

BSPE 00076 - 108 - 7

音波를 利用한 水中通信 및 制御시스템에  
관한 研究

A Study of Acoustic Communication and Remote  
Control System

(Phase I. Production of the Acoustic Release &  
Range/Bearing Measuring Equipment)

1986. 3.

韓國科學技術院  
海洋研究所

# 提 出 文

海洋研究所長 貴下

本 報告書를 “ 音波를 利用한 水中通信 및 制御시스템에 관한 研究 ”의 一次 報告書로 提出합니다.

1986 年 3 月 31 日

韓國科學技術院 海洋研究所

研究責任者：全 鎬 景 (海洋研究所機器室)

研 究 員：金 鍾 五 ( “ )

朴 建 泰 ( “ )

咸 錫 賢 ( “ )

李 忠 雨 ( “ )

魚 泳 相 ( “ )

洪 承 裕 ( “ )

# 요 약 문

## I. 제 목

음파를 이용한 수중통신및 제어시스템 개발연구

Phase 1. Acoustic release and Range/Bearing measuring equipments 의 설  
계및 제작

## II. 연구개발의 목적및 중요성

본연구의 목적은 음파를 이용하여 수중에 설치한 장비와 Shipboard control unit 와의 Command word 를 송신하여 해저장비의 기능및 상태를 확인하고 기계적이거나 물리적인 작동을 할 수있는 원격제어기능과 해저로부터 수신된 응답신호의 위상차와 매질을 전파하는 음파의 속도를 전자적으로 계산처리하여 음원으로 부터의 거리 (Distance) 와 방향 (Slant) 을 검출하는 기능의 연구가 주목적이며 이는 앞으로 수중에서의 각종 연구의 필수적이며 기초적으로 이용이 가능한 매우 중요한 연구의 하나이다.

## III. 연구개발의 내용및 범위

Shipboard 에서 해저의 설치한 기기와의 약속된 Command word 를 Transducer 를 통하여 송신하면 해저장비는 이 Signal 을 수신과 동시에 Reply Signal 을 보내게 된다. 이러한 Signal 의 Travel Time 을 전자적으로 계산하고 Transducer 에 Hydrophone elements 에서 검출한 신호에 위상차를 계산 음원으로 부터의 거리 (Distance) 및 방향 (Slant) 을 검출하는 내용의 연구를 하였다.

#### Ⅳ. 연구개발 결과

실험실에서 전자회로 시험은 온도실험을 거쳐 매우 성공적인 결과를 보았으며 방향 (Slant)은 음원으로부터 Sensor의 각도가  $75^\circ$ 까지 측정이 가능하였다. 거리 (Distance)측정은 약 4 m이후부터 측정할 수있었고 20 m이상부터 음원의 방향을 측정할 수 있었다.

## Abstract

### A Study of acoustic communication and remote control system.

(Phase I. Production of the acoustic release and Range/Bearing measuring equipments)

Significance and objectives of the study is designed and modified of a acoustic equipments for measuring a distance, Range/Bearing and mechanical activities underwater used digital command word, calculate travel time between transducer and bottom equipment using the 9 KHz band of Acoustic frequency.

Scope of the studies and test of electric circuits are

- a) Deck command control unit
- b) Range/Bearing measuring unit
- c) Underwater command control unit

Results of the studies and suggestions

Slant range can be detected about  $75^{\circ}$  from the transducer to sound source of the underwater equipments.

Distance can be measured more than 4m.

Still remained difficult problems for the self production of acoustic transducer.

After complete finished to make a release mechanical parts and pressure case is going to field test this early year. It is desiered to continuous studies and development such a ocean rese- arch instrumentations for the ocean developments..

# 차 례

○ 요 약 .....	3
○ Abstract .....	5
○ 서 론 .....	11
<b>1절 Deck Command Control Unit .....</b>	<b>13</b>
1.1 개 요 .....	13
1.1.1 전파방식 .....	13
1.1.2 기본발진방식 .....	16
1.1.3 Selector and Command Word 구성 .....	17
1.1.4 Time Division Multiplex .....	18
1.1.5 Time Slot .....	18
<b>2절 Range/Bearing Receiver Unit .....</b>	<b>20</b>
2.1 개 요 .....	20
2.1.1 거리측정부 이론 및 회로설계 .....	20
2.1.2 회로 및 작동 .....	22
2.1.3 전송부(Transmitter) .....	23
가) Period Trigger .....	24
나) Pulse output time Control .....	24
다) Pulse Generator and Summing .....	25
라) Pulse Amplifier .....	26
2.1.4 수신부 .....	27

가) Pre and Differential Amp .....	28
나) Phase Shifter .....	29
다) Turn-around time detector .....	30
라) System error Analysis .....	31
2.1.5 제어부 .....	32
가) System Delay time Compensation .....	33
나) Counter .....	34
2.2.1 방향측정원리 및 회로설계 .....	35
2.2.2 회로 및 작동 .....	44
2.2.3 제어부 .....	45
가) Counter 및 Sine function 회로 .....	45
나) System Controller .....	45
<b>3절 Underwater Unit .....</b>	<b>46</b>
3.1 개요 .....	46
3.1.1 Enable/Disable 형태 .....	46
3.1.2 Timed Pinger .....	46
3.1.3 Release .....	48
3.1.4 Power .....	48
3.1.5 Transducer .....	48
3.2 회로 및 작동 .....	49
3.2.1 IN/OUT Amp Circuit .....	49
3.2.2 Detector Circuit .....	50
3.2.3 Memory Circuit .....	53
3.2.4 Power/Release Firing Circuit .....	54

가) Timer Circuit .....	55
(A) 1분 Timer .....	55
(B) 3초 Delay 및 2초 Timer Circuit .....	56
3.2.5 Command Circuit .....	58
○ 결    론 .....	60
○ 참고문헌 .....	61
○ 부    록 .....	
(1) 도    면 .....	65
(2) 사    진 .....	69



## 서 론

오늘날 음파를 이용한 장비는 해상 또는 해저 등에서 항해, 관측, 측정, 통신, 원격조정등 대단히 넓은 범위에서 이용되고 있으며 계속 빠른 속도로 다양하게 개발하고 있는 실정에 있다.

본 연구는 이러한 음파의 전파 특성을 이용하여 수중에 설치한 장비와 이미 약속된 부호를 송·수신하는 간단한 통신 방식으로 수중장비로 부터 거리, 방향을 선상 또는 해면에서 관측하며 기계적인 작동을 하도록 유도하는 원격제어와 앞으로 더욱 그 이용도가 광범위하게 될 수중통신연구에 관한 기초연구이다.

'85 년에도 1 차적으로 이미 선진국에서 개발하여 현재 해양탐사 및 관측분야에서 사용되고 있는 Acoustic release system의 자체 개선 및 개발에 그 역점을 두고 그들 제품에 대한 제작기술과 전자회로 구성에 대한 세밀한 분석을 토대로하여 우리실정과 여건에 적합한 회로를 설계 실험하는 것을 목적으로 하였다.

그 동안 실험결과를 볼 때 100 % 만족스러운것은 아니지만 크게 빛나간 결과는 아니였음을 생각할 때 좀 더 좋은 품질의 전자제품과 충분한 시간이 필요함을 느꼈다.

방법은 상업적으로 가치가 있는 몇몇 제품들을 분석한 결과 대동소이 하지만 EG & G 사의 제품이 우수하여 견본으로 선정 집중분석한것을 미리 밝히는 바이다.

외부압력 Case (Pressure housing) 및 분리장치 (Release mechanism) 등은 모두 자체 제작이 가능하나 아직까지도 Transducer 의 제작 기술은 미흡하여 기존 제품을 구매 실험하였다.

사용주파수는 7.5 KHz - 15 KHz 사이이며 실제로는 9KHz 대를 이용하였고 전

체 장비의 구성은 다음과 같다.

1. Deck Command Control Unit (Transducer 포함)  
(선상 명령 제어 및 송·수 파기)
2. Range/Bearing Receiver Unit  
(위치 측정부)
3. Under Water Unit  
(수중장치)

# 제 1 절 DECK COMMAND CONTROL UNIT

## 1.1. 개 요

Deck command control unit는 해저에 설치한 Acoustic 장비와 몇가지 약속된 Command word를 송신하여 해저장비의 기능 및 상태의 확인을 하고 기계적이거나 물리적인 작동을 할 수 있도록 음파를 매질인 Sea water를 통하여 원격제어 할 수 있는 Shipboard 장치이다.

### 1.1.1. 전파방식

전파방식은 여러가지 있으나 본 연구에서 TDM과 FDM방식을 종합하였다.

TDM (Time Division Multiplex), FDM (Frequency Division Multiplex) 방식은 오늘날 전자교환기에 도입한 이래 급속한 발전을 보이고 있다.

이는 하나의 전송선에 여러개의 신호를 동시에 전송하는 방식으로 개개의 신호원에 전송 Time을 할당하여 주어진 시간에 개개의 신호를 전송하는 방식을 TDM이라하며 개개의 신호원들의 Carrier 주파수를 할당하여 서로의 간섭을 받지 않는 Band width을 갖고 Carrier 주파수에 신호원을 실어서 보내는 방식을 FDM이라한다.

본 연구에서는 TDM 방식의 편리한 점만을 이용하여 8개의 기본 주파수에서 4개의 신호를 선택하여 각각의 선택된 4개의 신호원들에 Time을 할당하여 이를 1 Word (4-digits)로 구성하여 Command word를 형성한다.

이때 Channel time slot이 하나의 Word보다 길어서는 서로 간섭이 생기게 되며 각각의 Channel code word는 주어진 시간에 하나의 digit가 되어야 한다. 그러므로, 모든 Channel은 Synchronous 되어야 하며 이를 위해 High stability

Oscillator 를 사용하여 Timing logic에서 Time slot 를 형성하게 된다. Channel 간의 Time slot 은 서로 같은 Phase 를 갖게되어 서로간에 간섭을 일으키지 않는다.

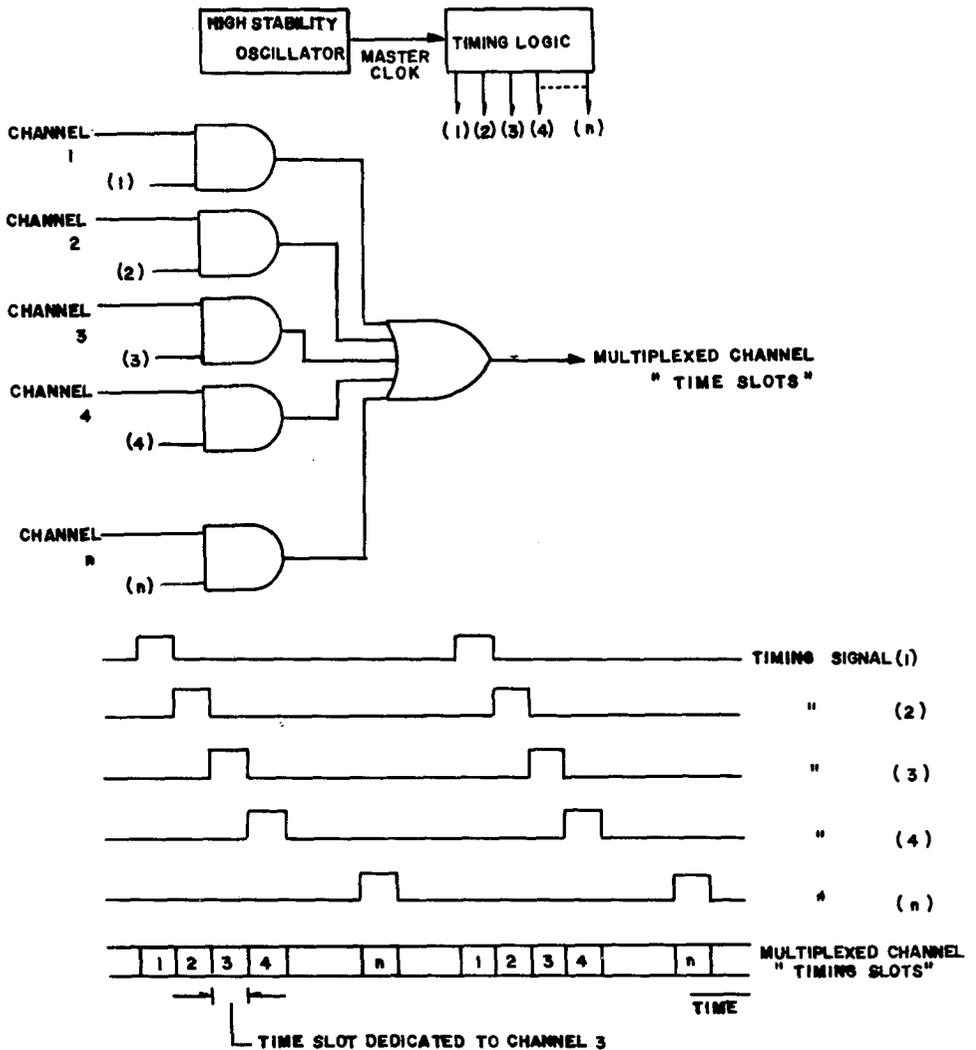


Fig. 1-1. The basic principles of time division multiplexing

fig 1-1.은 Time slot 을 설명하고 있으며 또한 TDM 의 기본 개념을 이용한 Command word signal 을 형성한 것을 나타낸 것이다. (Frank.F.E 1982 )

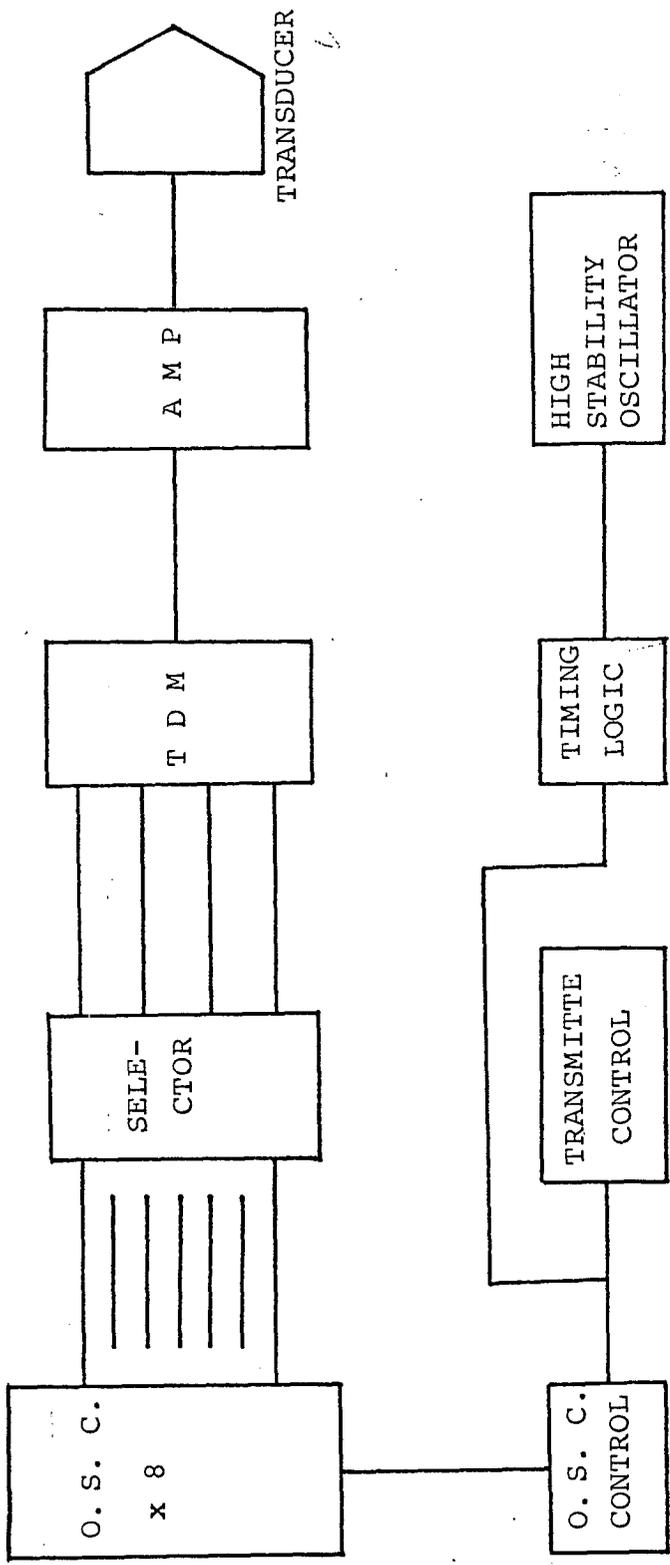


fig 1-2 Block diagram of deck command control unit.

본 연구에서는 4-Channel로 1 Word 를 형성하므로 ( 4 개의 서로 다른 주파수 를 Serial 로 형성 ) Time slot 은 4 이며 각각의 Channel 에 Command word 에 해당하는 기존 8 개의 주파수군에서 4 개를 선택하여 이들에 Time slot 을 주어 1 Word 를 구성한다. (EG & G Sea - Link 1981)

### 1.1.2 기본 발진 방식

기본발진 주파수군은 8 개의 서로 조금씩 다른 주파수를 발진시키며, 이 발진기는 온도와 전원전압 변동에 절대 안정해야 한다.

fig.1-3.에서 Command signal 합성 Trigger 신호에 의해서 S/W S1이 ON 되면 Inverter 를 통하여 LN 555 를 Trigger 시킨다. 이때 LN 555 는 RA·C 에 의하여 15 초 동안 Square wave 를 출력시키면 이 신호에 의하여 4047 8 개의 발진부가 Astable-Multivibrator 로 LN 555 와 같은 Time priode 를 갖고 작동 하게 되는 것이다. fig.1-3.(A)는 발진부이고 (B)는 그 파형을 나타낸 것이다.

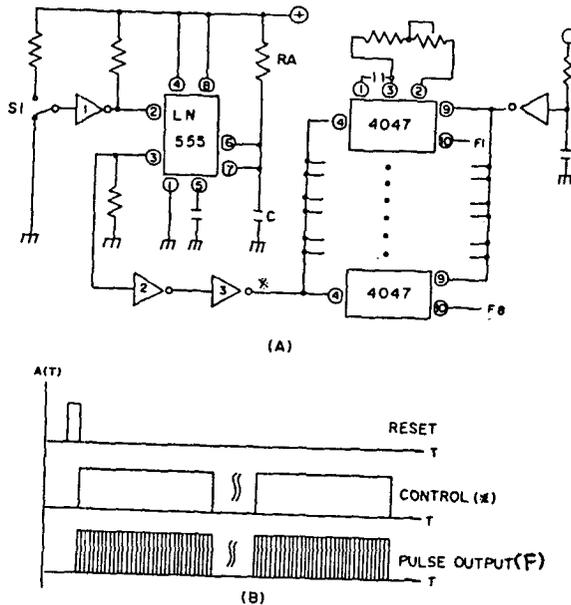


Fig. 1-3 8 Channel osc and output pulse

### 1.1.3 Selector and Command Word 구성

fig. 1-4.에서와 같이 Selector 부는 Electronics switch 로 Command word 군에 해당되는 S/W Control 에 의해서 AND Gate 의 한 입력이 되며 또한 Command word 군은 직접 AND Gate 의 다른 입력이 되어 AND Gate 를 ON 시켜서 주파수를 출력시킨다.

이 신호는 OR Gate 에서 Multiplexing 되어 하나의 Command word 를 형성한다.

전자 S/W는 CD4016 을 사용하여 Control 신호에 의해서 (Time slot) 동작 하며 다른 기계적인 S/W 보다 고정밀의 순차 출력 신호를 출력시키는데 Signal 의 Delay time 도 거의없다.

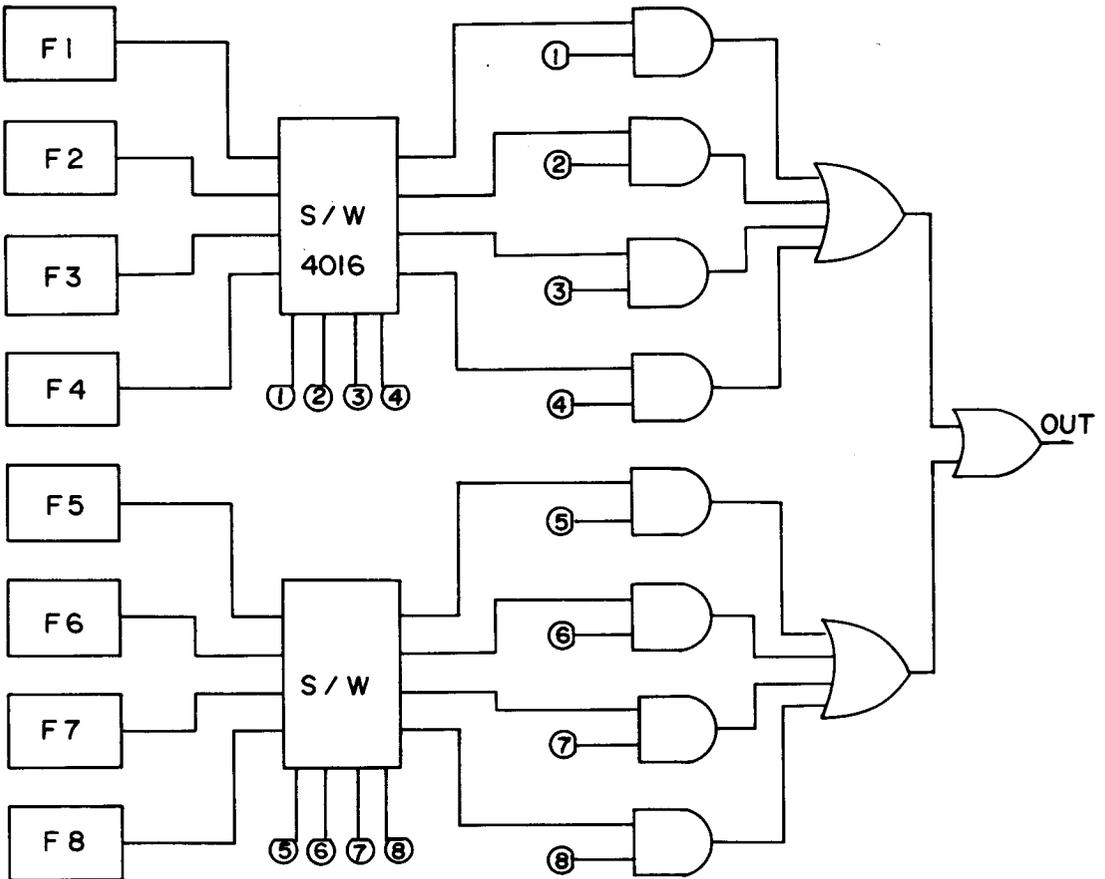


Fig. 1-4 Selector and command word composition circuit

### 1.1.4 Time Division Multiplex

Command word 로 선택된 주파수에 대해서 순차적으로 Time slot에 의해서 출력되며 이를 OR Gate 로 합성한다 (fig.1-5 참조).

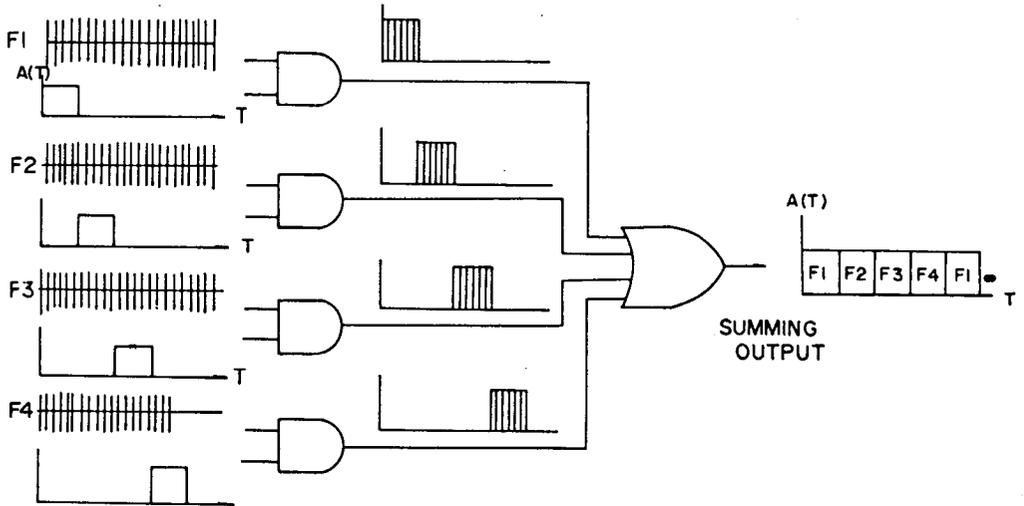


Fig. 1-5. Time division multiplex circuit

### 1.1.5. Time Slot

fig.1-6.에서와 같이 Time slot 은 Command word 구성을 위해서는 Synchronous timing 으로 순차적으로 4개의 Time slot 을 발생한다.

High stability 회로인 CD4047의 발진 주파수를 Clock Pulse 로 하며 이를 4-Stage divider counter 인 4024 를 사용하여 Shift register 의 Data input 으 로 한다.

또한 Clock pulse 는 Shift - Register 의 Clock pulse 로 된다.

4024 의 4-Stage divider 출력은 R-C 미분회로를 사용하여 Data 입력을 형성한다. 이때 Shift register는 QA QB QC QD 에서 1 Digit 씩 순연된 Time slot 신호가 출력된다.

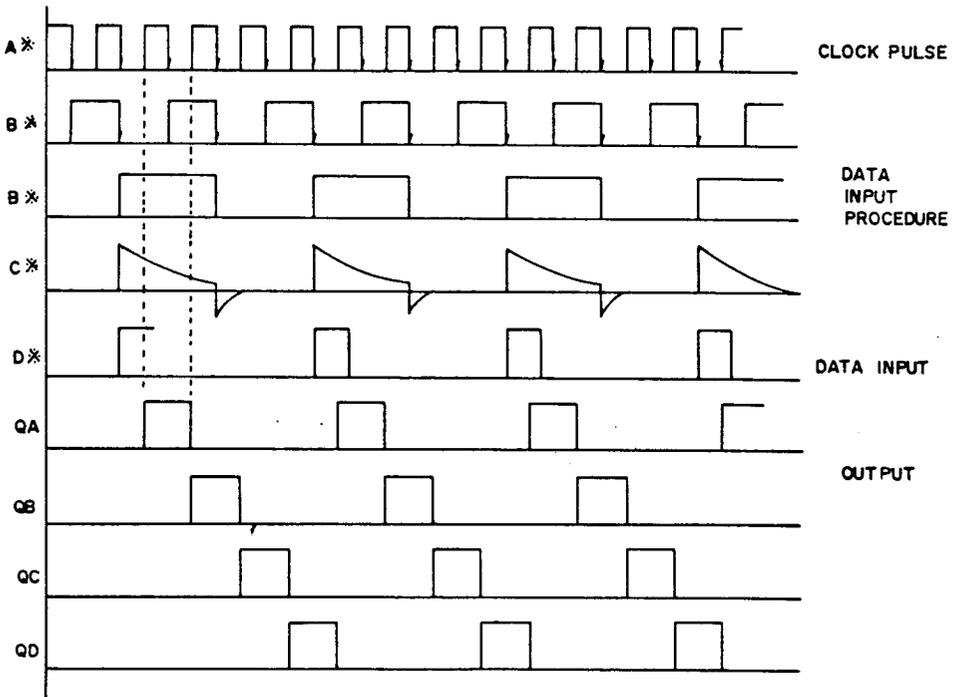
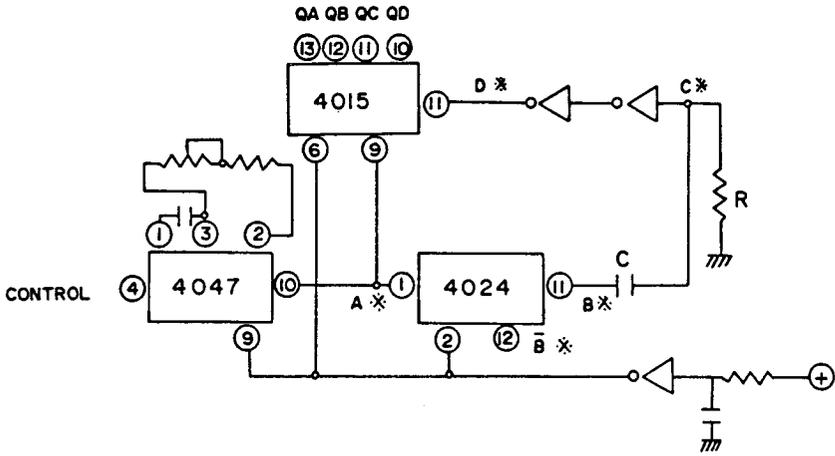


Fig. 1-6 Time slot circuit

## 제 2 절 Range/Bearing Receiver Unit

### 2.1 개 요

Range / Bearing receiver unit 는 Transducer 를 통하여 수중에 설치한 Pinger 나 Acoustic release 등의 수중장비와 약속된 부호를 (Interrogation command word) 송신하면 수중장비의 Transponder 는 이 신호를 감지 즉시 응답 신호를 발사하게 된다. 즉, 이 Unit 는 음파의 Turn-around time 을 계산하여 수중에 설치한 장비의 거리 및 방향, 기울기등을 Digital 형식으로 Display 하도록 하였다. 이 System 은 거리측정부와 방향측정부로 구성된다.

#### 2.1.1. 거리 측정부 이론 및 회로설계

해양에서 해저에 위치한 장비의 거리를 측정하기 위해서는 전기신호의 매질에 대한 Propagation time 을 계산하고 전기신호의 Turn-around time 을 측정하여 이 측정된 신호와 매질의 Propagation time 을 합성하여 장비의 거리를 측정한다 ( J.R.Mittlemen et al 1971. EG & G Sea - link 1981 ).

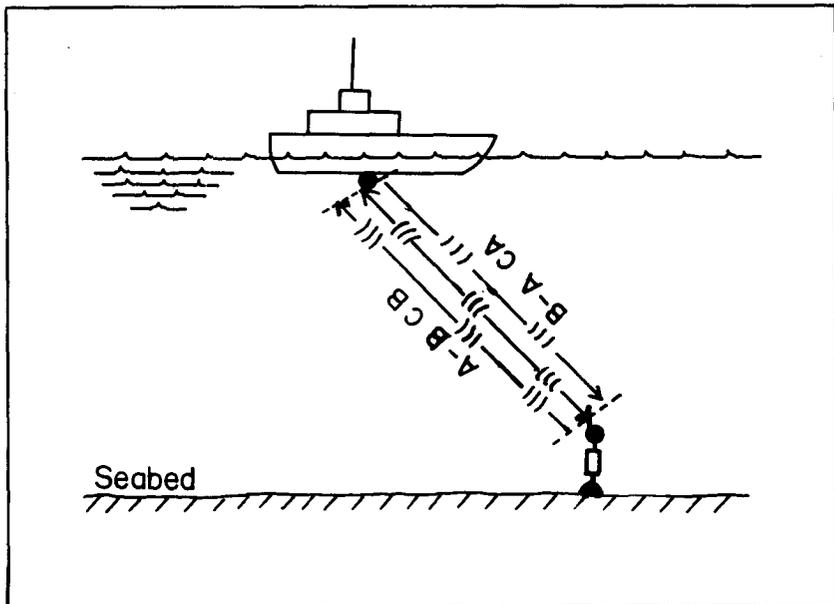


Fig. 2-1 Propagation of Acoustic from under water equipments

fig. 2-1.에서 Ocean surface (A) 에서 Acoustic 을 전송하여 이를 장비 B에서 받는 즉시 응답신호를 보내며 이때 매질에 대해서 장비의 Turn-around time에 대한 거리의 수식은 아래와 같다 (Milne, P.H 1980).

$$R = \frac{1}{2} \{ (c_A \times t_A) + (c_B \times t_B) \} \dots\dots(m) \dots\dots (2-1)$$

(2-1)식에서 R는 계산거리이고  $c_A = c_B$ 는 음의 진행속도이며  $t_A = t_B$ 는 도달 시간이다. 이는 매질과 거리가 동일한 조건에서 발생되는 시간에서의 식이다.

$$R = \frac{1}{2} C \cdot \tau (m) \dots\dots\dots (2-2)$$

(2-2)식에서

$$\tau = t_A + t_B \quad C = c_A + c_B$$

$$C = \frac{1}{2} (c_A + c_B)$$

(2-2)식의 Sound speed C에 대한 수식은 Hitchcock (5)식에서 깊이와 온도에 따른 평균을 계산한다.

$$C = 1449.2 + 4.623 T - 0.0546 T^2 + (S-35) \times 1.391 + 0.017d \dots (2-3)$$

C는 속도 (m/sec), T는 온도 (°C), S는 염분도, d는 깊이 (m)이다.

(2-3)식에서 표준온도를 1500 m/sec로 정하였다. 이 속도는 중간위도에서 대륙붕이 있는 수면에서 측정한 전형적인 값으로 염분도 35‰와 13°C의 온도를 갖는 바다표면에서의 속도와 거의 같은 값이다. (차, 19)

거리에 대한 계산기 입력식은 아래와 같다.

$$R = \frac{1}{2} (1500 \times \tau) \dots\dots (m) \dots\dots\dots (2-4)$$

(2-4)식에서 Turn - around time ( $\tau$ )에 대한 거리의 계산식은 Sound - speed C를 근사상수화함에 따라  $\tau$ 에 대해서 근사선형을 이룬다.

이때 계산기 입력수식을 위해 Turn-around time 을 계산하여 Clock-pulse 를 계산한다.

50 m에서의 Turn-around time 을 계산하면,

$$50 = \frac{1}{2} (1500 \times \tau)$$

$$\tau = 6.7 \times 10^{-2} \text{ (S)}$$

$$R = \tau \times C \cdot P \dots\dots\dots (2-5)$$

(2-5) 식에서 C·P 는 계산기에 인가되는 Clock-pulse 이다.

$$\begin{aligned} C \cdot P &= \frac{R}{\tau} = 50.6.7 \times 10^{-2} \\ &= 746 \text{ (Hz)} \end{aligned}$$

### 2.1.2. 회로 및 작동

해저 Acoustic 장비의 거리는 매질에 대한 신호의 Turn-around time 을 측정하여 계산기에서 Clock-pulse 와 조합하여 계산기에서 거리로 환산한다.

Turn-around time ( $\tau$ )는 Transmission transducer에서 Acoustic signal 을 전송하는 순간부터  $\tau$ 는 High 로 되며 수신부에서 Threshold level 을 넘어서는 첫번째 신호를 받게 되면 R-S Latch 를 Reset 시켜 Low 로 되면서 측정된다. fig. 2-2.에서와 같이 이를 위한 구성도는 Transmitter, Receiver, Counter clock-pulse 발생부, Turn-around time detector memory IC Reset 부, Delay time compensation 및 측정된 거리를 표시하는 Indicator 부로 구성된다.

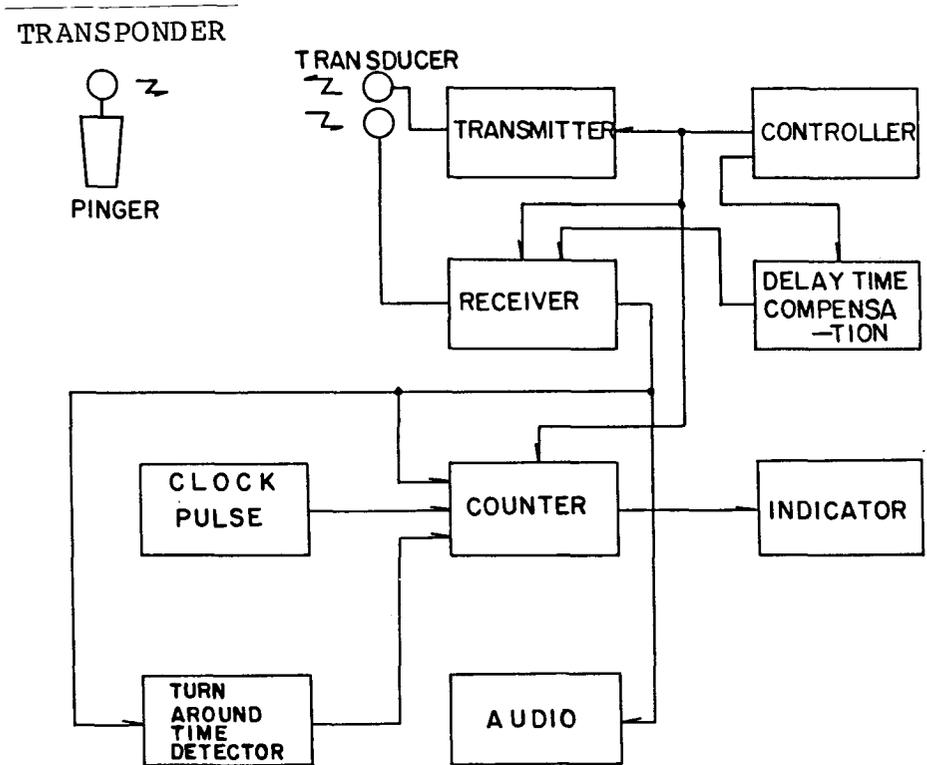


Fig. 2-2 Block diagram of the Range measurement

2.1.3. 전송부

fig.2-3.은 Acoustic transmitter의 Block diagram이다. 전송부는 Acoustic pulse를 일정한 시간(8ms) 동안 Piezo electronics ceramics transducer를 이용하여 매질인 Seawater로 전송한다.

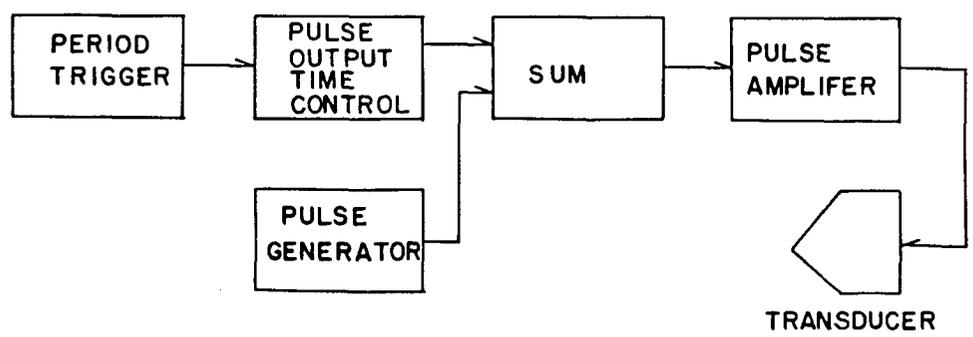


Fig. 2-3 Block diagram of the transmitter

가) Period Trigger

fig. 2-4.는 Trigger circuit로서 Period trigger는 System의 활성화와 Memory IC들의 Reset와 신호의 응답을 위한 초기상태를 위한 것이며 이를 위해 Auto와 Manual로 되어있다.

Auto로 동작할 경우 Astable-Multivibrator로 동작하며 주기는  $RA \cdot RB \cdot C$ 에 의해서 자동적으로 (0-5S)의 사이에서 주기적인 Pulse를 발생한다.

$$T_1 = 0.695 \cdot (RA + 2RB) \cdot C$$

$$T_2 = 0.695 (RB \cdot C)$$

$$T = T_1 + T_2 = 0.695 \cdot (RA + 3RB) \cdot C$$

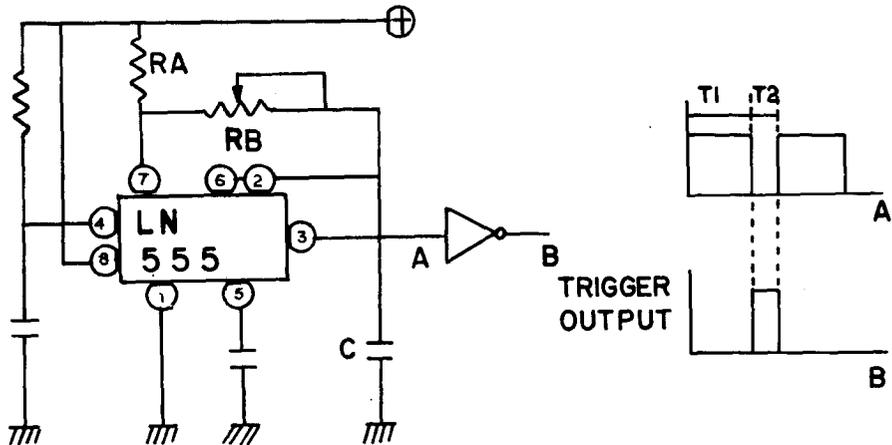


Fig. 2-4 Period trigger circuit

Period trigger output 신호는 Pinger system의 거리측정부와 위치측정부의 Memory part인 Counter 및 Turn-around time detector controller들을 주기적으로 Reset시키는 역할이 주 목적이라 하겠다.

나) Pulse output time control

Pulse output 은 8ms 동안 Acoustic Signal 을 전송하기 위한 Controller circuit 로써 Period trigger output 이 인가될때마다 Monostable multivibrator 로 동작하며 Output signal 은 square wave 로 8 ms 동안 발생된다. (fig. 2-5. 참조)

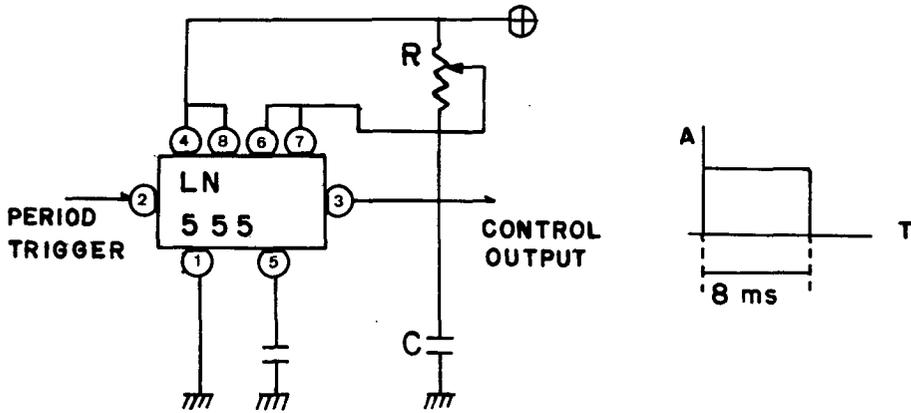


Fig. 2-5 Pulse output time controller

다) Pulse Generator and Summing

Pulse generator 는 Acoustic signal 을 발생시키며 Pulse output time control signal (8ms) 과 summing 되어 8ms 동안 Acoustic signal 을 출력시킨다.

Pulse generator 는 안정한 주파수를 발생시켜야 하며 온도와 전원전압의 변동 및 외부의 어떠한 충격에 대하여 안정된 고유 주파수를 발생하여야 한다. fig. 2-6.에서와 같이 이러한 조건을 만족시키기 위해 고안정 Precision astable multivibrator 인 CD 4047 을 사용하여 주파수 변동을 줄이고자 노력하였다.

$$T_1 = 1.1 R \cdot C$$

$$T_2 = 1.1 R \cdot C$$

$$T = T_1 + T_2 = 2.2 R \cdot C$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2.2R \cdot C}$$

Summing 회로는 AND Gate로 구성하며 8ms control signal로 제어된다.

$$Q = FA \cdot TC$$

$$\bar{Q} = \bar{FA} \cdot TC$$

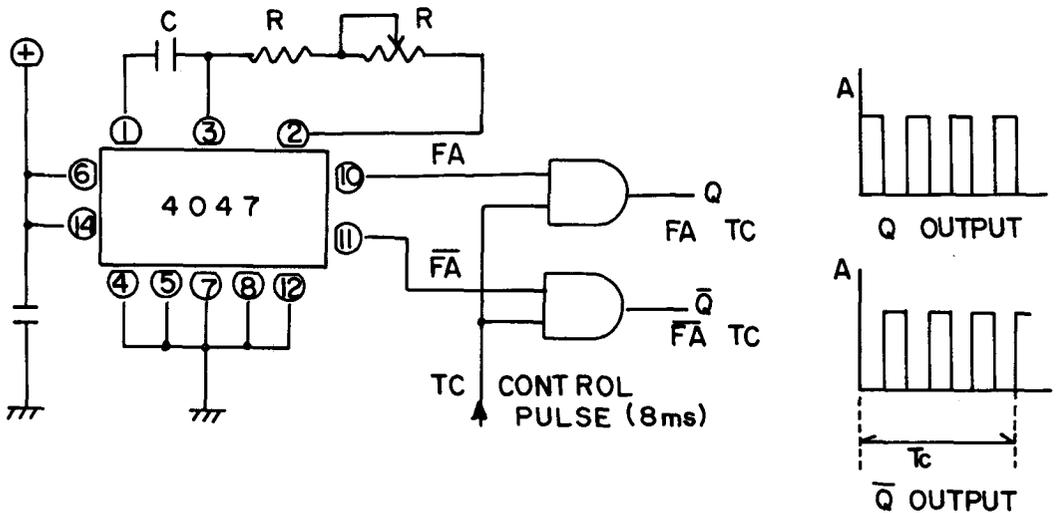


Fig. 2-6 Pulse generator and summing circuit

#### 라) Pulse Amplifier

Pulse amplifier 는 8ms 동안 Acoustic signal (9 KHz) 을 증폭하여 (고전압증폭) Piezo electronics-ceramics Transducer 로 전송한다.

최종출력단의  $T_r$  은 대출력용으로 Trans  $T_2$  에서 1 차측과 2 차측의 코일의 권 수비로 고 전압을 발생시킨다.

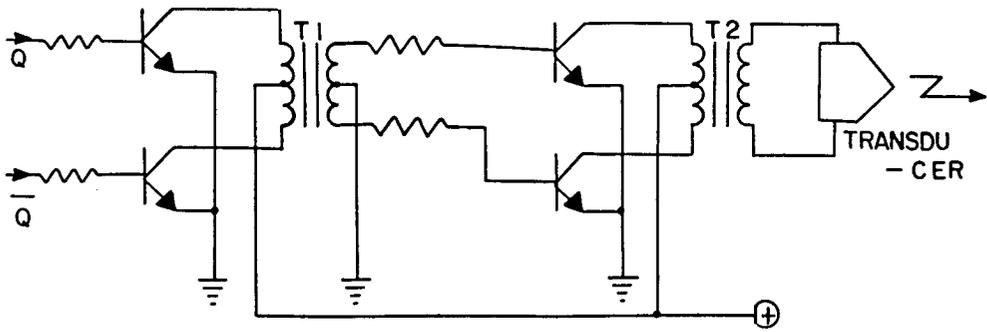


Fig. 2-7 Pulse amplifier circuit

#### 2.1.4 수신부

수신부는 해저장비의 응답 Pulse 를 수신하며 이 신호를 분석하여 Phase differences 및 Turn - around time 을 검출하여 이를 계산기에 입력 시킨다.

또한 수신되는 입력신호는 극히 미세한 전기신호 이므로 Logic 회로에서 수행하기 위해서는 충분한 크기의 신호로 증폭해야 하며 동시에 square wave 로 Pulse 화 하여야 한다.

수신부는 Pre 8 differences amplifier 와 Filter, Phase shifter, Turn - around time detector 및 수신부의 Memory 소자들을 초기화시키는 Reset 와 Transmitter 와 Synchronous 를 위한 Controller 부로 구성된다.

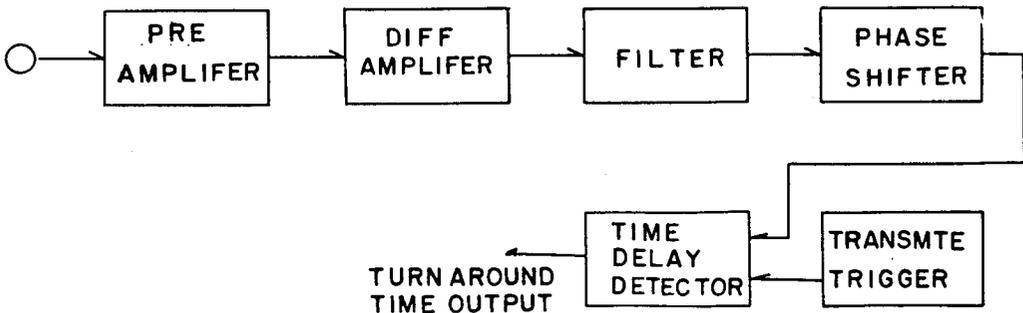


Fig. 2-8 Block diagram of the receiver and turn - around time detector

가) Pre and Differential Amplifier

Pre & differential Amplifier 는 입력되는 미세한 신호를 Logic 회로에서 처리하기 위한 크기의 신호로 증폭해야 하며 이를 위해서 Pre Amplifier 에서 Band-width ( 2KHz )를 갖고 약 20dB 증폭하며 이 신호는 Diff amplifier 에서 약 80dB 증폭한다.

이때 Diff amplifier 의 출력은 Limiting 이 되어야 한다. 이러한 여러가지 이유는 filter 회로의 입력을 일정한 Level 로 유지시켜서 Filter 의 특성을 안정화시키는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서 Diff amplifier 의 설계는 CA3086 Tr array 를 사용하여 온도 및 전원전압의 변화에 대해 안정화를 꾀하였다 ( fig. 2-9 , 2-10 ).

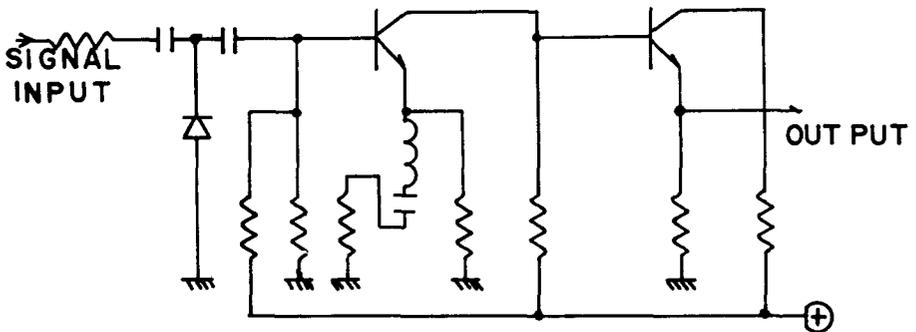


Fig. 2-9 Pre - Amplifier

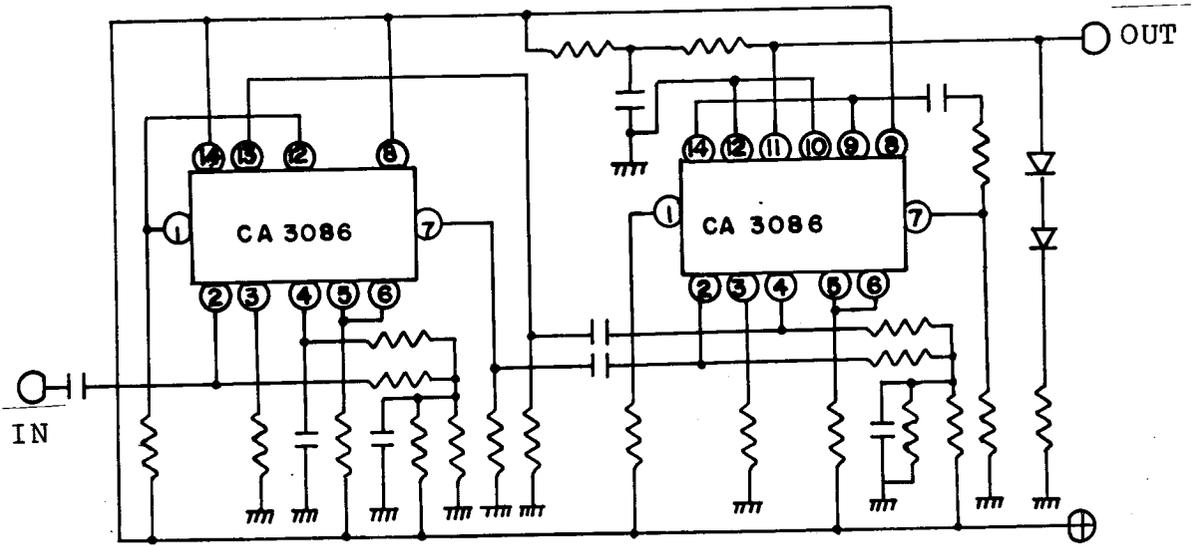


Fig. 2-10 Differential Amplifier

나) Phase Shifter

Phase shifter는  $0^\circ$ 와  $90^\circ$ 로 signal 이 shift 되며 이 신호는 Zero crossing 과 근접한 잡음신호에 대한 error 방지이며 이 두 신호는 Threshold level detector 에서 검출되어 Turn-around time detector 의 Reset pulse 가 된다. 이 Reset pulse는 Transmitter trigger 순간 set 되어 High가 되며 Phase shifter 에 의해서 합성된 Threshold level detector 검출신호에 의해서 Reset 되어 Turn-around time 이 검출된다 (fig.2-11).

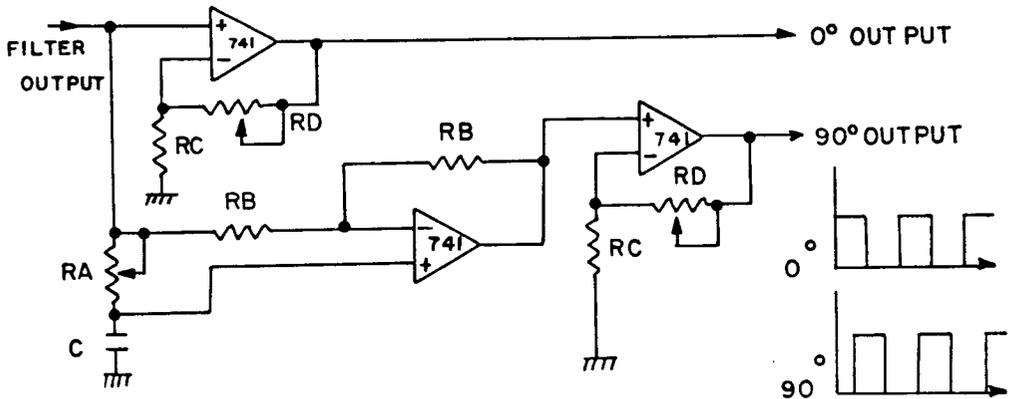


Fig. 2-11 Phase shifter circuit

다) Turn-around - time Detector

Turn-around time ( $\tau$ ) detector는 정확한 Timing 으로 set 와 Re-set 신호에 의해서 측정된다.

Detector 부는 무엇보다도 Signal delay 와 입력신호의 Pulse 화에 따른 Rising 과 Noise signal 에 안정해야 하며 전송신호의 입력방지를 위해서 회로의 모든 동작이 Sequential timing 으로 구성되어야 한다.

Phase Shifter 의 Reset Signal 은 fig. 2-12 에서  $Q_1A, Q_1B$  의 Threshold level detector 에서 측정되어  $Q_3A$  에서 합성하여 Turn-around time detector 인 R-S Latch 의 Reset pulse 를 발생한다.

또한 Command word 와 Pinger signal 의 전송시 이 신호들의 입력을 방지해야 하며 이는 LN555 의 출력 Pulse 를 일정시간 (8ms) 동안  $Q_2A$  의 NOR Gate 의 입력신호로 되어 전송신호의 입력을 방지시켜 회로의 error 를 저지시킨다.

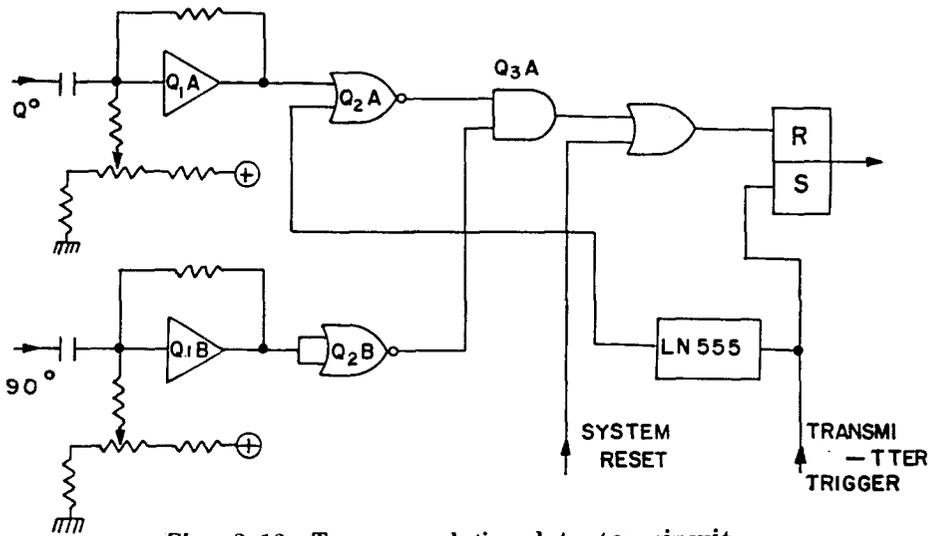


Fig. 2-12 Turn-around time detector circuit

라) System error Analysis

System error 는 주로 전자회로의 R-C Time constance 와 C-MOS IC 의 Delay time 과 Phase shifter 에서 Shifting 과정에서 발생한다.

이를 보상시켜주기 위해서는 회로에서 발생하는 Delay time 을 계산하여 전자 회로로 이를 보상하여 주어야 한다.

System delay time 은 주로 Phase shifter 에서 발생되며 fig.2-13.에서와 같은 과정을 거치게 된다.

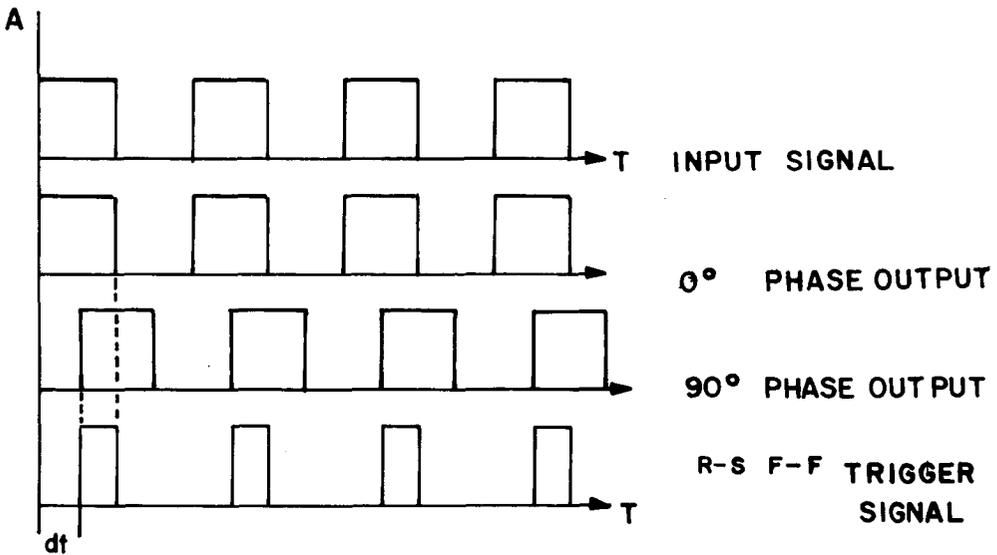


Fig.. 2-13 Relation of trigger pulse at 0° phase shift and 90° phase shift

Fig. 2-13.에서 Shifting 에 대한 Delay time 은,

$$\delta t = T/4$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{9000 \text{ (Hz)}} = 111 \mu\text{s}$$

$$\delta t = 111 \mu\text{s}/4 = 27.75 \mu\text{s}$$

$$R = \tau \times C \cdot P$$

$$= 27.75 \times 10^{-6} \times 746$$

$$\approx 0.021 \text{ (m)}$$

Phase shifter 에 의한 System error 는 약 0.021 (m) 이다.

또한 Pinger system 에서 측정할 수 없는 최소 거리는 전송신호의 입력방지 시간이 8ms 이므로,

$$R_{\min} = 8 \times 10^{-3} \times 746$$

$$= 5.968 \text{ m}$$

#### 2.1.5 제어부 (Controller)

Pinger 부의 모든 전자회로의 동작은 제어 Signal 에 의해서 Sequential로 동작하며 이를 위해서는 System trigger 와 Cycle trigger 로 구성되며 이 두 Trigger 회로는 Sequential로 Timing 관계에서 같은 Phase 를 갖고 있다.

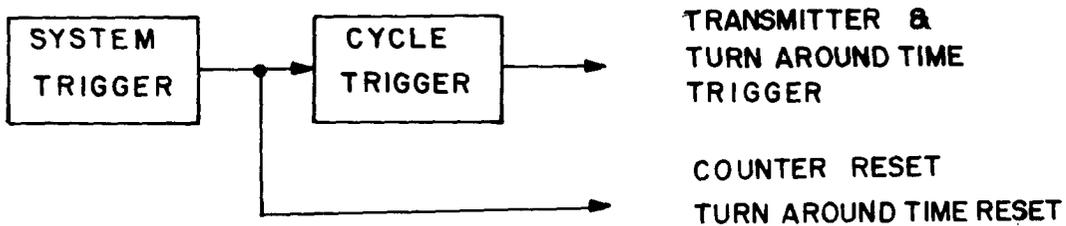


Fig. 2-14 Block diagram of the controller

가) System Delay time Compensation

Pinger system 의 Total delay time 은 수신 신호의 Pulse 화에 따르는 Delay 와 Pinger 부의 (Phase Shifter )에서 발생하는 Delay time 의 합이다. Total delay time 식은,

$$\begin{aligned} \delta T &= (\text{Turn-around time detector delay time} + \text{Rising pulse of signal}) \times 2 \\ &= \left( \frac{T}{4} + \frac{N(t)}{A/tr} \right) \times 2 \\ &\approx 55.56 \mu s \end{aligned}$$

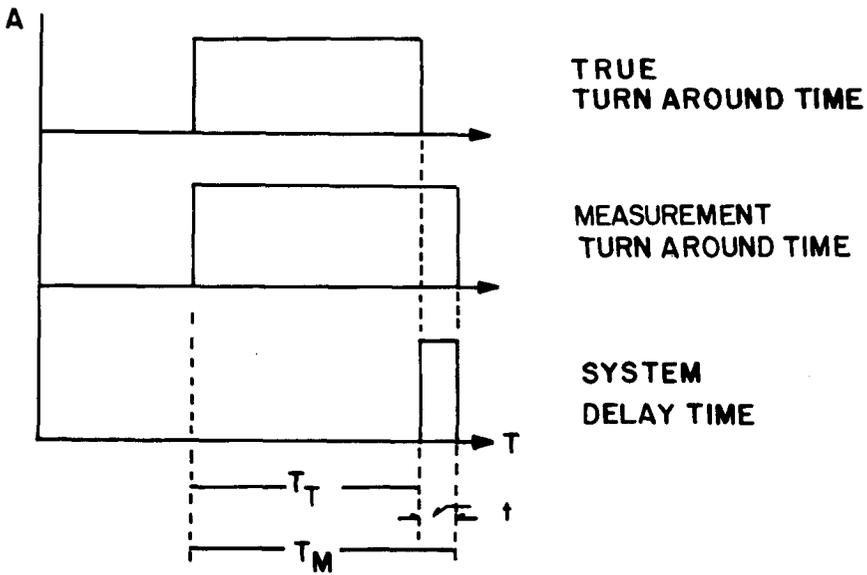


Fig. 2-15 System delay time

fig 2-15 에서 실제의 Turn-around time 은,

$$T_T = T_M \cdot \delta t$$

측정된 Turn-around time 은  $\delta t$  만큼의 System delay time 을 포함하고 있으며

이에 대해서 회로에서 보상시켜 주어야 한다.

fig.2-16.은 이와 같은 보상의 원리이다.

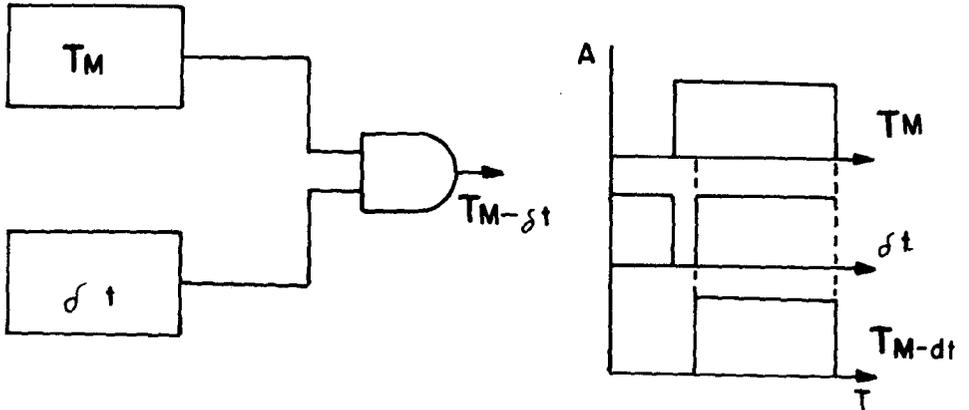


Fig. 2-16 Principle of the delay time compensation

나) Counter

Counter는 clock - pulse 와 전자회로에서 보상된 Turn - around time detector ( $\tau$ ) 신호와 합성하여 ( $\tau$ ) 시간동안 C·P를 받아 회로에서 계산하여 계산된 결과는 Memory 되어 Digital로 지시한다.

Memory 된 거리표시부는 다음 System trigger에 의해서 Reset 된다.

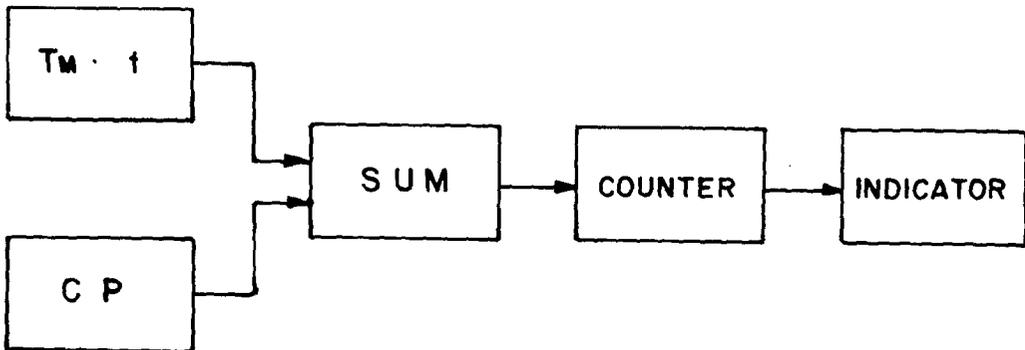


Fig. 2-17 Block diagram of the range counter circuit

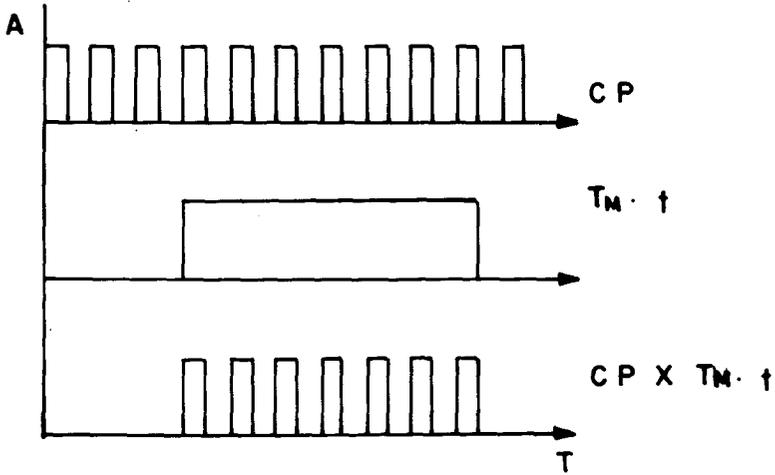


Fig. 2-18 Summing output Concerning clock pulse turn-around time ( $\tau$ )

fig.2-17,2-18. 은 계산기에 인가되는 C·P 와 Turn-around time 의 신호의 조합을 나타내고 있다.

### 2.2.1 방향 측정원리 및 회로설계

실제로 해저에 설치한 장비는  $x.y.z$  에 대한 공간 좌표내에 존재하게 되므로 이를 측정하기 위하여 Range/Bearing receiver unit 에 연결된 Transponder 의 구조를 fig.2-19.와 같이 3개의 Hydrophone Element (1) 과 (2) 는 Dipole 로 되어있고 (1) 과 (2) 에 직각 방향으로 Element (3) 이 있다.

수중으로 부터 발사된 응답신호를 각 Sensor 가 Receiving 하게되며 이때 생기는 Phase difference 를 측정하고 Turn-around time 을 측정하여 거리와 방향을 산출한다.

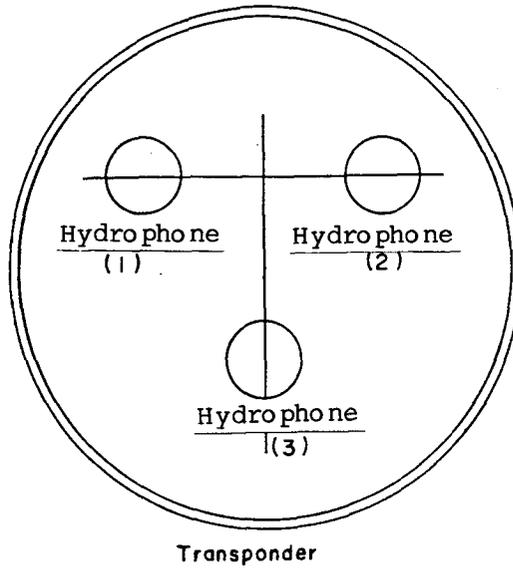


Fig. 2-19 Structure of transponder

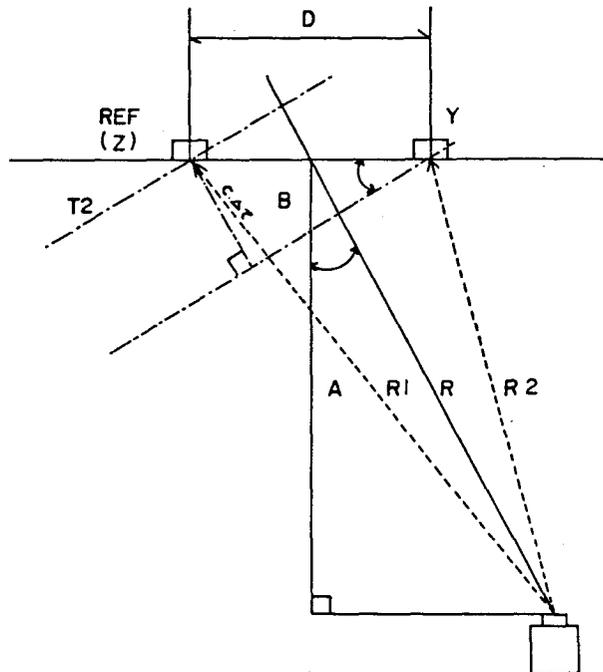


Fig. 2-20. Principle of the Bearing measurement

Fig. 2-20. 에서  $\Delta\tau$  는 Reference sensor 인 Z 축과 Y 축 Sensor 와의 Phase difference 에 의한 Delay time 이다. 두 삼각형 A와 B에서 Sensor 사이에 Phase difference 는

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{2\pi}{\lambda} (R_1 - R_2) \text{ radian} \\ &= \frac{360}{\lambda} (R_1 - R_2) \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

여기서,

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

$$\left. \begin{aligned} \theta_y &= \frac{2\pi}{\lambda} D \cdot \sin \theta_y \text{ radian} \\ \theta_x &= \frac{2\pi}{\lambda} D \cdot \sin \theta_x \text{ radian} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

식 (3) 에서  $\lambda$  는 파장이고 D는 Z 축 Sensor 와 X 축, Y 축 방향간의 거리이다. 실제로 사용한 주파수의 파장을 구하여 보면,

$$\lambda = \frac{C}{f} \text{ 에서 } 1500 / 9000 = 16.66 \text{ cm} \dots\dots\dots (4)$$

$$C = 1500 \text{ m / sec, } f = 9 \text{ KHz}$$

최소한 Y 축과 기준 Z 축간의 위상차를 검출하기 위하여서는  $D = \lambda$  이며 D와  $\lambda$  는 같을수록, 그리고 Hydrophone element 수가 많을수록 검출되는 위상차의 오차는 적게되나 여러개의 Sensor elements 의 array 방식이 아닌 단일 Sensor 로 구성하려고 하기때문에 제작상 크기의 문제가 되므로 가능하면 적게하는 방향으로 본 연구에서 일단  $D = 15 \text{ cm}$  로 하였다.

D = 15 cm에서의 음원 90° 에 대한 Phase difference 를 구하면,

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot D \cdot \sin \theta y \text{ radian}$$

$$\phi = \frac{360}{0.166} \times 0.15 \times 1 = 324.13^\circ \dots\dots\dots (5)$$

0° 에서 90° 까지 5° 간격으로 실제 위상차를 구하여 보고 실제로 구한 위상차로 부터 다시 기준축 Sensor(Z) 와 X축, 또는 Y축에 도달된 신호의 Delay time 을 구하여야 한다.

다시말해 위상차는 해저장비의 위치에 대한 함수 관계이므로 이를 다시 시간 함수로 바꾸어서 전자회로 내에서 Phase difference 에 대한 Delay time 을 계산 Counting 하도록 하여야 한다.

$$\text{즉, } \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot D \cdot \sin \theta y \text{ radian}$$

$$= \frac{360}{\lambda} \cdot D \cdot \sin \theta y \dots\dots\dots (6)$$

$$\sin \theta y = C \cdot \Delta \tau / D \dots\dots\dots (7)$$

두식 (6) 과 (7) 에서 위상차를 만들어주는 도달신호의 Delay time 식은

$$\Delta \tau = \frac{\lambda \theta}{360} \text{ 와 } \dots\dots\dots (8)-(A)$$

$$\Delta \tau = \frac{D}{C} \sin \theta y \dots\dots\dots (8)-(B)$$

로 나타낼수 있으며 이 두식 (8)-(A), (8)-(B) 는 위상차 및 각도  $\theta$  에 대한  $\Delta \tau$  로 그 의미는 같은 것으로 Delay time 을 구하므로써 위상차를 검출하고 또한 역으로 각도를 산출하므로써 거리 및 기울기 범위 (Slant range) 를 알수있게 된다. 상기 식 (5) 와 식 (8)-(B) 로 5° 에서 90° 까지 5° 간격으로 실제

위상차와  $\phi$ 와 Delay time  $\Delta\tau (\mu S)$ 을 구한것이 Table.1과 같다.

<Table.1> Relation with between of the phase difference and delay time from two formula (5), (8)-(B)

$\theta (^{\circ})$	$\phi (^{\circ})$	$\Delta\tau (\mu S)$	$\theta (^{\circ})$	$\phi (^{\circ})$	$\Delta\tau (\mu S)$
5	28.249	8.72	50	248.30	76.76
10	56.285	17.36	55	265.511	81.92
15	83.890	25.88	60	280.70	86.60
20	110.86	34.20	65	293.76	90.63
25	136.98	42.26	70	304.58	93.97
30	162.06	50.00	75	313.08	96.59
35	185.91	57.36	80	319.21	98.48
40	208.35	64.28	85	322.90	99.62
45	229.19	70.71	90	324.13	100.00

$$*(5) = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot D \cdot \sin \theta y$$

$$(8) \Delta\tau = \frac{D}{C} \sin \theta y$$

실제로 회로를 설계함에 있어서  $5^{\circ}$ 에서  $90^{\circ}$ 까지의 시간함수와  $\sin \theta$  그래프를 보면 어느정도 직선성을 벗어난 후에는 비선형이 되는 것을 알수 있다. 때문에 비선형은 오차를 가져오는 결과를 초래하기 때문에 그래프 선상에서 직선 부분은 문제가 되지 않겠으나 나머지 비직선부분에 대한 대책을 별도로 강구하여 서로 보완하고 조합하여야 한다.

그래서  $\sin$  함수 그래프에서 그림과 같이 두 단계로 나누었다 (fig.2-21 참조).

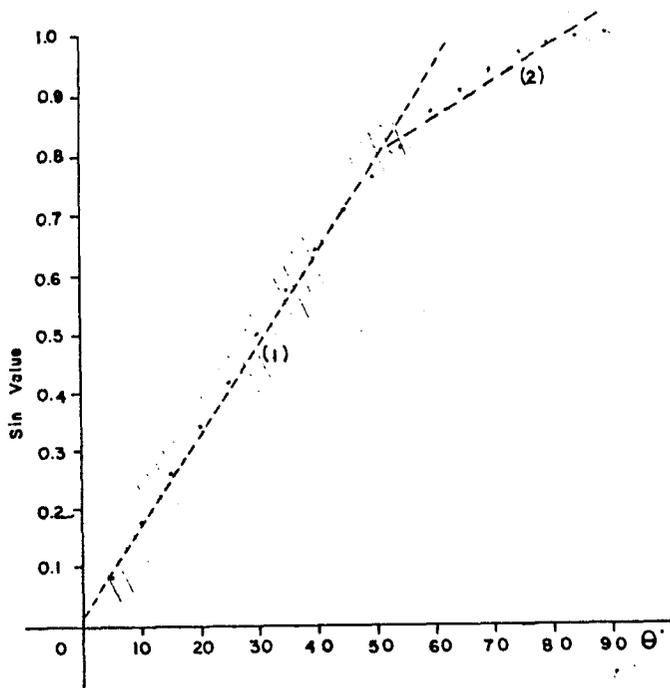


Fig. 2-21 Graphic of sine function

(1) 0° 에서 45° 이전의 직선성과

(2) 45° 이후 90° 까지의 비직선의 두 단계로 구분한후 두 부분의 관계식 단계(1)에서 얻은 Clock pulse 를 기준으로 단계 (2)의 관계식에 관련시키므로 가능한 각도의 오차를 줄이는 동시에 전자회로 설계를 보다 간편하면서 정확하게 작동하도록 하여 보았다.

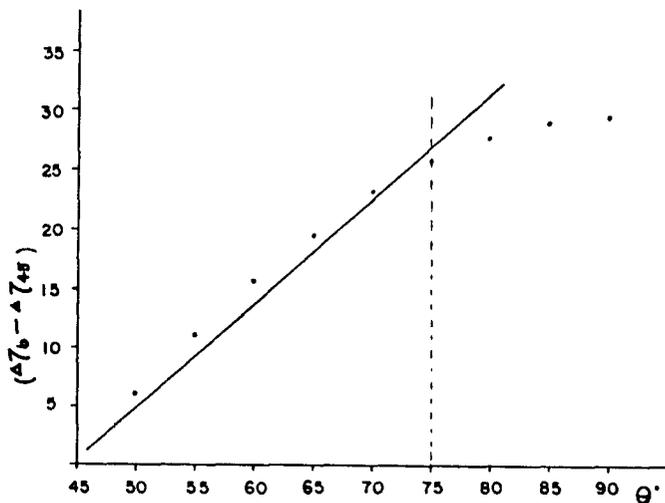


Fig.2-22. Graphic of sine function from the table 3.

다음은 두 단계에 관한 관계식이다.

A) 직선부분인 (1)단계에서 직선과 거의 근접한 40°의 값을 대표값으로 취하여

Clock pulse를 구하여 보면

$$C \cdot P = \theta / \Delta \tau \dots\dots\dots (9)$$

$$C \cdot P = 40^\circ / 64.28 \times 10^{-6} = 622277.5 \text{Hz}$$

가 되며 이 방법으로 1°에서 44°까지의 Clock pulse를 구할수 있다. 여기서 대표 값 44°의 Clock pulse를 이용하여 실제로 이론상의 각도와 실제 음원의 각도를 산출할수가 있는 것이다 (Table.2 참조).

$$\text{즉, } \theta (\text{각도}) = \Delta \tau \cdot C \cdot P \dots\dots\dots (9)-(1)$$

$$C \cdot P = 44^\circ \text{ 때의 Clock pulse } (= 622277.5 \text{Hz})$$

(Table 2)

$\theta$ (°)	$\theta_C$ (°)	$ \theta - \theta_C $ (°)	$\theta$ (°)	$\theta_C$ (°)	$ \theta - \theta_C $ (°)
5	5.43	0.43	50	47.76	2.24
10	10.80	0.8	55	50.97	4.03
15	16.10	1.1	60	53.89	6.11
20	21.28	1.28	65	56.4	8.6
25	26.30	1.3	70	58.36	11.64
30	31.11	1.11	75	60.11	14.89
35	35.69	0.69	80	61.28	18.72
40	40.00	0.00	85	61.99	23.01
45	44.00	1.0	90	62.23	27.77

$$S \cdot CP = 622277.5 \text{Hz}$$

$$\text{식} = \theta (5^\circ - 45^\circ) = S \cdot CP \times \Delta \tau$$

B) 비직선부분 (2) 단계인 45° 이후 90°까지의 sin  $\theta$  함수 graph에서는 이미 앞에서 말한바와 같이 그래프 직선상에 근접한 값을 기준으로 하고 그 기준

값 ( $\Delta \tau_{ref}$ ) 이외에 발생되는 값인  $\Delta \tau_x$ 에서  $\Delta \tau_{ref}$ 와의 차에 대한 Delay time 을 구하며 이 값에 상응하는 Clock pulse 를 구하여 서로 조합 계산한다.

즉, 전자회로 내에서 Counter 부는 1 단계 마지막인 44° 과정을 계산하는 동시에 다음 과정인 45° 를 검출하면서 검출신호를 Controller 회로로 보내어서 이미 0° - 44° 까지의 계산 과정을 순간적으로 45° 부터는 제 2 단계 회로로 변환시켜 45° 이후인 비직선부분인 제 2 단계 전담회로의 동작을 시키게 되는 것이다.

이것을 정리하면,

$$\theta_a = (\Delta \tau_b - \Delta \tau_{ref}) \times C \cdot P_b + \theta_{ref} \dots\dots\dots (10)$$

여기서,  $ref = 45^\circ$  로 하면

$$\theta_a = (\Delta \tau_b - \Delta \tau_{45}) \cdot C \cdot P_b + 44^\circ \dots\dots\dots (11)$$

로 45° 이후의 계산식이 될수 있다.

여기서,

$\Delta \tau_b =$  비직선부분의 Delay time 이며

$\Delta \tau_{ref} =$  비직선부분에서 45° 를 기준값으로 한 Delay time 이다.

다시 식 (8)-(B)를 이용한 Table.3에서 45° 이후의 비직선부분의  $\Delta \tau$ 의 값을  $\Delta \tau_{45}$  를 기준으로 하여 90° 까지 각각 차이값을 취하여 식 (11)에서 직선에 근접한 두 점의 값의 평균값을 구하고 다시 Clock pulse 를 계산한후 전체적인 45° 이후의 값을 대신하는 식으로 결정하였다.

$$\text{즉, } \theta = (\Delta \tau_b - \Delta \tau_{45}) \times C \cdot P + 44 \dots\dots\dots (12)$$

에서 2 지점에 C·P 를 각각 구하고 평균한 값이 된다.

$$\theta_A = (\Delta \tau_b - \Delta \tau_{45}) \times C \cdot P_A + 44 \dots\dots\dots (13)$$

$\theta_A =$  평균  $\theta$  값

CPA = 평균 Clock pulse

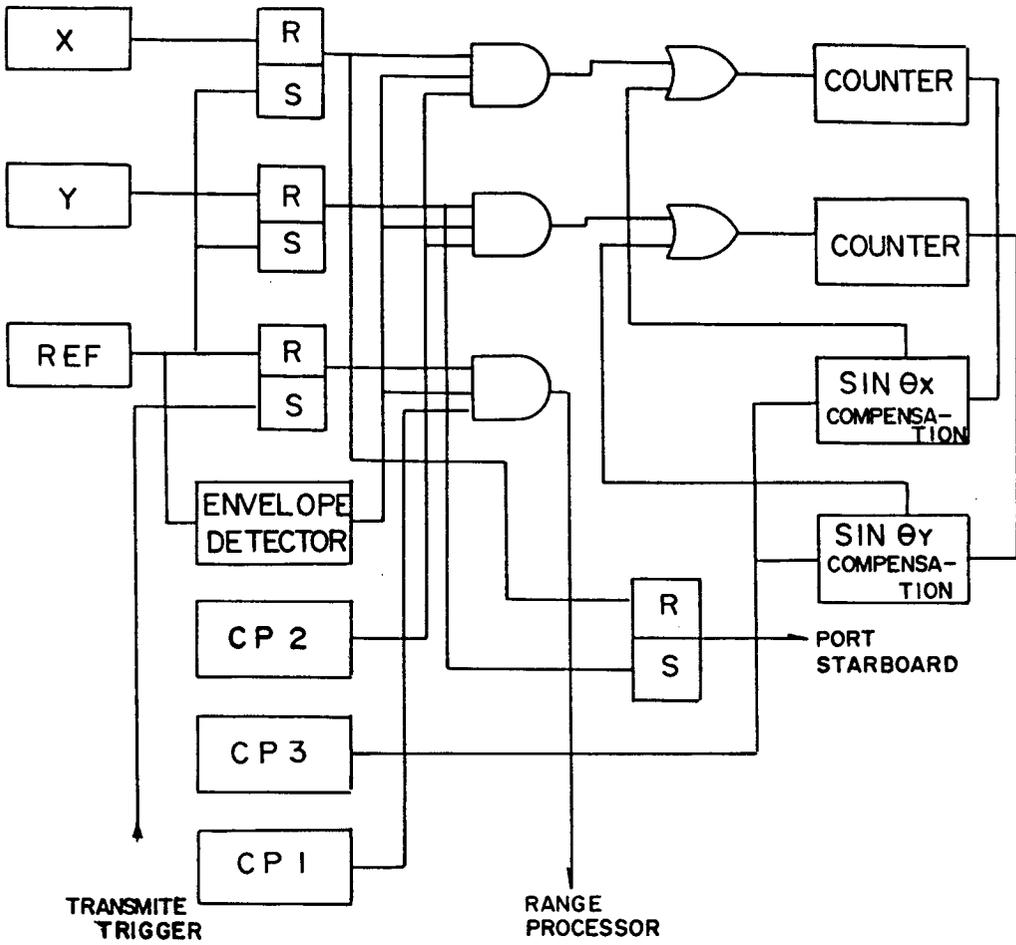


Fig.2-23. Block diagram of Range/Bearing receiver unit

( Table 3 ) Delay time of compare 45° to 90° with reference 45°

$\theta$ (°)	$\Delta \tau_b$ ( $\mu s$ )	$\Delta \tau_b - \Delta 45$ ( $\mu s$ )
45	70.71	0
50	76.60	5.89
55	81.92	11.21
60	86.60	15.89
65	90.63	19.93
70	93.97	23.26
75	96.59	25.88
80	98.48	27.77
85	99.62	28.91
90	100.00	29.29

$$\Delta \tau = \frac{D}{C} \times \sin \theta y$$

### 2.2.2 회로 및 작동 (부록 fig.A - 1 참조)

Range / Bearing receiver unit 는 x.y.z 축에 set한 Hydrophone element 로 부터 수신된 신호를 각각 Pre Amp 를 통하여 Ambient noise 를 포함한 제반 넓은 음역을 약 20 dB 증폭을 한다.

이 증폭된 신호는 다시 Differential amplifier 를 통하여 대략 80dB 의 Voltage gain 을 얻게되며 다음단인 Post band passfilter 에서 Noise level 이상으로 신호가 구분되어 다음단인 Digital 신호의 입력으로 충분하도록 Level detector 회로를 거치게 된다.

다시 Level detector 를 거친 신호는 fig. 2 - 22 에서 R - S Latch 를 set 시키게 되고 이 순간 거리 측정 Latch 는 Reset 이 되어 이때부터 신호의 Turn-around time 이 Counting 이 시작되는 것이다. Phase difference 가 생긴 신호가  $\Delta \tau$  의 time delay 만큼 x.y sensor 에 도달한 신호는 x.y 방향 Latch 가 Reset 이 되어 Phase difference 에 대한 time delay 를 Counting 하게 되는 것이다.

### 2.2.3 제어부

모든 전자회로 내에서 여러가지 기능이 제각기 다르게 작동되고 있으나 실제로는 이러한 기능을 순차적으로 또는 연속적인 기능과 작동을 제어부에서 하고 있으며 Timing의 관계가 무엇보다 정확하여야 한다.

#### 가) Counter 및 Sine function 회로 (부록 fig. A-1)

여러 단계를 거쳐 나온 결과 값들의 계산은 5 - stage divider 회로 및 Counter 회로에서 이루어지고 있으며 이와 함께 Sine function 회로의 보상도 이미 앞에서 말한바와 같이 Controller에서 직선부분 (C·P 2)에 대한 Counter와 직선부분의 한계인 비직선부분 (C·P 3)의 단계로 변환되는 순간의 신호를 검출하여 제어부의 지시에 의하여 Sum B에서 작동이 되어 Counting되는 것이다.

#### 나) System Controller (부록 fig. A - 1)

System controller는 Range/Bearing 회로 내에 Memory IC 들을 60 sec 동안 주기적으로 Reset 시켜 불연속적이고 파상적인 외부신호에 대하여 회로의 작동을 제어시키면서 다만 일정한 연속적이고 이미 약속된 신호에 대해서만 작동이 시작되도록 하는 것이다.

이러한 연속적인 수신 신호가 40 m sec 이내에 256 개의 신호가 입력이 되어 R - S Latch를 set 시키면 60 sec 주기로 system을 Reset시켜주던 제어부는 1 시간 동안 Reset를 정지시키게 된다.

R - S Latch의 set 신호는 Tr 1을 ON 시켜 Relay에서 RA를 OFF 시켜 Astable multivibrator의 주기를 34Hz에서 0.57Hz로 변환시켜 Counter에서 0.57 Hz의 신호를 2,048개를 Counting하면 Reset 신호를 발생시켜 system의 동작을 정지시킨다.

## 제 3 절 UNDER WATER UNIT

### 3.1. 개 요

수중에 설치 또는 계류한 구조물이나 해양 관측 장비등의 회수를 위한 장비이다.

모든 전자회로는 수밀이 완전한 Pressure housing 속에 넣어져 있으며 단지 기계적인 작용만 외부에서 이루어진다. 이 장비는 계류 유지를 위한 Tension 과 수압에 견딜수 있는 자체 Housing 의 견고성에 따라 천해로부터 심해에 이르기까지 사용이 가능하다.

이 unit 는 Transponder와 몸체로 되어있고 Shipboard control unit에 Command 신호에 의하여 제어된다. 이러한 질문( Interrogate )과 응답( Reply )주파수는 9 KHz 와 11KHz 로 사용이 가능하나 본 장비는 9 KHz 로 작동하도록 하였으며 모든 전자적, 기계적인 동력은 내장된 건전지로서 작동시키며 다음과 같은 기능을 가지고 있다. ( Fig. 3-1 참조 )

#### 3.1.1. Enable / Disable 형태

Shipboard control unit 의 Command signal 에 의하여 전자적인 회로의 작동이 가능하도록 회로를 Open 하는 상태 ( Enable )와 전자적인 회로의 작동을 스스로 중지하는 ( Disable ) 상태로 구분할수 있는데 만약 Disable 의 명령을 받게되면 수중 장비는 Shipboard 명령에 의한 응답을 하지않게 되고 모든 전자회로 및 내부 기능은 Standby 상태로 들어가며 이때는 여하한 기능은 발휘하지 않게 되므로 소모전류가 상상이하로 적다.

#### 3.1.2. Timed Pinger ( 초음파 발신기 )

Timed pinger 란 Under water unit 를 수중에 계류한후 또는 회수시에 장비의 위치를 재확인하거나 명령에 따른 장비자체의 기능변화를 확인하기 위하여

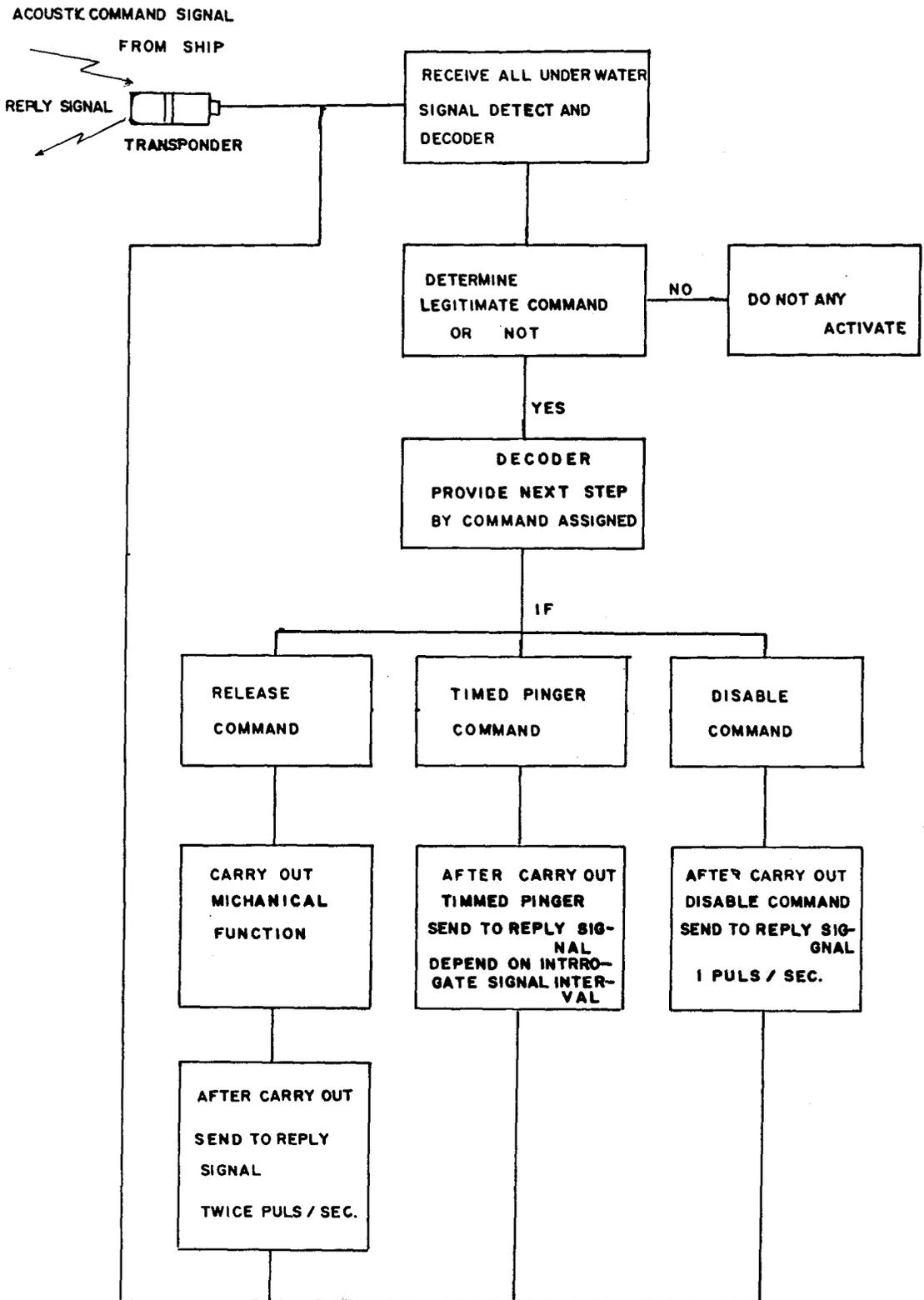


Fig.3-1. Flow chart of acoustic release system function

Shipboard command 에 따라 초음파 펄스의 폭이나 주기를 다르게 발사하므로써 선상에서 수중장비의 상태를 청취할수 있는 기능의 하나이다.

### 3.1.3 Release (이탈장치)

Shipboard unit 로 부터 Release 의 명령을 받으면 Under water unit 는 그 신호에 의하여 전자적인 신호를 기계적인 작용으로 바꾸어 실제로 물리적인 이탈의 작동을 하게 된다.

### 3.1.4 Power (전원)

이미 전술한 바와 같이 모든 전기적, 기계적 작동은 내장된 건전지에 의하여 이루어지고 있으며 전원의 구성은 기존 제품은 송신용과 수신용으로 구분되나 본 실험에서는 단일전원을 사용하였다.

주로 장기적인 계류에서는 전원의 문제가 제기되어 보통 수명이 긴 Lithium-Battery 로 사용하고 있으나 단기간 계류에서는 Mercury 또는 Alkaline 전지를 사용하기도 한다.

항상 전원에 대한 Load test 및 각 단의 Voltage check 를 철저히 실시한후 사용하여야 한다.

### 3.1.5 Transducer (변환기)

일반적으로 Acoustic Navigation system에 사용하는 수중음파 송·수신 신호 변환기에는 다음과 같이 분류할수 있다. ( P.H.Milne 1980 )

a) Transducer : 단일 주파수로 질문( Intrrogate )의 신호를 먼저 송신하고 그 응답( Reply )신호를 수신할수 있는 기능으로 무지향성 또는 구형의 전파 특성을 가지고 있다.

주로 표층 또는 선박에 부착 사용한다.

b) Transponder: 역시 동일 주파수로 질문에 대한 신호를 먼저 수신하고 그 즉시 응답신호를 송신할수 있는 기능으로 무지향성 또는 구형의 전파

특성을 가지고 있다.

Transducer 나 Transponder 는 항상 서로 연결 작용을 하고  
Transponder 는 주로 해저 ( Under water ) 에 설치된다.

c ) Beacon / Pinger : 고유 주파수의 음파펄스를 지속적으로 보내는 장치로 Pola  
diagram의 특성은 무지향성 이거나 구형의 형태이다.

d ) Hydrophone : Beacon 이나 Transponder 에서 보내는 신호나 주위에 존재하는  
잡음 또는 신호 ( 음압 ) 에 대한 변화를 단지 수신만 할수 있는  
청음기로 지향성 또는 무지향성의 특성을 가지고 있다.

### 3.2 회로 및 작동

수중장비인 Acoustic release unit 와 선상에서 Command signal 을 보내는  
Deck command control unit 사이의 통신방식은 F.D.M ( Frequency Division  
Multiplex ) 방식으로 몇개의 일정한 기본 발진 주파수를 만들어 놓고 그중에서  
4개의 신호를 ( 4 digital ) 선택하여 하나의 Word ( 4 bit ) 로 조합하고 배열하  
여 순차적으로 이 부호를 전송하는 것이다.

이 조합된 4개의 Digital 부호를 Command word 라고 하며 (부록 : fig.A-2 참조)  
는 수중장비의 계통도이다. 수중장비는 이 Command word 를 수신하고 그 내용에  
따라 Decoder 에서 순간적으로 다음단계를 결정하여 전자적인 작용이나 기계적인  
작동으로 진행되는 것이다. 이러한 모든 일련의 작동은 순간적으로 이루어지며 Co-  
mmand assign 에 의하여 어떤 행위가 일어난 이후에는 반드시 그 결과를 응답의  
형식으로 송신하여 Shipboard 상에서 그 결과를 확인하게 되는 것이다 (fig. 3-1).

#### 3.2.1 IN/OUT Amplifire Cicuit

Transponder 에서 감지된 미약한 신호를 pre Amp 에서 약 20 dB 증폭하  
여 Detector 회로로 연결된다. 이때 Detector Amp 초단 ( Postfilter ) 입력에 알  
맞도록 Pre Amp 의 출력을 만들어 주어야 한다.

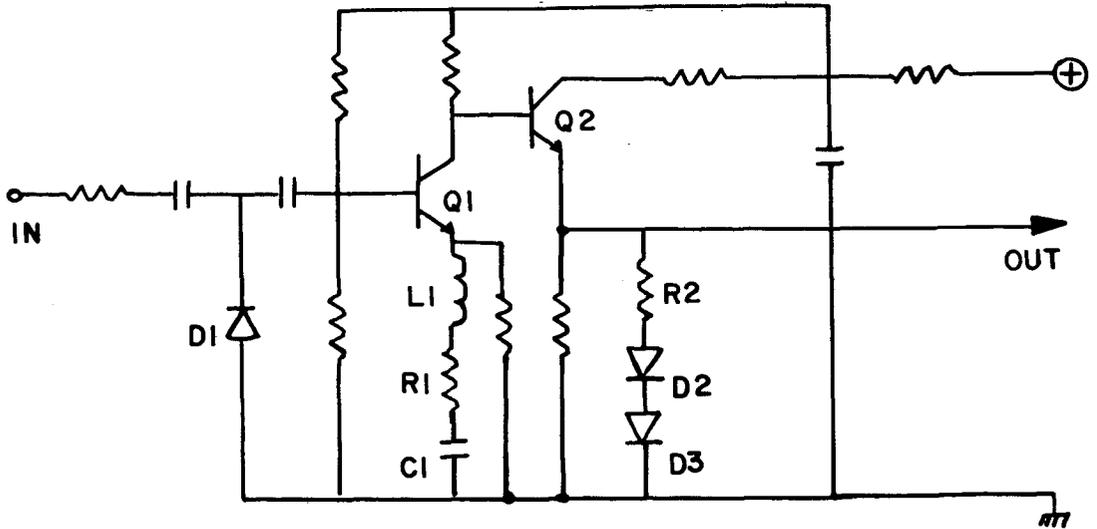


Fig. 3-2 Pre Amplifier

이는 Detector postfilter 초단이 Class C로 동작되기 때문이다. 또한 이 Pre Amp 는 fig.3-2에서와 같이 L.R.C에 의하여 9.6 KHz 에서 2 KHz 의 대역폭을 갖 는 Bandpass filter 로서 기능을 갖게된다. 또한 R2 D2 D3 에 의하여 높아진 이 득을 다음단인 Detector 입력초단에 알맞도록 Level limiting 을 하고 D1은Pre Amp 입력 보호용이다.

### 3.2.2 Detector Circuit

fig.3-3는 Command 신호의 검출회로이다. 이 회로의 PCB는 3 장으 로 만들어졌는데 그 내용은 각장마다 모두 동일하나 단지 Ch1 에서 Ch8 까지 각기 사용 주파수만 조금씩 다를뿐이다.

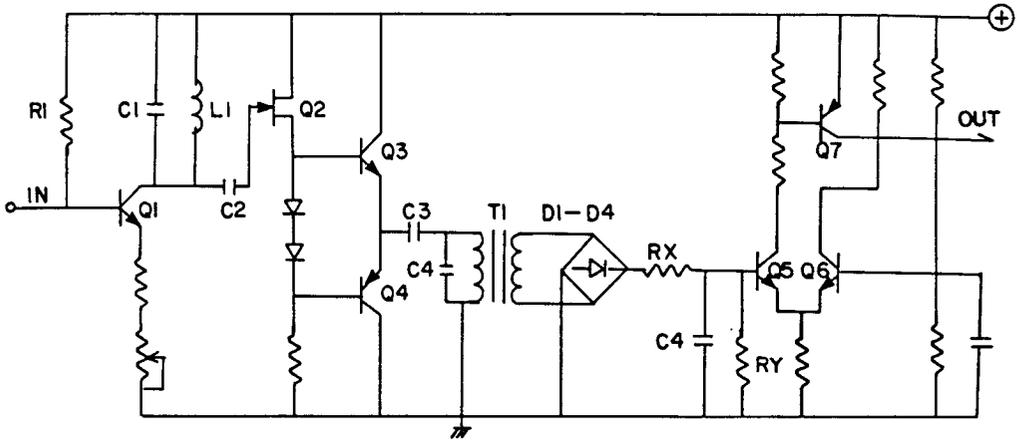


Fig. 3-3 Detector circuit

IN/OUT 회로를 거친 신호는 Level limiting 이 되어 Q1 입력에 인가된다. 초단 Q1 에서 R1 의 Bias 저항을 둔 이유는 전원 전압 강하에 대한 대비와 입력 되는 Command 신호의 Level이 약하더라도 검출될수 있도록 Class B 쪽으로 10MΩ 정도로 고정하였다.

Q1 을 통한 신호는 Postfilter 인 C1 L1 에서 공진하며 C1 L1 은 9 KHz 에 공진 되도록 한것이다.

공진 회로를 거친 신호는 C2 를 통하여 전계효과가 월등한 Q2 인 FET Gate 에 인가된다. R2 B3 는 FET 의 입력 임피던스와 관련이 있으며 Q1-Q4 는 Post - filter 회로인 L1 C1 과 2 차 공진회로인 T1 1 차측 사이에 Buffer 작용을 해준다. T1 1 차측에서 다시한번 공진한 Command 신호는 T1 2 차측에 유기되어 Bridge rectifier에 의하여 AC 성분의 Envelope 를 제거당하게 된다. Rx와 C5 는 Low pass filter 로 작용하며 Q5-Q7 은 Level sensor 로 동작한다.

여기서 연구실에서 제작한 Postfilter 의 특성을 살펴보자.

Table 3-1 은 기존 Maker 의 Postfilter 특성과 연구실에서 제작한 Filter 특성 이다. 각 Channel 간의 Center frequency 의 간격은 실제 200 Hz 정도이고

Postfilter 의 대역폭은 3dB Point 에서 약 70-75 Hz 정도로 기존 제품과 별 차이가 없었으며 단지 시장에서 구입한 Dust core 의 동일재질 여부에 의하여 Q 값이 다소 변화가 있었으나 별 문제가 되지 않았다. Table 3-2 는 실제 Postfilter 제작후 측정값이다.

**Table 3-1. Comparison of Characteristics of Postfilter**

Ch	Center Frequency	Band Width ( $\pm 3$ Hz )		Remark
		Products by Maker	Product by KORDI	
1	9.291 Hz	72 Hz	70 Hz	
2	9.494 Hz	72 Hz	75 Hz	
3	9.705 Hz	72 Hz	72 Hz	
4	9.894 Hz	72 Hz	70 Hz	
5	10.091 Hz	72 Hz	72 Hz	
6	10.296 Hz	72 Hz	70 Hz	
7	10.509 Hz	72 Hz	45 Hz	
8	10.693 Hz	72 Hz	74 Hz	

**Table 3-2 Specification of Postfilter on the Lab Experiment**

ch	Coil OD (mm)	Inductance (mH)	Q	Turn	Remark
1	0.3	58	333	260T	
2	0.3	56	333	"	
3	0.3	52	333	"	
4	0.3	50	333	"	
5	0.3	48.5	333	"	
6	0.3	45.5	333	"	
7	0.3	43.5	333	"	
8	0.3	41	333	"	

### 3.2.3 Memory Circuit

각 Channel 의 Detector 출력은 Memory 입력으로 인가된다. 이때 Memory 회로에 입력신호가 인가되는 동시에 초단 Schmitt trigger 회로가 작동을 시작하여 약 0.7초 동안의 출력을 내어 다음 단인 4043 Latch 를 작동시킨다. 일단 Set 상태로 된 4043의 출력은 fig.3-4 에서와 같이 Summing network을 통하여 다음단계인 Command circuit 로 들어간다.

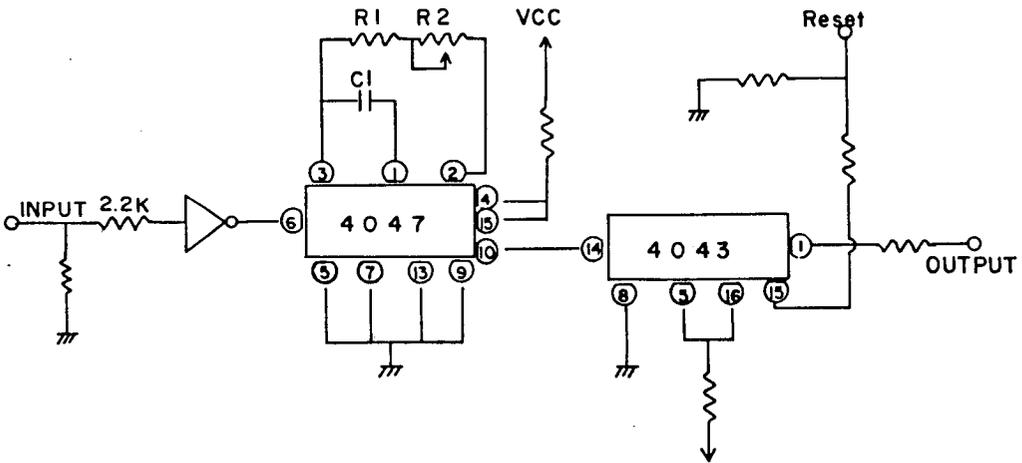
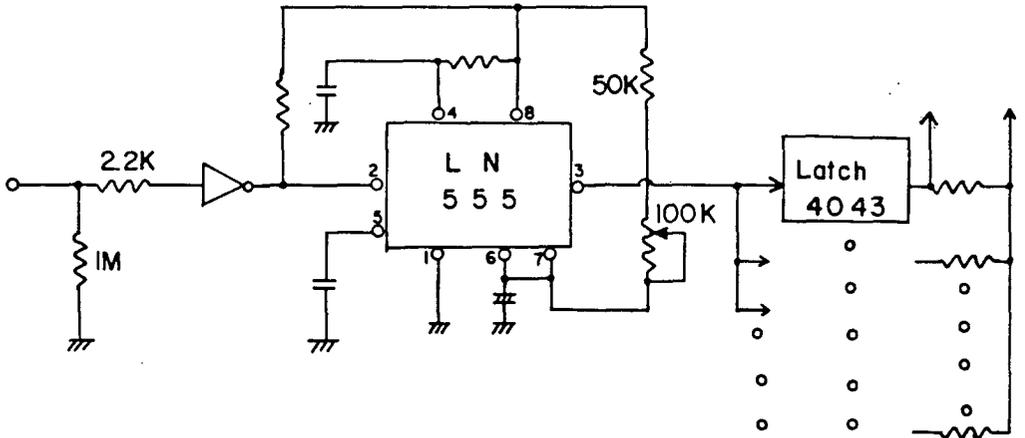


Fig. 3-4 Memory circuit



**Fig.3-5. Modified Lab schmitt trigger circuit.**

fig.3-5. 실험실에서 기존제품의 Schmitt trigger 인 MM 74C14D 대신에 시중에서 손쉽게 구입할수 있는 LN 555 를 사용하여 실험하여 보았다. 실험결과 모든 전기적인 회로의 특성은 좋았으나 단지 전류의 소모가 8 Stage에서 약 30mA 라는 커다란 손실을 주기 때문에 포기하고 대신 기존제품의 IC와 비슷한 C-MOS 인 CD4584 로 사용하여 전류 소모방지의 해결을 보았다.

### 3.2.4 Power /Release Firing Circuit

이 장비의 가장 큰 이용목적의 하나는 선상제어기와 이미 약속된 신호에 의하여 전기, 전자적인 복합된 과정을 통하여 기계적이고 물리적인 힘으로 바꾸는데 있다. 그렇게 하기 위하여 이 회로는 적은 힘을 축적하여 순간적으로 큰 힘을 방출하도록 하는 것이다. 즉 낮은 DC 전압을 고 전압으로 바꾼후 순간적으로 방출하여 Relay 이나 Solenoid 를 구동시켜 결국은 Release mechanism 을 움직이게 된다.

기존 Maker 제품에서는 Release 용 DC 전원 ( 48V DC )를 별도로 구성하였다  
 가 Release command signal 을 Detect 하면 이때부터 5,000 uF/100V의 축전  
 기를 1분간 충전하고 이를 방전시켜 Solenoid 를 구동시키는 방법을 썼다.

본 실험에서는 fig.3-6. Block diagram과 같이 Release 용 전원을 별도로 구성하  
 지 않고 기존 12V 전원을 DC-DC Convert 하여 고전압으로 만들어 준 다음  
 Timer 회로에 의하여 축전기 ( CT )를 1분간 충전시킨후 Magnetic SW를 이용  
 하여 Release mechanism을 Trigger 시키도록 회로를 구성하였다.

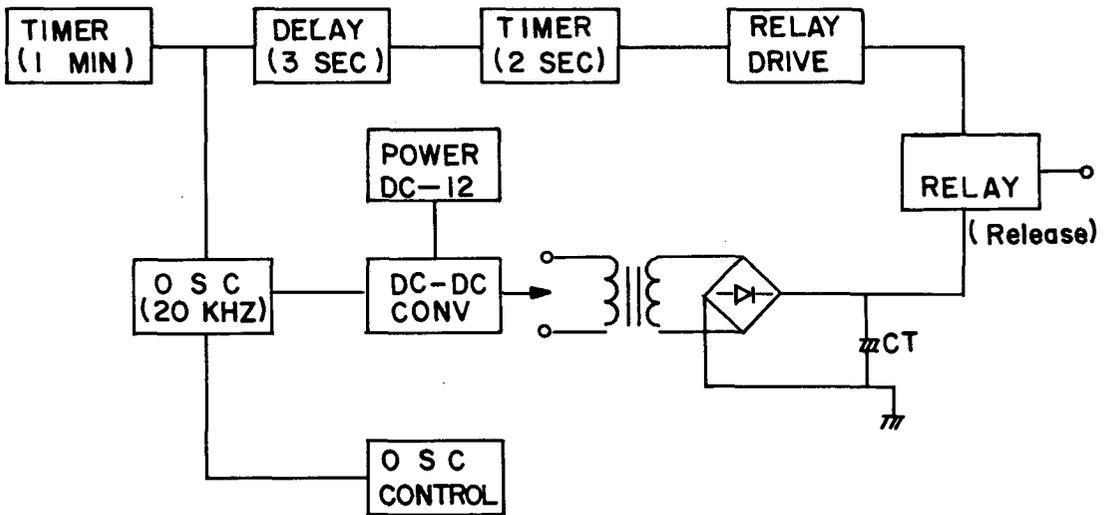


Fig. 3-6 Release firing blockdiagram

### 가) Timer Circuit

#### (A) 1분 Timer

이 회로는 Command 회로에서 만약 Release command signal 이 인가되는  
 순간 Trigger output 은 High 에서 Low로 되며 fig.3-7. 에서와 같이 U1 은  
 Monostable multivibrator 로 동작한다. 이때 U1 의 출력은 C1 과 R1 의 시정수에  
 의하여 결정되며 C2 R3 은 초기 Reset 이고 R2 는 Trigger 단자를 High 상태로  
 유지시키기 위한것이다.

이미 전술한 바와 같이 1분 Timer에 의하여 DC-DC Converter의 발진부를 1분간 구동시키므로써 CT의 고 전압이 충전되는 것이다.

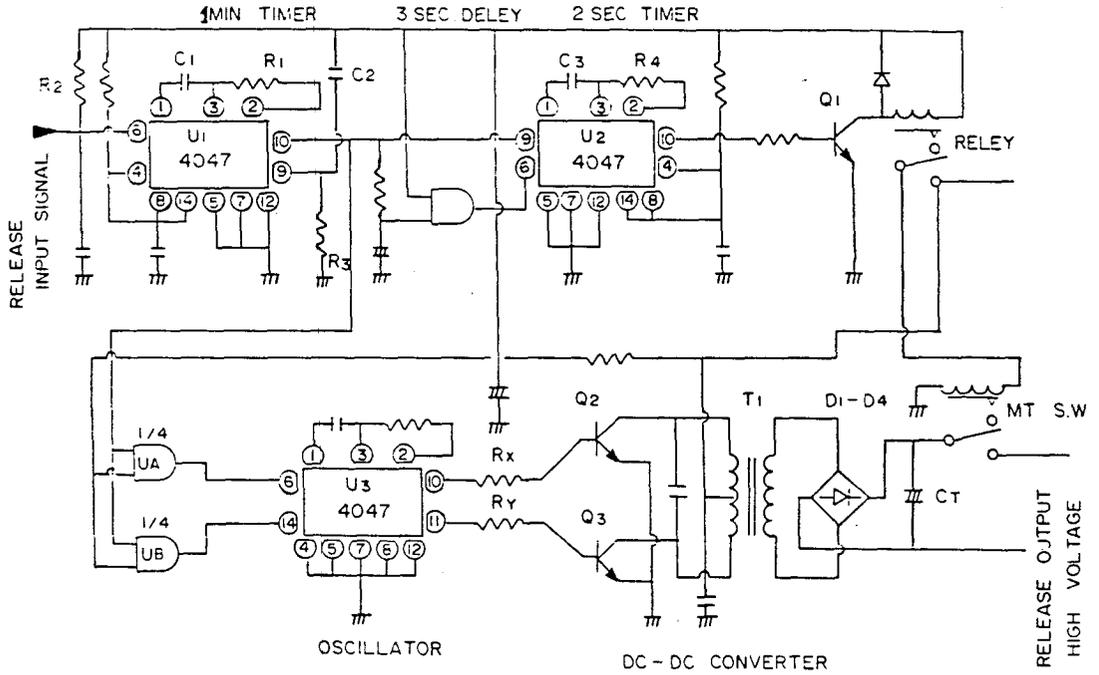


Fig.3-7. Timer and DC-DC Converter.

(B) 3 초 Delay 및 2 초 Timer Circuit

fig.3-8.은 Delay 및 2 초 Timer의 관계 회로이다. R1 과 C1을이용U2

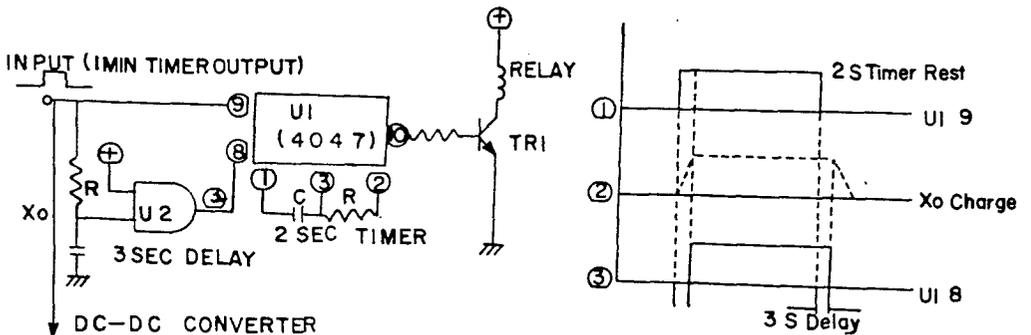


Fig. 3-8 Relation of between 3S delay and 2S timer

의 출력을 R1 C1의 시정수만큼 Delay 시킨다. 이는 다음 단 2초 Timer가 동작하면서 Tr1을 구동 Tr1의 Collect 전류를 이용하여 Relay를 순간적으로 작동시키므로써 CT를 방전시켜 주는 것이다.

U1의 (9)번이 Reset ( Low 상태 )이고 (8)번이 High 상태일때 Astable multivibrator로 작동하도록 하였다.

회로에서 3초 Delay U2 출력을 (8) 번에 인가되고 1분 Timer 출력은 (9) 번에 인가된다.

U1(9) 번과 (8) 번의 입력 파형을 분석하여 보면 Delay 회로에 의하여 (8) 번 입력이 약 3초의 차이로 나중에 Low로 된다. 이 순간 3초 동안의 U1은 2초의 Timer로써 작동되며 U1(10)번의 2초의 출력을 내며 Tr1을 구동시키는 최종 회로이다.

### (C) Oscillator and DC-DC Converter

이 회로는 저 전압을 고 전압으로 바꾸어서 CT에 충전시킨 후 방전시켜 Magnetic SW를 ON 시켜 Release mechanism을 구동시키는 최종 회로이다.

fig.3-7에서 Oscillator의 제어작용은 Ua Ub AND Gate의 두 입력을 사용하고 있다.

두 입력중에서 하나의 입력은 High 상태를 유지하고 다른 하나의 입력은 1분 Timer가 출력되는 순간 AND Gate의 출력은 High가 되며 이 High 출력은 Astable multivibrator인 U3의 전원전압으로 인가된다.

U3는 C-MOS 이므로 소모전력이 적어 사용에 적합하다.

U3에 전원이 인가되면 약 20 KHz의 발진이 시작되고 Flip-Flop에 발진 출력은 10 - 11에서 Q1 Q2 (2SC1061)의 Base 전압으로 작용, 결국 두 Tr은 Push Pull 형식으로 동작한다.

이제까지 설명한 Power / Release firing 회로를 종합하여 보면 전술한바와 같이 Release의 Mechanism 구동회로는 기존 Maker 회로를 탈피 실험실에서 설계한 DC-DC Converter 회로와 Timer 회로를 조합하였다.

연구실에서 제작한 DC-DC Converter의 특성을 실험한 결과 입력 전원 변동에 따른 출력 전압의 결과는 Table 3-3 와 같았다.

**Table 3-3 Relation of Input and Output Voltage of DC-DC Converter (Lab Test)**

전원전압 (X In)	전 류		최 종 출 력 (X Out)	비 고
	무부하 (mA)	부 하 (mA)		
6 V	140	150 ~ 158	85 V	
7 V	110	150 ~ 180	95 V	
8 V	90	190 ~ 220	100 V	
9 V	110	230 ~ 245	100 V	
10 V	190	270 ~ 280	100 V	
11 V	230	300 ~ 320	105 V	
12 V	290	340 ~ 350	108 V	

\* 발진주파수 약 20 KHz

\* Release Trigger 상태

### 3.2.5 Command Circuit

Channel 0-7 까지의 Memory 회로 출력 Pulse 는 각각 0.65 초이며 이 신호는 Command board 에 연결된다. 이중 4 개의 Code 가 fig.3-9. 와 같이 다음 단인  $U_1-U_4$  의 4 input NAND Gate 로 Ship board assigne 에 의하여 식으로 연결이 되었다.

예를들면, fig.3-9. 에서와 같이 Enable 의 Assinge 1367 이라고 하면 1367 은 4 input NAND Gate 에 연결되어 Command 출력을 내보내게 된다.

이 출력은 다시 나뉘어 Release mechanism 과 Transponder detector 로 연결 Transponder 에서 Command 에 대한 확인부호를 재송신하는 것이다.

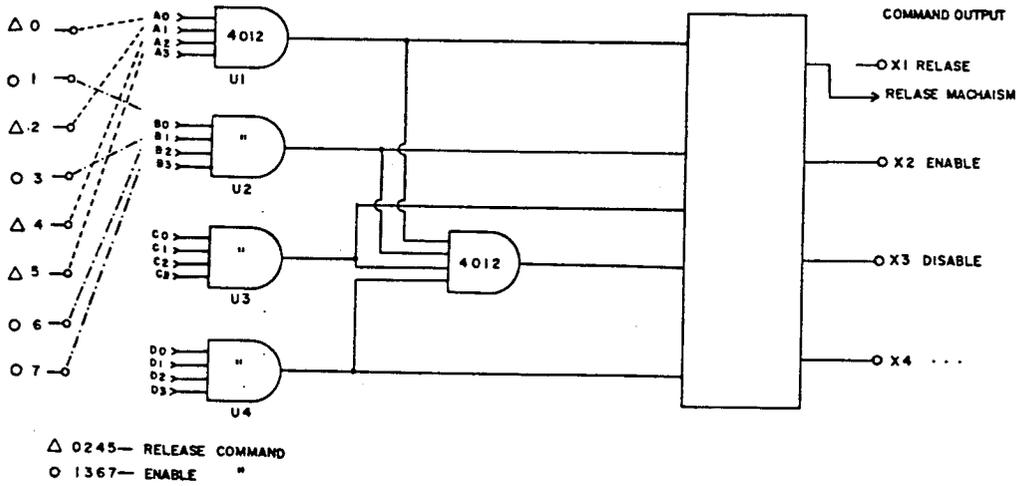


Fig. 3-9 Function of command system

## 결 론

본 연구는 음파를 이용한 해저 관측 장비중 거리, 방향 및 원격제어를 할 수 있는 기초연구를 1 단계 전자회로 설계 및 시험 ('85년) 2 단계는 기계적 부분을 설계 제작후 조합하여 실제 현장에 투여 수중시험 ('86년)을 통한 이론과 실제적인 차이점을 검토 연구 보완하는 것이 주 목적이다.

연구실에서 9KHz 부근에 음파를 이용한 거리, 방향을 감지하여 Release의 기계적인 작동을 할 수 있는 전자회로 설계 및 시험을 하였다.

모든 전자부품은 국산으로 하였으며, 가능한 한 모든 회로를 IC화 하였고 전원 안정화 회로를 별도로 삽입하여 기존 제품의 다단 전원 방식에서 단일 전원방식으로 바꾸었다.

방향 (Slant range) 측정에서 Sensor와 음원의 각도가 75°까지 측정 가능하고 거리의 측정은 4m 이상부터 정확하게 검출된다.

현재는 수백미터내에서 사용이 가능하나 앞으로 현장 실험을 거쳐 심해에서도 사용이 가능하도록 본 장비의 개선 및 개발 연구가 필요하다.

그러나, 아직도 Transducer의 제작은 좀 더 많은 연구가 요구되어 본 실험에서는 Transducer는 구매하여 사용하였다.

앞으로 본 전자회로를 기본으로 기계적인 외부압력 Case를 제작하여 현장에 투여할 예정이며, 이러한 음파를 이용한 해양 전자 기기 개발의 기초가 되기를 기대하는 바이다.

## 참 고 문 헌

=====

- Milne, P.H. 1980. Underwater Navigation Surveys  
Section 3 Underwater Navigation Sys.  
Page 37-86  
Department of Civil Engineering University of  
Strathclyde, Glasgow
- Kelland, N,C 1975. Calibration of an Underwater Acoustic distance  
Measuring Instrument  
Proc, Inst CIV Eng, Part 1, 58 (Aug), 315-33
- Marsh, H.W. 1969. Hand Book of Ocean and Underwater Engineering,  
Section 3 Underwater fields and Instrumentation  
Page 3-1~3-35
- Lagoe, James A 1971. The Subsea Acoustic Communications Environment  
M.T.S 7th. Annual Conference August 1971  
Page 259-264
- Bohman. C.E. 1971. An Experimental Underwater Localizer  
(for Scuba diver)  
M.T.S 7th. Annual Conference August 1971  
Page 329-341
- Bussè, L.J. and J.G. Miller. 1981.  
Detection of Spatially Nonuniform Ultrasonic  
Radiation with Phase Sensitive (Piezoelectric)  
and Phase in Sensitive (Acoustic electric)  
Receivers  
J. Acoust, SOC, AM 70 (5) : 1377-1386

차 일 환. 1976. 음향공학개론

한신문화사 서울

F.E. Frank 1982. PCM. and Digital Transmission System

Gray, D.A.1982. Formulation of the Maximum Signal to Nise  
Ratio Array Processor in Beam space

J.Acoust, SOC, AM (4) : 1195-1201

Mittlemen, J.R and Richard J. Malloy.1971.

Stereo side-Scan sonar Imagery

M.T.S 7th. Annual Conference August 1971

Page 395-442

EG & G Sea-Link,1981. Acoustic Command Release Sys

Model 701, Model 301, Model 702

Instruction Manual 2818 Towerview Rd

Herndon, Virginia 22071

# 附 録



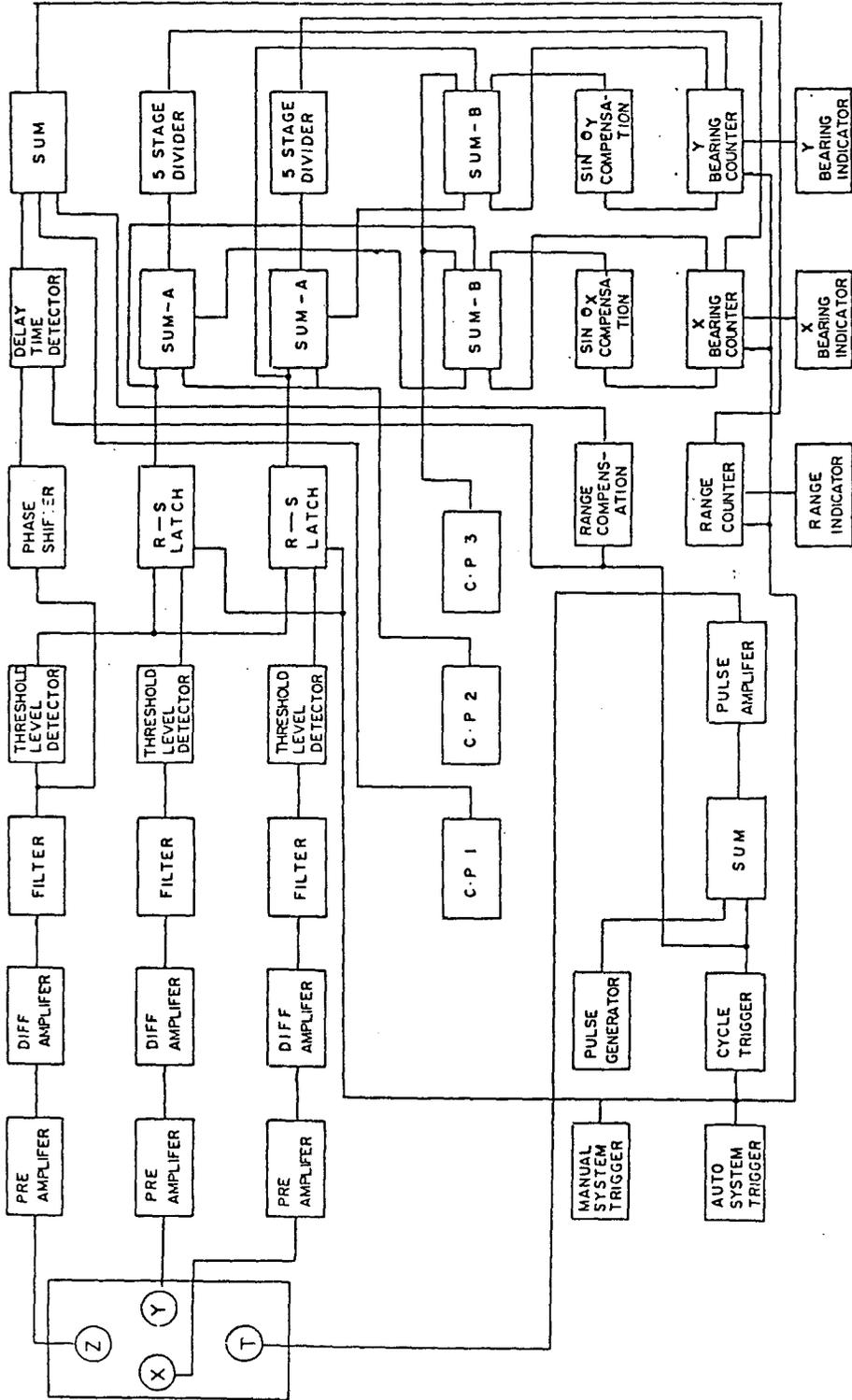


Fig. A-1 Block diagram of Range/Bearing Unit

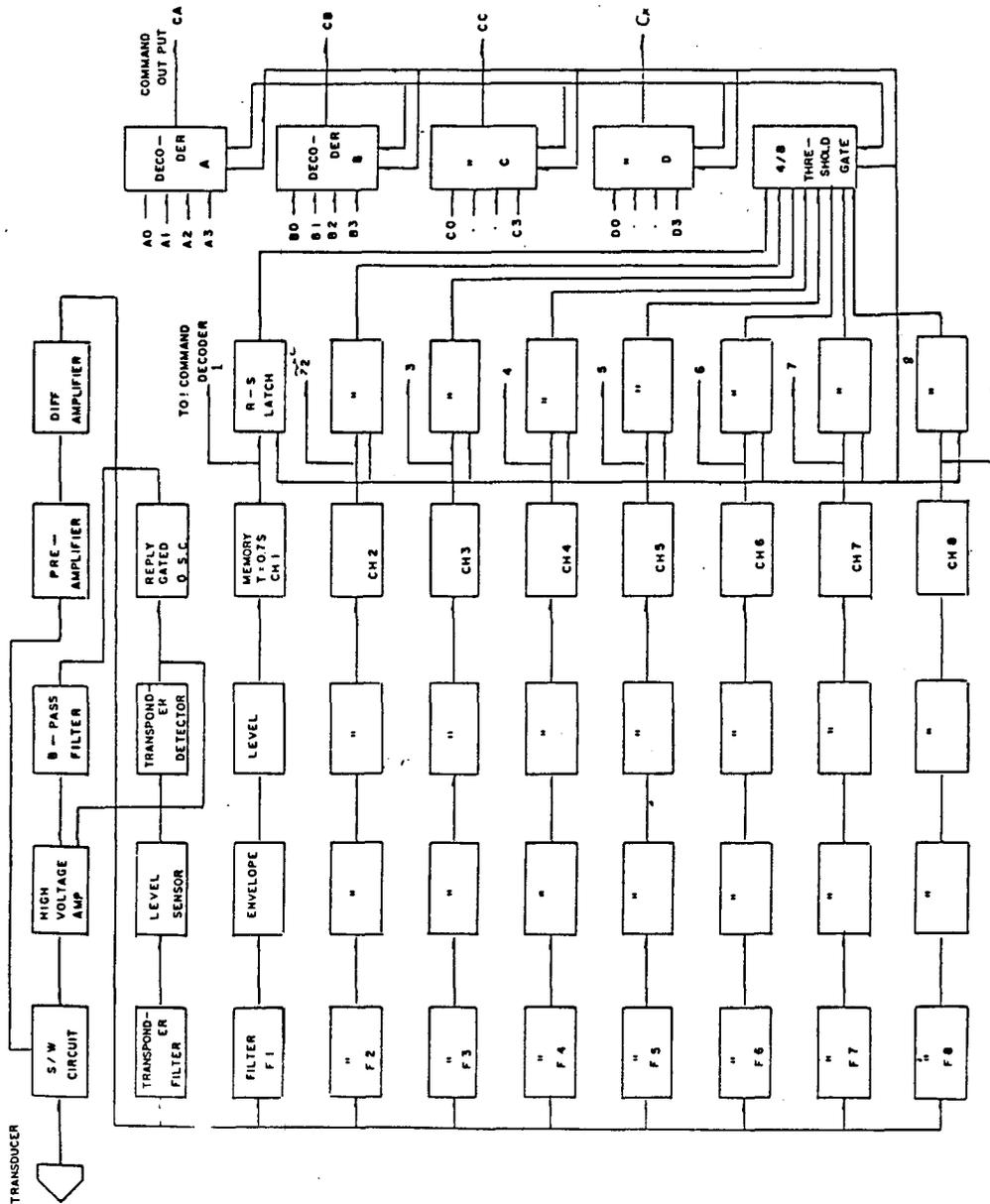


Fig. A-2 Block diagram of Acoustic Release Unit (Underwater Unit)

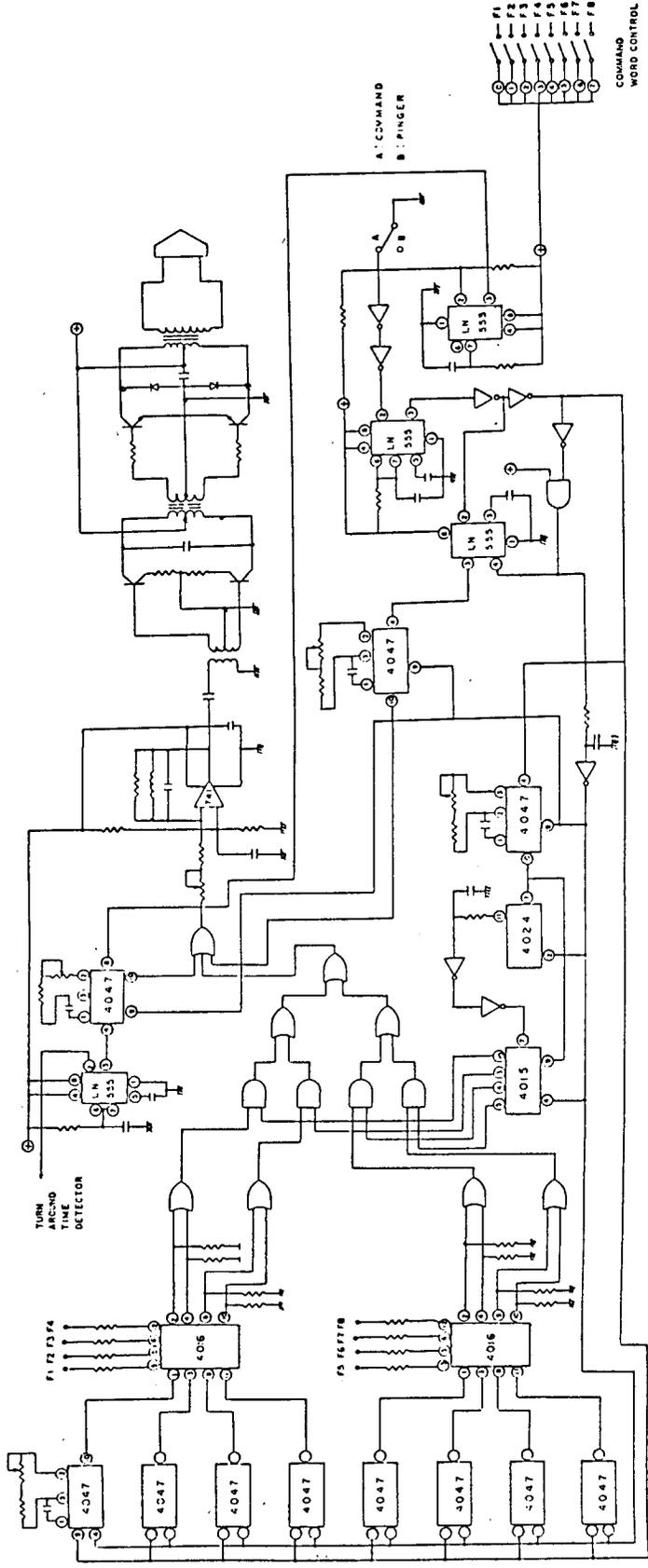
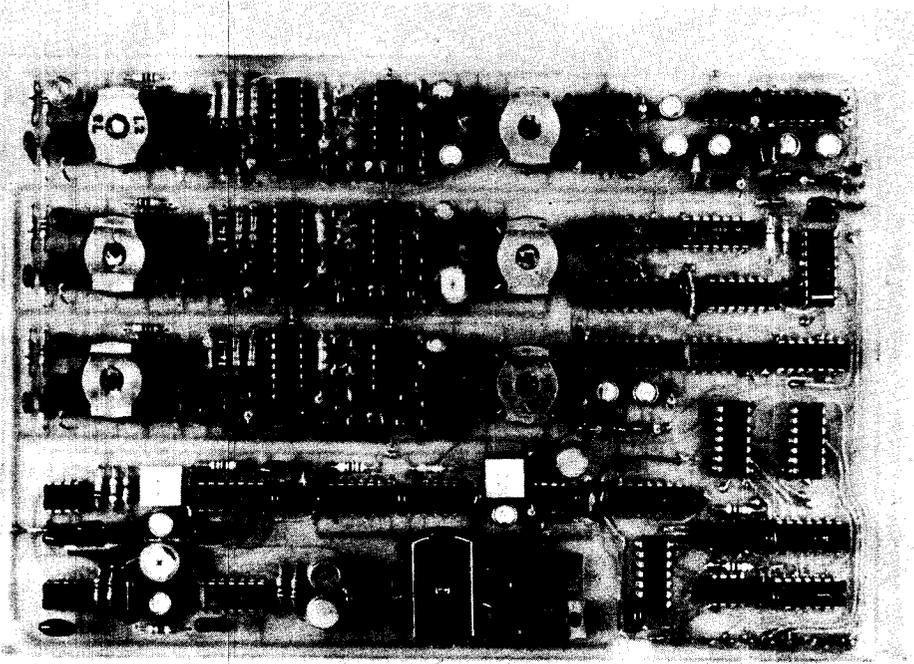
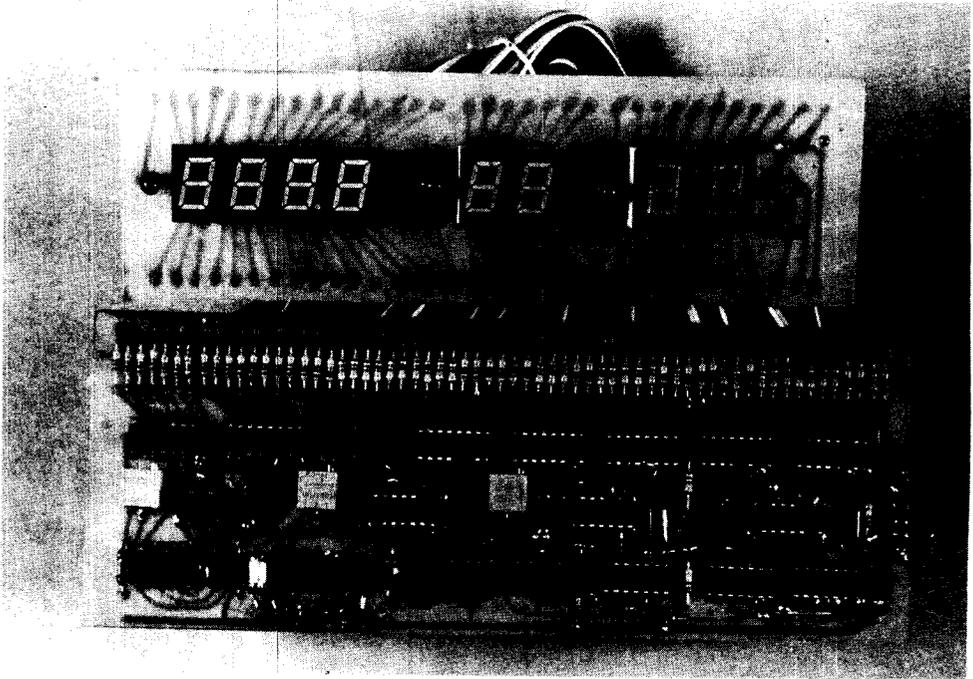


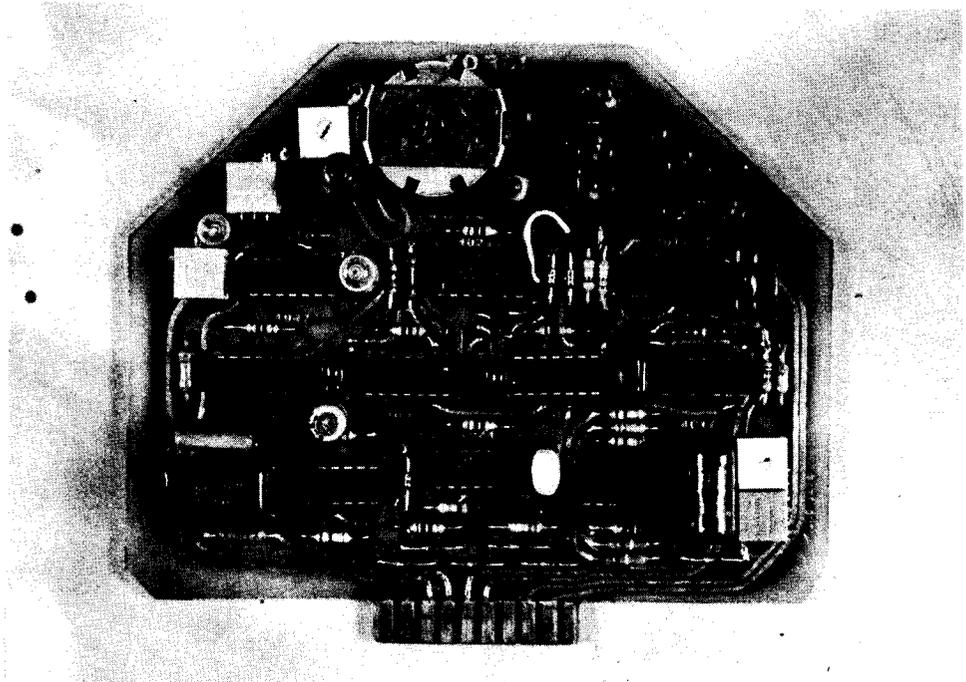
Fig. A-3 Deck Command Control Unit



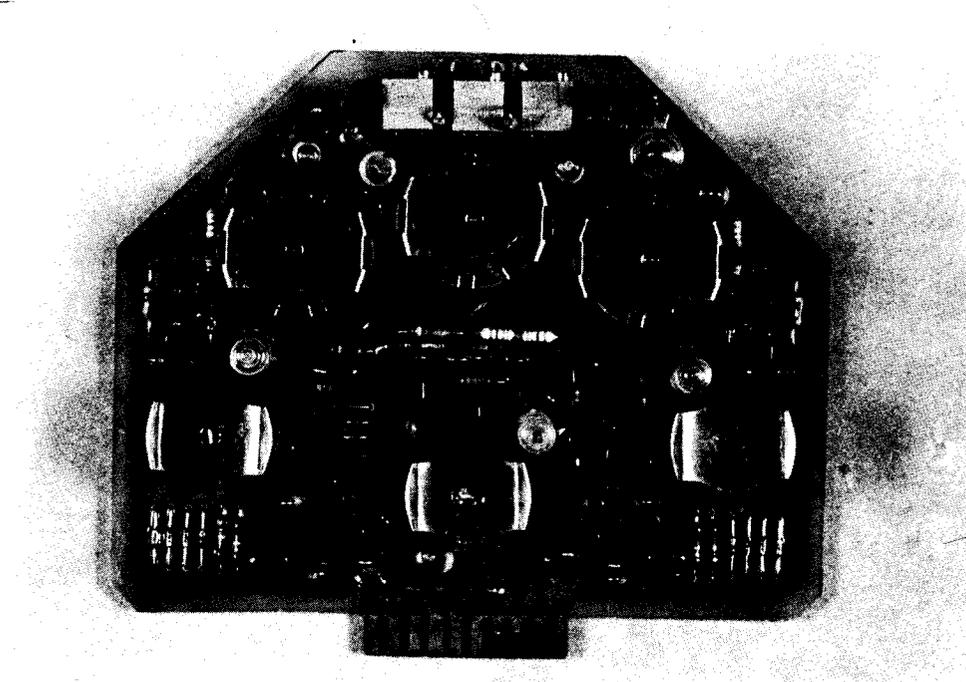
위치 및 거리측정 계산부 기관



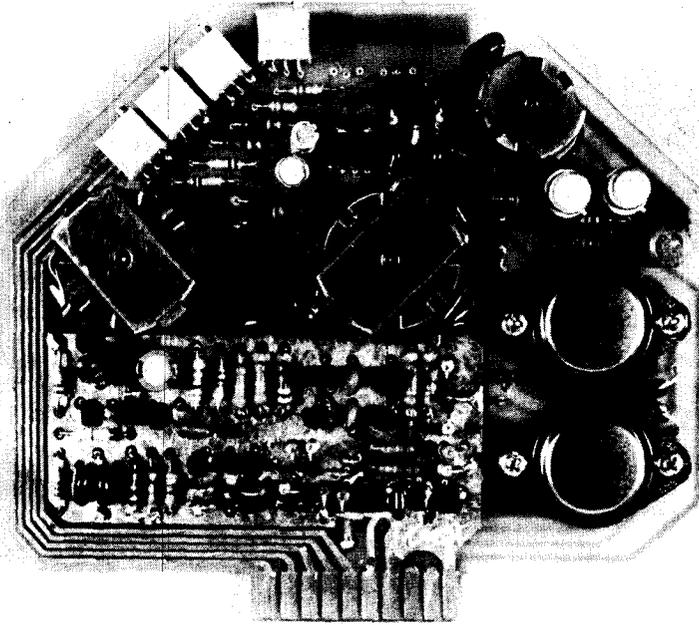
위치 및 거리측정 표시부 기관



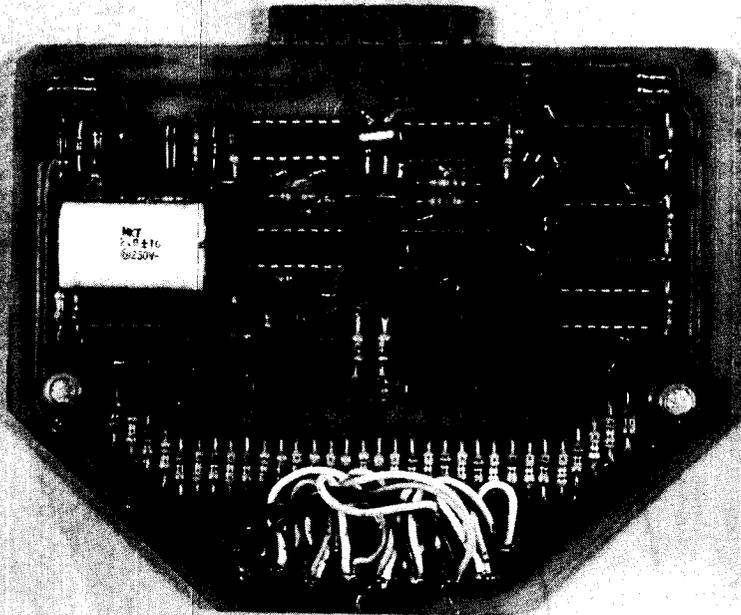
Transponder detector 부 기판



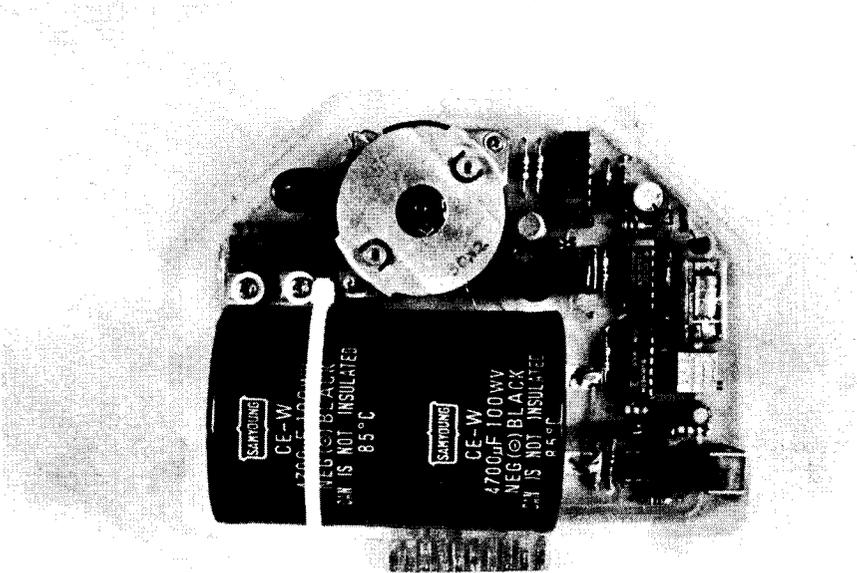
Channel detector 부 기판



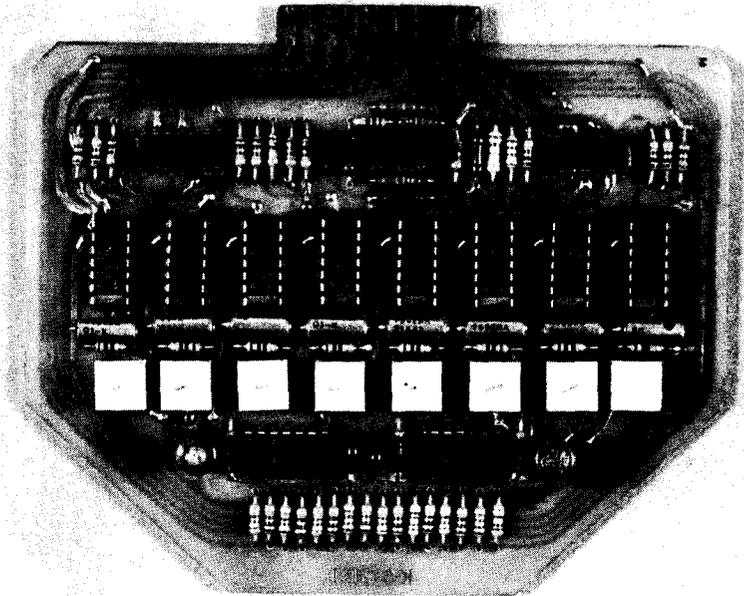
**Pre & Diff amplifier, transmitter amplifier**



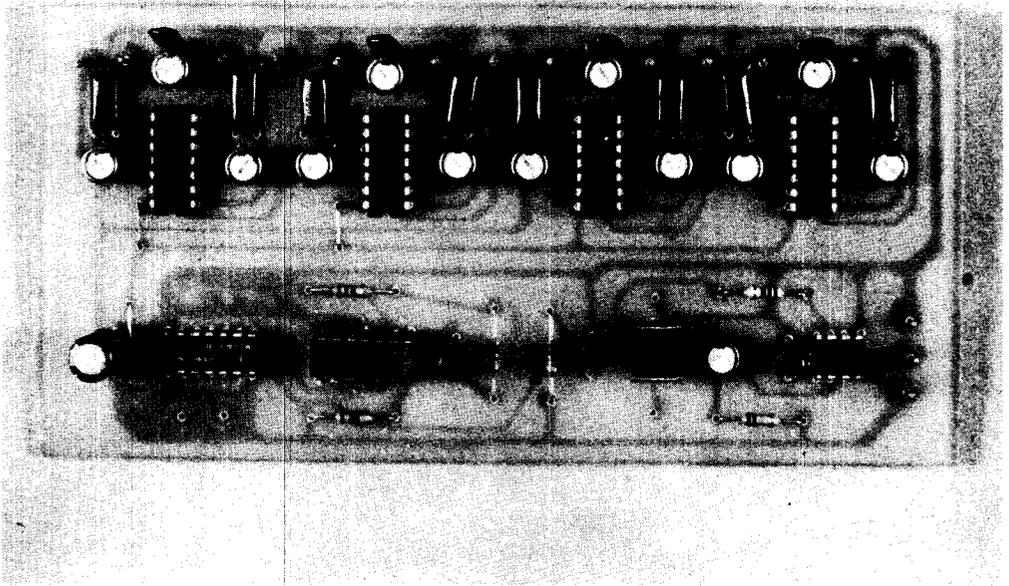
**Command word decoder**



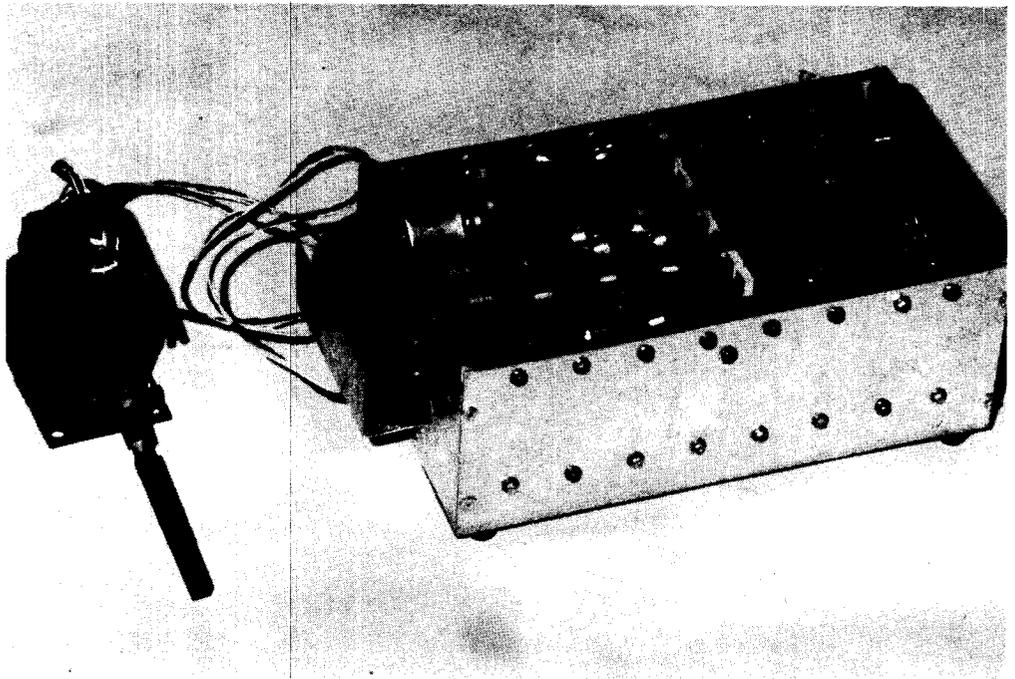
High voltage charge 부 기관



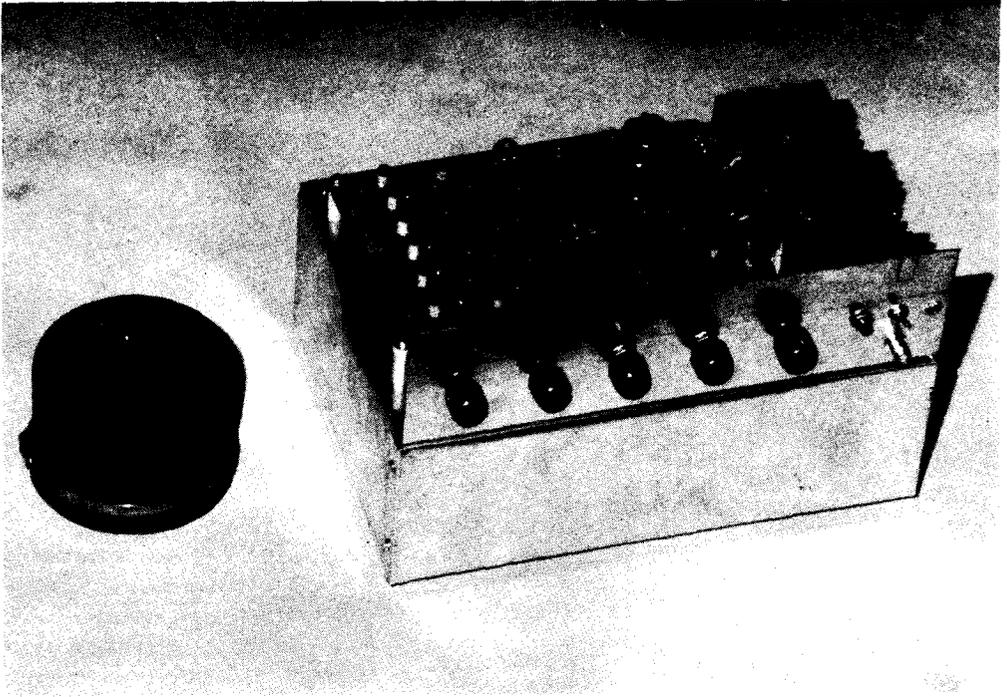
Memory 부 기관



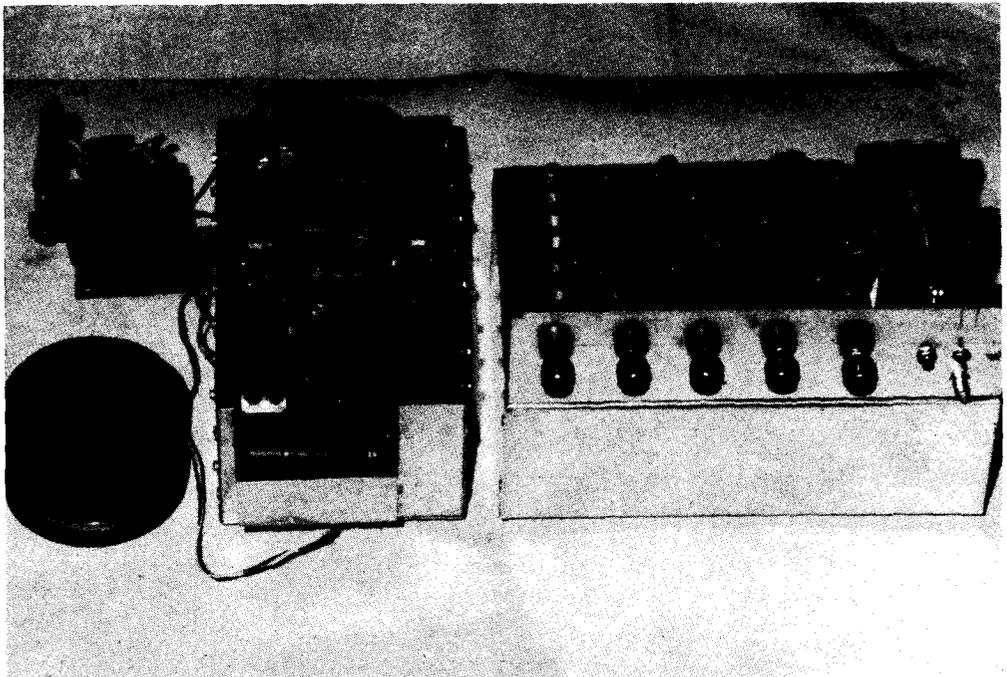
Simulator 부 기판



Under water unit and magnetic SW



**Deck Command control unit and transducer**



**Deck command control unit and under water unit**