.

$$Z_R = \frac{F}{-U} \quad \text{----- (3 - 6)}$$

여기서 Z_R 은 운동 입자에 부하되는 기계적 방사 임피던스이다. 이 식에서 $-U$ 는 유체내에서의 정양의 방향속도를 나타내기 위하여 사용되었다. 이 유체는 Z_R 의 정의에 따라 변환기내 정방향 힘 F 와 상호관계를 갖는다. 만일 식 (3 - 4), (3 - 5) 그리고 식(3 - 6)을 이용하여 F 와 U 를 소거하면 그 결과는 다음식으로 표시된다.

$$Y_I = \frac{I}{E} = Y_E + \frac{\phi^2}{Z_M + Z_R} \quad \text{----- (3 - 7)}$$

여기에서 Y_I 는 변환기의 전기적 어드미턴스이다. 이 식을 보면 입력 어드미턴스는 차단 어드미턴스 Y_E 와 다음식으로 정의되는 운동 어드미턴스의 합이다.

$$Y_M = \frac{\phi^2}{Z_M + Z_R} \quad \text{----- (3 - 8)}$$

이제 식 (3 - 7)에서 나타낸 여러 힘들에 대해 일반화된 식을 구하자. 차단 어드미턴스 Y_E 는 평행판 유전 콘덴서의 어드미턴스이며, 이것을 유전체 누수 저항 R_0 과 병렬 연결된 C_0 에 의하여 나타내지며, 다음식으로 주어진다.

$$Y_E = \frac{1}{R_0} + j \omega C_0 \quad \text{----- (3 - 9)}$$

변환기의 기계적 임피던스 Z_M 은 근집 상수형으로 다음 식과 같이 나타 내질 수 있다.

$$Z_M = R_m + j [\omega m - (s/\omega)] \quad \text{----- (3 - 10)}$$

여기서 R_m 은 크리스탈 진동기 또는 설치 방법에 있어 존재하는 속박에 의한 손실과 관련되는 저항이고 m 은 진동기의 실효 질량이며, s 는 실효강성 (Stiffness) 이다. 마지막으로 부하 임피던스는 Z_R 은 대개 저항이고 R_r 로 나타낸다. 이들 식을 식 (3 - 7)에 대입하면 다음과 같다.

$$Y_E = \frac{1}{R_0} + j \omega C_0 + \frac{\phi^2}{R_r + R_m + j [\omega m - (s/\omega)]}$$

이것은 다시 Fig. 3 - 8의 전기적회로로 나타 낼수 있으며 여기에서 회로의 운동 어드미턴스 부분의 소자 값은 다음과 같이 주어진다.

$$R_R = \frac{R_r}{\phi^2}, \quad R_M = \frac{R_m}{\phi^2}, \quad L = \frac{m}{\phi^2}, \quad C = \frac{\phi^2}{s}$$

Fig. 3 - 8에서 나타난 저항 R_R 은 전압이 변환기의 입력단자에 인가 되었을 때, 등가회로의 이 소자에서 소비된 전력 만이 음향출력으로 변환된다. 저항 R_M 에서 소비된 전력은 크리스탈 진동기에서의 내부 기계적 손실에 의하여 열로 변환된다. 기본 공진 주파수 이하에서는 허수부는 부(Negative)의 리액턴스가 되고 더 큰 주파수에서는 정(Positive)의 리액턴스가 된다. 이와 같은 성질은 LC 직렬회로의 성질과 부합된다. 이 L과 C는 R과는 대조적으로 방사하는 성질과는 아무 연관이 없으며, 단지 크리스탈의 물리적 크기와 그 밀도, 탄성계수 및 변화 계수에 의존하여 변한다.

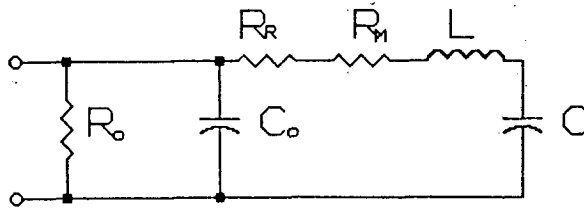


Fig. 3 - 8 Equivalent network of piezoelectric transducer

2. 특성 측정

Transducer는 ITC (International Transducer Corporation)것을 가지고 실험에 사용하였다. 이 센서의 특성을 보면 Table 3 - 2와 같다.

Table 3 - 2. Characteristic of ITC - 3013

Frequency	8.0 to 16.0 [kHz]
Impedance[ohms]	330 - j 1200 (8 [kHz])
Transmitting Response	Appendix H
Receiving Response	Appendix H
Beam pattern	Appendix H
Input power(Maximum)	330 Watts(pulsed) 100 watts(CW)
Operating Depth	Unlimited
Weight(Air)	2.5 lb
Housing	Aluminum

Fig. 3 - 9와 같이 축을 형성하여 Transducer의 Response와 Sensitivity를 측정하면 그 방향에 따라 Appendix H -1, H - 2에서와 같이 주파수가 10 [kHz]에 대한 Pattern이 나오게 된다. 이 때의 조건은 물의 온도는 23 [°C]이고 수심 1.5 [m], Projector와의 거리는 2 [m] 거리를 유지 하여 측정 한 것으로 이 특성은 수중기기의 센서가 항상위에 있어 어떠한 방향에서도 선상기기가 송신하더라도 수신 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

Specified Plane	Axis of Rotation	Position of axes on polar plots		
		+ X Axis	+ Y Axis	+ Z Axis
XY	Z	0 °	90 ° cw	Upward
YZ	Y	0 °	Downward	90 ° cw
YZ	X	Upward	0 °	90 ° cw

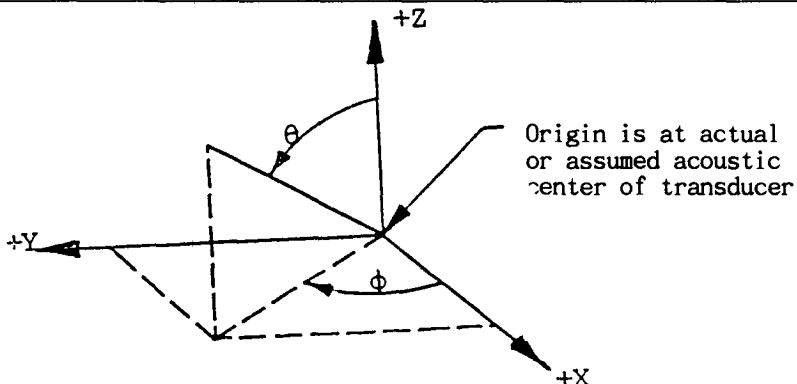


Fig. 3 - 9. Directional response test axis

그리고 Raw data receiving response는 Appendix H - 3의 주파수에 따른 값을 보면서 주파수에 맞는 설계가 이루어 진다. 센서의 감도가 가장 좋은 상태의 주파수를 사용하고 Amplifier를 잘 함으로서 우리는 원하는 신호를 얻어 효율적으로 사용할 수 있게 된다.

3. 구조

Fig 3 - 10은 외부의 구조이며 내부는 여러겹의 Ceramic plate를 조합한 후 Signal cable과 기술적으로 Bonding 한 것을 Rubber 외피내에 Oil로 채워져 있다.

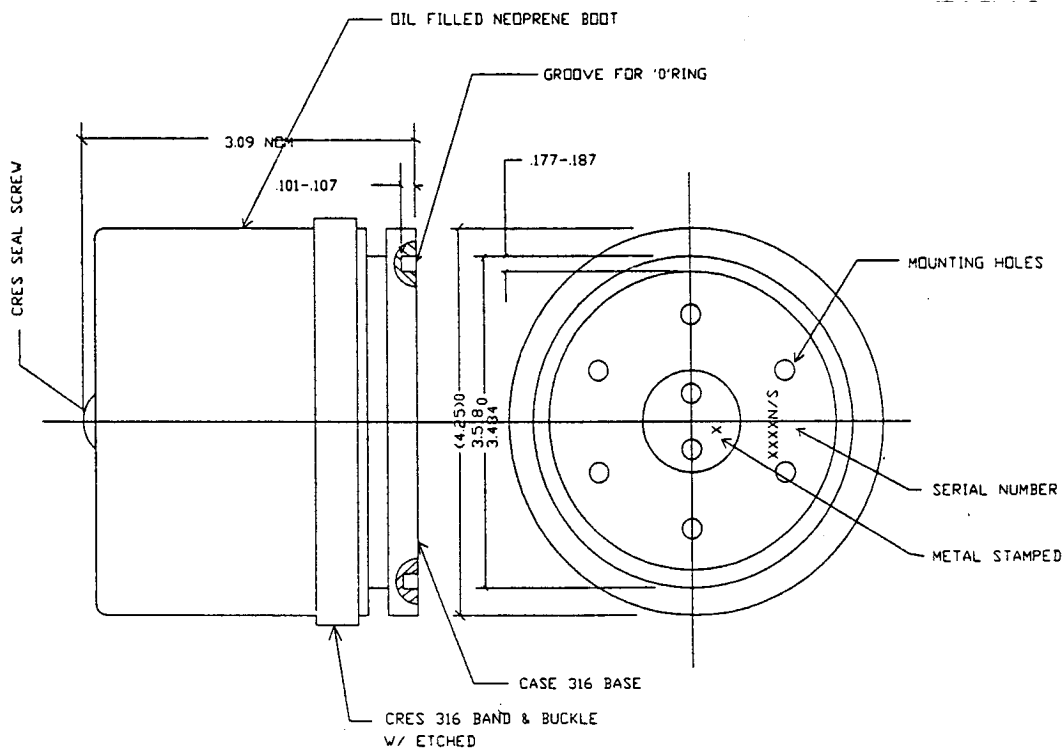


Fig. 3 - 10. Transducer structure

第 4 章 기계부분

(수중 Acoustic Release Unit)

수중에 투입되는 각종 연구관측 기록용 기기나 장비의 가장 중요한 문제는 수압에 변형되지 않고 견디어야하며 따라서 수밀이 우수해야 함은 물론이며 계류(Mooring)와 회수가 손쉬워야한다.

특히 본 연구에서 언급되는 수중기기(Acoustic Release Unit)는 고정밀급의 각종 해양관측을 위한 과학장비들을 연구 해역 수중에 계류시키기 위하여 제작하는 것으로서 해수의 환경요인 변화에 대하여 무관해야 하고 물리적으로 견고하고 충분한 인장력과 높은 안정성과 신뢰도가 있어야한다.

특히 수심이 깊거나 해수의 유동이 심한 해역에서의 계류할 수록 계류한 장비의 안전성이 감소하게되며 아울러 고도의 계류기술과 회수의 어려움이 따른다. 이러한 연구장비의 안전한 계류와 회수를 쉽고 안전하게 할 수 있는 방법은 그동안 여러가지로 시도 하였으나(전, 1981) 음파를 이용한 원격이탈기가 가장 적합한 방법으로 최근에 널리 이용되고 있다.

수중기기는 압력 케이스내에 전자회로와 전원부, 전기적인 신호를 기계적인 힘으로 바꾸어주는 Firing부분의 세 부분으로 되어있다.

第 1 節 설계 및 기능

1. 이탈부분(Release part)

Fig. 4 - 1에서와 같이 수중기기는 관측기기의 Array와 Weight사이의 설치한다. 즉, 수중부표의 부력과 해저에 있는 Weight사이에 연결되어 있다가 해상에서 약속된 신호에 의해 weight를 연결하고 있던 고리를 풀어줌으로서 Weight로부터 관측기기를 이탈(Release)시켜 해수의 표면으로 떠오르게 하는 것이다. 때문에 이탈기의 기능은 높은 압력과 강한 장력으로 충분히 유지할 수 있어야하며 선상에서 보내는 약속된 신호에만 작동해야 하고 기계적인 부분이 해수에 의한 화학작용에 충분히 견딜수 있는 재질로 만들어야한다.

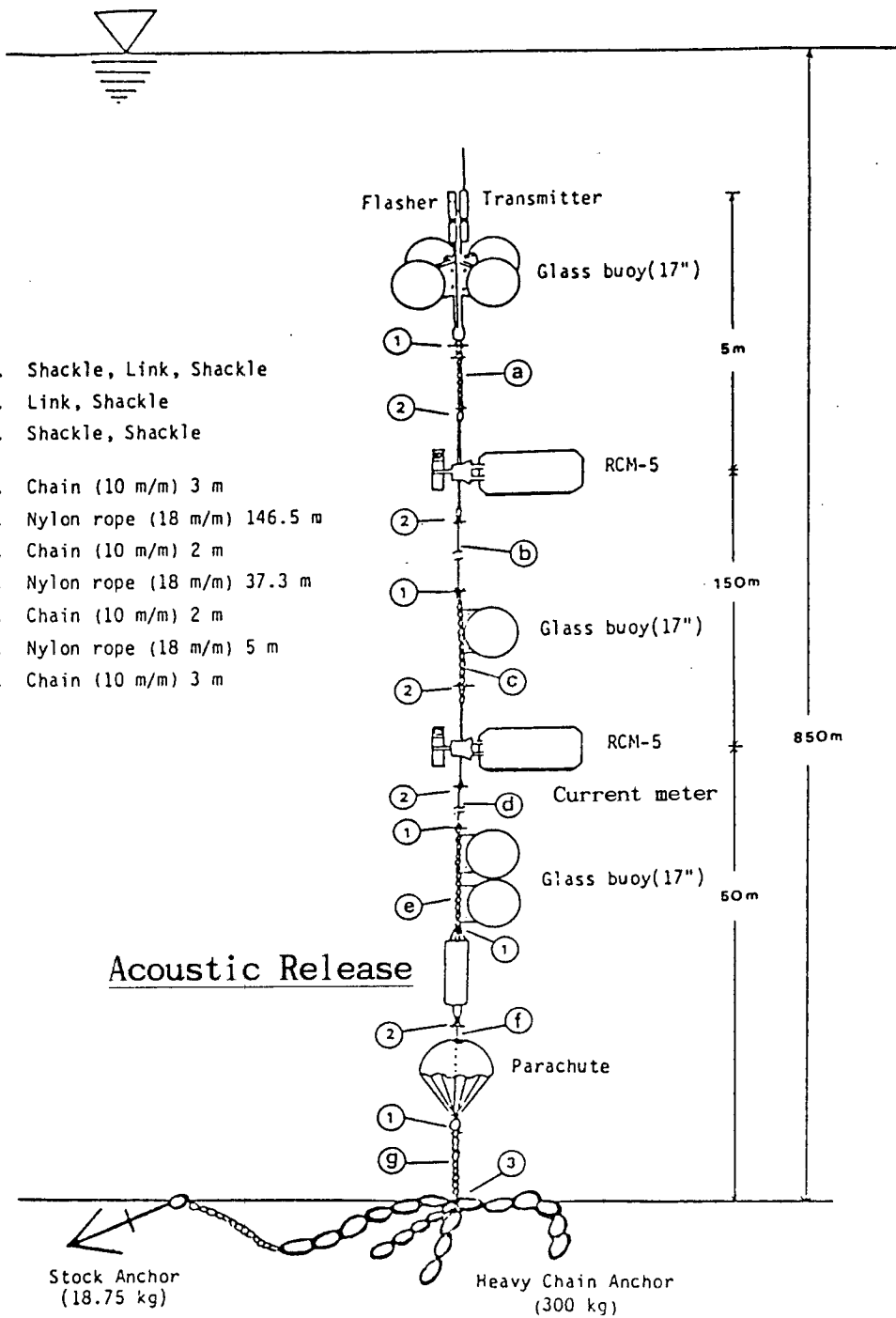


Fig. 4 - 1. Current meter mooring system

Fig. 4 - 2, 4 - 3 및 Photo D - 1 ~ D - 5는 이탈 장치의 구조를 보여주고 있다. Table 4 - 1은 Fig. 4 - 2, 4 - 3의 각각의 명칭이다. 이탈장치의 주요부분은 Load holder의 Release key를 유지시키고 있는 축과 연결되어있다. 축은 Bottom plate중앙을 관통하여 case내부로 연결 이탈장치와 연동작용을한다. 이 탈장치는 Magetic solenoid (Fig. 4 - 2의 #①, Photo D - 2)와 Trigger key 를 고정시키는 회전판(Fig. 4 - 3, Photo D - 3)과 걸림쇠(Trigger key)를 포함한 Large rotary disk(Fig. 4 - 3, Photo D - 4) 및 Main power spring#3(Fig. 4 - 3, Photo D - 5)의 네 부분으로 나눌수 있다. 즉 전기적인 신호가 전자회로 최종단에서 고압으로 변환되어 Magnetic solenoid를 구동시키면 이 힘에 의하여 지렛대의 역할을 하고 있던 걸림쇠를 Tension steel tape에 연결된 Small rotory disk와 축 ③이 회전하면 축에 걸려있던 Trigger key가 풀리면서 Main power spring의 복원력으로 Fig. 4 - 7의 ③ Load holder key를 시계방향으로 90도 회전시켜 Load와의 연결을 풀어주게 된다. 반대로 Load를 달기위해서는 이 Load holder key를 반시계 방향으로 90도 만큼 회전시키면 찰칵하며 걸림 쇠가 걸리는 소리를 들을 수 있다.

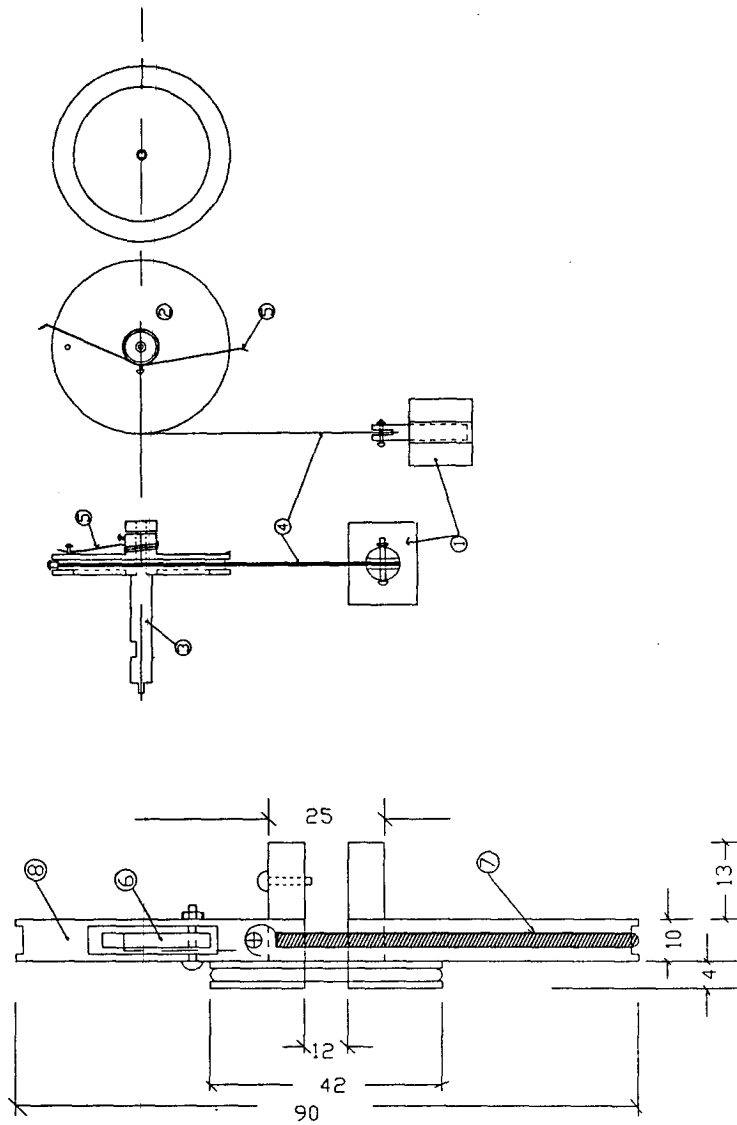


Fig. 4 - 2. Structure of release part #1

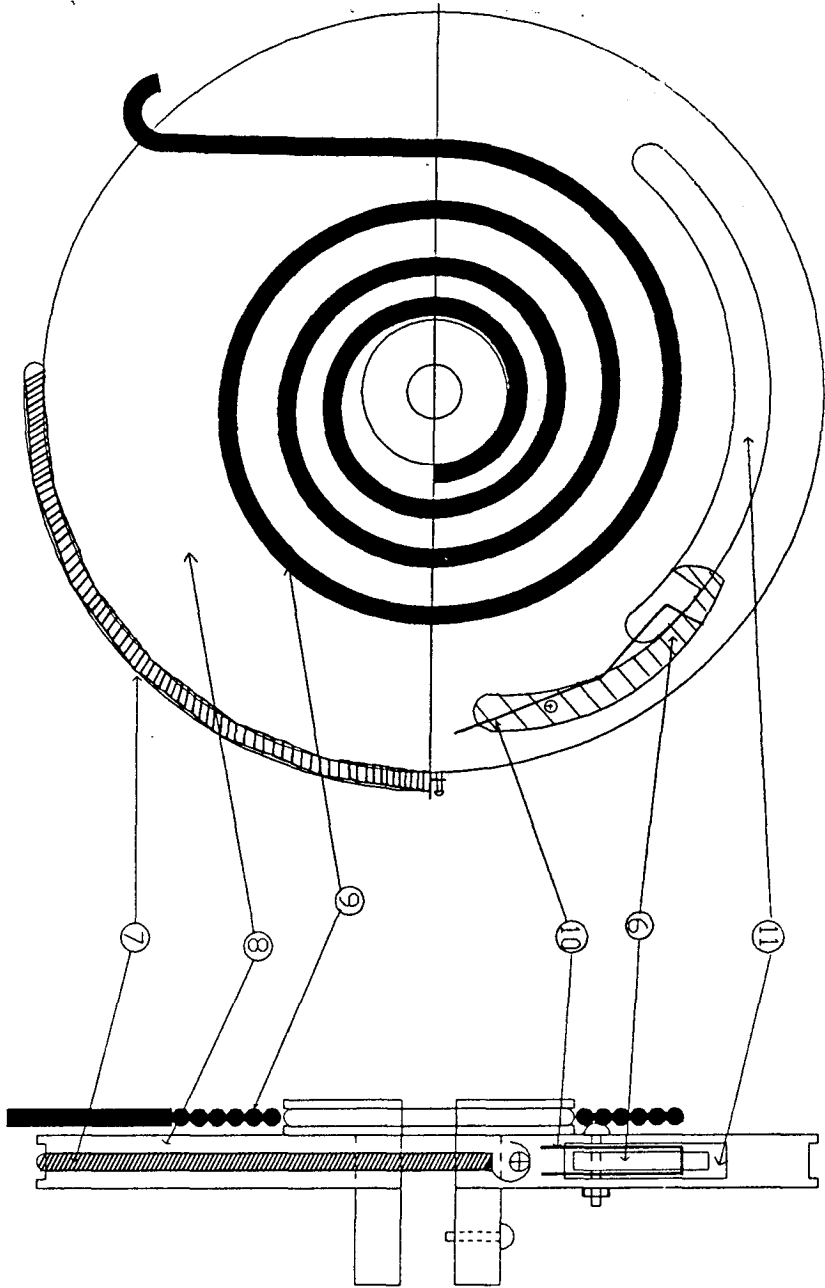


Fig. 4 - 3. Structure of release part #2

Table 4 - 1. Release part name list

Number	Name
1.	Solenoid
2.	Small rotary disk
3.	Trigger Key holder
4.	Tension steel tape
5.	Spring #1
6.	Trigger key
7.	Spring #2
8.	Large rotary disk
9.	Main power spring #3
10.	Trigger key Spring #4
11.	Space for limited rotary

Fig. 4 - 4는 Bottom plate 와 "0" ring의 홈을 제도한 것이다.

"0" ring은 수밀에서 가장 핵심적인 것으로서 높은 수압에 견디기 위하여 이중으로 설치하였다. Fig. 4 - 5는 Load holder의 측면도이다. 빗금친 부분이 회전축 끝 부분 "U"자 홈에 걸려 있다가 회전축이 90° 회전하면서 "U"자 홈으로부터 빠져 나오게 되는 것이다. Fig. 4 - 6은 Load holder 를 밑에서 본 평면도이다. 또한 Fig. 4 - 7은 Load holder 에 Load ring이 걸려있는 모양도이다. 이 Ring에 장비나 기타 부하를 연결한다.

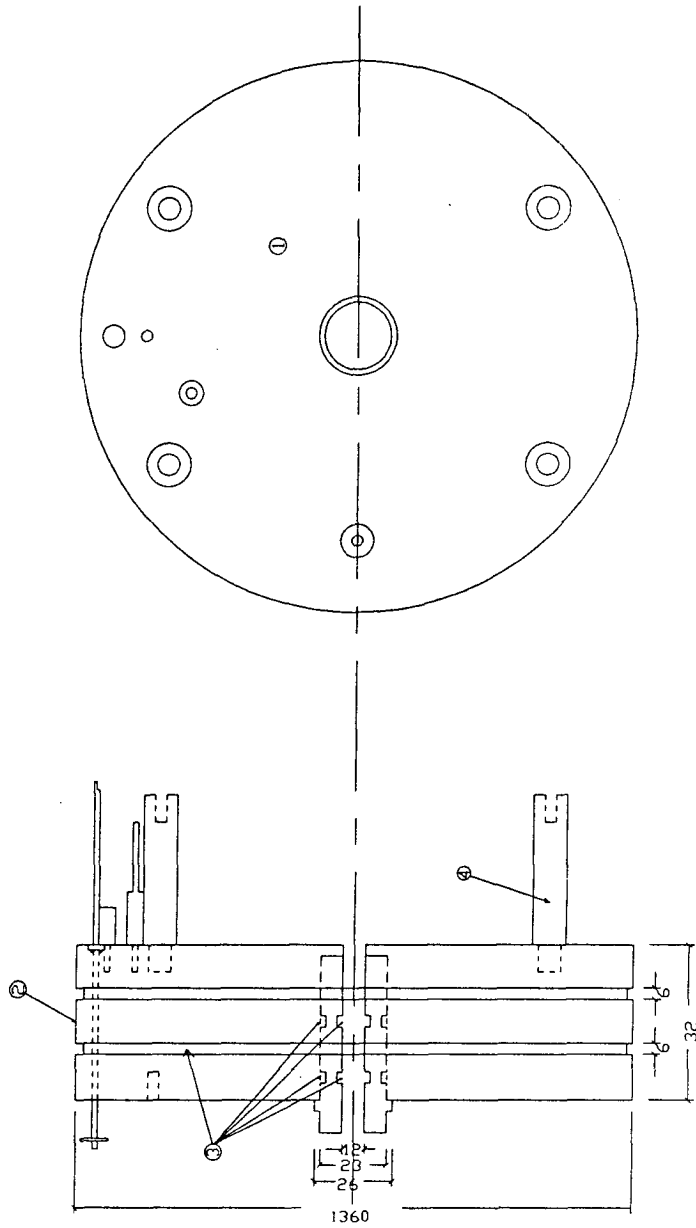


Fig. 4 - 4. Bottom plate and "O" ring groove

1. Bottom plate(Top view) 2. Bottom plate (Side view)
3. "O" ring groove 4. Bolt for Attached case

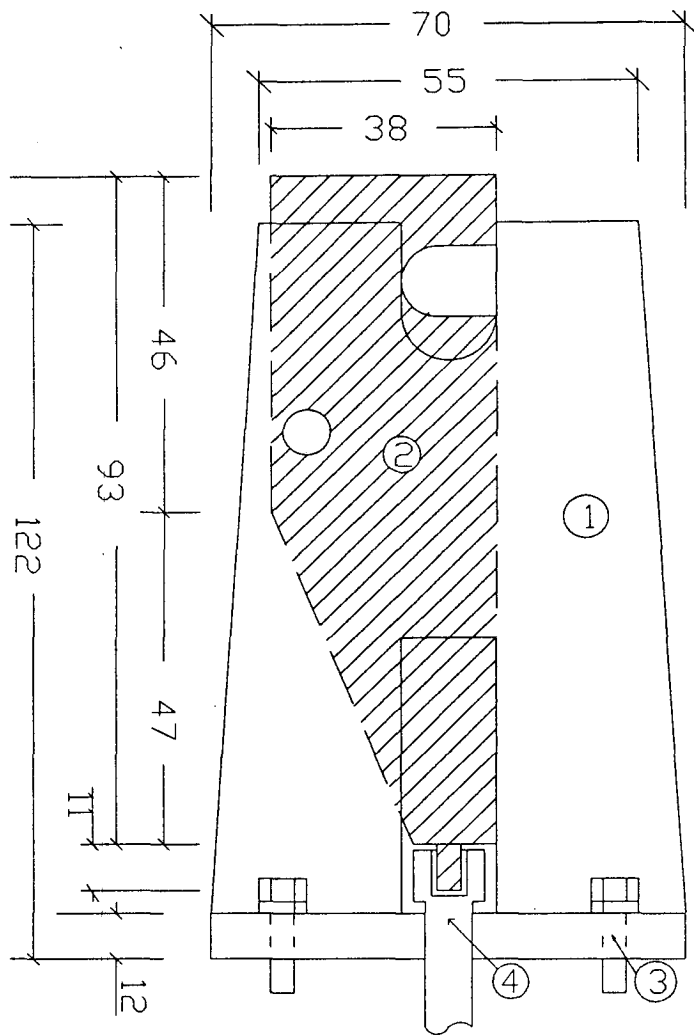


Fig. 4 - 5. Load holder (Side view)

- 1. Body 2. Load holder key
- 3. Bolt for attached shaft case 4. Rotary shaft

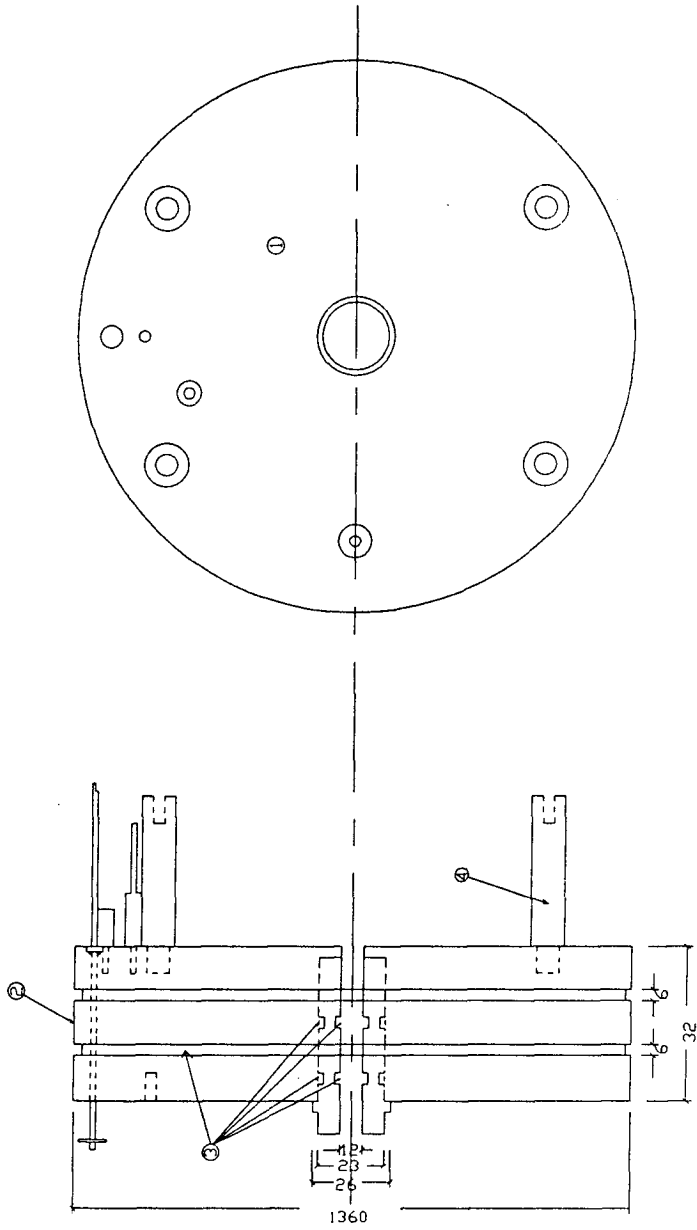


Fig. 4 - 4. Bottom plate and "O" ring groove

1. Bottom plate(Top view) 2. Bottom plate (Side view)
3. "O" ring groove 4. Bolt for Attached case

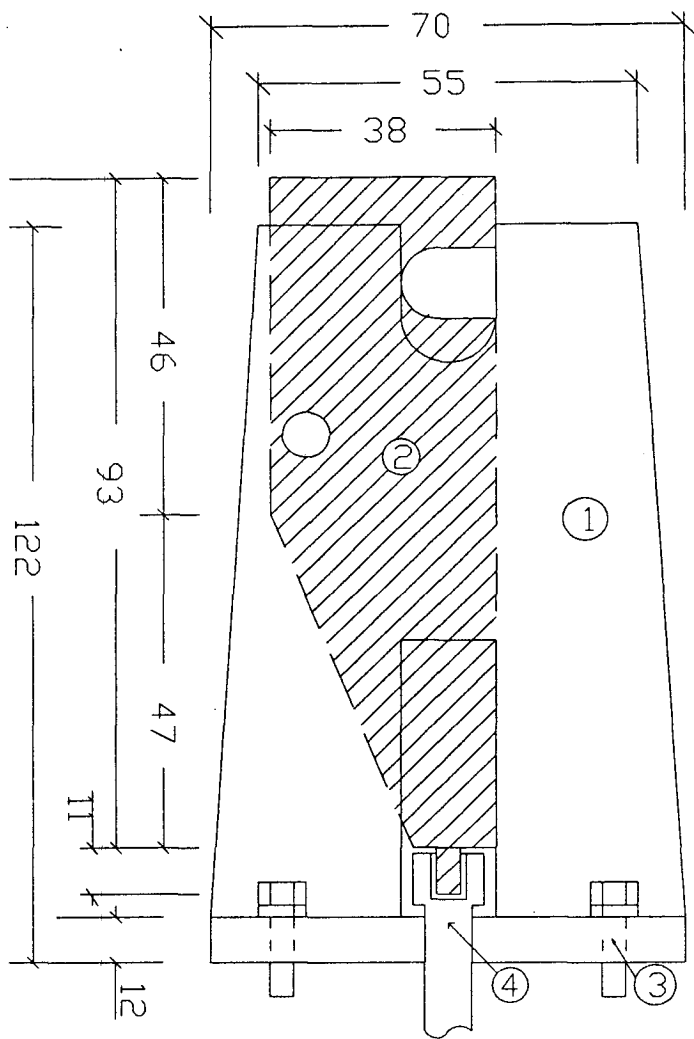


Fig. 4 - 5. Load holder (Side view)

- 1. Body 2. Load holder key
- 3. Bolt for attached shaft case 4. Rotary shaft

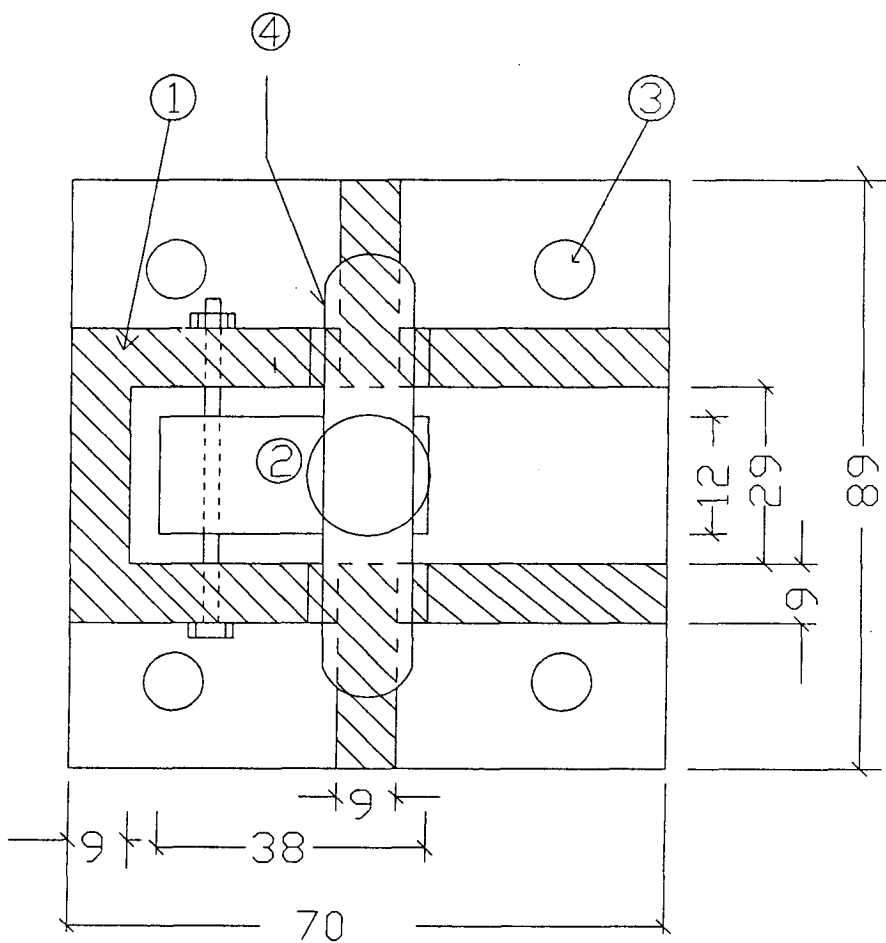


Fig. 4 - 6. Load holder (Bottom view)

1. Body, 2. Load holder key 3. Hole for bolts

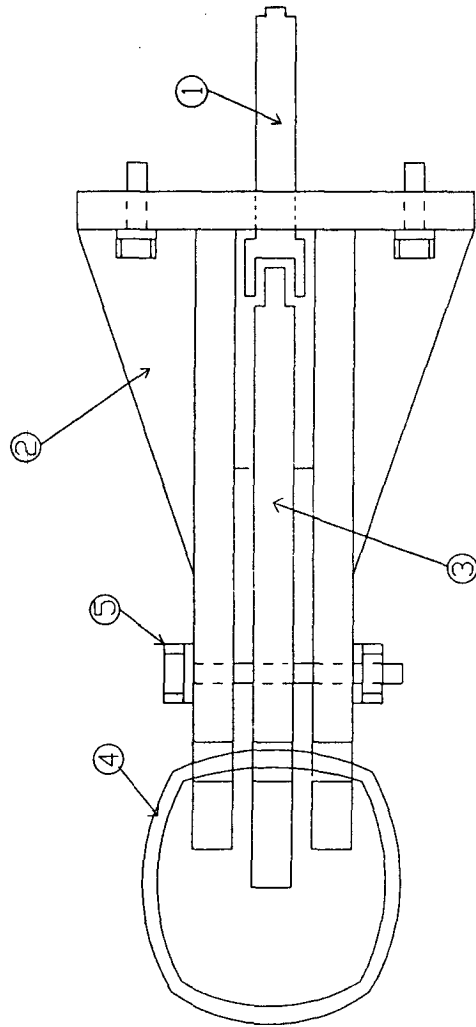


Fig. 4 - 7. Load holder / Load ring

- 1. Rotary shaft 2. Body 3. Load holder key
- 4. Load ring 5. Holder bolts

2. Pressure case

압력케이스는 내부에 전자회로및 전원부 등이 있으며 수압에 충분히 견딜 수 있고 해수에 의한 화학적 작용에 변화가 없는것이 가장 이상적인것이다.

Fig. 4 - 8는 압력 케이스의 모양도이며 Table 4 - 2는 K-92의 규격이다. 본 연구에서는 스텐레스 스틸의 파이프를 가공하였다.

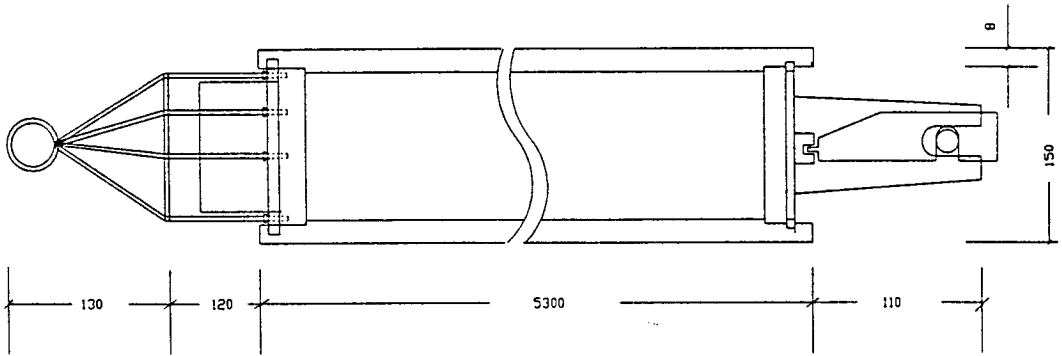


Fig. 4 - 8. Schemetic of K-92

Table. 4 - 2 Specification of Model K-92

가) Electrical Specification

* Transponder

Interrogate Frequency : 9.0 [kHz] or 11 [kHz]

Interrogate Pulse width : 5.0 [ms] min.

1.0 [sec] max.

Power : Alkaline

24 [V]

12.5 [V]

* Command Receiver

Frequency Range : 9.3 [kHz]-10.7 [kHz]

Command

a) Release/Timed pinger

2회/1초

b) Disable/Timed pinger

송신부 폐쇄 신호인 Disable 신호를 받은 후 그 응답신호를 16초 동안 매1초 간격으로 발신

c) Enable

송신부 회로 개폐

* Tilt switch

Tilt switch는 under water unit가 수중에서 수직으로 부터 45° 또는 그 이상 으로 기울어졌을 때 detect되어 timed pinger를 16초 또는 32초간 발사한다.

나) Mechanical Specification

* 크기 및 모양 (Model K-92)

Overall Length : 96 [cm]

Housing length : 53 [cm]

Housing diameter : 15 [cm]

* Weight

Air : 27 [Kg]

in water : 17 [Kg]

* Depth Rating : 700 [m]

* Release load : 700 [Kg]
Standard

第2節 수밀 시험 (Watertight test)

Pressure case의 watertight test를 하기 위하여 해양연구소가 보유중인 Benthose model 3670 Pressure Chamber 와 Model 1955 Pressure Control System 을 이용하였다. (Fig. 4 - 9 참조.)

이 시스템은 일반적인 Compressor 로 공기를 100 [psi]까지 만들어준 다음 Pressure control system에 의하여 물 또는 절삭유를 압축된 공기로 다시 2차 압축시켜 압력 탱크로 보내지는 것이다. Table 4 - 3은 이 시스템의 특성이다.

Table 4 - 3. Pressure testing system specification

1. Pressure Chamber

Outside Dimensions : 16 inch O.D. by-1/4 inchs high.
Material : High strength steel, essentially the same
as AISI-SAE # 5145
Rated Tensile Strength : 105,000 [psi].
Internal Dimensions : Tapered, 9.4 inches by 27 inches long,
44-3/8 inches overall length
Weight of Chamber(empty) : Approximately 1850 pounds
Weight of Closure Cover : 240 pounds

2. Pressure Control Center

Dimensions : 43 inches long by 12-1/2 inches deep by
19 inches long.
Material : steel

압력케이스는 1000 [psi](수심 약 700[m])까지를 압력의 안전한계로 설계하였으며 본 연구에서 실험한 압력케이스가 최대의 안전한계를 넘어 찌그러지는 압력점을 찾아 보고자 실험한 결과 설계치의 약 두배의 압력에서 찌그러졌다. (Photo F - 1, Table 4 - 4 case No. 2) 이 결과는 수중에서의 원기둥 설계시의 값과 근사값으로 나타났다.

Case No. 3는 덮개의 안쪽 날이 원통형의 안쪽 턱과 직각으로 맞도록 설계하여 외부로부터 밀려들어 오는 압력이 원통형의 턱에 동일하게 받아야하는데 이 케이스는 실험후 자세히 살펴보니 윗 덮개의 안쪽 모서리 날을 아주 부드럽게 처리한 결과 압력에 의하여 덮개가 원통 안으로 밀려들어 가고 말았다. (Photo F -2)

Table 4 - 4 . The result of pressure case test with pressure chamber system(KORDI)

Pressure	700 [psi]			1100 [psi]			2500 [psi]			3000 [psi]			4000 [psi]			Remark
	Time[hour]	5	10	24	5	10	24	5	10	24	5	10	24	0.5	2	
Case No.																
1	양	양	양	양	양	양										그래프 Fig. 4 - 10 참조
2	양	양	양	양	양	양								양	불	case 찌그러짐 Photo F-1
3	양	양	양	양	양	양	양	불								윗덮개 뒤틀림 Photo F-2
4	양	양	양	양	양	양										그래프 Fig. 4 - 12 참조

Case No. 2, 3는 Fig. 4 - 11의 #2와 #1을 참조.

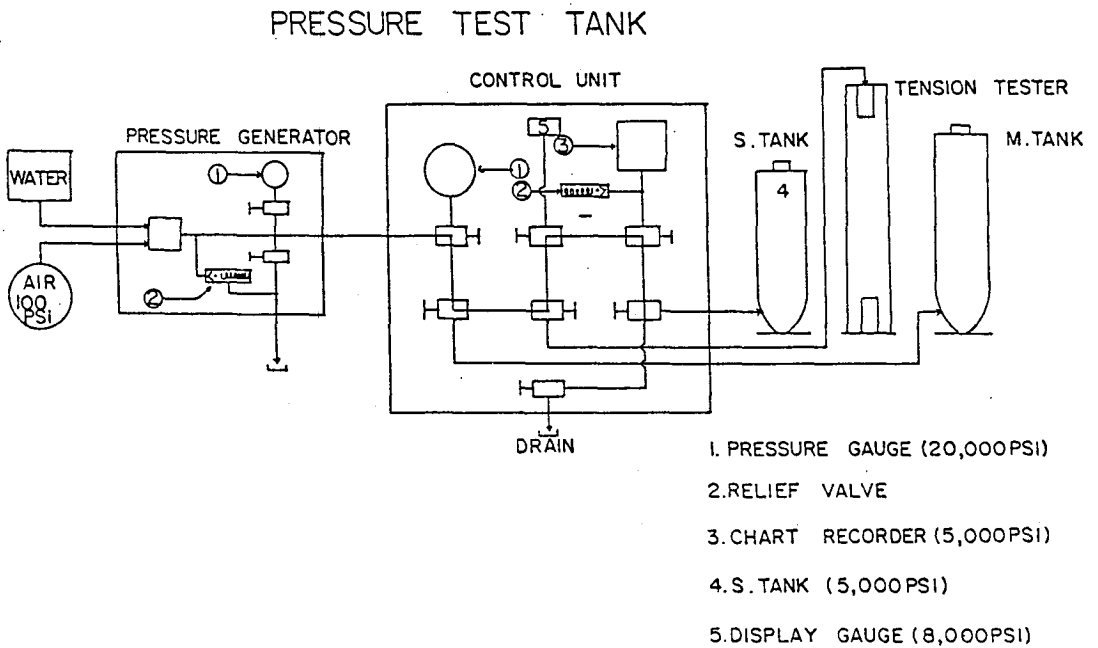


Fig. 4 - 9. Pressure control diagram

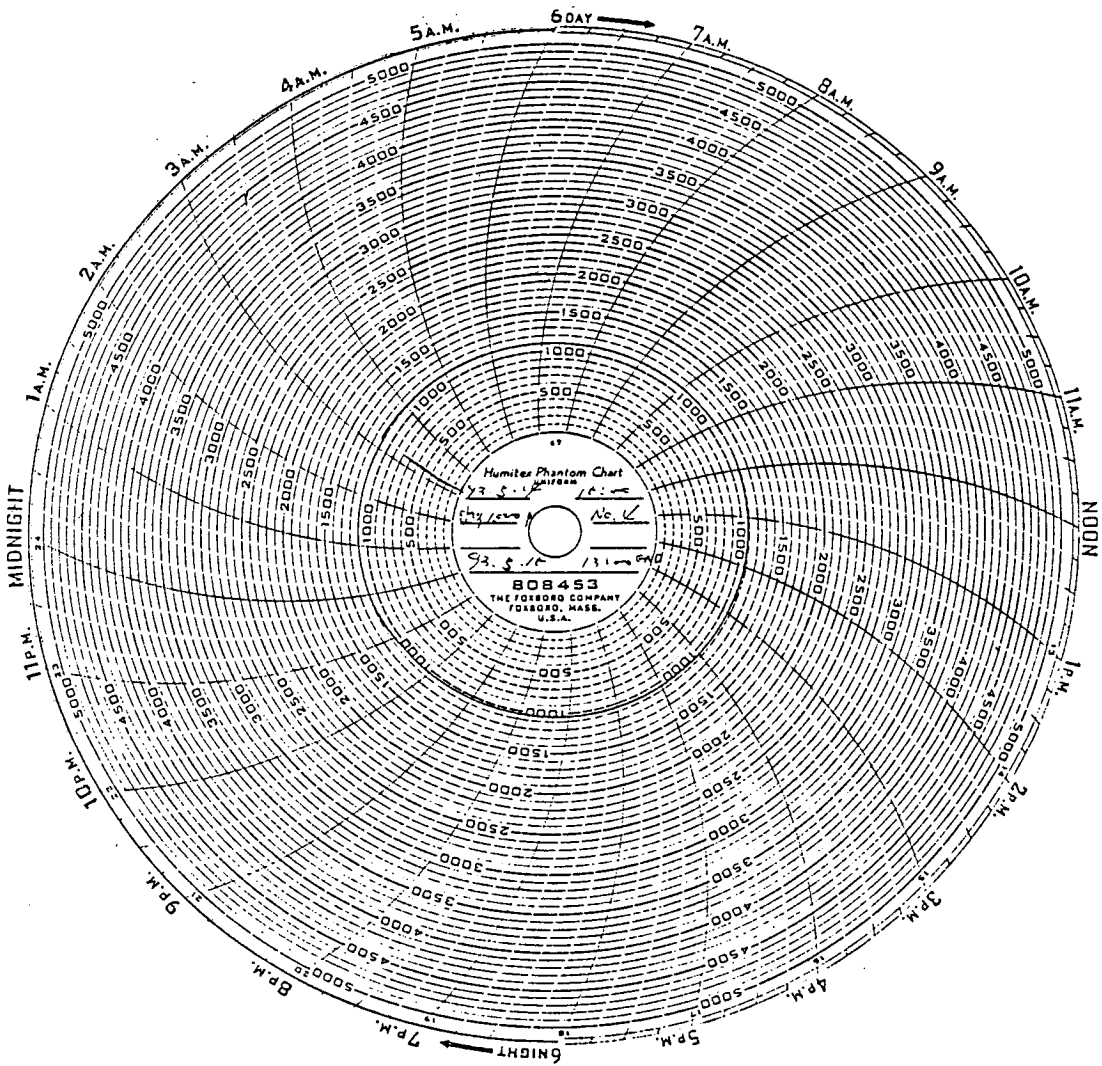


Fig. 4 - 10. Pressure test graph #1

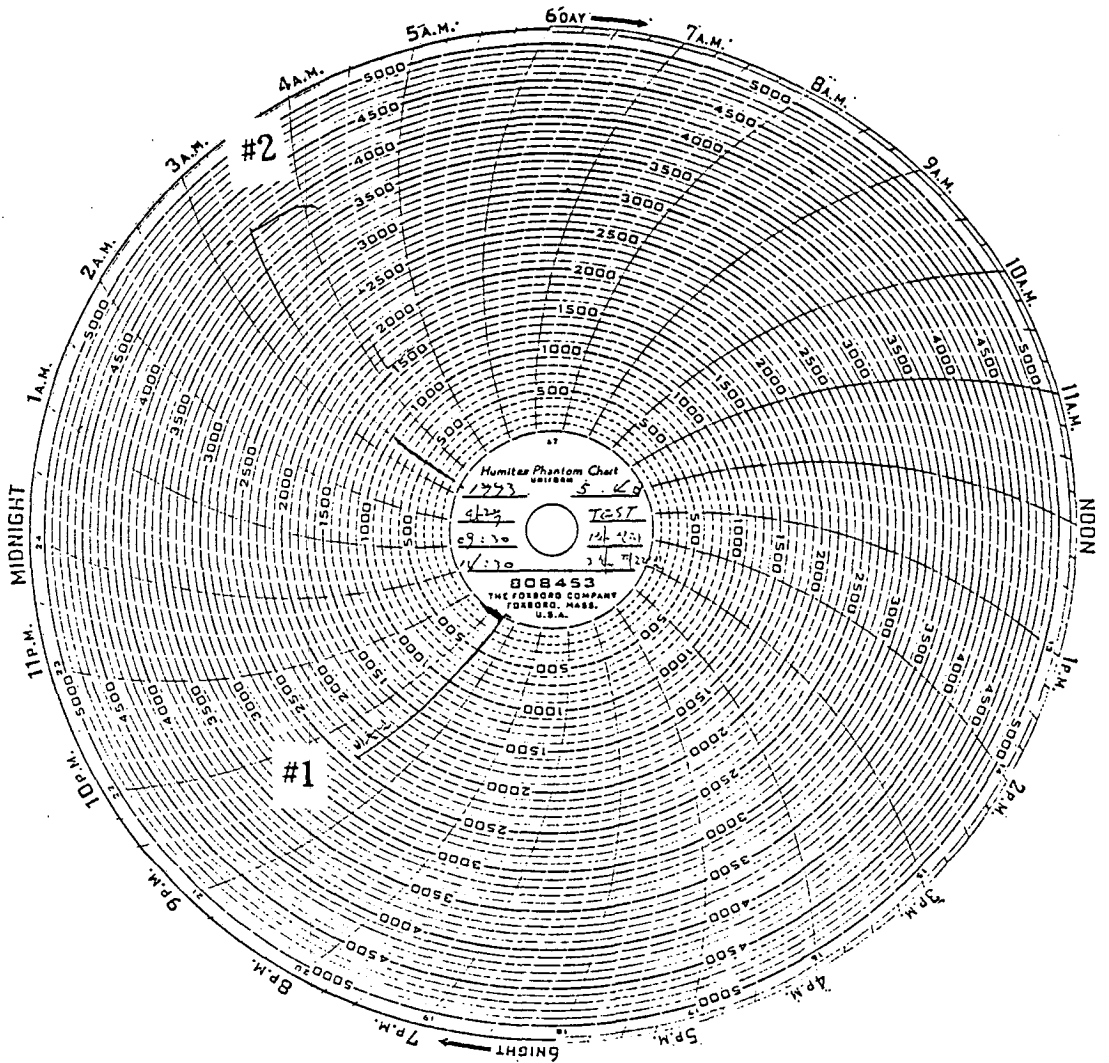


Fig. 4 - 11. Pressure test graph #2

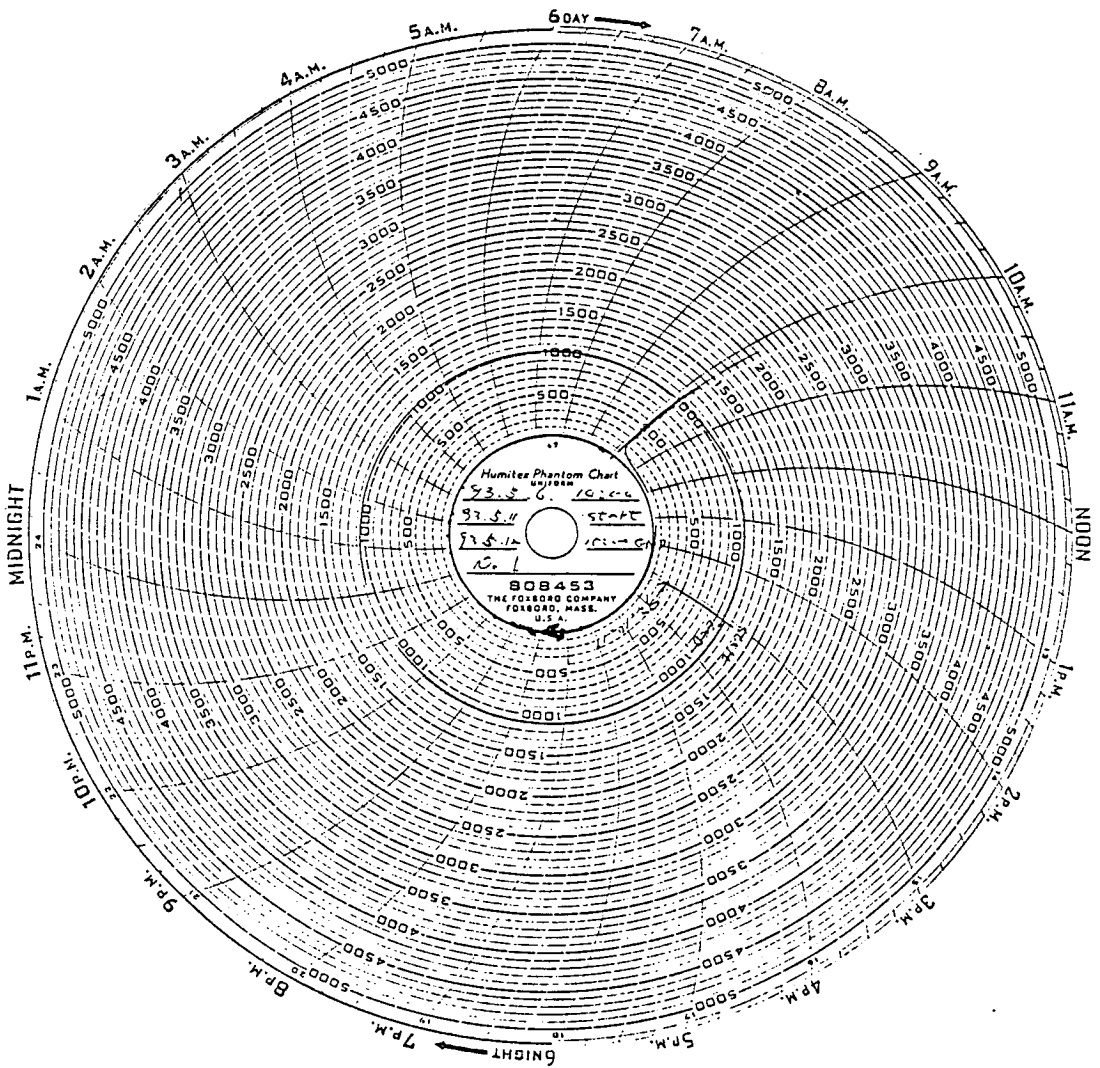


Fig. 4 - 12. Pressure test graph #3

第 5 章 실험 및 결과

第 1 節 선상기기

1. 수파기실험과 초단 증폭기 및 진폭제한기

본 실험에서는 시중에서 구입한 세라믹 고음 스피커와 콘덴서 마이크 및 음파 수신 센서를 수파기 대신으로 실험하였다. (참조 . 제3장 제1절)

각각의 특성은 이미 제 3장에서 기술하였다. 수파기는 수중에서 사용하여야 하기 때문에 특수하게 음의 전달 손실을 최소화 시키고 어느정도의 수압에 견딜 수 있도록 제작해야 한다.

이렇게 세 가지 종류를 공기중에서 실제로 증폭기와 연결하여 실험을 하여 보았는데 콘덴서 마이크가 가장 양호한 감도를 갖고 있으며 음파 수신 센서는 수신 주파수 대역이 약 25 [kHz] 부근에서 양호하게 나타나기 때문에 11 [kHz] 에서는 상당히 감쇄된 신호를 얻게된다. 세라믹 스피커는 수신 강도는 상기 두 가지보다 떨어지나 기계적인 강도가 강하여 주 실험의 대상으로 하였다.

Fig. 5 - 1의 단자 8 로 수파기를 연결한다. C1을 통하여 들어온 미약한 신호는 Q1, 2 및 filter를 거쳐 증폭된다. 이때 Q2의 출력은 Fig. 5 -1에서와 같이 불규칙한 지속파가 나타난다. 다음 단인 hardlimiter에서는 이 파형의 상하부를 CR2, CR3의 내부 전압 이상의 부분을 cut하고 다시 같은 작용을 CR4, CR5하고 이 신호들을 Q3 ~ Q6에서 증폭 Q7 및 CR7에서 일정 Level만큼 단자 3, 4로 출력시킨다.

Fig. 5 - 1의 전자회로 기능은 초단 증폭과 진폭제한기의 특성이며 동일한 전자기판이 세개가 있어 각각의 수파기의 소자가 연결되어 있어 Ch1, Ch2, Ch3의 역할을 한다.

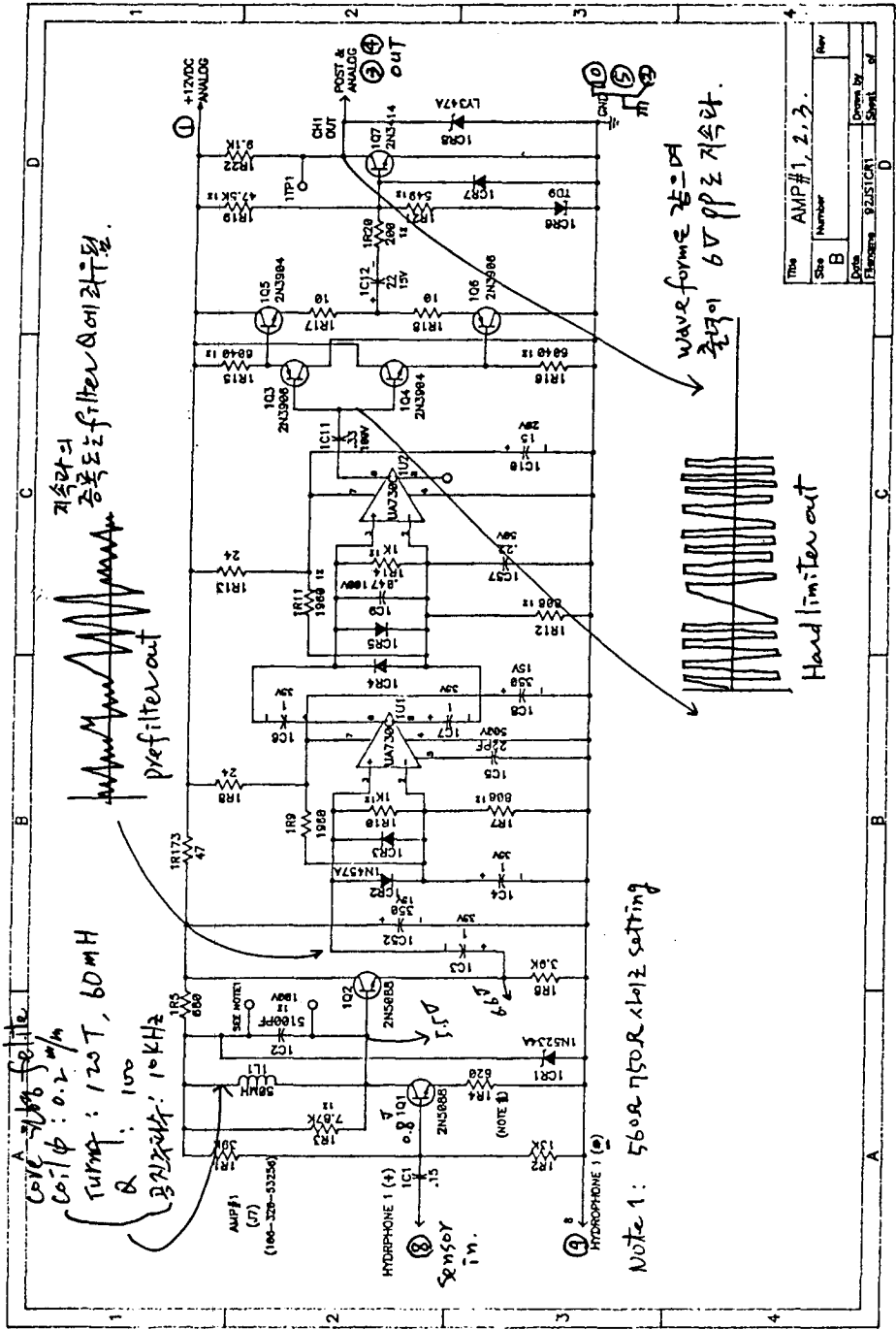


Fig. 5 - 1. Amp #1,2,3

2. Post filter/level sensor

진폭 제한기를 통과한 신호는 협대역 필터를 거치게 된다 이 필터는 7 [kHz] ~ 12 [kHz]로 공진되어 있으며 상당히 좁은 밴드패스 필터로 작용한다. Fig. 5 - 2에서 R23은 필터의 대역폭을 약간 변화시킬 수 있고 R26은 Q8의 증폭도를 조절하며 R28은 Q9의 Bias를 조절한다. 상하가 잘린 파형이 단자 9로 입력하여 TP 3에서 파형을 보면 거의 정현파의 가까운 모양으로 되었다가 CR9, CR10 및 Q14에 의하여 미분화된 파형을 TP 4에서 볼수 있다.(Fig. 5 - 2 각단의 실험 결과 파형분석도 참조) 또한 이 파형들은 DC전압에 실려 어느정도의 Level을 가지고 있으며 이 Level을 R35로서 조절한다.

즉 Q14는 Postfilter를 통과한 신호에 의해서 Bias가 걸리게 되므로 Postfilter가 작동할 동안만 Q14의 Collector 전압이 상승한다. R39, R40, R41, C19 및 Q15, Q17은 적분회로로서 TP 5에서의 파형은 Command신호를 날카로운 펄스파형으로 만든다.

3. PCB 단자 배선도

Table. 5 - 1은 선상기기중에 방향 및 거리에 관한 전자회로 기판의 각 단자의 번호와 기능을 나타낸 것이며 자세한 배선도는 Appendix I을 참조 바란다.

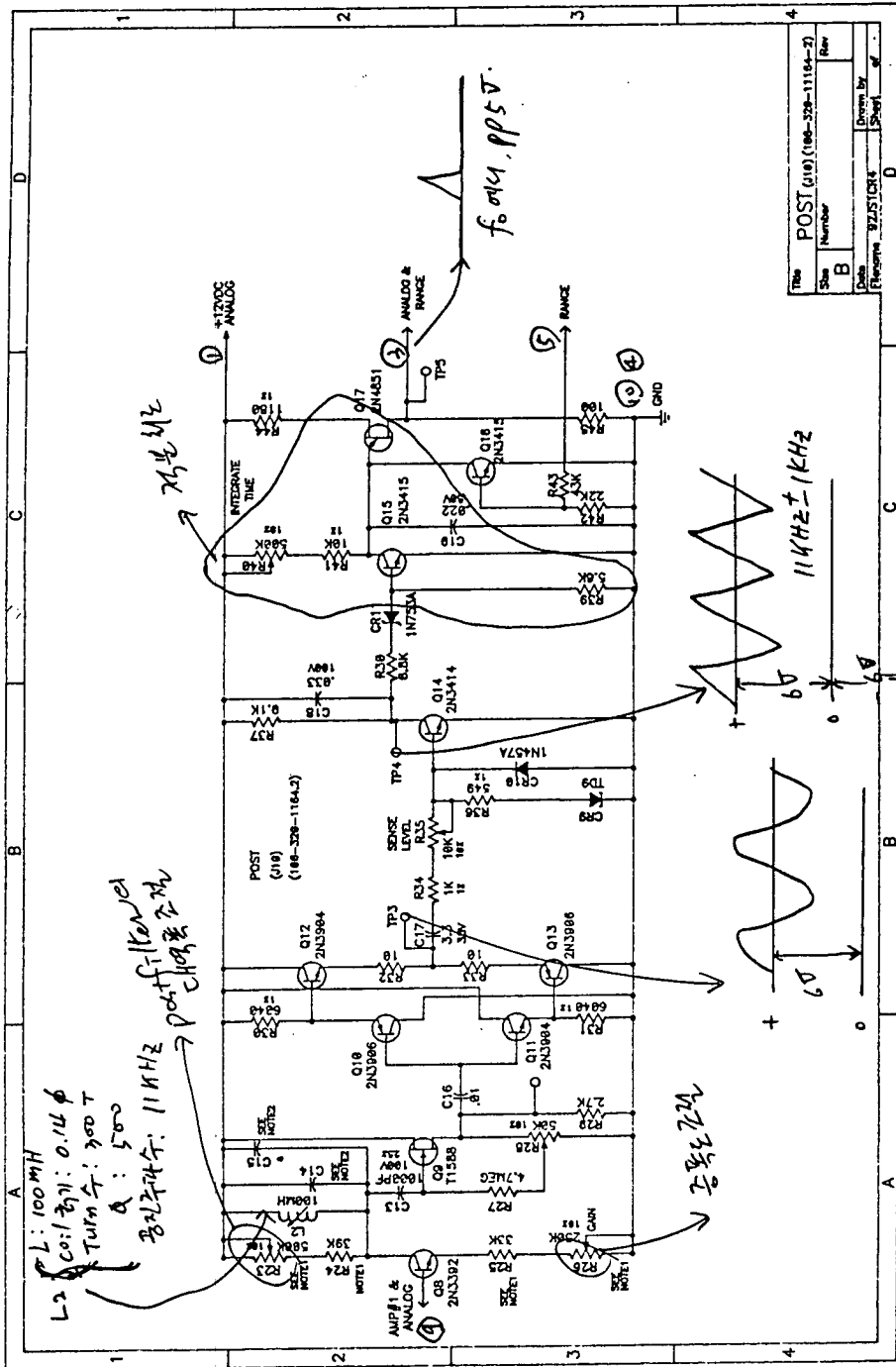


Fig. 5 - 2. Post Filter

Table 5 - 1 . PCB Wiring terminal

기판명	단자 번호 및 기능										비고
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
AMP - 1, 2, 3	+12V	GND	OUT	OUT	GND	*	*	INPUT	G	GND	CH1, 2, 3
POSTFILTER	+12V	GND	OUT	GND	SW	*	*	*	INPUT	GND	
ANALOG 1, 2	+12V	GND	-12V	M/OUT	CH2 IN	CH1 IN	RL/OUT	RL/OUT	INPUT	GND	
REF 1	+12V	GND	OUT	*	*	*	-12V	CH3 IN	CH2IN	GND	
RANGE 1	+12V	RP /AUT	POS /OUT	J26 /R/T	R/PA2	T/O J5	*	RN/PA2	*	GND	
RANGE 2	+12V	GND	RN/PA	REF	GAT 2	+5V	RN/PA1	REST	*	GND	
REF/BEARING LP	GND	STN/L	GND	+5V	IC IN3	RN/PA2	BOW/L	+ 12V	SP	SP	

* : Not used

4. Deck Unit 주파수 발생부

Table. 2 - 2의 설정된 주파수가 최종 출력단에서 실험하여 본 결과 Frequency counter 에 각각의 명령어에 해당하는 주파수가 Table. 5 - 2 과 같이 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 그 결과 정확히 설계가 되었음을 확인할 수 있었다.

Table 5 - 2. Command frequency measurement

Channel	Frequency	Measurement
0	9,365 [Hz]	9,365 [Hz]
1	9,570 [Hz]	9,570 [Hz]
2	9,783 [Hz]	9,783 [Hz]
3	9,974 [Hz]	9,974 [Hz]
4	10,172 [Hz]	10,172 [Hz]
5	10,378 [Hz]	10,378 [Hz]
6	10,593 [Hz]	10,593 [Hz]
7	10,778 [Hz]	10,778 [Hz]

第 2 節 수증기기

1. 부품선정과 크기

전자 산업이 발전 됨으로서 회로 방식의 개발과 부품의 발달로 인하여 발열, 무게, 크기 등이 현저하게 줄고, 특히 해양 환경의 어려운 문제점이 해결되고 있다. 부품선정에 있어서 고려된 사항은 높이가 낮은 부품 선정, 저손실 부품, 고 신뢰도 부품을 되도록 많이 사용하였다. 낮은 부품 선정은 전체적인 수증 이탈기기의 크기에 좌우 되기 때문에 Fig. 5 - 3과 같이 부품의 높이가 고려되어 기판과 기판과의 간격이 결정되어 Shelf slot 및 부품, 통풍을 고려 필요없는 공간을 없애 버렸다.

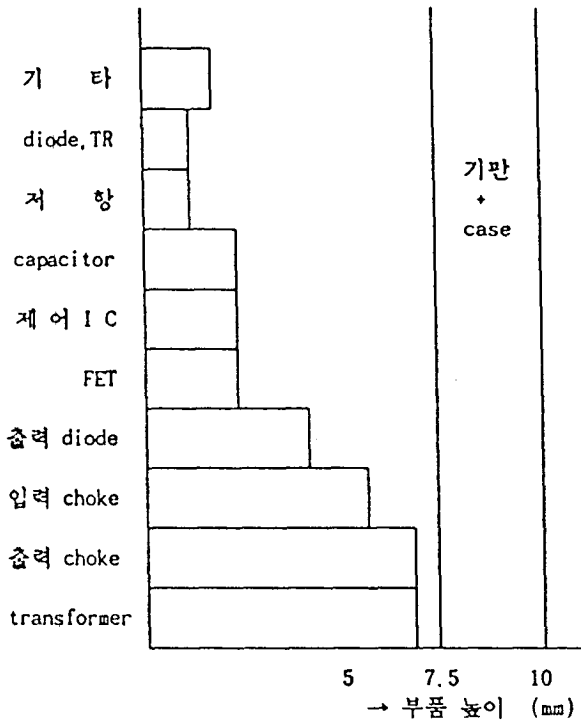


Fig. 5 - 3 Component hight

2. Detector 부

정해진 Command 주파수를 정확하게 수신하게 Transducer에서 오는 신호가 증폭되어 나오는 주파수를 입력단에 연결되게 하기 위하여 Fig. 2 - 13의 Input에 주파수를 임의의 구형파를 V_{p-p} 로 가하여 Output에서 각 Channel의 Detector단의 출력부를 측정해본 결과 Band pass 폭이 다음 Table 5 - 3과 같이 나타 났다.

Table 5 - 3. Frequency bandwidth of detector

Channel	Center Frequency	Frequency Bandwidth	Remark
0	9,365 [Hz]	9,341 ~ 9,386 [Hz]	45
1	9,570 [Hz]	9,523 ~ 9,616 [Hz]	93
2	9,783 [Hz]	9,746 ~ 9,817 [Hz]	71
3	9,974 [Hz]	9,944 ~ 10,007 [Hz]	63
4	10,172 [Hz]	10,133 ~ 10,209 [Hz]	76
5	10,378 [Hz]	10,347 ~ 10,400 [Hz]	53
6	10,593 [Hz]	10,529 ~ 10,639 [Hz]	110
7	10,778 [Hz]	10,740 ~ 10,797 [Hz]	57

3. 송수파기 신호

가. 실험 방법

전체적인 조립을 하기에 앞서서 스피커를 사용하여 Deck의 신호를 보내고 수중기기에서는 Transducer를 통하여 신호를 받아 Prefilter and limiting amplifier와 Detector부를 지난 후 Fig. 2 - 13의 Output에서 측정한 결과 Fig. 5 - 4와 같은 결과를 얻었다. 수중기기의 Transducer 부분에서는 잡음과 함께 낮은 신호가 들어와 Microwave counter로 주파수를 판별 할수 없었으나 조합된 신호가 Prefiler 를 통과 한 후에는 Microwave counter로 측정 할수 있었으며, Fig. 5 - 4에서 보면 전체적으로 약 최대 펄스가 22 [ms]의 차이가 있음을 알 수 있었으며 이것은 소자의 정밀도에 따라 차이가 난것으로 본다.

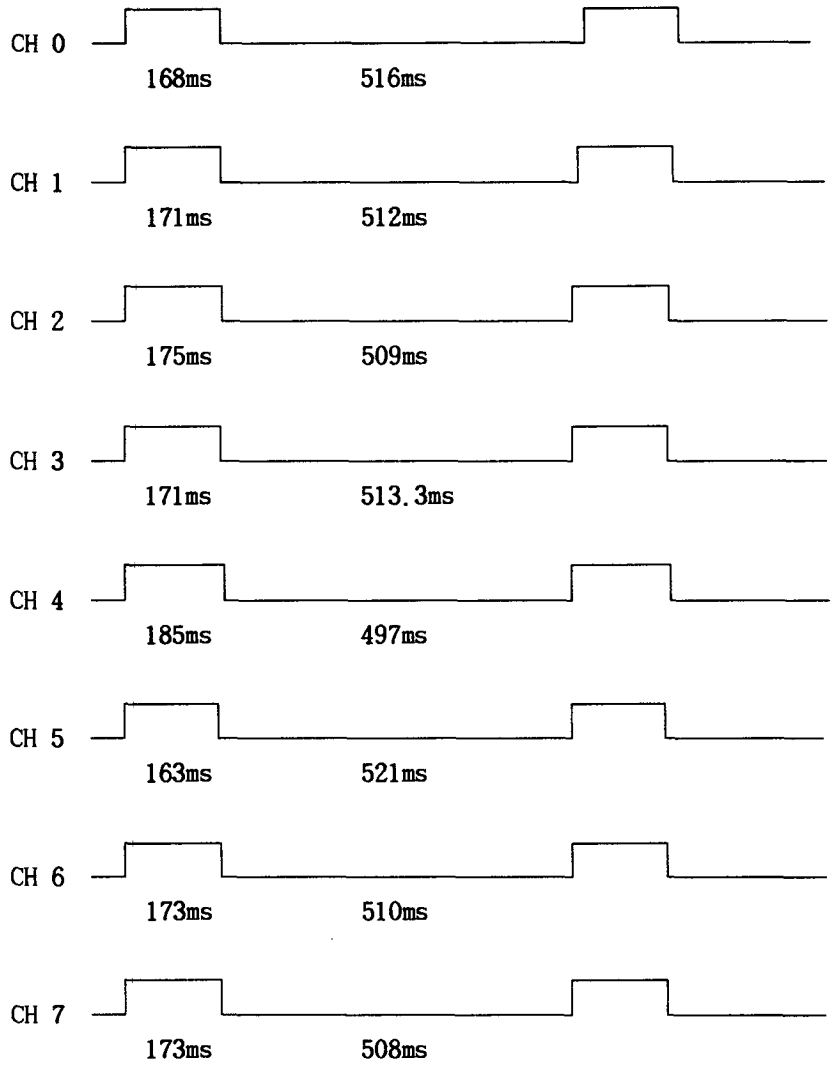


Fig. 5 - 4. Timing diagram of detector on receiver output

측정된 주파수는 Table 5 - 4과 같이 나타 났으며 주파수가 9 [kHz]대 에서는 약 0.7 [Hz]의 차이를 보이며, 10 [kHz]대에서는 약 1 [Hz]의 차이를 보 이고 있다.

Table 5 - 4. Comparison of transmission and receive frequency

Channel	Frequency	Measure Frequency			Mean	Remark
		1 차	2 차	3 차		
0	9,365 [Hz]	9,365	9,366	9,366	9,365.6[Hz]	0.6
1	9,570 [Hz]	9,571	9,570	9,570	9,570.3[Hz]	0.3
2	9,783 [Hz]	9,784	9,784	9,785	9,784.3[Hz]	1.3
3	9,974 [Hz]	9,975	9,974	9,975	9,974.6[Hz]	0.6
4	10,172 [Hz]	10,173	10,173	10,173	10,173.0[Hz]	1.0
5	10,378 [Hz]	10,379	10,379	10,379	10,378.6[Hz]	0.6
6	10,593 [Hz]	10,594	10,594	10,594	10,594.0[Hz]	1.0
7	10,778 [Hz]	10,780	10,779	10,780	10,779.6[Hz]	1.6

第 6 章 결론 및 건의

본 연구의 가장 중점적인 목표로서는

1. 수중음향을 이용한 고정밀급의 장비를 국산화하는 단계의 기초 연구이며
2. 소형 경량으로 현장에서 취급이 쉽도록 개선시키며
3. 연구를 수행하는 동안에 축적된 여러가지 기술을 해양의 다른분야 연구에 응용되어 그 파급효과를 극대화시키는 데 있다.

그 결과로는

- 과거 수중음파 관련 장비의 운용과 개선의 경험 및 기술을 토대로 전자회로 및 기구부분을 설계 제작하였다.
- Transducer를 제외한 모든 전자, 기구등의 부품은 국내생산 소자로 사용하였다.
- 특히 압력케이스와 이탈부분의 기계적인 설계 및 제작 가공도 연구실에서 직접 제품을 만들어 반복시험을 실행한 후 결정하였다.
(Photo F - 1, F - 2)
- 높은 압력에 견디어야 하는 케이스의 변형시험과 수밀 시험은 해양연구소가 보유한 압력시험 장치에 의하여 엄격한 조건하에서 실시하여 여러가지 문제점들을 보완 수정하였다. (Table 4 - 4)
- 수중기기의 잠금장치는 기상품화된 타 제품의 것보다 그 용적이나 사용 방법 및 기능이 우수하다. (Appendix D)
- 수중기기의 전원부는 일반적으로 널리 쓰이는 건전지로 구성하였으며 건전지 케이스는 절연성이 뛰어난 테프론 봉을 가공하여 제작하였다.
(Photo G - 1)

문제점으로는

- Transducer의 국산화는 아직도 소자등이 국내에서 조달할 수 없기 때문에 어려움으로 남아있으며,
- 연구사업기간 동안 실험실에서 제작하고 시험하여야 할 공정은 성공적으로 수행하였다. 그러나 현장에서의 실험은 수밀 상태가 미흡하여 좋은 결과를 도출하기 위해서는 연구기간이 처음 예정한 기간보다 더 필요하다. (Photo G - 2)

따라서 본연구에서는

- 수중장비의 국산화에 대한 노력으로 수중 음파 기초연구 목표는 충족하였다.
- 본 연구를 수행하면서 축적된 기술은 :
 - 압력 시험과 장비의 수밀시험기술
 - Transducer 및 수중 음파의 특성 연구로 Transducer 개발의 이론적인 기초를 구축
 - CAD/CAM을 이용한 전자회로 및 기계 기구부분의 설계 제작, 시험 기술의 축적 등으로 해양연구에 필요한 각종 연구에 응용되고 기술지원이 될 것이다. (예 : 해양기기 검교정 사업, 수중 음향 측정 연구, 무인 자료전송 장치 개발연구 등)

參考 文獻 (Reference)

- Charles Belove 1986 Electronic circuits
- Clarence S. Clay 외 1 명 1977 Acoustical oceanography : Principles and applications.
A wiley-interscience publication
- Jean-Noël Decarpigny 1991 The Design of Low-Frequency Underwater Acoustic Projectors : Present Status and Future Trends
IEEE Journal on Oceanic Engineering,
Vol. 16, No. 1, JANUARY 1991
- J. R. Dunn 1990 Optimization of SONAR Transducers using a coupled FE-BE Method
Proceeding of the Institute Acoustics
Vol. 12 Part 1
- Lawrence E. Kinsler 외 3 명 1982 Fundamentals of acoustics : third edition
John Wiley & Sons, Inc
- Malvino-Leach 1982 Digital principles and applications
- Nina Morgan 1990 Marine Technology Reference Book
Butterworths
- P.H Milne 1983 Underwater Acoustic positioning systems
Gulf publishing company
- Rodney F.W. Coates 1991 The Design of Transducers and Arrays for Underwater Data Transmission
IEEE Journal on Oceanic Engineering,
Vol. 16, No. 1, JANUARY 1991
- Robert J. Urick 1975 Principles of underwater sound
McGraw-Hill Book Company
- Salvatore D. Morgera 1980 Multiple Terminal Acoustic Communications System Design
IEEE Journal on Oceanic Engineering,
Vol. OE 5, No. 3, JULY 1980

EG & G	1981	Sea - Link system Model 722 A, 723A, 301 EG & G incorporated Inc. Envirnmntal Equipment Division
Shigeo-Sugate	1985	Ceramic Elastomer Composite Hydrophone Adaptive Methods in Underwater Acoustics. (P.P 643 - 651)
S.S. Jarng	1990	FEM Analysis of SONAR Transducers Proceeding of the Institute Acoustics Vol. 12 Part 1
김 중 오	1985.	해저 장비의 위치와 거리 측정에 관한 연구 한양 대학교 산업 대학원
박 송 배	1985	회로 이론
음향진동연구실	1991	음향측정 기술자 과정, 한국 표준 연구소
이 중 식	1989	음향파를 이용한 수중통신 수중 ROV워크샵 논문집, 한국 기계 연구소 해양 기술실
이 중 식	1990	다중 음향파를 이용한 정밀 측심기 개발연구 한국 기계 연구소 부설 해사 기술 연구소
이 흥 재	1987	어 해황 예보 기술 개발 연구 (II) 한국 해양연구소 BSPG 00049-162-1
임 범 선 외 1 명	1993	On-board 전원 설계 기술 전자공학회지 Vol. 20. No. 9
전 호 경	1981	천해에서 유속계 계류 실험 및 분석 한국 해양연구소 소보 Vol. 3 No. 1
전 호 경	1991	음파원격 이탈기 국산화 개발연구(I) 한국 해양연구소 BSPG 00137-389-7
전 호 경	1992	음파원격 이탈기 국산화 개발연구(II) 한국 해양연구소 BSPG 00156-490-7
전 호 경	1992	수중음파 측정 기술에 관한 연구 한국 해양연구소 BSPE00284-442-7
차 일 환	1976	음향 공학 개론, 한신 문화사

Appendix. A. Range / Bearing PCBs

Photo A-1. Range / Bearing PCB Assembly

Photo A-2. Pre Amp and Hardlimiter PCB (CH1)

Photo A-3. Pre Amp and Hardlimiter PCB (CH2)

Photo A-4. Pre AMP and Hardlimiter PCB (CH3)

Photo A-5. Analog PCB

Photo A-6. Postfilter PCB

Photo A-7. Range 1 PCB

Photo A-8. Range 2 PCB

Photo A-9. Reference PCB

Photo A-10. Bearing indicator PCB

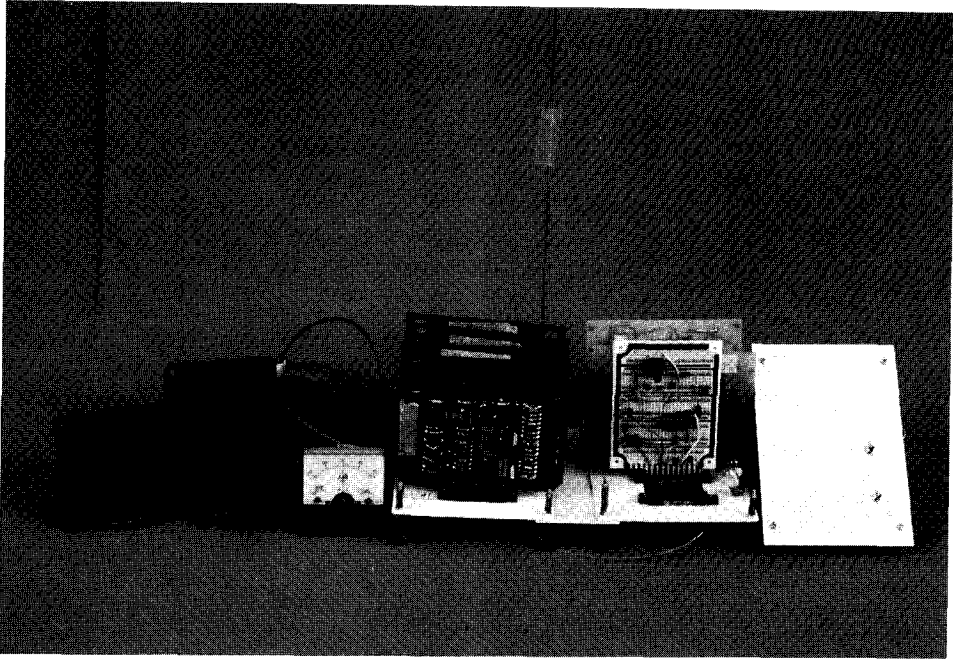


Photo A-1. Range / Bearing PCB Assembly

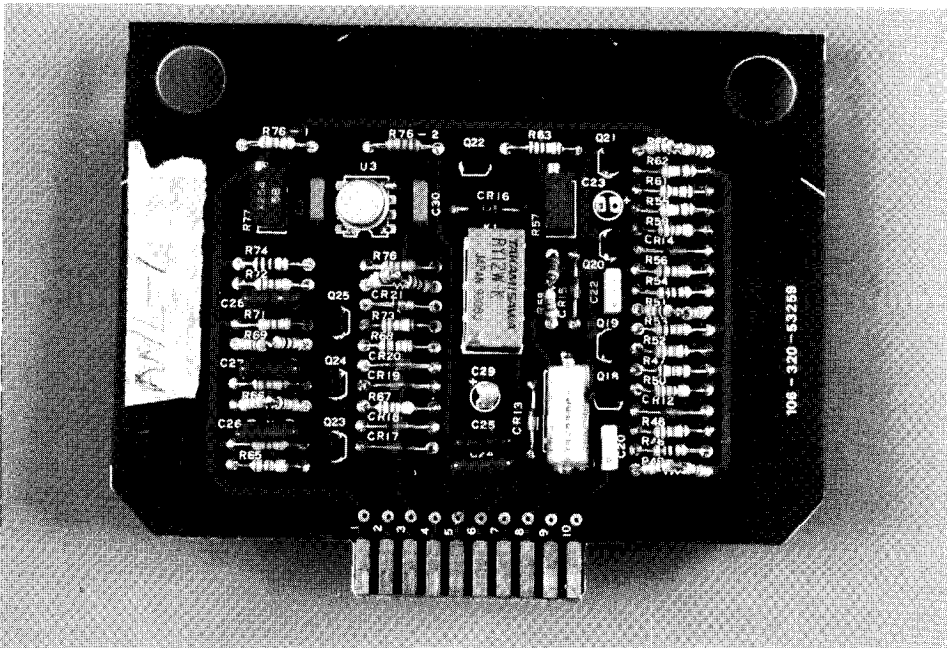


Photo A-2. Pre Amp and Hardlimiter PCB (CH1)

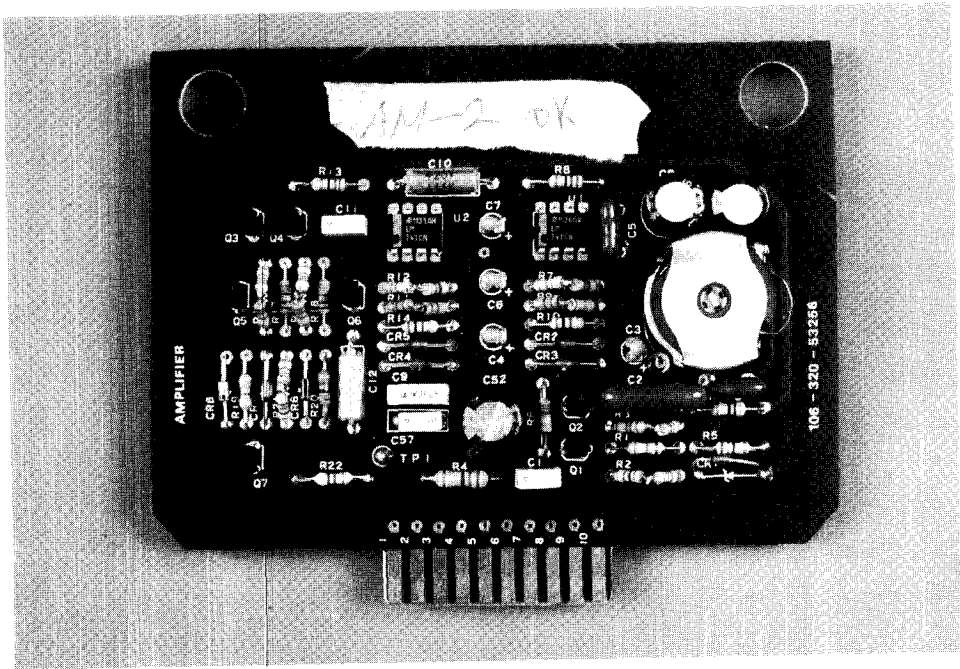


Photo A-3. Pre Amp and Hardlimiter PCB (CH2)

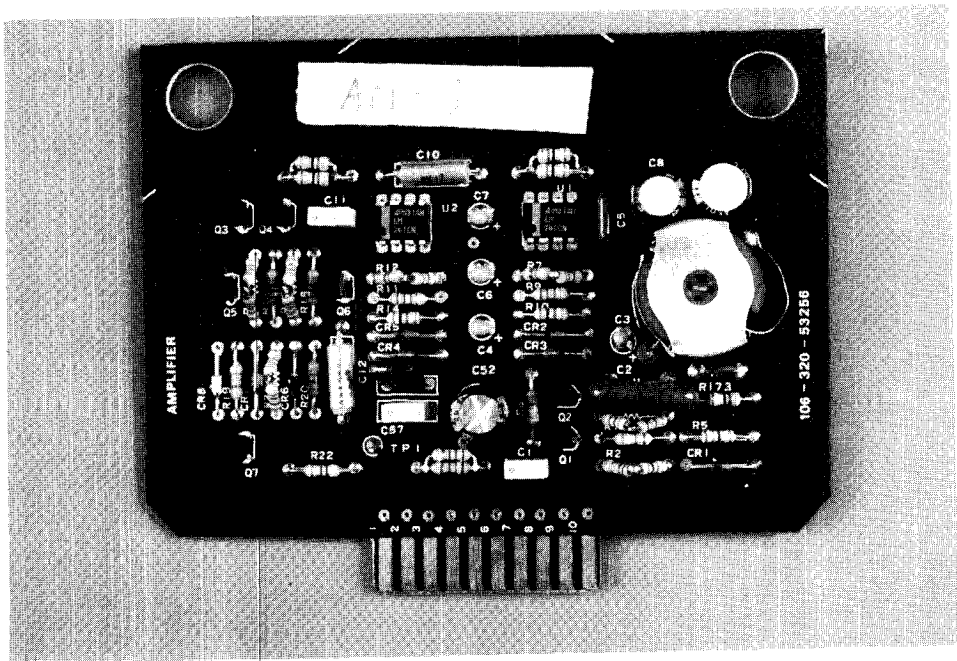


Photo A-4. Pre AMP and Hardlimiter PCB (CH3)

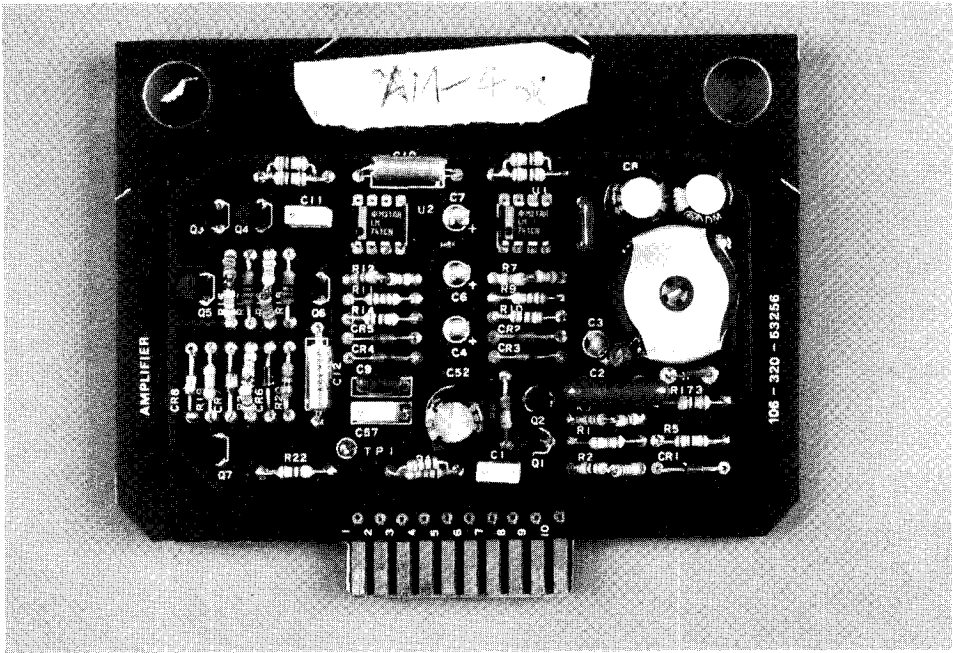


Photo A-5. Analog PCB

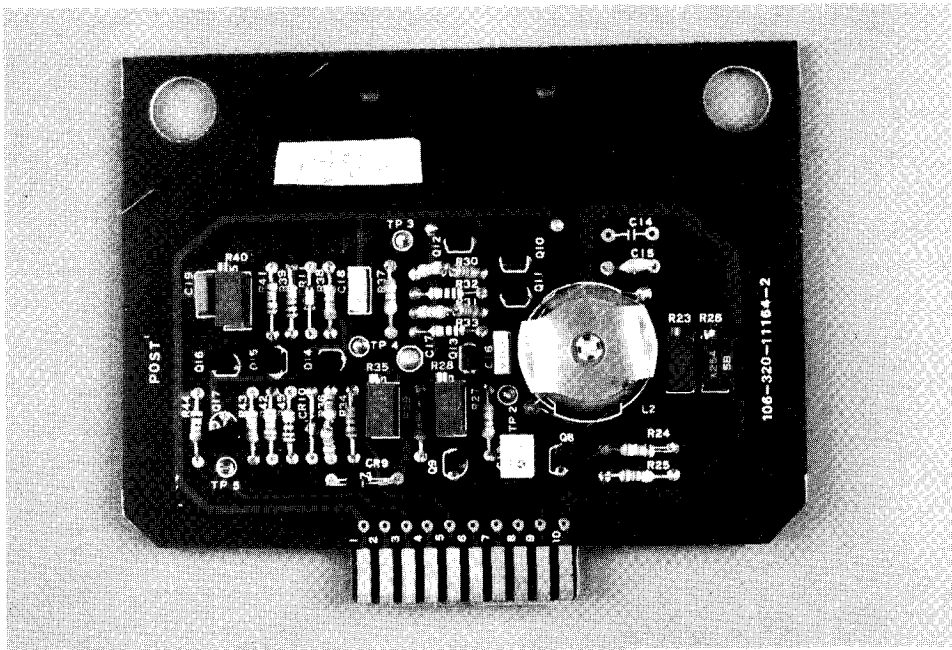


Photo A-6. Postfilter PCB

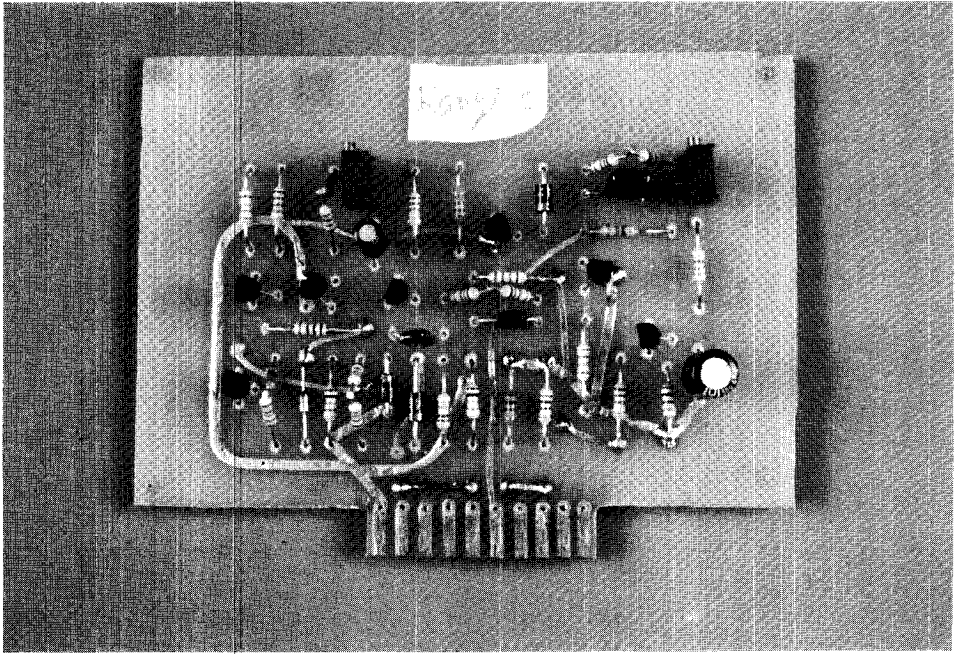


Photo A-7. Range 1 PCB

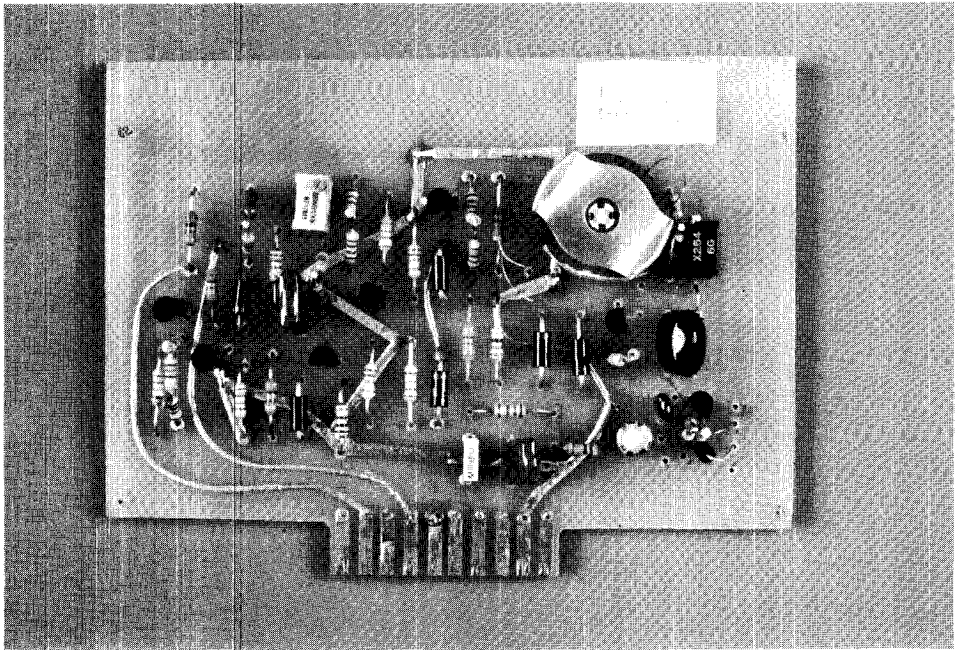


Photo A-8. Range 2 PCB

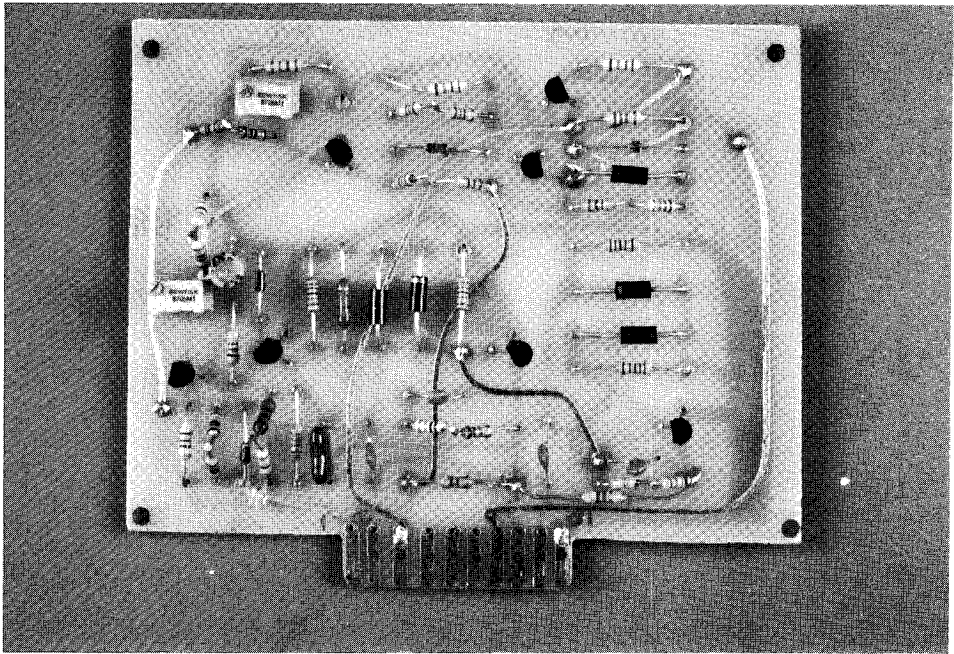


Photo A-9. Reference PCB

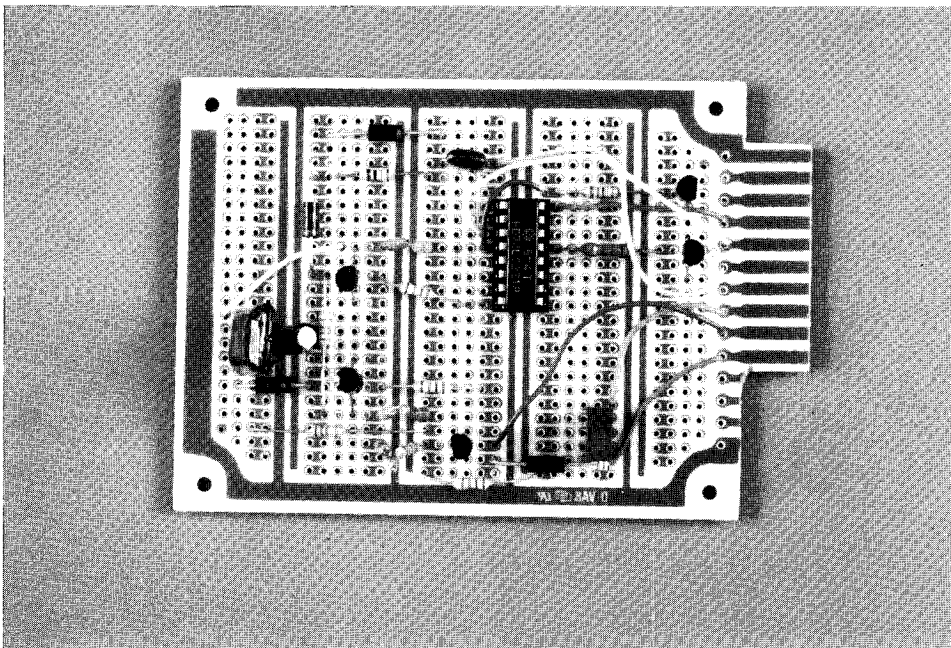


Photo A-10. Bearing indicator PCB

Appendix. B. Acoustic Release PCBs

Photo B-1. Acoustic Release PCB Assembly

Photo B-2. Prefilter Hardlimiter and Pinger generator

Photo B-3. Main power Amplifier PCB

Photo B-4. Transponder detector PCB

Photo B-5. Command Code PCB

Photo B-6. Memory PCB

Photo B-7. Signal detector PCB (#1)

Photo B-8. Signal detector PCB (#2)

Photo B-9. Signal detector (#3)

Photo B-10. Release power PCB

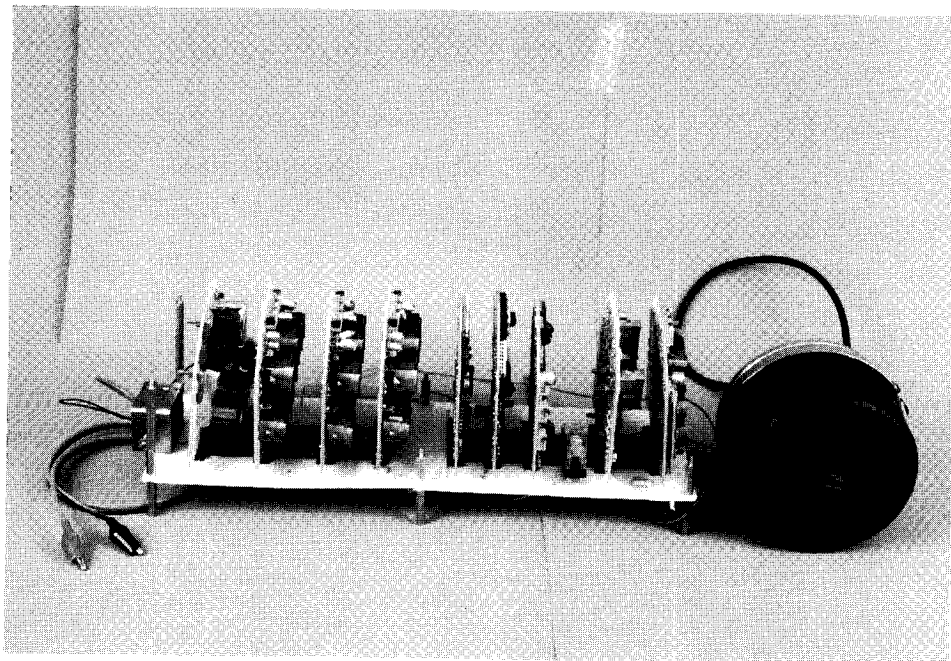


Photo B-1. Acoustic Release PCB Assembly

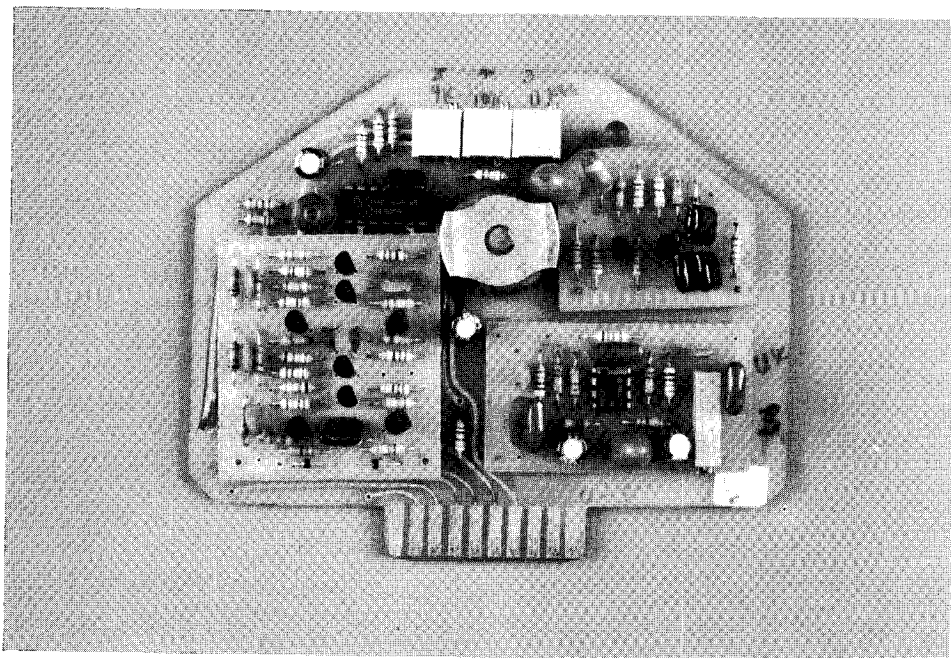


Photo B-2. Prefiler Hardlimiter and Pinger generator

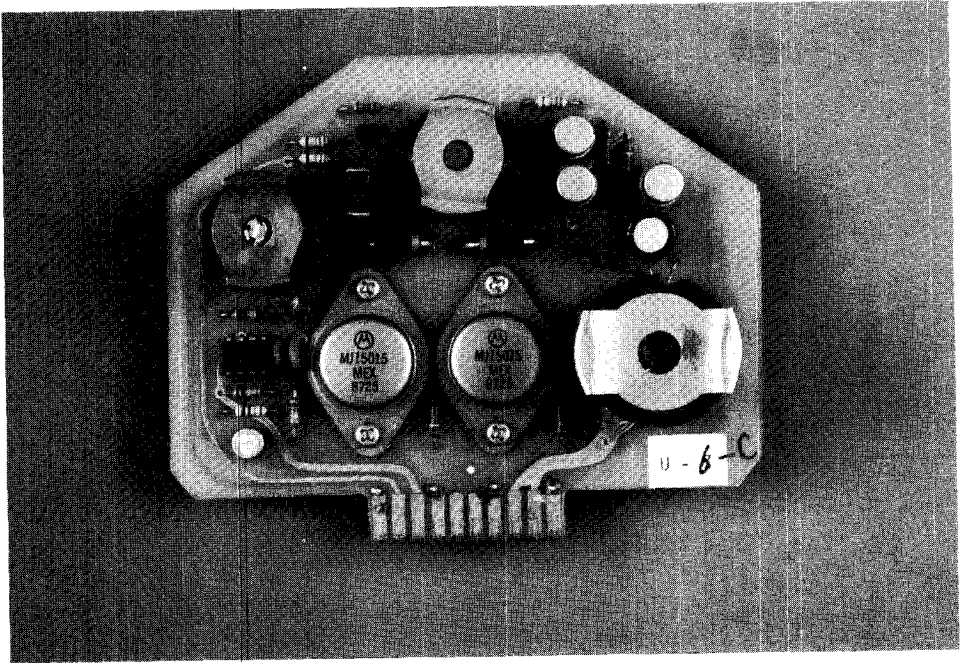


Photo B-3. Main power Amplifier PCB

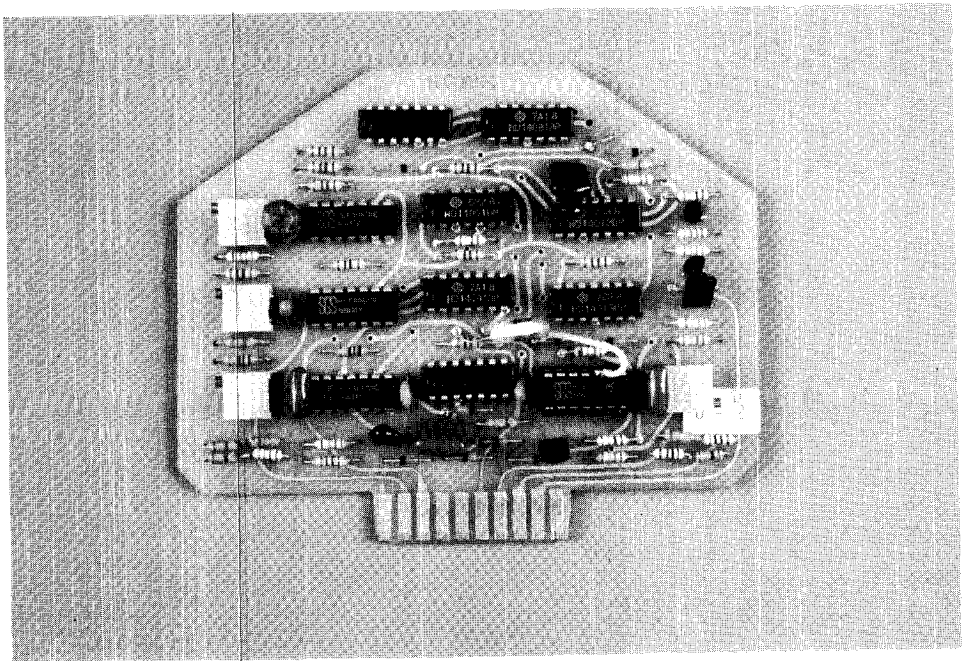


Photo B-4. Transponder detector PCB

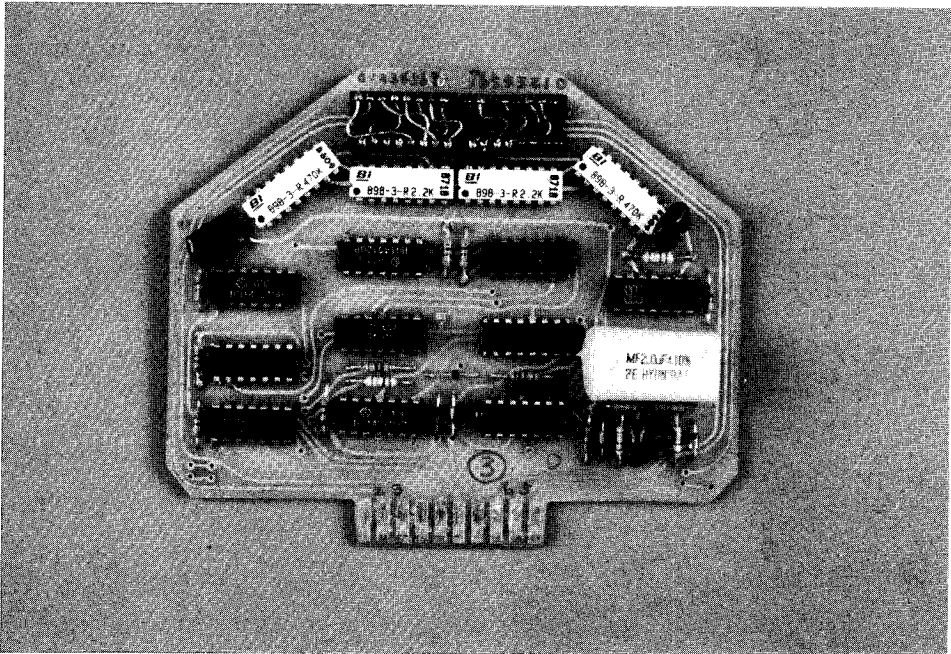


Photo B-5. Command Code PCB

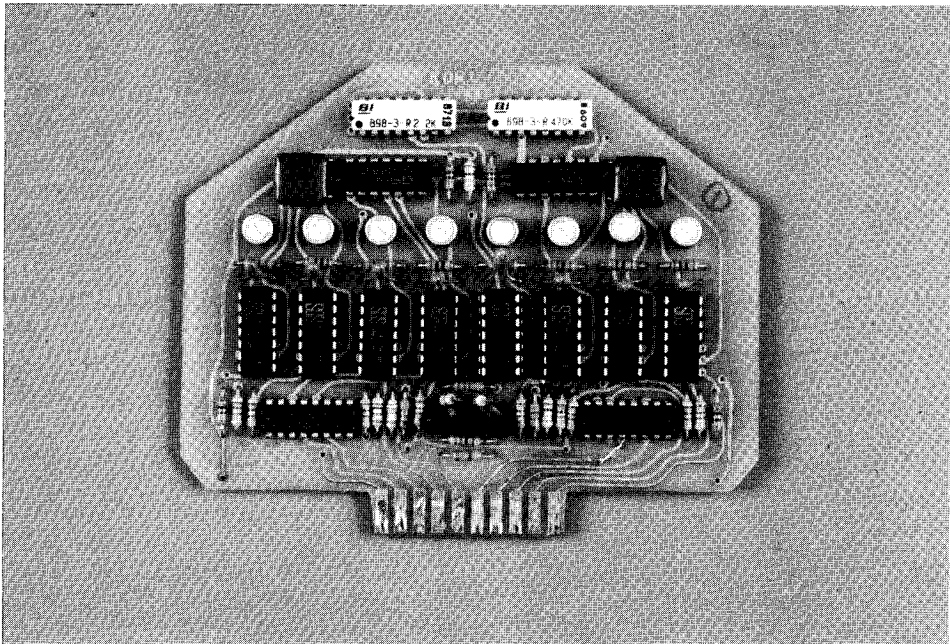


Photo B-6. Memory PCB

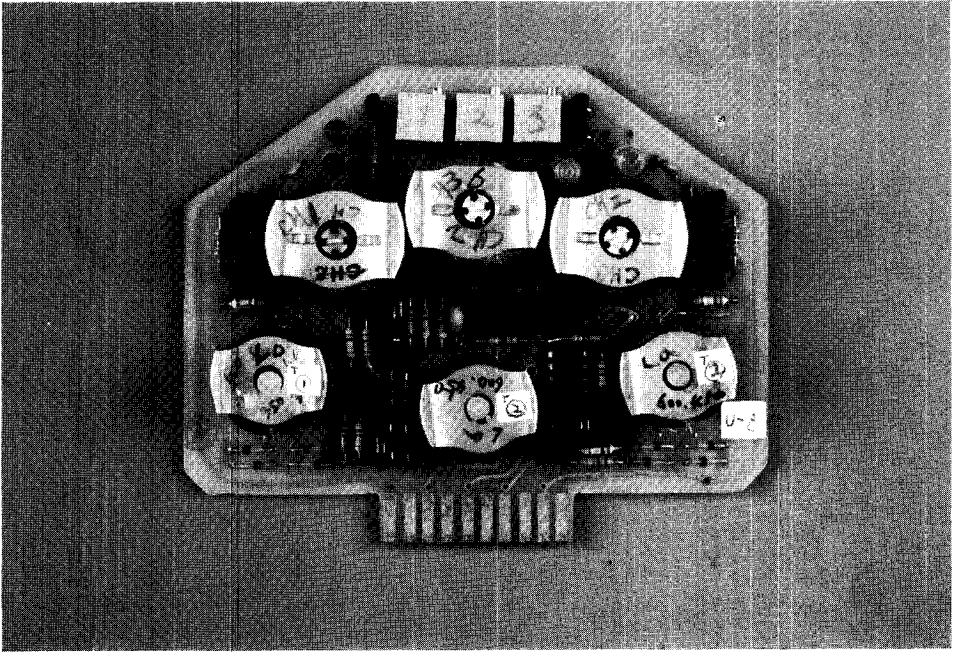


Photo B-7. Signal detector PCB (#1)

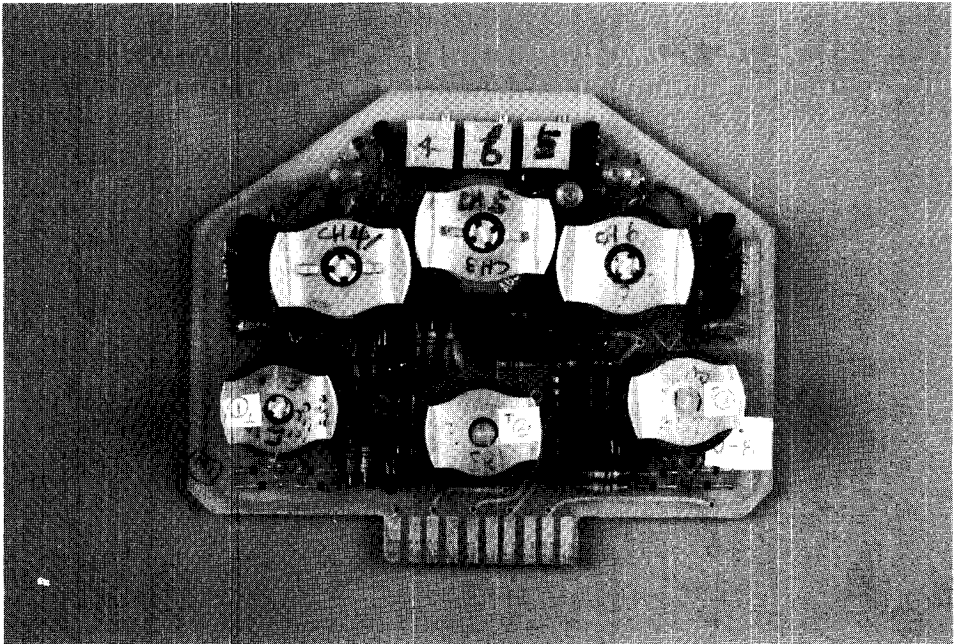


Photo B-8. Signal detector PCB (#2)

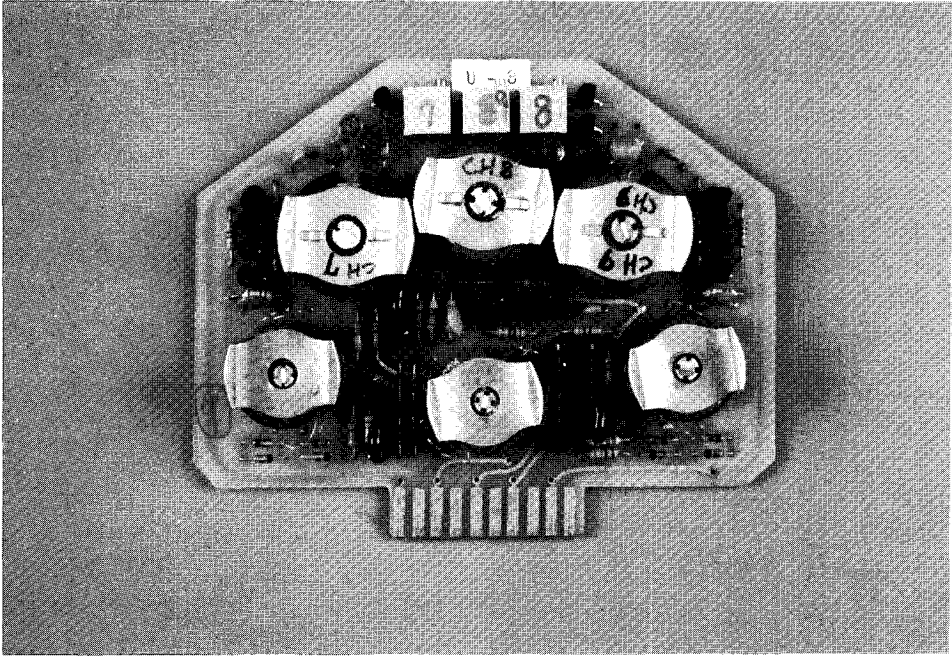


Photo B-9. Signal detector (#3)

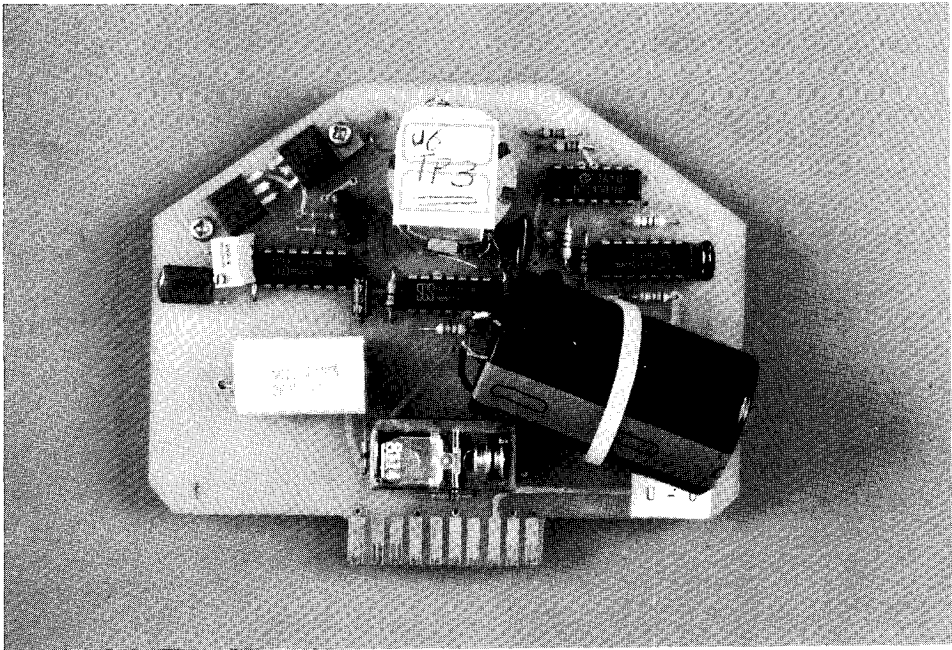


Photo B-10. Release power PCB

Appendix. C. Deck Command PCBs

Photo C-1. Deck Command PCB Assembly

Photo C-2. Timing and Control PCB

Photo C-3. Letter Encoder PCB

Photo C-4. Frequency Generator

Photo C-5. Amplifier PCB

Photo C-6. Power Supply of Deck Unit

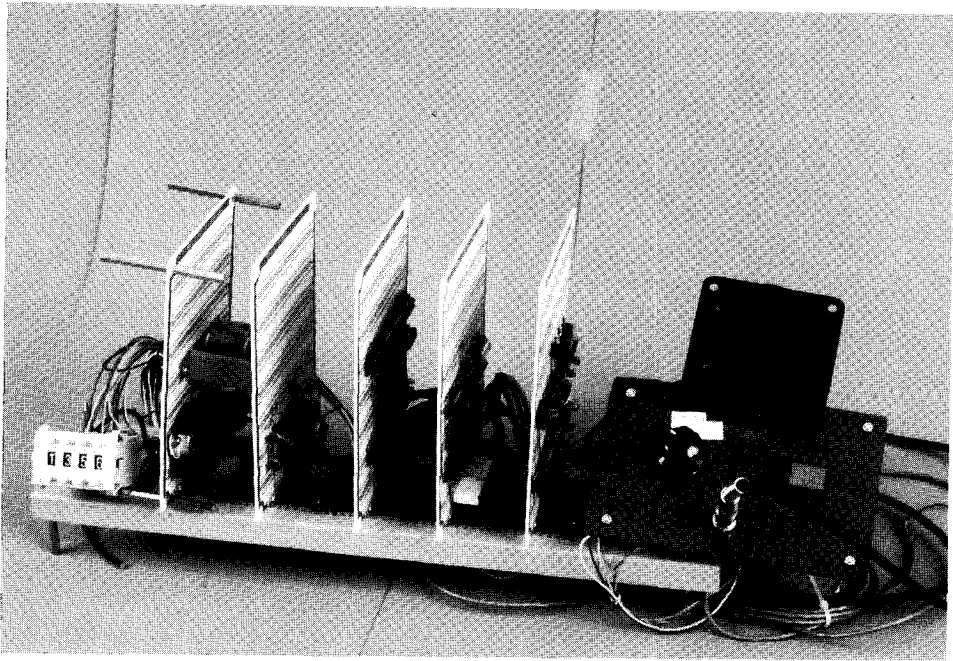


Photo C-1. Deck Command PCB Assembly

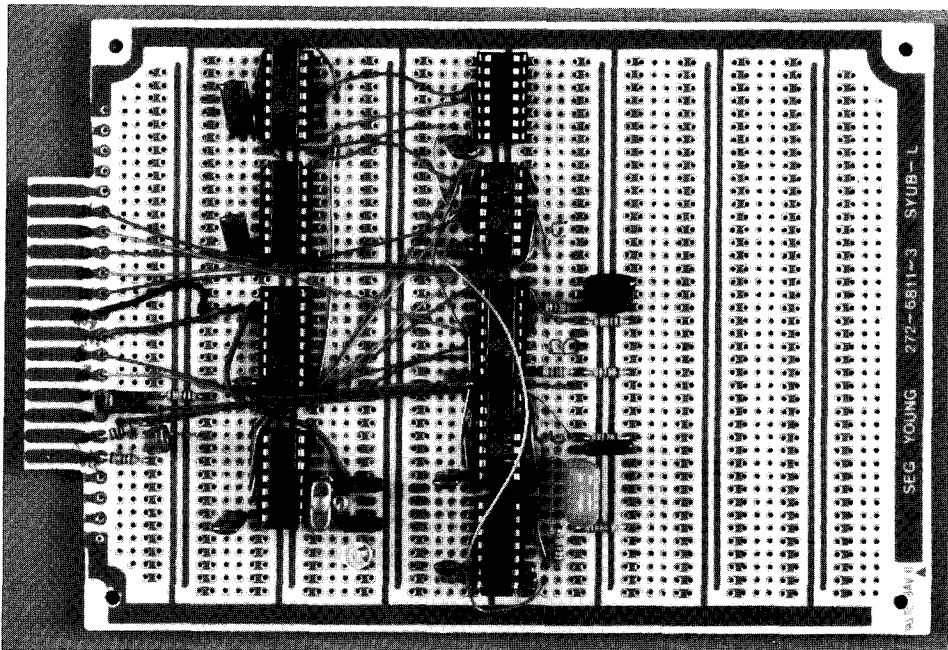


Photo C-2. Timing and Control PCB

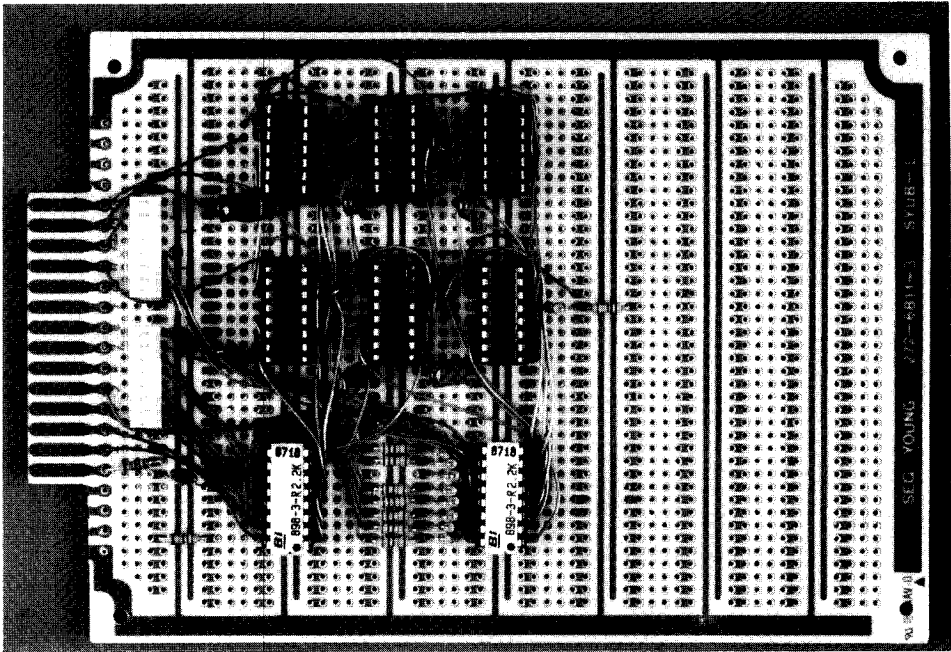


Photo C-3. Letter Encoder PCB

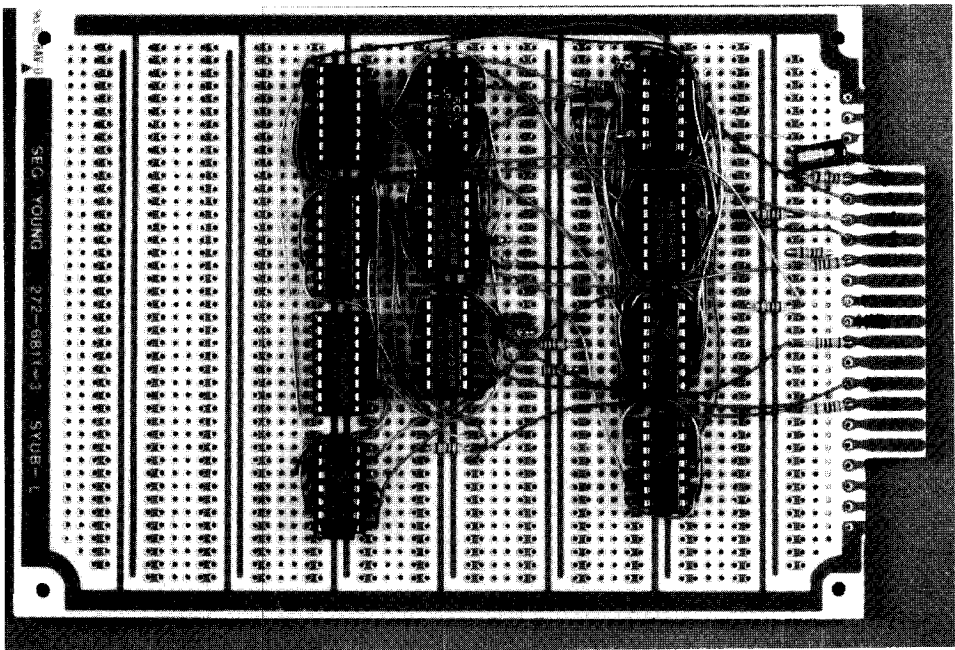


Photo C-4. Frequency Generator

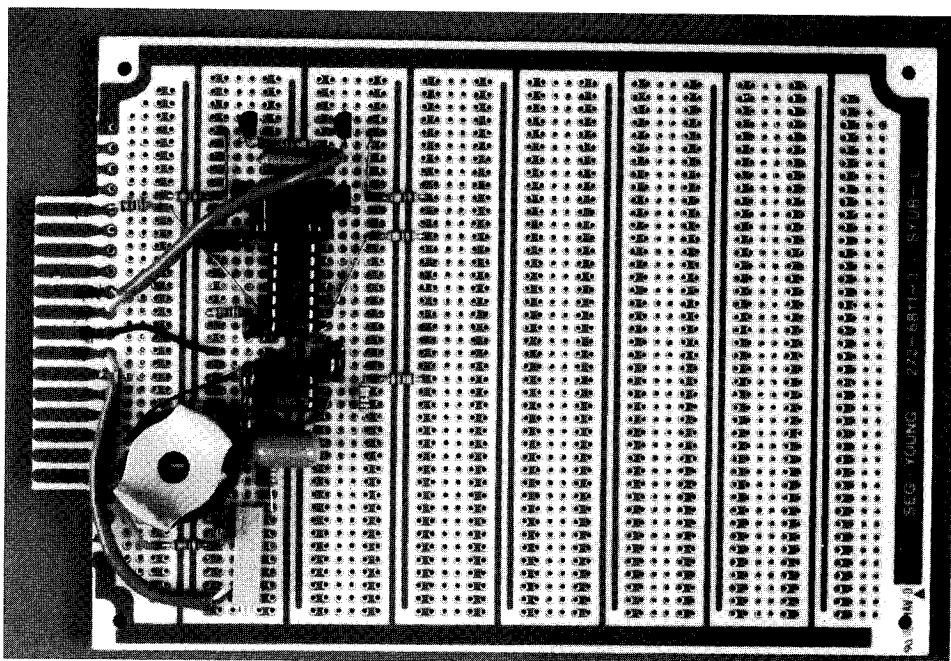


Photo C-5. Amplifier PCB

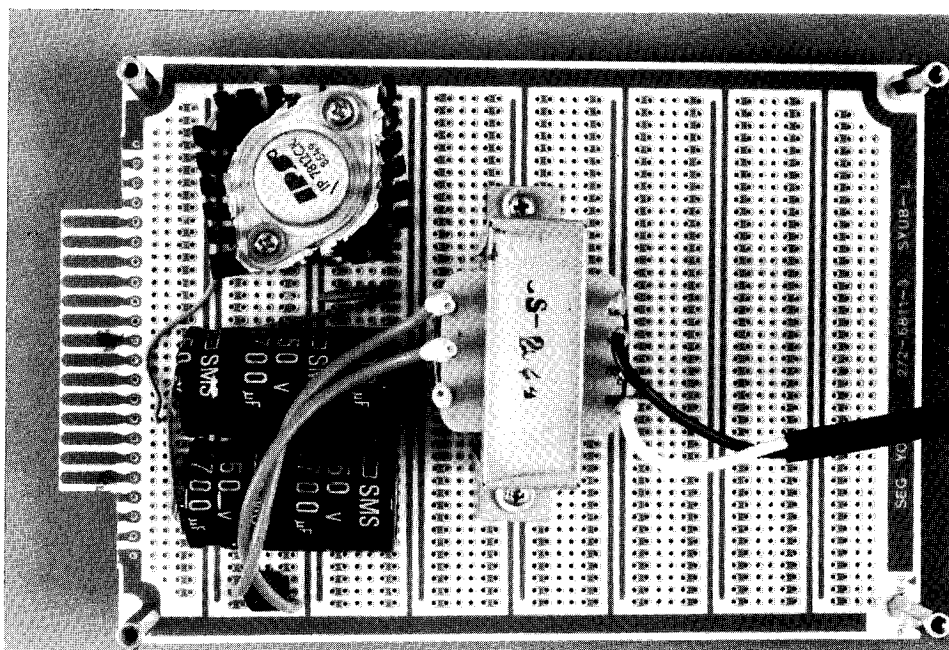


Photo C-6. Power Supply of Deck Unit

Appendix. D. Release Mechanism Assembly

Photo D-1. Release Mechanism Assembly
(Load holder, bottom plate, "0" ring)

Photo D-2. Magnetic solenoid / bottom plate Assembly

Photo D-3. Small rotary disk and Large rotary disk
assembly

Photo D-4. Trigger key within rotary disk

Photo D-5. Main power spring

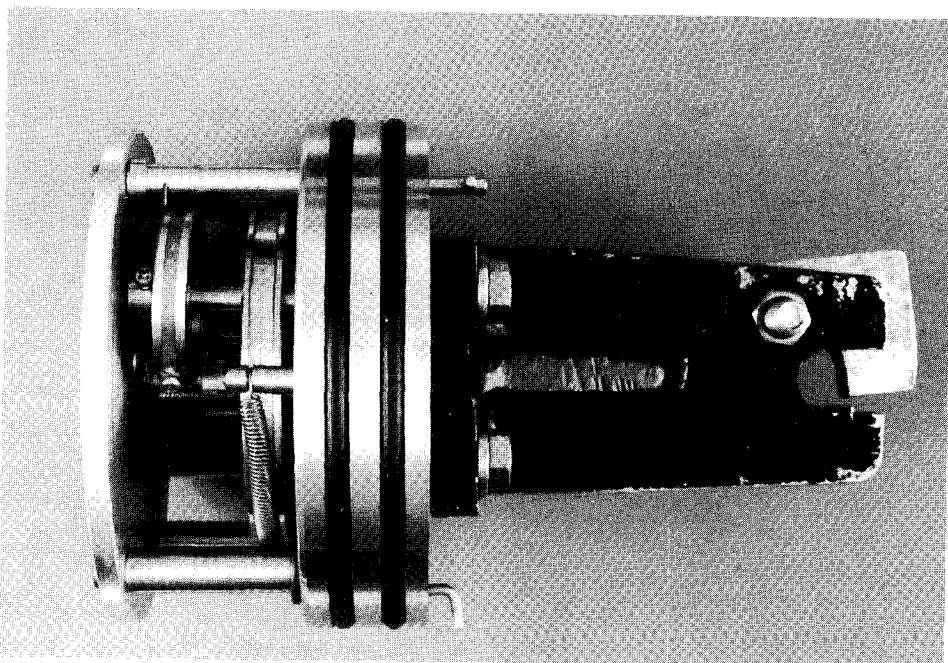


Photo D-1. Release Mechanism Assembly
(Load holder, bottom plate, "O" ring)

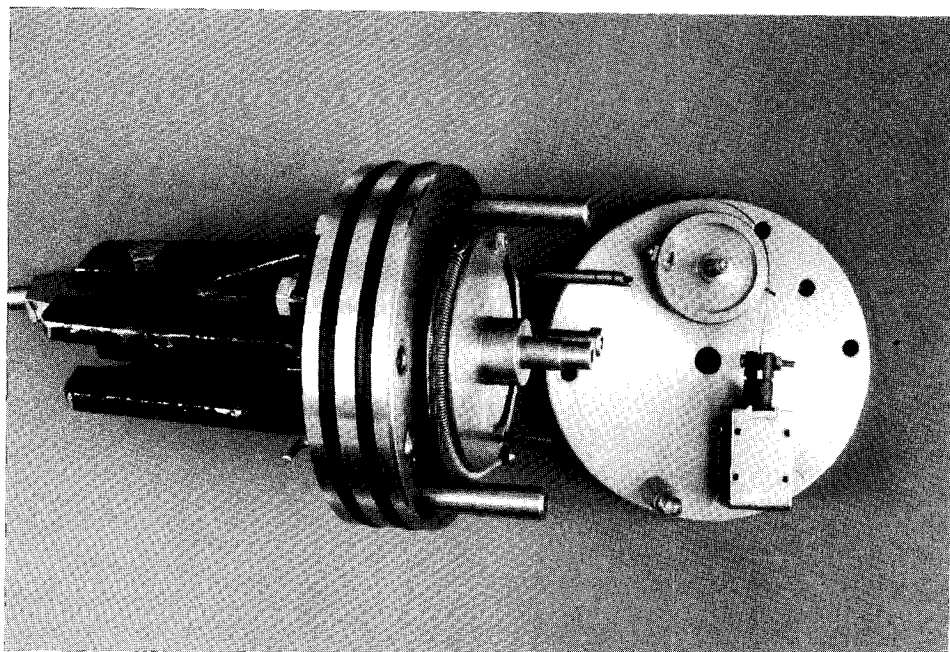


Photo D-2. Magnetic solenoid / bottom plate Assembly

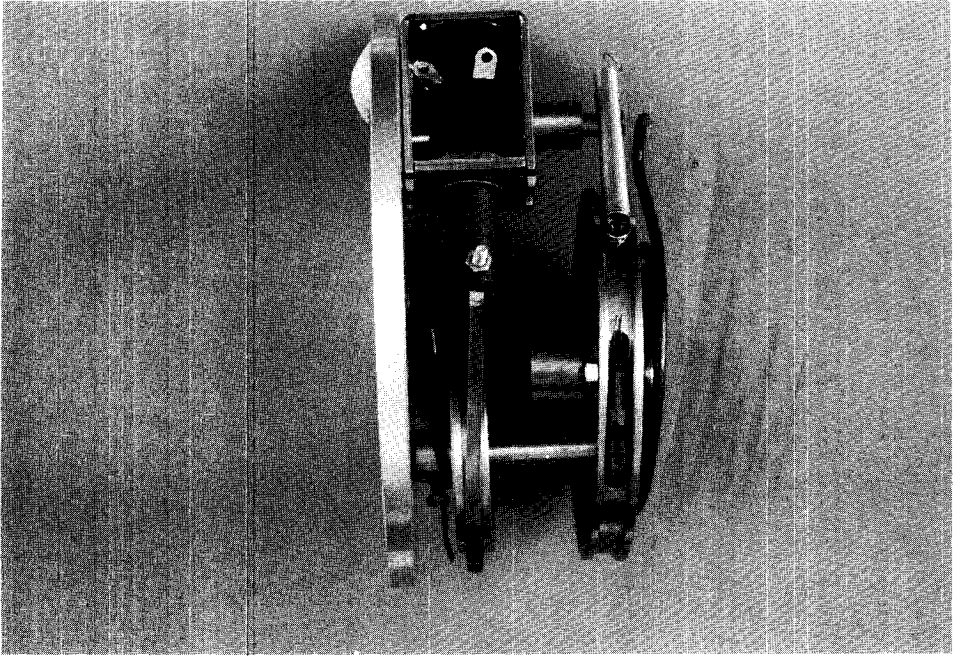


Photo D-3. Small rotary disk and Large rotary disk assembly

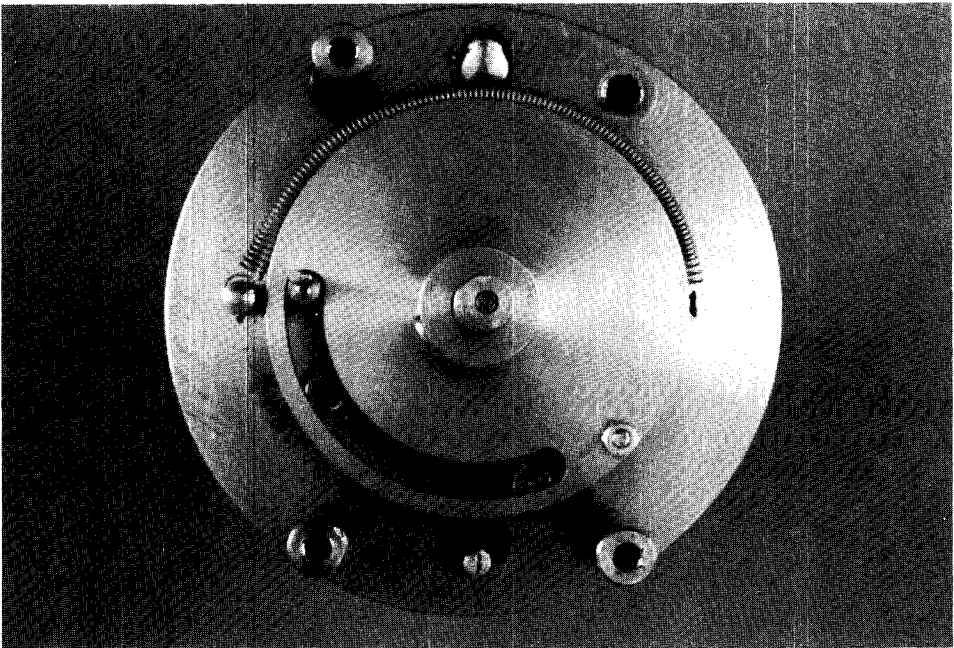


Photo D-4. Trigger key within rotary disk

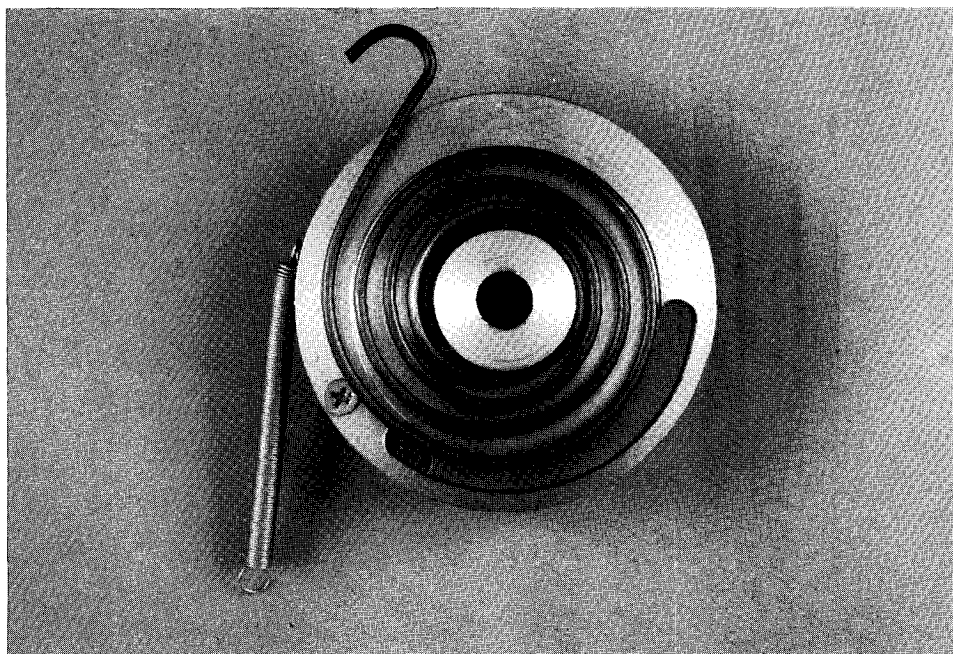


Photo D-5. Main power spring

Appendix. E. Sensors

Photo E-1. Receiving sensor (hydrophone assembly)
(Ultrasonic sensors)

Photo E-2. ITC Transducer

Photo E-3. Ceramic speaker

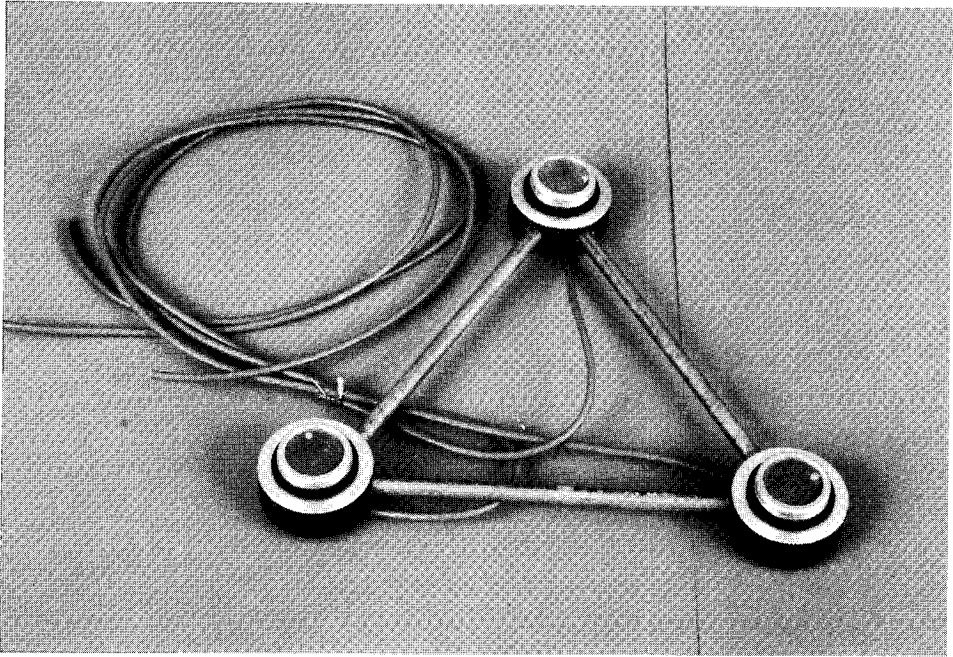


Photo E-1. Receiving sensor (hydrophone assembly)
(Ultrasonic sensors)

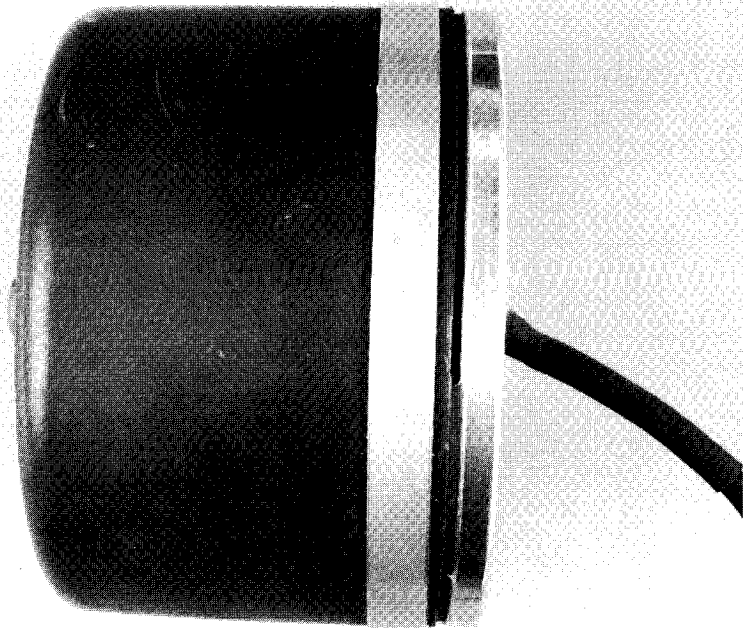


Photo E-2. ITC Transducer

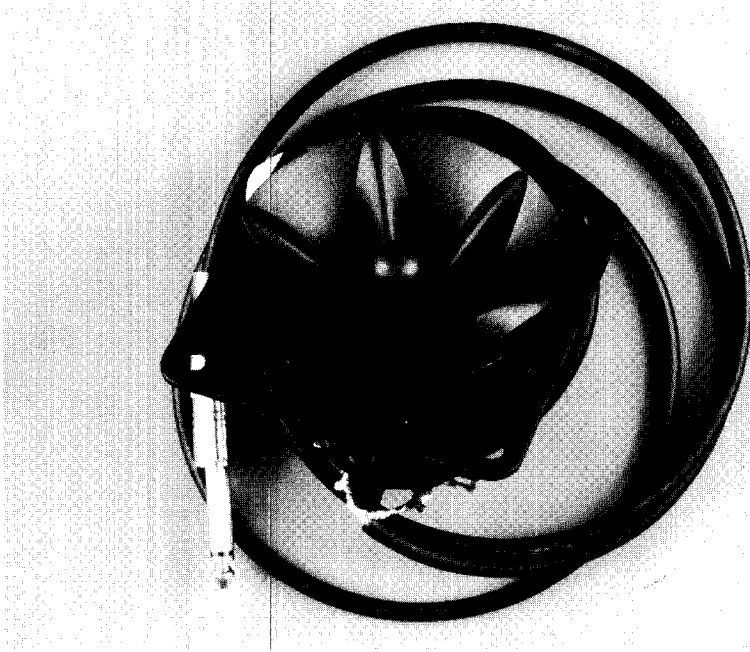


Photo E-3. Ceramic speaker

Appendix. F. Pressure case test

Photo F-1. Figure of crushed(1) at 4000PSI

Photo F-2. Figure of crushed(2) at 2500 PSI
(put the top plate in to pressure case)

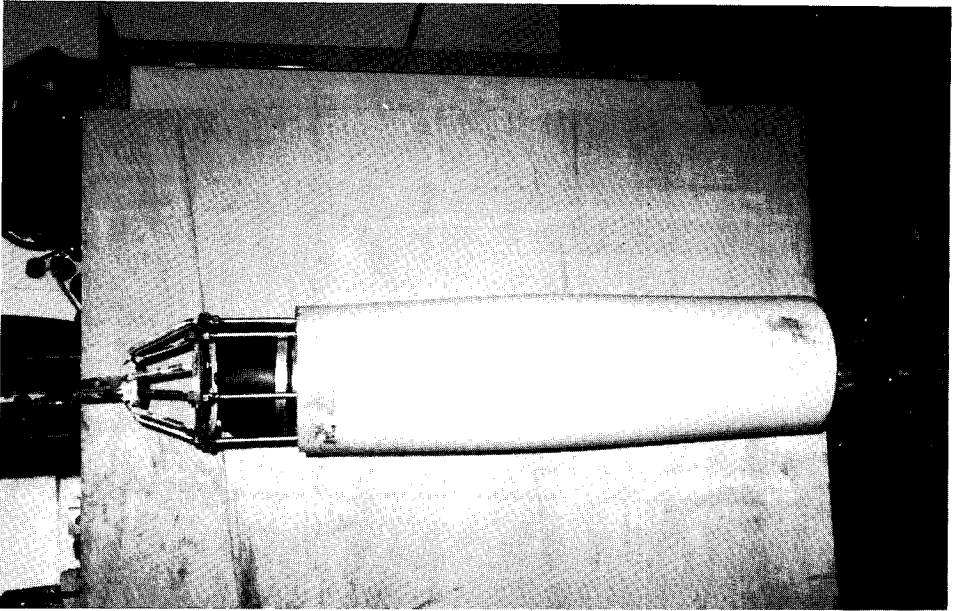


Photo F-1. Figure of crushed(1) at 4000PSI

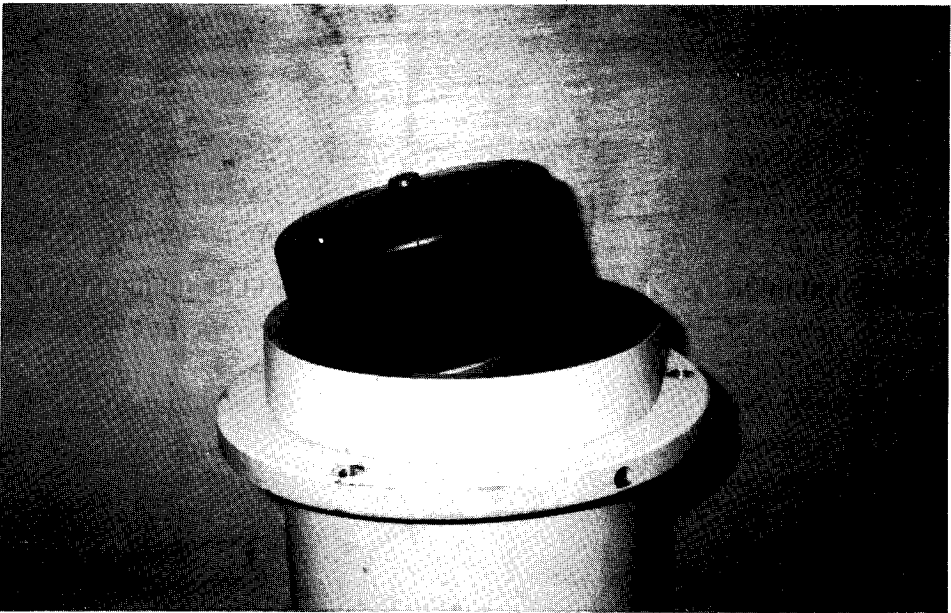


Photo F-2. Figure of crushed(2) at 2500 PSI
(put the top plate in to pressure case)

Appendix G.

Battery holder and field test of underwater unit

Photo G - 1. Battery holder and PCB holder of Underwater unit

Photo G - 2. Failure of watertight at field test

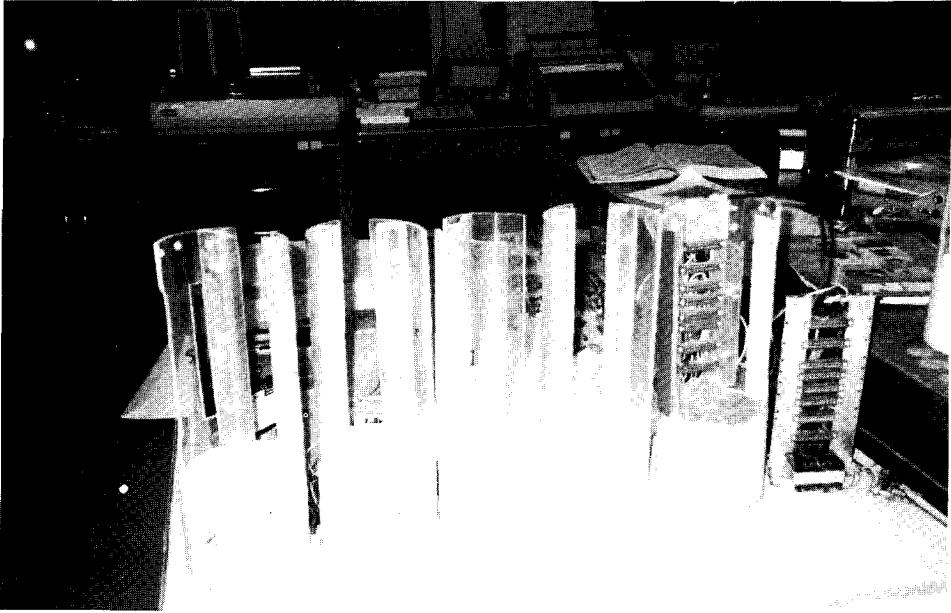


Photo G-1. Battery holder and PCB holder
of Underwater unit

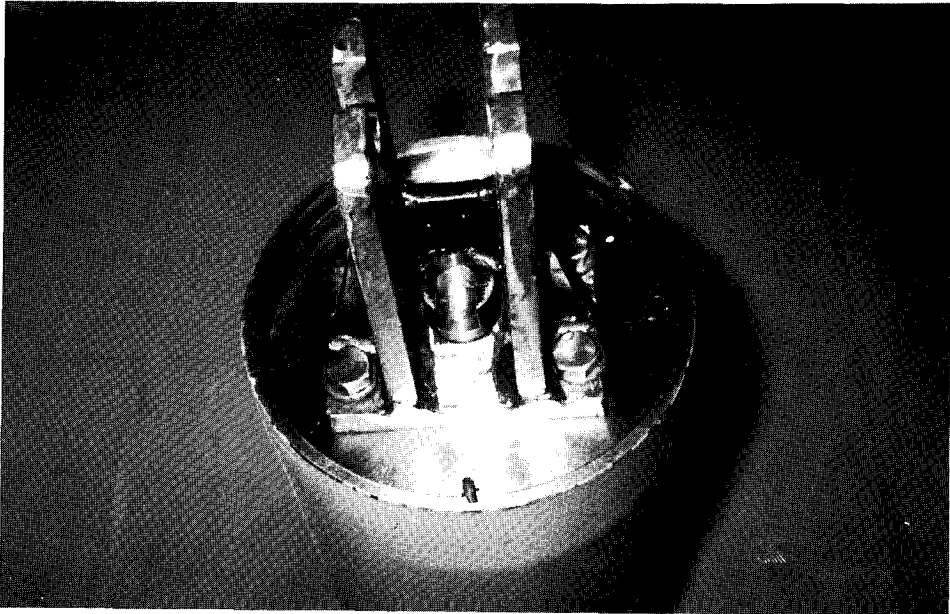
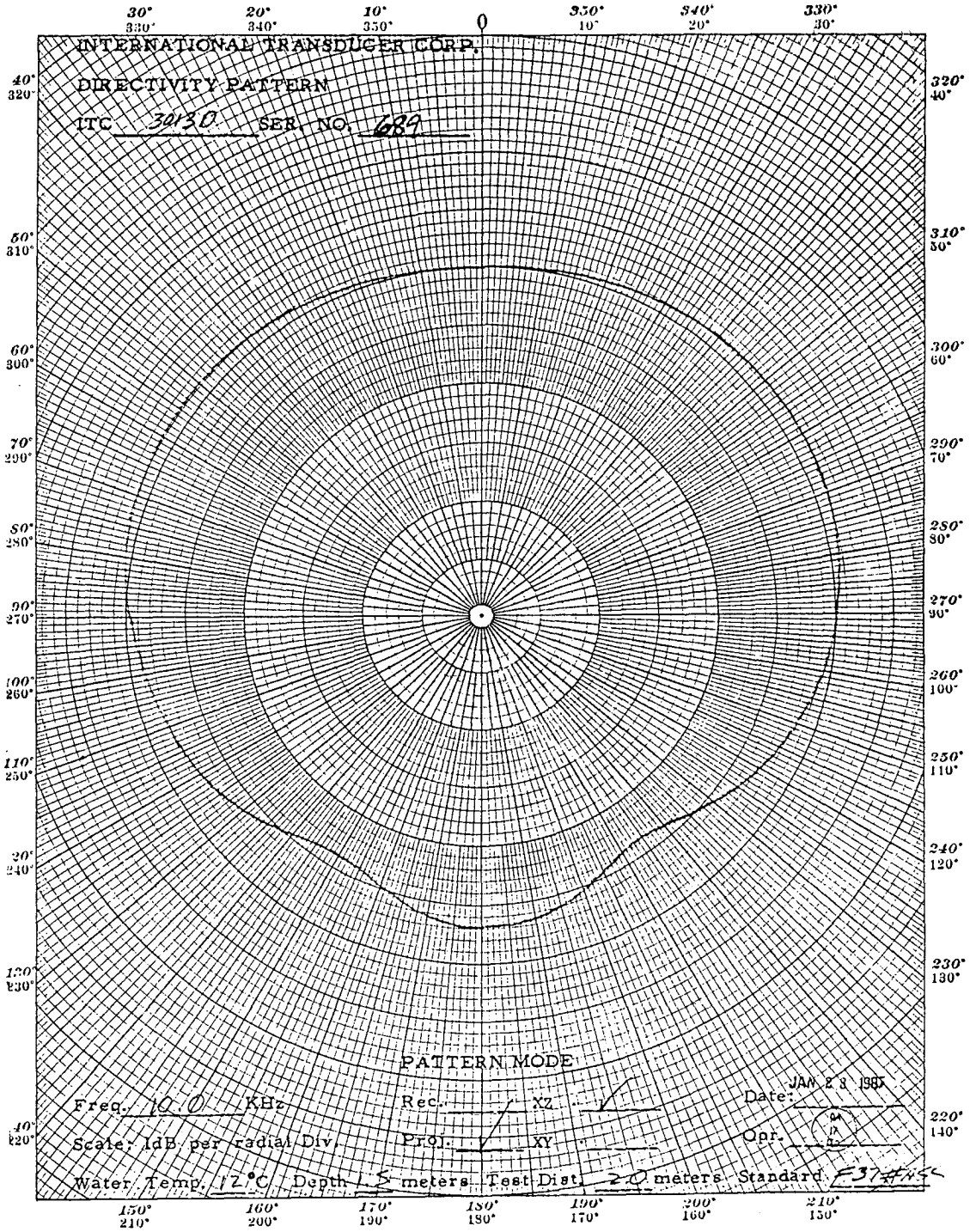


Photo G-2. Failure of watertight at field test

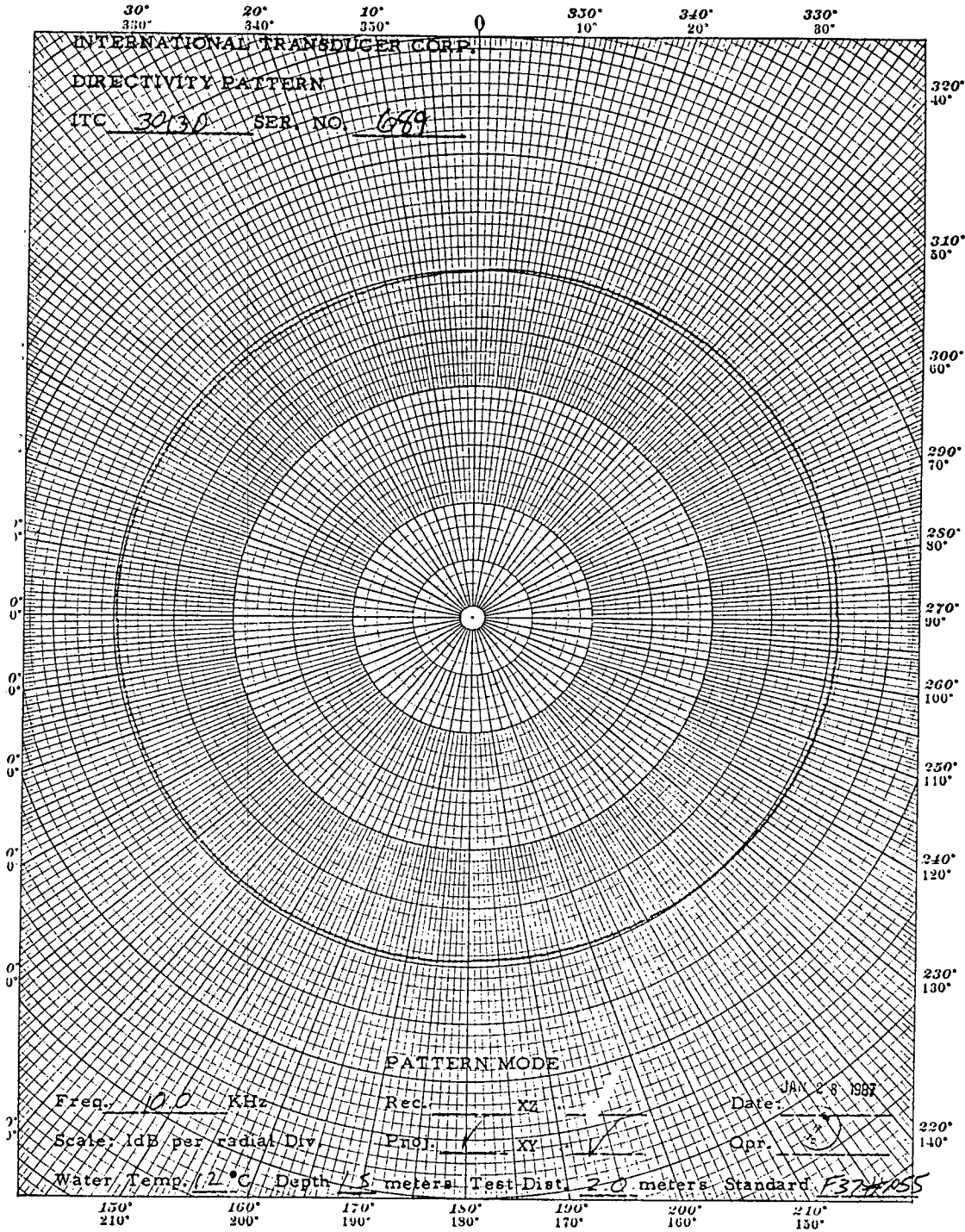
Appendix H. ITC 3013D S/N. 689

1. XZ Directivity pattern
2. XY Directivity pattern
3. Voltage source Level
4. Raw data receiving response
5. Water admittance

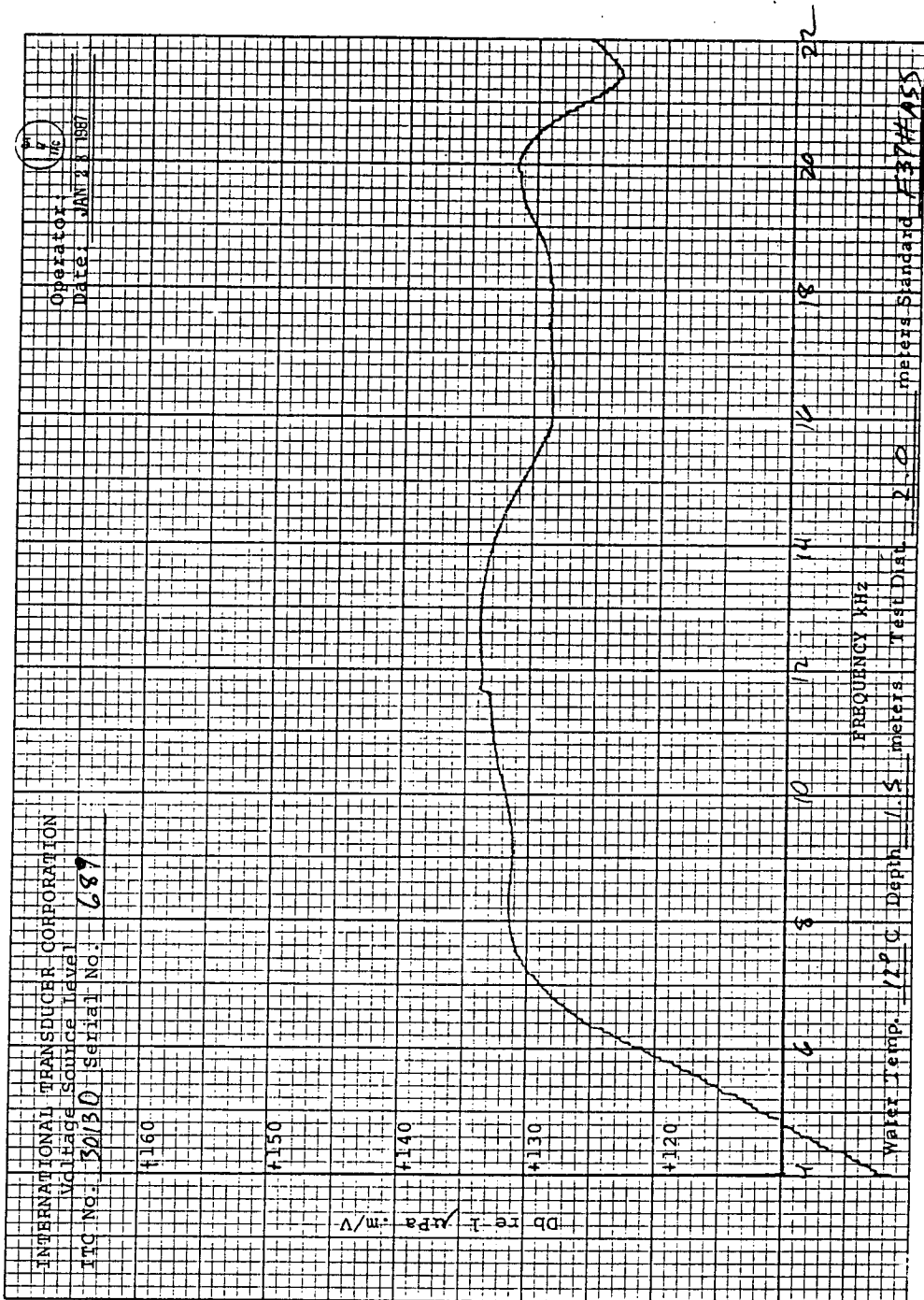
1. XZ Directivity pattern



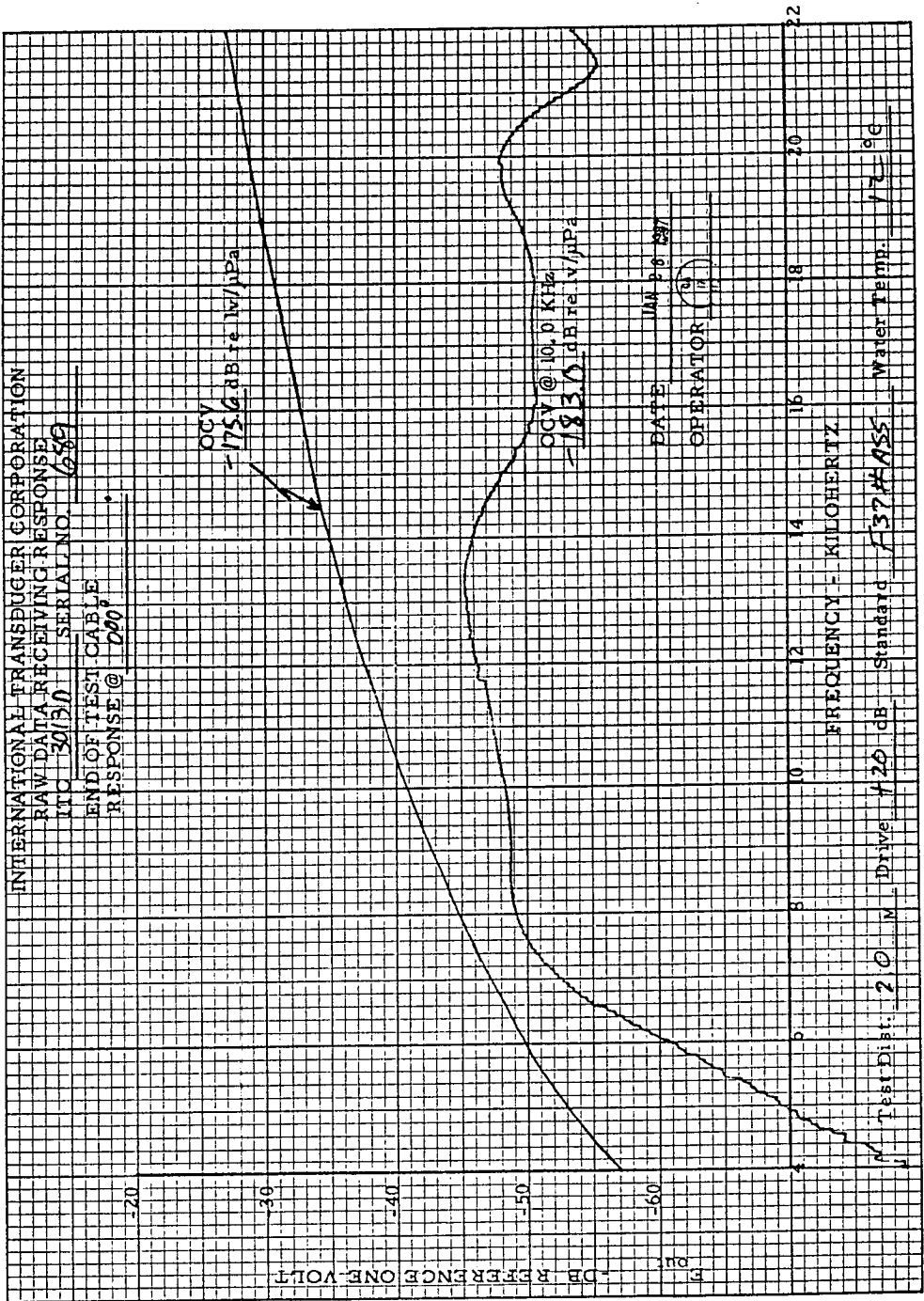
2. XY Directivity pattern



3. Voltage source Level



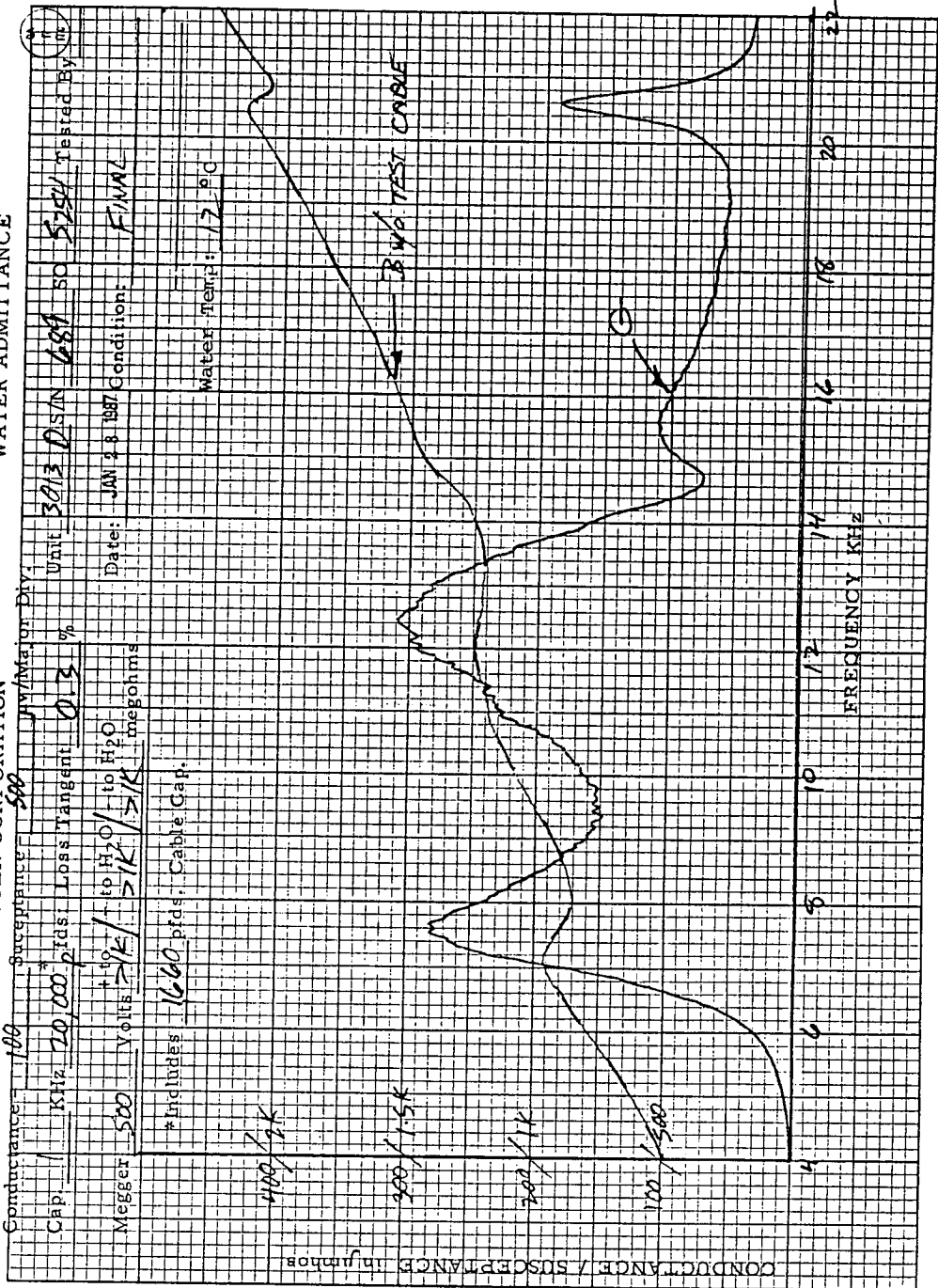
4. Raw data receiving response



5. Water admittance

INTERNATIONAL TRANSDUCER CORPORATION

WATER ADMITTANCE



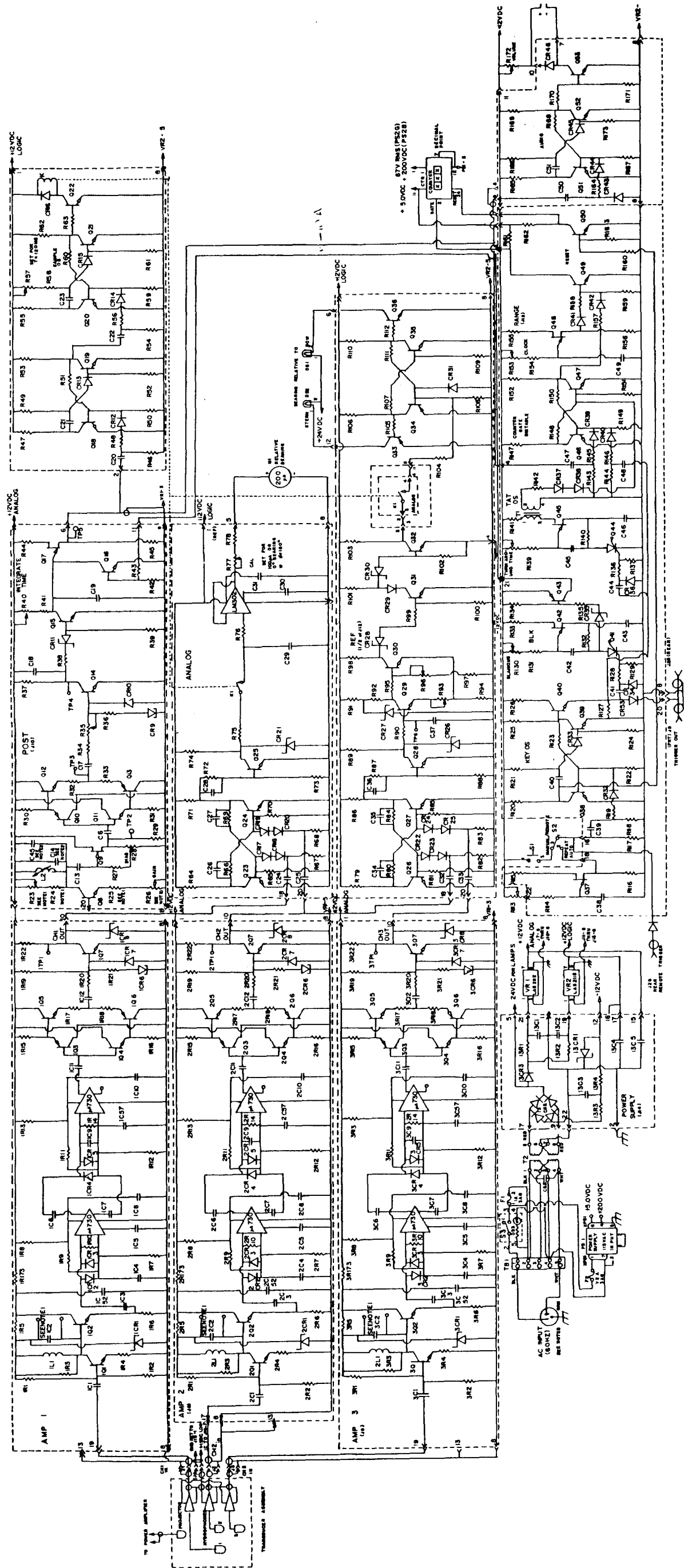
Appendix I:

Electronic circuit of

range/bearing

H - 1. Range / bearing circuit

H - 2. Power supply



H - 1. Range / bearing circuit

Appendix J:

Electronic circuit of deck unit

J - 1. Timing and control board

J - 2. Letter encoder

J - 3. Frequency generator

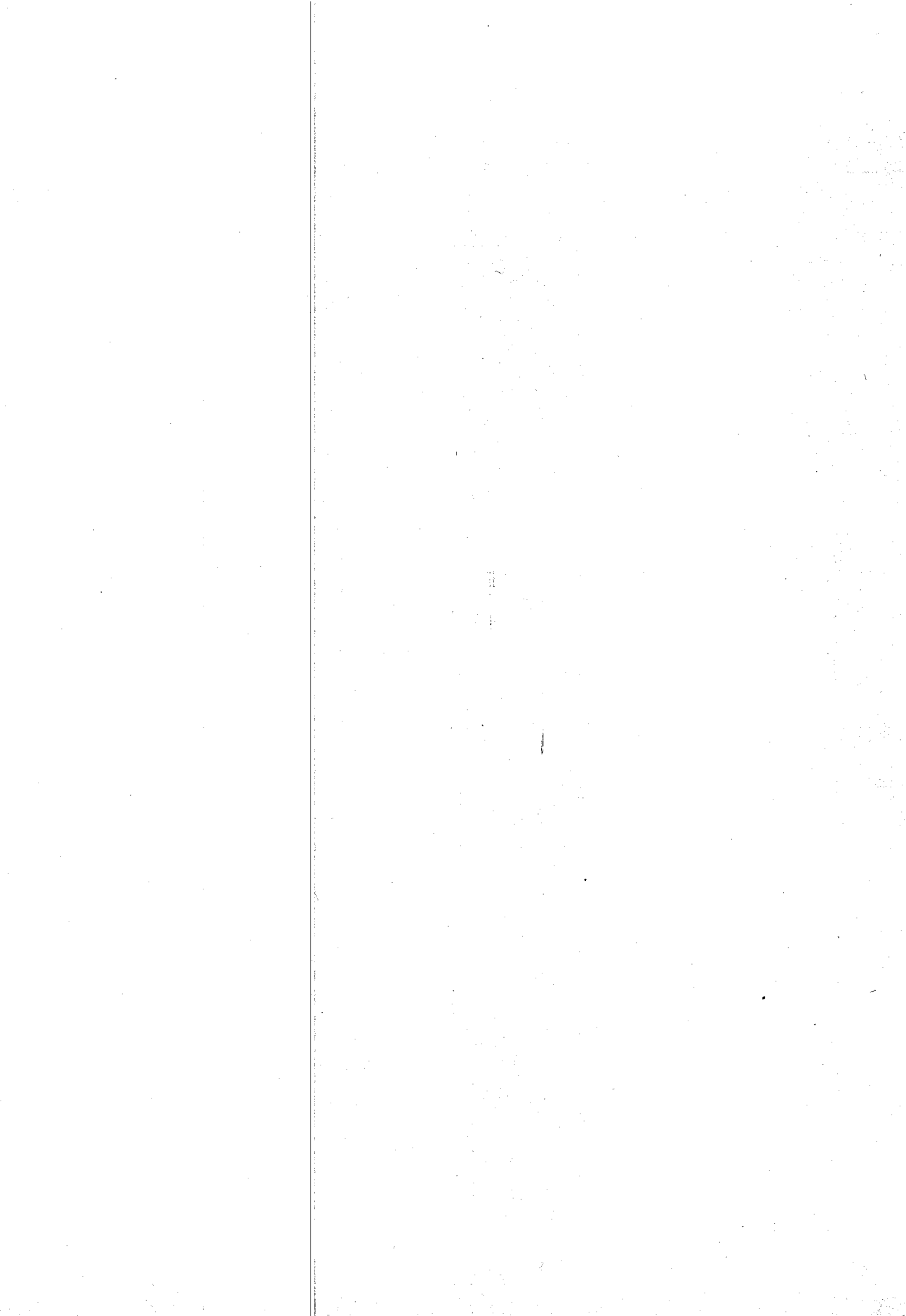
J - 4. Relay control board

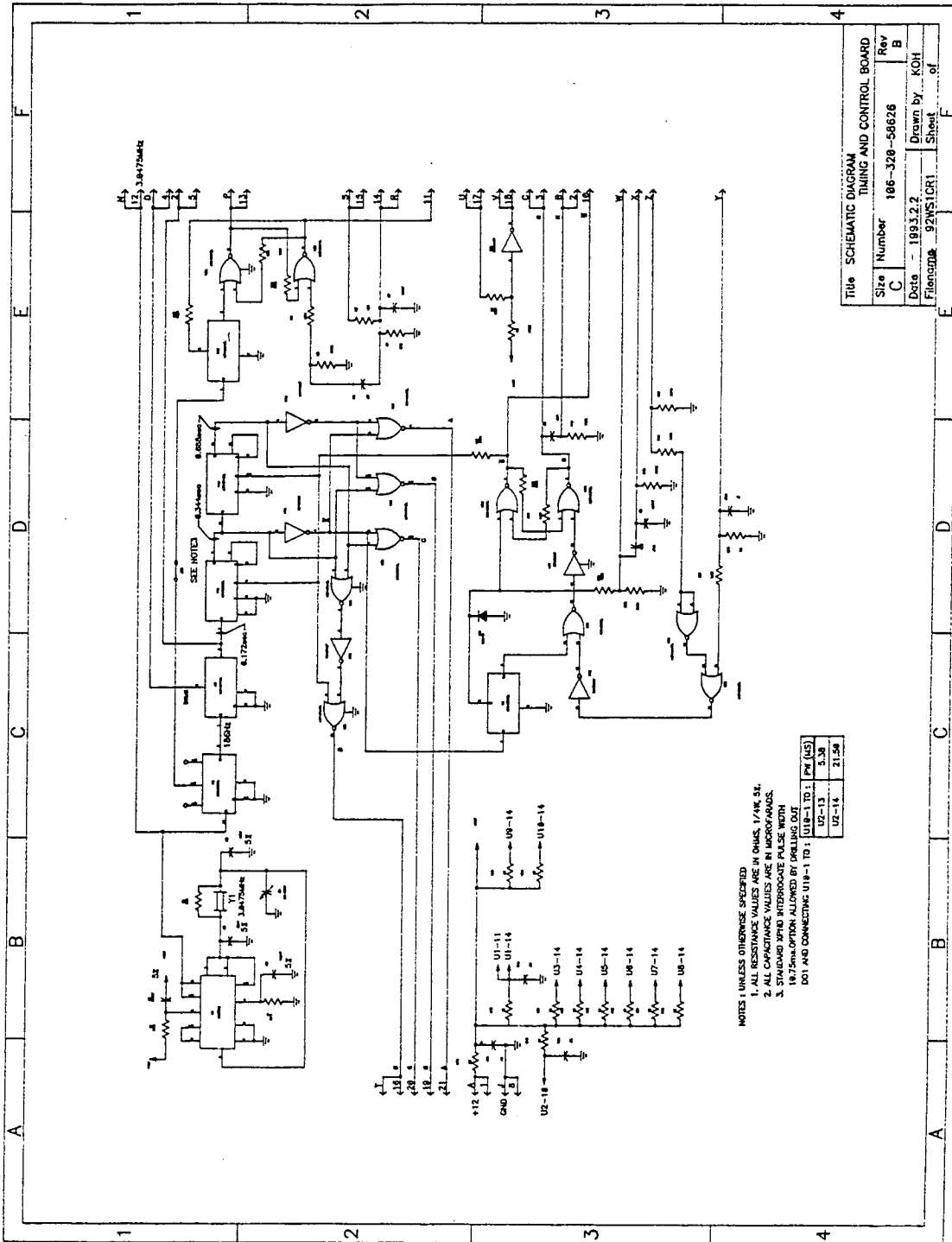
J - 5. Amplified board

J - 6. Power board

J - 7. Receiver input protection power board

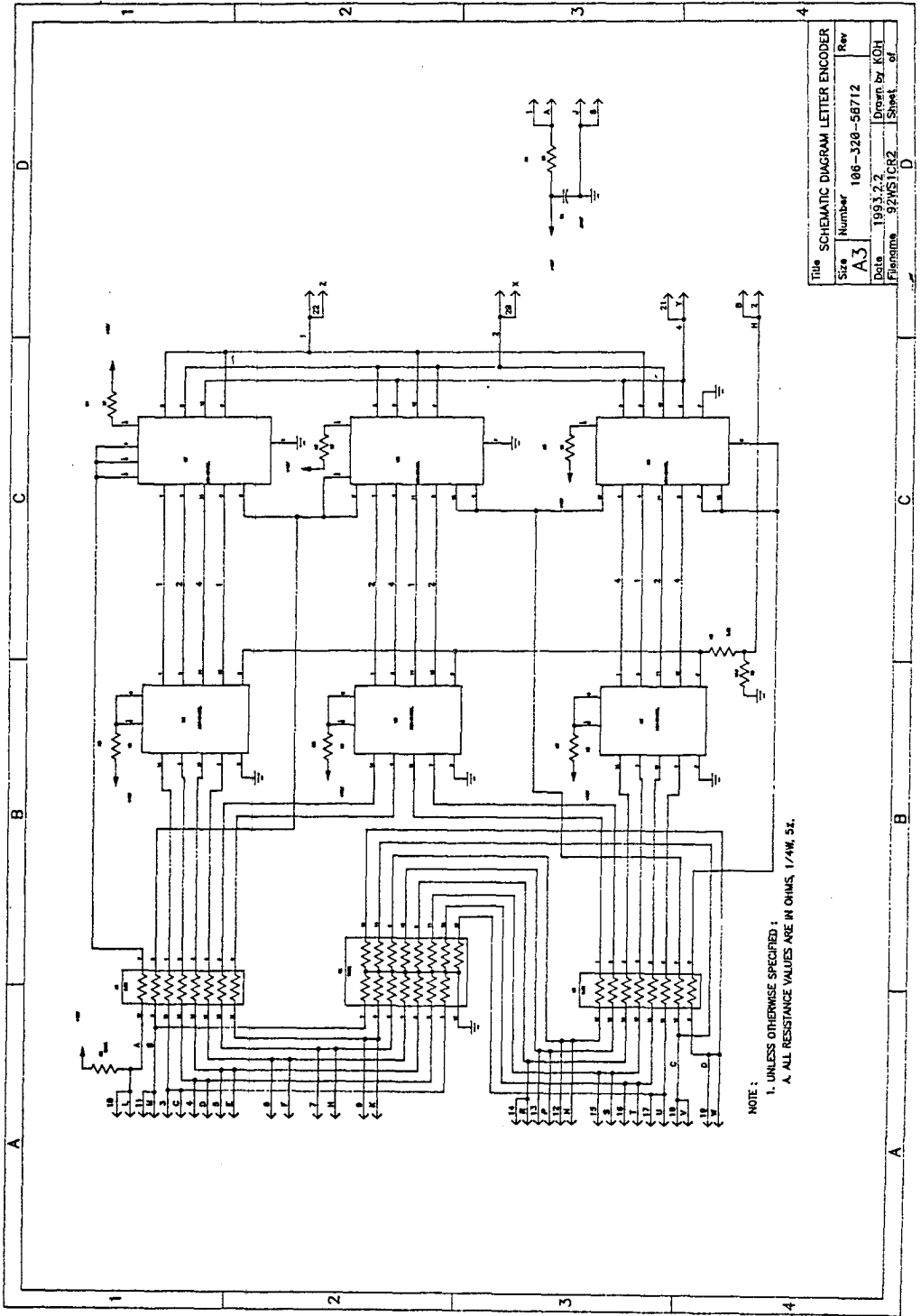
J - 8. Interconnection / schematic diagram





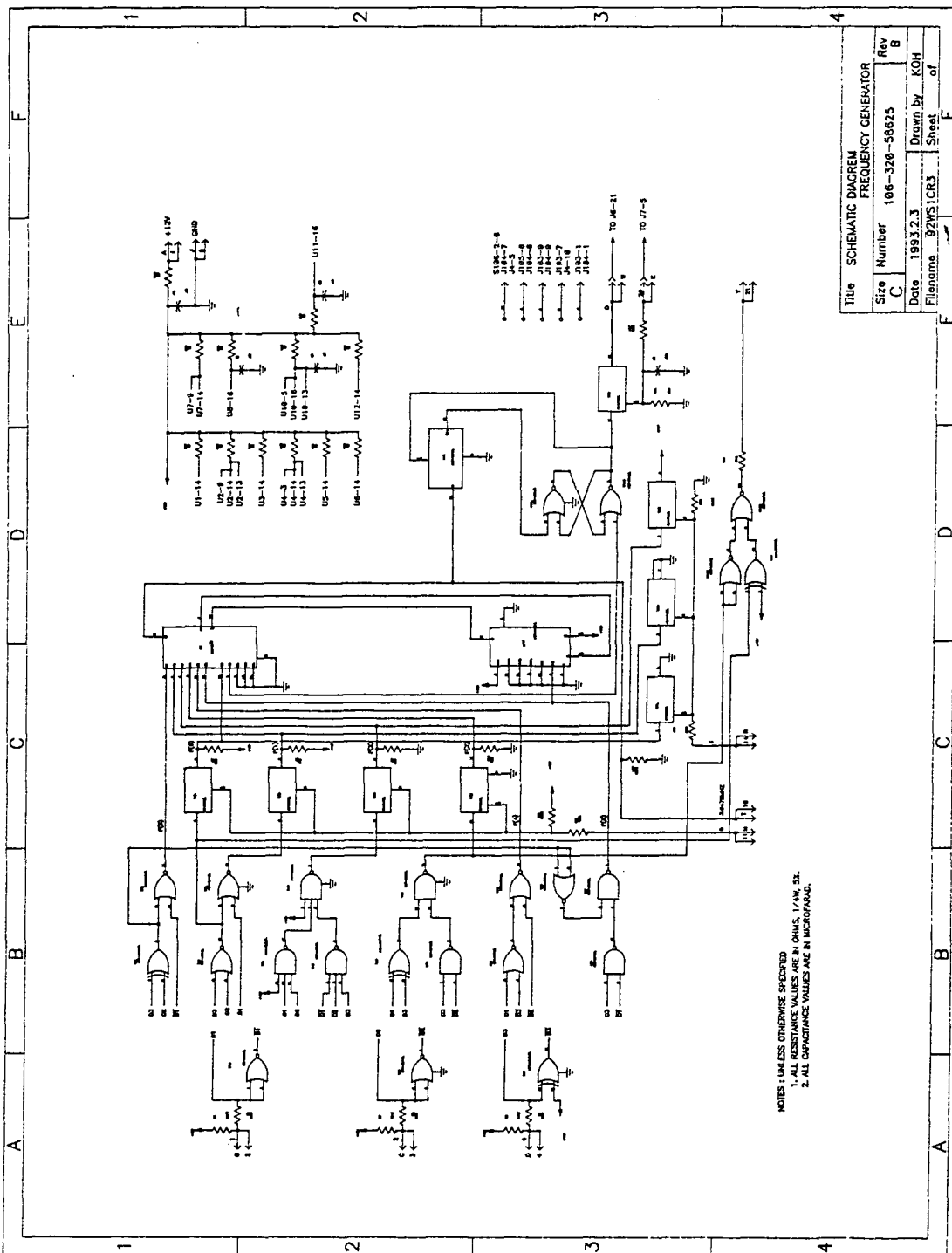
TITLE SCHEMATIC DIAGRAM
 TIMING AND CONTROL BOARD
 Size C Number 186-320-56626 Rev B
 Date 1893.2.2 Drawn by KOH
 File # 92W51C1 Sheet of

- NOTES: 1 UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 1. ALL RESISTANCE VALUES ARE IN OHMS, 1/4W, 5%.
 2. ALL CAPACITANCE VALUES ARE IN MICROFARADS.
 3. STANDARD XPRIO INTERROGATE PULSE WITH
 18.75ms OPTION ALLOWED BY PULLING OUT
 D01 AND CONNECTING U18-1 TO: U18-1 TO 1
- | U2-13 | U2-14 | U2-15 | U2-16 |
|-------|-------|-------|-------|
| 5.38 | 5.38 | 21.58 | 21.58 |

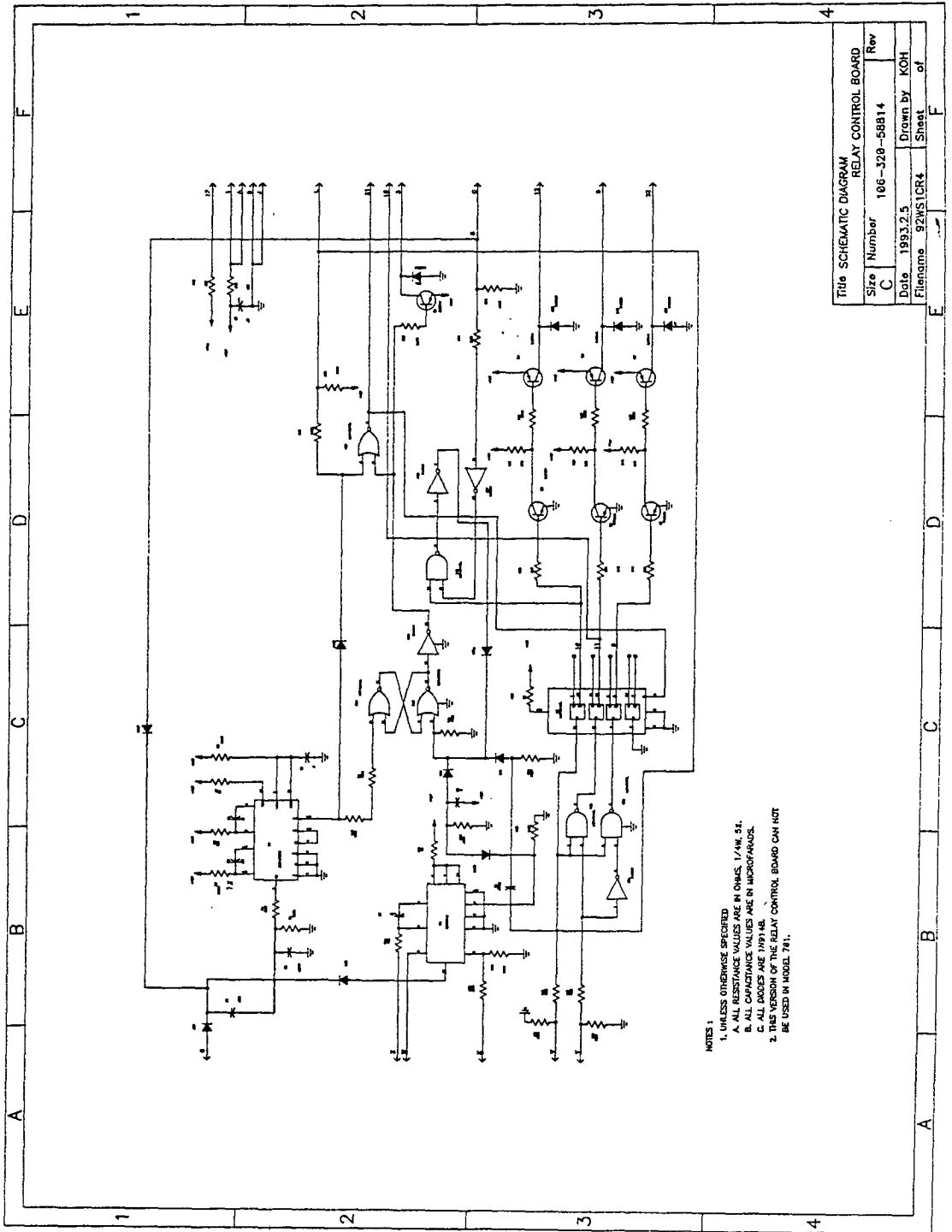


Title		SCHEMATIC DIAGRAM LETTER ENCODER	
Size	Number	Rev	
A3	186-320-58712		
Date	1991.2	Drawn by	KOH
Revision	32151682	Sheet	of

NOTE:
 1. UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 A. ALL RESISTANCE VALUES ARE IN OHMS, 1/4W, 5%.

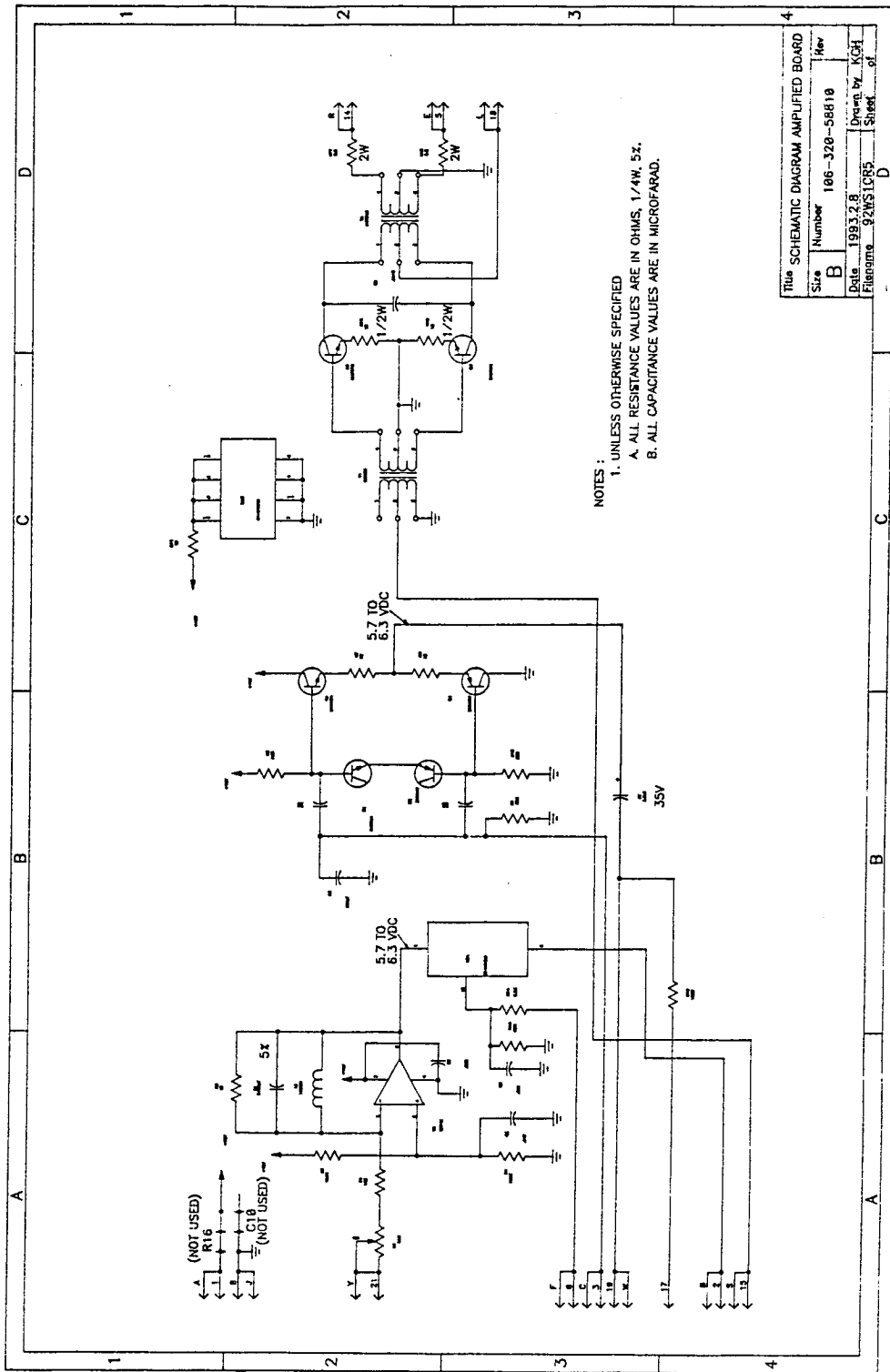


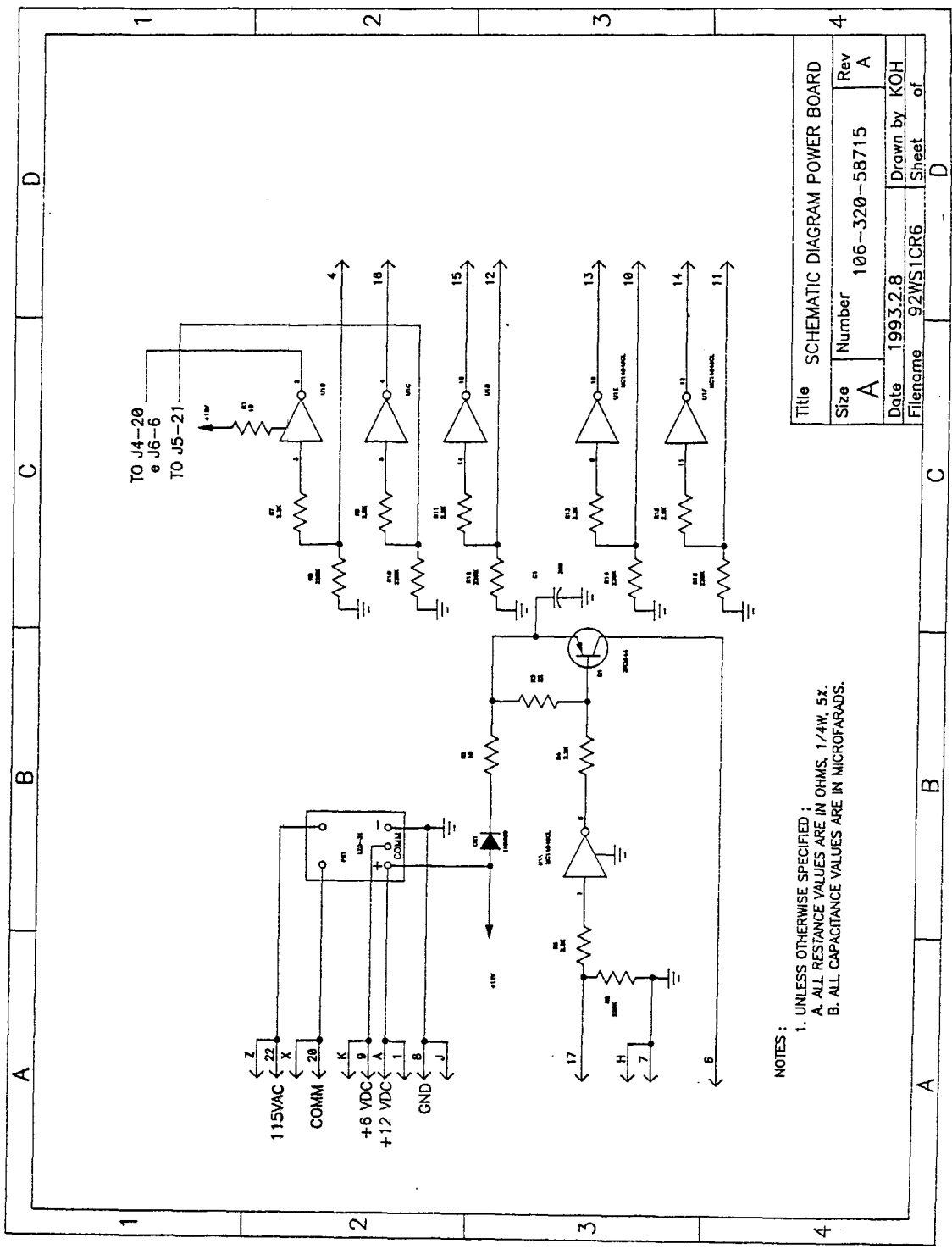
NOTES: 1 UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
 1. ALL RESISTANCE VALUES ARE IN OHMS, 1/4W, 5%.
 2. ALL CAPACITANCE VALUES ARE IN MICROFARAD.



- NOTES:
1. UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
 - A. ALL RESISTANCE VALUES ARE IN OHMS, 1/4W, 5%.
 - B. ALL CAPACITANCE VALUES ARE IN MICROFARADS.
 - C. ALL DIODES ARE 1N914B.
 2. THIS VERSION OF THE RELAY CONTROL BOARD CAN NOT BE USED IN MODEL 791.

Title SCHEMATIC DIAGRAM RELAY CONTROL BOARD			
Size	Number	106-329-58814	Rev
C			
Date	1993.2.5	Drawn by	KOH
Filename	92W51CR4	Sheet	of

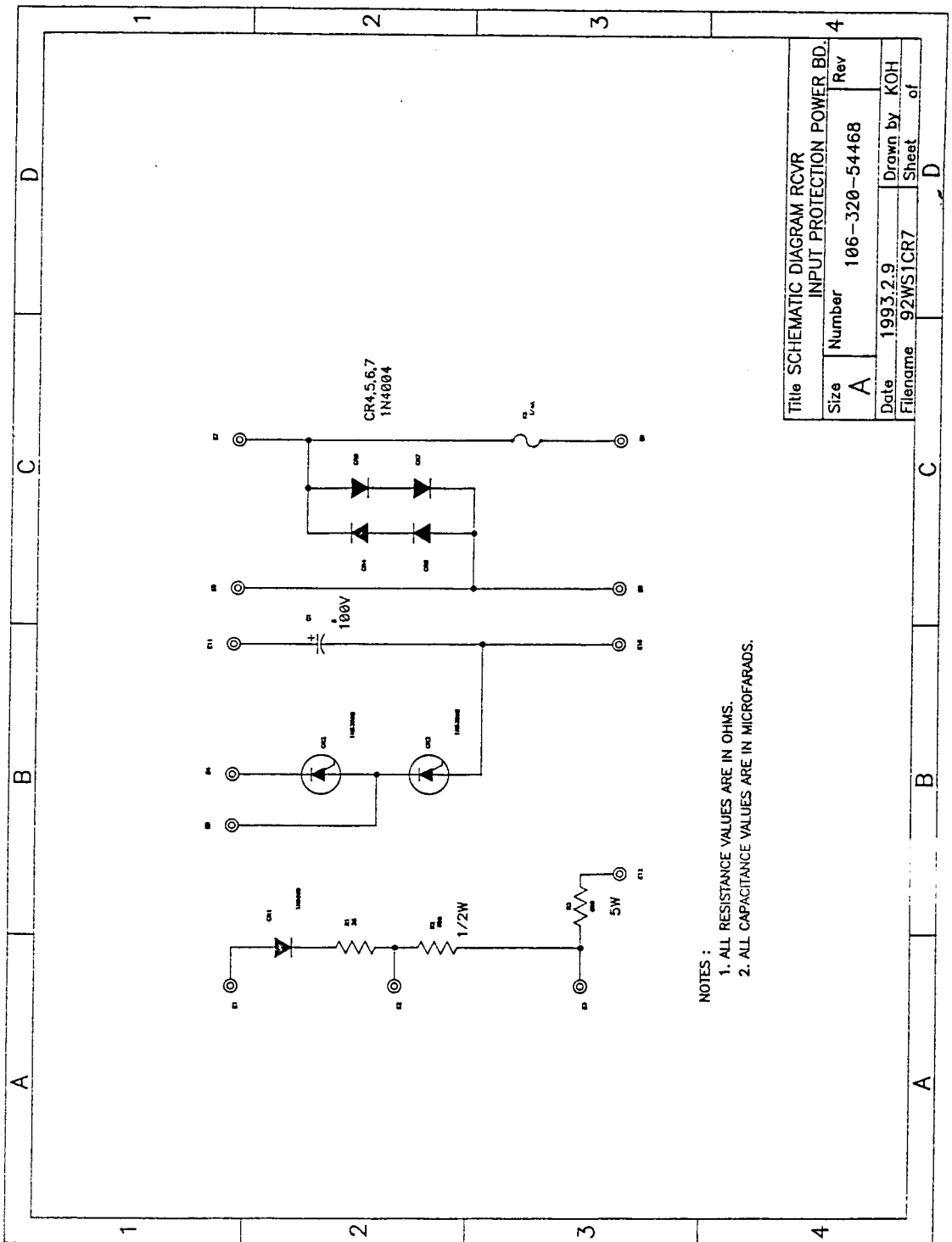




Title		SCHEMATIC DIAGRAM POWER BOARD	
Size	Number	106-320-58715	Rev A
Date	1993.2.8		Drawn by KOH
Filename	92WS1CR6		Sheet of

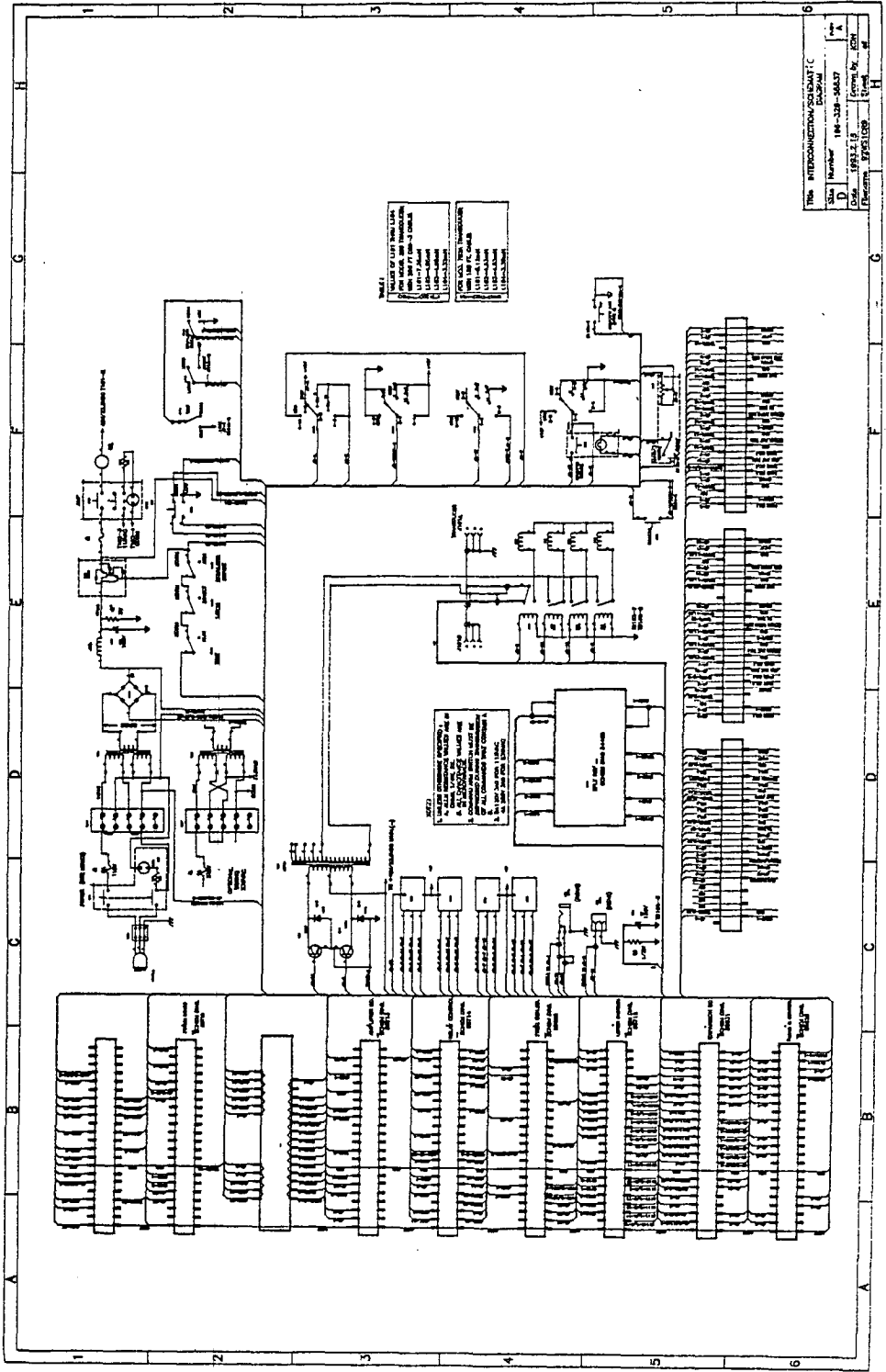
NOTES :

- UNLESS OTHERWISE SPECIFIED :
 - ALL RESISTANCE VALUES ARE IN OHMS, 1/4W, 5%.
 - ALL CAPACITANCE VALUES ARE IN MICROFARADS.



Title SCHEMATIC DIAGRAM RCVR			
INPUT PROTECTION POWER BD.			
Size	Number	Rev	
A	106-320-54468		
Date	Drawn by		of
1993.2.9	KOH		
Filename	92WS1CR7	Sheet	of
			D

NOTES :
 1. ALL RESISTANCE VALUES ARE IN OHMS.
 2. ALL CAPACITANCE VALUES ARE IN MICROFARADS.



TRM - INTERCONNECTION SCHEMATIC DIAGRAM

Doc. Number	184-328-54837
Date	1953.2.13
Drawn by	CON
Checked by	W

VALUES OF LIGHT BULB LAMP

111-11-1-100W	111-11-1-100W
111-11-1-100W	111-11-1-100W
111-11-1-100W	111-11-1-100W
111-11-1-100W	111-11-1-100W

VALUES OF RELAY CONTACTS

111-11-1-100W	111-11-1-100W
111-11-1-100W	111-11-1-100W
111-11-1-100W	111-11-1-100W
111-11-1-100W	111-11-1-100W

RELAY CONTACTS

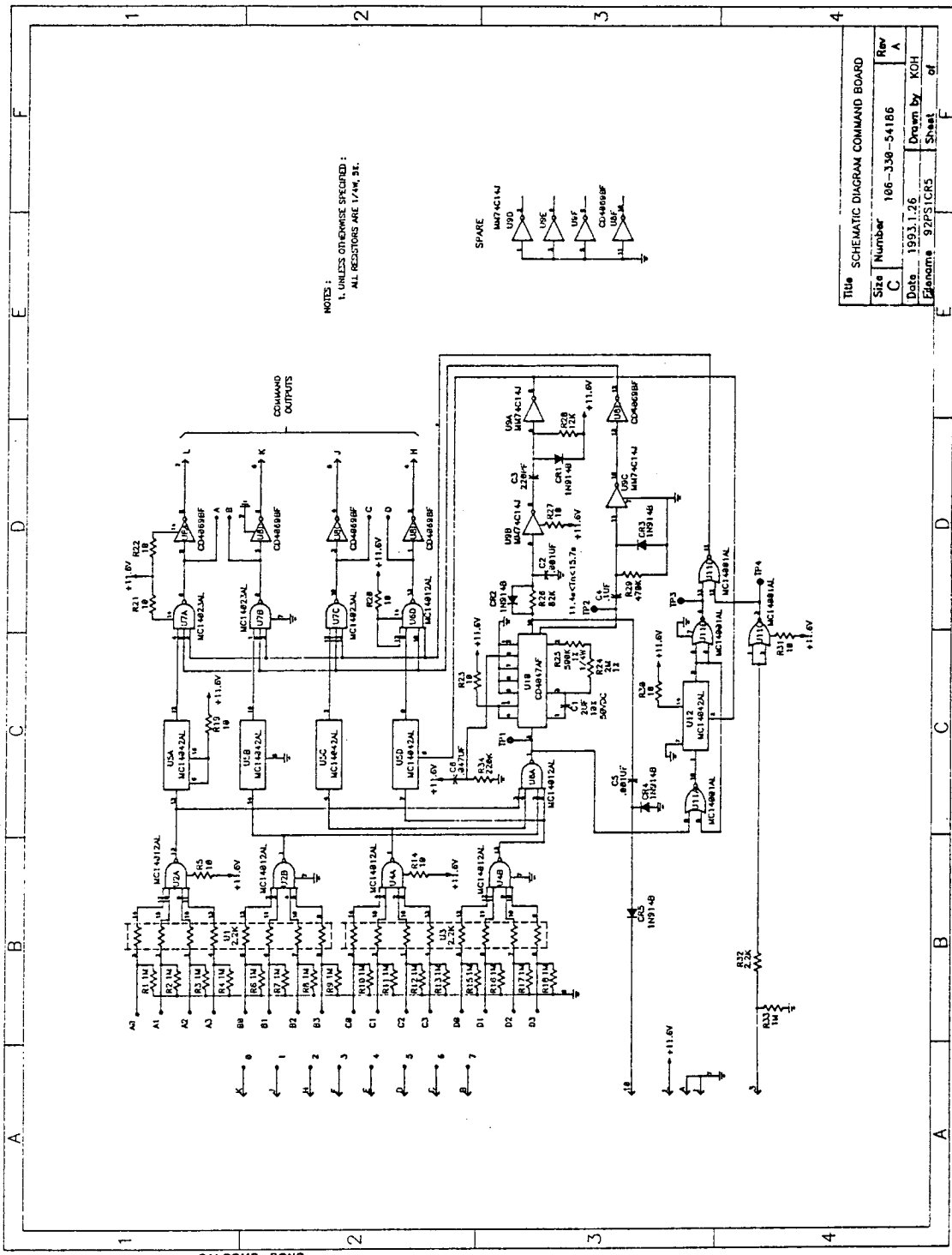
- 1. COMMON
- 2. NORMALLY OPEN
- 3. NORMALLY CLOSED

Appendix K:

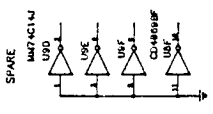
Electronic circuit of underwater unit

K - 1. Command board

K - 2. Transponder detector

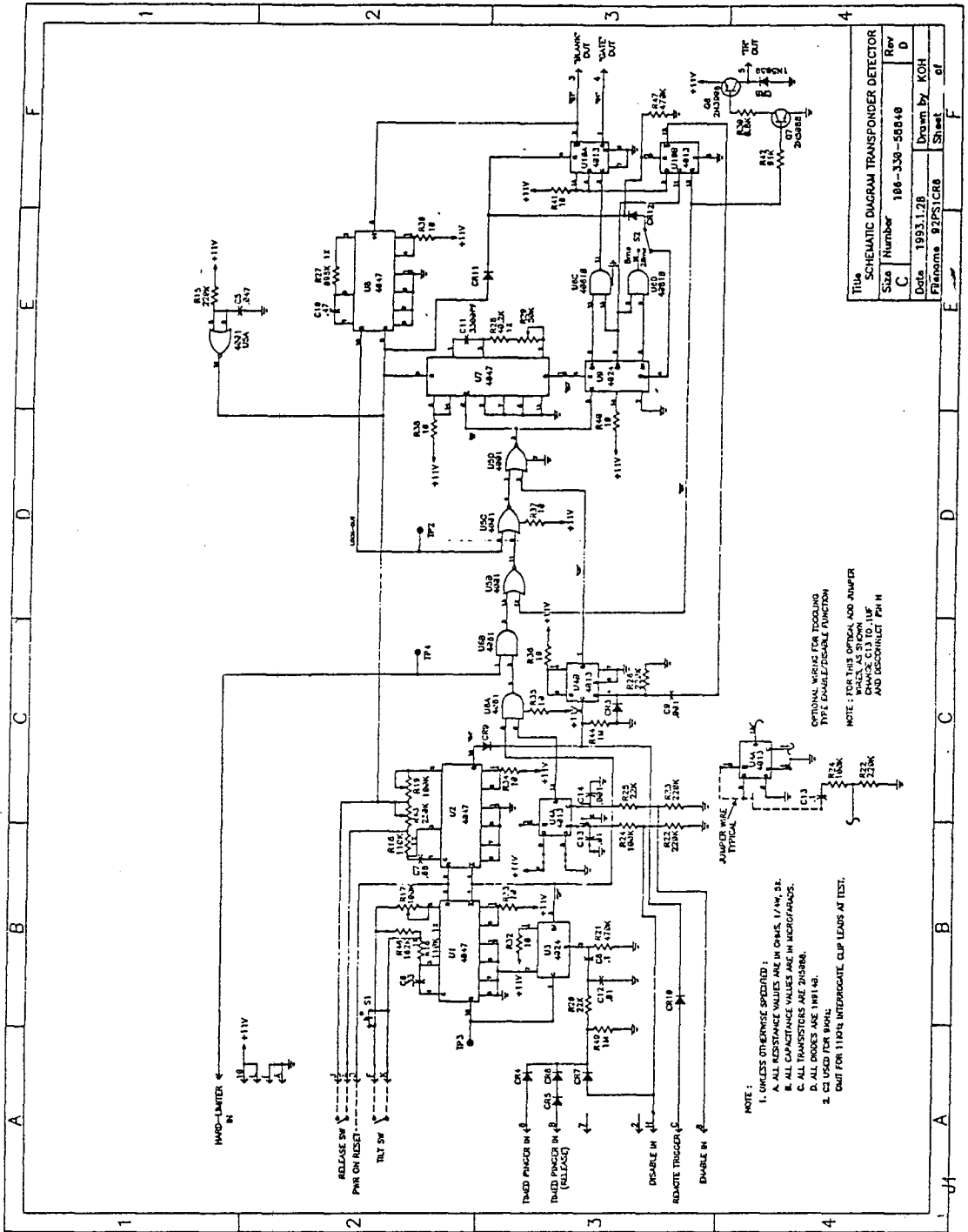


NOTES:
 1. UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 ALL RESISTORS ARE 1/4W, 5%.



Title		SCHEMATIC DIAGRAM COMMAND BOARD	
Size	Number	106-330-54186	Rev
C			A
Date	1993.1.26		Drawn by
Filename	92P51CR3		KOH
			Sheet
			of

CALCOMP • BOND



Title		SCHEMATIC DIAGRAM TRANSPONDER DETECTOR	
Size	Number	186-330-58848	Rev
C	D		D
Date	1993.1.28	Drawn by	KOH
File name	92P51C68	Sheet	of