

การออกแบบและสร้างเครื่อง PABX-1 ตอน 2

Desing and construction of PABX-1 phase II

อ.มงคล ลิ้มประกอบบุญ*

บทคัดย่อ

สืบเนื่องจากการออกแบบและการสร้างเครื่อง PABX-I ระยะแรก ซึ่งลงพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมสาร ม.ช. ฉบับที่ 1 ปีที่ 15 เกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างเครื่องซึ่งเป็นโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ แต่ในฉบับนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติทางด้านซอฟต์แวร์ของเครื่อง PABX-I รวมทั้งความสามารถในการสั่งการ ซึ่งประกอบด้วย

1. คำสั่งปกติ (Normal instruction)
2. คำสั่งเรียกระบบ (System call instruction)

1. การทำงานพื้นฐาน

เมื่อเริ่มเปิดเครื่อง PABX-I การทำงานของเครื่อง PABX-I จะขึ้นอยู่กับการทำงานของซีพียู (CPU) เบอร์ Z-80 บนแผงวงจรซีพียูและหน่วยความจำ ซึ่งการทำงานนี้จะขึ้นอยู่กับคำสั่งที่เขียนไว้ในหน่วยความจำถาวร (ROM) ที่ตำแหน่ง 0000H - 0FFFFH โดยมีการทำงานตามลำดับดังนี้

- 1) กำหนดค้ายูเซอร์สแต็ก (User Stack) ที่ตำแหน่ง 1796H
- 2) กำหนดพอร์ท IC เบอร์ 8255 โดยกำหนดให้พอร์ท A และพอร์ท B เป็น Output พอร์ท C ส่วนล่างเป็น Output และพอร์ท C ส่วนบน เป็น Input

* อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

- 3) ตรวจสอบการก่อกำเนิด RE-BOOT (ก่อกำเนิด ERTURN พร้อมกับก่อกำเนิด RESET)
- 4) ตรวจสอบการก่อกำเนิด SELF-TEST (ก่อกำเนิด F พร้อมกับก่อกำเนิด RESET)
- 5) ตรวจสอบการขอ AUTO START ตำแหน่ง 17FFH ด้วยค่า A3H ถ้ามีให้กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง 1000H
- 6) ตรวจสอบการขอ AUTO START ตำแหน่ง 1FFFH ด้วยค่า A3H ถ้ามีให้กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง 1800H
- 7) ตรวจสอบการขอ AUTO START ตำแหน่ง 27FFH ด้วยค่า A3H ถ้ามีให้กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง 2000H
- 8) กำหนดค่าเริ่มต้นภายในหน่วยความจำ (Working area) ระหว่าง 1780H ถึง 17FFH
- 9) กำหนดค่าตำแหน่งเริ่มต้นโปรแกรมทำงานที่ 1000H และจำนวนสแต็ปเท่ากับ 1
- 10) แสดงอักษร PA 1.0 วิ่งจากขวาไปซ้ายทีละ 1 ตัวอักษร
- 11) กำหนดค่าโปรแกรมเคาเตอร์ PC เท่ากับ 1000H และชี้สแต็ก SP เท่ากับ 1780H
- 12) เข้าสู่สภาวะปกติ เพื่อรอรับสัญญาณจากปุ่มกด แล้วจึงทำงานต่อไป

2. การทำงานตามคำสั่งปกติ

เมื่อเครื่อง PABX-I เข้าสู่สภาวะปกติ เครื่อง PABX-I ก็พร้อมที่จะทำงานตามขั้นตอนต่อไป ซึ่งขึ้นอยู่กับอันดับการก่อกำเนิด ประกอบด้วยปุ่มกด 3 ชนิด คือ

- 2.1 ปุ่มกดตัวเลขฐาน 16 จำนวน 16 ปุ่ม
- 2.2 ปุ่มกดคำสั่งพื้นฐาน จำนวน 8 ปุ่ม
- 2.3 ปุ่มกดฟังก์ชัน จำนวน 32 ปุ่ม

2.1) การทำงานของปุ่มกดตัวเลขฐาน 16

เมื่อเครื่อง PABX-I อยู่ในสภาวะปกติ เครื่องจะทำการรับข้อมูลจากปุ่มกดซึ่งเป็นปุ่มกดชนิดข้อมูลตัวเลข และจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ KEYIN ตำแหน่ง 17FBH แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้อามาแสดงผลบนหน่วยแสดงผล ปุ่มกดตัวเลขฐาน 16 มีดังนี้

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E และ F

2.2) การทำงานของปุ่มกดคำสั่งพื้นฐาน

ขณะเครื่อง PABX-I อยู่ในสภาวะปกติ เครื่องจะทำการรับคำสั่งจากปุ่มกดเช่นกัน แต่ไม่มีการแสดงค่าของปุ่มกดคำสั่ง โดยจะไปทำงานตามคำสั่งของปุ่มกดนั้นๆ แล้วจึงนำผลลัพธ์จากการทำงานมาแสดงผลภายหลัง ปุ่มกดคำสั่งพื้นฐานมีดังนี้

RESET : Sytem reset
DATA : Data setting
INC : Increment address by one
DEC : Decrement address by ont
FUNC : Function key
RETURN : Execte program

ปุ่มกด RESET มีหน้าที่ทำให้การทำงานของเครื่อง PABX-I หยุดการทำงานทันที และกลับไปเริ่มทำงานใหม่ที่ตำแหน่ง 000H โดยจะแสดงตัวอักษร RESET ในลักษณะของเซเวนเซ็กเมนต์ฟอร์แมต (7-Segment format) บนหน่วยแสดงผลชั่วคราวหนึ่ง จากนั้นจึงจะเข้าสู่สภาวะปกติ โดยแสดงเครื่องหมาย "-" บนหลักซ้ายสุดของหน่วยแสดงผล

ปุ่มกด DATA มีหน้าที่ ขอบุ้ เปลี่ยนแปลง แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำซึ่งการกดปุ่มนี้จะต้องสัมพันธ์กับข้อมูลตำแหน่งแอดเดรส (Adress) ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้วจึงจะสามารถกด

ปุ่ม DATA ไคซึ่งจะทำให้ข้อมูลตำแหน่งที่กำหนดไว้ถูกนำมาแสดงผลและพร้อมที่จะแก้ไขข้อมูลภายในไคท์สำหรับหน่วยที่เป็นหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) สามารถแก้ไขข้อมูลไคแต่สำหรับตำแหน่งที่เป็นหน่วยความจำถาวร (ROM) จะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลไค

ปุ่มกด INC และปุ่มกด DEC มีหน้าที่เพิ่มหรือลดค่าตำแหน่งแอดเดรสขณะนั้นสำหรับกรณีข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำ แต่สำหรับในสภาวะปกติปุ่มกด INC จะมีหน้าที่ตอบรับ (Interaction) การโต้ตอบระหว่างเครื่อง PABX-I กับผู้ใช้ (User) สำหรับปุ่มกด DEC จะมีหน้าที่ลบข้อมูลที่ผิดพลาดก่อนหน้านี้

ปุ่มกด RETURN มีหน้าที่สั่งให้เครื่อง PABX-I กระโดดไปทำงานในตำแหน่งแอดเดรสที่กำหนดไว้ก่อนกรณีที่ไม่มีกำหนดตำแหน่งแอดเดรสเครื่องจะกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรมอยู่ที่ตำแหน่ง 1000H เสมอ

ปุ่มกด FUNC มีหน้าที่สั่งให้เครื่อง PABX-I ทำตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้ในหน่วยความจำถาวร (ROM) หรือเรียกว่าโปรแกรมมอนิเตอร์ (Monitor) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ฟังก์ชัน 1 และฟังก์ชัน 2 ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อการทำงานของปุ่มกดฟังก์ชันต่อไป

2.3) การทำงานของปุ่มกดฟังก์ชัน

ขณะเครื่อง PABX-I อยู่ในสภาวะปกติ เครื่องจะทำการรับคำสั่งจากปุ่มกดโดยเฉพาะปุ่มกดฟังก์ชัน การทำงานของปุ่มกดฟังก์ชันแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ฟังก์ชัน 1 และฟังก์ชัน 2 ถ้ามีการกดปุ่ม FUNC หลายครั้ง จะทำให้ฟังก์ชันเปลี่ยนสลับไปสลับมา (Togger) ฟังก์ชันเดิมซึ่งเป็นฟังก์ชัน กลายเป็นฟังก์ชัน 2 หรือถ้าฟังก์ชัน 2 กลับกลายเป็นฟังก์ชัน 1 อีก ซึ่งการแสดงผลจะเป็นดังนี้

การกดปุ่มจากซ้ายไปขวา	หน่วยแสดงผล
RESET	-
FUNC	Func. 1
FUNCd	Func. 2

การใช้โปรแกรมฟังก์ชันต่าง ๆ ของเครื่อง PABX-I จะต้องรวมกับการกดปุ่มข้อมูล ซึ่งได้แก่ 0 ถึง F โดยอยู่ในโหมดฟังก์ชัน 1 จำนวน 16 ฟังก์ชัน และอยู่ในโหมดฟังก์ชัน 2 จำนวน 16 ฟังก์ชัน รวมเป็น 32 ฟังก์ชัน ดังนี้

FUNC	+	0	:	Set beep on/off
FUNC	+	1	:	Call user setup
FUNC	+	2	:	Set program counter
FUNC	+	3	:	Set program register
FUNC	+	4	:	Move data block
FUNC	+	5	:	Change data (Hex code)
FUNC	+	6	:	Edit data (insert/delete)
FUNC	+	7	:	Set number of step counter
FUNC	+	8	:	Save data to cassette tape
FUNC	+	9	:	Load data from cassette tape
FUNC	+	A	:	Compare block data
FUNC	+	B	:	Compare hex data
FUNC	+	C	:	Set break address
FUNC	+	D	:	Calculate relative address
FUNC	+	E	:	Find data (Hex code)
FUNC	+	F	:	Fill data (Hex code)
FUNC	+	FUNC	+	0 : Show status (Break, User, Restart)
FUNC	+	FUNC	+	1 : Set user pointer
FUNC	+	FUNC	+	2 : Clear all RAM

FUNC	+	FUNC	+	3	:	Clear all RAM
FUNC	+	FUNC	+	4	:	Input data port
FUNC	+	FUNC	+	5	:	Output data port
FUNC	+	FUNC	+	6	:	Hex to decimal conversion
FUNC	+	FUNC	+	7	:	Show repeat data block
FUNC	+	FUNC	+	8	:	Set NMI address
FUNC	+	FUNC	+	9	:	Loading data from Apple II
FUNC	+	FUNC	+	A	:	Clear all break address
FUNC	+	FUNC	+	B	:	Clear all restart address
FUNC	+	FUNC	+	C	:	Set restart 20H address
FUNC	+	FUNC	+	D	:	Set restart 28H address
FUNC	+	FUNC	+	E	:	Set restart 30H address
FUNC	+	FUNC	+	F	:	Set restart 38H address

3. การทำงานตามคำสั่งเรียกระบบ

คำสั่ง System call เป็นการทำงานผ่านการเรียกใช้ ขั้วพินยอมหรือโปรแกรมย่อย (Utility Subroutine) ที่มีอยู่ในมอนิเตอร์ โดยอ้างถึงข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์ A และคำสั่ง RESTART ที่ 10H (Rst10H) หรือออกพโคด (Op-code) เท่ากับ D7H ซึ่งโปรแกรมจะทำงานเหมือนกับคำสั่ง CALL เพื่อไปยังขั้วพินที่อยู่ในมอนิเตอร์รายละเอียดขั้วพินยอมแสดงไว้ในตารางที่ 1

CODE	FUNCT	INPUT	OUTPUT	REGISTER USED
00	MON	-	-	DON'T CARE
01	SOUND	C,HL	-	A
02	SCAN	(DISPY)	A,(KEYIN)	ABCDEHL B'H'L'(STOREX)
03	CLEAR	-	-	ABHL
04	SCAND	(DISPY),B	-	ABDEHL
05	SCANK	(DISPY)	(KEYIN)	ABEHL B'H'L'
06	PACK	(DISPY)	(BUF)	ABCDEHL
07	UNPK	(BUF)	(DISPY)	ABDEHL
08	IN2	B,(1Y)	A,(IX)	ABCDEHL B'H'L' IX (STOREX)
09	IN4	B,HL	HL	ABCDEHL B'H'L'(STOREX)(STOREY)
0A	HTOD	(CBUF) 2-left	(CBUF) 4-right	ABCHL
0B	DTOD	(CBUF) 4-right	(CBUF) 2-left	ABCHL
0C	PRINT	B,C,DE	-	ABCDEHL
0D	READY	-	-	ABCDEHL B'H'L'(STOREX)
0E	HBEEP	-	-	ABCHL
0F	DELAY	B	-	AB
10	MONI	(DISPY)	-	DON'T CARE
11	BACK	-	-	DON'T CARE
12	ERRST	-	-	DON'T CARE
13	ONFK	IX	-	ABCDEHL B'H'L' (STOREX)
14	SONGS	D,IX	-	ABCDHL IX
15	TITLE	-	-	ABCDHL IX
16	COMP16	IX,BC	F	AHL
17	TABLE	B,HL	HL	ABCDEHL
18	INSP	-	(START)(FINAL)	ABCDEHL B'H'L'(STOREX)(STOREY)
19	IND	-	(DEST)	ABCDEHL B'H'L'(STOREX)(STOREY)
1A	RDBYTE	-	D	ABCDE
1B	WRBYTE	D	-	ABCD
1C	SOUND1	HL	-	AB
1D	SOUND2	HL	-	AB
1E	LBEEP	-	-	ABCHL
1F	MOVES	BC,DE,HL	-	ABCDEHL

ตารางที่ 1 รายละเอียดขบวนการย่อย

เริ่มต้นให้ถูกต้องก่อนใช้คำสั่ง system call หรือ rst10H ค่าเริ่มต้นนี้ประกอบด้วยรหัส (Code) ข้อมูลเข้า (Input) และข้อมูลออก (Output) ซึ่งการรหัสเป็นค่าข้อมูล

กำหนดการทำงานของแต่ละขั้วที่การหัดนี้จะต้องเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A เสมอโดยมีค่าไม่เกิน 1FH ส่วนข้อมูลเข้าและข้อมูลออกเป็นค่าข้อมูลกำหนดลักษณะการทำงานหรือค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงาน ค่าเหล่านี้จะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ต่างๆ ซึ่งแต่ละขั้วที่นจะใช้รีจิสเตอร์ต่างๆ กัน

4. การจัดตำแหน่งสภาวะต่าง ๆ

การจัดตำแหน่งสภาวะต่างๆ (Status) ของเครื่อง PABX-I เป็นการกำหนดพื้นที่ในหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) สำหรับเก็บสภาวะต่างๆ ที่เกิดจากการทำงานเครื่อง PABX-I จะกำหนดพื้นที่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บสภาวะต่าง ๆ ดังนี้

	1000	.OR	1780H	
	1010	.TA	2000H	
	1020	*-----		
	1030	* RAM BUFFER AND WORKING AREA		
	1040	*-----		
1780-	1050	USP	.BS 16H	;SYSTEM STACK
1796-	1060	USRPC	.BS 02H	;USER STACK
1798-	1070	USRSP	.BS 02H	
179A-	1080	USRIF	.BS 02H	
179C-	1090	USRIX	.BS 02H	
179E-	1100	USRIY	.BS 02H	
17A0-	1110	USRAF	.BS 02H	
17A2-	1120	USRBC	.BS 02H	
17A4-	1130	USRDE	.BS 02H	
17A6-	1140	USRHL	.BS 02H	
17A8-	1150	USRA1	.BS 02H	
17AA-	1160	USRB1	.BS 02H	
17AC-	1170	USRD1	.BS 02H	
17AE-	1180	USRH1	.BS 02H	
17B0-	1190	USRKEY	.BS 20H	
17D0-	1200	RST20	.BS 02H	;RESET STACK
17D2-	1210	RST28	.BS 02H	
17D4-	1220	RST30	.BS 02H	
17D6-	1230	RST38	.BS 02H	
17D8-	1240	RST66	.BS 02H	
17DA-	1250	BRK	.BS 02H	;SYSTEM BUFFER
17DC-	1260	ADDR	.BS 02H	
17DE-	1270	START	.BS 02H	
17E0-	1280	FINAL	.BS 02H	
17E2-	1290	DEST	.BS 02H	
17E4-	1300	HEX	.BS 01H	
17E5-	1310	PORT	.BS 01H	
17E6-	1320	NSTEP	.BS 01H	
17E7-	1330	DISPY	.BS 08H	
17EF-	1340	BUF	.BS 03H	
17F2-	1350	CBUF	.BS 05H	
17F7-	1360	STOREX	.BS 02H	
17F9-	1370	STOREY	.BS 02H	
17FB-	1380	KEYIN	.BS 01H	
17FC-	1390	REPDLY	.BS 01H	
17FD-	1400	SYSFAG	.BS 01H	
17FE-	1410	PWCODE	.BS 01H	
17FF-	1420	GAIN	.BS 01H	
	1430	*		

ตารางที่ 2 การจัดตำแหน่งสภาวะต่าง ๆ

5. ตัวอย่างโปรแกรมการทำงาน

ตัวอย่างโปรแกรมการทำงานมี 15 โปรแกรม ที่ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลบนเครื่อง PABX-I แล้วสั่งการทำงานได้ทันที รายละเอียดลักษณะโปรแกรมมีดังนี้

Address	(แถวที่ 1) = ตำแหน่งแอดเดรสที่จะป้อนข้อมูล
Hex-code	(แถวที่ 2) = ข้อมูลที่จะป้อนในตำแหน่งแอดเดรสนั้นๆ
Line number	(แถวที่ 3) = หมายเลขบรรทัด
Label	(แถวที่ 4) = ชื่อตำแหน่งอ้างอิง
Mnemonic	(แถวที่ 5) = คำสั่งการทำงานในภาษา Mnemonic-code
Comment	(แถวที่ 6) = รายละเอียดชี้แจงการทำงาน

โปรแกรมเหล่านี้เขียนขึ้นในรูปของภาษา Mnemonic แล้วจึงทำการแปลภาษาเป็นภาษาเครื่อง (Hex-code) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ Z-80 SC-MACRO ASSEMBLER ของบริษัท S-C SOFTWARE CORPORATION P.O.BOX 280300 DALLAS, TX 75228 ซึ่งใช้บนเครื่อง Apple II ภายหลังการสั่งแปลภาษาเครื่องแล้ว โปรแกรมสำเร็จรูปจะให้ข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

SYMBOL TABLI = ตารางรวบรวมชื่อตำแหน่งอ้างอิงทั้งหมดที่ได้จากการแปลภาษาเครื่อง

OOOO ERROR IN ASSEMBLY = หมายถึงไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นจากการแปลภาษาเครื่อง

-:*กรณีเกิดความผิดพลาด เครื่องจะแสดงสิ่งผิดพลาดนั้น*:-

6. สรุป

เครื่อง PABX-I เป็นเครื่องเอนกประสงค์ สามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่อง PABX-I สามารถใช้เป็นเครื่องมือเรียนรู้คำสั่งต่างๆ ของ ซีพียู (CPU) เบอร์ Z-80 ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะเครื่อง PABX-I สามารถป้อนโปรแกรมการทำงานและสามารถสั่งให้ทำงานได้ทันที และประการสำคัญเครื่อง PABX-I มีปุ่มกดฟังก์ชัน (Function key) และคำสั่งเรียกระบบ (System call) ซึ่งผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการเรียกใช้ขั้นสุดท้ายอยู่ในโปรแกรมมอนิเตอร์ประเภทสุดท้ายเครื่อง PABX-I มี Auto ถึง 3 ตำแหน่ง ซึ่งทำให้เครื่อง PABX-I ทำงานได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านสภาวะปกติหรือผ่านการสั่งการโดยการกดปุ่มผู้ที่สนใจจะสร้างเครื่อง PABX-I สำหรับทดลองใช้เอง สามารถติดต่อคัดลอก (Copy) โปรแกรมมอนิเตอร์คู่มือการใช้งาน และรายละเอียดอื่นๆ ได้โดยตรงตามที่อยู่ดังนี้ อ.มงคล ลิ้มระกอบบุญ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002