

# 프로그램型 制御器의 原理 및 應用

權 旭 鉉

<서울大學校 制御計測工學科>

이다.

## 1. 序 論

1960년 후반에 릴레이의 대치를 목적으로 프로그램형제어기(Programmable Controller, 이하 PC라 약칭한다)가 開發되기 시작하였으며 1978년 NEMA(National Electrical Manufacturers Association)에서 다음과 같이 定義하였다. “디지털 및 아날로그모듈등을 통하여 각종기계나 프로세서등을 제어하기 위하여 논리(logic)기능, 시퀀스(sequence)기능, 타이머(timer)기능, 계수(counting)기능, 연산(arithmetic)기능등 특수한 기능등을 수행하는 명령어들을 갖고 있으며 프로그램할 수 있는 기억소자를 갖는 디지털 전자장치가 PC이다.”

상기 기능을 갖고 있는 디지털컴퓨터도 PC로 간주할 수 있으며 단순한 시퀀스기능만을 수행하는 기계장치는 PC가 아니다. PC의 다른 명칭에는 시퀀서(sequencer), 시퀀스제어기(sequence controller), 프로그램로직제어기(programmable logic controller)등도 있으나 아날로그기능 및 연산기능이 추가되므로 프로그램형제어기(PC)로 統一하여 부르게 되었다. PC는 다음과 같은 조건을 최대한 만족 하도록 製作되어야 한다. (1) 제어기設計가 용이할 것 (2) 신뢰도가 높을 것 (3) 보전성이 좋을 것 (4) 주위환경에 강할 것 (5) 잡음에 강할 것 (6) 가격이 낮을 것 (7) 크기가 작을 것 (8) 규격화 되어 있을 것 (9) 컴퓨터와 정보교환이 용이할 것등

## 2. PC를 利用한 制御方法

PC는 自動制御용으로 使用되며 産業界에서는 自動制御를 大別하여 시이퀀스 제어와 피드백(feedback)制御로 구분하고 있다.

시이퀀스制御란 미리 定하여진 順序에 따라 시스템의 各部分을 制御하는 방법이며 프로그램된 내용에 따라 動作시키는 프로그램制御방식, 어떤 다른부분이 動作된 후 一定한 時間後에 動作시키는 時限制御方式, 어떤 부분의 作動중에 다른 機器를 作動시키지 않는 條件制御方式등을 별개로 使用하거나 혼합하여 使用하고 있다. 시이퀀스制御는 産業分野에서 많이 使用되고 있고 自動販賣機, 엘리베이터등을 예로 들 수 있다.

피드백 制御란 目標値와 制御量을 比較하여 그 오차를 줄이기 위하여 出力制御量을 測定하여 人力에 使用하는 방법이며 그림 1에 블록 선도를 표시하였으며 制御部가 PC로 대체할 수 있는 부분이다.

피드백制御의 例로는 溫度, 壓力, 流量, 速

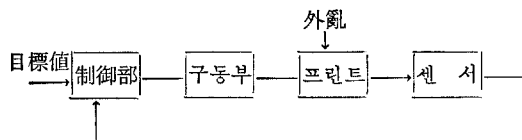


그림 1 피드백 제어의 블록 선도

度등 다양하다. 그림 1의 制御部는 과거에는 아나로그機器를 使用하여 왔으나 현재 추세로는 마이크로컴퓨터나 PC 등 디지털機器로 使用하여 制御하고 이러한 方式을 DDC(direct digital control)라 부른다.

### 3. PC의 構成

PC는 전술한 바와 같이 初期에는 시퀀스제어기로 많이 使用 되었으며 그 種類로는 프로그램變更時 다이오드핀을 매트릭스 구멍에 挿入하는 핀보오드式, 回轉드럼 들레에 핀을 꼽아 핀의 位置에 따라 프로그램을 바꾸는 드럼式, 카야드나 테이프에 구멍을 뚫어 프로그램하는 테이프式등이 과거에 많이 使用 되었으나 현재에는 마이크로프로세서로 使用한 準컴퓨터式을 많이 使用하고 있다. 汎用의 컴퓨터를 使用하여 컴퓨터 專用言語를 使用하는 汎用컴퓨터式도 있으나 특수한 경우를 除外하고 産業界에서 많이 使用하고 있지 않다. PC는 大容量化, 高機能化, 多機能化함에 따라 그 構成이 部分的으로 컴퓨터와 같은 構成을 갖게되며 PC와 컴퓨터와의 다른 점은 후술하기로 한다.

PC의 構成은 그림 2에 表示되어 있는 바와 같이 電源部, 메모리部, CPU部(Central Processing Unit: 中央처리장치), 入出力制御部, 入出力部, 프로그램판넬部등으로 構成되어 있다.

電源部는 외부 AC 電源으로 부터 IC 등에 必要한  $\pm 5V$ ,  $\pm 12V$ ,  $\pm 24V$  등의 DC 電源을 發生시키는 回路를 포함하고 있다.

메모리部는 PC의 고유機能을 수행하는 프로

그램이 ROM에 저장되어 있는 시스템메모리가 있고 使用者의 프로그램을 기억시킬 수 있는 RAM으로된 使用者메모리가 있으며 각종 I/O의 상태를 저장하는 I/O 및 스택(stack) 메모리등으로 區分할 수 있다.

CPU部는 使用者프로그램을 수행하며 그때 必要한 演算, 入出力制御, 타이밍信號發生, 記憶등을 수행하며 모든 部分을 制御한다. 주로 마이크로프로세서를 使用하고 타이밍발생회로를 포함하고 있다.

入出力制御部는 CPU部分과 外部 入出力部와의 사이에 必要한 타이밍信號발생, 메모리부와 外部 入出力部 상호간의 데이터 전송을 담당하고 있다. 주로 外部入出力信號에 따라 專用의 IC를 使用하고 있는 傾向이다. 예를 들면 시퀀스제어에 많이 使用되는 병렬형 I/O 制御IC, TTY 등 외부 프로그램 장치에 많이 使用되는 직렬형 I/O 制御 IC 등이 있다.

入出力部는 플랜트의 信號를 PC 内部 信號에 적합하게 바꾸고 PC의 内部信號를 플랜트에 적합하게 바꾸는 장치이다. 外部의 아나로그 信號를 入力 시킬때는 A/D장치가 필요하며 아나로그 信號를 出力 시킬때는 D/A장치가 必要하게 된다. PC의 内部信號는 0~5V의 DC이며 PC의 外部信號는 電壓은 AC 100V, 200V, DC 24V~100V, 電流는 1A~20mA 程度등 使用에 따라 다양하다. 入出力部는 外部잡음영향을 감소시키기 위하여 포토카를러를 使用하고 있다.

上記構成을 고려하여 불배 PC는 汎用 마이크로 및 미니컴퓨터에 入出力 機能을 보강한 시스템과 비슷한 점이 있으나 PC는 制御專用으로 設計한 것으로 外部의 電氣的 잡음에 강하며 制御用 언어에서 PC가 단연 우세하다. PC와 다른 制御장치인 릴레이로직, 솔리드 스테이트제어, 범용마이크로컴퓨터, 범용 미니컴퓨터와 서로 比較한 것이 표 1에 나타나 있다.

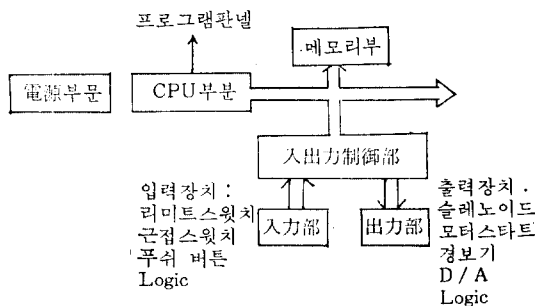


그림 2 PC의 構成

표 1 PC 와 다른 장치와의 比較

	텔	레	이	솔리드스태이 트 제	어	범용마이 크로	터	범용 미니 컴	터	PC
하드웨어의 가격	낮	음	보	통	낮	음	높	음	복잡성에 따	따
다양성	낮	음	낮	음	중	음	중	음	란 좌우될	음
보존성	중	음	낮	음	낮	음	낮	음	중	음
컴퓨터와 연결	나	쁨	나	쁨	중	음	중	음	중	음
산술계산	나	쁨	나	쁨	중	음	중	음	중	음
정보수집	나	쁨	나	쁨	중	음	중	음	중	음
작업환경	중	음	나	쁨	나	쁨	나	쁨	중	음
설계가격	높	음	높	음	높	음	높	음	낮	음
재사용성	나	쁨	나	쁨	중	음	중	음	중	음
면적		큼		큼	작	음	보	통	잔	음

4. PC 의 分類

PC 는 機種이 다양하며 入出力갯수, 메모리容量, 形狀, 機能, 프로그래밍 方法 및 기구등으로 分類할 수 있다.

(1) 入出力갯수 : 보통 入出力갯수가 16~256 인 경우를 小形 PC, 256~1024 인 경우를 中形 PC, 그 이상을 통털어 大形 PC 로 구분한다. 256 개 까지는 8 바이트 마이크로프로세서로 구현하나 그 이상은 16 바이트 프로세서를 사용하여 구현한다.

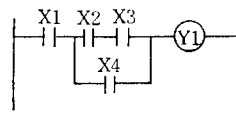
(2) 메모리容量 : 메모리容量은 0.5K 바이트 정도의 작은용량으로부터 128K 바이트 정도의 대형이 있다. 이것은 入出力 갯수와도 밀접한 관계가 있는데 入出力 갯수가 小形인 경우는 0.5~1K 바이트, 中形인 경우에는 1~8K 바이트, 大形인 경우에는 그 이상을 대체로 사용하고 있으며 메모리의 가격이 낮아지면서 容量이 증가 추세에 있다.

(3) 形狀 : 시스템이 작은 경우에는 one-board 로 製作할 수 있으나, 그 이상이 되면 rack 형 태로 製作하고, 보다 복잡한 시스템인 경우에는 모듈을 따로따로 製作하여 합쳐서 만든 캐비닛 형태가 있다.

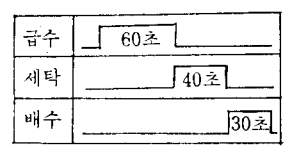
(4) 機能 : 論理制御만을 할 수 있는 것과 論理制御와 演算機能을 同時에 갖는 것, 그 외에 特殊機能이 추가된 것으로 大別할 수 있다. 特

殊機能이란 데이터의 傳送處理기능, 自己診斷機能, DDC 機能등 다양하다.

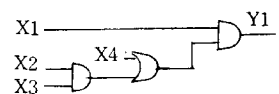
(5) 프로그래밍 方法 및 기구 : 시퀀스프로그래밍 方法으로는 래더다이아그램(ladder diagram)方式, 타임차트方式, 로직심벌方式, 플로우 차트方式등이 있다. 各各은 制御프로그램을 使用者가 쉽게 操作할 수 있도록 만든 것이며 응용분야와 設計者에 의하여 決定된다. 그림 3 에 프로그래밍 方法이 나타나 있으며 래더·다이아그램方式이 가장 많이 使用되고 있는 傾向이다. 算術演算이나 特殊機能을 위한 프로그램방법은 메이커에 따라 다르며 統一되어 있지 않다.



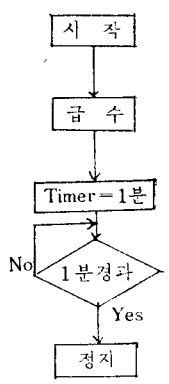
(a) 래더 다이아그램



(b) 타임 차아트



(c) 부울리안로직



(d) 플로우 차트

그림 3 시퀀스프로그램 方法

프로그램의 記入은 one-line 방법과 off-line 方法이 있는데 one-line 方法은 PC 장점 중의 하나이며 프로그램을 바꾸기 直前까지 現在의 制御를 계속할 수 있는 特性이 있다.

프로그램을 記入하는 장치로는 특별한 키에 의한 方法, thumbwheel 프로그래머에 의한 方法, CRT 에 의한 方法등이 있다. 메이커측에서는 시퀀스프로그램이나 기타의 프로그램을 記入장치에 入力시키는 요령을 제시하고 있으며 영구사용을 위하여 프로그램된 내용을 저장하는 PROM 을 구워서 사용하고 있다.

현재 미국에서는 약 150 個의 PC 가 製品化되어 있는데 이를 上記 分類방법으로 통계를 내면 표 2 에 주어진 것과 같다. PC 에는 외부 컴퓨터와 데이터를 주고 받을 수 있는 連結장치가 있을 수도 있으며 RC 232C 가 가장 많이 사용되고 있다.

어떤 特定한 PC 가 갖고 있는 機能은 仕樣에 잘 나타나 있으며 그 代表의인 例를 표 3 에 나타내었다. 多樣한 PC 가운데 어떤 것을 선택할 것인가는 使用目的에 따라 仕樣을 잘 보고 선택하여야 한다. 入出力部에 관한 仕樣이 별도로 주어지기도 한다.

PC 의 一種이라고 생각되어 지는 것 중에 single loop general purpose controller 가 있는데 이것은 플랜트의 한 루우트를 制御하는데 1~4 個의 아나로그 入力, 1~2 個의 아나로그 出力, 2~8 個의 디지털 入出力을 갖고 있으며

표 2 PC 의 分類통계

(1) 최대 입출력 갯수

0-255	25%
256-1023	49%
1024-	26%

(2) 메모리 용량

1K-2K	20%
2K-12K	48%
12K-32K	20%
32K-48K	5%
64K-	7%

(3) 프로그래밍 언어

래더 다이어그램	38%
로직 타입	26%
클로우 카드	9.4%
어셈블러	8.6%
시퀀스 언어	4.9%
op-code	2.8%
기 타	

(4) 프로그램장치

비디오 디스플레이 장치	12%
프로그머	53.3%
RS232C	20.8%
휴대용 프로그래머	3.4%
패 널	8.6%
TTY	3.4%
카세트	4.4%
기 타	

표 3 代表의인 PC 任樣

전 력 원	115Vac±15% 230Vac±15% 47-63Hz 24Vdc±2V
주 위 온 도	0-60° C
상 대 습 도	5%-95%
최 대 입 출 력 수	256 점
프 로 그 램 방 법	래더다이어그램, 릴레이 로직
제 어 기 능	시퀀스 제어 : AND, OR, EX-OR, 타이머, 카운터, 래치, EQU 아나로그제어 : +, -, ×, ÷, PID, 진상지상제어
최 소 스 캔 시 간	10ms

# 講座

입력 과 의 격 리	1500Vdc
메 모 리 용 량	1024byte
메 모 리 종 류	EPROM, RAM(Battery backed)
컴 퓨 터 와 인 결	RS 232C 혹은 20mA 전류루우프
M T B F	10,000 시간

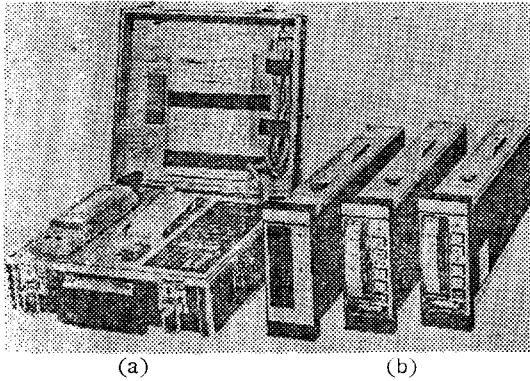


그림 4 프로그램장치(a) 및 single loop controller(b)  
프로세스제어에 많이 쓰이고 있다(그림 4).

이들 single loop controller는 로직 및 演算機能외에도, 타이머, 카운터, 선택機能, PID機能, feedforward機能, 다항식 近似機能 등 多様な 機能을 보유하고 있어 플랜트에 많이 使用되고 있는 현실이다.

## 5. 프로그래밍 方法

앞에서 언급한 바와 같이 PC에 使用되는 프로그램 方法은 여러가지가 있으며 시퀀스제어로는 4가지 方法을 소개한 바 있다. 대체로 이들 프로그램은 PC 製造會社에서 나온 프로그램用紙에 원하는 制御프로그램을 記入하고 이를 매뉴얼(manual)에 定해진 方法에 따라 PC에 記入하기 쉬운 形態로 바꾼후 PC에 入力시킨다. 프로그램을 PC에 記入하는 장차로는 프로그램 loader 혹은 프로그램 판넬을 使用하는데 特殊키에 의한 方法과 CRT에 의한 方法이 주종을 이루고 있다. 特殊키를 使用하는 경우에는 價格은 저렴하나 프로그램 作成과 변환의 두가지 作業을 해야하는 불편이 있다. CRT를 使用할 경우에는 두가지 方法이 있다. 첫번째는 CRT 키

Channel No.	Process No.	Process Name	Control Mode	Set Point	Output	Alarm	Notes
01	01	TEMP	PID	100	0		
02	02	PRESS	PID	50	0		
03	03	FLOW	PID	20	0		
04	04	LEVEL	PID	15	0		
05	05	PH	PID	7.0	0		
06	06	CONC	PID	1.0	0		
07	07	TEMP	PID	100	0		
08	08	PRESS	PID	50	0		
09	09	FLOW	PID	20	0		
10	10	LEVEL	PID	15	0		
11	11	PH	PID	7.0	0		
12	12	CONC	PID	1.0	0		
13	13	TEMP	PID	100	0		
14	14	PRESS	PID	50	0		
15	15	FLOW	PID	20	0		
16	16	LEVEL	PID	15	0		
17	17	PH	PID	7.0	0		
18	18	CONC	PID	1.0	0		
19	19	TEMP	PID	100	0		
20	20	PRESS	PID	50	0		
21	21	FLOW	PID	20	0		
22	22	LEVEL	PID	15	0		
23	23	PH	PID	7.0	0		
24	24	CONC	PID	1.0	0		
25	25	TEMP	PID	100	0		
26	26	PRESS	PID	50	0		
27	27	FLOW	PID	20	0		
28	28	LEVEL	PID	15	0		
29	29	PH	PID	7.0	0		
30	30	CONC	PID	1.0	0		

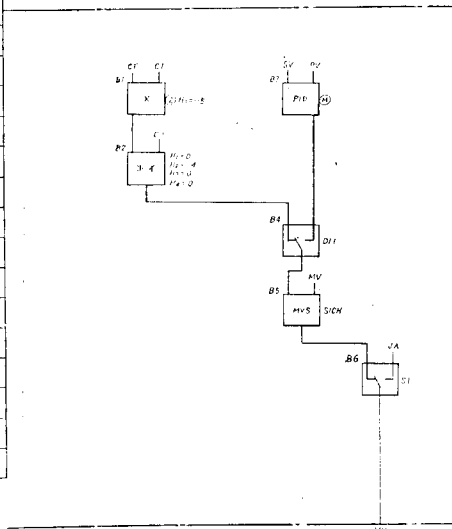


그림 5 One loop controller의 프로그램 용지

를 사용하여 원하는 번지에 데이터를 記入하는 방식이며 기존의 CRT가 있을때 프로그래머 구입비가 必要 없다는 것 외에는 特殊키 方法과 비슷한 機能이다. 두번째 方法은 CRT 화면에 래더 다이어그램등을 프로그램을 그리고 난후 PC의 變換프로그램에 의하여 PC 制御言語로 바뀌서 메모리에 기억시키는 方法이며 이 方法이 가장 편리하게 프로그램을 記入하는 方法이라 할 수 있다. 그림 5에는 one loop controller의 프로그램用紙를 나타내었으며 그림의 오른쪽에 제어에 필요한 프로그램을 블록선도로 作成한 후 매뉴얼에 따라 왼쪽에 PC의 프로그램 loader에 記入하는 위한 코드로 바꾼것을 나타내고 있다.

전술한 바와 같이 시퀀스制御에는 래더 다이어그램 방식이 가장 많이 사용되고 있으므로 그림 6(a)와 같은 보트스윗차를 눌렀을때 램프에 불이 들어오는 시스템을 예로들어 說明하기로 한다. 스타트 보튼(ST)를 누르면 솔레노이드 R에 전류가 흐른다. 그 결과 릴레이를 구동시키게 된다. 스타트보튼에서 손을 떼후에도 \*를 통하여 솔레노이드에 계속 電流가 흐르게 되며 릴레이가 \*\*도 구동시키므로 전구에 불이 계속 들어 오게 된다. 그림 6(b)에 PC에서 사용되는 래더·다이어그램 방식으로 表示하였다.

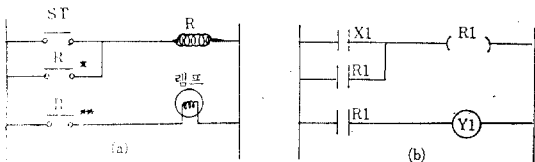


그림 6 램프 구동장치(a) 및 래더 다이어그램表示(b)

래더 다이어그램으로 프로그램된 것을 실제 PC에 記入하는 내용은 명령의 형태로서 나타내며 그림 7(a)와 같은 래더·다이어그램은 그림 7(b)와 같은 프로그램 記入 形態로 메모리에 入力시키며 그때의 STR, AND, OR, OUT 등의 간단한 로직규칙에 의하여 쉽게 作成할 수 있다 記入된 內容을 PC가 쉽게 해석하는 요령은 PC의 내부에 내장되어 있다.

프로그램방법은 다양하며 紙面관계상 상세한 言及은 피하기로 한다.

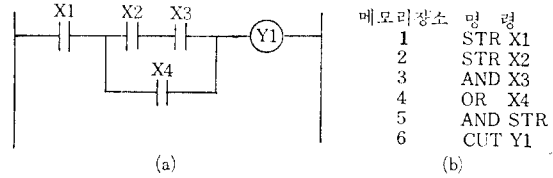


그림 7 래더 다이어그램(a)과 명령어 표시(b)

## 6. PC의 應用

PC는 初期에는 릴레이의 대체로 사용되었으며, 점점 機能이 다양화 해지면서 單獨設備의 自動制御에 많이 사용되고 있으며 프로세스制御와 같이 全工程을 自動化 할 경우인 分散制御 시스템에서는 그림 8에서 보는 바와 같이 直接 플랜트와 연결되어 DDC 動作을 행하게 된다.

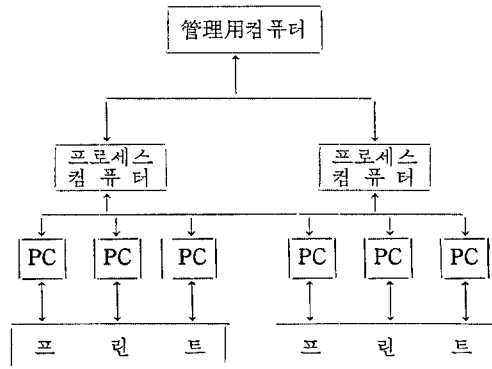


그림 8 分散制御 시스템에서의 PC

PC의 구체적인 적용에는 모두 나열할 수 없을 정도로 많으며 그 중 一部分을 열거하면 용접로봇, 기계作動에 사용되는 드럼타이머 대체용, 加熱器나 냉방기制御로서 에너지消費절감, 보일러 制御, 自動倉庫制御, 모우터 제어, 溫度, 壓力, 유량등의 프로세스 制御等이 있다.

## 7. 結 論

PC는 機能이 고급화 되어 감에 따라 범용 마  
大韓機械學會誌/Vol. 23, No. 5, 1983/375

## ■ 講 座

이크로컴퓨터나 미니컴퓨터와 점점 비슷하여 가는 듯 하나 制御에 固有한 알고리즘, 다양한 入出力部, 견고성 등으로 인하여 專用的 制御시스템에는 PC가 많이 사용되고 있다. 마이크로프로세서의 등장으로 PC는 高級化되고 있으며 PC는 産業分野에 알맞는 特殊컴퓨터라고 생각할 수 있다. 多種의 PC가 存在하기 때문에 적절한 選擇 및 使用을 위해서 PC에 관한 知識이 必要하게 된다. 現在 國內에서도 PC에 관한 應用技術에 관심이 높아지고 있으며 國産화가 시급한 실정이다. 저희 大學校를 포함하여 一部業體에서 國産화가 시도되고 있다.

### 참 고 문 헌

- (1) 김원철·권옥현, 프로그램형 制御器의 研究動向, 기술보고서 ISL-83-01, 制御計測工學科, 서울大學校, 1983.
- (2) "programmable controller", 大韓電氣協會誌 1982. 12~1983. 3.
- (3) Toshiba one loop Controller Technica Manual, Toshiba.
- (4) "PC Course", Instrument and Control Syatems, Feb.—Oct., 1980.
- (5) J. Hickey, "Programmable Controller roundup", Instrument and Control Systems, July, 1981.
- (6) M. Euringer, "A programmable lontroller for monitoring and safty functions", Process Automation, pp. 31~36, 1982.
- (7) R. Merritt, "Some PC application ideas", Instruments and Control Systems, Jan. 1982.
- (8) J.D. Langhans, "The programmable controller in a continuous process" Control Engineering, Jul. 1972.
- (9) V.J. Maggioli, "programmable controllers in process control applications", IEEE Trans. Industry Application, Vol. 1A-15, Nov. 1979.
- (10) L. Teschler, "Differences shrink between Computers and Pcs", Machine design, Jun. 1981.
- (11) R.C. Ruhl, "The control language challenges high-level compilers and programmable controllers", Control Engineering, Nov., 1976.
- (12) D.A. Penz P.E., "Organizing PC software developmest," Istruments and Control Systems, Mar., 1982.

