KAERI-RR-1459/94

원자로 압력용기 자동초음파 탐상장비 개발

Development of Automatic Ultrasonic testing Equipment for Reactor Pressure Vessel

KAERI

한 국 원 자 력 연 구 소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 '원자로 압력용기 초음파 탐상 장비 개발' 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1994년 6월 일

과제 책임자 ; 장 기 옥

책임 연구원 ; 박 대 영

선임 연구원 ; 박 문 호

" ; 구 길 모

" ; 박 광 희

책임기술기원 ; 강 상 신

" ; 방 회 송

선임기술기원 ; 노 희 충

" ; 공 운 식

감 수 위 원 ; 김 재 희

요 약 문

I. 제 목 : 원자로 압력용기 자동초음파 탐상장비 개발

II. 연구의 목적 및 중요성

원격으로 조종하는 원자로 자동초음파 탐상장비(Mechanized Ultrasonic Testing Equipment)는 원자로 압력용기 용접부의 건선성을 확인하기 위해 ASME Code Section XI에 따라 초음파 및 육안검사를 수행하도록 제작된 장비이다.

이 장비는 1985년 4월에 미국 SwRI(Southwest Research Institute)에서 구입한 이래 최근까지 15회의 가동중검사 및 5회의 가동전검사를 수행하면서 초음파 검사 기술개발 및 기존 장비 보수유지에만 노력을 기울여 왔다. 그러나, 최근에는 장비의 급격한 노후화 및 빈번한 발전소 현장으로의 장비이동으로 잦은 고장이 발생하여 검사의 신뢰성에 상당한 영향을 주고 있으며 10여년 전에 구입한 장비인지라 Spare Parts 확보에도 상당한 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 과제에서는 최근 활발히 연구되고 있는 Computer Control System을 이용하여 ASME Code Section XI에서 요구하는 Nozzle to Shell 용접부위 검사를 만족하도록 3-Axis Control System Hardware를 설계 제작하여 국내 기술을 확보하고 기존 Control System과 호환이 되도록 하여 Spare Part로서 역할과 대체 시스템으로서의 기능을 갖도록 목표를 두고 연구하였다.

III. 연구의 내용 및 범위

본 연구에서 수행한 연구내용은 기존 원자로 자동초음파 탐상장비의 Control System 중에 고장이 잦고 장비 신뢰성이 불투명한 3-Axis Control System의 Hardware를 기존 장비와 호환성이 있도록 설계 제작 국산화하여 기존장비에 대한 Dual System 및 Spare Parts로서의 역할을 수행할 수 있도록 하였다.

V. 연구결과 및 활용에 대한 건의

본 연구 수행으로 기존 장비에 대한 Computer Control System 에 대한 철저한 분석과 3-Axis Control System의 Hardware를 설계 제작하여 현재 원자로 압력용기 Nozzle to Shell 검사 부위에 대한 검사의 신뢰성을 향상시켰을 뿐 아니라, 자동화 제어 시스템에 대한 기술을 확보하므로써 앞으로 이와 유사한 여러 시스템에 종합적으로 응용될 수 있으리라고 전망된다.

SUMMARY

I. Project Title

Development of Automatic Ultrasonic Testing Equipment for Reactor Pressure Vessel

II. Objective and Importance of the Project

The selected weld areas of reactor pressure vessel and adjacent piping are examined by remote mechanized ultrasonic testing(MUT) equipment. Since the MUT equipment was purchased from Southwest Research Institute(SwRI) in April 1985, we have performed 15 inservice inspections and 5 preservice inspections. However, the reliability of examination was recently decreased rapidly as the problems which results from the old age of equipment and the frequent movement to plant site to site have occured frequently. Therefore, the design and development of 3-axis control system hardware in occuring many problems among the equipments of MUT was needed to cover the examination areas of nozzle-shell weld as specified in ASME Code Section XI and to improve the examination reliability. The new 3-axis control system hardware with the performance of this project was developed to be compatible with the old one and it was used as dual system or spare parts of the old system.

III. Scope and Contents of the project

The new 3-axis control system hardware was designed and developed to be compatible with the old one, the developed equipment was used as dual system or spare parts of the old system. Therefore, the technologies of computer control system were established and the examination reliability for nozzle-shell weld of reactor pressure vessel was improved.

IV. Results and Proposal for Applications

Applying the detailed analysis of old equipment, the new 3-axis control system hardware was designed and developed. The examination reliability for nozzle-shell weld of reactor pressure vessel was improved greatly by the use of the developed 3-axis control system hardware. The established technologies from the performance of this control and automation project are expected to be applied to the similar control systems in nuclear power plant.

목 차

요 약 문 (국문) i
Abstract (영문) iii
목 차 v
그림목차 vi
표 목 차 vii
사진목차 vii

제 1 장 서 론 1

제 2 장 본 론 5

제 1절 3-Axis Control System 설계 개발 5

1. PC GPIB 11
2. Interface GPIB 11
3. Main Board 11
4. Digital to Analog 변환기 22
5. Communications 22

제 2절 Mechanized Ultrasonic Test Equipment PaR Control System ... 27

1. 위치 정보 전달 시스템 27
2. 설계 및 제작 27

제 3 장 결론 및 건의사항 28

참고 문헌 29
부 록 30
1. 원자로 자동초음파 신호 수집 및 분석(KDAS) 개발계획 31
2. 3-Axis Control Unit의 Diagnostic 명령문 38

그 림 목 차

그림 1-1. 원자로 자동초음파 탐상장비 구성도 ····· 3

그림 1-2. 원자로 자동초음파 탐상장비 System 구성도 ····· 4

그림 2-1. Nozzle to Shell 용접부 ····· 7

그림 2-2. PaR ISI-2의 구성도 ····· 8

그림 2-3. Computer Control System 구성도 ····· 9

그림 2-4. Computer Control System 설계도면 ····· 12
(3-Axis PaR Control Unit GPIB Board)

그림 2-5. Computer Control System 회로도면 ····· 13
(3-Axis PaR Control Unit GPIB Board)

그림 3-1. Computer Control System의 Main Board 도면 ····· 14
(3-Axis PaR Control Unit Main Board)

그림 3-2. " ····· 15

그림 3-3. " ····· 16

그림 3-4. " ····· 17

그림 3-5. " ····· 18

그림 3-6. " ····· 19

그림 3-7. " ····· 20

그림 3-8. " ····· 21

그림 4. Digital to Analog 변환기의 상세도 ····· 23

그림 5. 엔코다 시스템 ····· 27

표 목 차

표 1. PaR Control Interface Assembly Command String Input Bytes ····· 24
표 2. PaR Control Interface Assembly Position / Status Output String ····· 25

사 진 목 차

사진 1. 원자로 자동초음파 탐상 장비 ····· 6
사진 2. 3-Axis Control Unit Hardware ····· 10

제 1 장 서 론

국내 원자력 발전소는 현재 가동중이거나 건설중인 것이 15여기에 이르며, 계속 건설이 이루어지는 시점에서 볼 때 가동중 검사(Inservice Inspection : ISI) 및 가동전검사(Preservice Inspection : PSI)기간 단축, 검사 데이터의 신속한 처리 및 정확한 결함 분석의 중요성은 날로 증대한다. 이와같이 원자력 발전소의 주요 계통 및 부품에 대한 안전성 확보를 위해 비파괴 검사 장비의 정확한 선택과 검사 기술은 대단히 중요하다. 이러한 관점에서 비파괴 검사 기술 개발 및 장비의 자동화[1]는 검사자의 방사선 피폭량을 감소시켜 신체의 안전을 도모하며, 일관성 있는 검사 데이터를 수집하여 평가시간을 단축시켜 원자력 발전소의 가동율을 향상시킬 수 있다.

이와 같이 자동화된 초음파 검사 장비는 미국, 프랑스, 일본, 독일등 원자력 산업의 선진국가 등에서 오래 전부터 원자로 압력용기 자동화 장비 연구 개발에 착수하여 현재는 최첨단 전자 장비와 컴퓨터 등을 이용한 장비로 검사를 수행할 뿐 아니라 수집된 데이터도 신속 정확하게 분석하여 발전소 안전성에 크게 기여하고 있다. 이와 같이 고도의 기술과 검사 기간 단축을 요구하는 원자로 압력용기 초음파자동 검사 장비는 그림 1-1과 같이 1985년 4월 미국 Southwest Research Institute(SwRI)에서 장비를 구입한 이래 15회의 가동중검사 및 5회의 가동전검사를 수행하면서 초음파 검사기술 개발 및 기존 장비 보수유지에만 많은 노력을 기울여 왔으나, 최근에는 장비의 급격한 노후화 및 빈번한 발전소 현장으로의 장비 이동으로 고장이 잦아 장비 가동율 저하 및 검사의 신뢰성에 의문을 제기하고 있다. 따라서, 새로운 장비전체를 구입하여 기존 장비 교체를 추진하려고 하였으나 장비가 고가인지라 재원 확보가 어려워 장비 국내개발을 추진함과 동시에 기존 장비 개선 및 Upgrade에 촛점을 맞추어 추진중이다.

먼저 그림 1-2의 원자로 자동초음파 장비 System 구성도에서 보는 바와 같이 기존 원자로 자동초음파장비 중에서 고장이 잦고 보수 유지가 곤란한 주요한 Control System 및 데이터 수집 분석(Data Aquisition and Analysis) System 부터 점차적으로 국내 기술로 설계 제작하여 노후화된 기존 장비를 국산화 시스템으로 교체해 나가면

서 국내 장비 개발 기술 확보 및 장비 가동율을 향상시키고자 한다. 따라서 위에서 언급한 바와 같이 기존 장비의 보수유지가 곤란한 주요한 두개의 시스템 중 데이터 수집 분석 장치는 KDAS(KAERI Data Acquisition System)라고 불리우는 시스템으로 연구소 제어계통 분야에서 설계 개발중이며 개발 계획 및 내용은 부록 1에 상세하게 수록되어 있다. 한편, 이 보고서에서는 원자로 압력용기 Nozzle to Shell 용접부 검사에 사용되는 3-Axis Control System Hardware 설계 제작기술[2-4]을 중심으로 1차년도에 수행한 결과를 기술하였으며, 2차년도에는 3-Axis Control System에 대한 Software를 개발하여 완전 국산화를 이룩함과 동시에 기존 장비를 새 장비로 교체하고자 한다. 이와같이 국산화가 가능한 각종 장비 및 부분품으로 부터 점차적으로 개발 제작[5-6]하여 외국에 대한 기술의 존도를 줄이고 국내 기존 장비 개선 및 장비 개발 기술 확보[7-10]로 국내 원자력 발전소는 국내 기술로 그 안전성과 건전성을 확보해야 할 것이다.

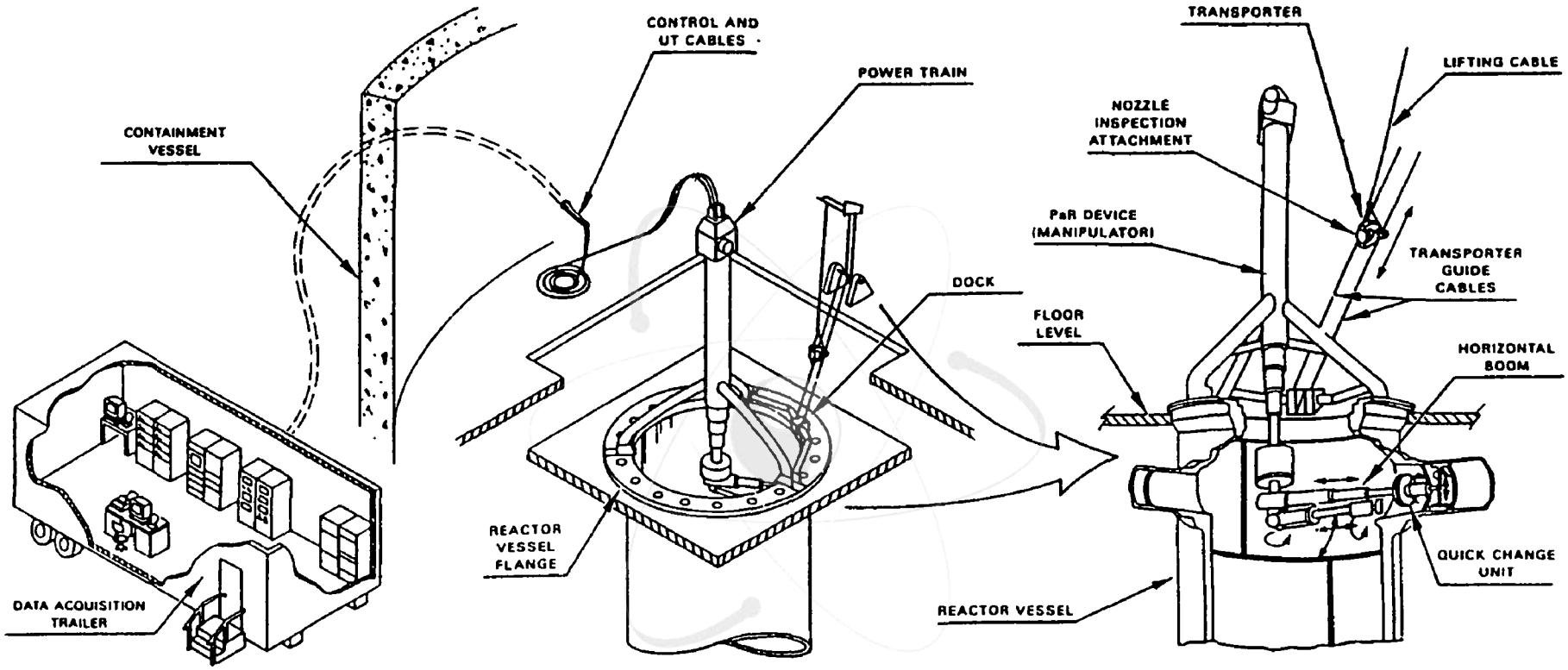


그림 1-1. 원자로 자동초음파 탐상장비 구성도

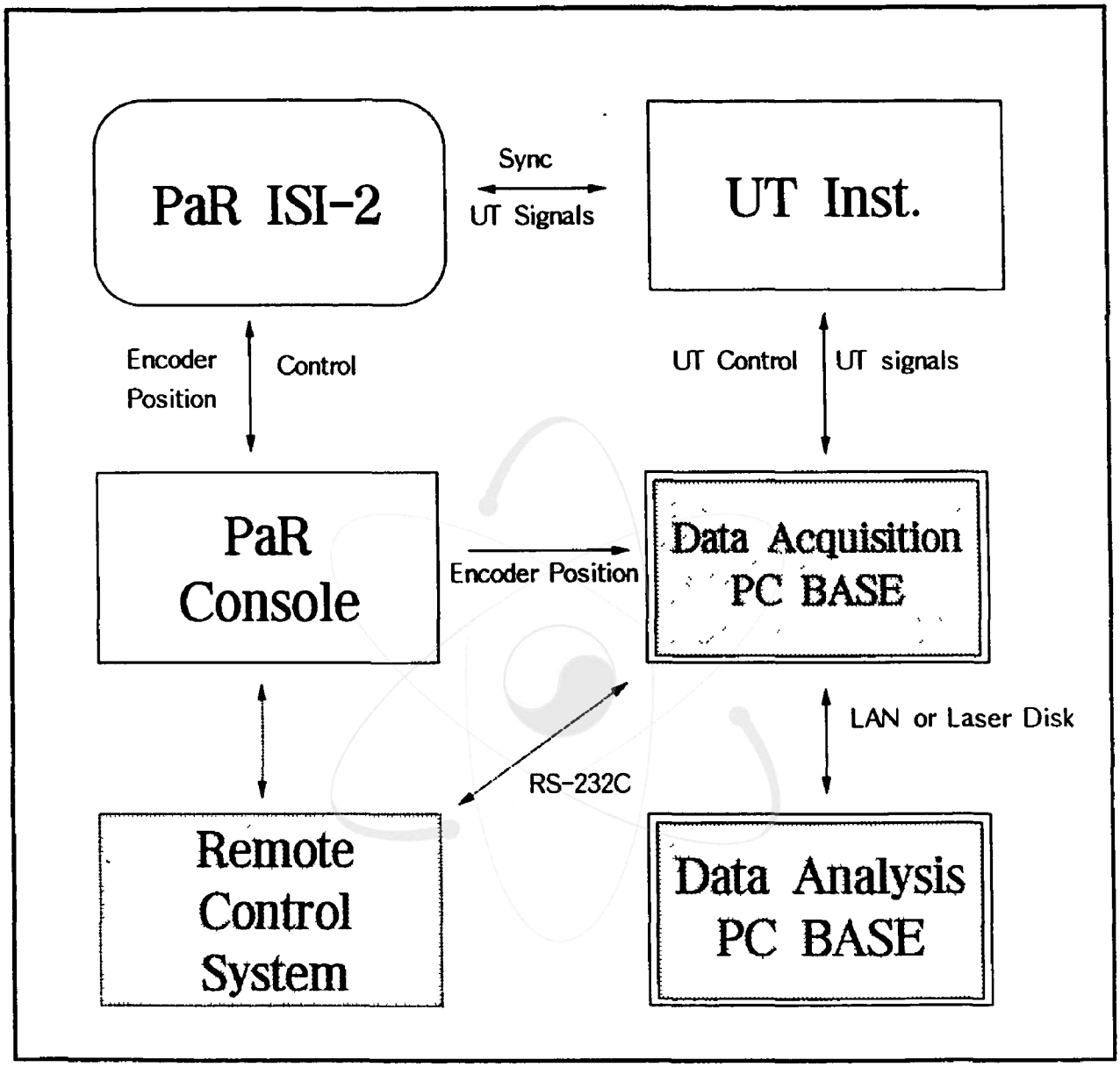


그림 1-2. 원자로 자동초음파 탐상장비 system 구성도

제 2 장 본 론

제 1 절 3-Axis Control System 설계 개발

CCS (Computer Control System)는 사진 1과 같이 기계 구동장치인 PaR ISI-2 장비를 PC를 이용하여 미국 ASME(American Society of Mechanical Engineers) Code Section XI이 요구하는 용접부위를 검사 수행할 수 있도록 PaR ISI-2 장비의 구동축을 원격 제어한다. 이 CCS는 그림 2-1과 같이 원자로 검사 부위인 Nozzle to Shell 용접부 중심선을 따라 그림 2-2와 같은 PaR ISI-2장비 Hoist와 Boom Rotate의 방향과 속도를 제어하면서 초음파 입사신호를 용접부에 수직 및 중심선 방향으로 Head Rotator방향 위치를 제어한다. 3-Axis Control Unit은 CCS의 동작 원리로서 구성도인 그림 2-3와 같이, PC, PC GPIB, Interface GPIB, Main Board, Power Supply 및 Digital to Analog (D/A) 변환기로 구성되었다.

CCS는 GPIB를 통하여 제어 명령을 구동단에 전송하고 구동단의 상태와 위치 정보를 수신한다. 또한 Hiost 및 Boom Rotate의 속도 정보 출력 전압은 Digital to Analog 변환기를 통해 구동단의 속도 명령으로 출력시킨다. 사진 2는 이번에 제작한 3-Axis Control Unit Hardware를 나타낸 것이다.

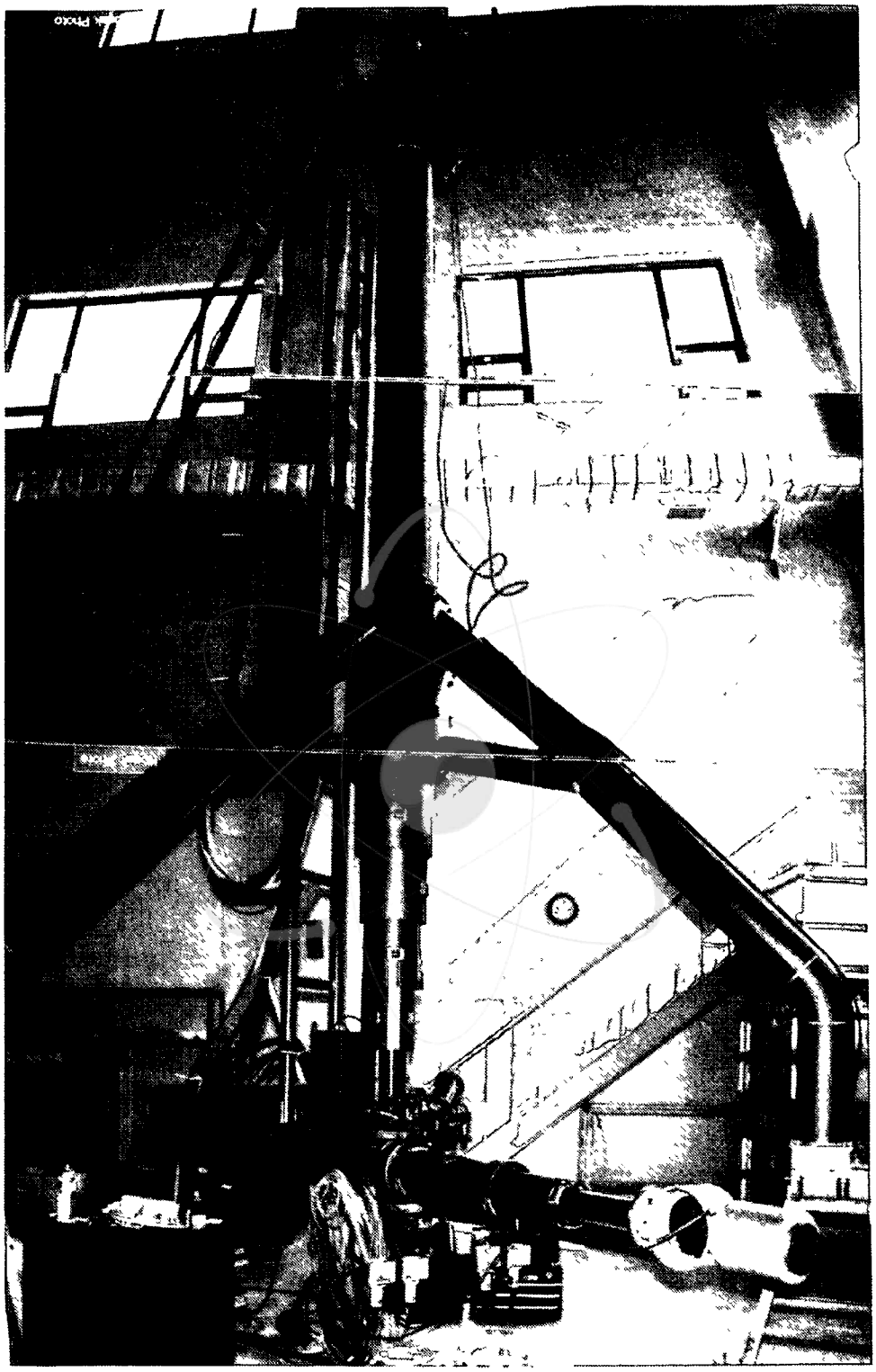
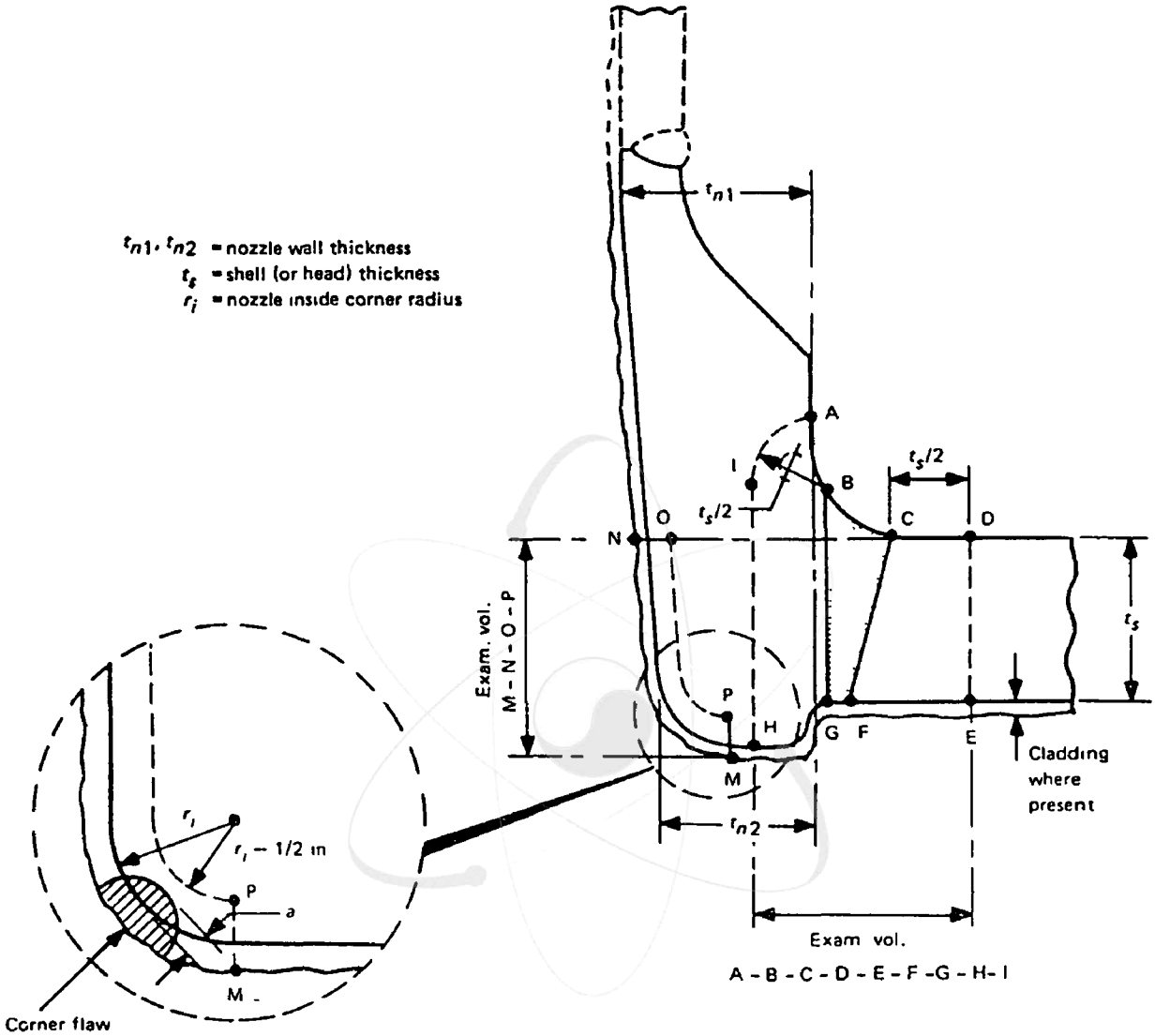


사진 1. 원자로 자동초음파 탐상장비



EXAMINATION REGION (Note (1))	EXAMINATION VOLUME (Note (2))
Shell (or head) adjoining region	C-D-E-F
Attachment weld region	B-C-F-G
Nozzle cylinder region	A-B-G H I
Nozzle inside corner region	M-N-O-P

NOTES.

(1) Examination regions are identified for the purpose of differentiating the acceptance standards in IWB 3512

(2) Examination volumes may be determined either by direct measurements on the component or by measurements based on design drawings

FIG. IWB-2500-7(a) NOZZLE IN SHELL OR HEAD
(Examination Zones in Barrel Type Nozzles Joined by Full Penetration Corner Welds)

그림 2-1. Nozzle to Shell 용접부

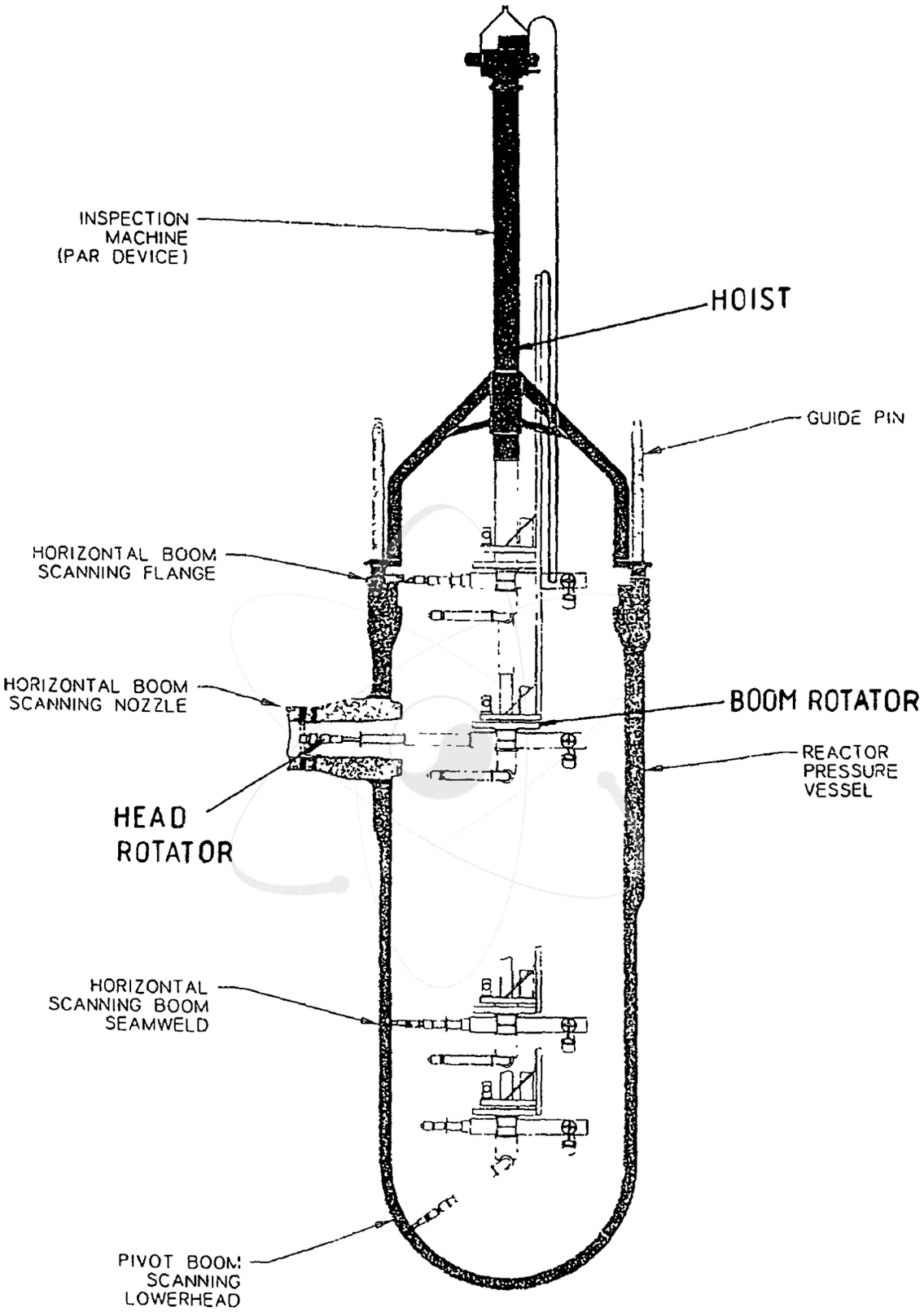


그림 2-2. PaR ISI-2 의 구성도

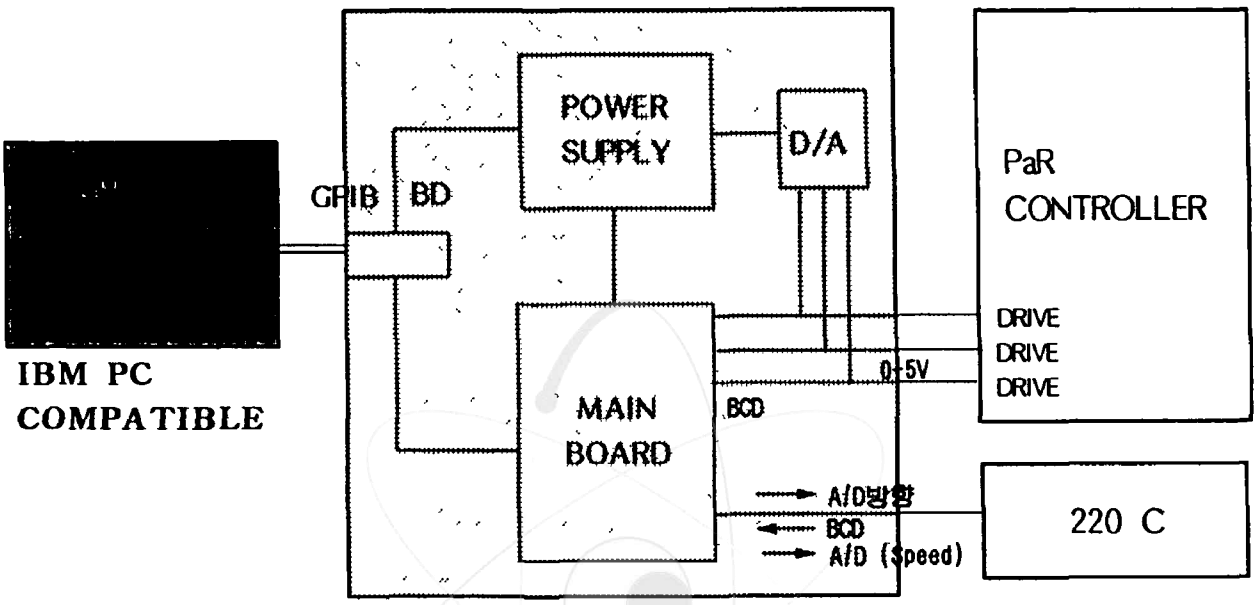


그림 2-3. Computer Control System 구성도

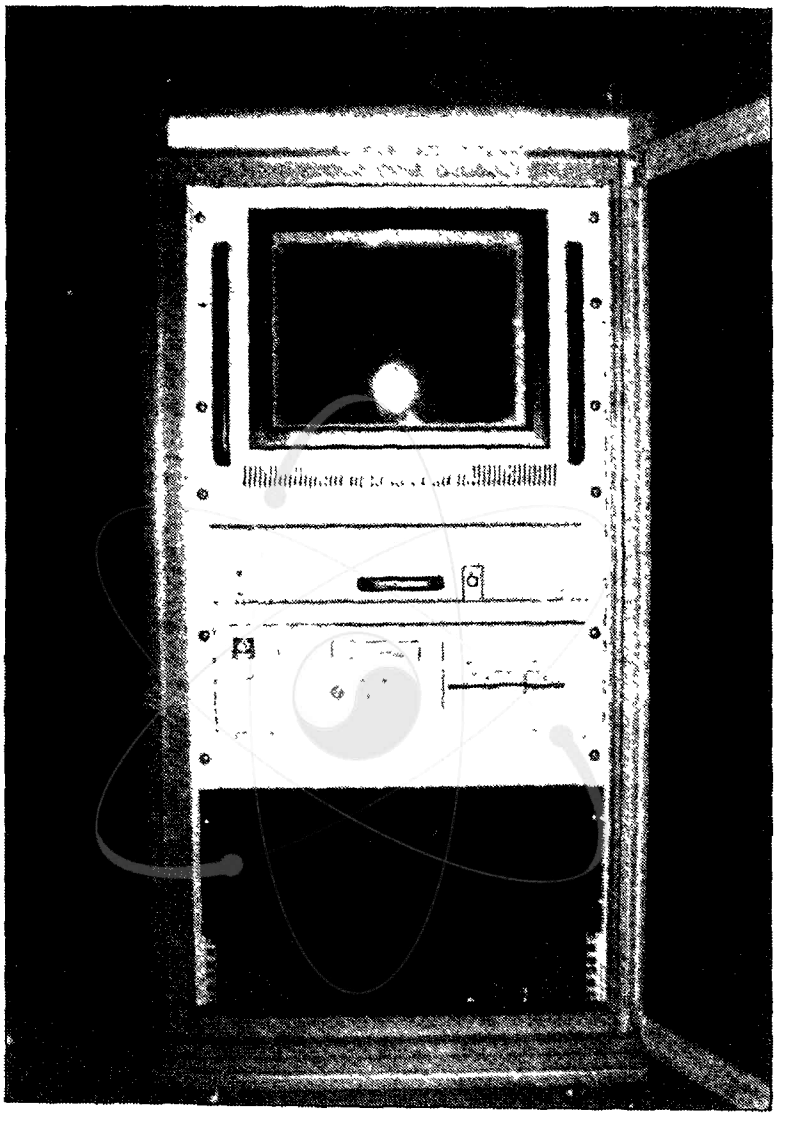


사진 2. 3-Axis Control Unit Hardware

1. PC GPIB

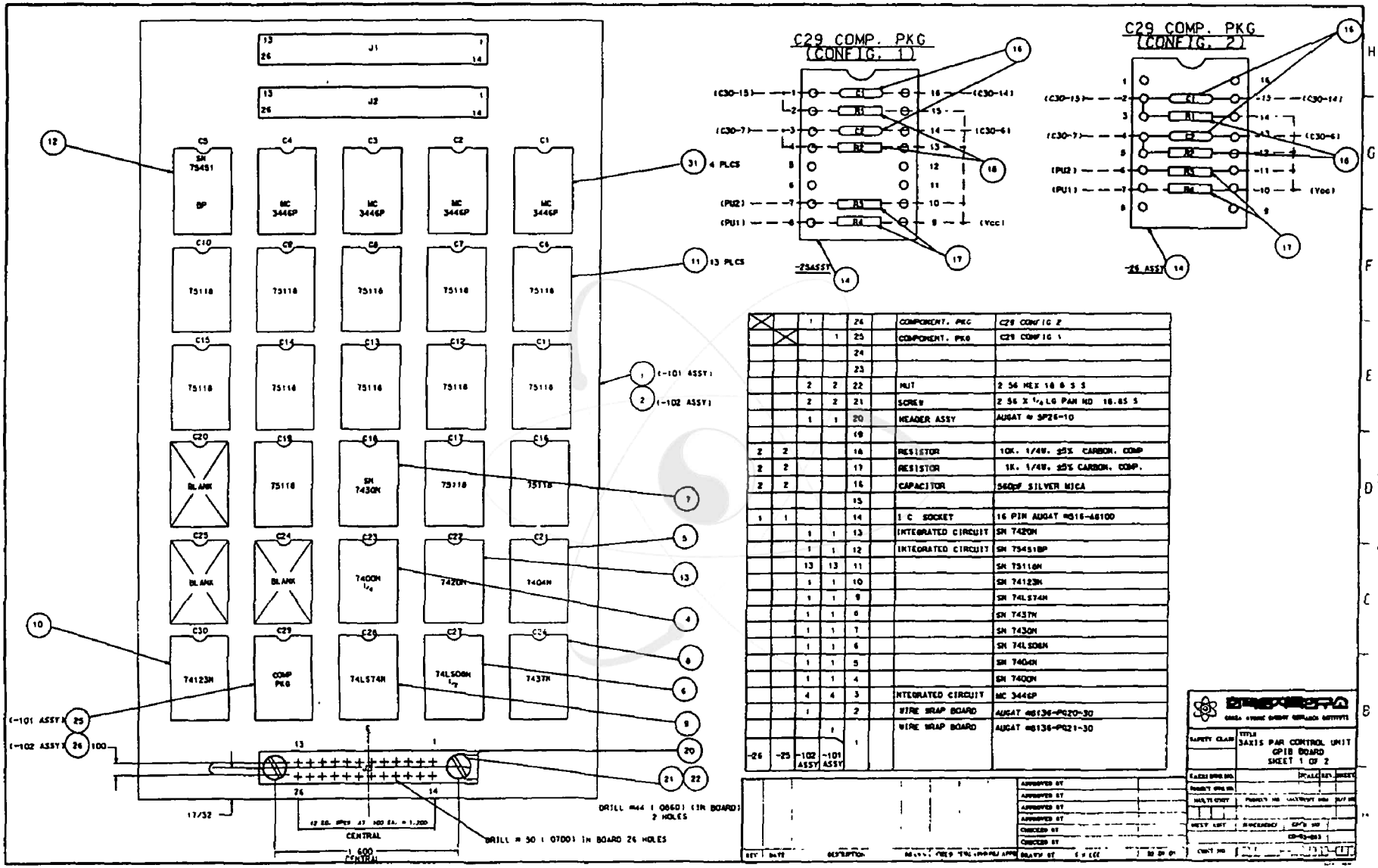
PC의 제어 명령은 PC GPIB를 통해서 Main Interface Board에 전달되며 여기에서 사용된 PC GPIB는 National Instrument IEEE-488 이다.

2. Interface GPIB

PC와 Main Board를 연결하기 위하여 Interface GPIB Board를 설계 제작하였으며 관련 설계 도면은 그림 2-4 와 2-5 이다.

3. Main Board

CCS는 많은 회로를 구성하고 있는 중앙부분으로써 각각의 구동단을 제어하기 위해서 위치 정보가 BCD로 입력되며 CCS에서의 Scan Path에 따라 다음의 위치로 이동할 수 있게 구동단을 제어한다. 구동단의 제어는 D/A 변환기를 통하여 0~127의 레벨 값이 DV(직류전압) 0~10V로 변환되어 구동단의 속도제어단에 전달되며 전체 회로도는 그림 3-1 부터 3-8까지 나타내었다.



		1		26		COMPONENT. PKG	C29 CONFIG 2
			1	25		COMPONENT. PKG	C29 CONFIG 1
				24			
				23			
		2	2	22		NUT	2 56 HEX 18 8 S S
		2	2	21		SCREW	2 56 X 1/4 LG PAN HD 18.8S S
		1	1	20		HEADER ASSY	AUGAT # SP26-10
				19			
2	2			18		RESISTOR	10K. 1/4W. ±5% CARBON. COMP
2	2			17		RESISTOR	1K. 1/4W. ±5% CARBON. COMP.
2	2			16		CAPACITOR	560pF SILVER MICA
				15			
1	1			14		I C SOCKET	16 PIN AUGAT #816-AB100
		1	1	13		INTEGRATED CIRCUIT	SN 7420N
		1	1	12		INTEGRATED CIRCUIT	SN 75451BP
		13	13	11			SN 75116N
		1	1	10			SN 74123N
		1	1	9			SN 74LS74N
		1	1	8			SN 7437N
		1	1	7			SN 7430N
		1	1	6			SN 74LS08N
		1	1	5			SN 7404N
		1	1	4			SN 7400N
		4	4	3		INTEGRATED CIRCUIT	MC 3446P
		1		2		WIRE WRAP BOARD	AUGAT #8136-PG20-30
			1	1		WIRE WRAP BOARD	AUGAT #8136-PG21-30
-26	-25	-102 ASSY	-101 ASSY				

그림 2-4. Computer Control System 설계도면

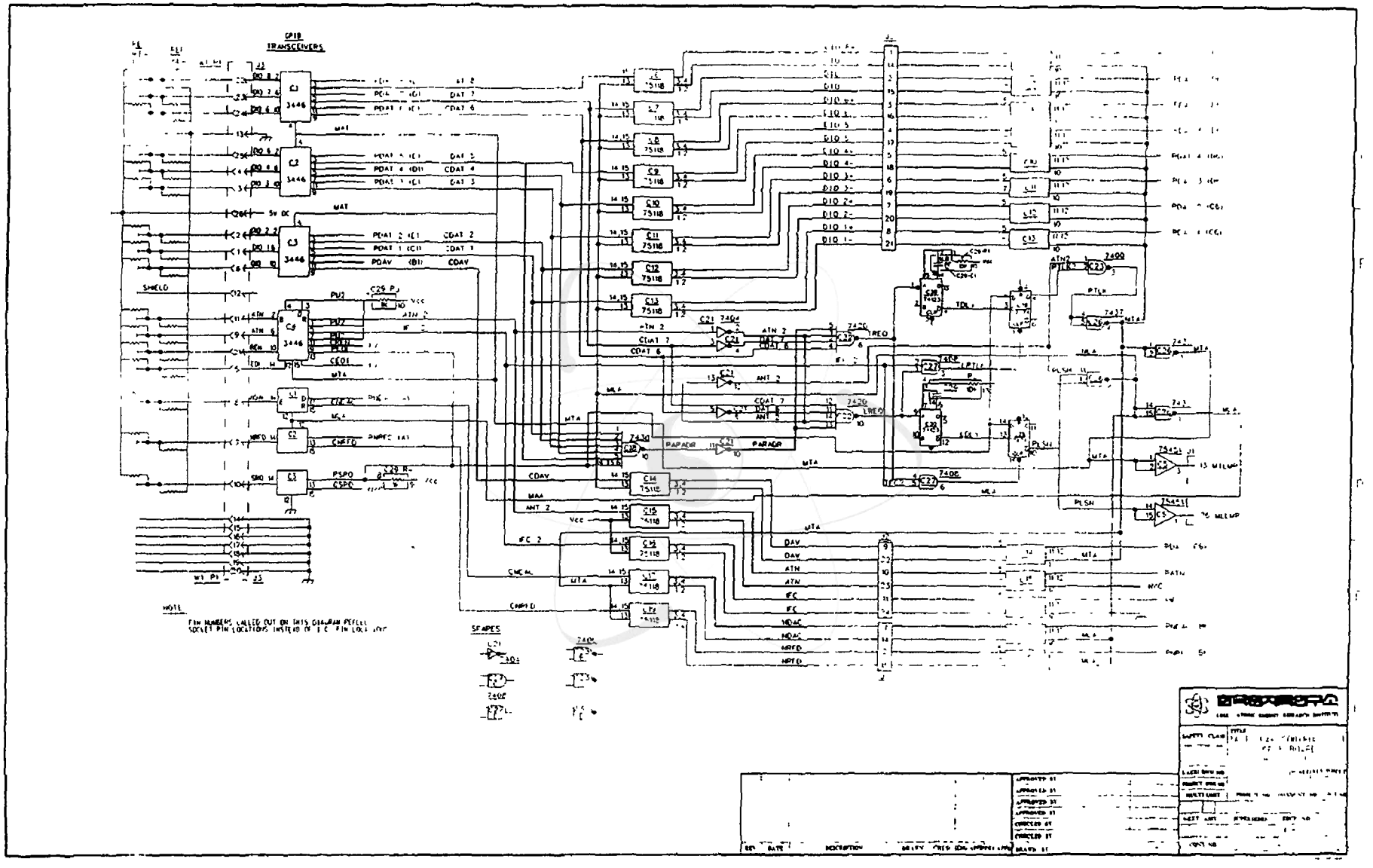


그림 2-5. Computer Control System 회로도면

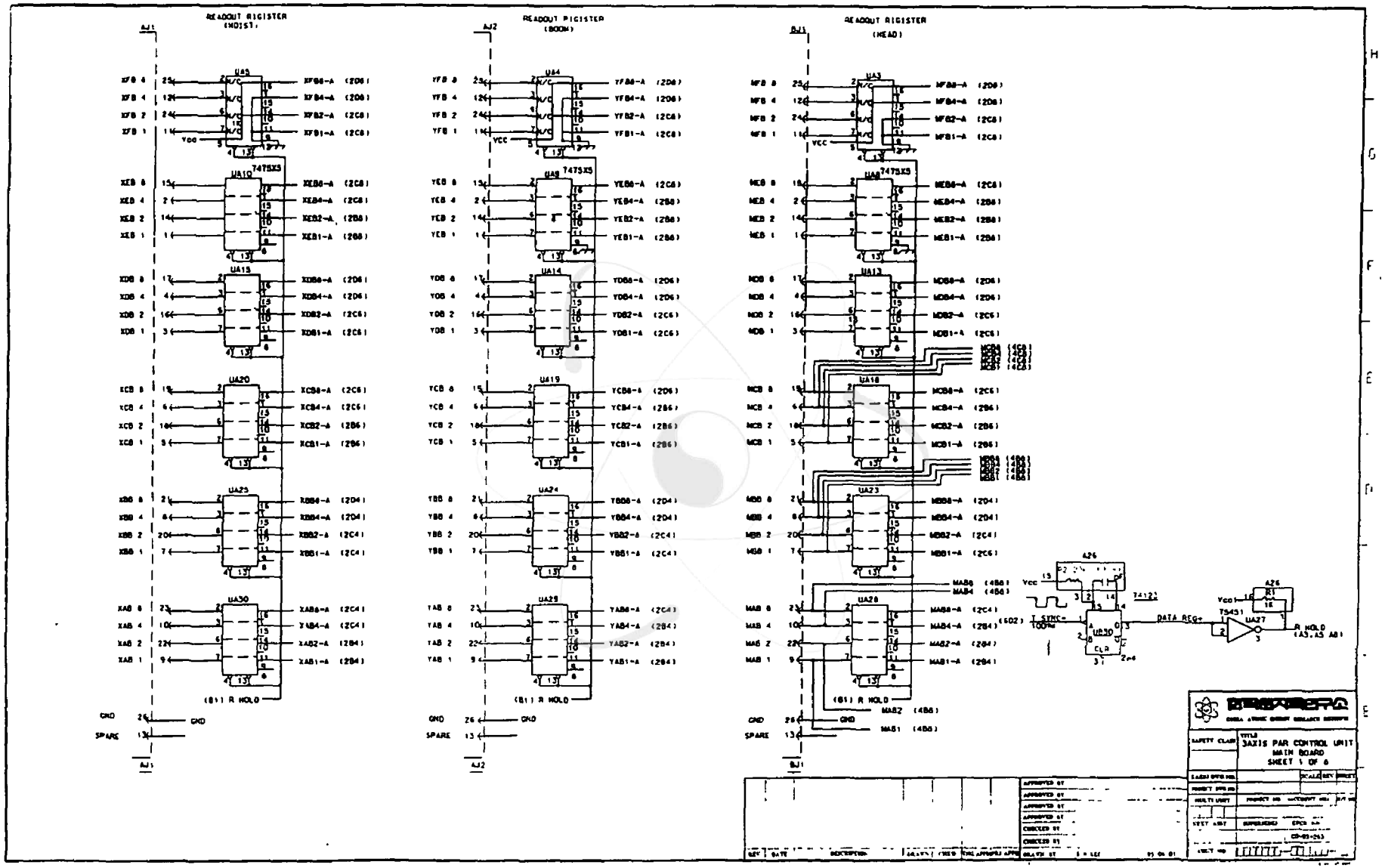


그림 3-1. Computer Control System의 Main Board 도면

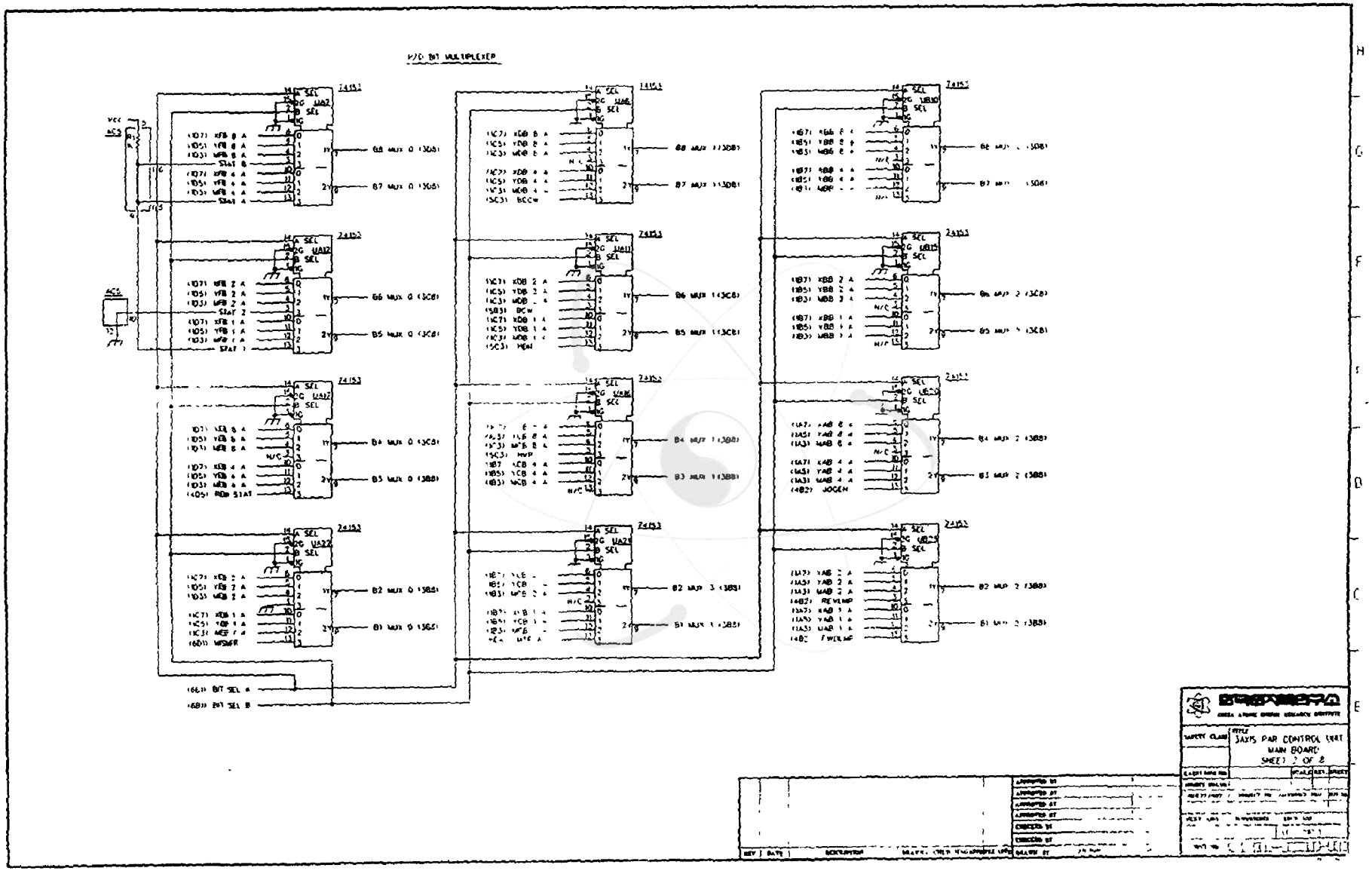


그림 3-2. Computer Control System의 Main Board 도면

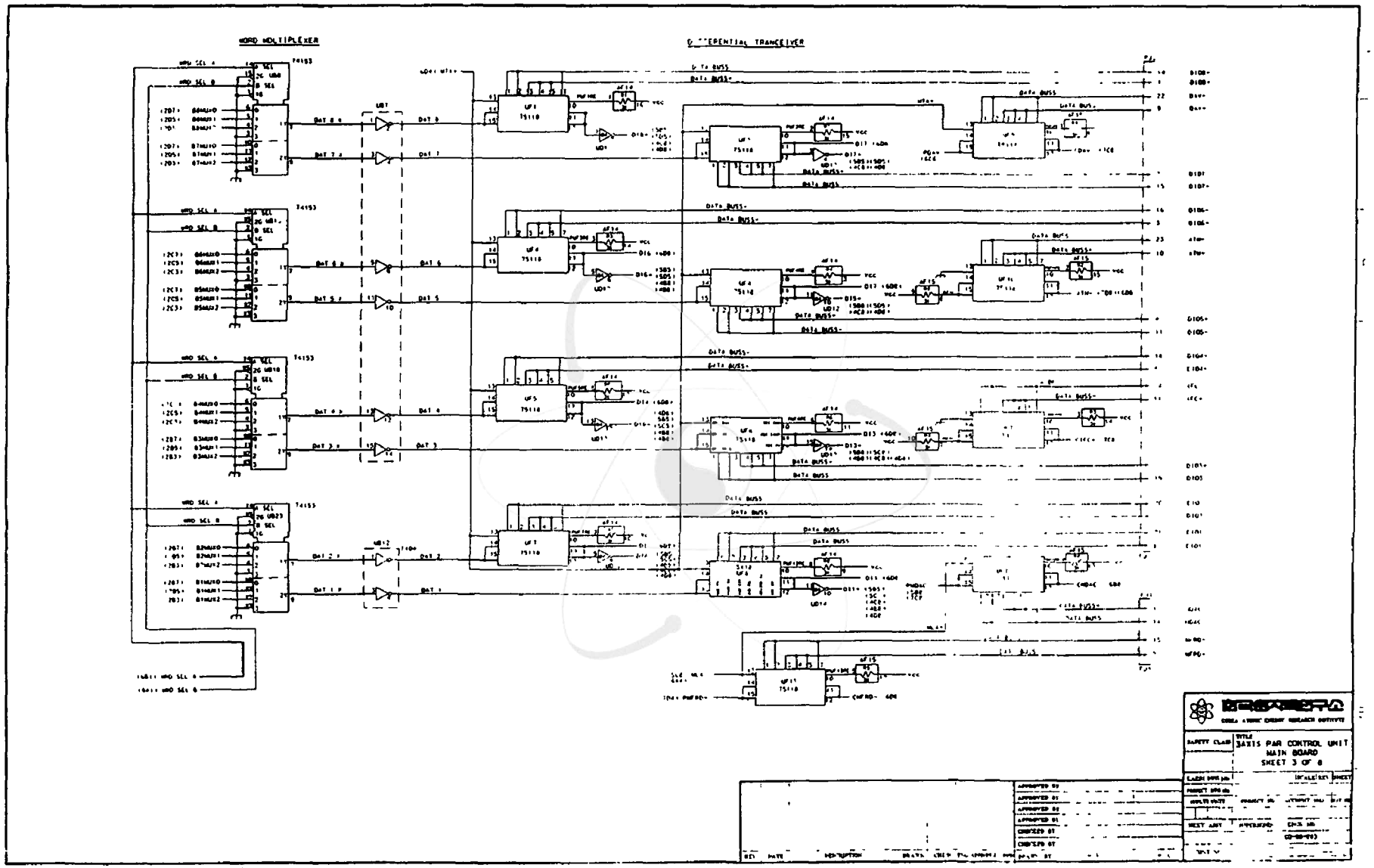


그림 3-3. Computer Control System의 Main Board 도면

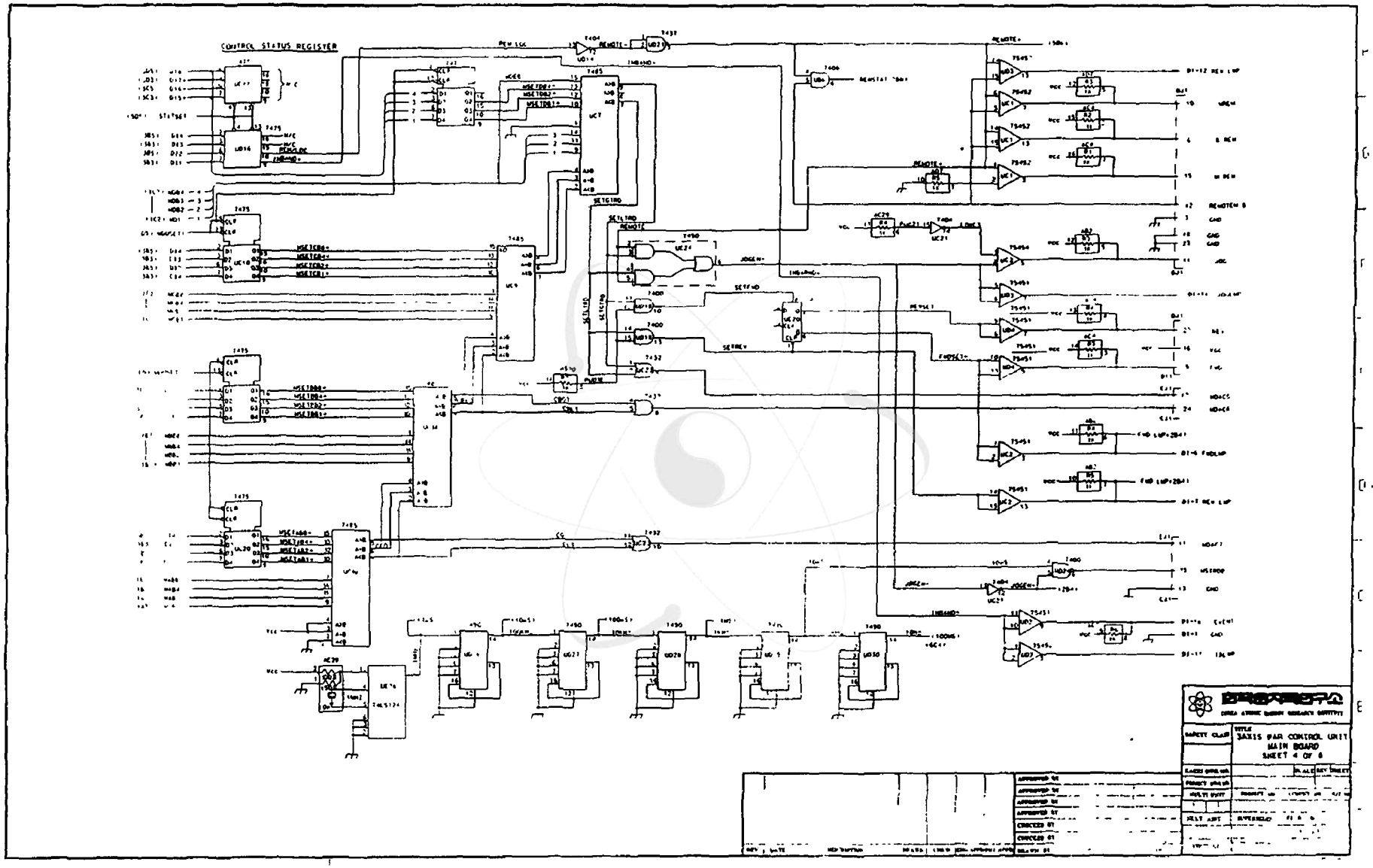


그림 3-4. Computer Control System의 Main Board 도면

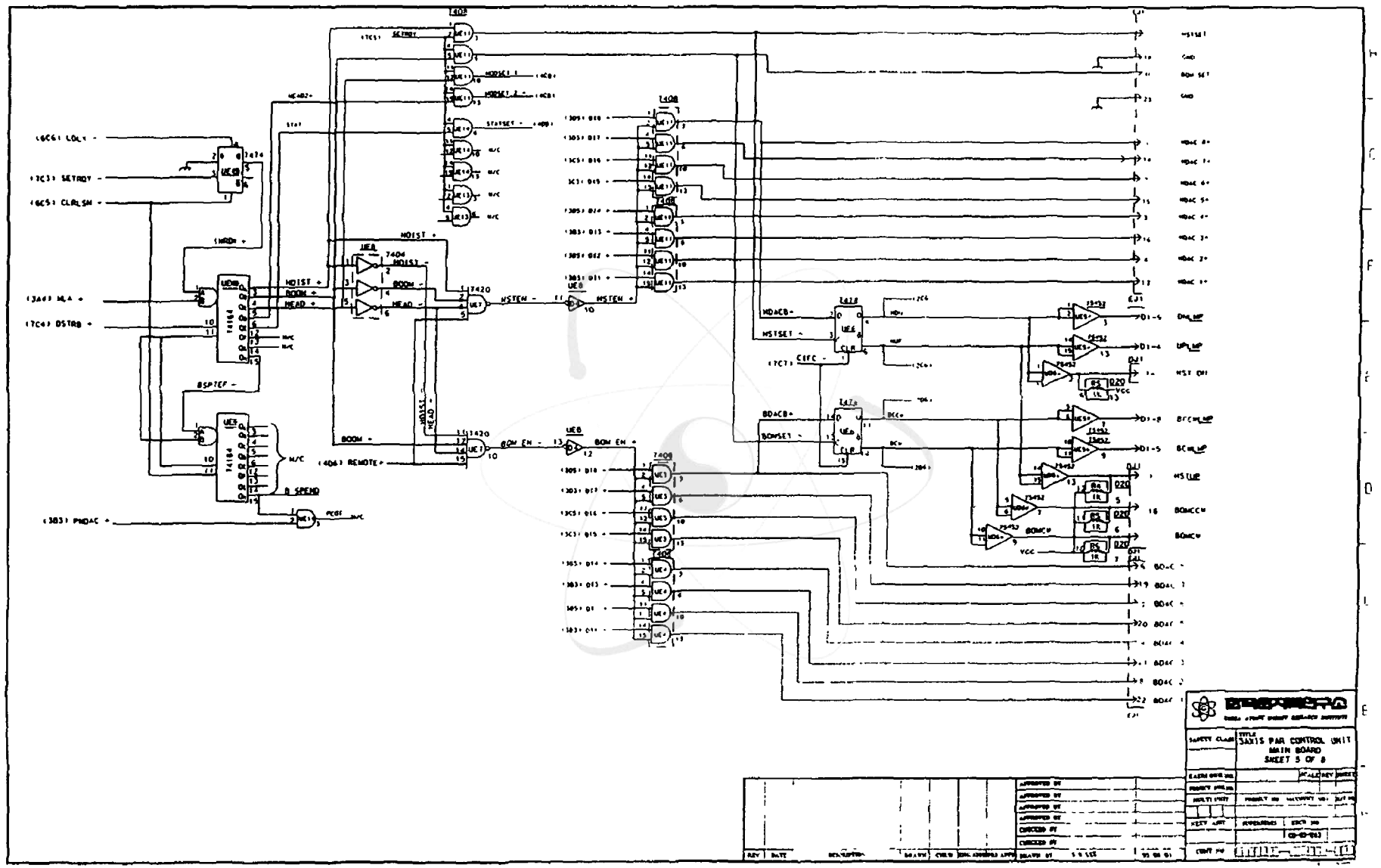


그림 3-5. Computer Control System의 Main Board 도면

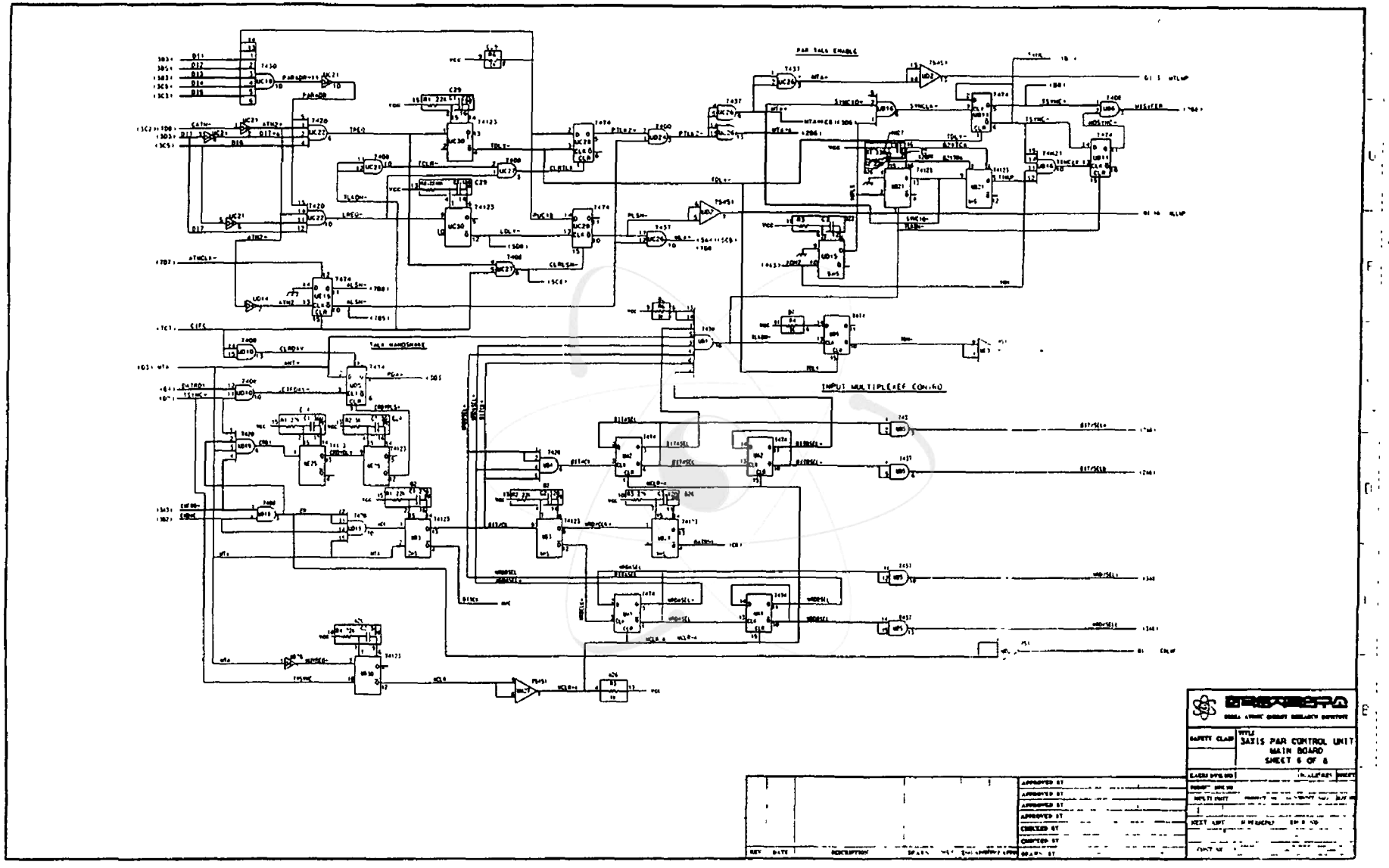


그림 3-6. Computer Control System의 Main Board 도면

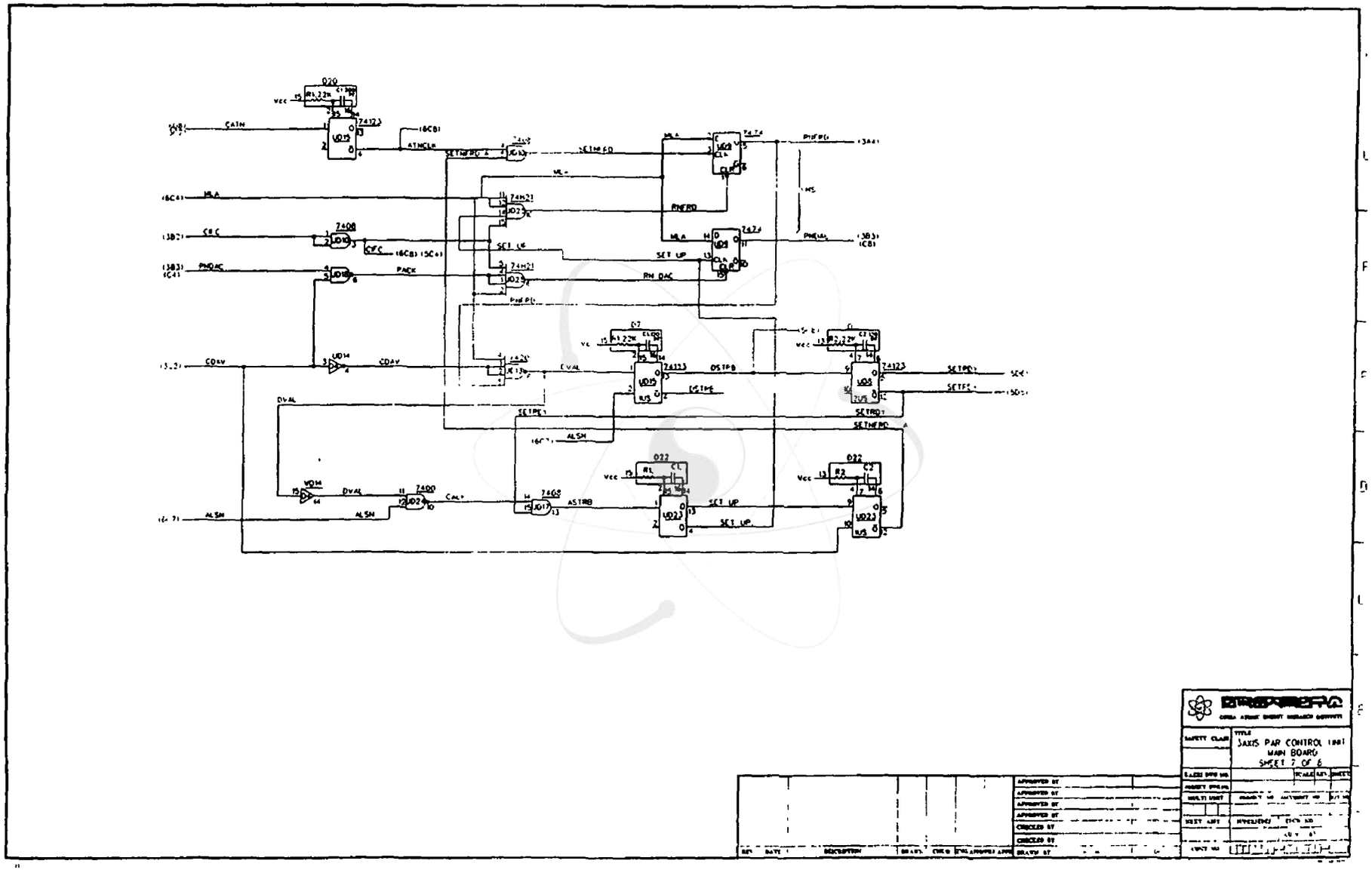


그림 3-7. Computer Control System의 Main Board 도면

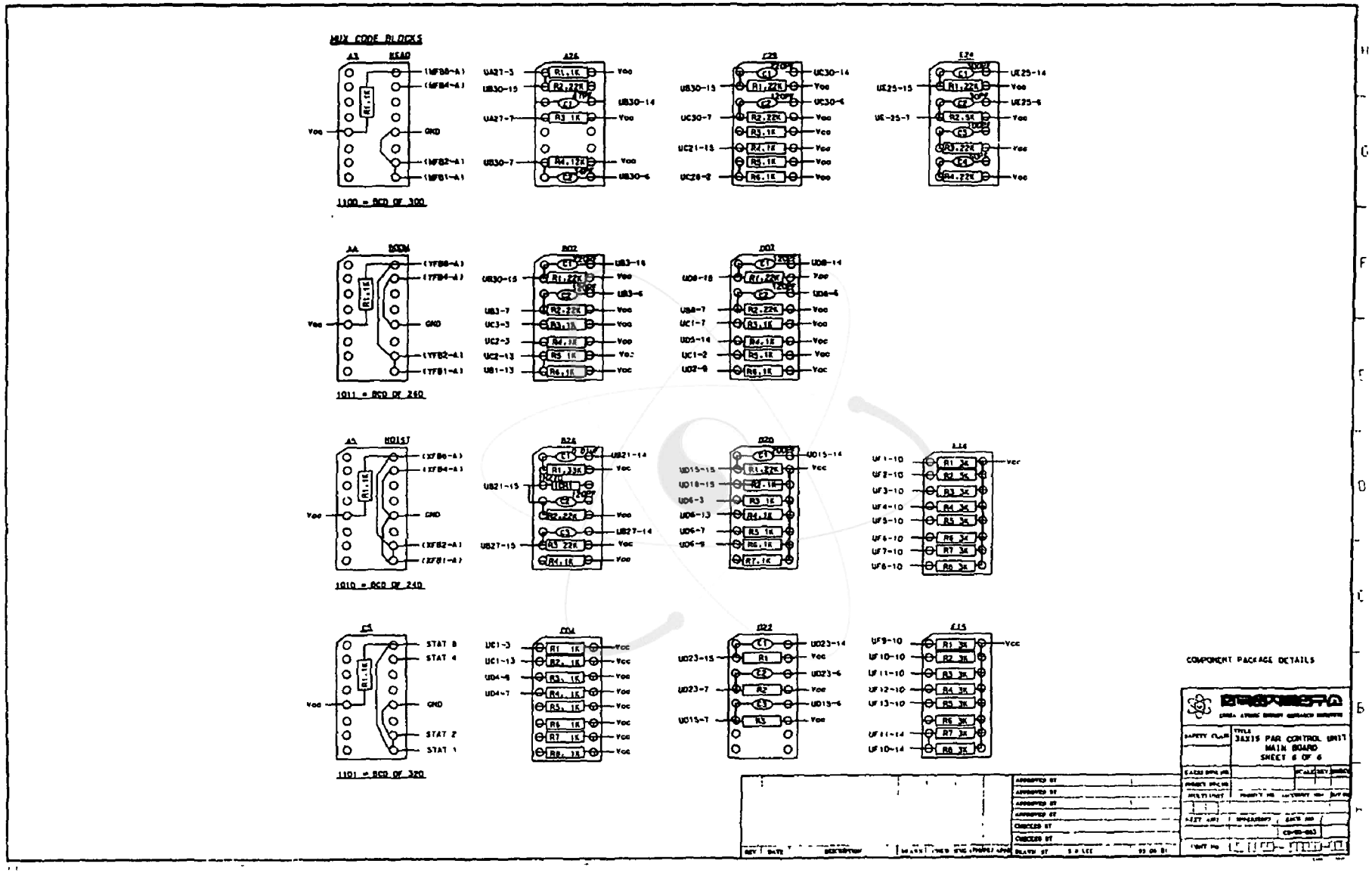


그림 3-8. Computer Control System의 Main Board 도면

4. Digital to Analog 변환기

Digita to Analog(D/A)에서는 7 Bit의 Data가 아날로그로 변환한다. D/A의 출력값은 0 ~ +5 VDC이며 127레벨 값은 +5V로 변조된다. D/A의 출력은 연산증폭기로 입력되어 127의 값은 10V로 증폭 조정되며 이 값은 19000 모터 구동단에 전달되며 회로도는 그림 4와 같다.

5. Communications

주요 통신은 CCS의 PC와 GPIB를 통해서 Main Interface Board와 통신을 한다. PC와 Main Interface Board 사이에 "Talk"와 "Listen" 명령이 통신될 때 CCS는 MTA 또는 MTL로 응답한다. 명령이 PC에서 CCS에 전달되는데 8 Bit Parallel 데이터가 Serial로 전송된다. 이러한 데이타는 전체 16 Byte로 구성되며 첫 번째 Byte는 Hoist 속도와 방향을 나타내며 두번째 Byte는 Boom Rotate의 속도와 방향을 나타낸다. 이때 PC와 CCS 사이의 통신 명령어는 다음 표 1 및 표 2와 같다.

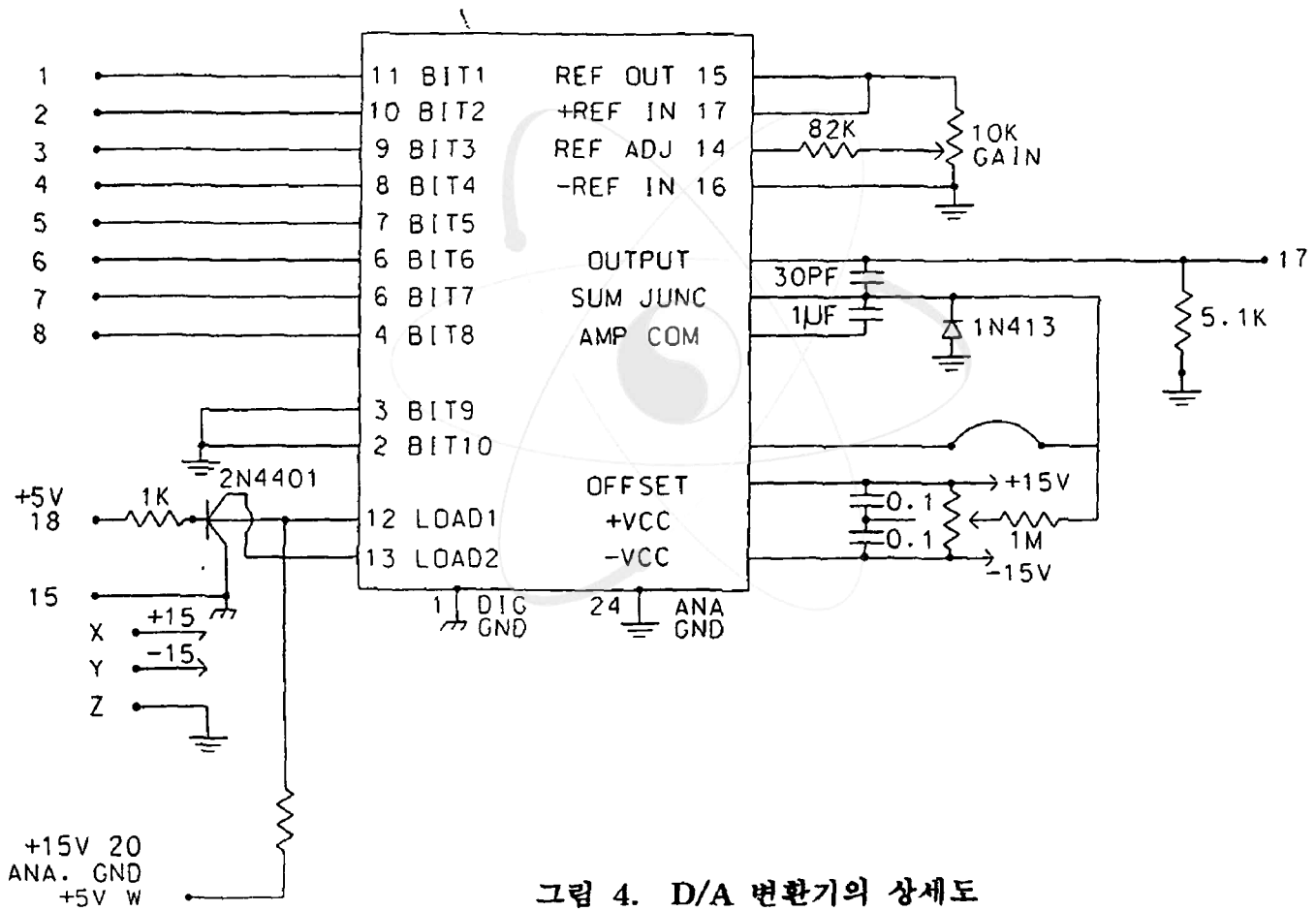


그림 4. D/A 변환기의 상세도

표 1

Par Control Interface Assembly
Command String Input Bytes

Byte 1 - Hoist Speed and direction
Bit 8 - Direction Control, logical 1 - Hoist down
Bit 1 - 7, Velocity Control, 0 - 127
(64 = + 5 volts DC from OP AMP output)

Byte 2 - Boom Rotate Speed and Direction
Bit 8 - Direction Control, Logical 1 - Boom CCW
Bit 1 - 7, Velocity Control, 0 - 127
(64 = + 5 Volts DC from OP AMP output

Byte 3 - Head Rotate Targat Position BCD
Bit 5 - 8 - Most Significant Digit - Head Targat. 0 - 9
Bit 1 - 4 - Digit - Head Targat, 0 - 9

Bite 4 - Head Rotate Targat Position BCD
Bit 5 - 8 - Digit Head Targat, 0 - 9
Bit 1 - 4 - Local Significant Digit - Head Targat. 0 - 9

Bite 5 - Commant Byte
Bit 4 - 8 - Un used, 0
Bit 3 - Run, 1 = Run
Bit 2 - Romote/local, 1 = Romote 0 = local
Bit 1 - In band 1 = In band Light on = off

Bite 6 - 16 Not used

표 2

Par Control Interface Assembly
Position/Status Output String

Byte 1 - Hoist Position Output
Bit 5 - 8 - Hoist Mux Code, Always Hexidecimal A
Bit 1 - 4 - Hoist Position, Digit 5 - MSD

Byte 2 - Hoist Position Output
Bit 5 - 8 - Hoist Position Dight 4
Bit 1 - 4 - Hoist Position Dight 3

Byte 3 - Hoist Position Output
Bit 5 - 8 - Hoist Position Dight 2
Bit 1 - 4 - Hoist Position Dight 1 - LSD

Byte 4 - Hoist Position Output
Bit 1 - 8 - Not used

Byte 5 - Boom Rotate Position Output
Bit 5 - 8 - Mux Codem, Always Hexidecimal B
Bit 1 - 4 - Boom Position, Dight 5 MSD

Byte 6 - Boom Rotate Position Output
Bit 5 - 8 - Boom Position, Dight 4
Bit 1 - 4 - Boom Position, Dight 3

Byte 7 - Boom Rotate Position Output
Bit 5 - 8 - Boom Position, Dight 2
Bit 1 - 4 - Boom Position, Dight 1 LSD

Byte 8 - Boom Rotate Position Output
Bit 1 - 8 - Not used

Byte 9 - Head Rotate Position Output
Bit 5 - 8 - Mux Code, Always Hexidecimal C
Bit 1 - 4 - Head Position, Dight 5 MSD

Byte 10 - Head Rotate Position Output
Bit 5 - 8 - Head Position, Dight 4
Bit 1 - 4 - Head Position, Dight 3

Byte 11 - Head Rotate Position Output
Bit 5 - 8 - Head Position, Dight 2
Bit 1 - 4 - Head Position, Dight 1 LSD

표 2 (계속)

Byte 12 - Head Rotate Position Output
Bit 1 - 8 - Not Used

Byte 13 - Status Output
Bit 5 - 8 - Mux Code, Always Hexidecimal D
Bit 4 - Run = Logical 1
Bit 3 - Romote = Logical 1
Bit 2 - Not Used
Bit 1 - Missed transfer = Logical 1

Byte 14 - Status Output
Bit 7 - 8 - Not Used
Bit 6 - Boom CCW = Logical 1
Bit 5 - Boom CW = Logical 1
Bit 4 - Hoist Up = Logical 1
Bit 3 - Hoist Down = Logical 1
Bit 2 - Talk Done = Logical 1
Bit 1 - My Talk Address = Logical 1

Byte 15 - Status Output
Bit 4 - 8 - Not Used
Bit 3 - Jog Enabled = Logical 1
Bit 2 - Head CCW = Logical 1
Bit 1 - Head CW = Logical 1

Byte 16 - Status Output
Bit 1 - 8 - Not Used.

제 2 절 Mechanized Ultrasonic Test Equipment PaR Control System

1. 위치 정보 전달 시스템

위치 전달 시스템은 검사 구동장비(PaR)의 각 구동축의 위치정보를 제어 시스템인 PaR Control Console에 전달하는 시스템이다. 기존의 기계식 절대 표현방식(Absolute Type)을 전자 스위치 표현방식으로 개선하였다.

2. 설계 및 제작

본 시스템은 탐촉자의 검사 위치를 각도 또는 절대값 거리(mm) 단위로 변환하여 위치정보를 나타내고 컴퓨터에 전송하여 주는 시스템으로 그림 5와 같이 엔코다 시스템을 구성하였다. 여기에서 사용된 엔코다는 광학센서로 Sumtek 100을 사용하였다.

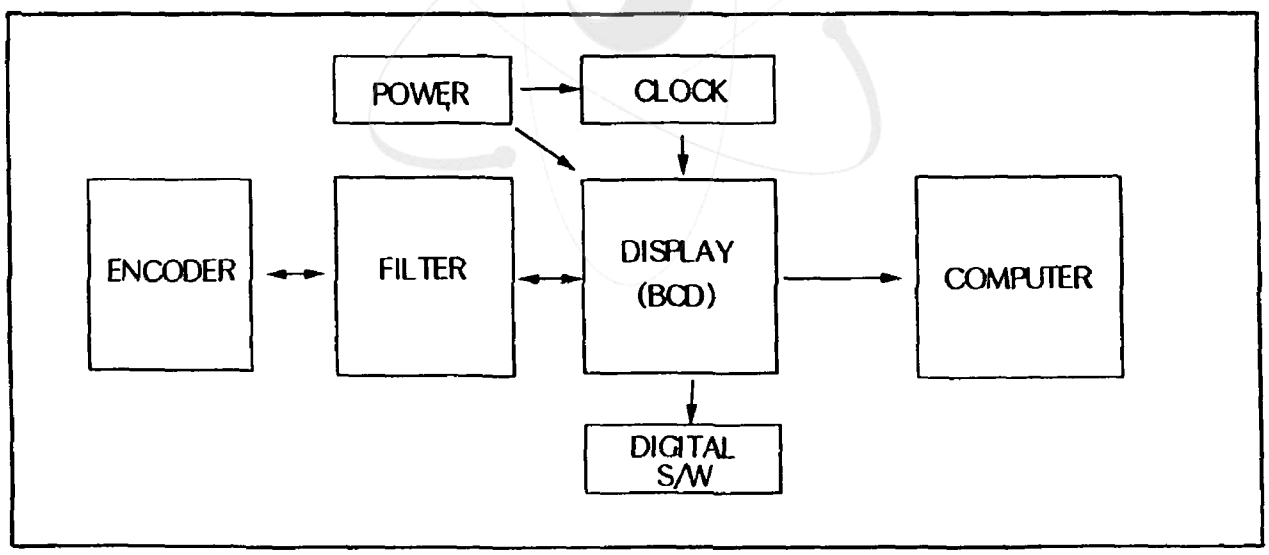


그림 5. 엔코다시스템

III. 결론 및 건의사항

원자로 압력용기 검사는 미국 ASME Code Section XI 요구에 따라 원자로 자동초음파 검사가 수행되는데 특히 Nozzle to Shell 용접부 검사는 기존 기계 구동장치(PaR)의 3-Axis Control System을 이용하여 검사수행토록 되어있다. 그러나 이 3-Axis Control System은 1985년 4월에 연구소에 구입된 이래 장비의 노후화와 빈번한 발전소 현장 이동으로 고장이 잦아 검사의 신뢰성에 상당한 영향을 미쳤다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 환경에 있는 장비중 주요부분으로서 고장이 잦은 3-Axis Control System의 Hardware를 1차년도에 연구개발하여 기술을 확보하고 기존 3-Axis Control System을 교체 사용토록하여 검사의 신뢰성을 향상시켰으며, 2차년도에는 계속적으로 Software를 개발하여 1차년도의 Hardware개발과 함께 3-Axis Control System의 완전 국산화를 이룩하여 기존 장비의 대체품 및 Dual System으로 사용코자한다.

한편 이렇게 연구 개발된 장비는 계속적으로 장비의 성능 및 기능을 향상시킬 수 있도록 연구소의 끊임없는 지원이 계속되어야 할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 박문호외 3명 "국내 PWR원자로 압력용기의 원격 자동초음파 검사기술",비파괴검사 제 6권 제 2호(1987)
2. "Z-80 의 사용법, 시스템구성과 프로그래밍", 청암출판사
3. "Z-80 마이컴 프로그램 테크닉", 기전연구사
4. "Programming the Z80", 전산출판사
5. "원자로 압력용기 플랜지 나사산의 자동초음파 검사장치개발", 한국원자력연구소, KAERI-RR-1395/93
6. "원전 지능형 제어 및 자동화 기술연구", 한국원자력연구소, KAERI-RR-1299/93
7. "증기발생기 노즐댐 장탈착 작업의 원격화 기술분석", 한국원자력연구소, KAERI/TR-376/93
8. "원전 시설용 로보트 지능제어 기술개발", 한국원자력연구소, KAERI/TR-375/93
9. "원전시설용 로보트비젼 및 센싱기술개발", 한국원자력연구소, KAERI/TR-374/93
10. "원전 지능형 제어 및 자동화기술연구", 한국원자력연구소, KAERI/RR-1446/94

부　　록

부록 1. 원자로 초음파 신호 수집 및 분석장비 (KDAS)개발계획

원자로 초음파신호 수집 및 분석장비(KDAS) 계발계획

Development Plan for KAERI Data Acquisition and Analysis System

1. 개 요

원자로 자동초음파 탐상 장비는 ASME Code Section XI에 따라 원자로 압력용기 용접부의 건전성 여부를 확인하는 장비이다. 그 장비중에서 데이타 수집 및 분석 시스템은 초음파 신호를 Digital로 변환시켜 Computer에 저장하고 필요시 언제든지 데이타를 불러내어 분석할 수 있도록 한 시스템이다. 그러나, 이러한 역할을 하는 기존장비의 시스템은 노후화되어 고장이 잦고 Spare Parts의 확보도 곤란하여 보수유지에 상당한 어려움을 겪고있다. 따라서, 이러한 시스템을 연구소내에서 그림 1 과 같이 구성하여 설계 제작한 후 노후화된 기존 시스템을 대체하고 장비 보수유지 능력을 향상시키고자 한다.

2. KDAS 사양(Specification)

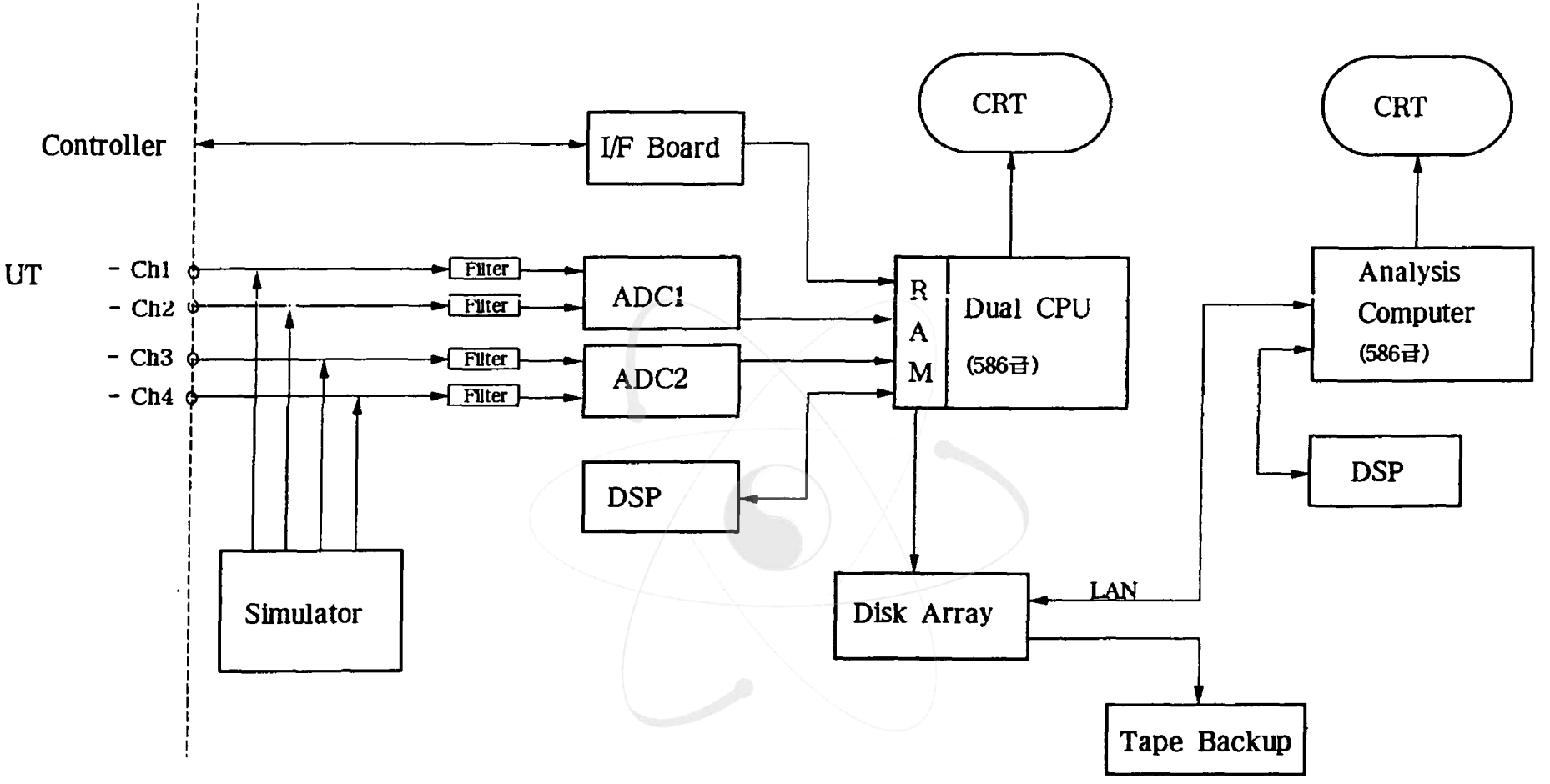
1) 기본설계

가) 데이타 수집 장치 (Data Acquisition System)

- IBM PC Compatible (586급)
- Real-time Image Data Display
- 4 Channels, Amplitude/Time C-scan & B-scan
- Laser Disk (Mass Storage)
- 100 MHz A/D Board
- Data Recording using BCD Position

나) 데이타 분석 장치 (Data Analysis System)

- IBM PC Compatible (586급)
- MS-DOS, Window
- Use of Software Tool
- Color Graphic Display
- A, B, C, D-Scan Display (3-View Image)
- Optical Disk Data Retrieval (Mass Storage, LAN)
- Weld Configuration
- Color Hardcopy Output


Controller
UT
- Ch1
- Ch2
- Ch3
- Ch4
Filter
Filter
Filter
Filter
I/F Board
ADC1
ADC2
DSP
Simulator
CRT
R
A
M
Dual CPU
(586급)
Disk Array
LAN
Tape Backup
CRT
Analysis
Computer
(586급)
DSP

KDAS 구성도

3. 기능사양(Functional Specification)

3.1 일반 요건(General Requirements)

3.1.1 시스템은 검사계획서에 명시된 제반 검사요건을 포함하도록 설계, 제작되어야 한다.

3.1.2 시스템의 구성은 PC base를 기본으로 하고 만약 Workstation 급이 가능하다면 추후 협의한다.

3.1.3 모든 시스템의 운용은 Window-Based Mouse-Driven로 하고 Data Image의 색상 및 속도의 조절이 가능하여야 한다.

3.1.4 데이터의 수집은 4 채널의 검사를 동시에 가능하여야 하며 데이터의 수집, 변환 및 저장이 검사 진행속도에 영향을 미쳐서는 안되며 모든 영상 화면은 1초 내지 2초 이내에 화면에 표시되어야 한다.

3.2 초음파신호 수집시스템 (Ultrasonic Data Acquisition System)

3.2.1 시스템은 검사구동 장치의 전자동 모드(Automatic Control Mode), 반자동 모드 (Semi-automatic Mode) 및 수동모드 (Manual Mode)에서도 작동되어야 한다.

3.2.2 시스템은 검사체 두께 15 인치, 최대 검사속도 초당 3 인치 (3"/sec.) 상태에서 4개 채널 (공칭 초음파 검사각도 0도, 45도, 60도, 70도)로 부터 동시에 신호를 수집할 수 있어야 하고 이때 4개 채널의 비디오와 RF 신호 및 최대 Peak Amplitude 와Corresponding Time Data가 검사와 동시에(Real time)에 Color Image로 표현될 수 있어야 한다. 단 표현 기능은 선택적으로 할 수 있어야 한다.

3.2.3 시스템은 사용주파수 최대 10 MHz 까지 사용가능 하고 충분한 수집, 처리 및 저장능력을 가져야한다.

3.2.4 시스템은 초음파 빔의 방향과 주사(Scanning) 방향이 동일할 때와 다를 때 모두 신호수집(Image 구성)이 가능하여야 한다.

3.2.5 시스템은 일련의 검사를 완료하였을 때 검사자가 수집된 데이터 상태를 확인할 수 있도록 압축된 B-scan Color Image 표현 기능을 가져야 한다. 이때 확인코자 하는 부위를 선정하였을 경우 이 신호에 대한 진폭값, Time(Metal path) 및 초기신호(I.P)를 포함하는 Waveform 신호가 표현 되어야 한다.

3.2.6 시스템은 보정시험편으로 부터 거리-진폭보정곡선(DAC)를 신속 간단하게 설정할 수 있어야 하고 검사를 위하여 설정된 DAC 와 관련된 기준선들은 저장되어 항상 확인될 수 있어야 하며 필요시 수정 가능하여야 한다.

3.2.7 시스템은 검사자와 평가자가 충분히 검사부위(용접부)에 대한 xm 특성 (Nature of Inspection)을 판단할 수 있도록 보정, 검사, 검증 및 평가에 필요한 모든 변수들(Parameters)을 포함하고 적절히 제공할 수 있어야한다.

3.2.8 시스템은 수집된 데이터를 평가할 수 있도록 대용량 디스크에 저장 평가되어지고 또한 영구히 보존할 수 있어야 한다.

3.2.9 시스템은 예상치 못하게 전원의 중단된 경우(Unexpected Power Failure)를 대비하여 검사한 데이터를 회복할 수 있는 기능을 보유해야 한다.

3.2.10 시스템은 검사자가 장비가 정상적으로 작동되고 있는지 여부를 확인할 수 있도록 자기진단기능(Self Diagnostic Function)을 가져야 하고 또한 검사전, 중에 시스템의 수용 능력을 초과하는 상태의 경우에 사전에 검사자에게 일련의 경고(Warning)를 하므로써 문제를 방지하는 기능을 가져야 한다.

3.2.11 시스템은 장비가 비정상이고 비상상태일때 예외적인 운용 (Exceptional Operation)이 가능하여 검사를 계속 진행할 수 있도록 설계되어야 한다.

3.3 초음파 신호 분석시스템 (Ultrasonic Data Analysis System)

3.3.1 시스템은 평가에 필요한 정보를 영상처리(Image-based Data)화 하여 제공하여야 하고 그 형태 및 운용은 간단, 간편하여야 한다.
(window-based mouse-driven)

3.3.2 시스템은 데이터 평가자가 제공된 초음파신호로 부터 결함을 (Detection) 하고 크기측정(Sizing)을 하고 또한 결함의 특성 (Characterization)을 분석하여 그 결과를 보고할 수 있도록 요약 정리된 수준의 데이터를 제공하여야 한다.

3.3.3 시스템은 검사에 필요한 각종 정보 즉 용접부 Identification, 주사범위, 구동장치(x, y, z)의 검사제한 부위, 검사각도, 주파수, 탐촉자 크기 및 탐촉자 간의 거리(Offset) 등을 제공하여야 한다.

3.3.4 시스템은 검사부위에 대하여 압축(Compressed Image)된 영상화면을 세가지 투영형태인 C-scan(Top View), B-scan(Side View), D-scan (End View)으로 표현하여 수행한 전체 검사영역 (Entire Inspected Volume)을 평가자가 한눈에 파악 가능하도록 할 수 있어야 한다.

3.3.5 시스템은 3.3.4 상태에서 특정부위(평가 대상부위, 결함부위)에 표식(Mark 또는 Cursor)이 가능하여야 하고 시스템은 이 표식부위에 대하여 다음과 같이 구체적이고 세밀한 정보를 제공해야 한다.

가. 지정된 특정부위에 대한 B-scan Image 및 Cursor 위치에 대한 비디오 신호 제공

나. 비디오 신호는 주어진 특정영역에 대해서 I.P.를 포함할 경우와 아닐 경우의 정적, 동적인 표현 제공

다. 이때 Cursor가 결함부위 혹은 결함이 아닌 부위에 있을때 신호에 대한 수치정보 즉, 초음파 탐촉자의 위치 (Scanning, Increment Position)에서 Amplitude (Screen Height, DAC) Time (Metal path), 검사체 두께로 환산된 깊이 (Meterial Depth) 등이 표현되어야 한다.

라. 신호의 패턴을 파악할 수 있도록 특정신호(최대신호)를 전후 Scan (Previous scan, Next scan)의 신호를 동적, 정적인 Motion으로 선택적으로 표현되어야 한다. (속도조절 필요)

3.3.6 시스템은 특정부위에 대한 제공된 화상정보와 관련되는 다른 검사 각도에 화상정보를 명령에 의해 자동적으로 제공하여야 한다.

예) 만약 검사각도 45도에 어떤 결함신호가 나타났다면 이 결함신호와 상

응(Coordinating)되는 위치(Same Volume Region)의 60도, 0도 및 70도가 갖는 화상정보를 제공하여 평가자가 검사 각도별 결함의 상관관계를 파악할 수 있도록 하여야 한다.

3.3.7 시스템은 검사체의 제원(예, 원자로의 제원), 검사하는 부위에 대한 형상(Configuration), 용접부의 위치(Weld Location), Groove의 형태 및 내.외부 구조물의 형상등의 정보가 입력된 Section을 가지고 있어서 결함의 위치를 쉽게 형상화할 수 있어야하며 2차원 및 3차원으로 표현할 수 있어야 한다.

3.3.8 시스템은 다음과 같은 UT 검사기술을 적용하여 평가자가 다음과 같은 평가 기능을 가져야 한다.

가. Pulse Echo and Pitch-Catch Techniques
나. Conventional and Focused Beam Techniques
다. Contact and Immersion Techniques
라. Amplitude and Time of Flight(TOF) Flaw Sizing Methods

3.3.9 시스템은 평가완료된 데이터를 영구히 저장하여 보관할 수 있는 장치를 갖추어야 하며 별도의 안전 시스템을 갖도록 설계 되어야 한다.

3.4 운영지침서 및 보수유지 지침서

3.4.1 제작자는 초음파신호 수집 및 분석 시스템과 주요 주변기기에 관한 Hardware, Software 운영지침서(User manual)와 보수유지 지침서(Maintenance manual)을 작성한다.

3.4.2 상기 지침서는 대외 기관에 장비의 검증을 위하여 영문 및 국문으로 작성하고 품질보증(QA) 요건을 만족하여야 한다.

부록 2. 3－Axis Control Unit Diagnostic 명령문

DiaG

빈 면

```
        09 1D 3E
'0055   03          0035          DEFB    03H
'0056   0D0A        0036 MSG4     DEFW    0A0DH
'0058   2020484F    0037          DEFM    '  HOIST      BOOM      HEAD      STATUS'
        49535420
```



```
 ADDR   CODE        STMT SOURCE STATEMENT

        20202020
        424F4F4D
        20202020
        20484541
        44202020
        20205354
        41545553
'007C   03          0038          DEFB    03H
                    0039 *
'007D   1A01'       0040 JTAB     DEFW    STPAR             ;STOP ALL MOTORS
'007F   2301'       0041          DEFW    HUP               ;MOVE HOIST UP
'0081   3101'       0042          DEFW    HDN               ;MOVE HOIST DOWN
'0083   3F01'       0043          DEFW    BCW               ;MOVE BOOM CLOCKWISE
'0085   4D01'       0044          DEFW    BCCW              ;MOVE BOOM COUNTERCLOCKWI
E
'0087   5B01'       0045          DEFW    HEAD              ;MOVE HEAD
'0089   9501'       0046          DEFW    FASTER            ;INCREASE SPEED
'008B   9801'       0047          DEFW    SLOWER            ;DECREASE SPEED
'008D   A401'       0048          DEFW    DONE              ;BACK TO MONITOR
                    0049 *
'008F   ED73017F    0050 DIAG     LD      (SVSTK),SP        ;SET UP NEW STACK
'0093   31FF7F      0051          LD      SP,STACK
'0096   22037F      0052          LD      (SVERR),HL        ;SAVE LOCATION OF ERROR R
TURN
'0099   AF          0053          XOR     A                 ;INITIALIZE HEADER COUNTE
'009A   32007F      0054          LD      (HCNT),A
'009D   210000      0055          LD      HL,0              ;INIT TRANSIT BUFFER AND
EAD
'00A0   22D07E      0056          LD      (TOBUF),HL
'00A3   22D27E      0057          LD      (TOBUF+2),HL
'00A6   22DA7E      0058          LD      (GOBUF+2),HL
'00A9   3E06        0059          LD      A,6
'00AB   32D47E      0060          LD      (TOBUF+4),A
'00AE   1E01        0061          LD      E,1               ;PRINT HEADER
'00B0   210000'     0062          LD      HL,MSG1
'00B3   CDC7E3      0063          CALL    PTXT
'00B6   3E20        0064          LD      A,20H             ;BLANK FILL BUFFER
'00B8   21057F      0065          LD      HL,WRBUF
'00BB   0632        0066          LD      B,50
'00BD   77          0067          LD      (HL),A
'00BE   23          0068          INC     HL
'00BF   05          0069          DEC     B
'00C0   20FB        0070          JR      NZ,-3
'00C2   3E2E        0071          LD      A,2EH             ;PLACE PERIODS .
'00C4   32137F      0072          LD      (WRBUF+14),A
'00C7   010D0A      0073          LD      BC,0A0DH          ;ADD TERMINATORS
'00CA   ED43347F    0074          LD      (WRBUF+47),BC
'00CE   3E03        0075          LD      A,03H
'00D0   32367F      0076          LD      (WRBUF+49),A
'00D3   CDFEEF      0077          CALL    GDEF              ;INITIALIZE PAR COMMUNICA
IONS
'00D6   CDCC01'     0078          CALL    INSERT            ;START PAR
                    0079 *MONITOR KEYBOARD
```

빈 면

```
'0155 CDB401'  0138          CALL   CHDIR
'0158 C3D900'  0139          JP     LOOP
               0140 *
'015B 1E01     0141 HEAD     LD     E,1                ;SEND PROMPT
'015D 213000'  0142          LD     HL,MSG3
'0160 CDC7E3   0143          CALL   PTXT
'0163 010400   0144          LD     BC,4
'0166 21377F   0145          LD     HL,RDBUF
'0169 CD8602'  0146          CALL   INMSG
```



```
 ADDR  CODE      STMT SOURCE STATEMENT

'016C 78        0147          LD     A,B
'016D FE04      0148          CP     4                  ;FOUR CHAR?
'016F 20EA      0149          JR     NZ,-20
'0171 1E01      0150          LD     E,1
'0173 CD9CE5    0151          CALL   CRLF
'0176 CDAC01'   0152          CALL   CLEAR
'0179 21D27E    0153          LD     HL,TOBUF+2         ;SET UP BUFFER
'017C 11377F    0154          LD     DE,RDBUF           ;CONVERT ENTRY TO BCD
'017F 1A        0155          LD     A,(DE)             ;GET FIRST BYTE
'0180 ED6F      0156          RLD                       ;SHIFT BCD INTO MEM
'0182 13        0157          INC    DE
'0183 1A        0158          LD     A,(DE)             ;GET NEXT CHAR
'0184 ED6F      0159          RLD                       ;SHIFT BCD PART TO MEM
'0186 23        0160          INC    HL
'0187 13        0161          INC    DE
'0188 1A        0162          LD     A,(DE)
'0189 ED6F      0163          RLD
'018B 13        0164          INC    DE
'018C 1A        0165          LD     A,(DE)
'018D ED6F      0166          RLD
'018F CDB401'   0167          CALL   CHDIR              ;SEND BUFFER
'0192 C3D900'   0168          JP     LOOP
                0169 *
'0195 C3D900'   0170 FASTER   JP     LOOP
                0171 *
'0198 C3D900'   0172 SLOWER   JP     LOOP
                0173 *
'019B 2A037F    0174 ERR4     LD     HL,(SVERR)         ;RETURN ERROR VARIABLE
'019E 3E04      0175          LD     A,4
'01A0 77        0176          LD     (HL),A
'01A1 C3A701'   0177          JP     EDONE
'01A4 CDEEEE    0178 DONE     CALL   GRMV               ;SHUT DOWN PAR DEVICE
'01A7 ED7B017F  0179 EDONE    LD     SP,(SVSTK)         ;RESTORE STACK
'01AB C9        0180          RET
                0181 *OUTPUT BUFFER ACCESS ROUTINES
'01AC 010000    0182 CLEAR    LD     BC,0               ;CLEAR TRANSIENT BUFFER
'01AF ED43D07E  0183          LD     (TOBUF),BC
'01B3 C9        0184          RET
                0185 *
'01B4 010000    0186 CHDIR    LD     BC,0               ;CLEAR OUTPUT BUFFER
'01B7 ED43D87E  0187          LD     (GOBUF),BC
'01BB 0604      0188          LD     B,4                ;DELAY WHILE MOTORS STOP
'01BD 110000    0189          LD     DE,0
'01C0 1B        0190          DEC    DE
'01C1 7A        0191          LD     A,D
'01C2 B3        0192          OR     E
'01C3 20FB      0193          JR     NZ,-3
'01C5 05        0194          DEC    B
'01C6 20F5      0195          JR     NZ,-9
```

빈 면

```
'024D  80        0251          ADD     A,B
'024E  12        0252          LD      (DE),A
'024F  13        0253          INC     DE
'0250  0D        0254          DEC     C
'0251  2809      0255          JR      Z,11
'0253  79        0256          LD      A,C
'0254  E601      0257          AND     01H
'0256  20ED      0258          JR      NZ,-17
'0258  13        0259          INC     DE
'0259  23        0260          INC     HL
'025A  18E9      0261          JR      -21
'025C  1E01      0262          LD      E,1                 ;WRITE POSITION TO CRT
```



```
 ADDR  CODE      STMT SOURCE STATEMENT

'025E  21057F    0263          LD      HL,WRBUF
'0261  CDC7E3    0264          CALL    PTXT
'0264  C9        0265          RET
                 0266 *
'0265  3E30      0267 BCDASC   LD      A,30H               ;BCD TO ASCII CONVERSION
'0267  0D        0268          DEC     C
'0268  2004      0269          JR      NZ,6
'026A  ED6F      0270          RLD
'026C  1807      0271          JR      9
'026E  ED6F      0272          RLD
'0270  12        0273          LD      (DE),A
'0271  13        0274          INC     DE
'0272  05        0275          DEC     B
'0273  280D      0276          JR      Z,15
'0275  ED6F      0277          RLD
'0277  12        0278          LD      (DE),A
'0278  13        0279          INC     DE
'0279  05        0280          DEC     B
'027A  2807      0281          JR      Z,9
'027C  ED6F      0282          RLD
'027E  23        0283          INC     HL
'027F  18ED      0284          JR      -17
'0281  ED6F      0285          RLD
'0283  ED6F      0286          RLD
'0285  C9        0287          RET
                 0288 *KEYBOARD STRING INPUT ROUTINE
'0286  1E00      0289 INMSG    LD      E,0                 ;GET CHARACTER
'0288  CD97E5    0290          CALL    ECHO
'028B  7A        0291          LD      A,D                 ;IS IT A RETURN?
'028C  FE0D      0292          CP      0DH
'028E  C8        0293          RET     Z
'028F  77        0294          LD      (HL),A
'0290  23        0295          INC     HL
'0291  04        0296          INC     B
'0292  0D        0297          DEC     C
'0293  C8        0298          RET     Z
'0294  18F0      0299          JR      -14
                 0300 *
                 0301          END

ERRORS=0000
```

Drive

```
A>TYPE DRIVER.CRS

LOAD MAP

DRIVER  .OBJ    REL    BEG ADDR 5800    END ADDR 5951
DIAG    .OBJ    REL    BEG ADDR 5952    END ADDR 5BE7
PTABLE  .OBJ    REL    BEG ADDR 5BE8    END ADDR 5C0D
SCANNER .OBJ    REL    BEG ADDR 5C0E    END ADDR 61B1


 GLOBAL CROSS REFERENCE TABLE

 SYMBOL ADDR  REFERENCES
 DIAG   59E1
 GDEF   5808  5C59 5A26
 GRMV   5869  6033 5AF7
 PUTP   5BE8
 SCANNE 5C0E
```

```
TYPE DRIVER.PRN
                                        SD SYSTEMS Z80 ASSEMBLER PAGE 0001
 ADDR  CODE       STMT SOURCE STATEMENT

                  0001 * FILENAME: DRIVER.ASM                          JFT
                  0002 * THIS CODE CONTAINS DRIVER ROUTINES THAT ARE COMMON TO BO
TH SCANNER
                  0003 * AND DIAG. INCLUDES INITIALIZATION OF PAR COMMUNICATIONS,
 INTERRUPT
                  0004 * SERVICE ROUTINES, AND PAR SHUT DOWN.
                  0005          INCLUDE MAP.ASM
                 +0001 *
                 +0002 * GLOBAL VARIABLES HAVE BEEN INCLUDED SEE MAP.ASM FOR MORE
 INFO
                 +0003 *
                  0006 *
                  0007 * LOCAL DEFINITIONS FOR DRIVER
                  0008 *
                  0009 * ENTRY POINTS
                  0010          GLOBAL  GDEF            ;INITIALIZATION ROUTINE
                  0011          GLOBAL  GRMV            ;PAR SHUT DOWN ROUTINE
                  0012 * PORT ADDRESSES FOR GPIB AND TIMERS
 >0060            0013 GPORT    EQU     60H             ;BASE PORT GPIB INTERFACE
 >007C            0014 TPORT    EQU     7CH             ;BASE PORT CTC
                  0015 * ADDRESS OF NECESSARY MONITOR ROUTINES
 >E11D            0016 RENTRY   EQU     0E11DH          ;MONITOR REENTRY POINT
                  0017 *
                  0018 * THIS SEGMENT MUST RESIDE IN ROM
                  0019 *
 >5800            0020          ORG     BASE
                  0021 *
'5800  A158'      0022          DEFW    GINT            ;INTERRUPT VECTOR - GPIB
'5802  1DE1       0023          DEFW    RENTRY          ;DUMMY VECTOR
'5804  1DE1       0024          DEFW    RENTRY          ;DUMMY VECTOR
'5806  9A58'      0025          DEFW    TINT            ;INTERRUPT VECTOR - TIMER
                  0026 *
                  0027 *
                  0028 *INITIALIZATION ROUTINE
'5808  3E58       0029 GDEF     LD      A,58H           ;SET UP INTERRUPT MODE
'580A  ED47       0030          LD      I,A
'580C  ED5E       0031          IM      2
'580E  FB         0032          EI
'580F  AF         0033          XOR     A               ;INIT TIMEOUT FLAG
'5810  32CE7E     0034          LD      (TFLAG),A
'5813  010000     0035          LD      BC,0            ;INITIALIZE OUTPUT BUFFERS
'5816  ED43D87E   0036          LD      (GOBUF),BC      ;BUT NOT HEAD
'581A  3E02       0037          LD      A,2
'581C  32DC7E     0038          LD      (GOBUF+4),A
                  0039 * INIT TIMER
'581F  3E00       0040          LD      A,0             ;CH 0 - INTERRUPT VECTOR
'5821  D37C       0041          OUT     (TPORT),A
'5823  3EC7       0042          LD      A,0C7H          ;CONTROL WORD
'5825  D37C       0043          OUT     (TPORT),A
'5827  3E01       0044          LD      A,1             ;TIME CONSTANT
'5829  D37C       0045          OUT     (TPORT),A
                  0046 * GPIB INIT
'582B  3EA0       0047          LD      A,0A0H          ;ALLOW TCI INTERRUPTS
'582D  D368       0048          OUT     (GPORT+8),A
'582F  DB69       0049          IN      A,(GPORT+9)
'5831  E602       0050          AND     2
```

```
'5833  20FA      0051          JR      NZ,-4
'5835  3EF6      0052          LD      A,0F6H          ;TOGGLE ATN TO CLEAR PAR
'5837  D369      0053          OUT     (GPORT+9),A
'5839  3E00      0054          LD      A,00H           ;DELAY
'583B  3D        0055          DEC     A
```



```
 ADDR  CODE      STMT SOURCE STATEMENT

'583C  20FD      0056          JR      NZ,-1
'583E  3EFD      0057          LD      A,0FDH          ;REASSERT ATN
'5840  D369      0058          OUT     (GPORT+9),A
'5842  CD3659'   0059          CALL    WAITX
'5845  CD3D59'   0060          CALL    WAITT
'5848  3E60      0061          LD      A,60H           ;DISABLE 8291 ADDRESSES
'584A  D366      0062          OUT     (GPORT+6),A
'584C  3EE0      0063          LD      A,0E0H
'584E  D366      0064          OUT     (GPORT+6),A
'5850  3E80      0065          LD      A,80H           ;SET TO TALK ONLY
'5852  D364      0066          OUT     (GPORT+4),A
'5854  3E24      0067          LD      A,24H           ;SET CLOCK
'5856  D365      0068          OUT     (GPORT+5),A
'5858  3E00      0069          LD      A,0             ;RELEASE 8291
'585A  D361      0070          OUT     (GPORT+1),A
'585C  D362      0071          OUT     (GPORT+2),A
'585E  D365      0072          OUT     (GPORT+5),A
'5860  3EFF      0073          LD      A,0FFH          ;DELAY LOOP
'5862  3D        0074          DEC     A
'5863  20FD      0075          JR      NZ,-1
'5865  CDF358'   0076          CALL    GOUT
'5868  C9        0077          RET
                 0078 * PAR SHUTDOWN ROUTINE
'5869  010000    0079 GRMV     LD      BC,0            ;STOP HOIST AND BOOM
'586C  ED43D07E  0080          LD      (TOBUF),BC
'5870  CD8C58'   0081          CALL    INSERT
'5873  017F01    0082          LD      BC,017FH        ;DELAY FOR INERTIA
'5876  0B        0083          DEC     BC
'5877  78        0084          LD      A,B
'5878  B1        0085          OR      C
'5879  20FB      0086          JR      NZ,-3
'587B  AF        0087          XOR     A               ;TURN OFF RUN ENABLE
'587C  32D47E    0088          LD      (TOBUF+4),A
'587F  CD8C58'   0089          CALL    INSERT
'5882  017F4F    0090          LD      BC,4F7FH        ;DELAY AGAIN
'5885  0B        0091          DEC     BC
'5886  78        0092          LD      A,B
'5887  B1        0093          OR      C
'5888  20FB      0094          JR      NZ,-3
'588A  F3        0095          DI                      ;TURN OFF INTERRUPTS
'588B  C9        0096          RET
                 0097 * ROUTINE TO MOVE TEMPORARY BUFFER INTO GPIB BUFFER
'588C  21D07E    0098 INSERT   LD      HL,TOBUF
'588F  11D87E    0099          LD      DE,GOBUF
'5892  010500    0100          LD      BC,5
'5895  F3        0101          DI
'5896  EDB0      0102          LDIR
'5898  FB        0103          EI
'5899  C9        0104          RET
                 0105 *TIMER INTERRUPT SERVICE ROUTINE
'589A  3E04      0106 TINT     LD      A,4             ;SET TIMEOUT FLAG
'589C  32CE7E    0107          LD      (TFLAG),A
'589F  ED4D      0108          RETI
```

```
                        #0109 *GPIB INTERRUPT Service Routine
'58A1  08       0110 GINT    EX      AF,AF'          ;SAVE REGISTERS
'58A2  D9       0111         EXX
'58A3  3E01     0112         LD      A,01            ;RESET TIMEOUT
'58A5  D37F     0113         OUT     (TPORT+3),A
```



```
 ADDR  CODE     STMT SOURCE STATEMENT

'58A7  3ED7     0114         LD      A,0D7H
'58A9  D37F     0115         OUT     (TPORT+3),A
'58AB  3E14     0116         LD      A,14H
'58AD  D37F     0117         OUT     (TPORT+3),A
'58AF  3E37     0118         LD      A,37H
'58B1  D37E     0119         OUT     (TPORT+2),A
'58B3  3E00     0120         LD      A,0
'58B5  D37E     0121         OUT     (TPORT+2),A
'58B7  D361     0122         OUT     (GPORT+1),A     ;DISABLE BYTE IN INTERRUPT
'58B9  21F07E   0123         LD      HL,GIBUF        ;INPUT 16 BYTES DATA
'58BC  060E     0124         LD      B,14
'58BE  0E60     0125         LD      C,GPORT
'58C0  CD4B59'  0126         CALL    WAITI
'58C3  EDA2     0127         INI
'58C5  78       0128         LD      A,B
'58C6  FE00     0129         CP      0
'58C8  20F6     0130         JR      NZ,-8
'58CA  017F01   0131         LD      BC,017FH        ;DELAY LOOP
'58CD  0B       0132         DEC     BC
'58CE  78       0133         LD      A,B
'58CF  B1       0134         OR      C
'58D0  20FB     0135         JR      NZ,-3
'58D2  3EFD     0136         LD      A,0FDH          ;TAKE CONTROL OF GPIB
'58D4  D369     0137         OUT     (GPORT+9),A
'58D6  CD3659'  0138         CALL    WAITX
'58D9  CD3D59'  0139         CALL    WAITT
'58DC  3E80     0140         LD      A,80H           ;SET TO TALKER ONLY
'58DE  D364     0141         OUT     (GPORT+4),A
'58E0  3E00     0142         LD      A,0             ;RESET 8291
'58E2  D365     0143         OUT     (GPORT+5),A
'58E4  CDF358'  0144         CALL    GOUT
'58E7  3ACF7E   0145         LD      A,(PFLAG)       ;INCREMENT FLAG
'58EA  3C       0146         INC     A
'58EB  32CF7E   0147         LD      (PFLAG),A
'58EE  D9       0148         EXX
'58EF  08       0149         EX      AF,AF'
'58F0  FB       0150         EI
'58F1  ED4D     0151         RETI
                0152 *OUTPUT BUFFER TO GPIB
'58F3  3E20     0153 GOUT    LD      A,20H           ;SEND PAR LISTEN ADDRESS
'58F5  D360     0154         OUT     (GPORT),A
'58F7  CD4459'  0155         CALL    WAITO
'58FA  3EF6     0156         LD      A,0F6H          ;PUT CONTROLLER IN STANDBY
'58FC  D369     0157         OUT     (GPORT+9),A
'58FE  3E3F     0158         LD      A,03FH          ;DELAY LOOP
'5900  3D       0159         DEC     A
'5901  20FD     0160         JR      NZ,-1
'5903  21D87E   0161         LD      HL,GOBUF        ;OUTPUT DATA
'5906  0605     0162         LD      B,5
'5908  0E60     0163         LD      C,GPORT
'590A  EDA3     0164         OUTI
'590C  CD4459'  0165         CALL    WAITO
'590F  78       0166         LD      A,B
```

SCANNER

```
'5910  FE00      0167          CP      Ø
'5912  20F6      0168          JR      NZ,-8
'5914  3EFD      0169          LD      A,ØFDH          ;TAKE CONTROL
'5916  D369      0170          OUT     (GPORT+9),A
'5918  CD3659'   0171          CALL    WAITX
```



```
 ADDR  CODE       STMT SOURCE STATEMENT

'591B  CD3D59'    0172          CALL    WAITT
'591E  3E40       0173          LD      A,40H           ;PAR TALK ADDRESS
'5920  D360       0174          OUT     (GPORT),A
'5922  CD4459'    0175          CALL    WAITO
'5925  3E01       0176          LD      A,1             ;ENABLE BI INTERRUPTS
'5927  D361       0177          OUT     (GPORT+1),A
'5929  3E40       0178          LD      A,40H           ;SET TO LISTEN ONLY
'592B  D364       0179          OUT     (GPORT+4),A
'592D  3E00       0180          LD      A,0             ;RESET 8291
'592F  D365       0181          OUT     (GPORT+5),A
'5931  3EF6       0182          LD      A,0F6H          ;GOTO STANDBY
'5933  D369       0183          OUT     (GPORT+9),A
'5935  C9         0184          RET
                  0185 *VARIOUS WAIT TIL COMPLETION ROUTINES
'5936  DB6F       0186 WAITX    IN      A,(GPORT+15)    ;WAIT FOR COMMAND COMPLET!
ON
'5938  E602       0187          AND     2
'593A  20FA       0188          JR      NZ,-4
'593C  C9         0189          RET
                  0190 *
'593D  DB6F       0191 WAITT    IN      A,(GPORT+15)    ;WAIT FOR COMMAND COMPLET!
ON
'593F  E602       0192          AND     2
'5941  28FA       0193          JR      Z,-4
'5943  C9         0194          RET
                  0195 *
'5944  DB61       0196 WAITO    IN      A,(GPORT+1)     ;WAIT FOR BYTE OUT
'5946  E602       0197          AND     2
'5948  28FA       0198          JR      Z,-4
'594A  C9         0199          RET
                  0200 *
'594B  DB61       0201 WAITI    IN      A,(GPORT+1)     ;WAIT FOR BYTE IN
'594D  E601       0202          AND     1
'594F  28FA       0203          JR      Z,-4
'5951  C9         0204          RET
                  0205 *
                  0206          END

ERRORS=0000
```

```
A>TYPE SCANNER.PRN
                                                SD SYSTEMS Z80 ASSEMBLER PAGE 0001
 ADDR  CODE        STMT SOURCE STATEMENT

                   0001 * FILENAME: SCANNER.ASM                                JFT
                   0002 * SCANNER ACTUALLY DRIVES THE PAR DEVICE AROUND THE NOZZLE
                   0003 * USING A SCAN TABLE PREVIOUSLY GENERATED BY PBASIC. SCANN
ER
                   0004 * IS CALLED BY PBASIC AND RETURNS TO PBASIC WHEN DONE.
                   0005          INCLUDE MAP.ASM
                  +0001 *
                  +0002 * GLOBAL VARIABLES HAVE BEEN INCLUDED SEE MAP.ASM FOR MORE
 INFO
                  +0003 *
                   0006 * ENTRY POINTS
                   0007          GLOBAL SCANNER
                   0008 * EXTERNALLY DEFINED ENTRY POINTS
                   0009          GLOBAL  GDEF              ;ROUTINE TO FIRE OFF PAR
                   0010          GLOBAL  GRMV              ;ROUTINE TO SHUTDOWN PAR
                   0011 * ADRESSES OF LOCAL VARIABLES
 >7F00             0012 HINC     EQU     VARSEC            ;HEAD INCREMENT PER SCAN P
OINT
 >7F01             0013 INTP     EQU     VARSEC+1          ;NUMBER OF READINGS BETWEE
N POINTS
 >7F02             0014 PCNT     EQU     VARSEC+2          ;BINARY POSITION COUNTER
 >7F04             0015 SVSTK    EQU     VARSEC+4          ;OLD STACK POINTER
 >7F06             0016 PERR     EQU     VARSEC+6          ;ERROR PARAMETER STORAGE
 >7F08             0017 HPOS     EQU     VARSEC+8          ;BINARY HOIST POSITION
 >7F0A             0018 BPOS     EQU     VARSEC+10         ;BINARY BOOM POSITION
 >7F0C             0019 HDIF     EQU     VARSEC+12         ;HOIST POSITION - TARGET
 >7F0E             0020 BDIF     EQU     VARSEC+14         ;BOOM POSITION - TARGET
 >7F10             0021 CNT      EQU     VARSEC+16         ;COUNTER FOR BCD CONVERSIO
N
 >7F11             0022 DFLAG    EQU     VARSEC+17         ;STATUS WORD
 >7F12             0023 AFLAG    EQU     VARSEC+18         ;AVOIDANCE FLAG
 >7F13             0024 BCOR     EQU     VARSEC+19         ;BOOM CORRECTION
 >7F14             0025 LHDIF    EQU     VARSEC+20         ;LAST HOIST DIFFERENCE
 >7F16             0026 LBDIF    EQU     VARSEC+22         ;LAST BOOM DIFFERENCE
 >7F18             0027 DCW      EQU     VARSEC+24         ;DIRECTION OF SCAN
                   0028 *
'0000  ED73047F    0029 SCANNER  LD      (SVSTK),SP        ;INIT STACK AND INDEX
'0004  31FF7F      0030          LD      SP,STACK
'0007  DD210070    0031          LD      IX,PTAB
'000B  22067F      0032          LD      (PERR),HL         ;SAVE ERROR PARAMETER
'000E  1A          0033          LD      A,(DE)            ;GET HEAD INCREMENT
'000F  32007F      0034          LD      (HINC),A
'0012  CDBC04'     0035          CALL    GETPTR            ;LOADS HL WITH PBASIC PARA
METER
'0015  7E          0036          LD      A,(HL)            ;GET INTERPOLATION CONSTAN
T
'0016  32017F      0037          LD      (INTP),A
'0019  CDBC04'     0038          CALL    GETPTR
'001C  7E          0039          LD      A,(HL)            ;GET SCAN DIRECTION
'001D  32187F      0040          LD      (DCW),A
'0020  A7          0041          AND     A
'0021  CA3300'     0042          JP      Z,SK1             ;INIT HEAD ROTATION
'0024  210000      0043          LD      HL,0
'0027  22D27E      0044          LD      (TOBUF+2),HL      ;CW SCAN
'002A  22DA7E      0045          LD      (GOBUF+2),HL
'002D  22027F      0046          LD      (PCNT),HL
'0030  C34200'     0047          JP      ARND1
'0033  213600      0048 SK1      LD      HL,0036H          ;CCW SCAN
'0036  22D27E      0049          LD      (TOBUF+2),HL
'0039  22DA7E      0050          LD      (GOBUF+2),HL
```

```
'003C  21D002   0051          LD      HL,720
'003F  22027F   0052          LD      (PCNT),HL
'0042  AF       0053 ARND1    XOR     A                   ;INIT STATUS
'0043  32127F   0054          LD      (AFLAG),A
'0046  FD21117F 0055          LD      IY,DFLAG            ;INIT POINTER TO STATUS
```



```
 ADDR  CODE      STMT SOURCE STATEMENT

'004A  CDEEEE   0056          CALL    GDEF                ;INIT COMMUNICATIONS WITH
THE PAR
'004D  1E0C     0057          LD      E,12                ;DELAY TO ALLOW SEVERAL TR
ANSFERS
'004F  010000   0058          LD      BC,0                ;FIRST ONE IS ALWAYS GARBL
ED
'0052  0B       0059          DEC     BC
'0053  78       0060          LD      A,B
'0054  B1       0061          OR      C
'0055  20FB     0062          JR      NZ,-3
'0057  1D       0063          DEC     E
'0058  20F5     0064          JR      NZ,-9
'005A  CD7004'  0065          CALL    PFETCH              ;GET CURRENT POSITION
'005D  2A087F   0066          LD      HL,(HPOS)           ;CALCULATE HOW FAR HOIST I
S FROM
'0060  DD5E00   0067          LD      E,(IX+0)            ;INITIAL POSITION
'0063  DD5601   0068          LD      D,(IX+1)
'0066  7A       0069          LD      A,D                 ;CLEAR HIGH BIT
'0067  E67F     0070          AND     7FH
'0069  57       0071          LD      D,A
'006A  A7       0072          AND     A
'006B  ED52     0073          SBC     HL,DE
'006D  220C7F   0074          LD      (HDIF),HL
'0070  2A0A7F   0075          LD      HL,(BPOS)           ;CALC FOR BOOM TOO
'0073  DD5E02   0076          LD      E,(IX+2)
'0076  DD5603   0077          LD      D,(IX+3)
'0079  ED52     0078          SBC     HL,DE
'007B  220E7F   0079          LD      (BDIF),HL
'007E  2A0C7F   0080          LD      HL,(HDIF)           ;CHECK TO SEE IF CLOSE
'0081  CDA904'  0081          CALL    IDIF
'0084  DA2C04'  0082          JP      C,ERR1
'0087  2A0E7F   0083          LD      HL,(BDIF)
'008A  CDA904'  0084          CALL    IDIF
'008D  DA2C04'  0085          JP      C,ERR1
'0090  2AD27E   0086          LD      HL,(TOBUF+2)        ;CHECK INITIAL HEAD POSITI
ON
'0093  ED5BE97E 0087          LD      DE,(TIBUF+9)
'0097  A7       0088          AND     A
'0098  ED52     0089          SBC     HL,DE
'009A  C22C04'  0090          JP      NZ,ERR1
'009D  AF       0091          XOR     A                   ;INIT STATUS FLAGS
'009E  32117F   0092          LD      (DFLAG),A
'00A1  CDC304'  0093          CALL    KIKIT               ;START PAR DEVICE
                0094
'00A4  3ACE7E   0095 MLOOP    LD      A,(TFLAG)           ;CHECK FOR TIMEOUT
'00A7  A7       0096          AND     A
'00A8  C24704'  0097          JP      NZ,ERR4
'00AB  21017F   0098          LD      HL,INTP             ;HOIST CORRECTION CODE
'00AE  3ACF7E   0099          LD      A,(PFLAG)           ;CHECK TO SEE IF READING I
S VALID
'00B1  BE       0100          CP      (HL)
'00B2  DAA400'  0101          JP      C,MLOOP             ;NOT YET - GO CHECK AGAIN
'00B5  AF       0102          XOR     A                   :CLEAR INTERRUPT FLAG
```

```
'00B6  32CF7E   0103          LD      (P,Flag),A
'00B9  CD7004'  0104          CALL    PFETCH          ;GET CURRENT POSITION
'00BC  DD6E00   0105          LD      L,(IX)          ;LOAD CURRENT TARGET POSIT
ION
'00BF  DD6601   0106          LD      H,(IX+1)
'00C2  7C       0107          LD      A,H             ;CLEAR HIGH BIT
'00C3  E67F     0108          AND     7FH
'00C5  67       0109          LD      H,A
'00C6  5D       0110          LD      E,L
'00C7  54       0111          LD      D,H
'00C8  ED4B087F 0112          LD      BC,(HPOS)       ;SUBTRACT CURRENT POSITION
 FROM TARGET
'00CC  A7       0113          AND     A
```

```
                                      SD SYSTEMS Z80 ASSEMBLER PAGE 0003
 ADDR  CODE      STMT SOURCE STATEMENT

'00CD  ED42     0114          SBC     HL,BC
'00CF  EB       0115          EX      DE,HL
'00D0  DD4E04   0116          LD      C,(IX+4)        ;SUBTRACT NEXT FROM CURREN
T TARGET
'00D3  DD4605   0117          LD      B,(IX+5)        ;  TO FIND DIRECTION
'00D6  78       0118          LD      A,B             ;CLEAR HIGH ORDER BIT
'00D7  E67F     0119          AND     7FH
'00D9  47       0120          LD      B,A
'00DA  A7       0121          AND     A
'00DB  ED42     0122          SBC     HL,BC
'00DD  C2EA00'  0123          JP      NZ,HTST         ;DON'T CHANGE DIRECTIONS O
N ZERO
'00E0  FDCB007E 0124          BIT     7,(IY)
'00E4  C20301'  0125          JP      NZ,HDN1
'00E7  C38F01'  0126          JP      HUP1
'00EA  D27901'  0127 HTST     JP      NC,HUP          ;HOIST IS MOVING UP
'00ED  FDCB007E 0128          BIT     7,(IY)          ;HOIST IS GOING DOWN
'00F1  C20301'  0129          JP      NZ,HDN1         ;DID DIRECTION JUST CHANGE
?-NO-SKIP INIT
'00F4  3E80     0130          LD      A,80H           ;YES - INITIALIZE
'00F6  FDB600   0131          OR      (IY)            ;INIT STATUS
'00F9  E68F     0132          AND     08FH
'00FB  FD7700   0133          LD      (IY),A
'00FE  3E80     0134          LD      A,80H           ;INIT HOIST VECTOR
'0100  32D07E   0135          LD      (TOBUF),A
'0103  7A       0136 HDN1     LD      A,D             ;CHECK FOR UNDER/OVER SHOO
T
'0104  E680     0137          AND     80H
'0106  CA4001'  0138          JP      Z,HDNUS         ;UNDERSHOT
'0109  FDCB006E 0139          BIT     5,(IY)          ;OVERSHOT - CHECK FOR CORR
ECTION CHANGE
'010D  C22101'  0140          JP      NZ,HDNOS        ;NO CHANGE
'0110  3E20     0141          LD      A,20H           ;DID CHANGE - MOD STATUS
'0112  FDB600   0142          OR      (IY)
'0115  E6EF     0143          AND     0EFH
'0117  FD7700   0144          LD      (IY),A
'011A  ED53147F 0145          LD      (LHDIF),DE
'011E  C3FD01'  0146          JP      BOOM
'0121  2A147F   0147 HDNOS    LD      HL,(LHDIF)      ;IS IT WORSE?
'0124  ED53147F 0148          LD      (LHDIF),DE
'0128  A7       0149          AND     A
'0129  ED52     0150          SBC     HL,DE
'012B  DAFD01'  0151          JP      C,BOOM
'012E  3AD07E   0152          LD      A,(TOBUF)       ;IT'S WORSE - SLOW IT DOWN
'0131  E67F     0153          AND     7FH
```

```
'0133 D602     0154          SUB     2
'0135 DAFD01'  0155          JP      C,BOOM
'0138 F680     0156          OR      80H
'013A 32D07E   0157          LD      (TOBUF),A
'013D C3FD01'  0158          JP      BOOM
'0140 FDCB0066 0159 HDNUS    BIT     4,(IY)          ;UNDERSHOT - CHECK FOR CHA
NGE
'0144 C25801'  0160          JP      NZ,HDN3         ;NO CHANGE - SKIP INIT
'0147 3E10     0161          LD      A,10H           ;CHANGED - MOD STATUS
'0149 FDB600   0162          OR      (IY)
'014C E6DF     0163          AND     0DFH
'014E FD7700   0164          LD      (IY),A
'0151 ED53147F 0165          LD      (LHDIF),DE
'0155 C3FD01'  0166          JP      BOOM
'0158 2A147F   0167 HDN3     LD      HL,(LHDIF)      ;IS POSITION WORSE?
'015B ED53147F 0168          LD      (LHDIF),DE
'015F A7       0169          AND     A
'0160 ED52     0170          SBC     HL,DE
'0162 D2FD01'  0171          JP      NC,BOOM
```

```
                                     SD SYSTEMS Z80 ASSEMBLER PAGE 0004
 ADDR  CODE      STMT SOURCE STATEMENT

'0165 3AD07E    0172          LD      A,(TOBUF)       ;IT'S WORSE - SPEED UP
'0168 E67F      0173          AND     7FH
'016A C602      0174          ADD     A,2
'016C FE7F      0175          CP      7FH
'016E D2FD01'   0176          JP      NC,BOOM
'0171 F680      0177          OR      80H
'0173 32D07E    0178          LD      (TOBUF),A
'0176 C3FD01'   0179          JP      BOOM
'0179 FDCB0076  0180 HUP      BIT     6,(IY)          ;HOIST IS GOING UP
'017D C28F01'   0181          JP      NZ,HUP1         ;DID DIRECTION JUST CHANGE
?-NO-SKIP INIT
'0180 3E40      0182          LD      A,40H           ;YES - INITIALIZE
'0182 FDB600    0183          OR      (IY)            ;INIT STATUS
'0185 E64F      0184          AND     04FH
'0187 FD7700    0185          LD      (IY),A
'018A 3E04      0186          LD      A,4             ;INIT HOIST VECTOR
'018C 32D07E    0187          LD      (TOBUF),A
'018F 7A        0188 HUP1     LD      A,D             ;CHECK FOR UNDER/OVER SHOO
T
'0190 E680      0189          AND     80H
'0192 C2C801'   0190          JP      NZ,HUPUS        ;UNDERSHOT
'0195 FDCB006E  0191          BIT     5,(IY)          ;OVERSHOT - CHECK FOR CORR
ECTION CHANGE
'0199 C2AD01'   0192          JP      NZ,HUPOS        ;NO CHANGE - SKIP INIT
'019C 3E20      0193          LD      A,20H           ;DID CHANGE - MOD STATUS
'019E FDB600    0194          OR      (IY)
'01A1 E6EF      0195          AND     0EFH
'01A3 FD7700    0196          LD      (IY),A
'01A6 ED53147F  0197          LD      (LHDIF),DE
'01AA C3FD01'   0198          JP      BOOM
'01AD 2A147F    0199 HUPOS    LD      HL,(LHDIF)      ;IS IT WORSE?
'01B0 ED53147F  0200          LD      (LHDIF),DE
'01B4 A7        0201          AND     A
'01B5 ED52      0202          SBC     HL,DE
'01B7 D2FD01'   0203          JP      NC,BOOM
'01BA 3AD07E    0204          LD      A,(TOBUF)       ;IT'S WORSE - SLOW DOWN
'01BD D602      0205          SUB     2
'01BF DAFD01'   0206          JP      C,BOOM
'01C2 32D07E    0207          LD      (TOBUF),A
```

```
'01C5 C3FD01'  0208          JP      BOOM
'01C8  FDCB0066  0209 HUPUS  BIT     4,(IY)          ;UNDERSHOT - CHECK FOR CHA
NGE
'01CC  C2E001'   0210        JP      NZ,HUP3         ;NO CHANGE - SKIP INIT
'01CF  3E10      0211        LD      A,10H           ;CHANGED - MOD STATUS
'01D1  FDB600    0212        OR      (IY)
'01D4  E6DF      0213        AND     0DFH
'01D6  FD7700    0214        LD      (IY),A
'01D9  ED53147F  0215        LD      (LHDIF),DE
'01DD  C3FD01'   0216        JP      BOOM
'01E0  2A147F    0217 HUP3   LD      HL,(LHDIF)      ;IS POSITION WORSE?
'01E3  ED53147F  0218        LD      (LHDIF),DE
'01E7  A7        0219        AND     A
'01E8  ED52      0220        SBC     HL,DE
'01EA  DAFD01'   0221        JP      C,BOOM
'01ED  3AD07E    0222        LD      A,(TOBUF)       ;IT'S WORSE - SPEED UP
'01F0  C601      0223        ADD     A,1
'01F2  FE7F      0224        CP      7FH
'01F4  D2FD01'   0225        JP      NC,BOOM
'01F7  32D07E    0226        LD      (TOBUF),A
'01FA  C3FD01'   0227        JP      BOOM
'01FD  DD6E02    0228 BOOM   LD      L,(IX+2)        ;LOAD CURRENT TARGET POSIT
ION
'0200  DD6603    0229        LD      H,(IX+3)
```

```
                                        SD SYSTEMS Z80 ASSEMBLER PAGE 0005
 ADDR  CODE       STMT SOURCE STATEMENT

'0203  5D        0230        LD      E,L
'0204  54        0231        LD      D,H
'0205  ED4B0A7F  0232        LD      BC,(BPOS)       ;SUBTRACT CURRENT POSITION
 FROM TARGET
'0209  A7        0233        AND     A
'020A  ED42      0234        SBC     HL,BC
'020C  EB        0235        EX      DE,HL
'020D  DD4E06    0236        LD      C,(IX+6)        ;SUBTRACT NEXT FROM CURREN
T TARGET
'0210  DD4607    0237        LD      B,(IX+7)        ;  TO FIND DIRECTION
'0213  A7        0238        AND     A
'0214  ED42      0239        SBC     HL,BC
'0216  C22302'   0240        JP      NZ,BTST         ;DON'T CHANGE DIRECTIONS O
N ZERO
'0219  FDCB005E  0241        BIT     3,(IY)
'021D  C23C02'   0242        JP      NZ,BCW1
'0220  C3C502'   0243        JP      BCC1
'0223  D2AF02'   0244 BTST   JP      NC,BCCW         ;BOOM IS MOVING CCW
'0226  FDCB005E  0245        BIT     3,(IY)          ;BOOM IS MOVING CW
'022A  C23C02'   0246        JP      NZ,BCW1         ;DID DIRECTION JUST CHANGE
?-NO-SKIP INIT
'022D  3E08      0247        LD      A,08H           ;YES - INITIALIZE
'022F  FDB600    0248        OR      (IY)            ;INIT STATUS
'0232  E6F8      0249        AND     0F8H
'0234  FD7700    0250        LD      (IY),A
'0237  3E08      0251        LD      A,08H           ;INIT BOOM VECTOR
'0239  32D17E    0252        LD      (TOBUF+1),A
'023C  7A        0253 BCW1   LD      A,D             ;CHECK FOR UNDER/OVER SHOO
T
'023D  E680      0254        AND     80H
'023F  CA7A02'   0255        JP      Z,BCWUS         ;UNDERSHOT
'0242  FDCB004E  0256        BIT     1,(IY)          ;OVERSHOT - CHECK FOR CORR
ECTION CHANGE
'0246  C25A02'   0257        JP      NZ,BCWOS        ;NO CHANGE - SKIP INIT
```

```
'0249  3F02      0258          LD      A,02H          ;DID Change - Mod Status
'024B  FDB600    0259          OR      (IY)
'024E  E6FE      0260          AND     0FEH
'0250  FD7700    0261          LD      (IY),A
'0253  ED53167F  0262          LD      (LBDIF),DE
'0257  C34003'   0263          JP      HEAD
'025A  2A167F    0264  BCWOS   LD      HL,(LBDIF)     ;IS IT WORSE?
'025D  ED53167F  0265          LD      (LBDIF),DE
'0261  A7        0266          AND     A
'0262  ED52      0267          SBC     HL,DE
'0264  DA4003'   0268          JP      C,HEAD
'0267  3AD17E    0269          LD      A,(TOBUF+1)    ;SLOW DOWN
'026A  D602      0270          SUB     2
'026C  DA4003'   0271          JP      C,HEAD
'026F  FE02      0272          CP      02H
'0271  DA4003'   0273          JP      C,HEAD
'0274  32D17E    0274          LD      (TOBUF+1),A
'0277  C34003'   0275          JP      HEAD
'027A  FDCB0046  0276  BCWUS   BIT     0,(IY)         ;UNDERSHOT - CHECK FOR CHA
NGE
'027E  C29202'   0277          JP      NZ,BCW3        ;NO CHANGE - SKIP INIT
'0281  3E01      0278          LD      A,01H          ;CHANGED - MOD STATUS
'0283  FDB600    0279          OR      (IY)
'0286  E6FD      0280          AND     0FDH
'0288  FD7700    0281          LD      (IY),A
'028B  ED53167F  0282          LD      (LBDIF),DE
'028F  C34003'   0283          JP      HEAD
'0292  2A167F    0284  BCW3    LD      HL,(LBDIF)     ;IS POSITION WORSE?
'0295  ED53167F  0285          LD      (LBDIF),DE
'0299  A7        0286          AND     A
'029A  ED52      0287          SBC     HL,DE
```

```
                                   SD SYSTEMS Z80 ASSEMBLER PAGE 0006
 ADDR  CODE      STMT SOURCE STATEMENT

'029C  D24003'   0288          JP      NC,HEAD
'029F  3AD17E    0289          LD      A,(TOBUF+1)    ;IT'S WORSE - SPEED UP
'02A2  C601      0290          ADD     A,1
'02A4  FE7F      0291          CP      7FH
'02A6  D24003'   0292          JP      NC,HEAD
'02A9  32D17E    0293          LD      (TOBUF+1),A
'02AC  C34003'   0294          JP      HEAD
'02AF  FDCB0056  0295  BCCW    BIT     2,(IY)         ;BOOM IS GOING CCW
'02B3  C2C502'   0296          JP      NZ,BCC1        ;DID DIRECTION JUST CHANGE
?-NO-SKIP INIT
'02B6  3E04      0297          LD      A,04H          ;YES - INITIALIZE
'02B8  FDB600    0298          OR      (IY)           ;INIT STATUS
'02BB  E6F4      0299          AND     0F4H
'02BD  FD7700    0300          LD      (IY),A
'02C0  3E88      0301          LD      A,88H          ;INIT BOOM VECTOR
'02C2  32D17E    0302          LD      (TOBUF+1),A
'02C5  7A        0303  BCC1    LD      A,D            ;CHECK FOR UNDER/OVER SHOO
T
'02C6  E680      0304          AND     80H
'02C8  C20703'   0305          JP      NZ,BCCUS       ;UNDERSHOT
'02CB  FDCB004E  0306          BIT     1,(IY)         ;OVERSHOT - CHECK FOR CORR
ECTION CHANGE
'02CF  C2E302'   0307          JP      NZ,BCCOS       ;NO CHANGE - SKIP INIT
'02D2  3E02      0308          LD      A,02H          ;DID CHANGE - MOD STATUS
'02D4  FDB600    0309          OR      (IY)
'02D7  E6FE      0310          AND     0FEH
'02D9  FD7700    0311          LD      (IY),A
```

```
'02DC FD53167F 0312          LD      (LBDIF),DE
'02E0  C34003'  0313         JP      HEAD
'02E3  2A167F   0314 BCCOS   LD      HL,(LBDIF)        ;IS IT WORSE?
'02E6  ED53167F 0315         LD      (LBDIF),DE
'02EA  A7       0316         AND     A
'02EB  ED52     0317         SBC     HL,DE
'02ED  D24003'  0318         JP      NC,HEAD
'02F0  3AD17E   0319         LD      A,(TOBUF+1)       ;SLOW DOWN
'02F3  E67F     0320         AND     7FH
'02F5  D602     0321         SUB     2
'02F7  DA4003'  0322         JP      C,HEAD
'02FA  FE02     0323         CP      02H
'02FC  DA4003'  0324         JP      C,HEAD
'02FF  F680     0325         OR      80H
'0301  32D17E   0326         LD      (TOBUF+1),A
'0304  C34003'  0327         JP      HEAD
'0307  FDCB0046 0328 BCCUS   BIT     0,(IY)            ;UNDERSHOT - CHECK FOR CHA
NGE
'030B  C21F03'  0329         JP      NZ,BCC3           ;NO CHANGE - SKIP INIT
'030E  3E01     0330         LD      A,01H             ;CHANGED - MOD STATUS
'0310  FDB600   0331         OR      (IY)
'0313  E6FD     0332         AND     0FDH
'0315  FD7700   0333         LD      (IY),A
'0318  ED53167F 0334         LD      (LBDIF),DE
'031C  C34003'  0335         JP      HEAD
'031F  2A167F   0336 BCC3    LD      HL,(LBDIF)        ;IS POSITION WORSE?
'0322  ED53167F 0337         LD      (LBDIF),DE
'0326  A7       0338         AND     A
'0327  ED52     0339         SBC     HL,DE
'0329  DA4003'  0340         JP      C,HEAD
'032C  3AD17E   0341         LD      A,(TOBUF+1)       ;IT'S WORSE - SPEED UP
'032F  E67F     0342         AND     7FH
'0331  C601     0343         ADD     A,1
'0333  FE7F     0344         CP      7FH
'0335  D24003   0345         JP      NC,HEAD
```



```
AD    CODE      STMT  SOURCE STATEMENT

'0338  F680     0346         OR      80H
'033A  32D17E   0347         LD      (TOBUF+1),A
'033D  C34003'  0348         JP      HEAD
                0349 * INCREMENT CURRENT POSITION BY 1
'0340  110400   0350 HEAD    LD      DE,04             ;ADD 4 TO POINTER
'0343  DD19     0351         ADD     IX,DE
'0345  3A007F   0352         LD      A,(HINC)          ;SET UP INCREMENT
'0348  4F       0353         LD      C,A
'0349  AF       0354         XOR     A
'034A  47       0355         LD      B,A
'034B  3A187F   0356         LD      A,(DCW)           ;CHECK SCAN DIRECTION
'034E  A7       0357         AND     A
'034F  CA6403'  0358         JP      Z,DECR
'0352  2A027F   0359         LD      HL,(PCNT)         ;ADD HINC TO BINARY HEAD P
OSITION
'0355  09       0360         ADD     HL,BC
'0356  22027F   0361         LD      (PCNT),HL
'0359  11D102   0362         LD      DE,7E1            ;TEST TO SEE IF DONE
'035C  ED52     0363         SBC     HL,DE
'035E  D22404'  0364         JP      NC,FINISH         ;DONE
'0361  C37003'  0365         JP      CHEAD
'0364  2A027F   0366 DECR    LD      HL,(PCNT)         ;DECREMENT BINARY HEAD COU
NT
```

```
'0367  A7        0367          AND     A
'0368  ED42      0368          SBC     HL,BC
'036A  DA2404'   0369          JP      C,FINISH        ;CHECK FOR NEGATIVE
'036D  22027F    0370          LD      (PCNT),HL
                 0371 * MULTIPLY TABLE LOCATION BY 5 AND CONVERT TO BCD TO COMMA
ND HEAD
                 0372 *   ROTATE. HEAD RESOLUTION IS NOW 10 COUNTS/DEGREE INSTEA
D OF
                 0373 *   2 COUNTS/DEGREE
'0370  2A027F    0374 CHEAD    LD      HL,(PCNT)       ;GET TABLE LOCATION
'0373  54        0375          LD      D,H             ;STORE COPY IN DE
'0374  5D        0376          LD      E,L
'0375  29        0377          ADD     HL,HL           ;MULTIPLY BY 2
'0376  29        0378          ADD     HL,HL           ;MULTIPLY BY 2
'0377  19        0379          ADD     HL,DE           ;ADD ORIGINAL VALUE
'0378  FDE5      0380          PUSH    IY              ;SAVE REGISTER
'037A  E5        0381          PUSH    HL              ;SAVE BINARY HEAD POSITION
'037B  FD21B503' 0382          LD      IY,DTABLE       ;POINT INDEX AT DECADE TAB
LE
'037F  0603      0383          LD      B,3             ;COUNTER - NUMBER OF DECAD
ES-1
'0381  21D27E    0384          LD      HL,TOBUF+2      ;POINTER TO OUTPUT BUFFER
                 0385
'0384  E3        0386 DLOOP    EX      (SP),HL         ;RECALL CURRENT WORKING VA
LUE
'0385  FD5E00    0387          LD      E,(IY)          ;GET CURRENT DECADE
'0388  FD5601    0388          LD      D,(IY+1)
'038B  AF        0389          XOR     A               ;CLEAR ACCUMULATOR
                 0390
'038C  3C        0391 SLOOP    INC     A               ;INC NUMBER OF SUBTRACTION
S
'038D  ED52      0392          SBC     HL,DE           ;SUBTRACT DECADE
'038F  F28C03'   0393          JP      P,SLOOP         ;IF POSITIVE - SUBTRACT AG
AIN
'0392  19        0394          ADD     HL,DE           ;CORRECT FOR 1 SUBTRACT TO
O MANY
'0393  3D        0395          DEC     A
'0394  E3        0396          EX      (SP),HL         ;RECALL OUTPUT POINTER
'0395  ED6F      0397          RLD                     ;SHIFT OUT BCD DIGIT
'0397  FD23      0398          INC     IY              ;BUMP DECADE POINTER
'0399  FD23      0399          INC     IY
'039B  05        0400          DEC     B               ;DEC DECADE COUNTER
'039C  78        0401          LD      A,B
'039D  FE00      0402          CP      0               ;CHECK FOR DONE
'039F  CAAB03'   0403          JP      Z,CDONE
```



```
 ADDR  CODE       STMT SOURCE STATEMENT

'03A2  FE01      0404          CP      1               ;CHECK IF TWO DIGITS ALREA
DY STORED
'03A4  C28403'   0405          JP      NZ,DLOOP        ;NO - GO CONVERT NEXT DECA
DE
'03A7  23        0406          INC     HL              ;YES - INC OUTPUT POINTER
'03A8  C38403'   0407          JP      DLOOP
'03AB  E3        0408 CDONE    EX      (SP),HL         ;GET REMAINING DIGIT (ONES
)
'03AC  7D        0409          LD      A,L
'03AD  E1        0410          POP     HL              ;GET OUTPUT POINTER
'03AE  ED6F      0411          RLD                     ;SHIFT OUT BCD DIGIT
'03B0  FDE1      0412          POP     IY              ;RESTORE REGISTER
'03B2  C3BB03'   0413          JP      OUTC            ;GO OUTPUT BUFFER
```

```
                    0414
'03B5  E803         0415 DTABLE  DEFW     1000
'03B7  6400         0416         DEFW     0100
'03B9  0A00         0417         DEFW     0010
                    0418
                    0419 * OUTPUT CORRECTION TO PAR DEVICE
'03BB  21D07E       0420 OUTC    LD       HL,TOBUF          ;MOVE TRANSIENT BUFFER INT
O GPIB BUFFER
'03BE  11D87E       0421         LD       DE,GOBUF
'03C1  010500       0422         LD       BC,5
'03C4  F3           0423         DI
'03C5  EDB0         0424         LDIR
'03C7  AF           0425         XOR      A                 ;CLEAR INTERRUPT FLAG
'03C8  32CF7E       0426         LD       (PFLAG),A
'03CB  FB           0427         EI
'03CC  21127F       0428         LD       HL,AFLAG          ;CHECK FOR AVOIDANCE ZONE
'03CF  DD7E01       0429         LD       A,(IX+1)
'03D2  E680         0430         AND      80H
'03D4  AE           0431         XOR      (HL)
'03D5  C25004'      0432         JP       NZ,AVOID
'03D8  3AD47E       0433         LD       A,(TOBUF+4)       ;SET IN BAND LITE
'03DB  F601         0434         OR       1
'03DD  32D47E       0435         LD       (TOBUF+4),A
'03E0  2A147F       0436         LD       HL,(LHDIF)        ;IS BOOM WITHIN LIMITS
'03E3  7C           0437         LD       A,H               ;CHECK TO SEE IF NEGATIVE
'03E4  E680         0438         AND      80H
'03E6  2806         0439         JR       Z,+8
'03E8  EB           0440         EX       DE,HL             ;CONVERT TO POSITIVE
'03E9  AF           0441         XOR      A
'03EA  67           0442         LD       H,A
'03EB  6F           0443         LD       L,A
'03EC  ED52         0444         SBC      HL,DE
'03EE  110F00       0445         LD       DE,15             ;CHECK AGAINST LIMIT
'03F1  A7           0446         AND      A
'03F2  ED52         0447         SBC      HL,DE
'03F4  DA0204'      0448         JP       C,BBAND           ;GO CHECK BOOM
'03F7  3AD47E       0449         LD       A,(TOBUF+4)       ;CLEAR IN BAND LITE
'03FA  E6FE         0450         AND      0FEH
'03FC  32D47E       0451         LD       (TOBUF+4),A
'03FF  C3A400'      0452         JP       MLOOP
'0402  2A167F       0453 BBAND   LD       HL,(LBDIF)        ;IS BOOM WITHIN LIMITS
'0405  7C           0454         LD       A,H               ;CHECK TO SEE IF NEGATIVE
'0406  E680         0455         AND      80H
'0408  2806         0456         JR       Z,+8
'040A  EB           0457         EX       DE,HL             ;CONVERT TO POSITIVE
'040B  AF           0458         XOR      A
'040C  67           0459         LD       H,A
'040D  6F           0460         LD       L,A
'040E  ED52         0461         SBC      HL,DE
```

```
                                          SD SYSTEMS Z80 ASSEMBLER PAGE 0009
 ADDR   CODE        STMT SOURCE STATEMENT

'0410  113C00       0462         LD       DE,60             ;CHECK AGAINST LIMIT
'0413  A7           0463         AND      A
'0414  ED52         0464         SBC      HL,DE
'0416  DAA400'      0465         JP       C,MLOOP
'0419  3AD47E       0466         LD       A,(TOBUF+4)       ;CLEAR IN BAND  LITE
'041C  E6FE         0467         AND      0FEH
'041E  32D47E       0468         LD       (TOBUF+4),A
'0421  C3A400'      0469         JP       MLOOP
'0424  CDFFFF       0470 FINISH  CALL     GRMV              :SHUT DOWN PAR
```

```
'0427  ED7B047E  0471 EDONE  LD      SP,(SVSTK)       ;RESTORE STACK
'042B  C9        0472        RET
                 0473 *
                 0474 * THIS SECTION OF CODE SETS THE ERROR VARIABLE AND TAKES A
PPROPRIATE
                 0475 * ACTION.
                 0476 *
'042C  3E01      0477 ERR1   LD      A,1              ;ERR 1-NOT AT BEGINNING LO
CATION
'042E  2A067F    0478        LD      HL,(PERR)
'0431  77        0479        LD      (HL),A
'0432  C32404'   0480        JP      FINISH
'0435  3E02      0481 ERR2   LD      A,2              ;ERR 2-MANUAL CONTROL ASSE
RTED
'0437  2A067F    0482        LD      HL,(PERR)
'043A  77        0483        LD      (HL),A
'043B  C32404'   0484        JP      FINISH
'043E  3E03      0485 ERR3   LD      A,3              ;ERR 3-HEAD RAN PAST ZERO
'0440  2A067F    0486        LD      HL,(PERR)
'0443  77        0487        LD      (HL),A
'0444  C32404'   0488        JP      FINISH
'0447  3E04      0489 ERR4   LD      A,4              ;ERR 4-LOST CONTACT WITH P
AR
'0449  2A067F    0490        LD      HL,(PERR)
'044C  77        0491        LD      (HL),A
'044D  C32704'   0492        JP      EDONE
'0450  7E        0493 AVOID  LD      A,(HL)
'0451  2F        0494        CPL
'0452  E680      0495        AND     80H
'0454  77        0496        LD      (HL),A
'0455  210000    0497        LD      HL,0             ;LONG DELAY LOOP
'0458  22D87E    0498        LD      (GOBUF),HL       ;STOP PAR DEVICE
'045B  010002    0499        LD      BC,200H
'045E  1E01      0500        LD      E,1
'0460  1607      0501        LD      D,07H
'0462  CD27E5    0502        CALL    0E527H
'0465  0B        0503        DEC     BC
'0466  78        0504        LD      A,B
'0467  B1        0505        OR      C
'0468  20F4      0506        JR      NZ,-10
'046A  CDC304'   0507        CALL    KIKIT
'046D  C3A400'   0508        JP      MLOOP
                 0509 *
                 0510 * THIS ROUTINE FETCHES THE LATEST INPUT DATA FROM THE GPIB
 BUFFERS
                 0511 * AND TRANLATES BCD TO BINARY FOR LATER CALCULATIONS.
                 0512 *
'0470  011000    0513 PFETCH LD      BC,16            ;GET DATA
'0473  21F07E    0514        LD      HL,GIBUF
'0476  11E07E    0515        LD      DE,TIBUF
'0479  F3        0516        DI
'047A  EDB0      0517        LDIR
'047C  FB        0518        EI
'047D  3AEC7E    0519        LD      A,(TIBUF+12)     ;CHECK FOR MANUAL CONTROL
```



```
 ADDR  CODE       STMT SOURCE STATEMENT

'0480  E604      0520        AND     4
'0482  CA3504'   0521        JP      Z,ERR2
'0485  3AE97E    0522        LD      A,(TIBUF+9)      ;CHECK FOR HEAD OFF LIMITS
'0488  E6F0      0523        AND     0F0H
```

```
'048A  FE90      0514          CP      90H
'048C  CA3E04'   0525          JP      Z,ERR3
'048F  21E07E    0526          LD      HL,TIBUF+0        ;CONVERT HOIST POSITION
'0492  CD7905'   0527          CALL    BCDBIN
'0495  ED53087F  0528          LD      (HPOS),DE
'0499  21E47E    0529          LD      HL,TIBUF+4        ;CONVERT BOOM POSITION
'049C  CD7905'   0530          CALL    BCDBIN
'049F  A7        0531          AND     A                 ;DIVIDE BY 2 (SCALING)
'04A0  CB1A      0532          RR      D
'04A2  CB1B      0533          RR      E
'04A4  ED530A7F  0534          LD      (BPOS),DE
'04A8  C9        0535          RET
                 0536 *
                 0537 * THIS ROUTINE JUST SAVES A LITTLE CORE BY NOT DUPLICATING
 CODE.
                 0538 * IT SUBTRACTS 5 FROM THE ABSOLUTE VALUE OF THE CONTENTS
                 0539 * OF HL.
                 0540 *
'04A9  7C        0541 IDIF     LD      A,H               ;CHECK TO SEE IF NEGATIVE
'04AA  E680      0542          AND     80H
'04AC  2806      0543          JR      Z,DOIT
'04AE  EB        0544          EX      DE,HL             ;SUBTRACT FROM ZERO
'04AF  AF        0545          XOR     A
'04B0  67        0546          LD      H,A
'04B1  6F        0547          LD      L,A
'04B2  ED52      0548          SBC     HL,DE
'04B4  113200    0549 DOIT     LD      DE,50             ;SUBTRACT FROM 50
'04B7  EB        0550          EX      DE,HL
'04B8  A7        0551          AND     A
'04B9  ED52      0552          SBC     HL,DE
'04BB  C9        0553          RET
                 0554 *
                 0555 * THIS ROUTINE LOADS HL WITH THE PARAMETER PASSED BY PBASI
C
                 0556 * THROUGH THE POINTER BC.
                 0557 *
'04BC  0A        0558 GETPTR   LD      A,(BC)            ;LSBYTE OF PARAMETER
'04BD  6F        0559          LD      L,A
'04BE  03        0560          INC     BC
'04BF  0A        0561          LD      A,(BC)            ;MSBYTE OF PARAMETER
'04C0  67        0562          LD      H,A
'04C1  03        0563          INC     BC                ;SO IT WILL BE RIGHT ON NE
XT CALL
'04C2  C9        0564          RET
                 0565 * THIS ROUTINE INITIALIZES THE VELOCITY OF THE HOIST AND T
HE
                 0566 * BOOM. THE HEAD ROTATE IS NOT DISTURBED.
'04C3  210020    0567 KIKIT    LD      HL,2000H          ;CLEAR HOIST AND BOOM VELO
CITY
'04C6  22D07E    0568          LD      (TOBUF),HL
'04C9  3E48      0569          LD      A,48H             ;INIT STATUS FLAGS
'04CB  FD7700    0570          LD      (IY),A
'04CE  3E06      0571          LD      A,6               ;SET RUN BITS
'04D0  32D47E    0572          LD      (TOBUF+4),A
'04D3  DD6E00    0573          LD      L,(IX)            ;INIT HOIST VELOCITY
'04D6  DD6601    0574          LD      H,(IX+1)
'04D9  7C        0575          LD      A,H               ;CLEAR HIGH ORDER BIT
'04DA  E67F      0576          AND     7FH
'04DC  67        0577          LD      H,A
```


ADDR CODE STMT SOURCE STATEMENT

```
'04DD  DD5E04    0578          LD      E,(IX+4)
'04E0  DD5605    0579          LD      D,(IX+5)
'04E3  7A        0580          LD      A,D             ;CLEAR HIGH ORDER BIT
'04E4  E67F      0581          AND     7FH
'04E6  57        0582          LD      D,A
'04E7  ED52      0583          SBC     HL,DE
'04E9  44        0584          LD      B,H             ;CHECK THRESHOLD
'04EA  7C        0585          LD      A,H             ;CHECK IF NEGATIVE
'04EB  E680      0586          AND     80H
'04ED  2806      0587          JR      Z,+8
'04EF  EB        0588          EX      DE,HL           ;CONVERT TO POSITIVE
'04F0  AF        0589          XOR     A
'04F1  67        0590          LD      H,A
'04F2  6F        0591          LD      L,A
'04F3  ED52      0592          SBC     HL,DE
'04F5  110200    0593          LD      DE,02H
'04F8  A7        0594          AND     A
'04F9  ED52      0595          SBC     HL,DE
'04FB  DA1B05'   0596          JP      C,BCHK          ;LEAVE HOIST AT ZERO
'04FE  78        0597          LD      A,B
'04FF  E680      0598          AND     80H
'0501  C20C05'   0599          JP      NZ,IHDN         ;DRIVE HOIST DOWN
'0504  3E20      0600          LD      A,20H           ;DRIVE HOIST UP
'0506  32D07E    0601          LD      (TOBUF),A
'0509  C31B05'   0602          JP      BCHK
'050C  3EA0      0603 IHDN     LD      A,0A0H
'050E  32D07E    0604          LD      (TOBUF),A
'0511  3E0F      0605          LD      A,0FH           ;SET STATUS FLAG
'0513  FDA600    0606          AND     (IY)
'0516  F680      0607          OR      80H
'0518  FD7700    0608          LD      (IY),A
'051B  DD6E02    0609 BCHK     LD      L,(IX+2)        ;INIT BOOM VELOCITY
'051E  DD6603    0610          LD      H,(IX+3)
'0521  DD5E06    0611          LD      E,(IX+6)
'0524  DD5607    0612          LD      D,(IX+7)
'0527  A7        0613          AND     A
'0528  ED52      0614          SBC     HL,DE
'052A  44        0615          LD      B,H             ;CHECK THRESHOLD
'052B  7C        0616          LD      A,H             ;CHECK IF NEGATIVE
'052C  E680      0617          AND     80H
'052E  2806      0618          JR      Z,+8
'0530  EB        0619          EX      DE,HL           ;CONVERT TO POSITIVE
'0531  AF        0620          XOR     A
'0532  67        0621          LD      H,A
'0533  6F        0622          LD      L,A
'0534  ED52      0623          SBC     HL,DE
'0536  110300    0624          LD      DE,03
'0539  A7        0625          AND     A
'053A  ED52      0626          SBC     HL,DE
'053C  DA5C05'   0627          JP      C,BOUT          ;LEAVE BOOM VELOCITY AT ZE
RO
'053F  78        0628          LD      A,B
'0540  E680      0629          AND     80H
'0542  C25705'   0630          JP      NZ,IBCW         ;DRIVE BOOM CW
'0545  3EB8      0631          LD      A,0B8H          ;DRIVE BOOM CCW
'0547  32D17E    0632          LD      (TOBUF+1),A
'054A  3EF0      0633          LD      A,0F0H          ;SET STATUS FLAG
'054C  FDA600    0634          AND     (IY)
'054F  F604      0635          OR      04H
```

```
ADDR CODE     STMT SOURCE STATEMENT

'0551  FD7700    0636          LD      (IY),A
'0554  C35C05'   0637          JP      BOUT
'0557  3E38      0638 IBCW     LD      A,38H
'0559  32D17E    0639          LD      (TOBUF+1),A
'055C  21D07E    0640 BOUT     LD      HL,TOBUF          ;MOVE TRANSIENT TO GPIB BU
FFER
'055F  11D87E    0641          LD      DE,GOBUF
'0562  010500    0642          LD      BC,5
'0565  F3        0643          DI
'0566  EDB0      0644          LDIR
'0568  AF        0645          XOR     A                 ;CLEAR INTERRUPT FLAG
'0569  32CF7E    0646          LD      (PFLAG),A
'056C  FB        0647          EI
'056D  3ACF7E    0648          LD      A,(PFLAG)         ;ALLOW 4 TRANSFERS
'0570  FE04      0649          CP      4
'0572  38F9      0650          JR      C,-5
'0574  AF        0651          XOR     A                 ;CLEAR INTERRUPT FLAG AGAI
N
'0575  32CF7E    0652          LD      (PFLAG),A
'0578  C9        0653          RET
                 0654 *
                 0655 * THIS ROUTINE CONVERTS BCD TO BINARY. HL POINTS TO THE FI
RST
                 0656 * BYTE OF THREE TO BE CONVERTED. FIRST NIBBLE IS IGNORED S
O FIVE
                 0657 * DIGITS ARE CONVERTED. ANSWER IS DIVIDED BY TWO TO PREVEN
T OVER-
                 0658 * FLOW. ANSWER IS RETURNED IN DE.
'0579  3E04      0659 BCDBIN   LD      A,4               ;INIT DIGIT COUNTER
'057B  32107F    0660          LD      (CNT),A
'057E  ED67      0661          RRD                       ;GET FIRST DIGIT INTO DE(1
6 BIT)
'0580  5F        0662          LD      E,A
'0581  1600      0663          LD      D,0
'0583  23        0664          INC     HL
'0584  AF        0665 BLOOP    XOR     A                 ;GET NEXT DIGIT
'0585  ED6F      0666          RLD
'0587  EB        0667          EX      DE,HL             ;MOVE SUM TO 16 BIT ACCUMU
LATOR-(HL)
'0588  29        0668          ADD     HL,HL             ;MULTIPLY SUM X 10
'0589  4D        0669          LD      C,L
'058A  44        0670          LD      B,H
'058B  29        0671          ADD     HL,HL
'058C  29        0672          ADD     HL,HL
'058D  09        0673          ADD     HL,BC
'058E  4F        0674          LD      C,A               ;ADD IN NEW DIGIT
'058F  0600      0675          LD      B,0
'0591  09        0676          ADD     HL,BC
'0592  EB        0677          EX      DE,HL
'0593  3A107F    0678          LD      A,(CNT)           ;CHECK TO SEE IF FINISHED
'0596  3D        0679          DEC     A
'0597  280A      0680          JR      Z,BDONE
'0599  32107F    0681          LD      (CNT),A
'059C  E601      0682          AND     1                 ;CHECK TO SEE IF DONE WITH
 THIS BYTE
'059E  20E4      0683          JR      NZ,BLOOP
'05A0  23        0684          INC     HL
'05A1  18E1      0685          JR      BLOOP
'05A3  C9        0686 BDONE    RET
                 0687 *
                 0688          END

ERRORS=0000
```

PTABLE

```
TYPE PTABLE.PRN
                                                SD SYSTEMS Z80 ASSEMBLER PAGE 0001
 ADDR  CODE        STMT SOURCE STATEMENT

                   0001 * FILENAME: PTABLE.ASM                                JFT
                   0002 * THIS CODE ALLOWS PBASIC TO STORE THE PRECALCULATED TABLE
S
                   0003 * INTO CORE FOR THE SCAN FOLLOWER TO REFERENCE. THERE IS O
NE
                   0004 * ENTRY POINT: PUTP - FOR POSITION TABLE
                   0005 * CALLING SEQUENCE IS AS FOLLOWS.
                   0006 *        CALL PUTP(CELL,HOIST,BOOM)
                   0007 * ALL VARIABLES ARE INTEGER.
                   0008          INCLUDE MAP.ASM
                  +0001 *
                  +0002 * GLOBAL VARIABLES HAVE BEEN INCLUDED SEE MAP.ASM FOR MORE
 INFO
                  +0003 *
                   0009 * INTERNAL ENTRY POINTS
                   0010          GLOBAL  PUTP              ;POSITION TABLE
                   0011 *
'0000  DD210070    0012 PUTP     LD      IX,PTAB           ;INDEX REGISTER POINTS TO
TABLE
'0004  D5           0013          PUSH    DE                ;SAVE 2ND PARAMETER FOR LA
TER
'0005  5E           0014          LD      E,(HL)            ;GET FIRST ARGUEMENT(CELL)
'0006  23           0015          INC     HL
'0007  56           0016          LD      D,(HL)
'0008  EB           0017          EX      DE,HL             ;MULTIPLY BY 4
'0009  29           0018          ADD     HL,HL             ;16 BIT LEFT SHIFT(X2)
'000A  29           0019          ADD     HL,HL
'000B  EB           0020          EX      DE,HL
'000C  DD19         0021          ADD     IX,DE             ;POINT INDEX TO PROPER CEL
L
'000E  E1           0022          POP     HL                ;RETRIEVE 2ND PARAMETER
'000F  CD1800'      0023          CALL    STOW
'0012  60           0024          LD      H,B               ;GET LAST ARGUMENTS
'0013  69           0025          LD      L,C
'0014  CD1800'      0026          CALL    STOW
'0017  C9           0027          RET
                   0028 *
                   0029 * THIS INTERNAL SUBROUTINE LOADS THE 2 BYTES INDEXED BY HL
                   0030 * AND STORES IT INTO THE TWO BYTES INDEXED BY IX.
'0018  7E           0031 STOW     LD      A,(HL)            ;GET FIRST BYTE
'0019  DD7700       0032          LD      (IX),A            ;STORE IT
'001C  23           0033          INC     HL                ;BUMP POINTERS
'001D  DD23         0034          INC     IX
'001F  7E           0035          LD      A,(HL)
'0020  DD7700       0036          LD      (IX),A
'0023  DD23         0037          INC     IX
'0025  C9           0038          RET
                   0039 *
                   0040          END

 ERRORS=0000
```

MAP. ASM

```
TYPE MAP.ASM
*
* GLOBAL VARIABLES HAVE BEEN INCLUDED SEE MAP.ASM FOR MORE INFO
*
        NLIST
* THIS SECTION CONTAINS THE MAPPING OF ALL ASSEMBLY LANGUAGE
* ROUTINES AND THE LOCATIONS OF ALL TABLES AND GLOBAL VARIABLES.
*
* LOADING ADDRESS FOR ASSEMBLY LANGUAGE ROUTINES.
BASE    EQU     5800H           ;ADDRESS OF ASSEMBLY ROM
* LOADING ADDRESS FOR POSITION TABLE
PTAB    EQU     7000H           ;SCAN POSITION TABLE
* LOCATION OF GLOBAL FLAGS
TFLAG   EQU     7ECEH           ;SET TO 1 BY TIMEOUT ROUTINE
PFLAG   EQU     7ECFH           ;INCREMENTED BY GPIB INTERRUPT
* LOCATION OF GLOBAL BUFFERS
TOBUF   EQU     7ED0H           ;TEMPORARY OUTPUT BUFFER
GOBUF   EQU     7ED8H           ;GPIB OUTPUT BUFFER
TIBUF   EQU     7EE0H           ;TEMPORARY INPUT BUFFER
GIBUF   EQU     7EF0H           ;GPIB INPUT BUFFER
* LOCATION OF SCRATCH RAM FOR ALL ROUTINES
VARSEC  EQU     7F00H           ;FOR ALL LOCAL VARIABLES
STACK   EQU     7FFFH           ;LOCAL STACK
*
        LIST
```

서 지 정 보 양 식

수행기관 보고서번호	위탁기관	보고서번호	표준보고서번호	INIS주제코드
KAERI/RR- /95				

제 목 / 부 제	원자로 압력용기 자동초음파 탐상장비 개발				
연구책임자 및부서명	장기옥 (원자로성능평가분야)				
연구자 및 부서명	박대영, 박문호, 구길모, 박광희, 강상신, 방희송, 노희충, 공운식				
발행지	대 전	발행기관	원자력연구소	발행일	1995. 6.
페이지	69	도 표	유( ), 무 ( )	크 기	
참 고 사 항	원전 기술 개발 과제				
비 밀 여 부	공개(0), 대외비( ), ( )___급 비밀			보고서 종류	연구보고서
연구 위탁 기관	한국원자력연구소			계 약 번 호	

초 록 (300 단어 내외)

1985년 4월에 미국 Southwest Research Institute에서 원자로 압력용기 용접부를 검사하는 원자로 자동초음파 장비를 구입한 이래 최근까지 15회의 가동중검사 및 5회의 가동전검사를 수행해 왔으나, 최근에는 장비의 급격한 노후화 및 빈번한 발전소 현장으로의 장비이동으로 고장이 잦다. 따라서 본 연구에서는 기존 원자로 자동초음파 장비중에 최근에 심각하게 노후화되고 검사의 신뢰성에 영향을 주는 3-Axis Control System Hardware를 국산화하여 기존장비와 호환이 되도록 설계 제작하였으며, 새로이 개발된 장비는 기존장비의 Spare Parts로서의 역할과 대체 시스템으로서의 기능을 갖도록 개발하였다.

이러한 연구개발로 통해 Computer Control System Hardware 설계 제작에 대한 국내기술을 확보함과 아울러 ASME Code Section XI이 요구하는 원자로 압력용기 Nozzle to Shell용접부의 원활한 검사 및 신뢰성을 향상시켰다.

주제명 키워드(10 단어 내외)

원자로 자동초음파 장비, 3-Axis Control System, Hardware,

Nozzle to Shell 용접부

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION

Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Code
KAERI/RR- /95			

Title / Subtitle	Development of automatic Ultrasonic Testing Equipment for Reactor Vessel

Pub. Placd	Daejon	Pub. Org.	KAERI	Pub. Date	1994. 8. 31
Page	69	Fig. and Tab.	Yes(0), No( )	Size	4 X 6 배판
Note					
Classified		Open(0), Outside( ), ___Class		Report Type	Rearch Report
Sponsoring Org.		KAERI		Contract No.	

Abstract (about 300 Words)

The selected weld areas of reactor pressure vessel and adjacent piping are examined by remote mechanized ultrasonic testing(MUT) equipment. Since the MUT equipment was purchased from Southwest Research Institute (SwRI) in April 1985, we have performed 15 inservice inspections and 5 preservice inspections. However, the reliability of examination was recently decreased rapidly as the problems which results from the old age of equipment and the frequent movement to plant site to site have occured frequently. Therefore, the 3-axis control system hardware in occuring many problems among the equipments of mechanized ultrasonic testing(MUT) was designed and developed to cover the examination areas of nozzle-shell weld as specified in ASME Code Section XI and to improve the examination reliability. The new 3-axis control system hardware with the performance of this project was developed to be compatible with the old one and it was used as dual system or spare parts of the old system. Futhermore, the established technologies are expected to be applied to the similar control systems in nuclear power plant.

Subject Keywords (about 10 Words)

mechanized ultrasonic testing equipment, 3-axis control system, hardware, nozzle-shell weld