เครื่องตั้งสายกีตาร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

(GUITAR SOUND SETTING USING MICROCONTROLLER)

โดย

กรันต์ เร่งประเสริฐ

วัน เดือน ปี.....29 ก.ย. 2541.....
เลขทะเบียน.....038034.....
เลขเรียกหนังสือ.....T ๑๑๑๕๔ ก 151ค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038034

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2539

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตั้งสายกีตาร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

(GUITAR SOUND SETTING USING MICROCONTROLLER MCS - 51)

ผู้จัดทำ

นาย กรันต์ เร่งประเสริฐ 36013275

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตั้งสายกีตาร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

(GUITAR SOUND SETTING USING MICROCONTROLLER MCS - 51)

โดย

กรันต์ เร่งประเสริฐ 36013275

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์

บทคัดย่อ

การใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยในการตั้งสายกีตาร์โดยอาศัยการทำงานของ Timer ภายใน MCS-51 เป็นตัววัดคาบเวลาของสัญญาณที่ได้มาจากกีตาร์ไฟฟ้า โดยนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่คำนวณไว้ว่าตรงกับเสียงของโน๊ตใดและอยู่ในตำแหน่งอะไร แล้วให้ MCS-51 ทำการแสดงผลตามผลของการเปรียบเทียบนั้น

ABSTRACT

The used of Microcontroller to setting the string of the guitar is the useful of the timer in MCS-51. The timer in MCS_51 is measure the time period of the signal coming from electric-guitar. The measure is period of the guitar's sound and MCS-51 compare that to the standard value which calculated before .The result of compare is to display by mcs-51 itself.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

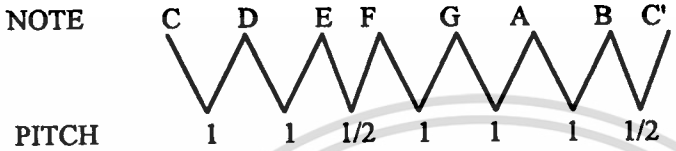
		หน้าที่
บทที่ 1	บทนำ	1_1
บทที่ 2	ทฤษฎีเบื้องต้น	2_1
	- ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์	
	- โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์	
	- โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	
บทที่ 3	การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์	3_1
บทที่ 4	การทดลองและการพัฒนา	4_1
บทที่ 5	บทสรุปและการพัฒนา	5_1
ภาคผนวก		
บรรณานุกรม		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การตั้งสายกีตาร์ เป็นการตั้ง ความถี่ของสายกีตาร์ ให้ตรงกับค่าความถี่มาตรฐาน ซึ่งในหมู่นักดนตรีทั่วไปจะไม่เข้าใจถึงความถี่ มากนักแต่จะรู้จักแต่ โน๊ตซึ่งมีอยู่ 7 ตัวด้วยกันคือ A, B, C, D, E, F และ G ซึ่งแต่ละโน๊ตจะมีช่วงความถี่เสียงที่แตกต่างกัน เรียกว่า ขั้นคู่ของเสียง ซึ่งเสียงทั้ง 7 เสียง ที่กล่าวมามีขั้นคู่เสียงที่ไม่เท่ากันดังรูปที่ 1



รูปที่ 1

จากรูปที่ 1 เป็นภาพที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง หรือช่วงห่างของแต่ละเสียงซึ่งนักดนตรีทุกคนจะรู้จักกันเป็นอย่างดี แต่ในทางทฤษฎีแล้วเราจะต้องมองในแง่ของความถี่เสียงและช่วงห่างของแต่ละเสียงซึ่งได้มีมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ดังในตารางที่ 1

FREQUENCY TABLE

C	C#	D	D#	G#	A	A#	B
16.351	17.323	18.354	19.445	25.956	27.5	29.135	30.867
32.703	34.647	36.708	38.89	51.913	55	58.27	61.735
65.406	69.295	73.416	77.781	103.826	110	116.54	123.47
130.812	138.591	146.832	155.563	207.652	220	233.081	246.941
261.625	277.182	293.664	311.126	415.304	440	466.163	493.883
523.251	554.365	587.329	622.253	830.609	880	932.327	987.766
1046.502	1108.73	1174.059	1244.507	1661.218	1760	1864.654	1975.532
2093.004	2271.46	2344.318	2489.014	3322.436	3520	3729.308	3951.064
4186.008	4434.92	4698.636	4978.028	6644.872	7040	7458.616	7902.128
8372.016	8869.84	9397.272	9956.056	13289.74	14080	14917.23	15804.26
16744.03							

ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

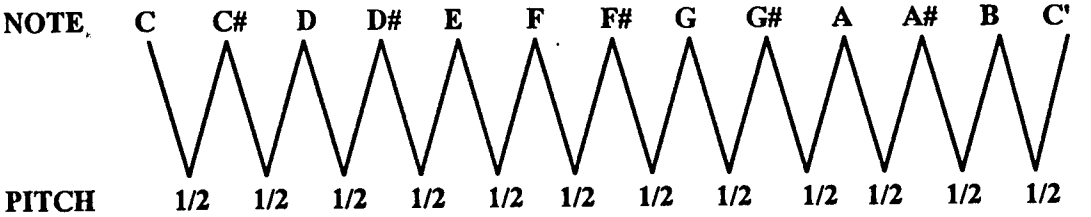
E	F	F#	G		
20.601	21.826	23.124	24.499	CCCC itch	16.351 Hz is the lowest note of 32 ftp
41.203	43.653	46.249	48.999	CCC pitch	32.703 Hz is the lowest note of 16 ft
82.406	87.307	92.408	97.998	CC pitch	65.406 Hz is the lowest note of 8 ft
164.813	174.614	184.997	195.997	C the	261.625 Hz is the so called middle c of
329.627	349.228	369.994	391.995		keyboard
659.255	698.456	739.988	783.991		
1318.51	1396.912	1479.976	1567.982		
2637.02	2793.824	2959.952	3135.964		
5274.04	5587.648	5919.904	6270.928		
10548.08	11175.3	11839.81	12541.86		

ตารางที่ 1

จากตารางจะเห็นว่า มี โนต์ที่มีเครื่องหมาย # ต่อจากตัวโนต์บางตัว เครื่องหมายนี้มีความหมายว่าเป็นการยกระดับของเสียงของตัวโนต์นั้นๆ ให้สูงขึ้นไปอีกครึ่งเสียงเมื่อจำเป็นต้องใช้เสียงมากกว่า ทั้ง 7ตัวนั้น สาเหตุที่ต้องใช้ก็เพราะว่าการเล่นดนตรี ที่เล่นซ้ำๆกันเพียง 7 เสียงเป็นสิ่งที่น่าเบื่อ ดังนั้นจึงได้คิดค้นให้มีการเล่นเสียงที่แตกต่างไปจากเสียง ทั้ง 7เสียงนั้น

ในรูปที่ 1 นั้นเป็นรูปแบบมาตรฐานในการเล่นดนตรีเท่านั้นซึ่งรูปแบบนี้ทางดนตรีเรียกว่า สเกล (scale) และเรียกเสียงทั้ง 7 เสียงที่เล่นต่อเนื่องกันในเวลาเดียวกันว่า KEY C MAJOR

แต่จะมีสเกลประเภทหนึ่งที่ไม่มีการเว้นระยะห่างระหว่างเสียงแบบที่แสดงให้เห็นอยู่นี้ นั่นคือ เสียงทุกเสียงจะถูกเล่นออกมา โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างขั้นคู่เสียง คือเสียงทุกๆ เสียงในสเกลนี้ มีระบะห่างของขั้นคู่เสียงที่เท่ากันทั้งหมด สเกลที่กล่าวถึงนี้เรียกว่า สเกล โครเมติก (Chromatic Scale) ซึ่งจะมีระยะห่าระหว่างเสียงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ก็เพื่อแสดงให้เห็นว่า สเกล โครเมติกนั้นเป็นสเกลที่มีเสียงที่ไล่เรียงกันไปตามความถี่ โดยไม่มีการเว้นระยะห่างดังเช่น สเกล MAJOR เสียงของสเกลนี้จะไม่น่าฟังเป็นอย่างมากแต่เป็น สเกลที่ใช้ในการตั้งเสียงได้ดี ด้วนเหตผลข้างต้น หากมามองในแง่การเล่นกีตาร์ นั่นคือการเล่นเสียงทุกเสียงที่สามารถจะเล่นได้บนคอกีตาร์นั่นเอง

เฟรตที่ ..	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
สายที่ 1	E	F		G		A		B	C		D
สายที่ 2	B	C		D		E	F		G		A
สายที่ 3	G		A		B	C		D		E	F
สายที่ 4	D		E	F		G		A		B	C
สายที่ 5	A		B	C		D		E	F		G
สายที่ 6	E	F		G		A		B	C		D

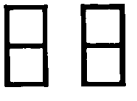
รูปที่ 3

จากภาพข้างบนจะเป็นการจำลองคอกีตาร์เพื่อแสดงตำแหน่งของเสียงต่างๆที่กล่าวไว้

การตั้งสายกีตาร์จัดว่าเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและต้องใช้ประสบการณ์เป็นอย่างสูง และหากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถ แยกแยะเสียงด้วยการฟังแล้วย่อมจะทำให้การตั้งสายกีตาร์มีความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี อุปกรณ์ที่ช่วยเหลือในการนี้ นั่นคือเครื่องตั้งสายกีตาร์ ที่ช่วยในการตั้งสายให้มีเสียงที่ถูกต้องโดยไม่จำเป็นต้องใช้การฟัง

เครื่องตั้งสายนี้จะเป็นเพียงตัวแสดงผลการปรับแต่ง ในขณะตั้งเสียง โดยไม่จำเป็นต้องใช้เสียงมาตรฐานใดๆโดยการนำเอาสัญญาณกีตาร์มาวัดหาคาบของสัญญาณกีตาร์ด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จากนั้นก็ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแสดงผลที่ ตรงกับค่าที่วัดได้นั้นออกมา ซึ่งการแสดงผล นี้จะยึดในหลักการที่ว่า ผู้ใช้สามารถที่จะเข้าใจได้โดยง่าย

นั่นคือรูปแบบการแสดงผลของคาบสัญญาณหรือความถี่ ที่วัดได้ จะถูกแสดงในอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การแสดงผลในรูปของ โน๊ต และสถานะของสายดังนี้

HIGH LOW &MID  2 DIGITS SEVENT SEGMENT

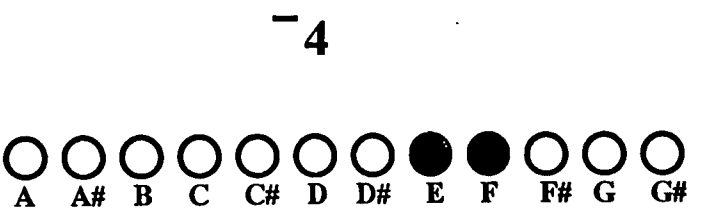
รูปที่ 4

12 LED DISPLAY FOR NOTE

การแสดงผลจะเป็นแบบแสดงทั้งตัวโน๊ต และสถานของสายดังเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการตั้งสายที่ 4 แต่ยังไม่ได้เสียงที่ตรงอย่างเช่นเสียงที่ได้มีความถี่ของเสียงที่สูงกว่าเสียงมาตรฐานการแสดงผลจะเป็นเช่นนี้



รูปที่ 5

นั่นคือเสียงที่ได้จะเป็นเสียงที่มีความอยู่ระหว่างเสียง E และ เสียง F แต่หากเราปรับเสียงให้ลดความถี่ลงไปจนได้ การแสดงผลจะเป็นดังนี้

รูปที่ 6

ความหมายของการแสดงผลนี้ก็คือ เสียงที่วัดได้เป็นเสียงของ โน๊ต D และเป็นเสียงที่ควรจะเป็นเสียงของสายที่ 4 ซึ่งนั้นคือ ไมโครคอนโทรเลอร์สามารถวัดคาบเวลาของสัญญาณกีตาร์ได้เท่ากับ 6.81 มิลลิวินาที หรือเป็นความถี่จะได้เท่ากับ 146.82 Hz ส่วนรายละเอียดในการคำนวณจะกล่าวถึงอย่างละเอียดในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีเบื้องต้น

การนำไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ในการปรับแต่งสายกีตาร์ เน้นที่ประโยชน์ของตัว Timer เป็นสำคัญ ค่าการจับเวลาหรือนับ clock ภายในของ Timerมีค่าที่แน่นอนและสามารถทราบค่าได้จากความถี่ของ crystal ที่ใช้ ด้วยประโยชน์นี้ที่ทำให้สามารถที่จะวัดความถี่ของสัญญาณใดๆ ที่สร้างขึ้นจากสัญญารกีตาร์ ค่าใน Timer ที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่คำนวณไว้ของสายใดๆ และแสดงผลตามสถานะของสายนั้นๆ

การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานในโครงงานนี้จึงต้องไปเน้นอยู่ที่การทำความเข้าใจในเรื่องของไทม์มิ่งและ การควบคุมและสั่งงาน ให้ Timer ภายในตัว MCS-51 ทำงานตามจุดประสงค์เพราะฉะนั้นในบทนี้ จะเป็นการกล่าวถึงพื้นฐานที่สำคัญๆ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS - 51 ,มีรีจิสเตอร์พิเศษที่สามารถเลือกใช้งานเป็น ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง (นับจำนวน แมชชีนไซเกิลหรือนับจำนวนพัลส์ที่เกิดขึ้นภายนอกชิป) รีจิสเตอร์ ประเภทนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว แต่ละตัวมีขนาด 16 บิต โดยมีชื่อเรียกว่าไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 ประกอบขึ้นจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL0 ,TH1 ส่วนรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ 1 ประกอบ ขึ้นจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL1,TH1 รีจิสเตอร์ ไทม์เมอร์ 0 ไทม์เมอร์ 1 สามารถกำหนดใช้งานเป็น ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตออย่างใดอย่างหนึ่งได้ในการทำงานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

ไทม์เมอร์ : ค่าในรีจิสเตอร์ ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทุกๆแมชชีนไซเกิล ดังนั้นจึงสามารถคิดว่าในขณะทำงานเป็นไทม์เมอร์หมายถึงใช้เป็นตัวนับจำนวนแมชชีนไซเกิลได้เนื่องจากใน 1 แมชชีนไซเกิล ใดๆ ของ MCS - 51 ประกอบด้วย12 คาบสัญญาณออสซิลเลเตอร์ (OSCILLATOR) ดังนั้นอัตราเร็วในการนับ (COUNT RATE) ในการนับจึงมีค่าเป็น 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

เคาน์เตอร์ : ค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาน์เตอร์ ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทีละ หนึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะซึ่งตรวจจับได้จากขา T0 ,T1 ขึ้นอยู่กับรีจิสเตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานเป็นเคาน์เตอร์ในขณะนั้น การตรวจสอบการเปลี่ยนสถานะจะตรวจเฉพาะในขณะที่สัญญาณมีการเปลี่ยนสถานะจะตรวจเฉพาะในขณะที่สัญญานมีการเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 (1 to 0 transition)โดยมีรายละเอียด ในการตรวจสอบสัญญานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS - 51 จะตรวจสอบสถานะสัญญาณ ที่ขา T0 หรือ T1 โดยการตรวจสอบจะเกิดขึ้นในระหว่างสเตท 5 เฟส 2 ของแต่ละแมชชีน ไซเกิล รายละเอียด ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสถานะสัญญานที่แต่ละขาจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

นอกจากจะเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้แล้วในแต่ละการทำงานที่แยกย่อยไปอีกถึง 4 แบบ การทำงานทั้ง 4 ประเภทของไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1</u>

ไทม์เมอร 0 และไทม์เมอร์ 1 ทั้ง 2 ตัวมีอยู่ในไมโรคอนโรลเลอร์ MCS - 51 ทุกเบอร์ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยการกำหนดค่าบิต C/T ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD ดังแสดงในรูป 2.1 (ไทม์เมอร์ 0 ใช้บิต 2 ส่วน ไทม์เมอร์ 1 ใช้บิต 6) โดยหากบิตนี้มีค่าเป็น 1 หมายถึงการเลือกให้ทำงานเป็นเคาน์เตอร์ (นับจำนวนการเปลี่ยนสถานะจาก 1 เป็น 0 ที่ขา T0 หรือ T1)

<u>รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD (Timer / Counter Mode Control Register)</u>

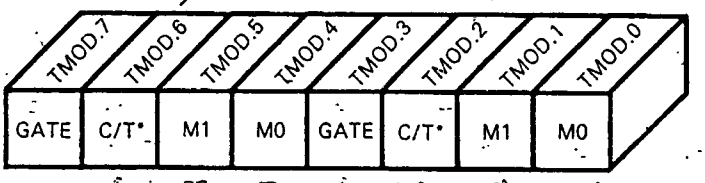
ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้

รีจิสเตอร์ที่ใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาส์เตอร์ทั้ง2 ตัวสามรถ ทำงานแตกต่ากันออกไป 4 แบบคือ โหมด 0, 1, 2, และ 3 โดยการเปิลยนค่าบิต M0 และ M1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD เช่นเดียวกับบิต C/T ดังแสดงในรูปที่ 2.1 การทำงานในโหมด 0, 1, 2 จะคล้ายๆกันสำหรับไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 แต่ในโหมด 3 รีจิสเตอร์ ที่ใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ทั้งสองตัวจะมีการทำงานที่ต่างออกไปจาก 3 โหมดแรกรายละเอียดการทำงานทั้ง 4โ หมดของรีจิสตอร์ทั้สองตัวมีดังนี้

<u>โหมด 0</u> สำหรับการทำงานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมด 0 ของ MCS-51 จะคล้ายกับใน MCS-48 นั่นคือรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต เป็นตัวนับ (แมชชีนไซเกิลหรือสัญญาณพัลส์ภายนอก) โดยมีการเพิ่มค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งที่นับสัญญาณ ได้ครบ 32 ครั้ง (สัญญาณอินพุตถูกหารด้วย 32)

ในการทำงานโหมดนี้ รีจิสเตอร์ที่พช้นับไม่ว่าจะถูกกำหนดการทำงานเป็นไทมเมอร์หรือเคาน์เตอร์จะถูก ใช้เพียง 13 บิต เท่านั้น (8 บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิตในรีจิสเตอร์ TH x) โดยในขณะที่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกเปลี่ยนจากเดิมที่เป็น 1 ทั้งหมดเป็น 0 ทั้งหมด (เกิด overflow) จะทำให้บิต Tfx (TF 0 หรือ TF 1) ถูกเซต สัญญาณที่ขา INT x(INT 0 , INT 1) มีค่าเป็น 1) รายละเอียดการทำงานของโหมดนี้มีดังแสดงใน รูปที่ 1 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บิต

GATE บิตเลือกการควบคุมให้รีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ทำงานโดยควบคุมจากฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ดังนี้

- เมื่อบิต TRx (TR0,TR1) และ GATE ถูกเซต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์จะทำงานต่อเมื่อสถานะที่ขา INTx (INT0,INT1) มีค่าเป็น 1 (ควบคุมจากฮาร์ดแวร์)
- เมื่อบิต GATE ถูกเคลียร์ ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์จะทำงานก็ต่อเมื่อบิต TRx ถูกเซตโดยไม่ขึ้นกับสถานะสัญญาณที่ขา INTx (ควบคุมจากซอฟต์แวร์)

C/$\overline{T}$ บิตเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ดังนี้

- 0 หมายถึงทำงานเป็นไทม์เมอร์ (นับจำนวนแมชชีนไซเกิล)
- 1 หมายถึงทำงานเป็นเคาน์เตอร์ (นับจำนวนพัลส์ภายนอกที่ขา Tx)

M1 บิตสำหรับเลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1

M0 บิตสำหรับเลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1

0 0 โหมด 0 : ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 13 บิต

0 1 โหมด 1 : ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต

1 0 โหมด 2 : ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต ที่มีการโหลดค่าเองเมื่อเกิด overflow

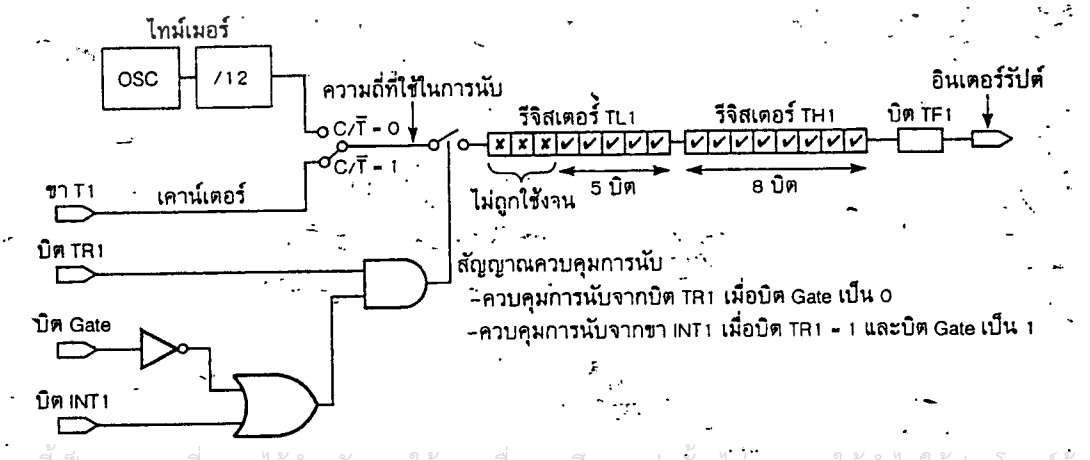
1 1 โหมด 3 : ไทม์เมอร์ 0

รีจิสเตอร์ TL0 ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต ที่ควบคุมการทำงานได้จากบิตของไทม์เมอร์ 0 เอง

รีจิสเตอร์ TH0 ใช้เป็นไทม์เมอร์ขนาด 8 บิต ที่ควบคุมการทำงานได้จากบิตของไทม์เมอร์ 1

1 1 โหมด 3 : ไทม์เมอร์ 1 หยุดทำงาน (หยุดนับ)

รูปที่ 1

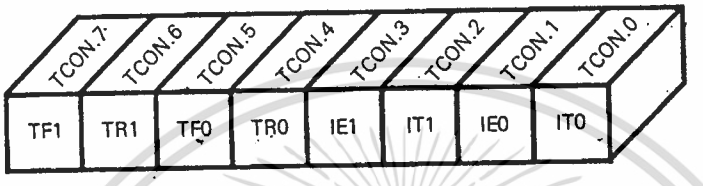


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2

การเซตให้บิต Gate เป็น 1 จะเป็นการกำหนดให้รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ถูกควบคุมการทำงานของรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ทั้งสองกระทำได้โดยการเซตหรือเคลียร์บิต TR x ด้วยคำสั่งในโปรแกรม (ควบคุมด้วย ซอฟต์แวร์)

บิต TR0 , TR1 จะอยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON ดังแสดง ในรูปที่ 2 ส่วนบิต Gate อยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TH x และ 5 บิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL x โดย 3 บิตบนของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL x ไม่ถูกใช้งานในโหมดนี้ และการเซตค่าของบิต TR x(Run Flag) ก็ไม่ได้เคลียร์ค่าในรีจิสเตอร์ทั้งสองแต่อย่างใด



บิต

TF1 บิตแสดงการเกิด overflow ของไทม์เมอร์ 1 ถูกเซตเองเมื่อไทม์เมอร์ 1 เกิด overflow และถูกเคลียร์เองเมื่อซีพียูย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์

TR1 บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม
1 ไทม์เมอร์ 1 เริ่มทำงานต่อ (นับต่อ)
0 ไทม์เมอร์ 1 หยุดทำงาน (หยุดนับสัญญาณนาฬิกาภายในหรือนับจำนวนพัลส์ภายนอก)

TF0 บิตแสดงการเกิด overflow ของไทม์เมอร์ 0 ถูกเซตเองเมื่อไทม์เมอร์ 0 เกิด overflow และถูกเคลียร์เองเมื่อซีพียูย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์

TR0 บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 0 ควบคุมจากโปรแกรม
1 ไทม์เมอร์ 0 เริ่มทำงานต่อ (นับต่อ)
0 ไทม์เมอร์ 0 หยุดทำงาน

IE1 บิตแสดงสถานะสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิดที่ 1 จะถูกเซตเองโดยฮาร์ดแวร์เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์ และจะถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์ เมื่ออินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้มาจากการตรวจสอบจากการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณ

IT1 บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นที่ขา INT1 โดย
1 ตรวจสอบการเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา INT1
0 ตรวจสอบระดับของสัญญาณที่ขา INT1

IE0 บิตแสดงสถานะสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิดที่ 0 จะถูกเซตเองโดยฮาร์ดแวร์เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์ และจะถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์ เมื่ออินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้มาจากการตรวจสอบจากการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณ

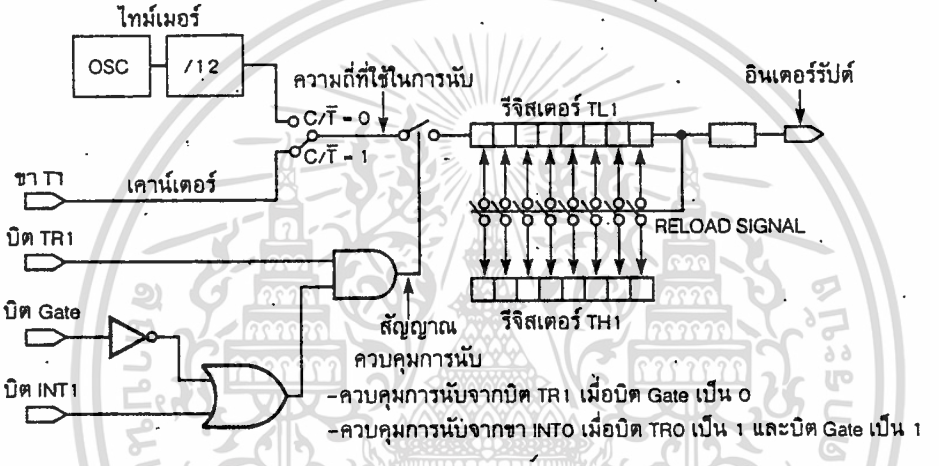
IT0 บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นที่ขา INT1 เหมือนบิต IT1

รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 1 การทำงานของรีจิสเตอร์ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมด 1 จะเหมือนในโหมด 0 ทุกประการ เว้นแต่ในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิต นั่นคือไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 การทำงานในโหมด 2 นี้จะกำหนดให้รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ถูกใช้เพียง 8 บิตเท่านั้น จากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL x ที่มีการโหลดค่าเองด้วยค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TH x เมื่อเกิด Overflow ในรีจิสเตอร์ TL x โดยค่าในรีจิสเรตอร์ TH x นี้สามารถกำหนด ได้ล่วงหน้าโดยซอฟต์แวร์ และจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อ ถูกโหลดไปไว้ในรีจิสเตอร์ TL xการทำงานในโหมด 2 มีดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4

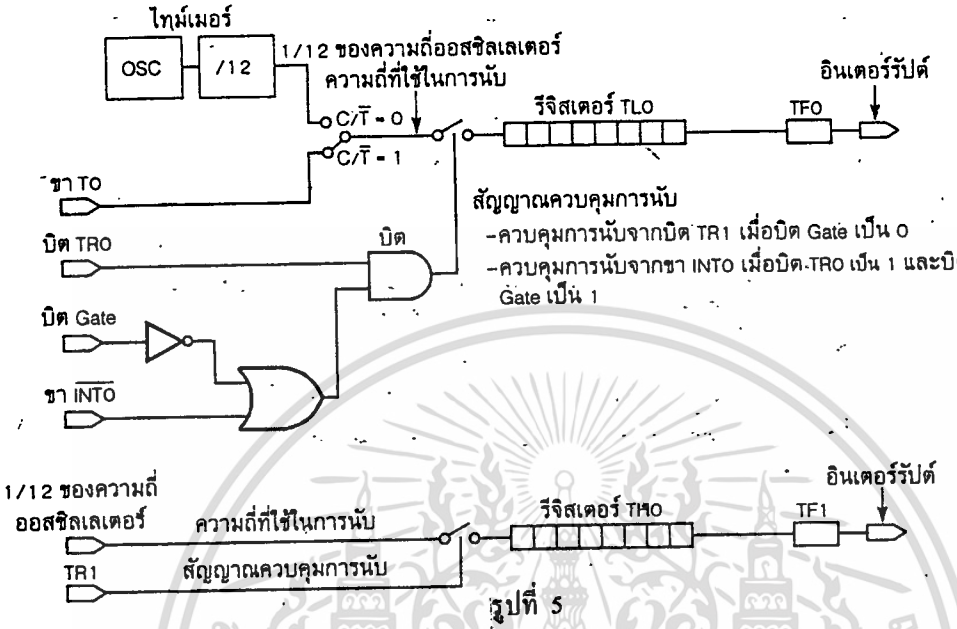
การทำงานในโหมดนี้ มีไว้เพื่อใช้สร้างสัญญาณ อินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาคงที่ หรือใช้สร้างฐานเวลาให้แก่ ซีพียูใน MCS-51

โหมด 3 ในการทำงานของรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมด 3 ของไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการนับซึ่งมีผลเหมือนกับให้ค่าบิต TR1 = 0 แต่สำหรับไทม์เมอร์ 0 จะมีการทำงานดังต่อไปนี้

ไทม์เมอร์ 0 ในโหมด 3 จะบังคับให้รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL0 ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์ หรือเคาน์เตอร์ สำหรับนับจำนวนแมชชีนไซเกิลหรือจำนวนพัลส์ภายนอกขนาด 8 บิต โดยสามารถควบคุมการใช้งานรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL0 นี้ได้จากบิต C/T , Gate, TR0, INT0 และการเกิด Overflow ของรีจิสเตอร์ TL0 จะมีผลไปเซตบิต TF0 ส่วนรีจิสเตอร์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะ TH0 ของไทม์เมอร์ 0 จะถูกบังคับให้ใช้งานเป็นไทม์เมอร์อย่างเดียว โดยสามารถควบคุมการทำงานได้จากบิต TR1 และ TF1 ของไทม์เมอร์ 1 และจะเซตบิต TF1 เมื่อเกิด Overflow นั่นคือขณะนี้รีจสเตอร์ TH0 จะควบคุมการอินเตอร์รัปต์ ของไทม์เมอร์ 1 ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5

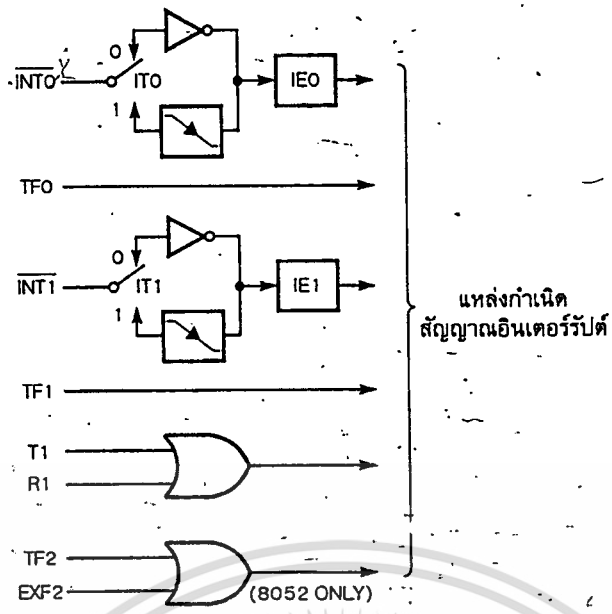
การทำงานโหมด 3 มีไว้เพื่อการใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตเพิ่มขึ้นดังนี้

เมื่อใช้ไทม์เมอร์ 0 ในโหมด 3 8051 สามารถมองเห็นได้ว่า MCS-51 มีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3 ตัว และ 8052 มีไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ 4 ตัว โดยเมื่อไทม์เมอร์ 0 กำลังทำงานในโหมด 3 ไทม์เมอร์ 1 ยังสามารถใช้งานได้ การควบคุมการนับ ของไทม์เมอร์ 1 สามารถทำได้ด้วยการบังคับให้ไทม์เมอร์ 1 สวิตชท์ไปมาระหว่าง โหมด 3 และโหมดอื่น หากไทม์เมอร์ 1 อยู่ในโหมด 3 จะหยุดทำงาน แต่หากอยู่ในโหมดอื่นจะทำงานต่อไปเรื่อยๆ ดังนั้นจึงเปรียบเสมือนว่ามีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพิ่มขึ้นอีก 1 ตัวในการใช้งานทั่งไปจะใช้ไทม์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนด Baud Rate แต่ จริงๆ แล้ว ไทม์เมอร์ 1 สามารถใช้งานอื่นๆ ที่ไม่ต้องการสัญญาณอินเตอร์รัปต์ ทั้งนี้เพราะสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไท์มเมอร์ 1 ถูกควบคุมจากไทม์เมอร์ 0 เมื่อใช้งานในโหมด 3 ไปแล้วนั่นเอง

โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ MCS-51

MCS-51 สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้อย่างน้อย 5 ชนิดด้วนกัน (MCS-51 บางเบอร์ในตระกูลนี้สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้มากกว่า 5ชนิด เช่น เบอร์ 8052 สามารถรับได้ 6 ชนิด) แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้ง 5ชนิดที่ MCS-51 สามารถรับได้มีดังแสดงในรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6

อินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดที่ MCS-51 สามารถรับได้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>อินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก (External Interrupts)</u> เป็น อินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากภายนอก MCS-51 มี 2ชนิดด้วนกันคือ

- อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 รับได้จากขา INT0
- อินเตอร์รัปตีภายนอกชนิด 1 รับได้จากขา INT1

ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ MCS-51 ตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งสองชนิดที่เกิดขึ้นที่ขา INT0, INT1 2 แบบด้วยกันคือ

- ตรวจสอบจากระดับสัญญาณ (level-activated)
- ตรวจสอบจากการเปลี่ยนสถานะสัญญาณ (transition-activated)

การตรวจสอบสถานะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่ภายนอกขาทั้ง สองสามารถเลือกใช้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าบิต IT0, IT1 (interrupt Type control bit) ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON

เมื่อ MCS-51 ตรวจพบสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก จะมีผลทำให้บิต IE0 (จากขาINT0) หรือ IE1 (จากขา INT1)ของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON ถูกเซตบิตทั้งสองจะเป็นตัวบอกสถานะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก โดยจะถูกเซตเมื่อเกิดสญญาณอินเตอร์รัปต์และจะถูกเคลียร์โดยฮารด์แวร์ภายใน MCS-51 เอง เมื่อ ซีพียู ย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ ต่อเมื่อ สัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้มาจากการตรวจสอบการเปลี่ยนสถานะสัญญาณแต่ถ้าสัญญาณอินเตอร์รัปตีภายนอกที่เกิดขึ้นได้มาจากการตรวจระดับสัญญาณเมื่อซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์จะไม่มีการเคลียร์บิต IE0 หรือ IE1 ให้ ในกรณีนี้จะเป็นหน้าที่ของวงจรกำเนิดสัญญาณภายนอกที่จะต้องทำหน้าที่ควบคุมสถานะของสัญญาณที่ขา INT x (INT0 หรือ INT 1) ให้กลับสู่สภาพเดิมเอง มิฉะนั้นโปรแกรมหลักที่ทำงานอยู่จะถูกอินเตอร์รัปต์ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์กลับมีค่าเป็น 1 อีกครั้ง

อินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทที่เกิดขึ้นจะมีผลไปเซตบิตต่างๆ ที่ทำหน้าที่ควบคุมการอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดของสัญญาณดังได้กล่าวมาแล้ว และเนื่องจากบิตเหล่านี้อยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้งานเป็นรีจิสเตอร์เฉพาะ ดังนั้นผู้ใช้สามารถควบคุมให้บิตเหล่านี้ถูกเซตหรือเคลียร์จากคำสั่งในซอฟต์แวร์ได้ด้วย เมื่อบิตเหล่านี้ถูกเซตโดยคำสั่งจากโปรแกรมแทนที่จะเกิดขึ้นเองจากแหล่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์จะมีผลเหมือนกับเกิดสัญญาณอินเตอรรัปต์แต่ละชนิดได้เหมือนกัน โดยมีผลเหมือนกับว่าถูกเซตหรือเคลียร์โดยฮารด์แวร์นั่นคือ การอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดทั้งหมดที่กล่าวมา สามารถเกิดขึ้นได้จากซอฟต์แวร์หรือสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่กำลังถูกบริการอยู่สามารถถูกยำเลิกได้ด้วยซอฟต์แวร์เช่นกัน

อินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดที่กล่าวไปแล้ว สามารถถูกควบคุมให้สามารถอินเตอร์รัปต์ MCS-51 ได้หรือไม่ โดยการควบคุมจากบิตต่างๆในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE ดังแสดงในรูปที่ 2

การกำหนดให้บิตควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดมีค่าเป็น 0 หมายถึงไม่ให้ MCS- 51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดนั้น หากกำหนดให้บิตควบคุมการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดมีค่าเป็น 1 หมายถึงกำหนดให้ MCS-51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดนั้น โดยที่บิต EA ถูกเซตไว้ก่อนด้วย

บิต EA ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE สามารถควบคุมการอินเตอร์รัปต์ใน MCS- 51 ได้ทั้งหมดหากบิตนี้มีค่าเป็น 0 สัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดจะไม่สามารถอินเตอร์รัปต์ MCS-51 ได้ แต่หากบิตนี้มีค่าเป็น 1 สัญญาณอินเตอร์รัปต์ แต่ละชนิดจะถูกควบคุมให้อินเตอร์รัปต์ MCS - 51 ได้อย่างอิสระ โดยควบคุมจากบิต IE.0 - IE.1

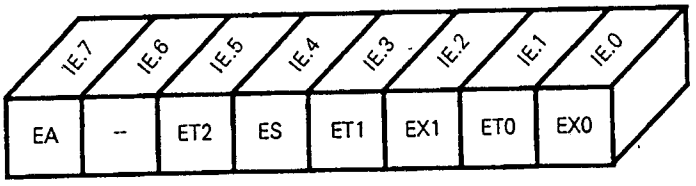
<u>MCS-51 จัดการกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์อย่างไร</u>

สัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดจะถูกตรวจสอบที่ทุกๆเสตท 5 เฟส 2 ของทุกๆ แมชชีนไซเกิล ค่าที่ตรวจสอบได้จะถูกรับเข้ามาในแมชชีนไซเกิลถัดมา

การตอบสนองต่อสัญญาณอิเตอร์รัปต์จะมีลักษณะดังรูปที่ 9 จะเห็นว่าประกอบไปด้วยไซเกิลการทำงานต่างๆกัน ได้แก่

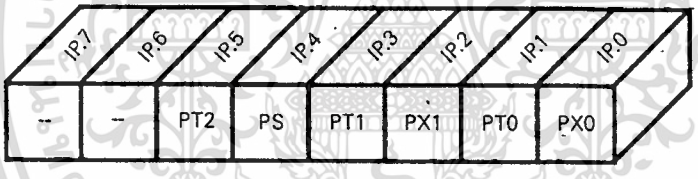
-ไซเกิลตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (ตรวจสถานะของบิตที่ทำหน้าที่บอกสถานะสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภท)จะตรวจสอบทุกๆเสตท 5 เฟส 2 ของแต่ละแมชชีนไซเกิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บิต	ชื่อบิต	
IE.7	EA	ใช้ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด 0: MCS-51 จะไม่ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ใด ๆ ทั้งสิ้น 1 : อินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดจะถูกควบคุมการตอบสนองอย่างอิสระจากบิตในรีจิสเตอร์นี้
IE.6	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ ๆ ในอนาคต)
IE.5	ET2	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 เมื่อเกิด overflow (มีใช้เฉพาะ MCS-51 บางเบอร์ที่มีไทม์เมอร์ 2 เช่น 8052)
IE.4	ES	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IE.3	ET1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 เมื่อเกิด overflow
IE.2	EX1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
IE.1	ET0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 เมื่อเกิด overflow
IE.0	EX0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

รูปที่ 7



บิต	ชื่อบิต	
IP.7	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ ๆ ในอนาคต)
IP.6	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ ๆ ในอนาคต)
IP.5	PT2	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2
IP.4	PS	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IP.3	PT1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1
IP.2	PX1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
IP.1	PT0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0
IP.0	PX0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ไซเกิลตรวจหาชนิดของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (pooling cycle) ตรวจสอบว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นในไซเกิลตรวจจับสัญญาณอินเตอร์รัปต์เป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดใด

-ไซเกิลการสร้างคำสั่ง long call ไปยังโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ที่เหมะสม (ใช้เวลา 2 แมชชีนไซเกิล

-ไซเกิลการทำคำสั่งที่อยู่ในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์

รายละเอียดการทำงานในแต่ละแมชชีนไซเกิลมีดังนี้

ถ้าบิตที่บอกสถานะสัญญาณอินเตอร์รัปต์ตัวใดตัวหนึ่งอยู่ในสภาวะถูเซตที่เสตท 5 เฟส 2 ของไซเกิลตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ซึ่งเป็นไซเกิลก่อนหน้าไซเกิลตรวจหาชนิดของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้น (pooling cycle) ซึ่งจะทำการค้นหาว่าอินเตอร์รัปต์ชนิดใดเป็นผู้ขอมา ในไซเกิลถัดไปก็จะทำคำสั่ง long call ไปยังโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ที่เหมาะสม ไซเกิลการทำคำสั่ง long call โดยฮารด์แวร์จะถูกทำสำเร็จก็ต่อเมื่อไม่ถูกป้องกันโดยสภาวะดังต่อไปนี้

1. ซีพียูกำลังทำคำสั่งในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ซึ่งมีความสำคัญเทียบเท่าหรือสูงกว่าอยู่ในขณะนั้น

2. ไซเกิลที่ตรวจหาชนิดของอินเตอร์รัปต์ไม่ใช่ไซเกิลสุดท้ายของคำสั่งที่ซีพียูกำลังปฏิบัติงานอยู่ นั่นคือซีพียูทำงานของคำสังใดๆ ยังไม่เสร็จสิ้นขณะตรวจพบชนิดของสัญญาณอินเตอร์รัปต์

3. คำสั่งที่กำลังปฏิบัติอยู่ในขณะนั้นเป็น RETI หรือคำสั่งใดๆที่มีการเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE หรือ IP

สภาวะทั้งสามนี้จะป้องกันไม่ให้ซีพียูทำคำสั่ง long call ไปยังโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ ขณะตรวจพบการขออินเตอร์รัปต์ดังนี้

-สภาวะที่ 1 มีไว้เพื่อให้อินเตอร์รัปต์ที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าได้รับบริการก่อน โดยอินเตอร์รัปต์ที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าได้รับบริการก่อนโดยอินเตอร์ररัปต์ที่มีลำดับความสำคัญต่ำกว่าไม่สามารถขัดจังหวะได้

-สภาวะที่ 2 มีไว้เพื่อให้แน่ใจว่าคำสั่งที่กำลังทำอยู่ในขณะนั้นจะถูกทำเสร็จก่อนการย้ายไปทำคำสั่งใดๆ ในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ที่เกี่ยวข้อง

-สภาวะที่ 2 มีไว้เพื่อให้แน่ใจว่าคำสั่งที่กำลังทำอยู่เป็น RETI หรือการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ IE หรือ IP อย่างน้อยจะต้องมีคำสั่งอีก 1 คำสั่งถูกปฏิบัติก่อนอินเตอร์รัปต์ใดๆจะถูกบริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง long call ที่กระทำโดยฮาร์ดแวร์จะทำการ Push ข้อมูลของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PC (Program Counter) ไปไว้ที่หน่วยความจำซึ่งกำหนดให้เป็นแสตก (stack) โดยไม่มีการเก็บค่าของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW จากนั้นจะโหลดค่าในรีจิสเตอร์ PC ใหม่ด้วยค่าซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดที่เกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2

คำสั่งในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์จะถูกปฏิบัติไปเรื่อยๆจนกระทั่งพบคำสั่ง RETI ซึ่งเป็นตัวบอกให้ซีพียูทราบว่าการบริการอินเตอร์รัปต์ได้กระทำเสร็จสิ้นไปแล้ว จากนั้นซีพียูจะทำการดึง (pop) เอาค่า 2 ไบต์สูงสุดจากแสตก และโหลดให้กับรีจิสเตอร์ PC เพื่อให้สามารถกลับไปทำงานที่เดิมที่ปฏิบัติอยู่ก่อนได้รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้

ชนิดของอินเตอร์รัปต์ใน MCS-51	ตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ (vector address)
อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 (IE0)	0003H
อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 (TF0)	000BH
อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1 (IE1)	0013H
อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 (TF1)	001BH
อินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม (TI+RI)	0023H
อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 (TF2+EXF2)	002BH

ตารางที่ 1

สังเกตว่าคำสั่ง RET ธรรมดาจะสามารถดึงเอาค่า 2 ไบต์สูงสุดจากแสตก และโหลดให้กับรีจิสเตอร์ใงานเฉพาะ PC ได้เช่นเดียวกับคำสั่ง RETI แต่หากใช้ RET แล้วระบบควบคุมอินเตอร์รัปต์ (interrupt control system) ภายใน MCS-51 จะคิดว่าอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นยังคงถูกบริการอยู่

<u>อินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก</u>

สัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากภายนอกสามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบสัญญาณได้สองแบบคือ ตรวจสอบจากระดับสัญญาณ และจากการเปลี่ยนระดับสัญญาณโดยกำหนดได้จากการเซตหรือเคลียร์บิต IT1, IT0 (interrupt type control bit) ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON ดังนี้

- บิต ITx (IT0 หรือ IT1) มีค่าเป็น 0 สัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกจะถูกตรวจสอบจากระดับของสัญญาณ โดยหากสถานะที่ขา INTx มีค่าเป็น 0 จะทำให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์และบิต IE x ถูกเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บิต IT x มีค่าเป็น 1 สัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกจะถูกตรวจสอบจากการเปลี่ยนระดับของสัญญาณ โดยหากตรวจพบสถานะที่ขา INT x เป็น 1 แมชชีนไซเกิลใดๆ และเป็น 0 ในแมชชีนไซเกิล ถัดไป บิต IE x ในรีจิสเตอร์ TCON จะถูกเซต บิต IE xนี้ จะทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ซีพียูต่อไป (ขึ้นอยู่กับค่าของบิต EA, ES ด้วย)

เนื่องจากสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกถูกตรวจสอบ 1 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล หรือ 12 คาบสัญญาณออสซิลเลเตอร์ ถ้าสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกถูกตรวจสอบจากการเปลี่ยนระดับสัญญาณ วงจรสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกต้องคงค่าสถานะ 1 ไว้อย่างน้อย 1 ไซเกิล และคงสถานะ 0 ไว้อย่างน้อย 1ไซเกิลทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจะต้องถูกตรวจพบอย่างแน่นอนในกรณีนี้ บิต IE x จะถูกแคลียร์โดยฮาร์ดแวร์เองเมื่อ MCS-51 ปฏิบัติคำสั่ง longcall ไปยังโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์

ถ้าสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกถูกตรวจสอบจากระดับสัญญาณ วงจรที่กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกต้องรักษาสถานะการขออินเตอร์รัปต์ไว้จนกระทั่งอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นจริงๆ และมันต้องเปลี่ยนสถานะขของการขออินเตอร์รัปต์ให้กลับมีค่าเหมือนเดิม ก่อนที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์จะถูกกระทำเสร็จ มิฉะนั้นแล้วโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์เดียวกันนี้จะถูกทำงานซ้ำอีก

<u>เวลาในการตอบสนองสัญญาณอินเตอร์รัปต์</u>

ระดับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 และ 1 จะถูกเปลี่ยนเป็นตรงกันข้าม (inverse) และถูกเก็บค่าไว้ในบิต IE0 หรือ IE1 ที่เสตท 5 เฟส ของแต่ละแมชชีนไซเกิลรวมทั้งสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอรต์สื่อสารอนุกรม (บิต RI, TI) ค่าในบิตที่บอกสถานะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดจะยังไม่ถูกรับเข้ามาโดยวงจรภายในจนกระทั่งถึงแมชชีนไซเกิลถัดไป

บิตบอกสถานะของสัญญาณ อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 (TF0, TF1)จะถูกเซตที่สเตท 5 เฟส 2 ของไซเกิลที่ไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1 เกิด overflow จากนั้นค่าในบิตบอกสถานะนี้จะถูกรับโดยวงจรภายในแมชชีนไซเกิลถัดไป

ถ้ามีการขออินเตอร์รัปต์และเงื่อนไข 3 ข้อที่กล่าวมาแล้วถูกต้องสำหรับ MCS-51 ที่จะรับรู้ว่ามีการขออินเตอร์รัปต์ได้ คำสั่ง call ที่เกิดขึ้นเองจาก MCS-51 จะทำให้ ซีพียูภายใน MCS-51 ถูกย้ายการทำงานไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ที่ถูกเรียก และคำสั่งถัดไปที่จะถูกปฏิบัติจะเป็นคำสั่งแรกในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ถูกเรียก

เนื่องจากตัวคำสั่ง call เองอาจใช้เวลา 2 แมชชีนไซเกิล ดังนั้นการตอบสนองสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 3 แมชชีนไซเกิลเต็มๆ ซึ่งเป็นเวลาระหว่างการเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์กับการเริ่มต้นทำงานคำสั่งแรกในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ ดังอธิบายในรูปที่ 6.4 ช่วงเวลาในการตอบสนองที่นานกว่านี้ อาจเกิดขึ้นได้หากการเรียกอินเตอร์รัปต์ถูกขัดไว้ด้วย เงื่อนไข 1 ใน 3 ข้อที่กล่าวไว้ข้างต้น ถ้าอินเตอร์รัปต์ที่มีลำดับความสำคัญเท่ากันหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่ากำลังถูกกระทำอยู่ เวลาในการรอคอยที่เพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ที่กำลังถูกปฏิบัติอยู่ หรือหากคำสั่งที่กำลังกระทำอยู่ในขณะเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ยังไม่อยู่ในไซเกิลสุดท้ายของคำสั่งนั้น เวลาในการรอคอยที่เพิ่มขึ้นจะไม่สามารถมากกว่า 3 แมชชีนไซเกิลได้ เพราะคำสั่งที่ยาวที่สุดคือ MUL, DIV ใช้เวลาเพียง 4 แมชชีนไซเกิลเท่านั้น หากคำสั่งที่กำลังกระทำเป็น RETI หรือการเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE, IP เวลาในการรอคอยที่เพิ่มขึ้นจะมากกว่า 5 แมชชีนไซเกิล (อย่างมากที่สุดอีก 1 แมชชีนไซเกิลเพื่อให้ปฏิบัติคำสั่ง RETI หรือคำสั่งที่มีการเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE, IP เสร็จเรียบร้อย รวมกับอีก 4 แมชชีนไซเกิลที่ใช้ทำคำสั่งถัดไปในกรณีที่คำสั่งถัดไปนั้นเป็น MUL หรือ DIV)

ดังนั้น ในระบบที่มีการใช้อินเตอร์รัปต์เพียงชนิดเดียว เวลาในการตอบสนองอินเตอร์รัปต์จะมากกว่า 3 แมชชีนไซเกิล แต่จะน้อยกว่า 9 แมชชีนไซเกิลเสมอ

รูปที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีสมาชกในตระกูลหลายตัวด้วยกัน แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างแตกต่างกันออกไป เช่น มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปเพิ่มขึ้น มีวงจรเปลี่ยนค่าสัญญาณอนาล็อกเป็น ดิจิตอลในตัว สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้หลายชนิด ทำกระบวนการ DMA (Direct Memory Access) ได้ในตัว มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพิ่มขึ้น คุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างกันของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูลนี้ดังแสดงในตารางที่ 1

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ใช้แรงดันไฟเพียง 5 โวลท์ในการทำงานส่วนกระแสไฟฟ้าที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้ผลิต เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ที่มีตัวอักษร C อยู่ตรงกลางเบอร์เช่น 80C31, 80C51 จะเป็นเบอร์ชิปผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี่ CHMOS ซึ่งใช้พลังงานของตัวชิปได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

MCS-51 เป็นตระกูลไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากตระกูล MCS-48 ดังนั้นจึงมีความสามารถเพิ่มขึ้นหลายอย่าง ซึ่งจะไม่กล่าวรายละเอียดในที่นี้แต่จะเปรียบเทียบให้เห็น ถึงข้อดีที่แตกต่างกันเช่นความเร็วในการประมวลผลของ MCS-51 สามารถใช้ความถี่ได้ถึง 12 เมกะเฮิรตซ์ทำให้ช่วงเวลาในการทำงานแต่ละคำสั่งน้อยมาก เมื่อใช้ความถี่ 12 เมกะเฮริซต์ คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดจะใช้เวลาเพียง 4 ไมโครวินาทีเท่านั้น

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

คุณสมบัติที่สำคัญ ๆ ของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิบจำนวน 4 กิโลไบต์ (เบอร์ 8031 ไม่มีหน่วยความจำ ส่วนนี้ส่วนเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำส่วนนี้)
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) อยู่ภายในชิปจำนวน 128 ไบต์สำหรับ 8031 และ 256 ไบต์สำหรับ 8052
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาในการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มี พอรต์ที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอรต์ ๆ ละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอรต์ขนาด 1 บิตแยกจากกัน ทำให้เสมือนมีพอรต์ขนาด 1 บิตใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอรต์

- รับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล (BAUD RATE) ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลไบต์ต่อวินาที

- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ

มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา (ในเบอร์ 8052 จะมี 3 ตัว)

- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้มูลได้ระดับไบต์และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น

- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง

- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ

- ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-48 (upwardly compatible) ได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่จัดว่าเป็นเบอร์พื้นฐานในตระกูลนี้คือ เบอร์ 8051, 8751, และ 8031 ซึ่งมีจำนวนขาภายนอก 40 ขาเท่ากัน ใช้เวลาและสัญญาณในการปฏิบัติคำสั่งแต่ละคำสั่งเท่ากัน (มีไทม์มิ่งไดอะแกรมเหมือนกัน) ใช้แรงดันไฟเหมือนกัน สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างเบอร์ทั้งสามคือ ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป (on chip program memory) ซึ่งมีไว้เพื่อตอบสนองความต้องการที่ไม่เหมือนกัน ดังจะกล่างต่อไปนี้

- เบอร์ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM (Erassble Programable Read Only Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ ทำให้สามารถใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลตในการลบโปรแกรมเก่าที่มีอยู่ และบรรจุโปรแกรมใหม่ลงไปได้ทันที ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการแก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 เบอร์ 8751 มีไว้เพื่อใช้งานที่เป็นการพัฒนาเบื้องต้น (prototypeing) ซึ่งจำเป็นต้องทดสอบโปรแกรมเพื่อหาข้อผิดพลาด (bugs) และแก้ไขให้เรียบร้อยก่อนทำการผลิตจริง

- เบอร์ 8051 หลังจากทดสอบโปรแกรมจนไม่พบข้อผิดพลาดแล้ว จะเป็นช่วงของการผลิตจริง ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงต้นทุนเป็นอันดับแรก ในการผลิตจริงจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปนแกรมภายในเป็น ROM (Read Only Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์แทน เพราะราคาต่ำกว่ามาก แต่มีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมที่ได้บรรจุไปแล้วไม่ว่าด้วยวิธีใดก็ตาม

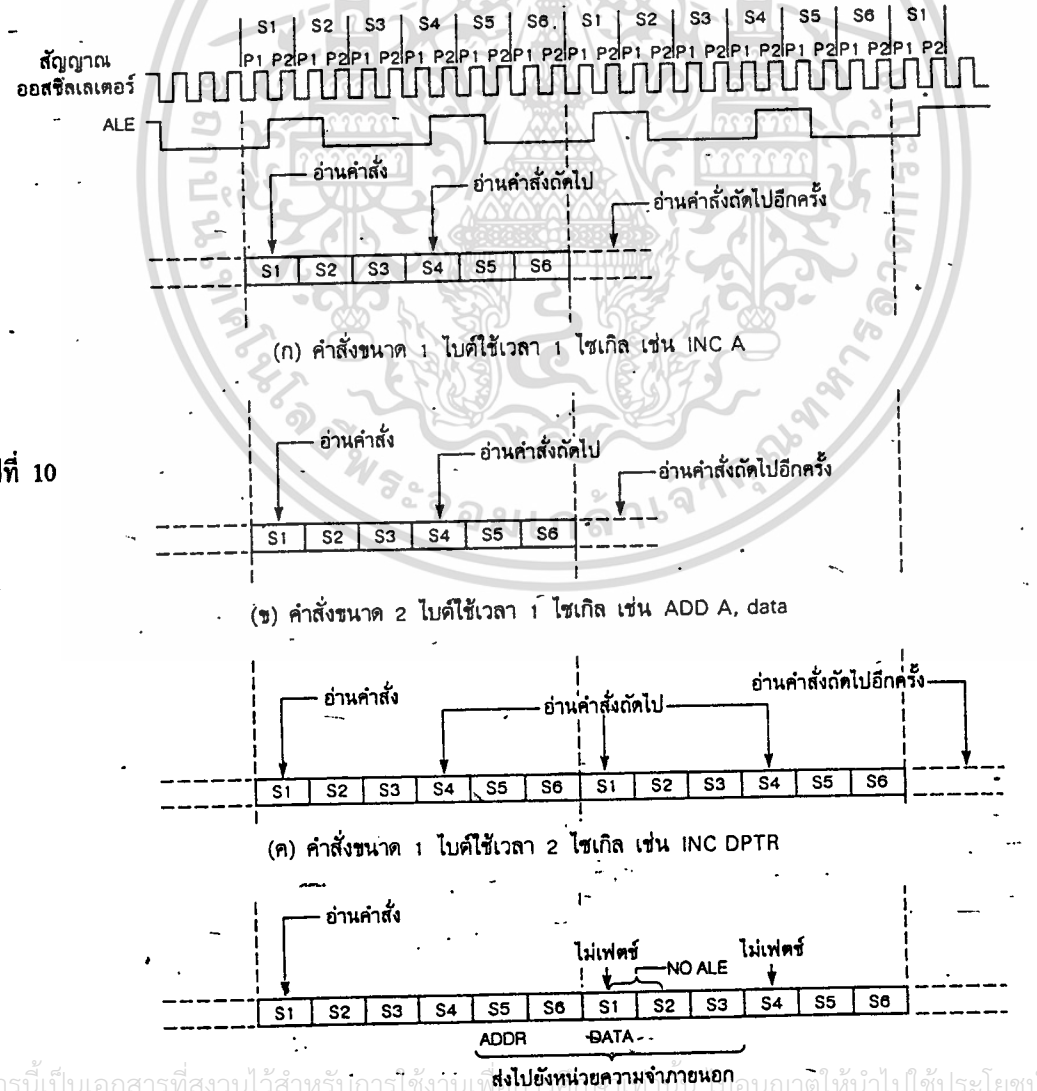
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เบอร์ 8031 เบอร์นี้ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป แต่สามารถใช้หน่วยความจำเพื่อเก็บโปรแกรมที่อยู่ภายนอกได้มากถึง 64 กิโลไบต์ ซึ่งอาจใช้เป็น ROM, PROM, EPROM ตามความต้องการของผู้ผลิต เบอร์ 8031 นี้มีไว้ใช้ในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็กกว่า 4 กิโลไบต์ หรือมากกว่า 4 กิโลไบต์มาก

(เบอร์ 8751 และ 8051 จะใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอกได้เองเมื่อโปรแกรมมีความยาวเกิน 4 กิโลไบต์ หรืออาจบังคับให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองเบอร์ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอกเพียงอย่างเดียวด้วยการต่อขา 31 (EA) ต่อลงกราวนด์

<u>แมชชีนไซเกิล</u>

ในหนึ่งแมชชีนไซเกิลประกอบด้วย 6 สเตท คือเสตท 1 ถึงสเตท 6 แต่ละสเตทใช้เวลา 2 คาบสัญญาณ ออสซิลเลเตอร์ (oscillator period) ดังนั้นใน 1 แมชชีนไซเกิลจะใช้เวลา 12 คาบสัญญาณออสซิลเลเตอร์ นั่นคือหากใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ (oscillator - frequency) 12 เมกะเฮริตซ์ จะได้ว่าใน 1 แมชชีนไซเกิล ใช้เวลา 1 ไมโครวินาที



รูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละสเตทใน 1 แมชชีนไซเกิลจะถูกแบ่งเป็นเฟส 1 และเฟส 2 รูปที่ 11 แสดงกระบวนการเฟตช์คำสั่ง (นำคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำมาทำงาน) และปฏิบัติคำสั่งโดยแสดงถึงแต่ละสเตท และเฟสของคำสั่งหลานชนิด โดยปกติ MCS-51 จะเฟสคำสั่ง 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล ถึงแม้ว่าคำสั่งที่กำลังทำงานจะไม่ต้องการเฟตช์คำสั่งเพิ่มเติมอีก ถ้าคำสั่งที่กำลังทำอยู่ไม่ต้องการรหัสคำสั่งหรือโอเปอร์แรนด์ของคำสั่งเพิ่ม ซีพียู ก็เพียงแต่ไม่สนใจการเฟตช์คำสั่งที่เกินเข้ามาและค่าในรีจิสเตอร์ PC (program counter) จะไม่ถูกเพิ่มค่าแต่อย่างใด

การทำคำสั่งที่ใช้เวลาทำงาน 1 ไซเกิล รูปที่ 11 จะเริ่มที่ระหว่างสเตท 1 ของแมชชีนไซเกิล เมื่อคำสั่งถูกแลตช์เข้าไปใน instruction register การเฟตช์ ครั้งที่ 2 จะเริ่มที่ระหว่างสเตท 4 ของแมชชีนไซเกิลเดียวกัน การทำคำสั่งจะเสร็จสมบูรณ์ขณะสิ้นสุดวเตทที่ 6 ของแมชชีนไซเลนี้

คำสั่ง MOVX ใช้เวลา 2 แมชชีนไซเกิลในการทำคำสั่ง ไม่มีการเฟตช์คำสั่งเกิดขึ้นในไซเกิลที่สองของคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นเวลาเดียวที่การเฟตช์คำสั่งถูกข้ามไปลำดับการเฟตช์และกระทำคำสั่งของคำสั่ง MOVX แสดงในรูปที่ 12

กระบวนการเฟตช์ คำสั่งจะเหมือนกันไม่ว่าหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะอยู่ในชิปหรืออยู่นอกชิป โดยซีพียูจะใช้ช่วงเวลาในการทำงานเท่ากันเสมอ หากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมอยู่ภายนอก สัญญาณการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอก (Program Memory Strobe Enable หรือ PSEN) จะถูกแอกตีฟ 2 ครั้งต่อแมชชีนไซเกิลดังแสดงในรูปที่ รูปที่ 12

ถ้ามีการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป ดังแสดงในรูปที่ 12 ข สัญญาณ PSEN จำนวน 2 ถูกจะถูกข้ามไปเพราะว่าแอดเดรสที่ถูกส่งออกมาที่พอรต์ 0 และพอรต์ 2 กับเวลาการทำงานของสัญญาณ ALE และ PSEN ซึ่ง ALE ถูกใช้ในการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำจากพอรต์ 0 ไปที่วงจรแลตช์ภายนอก

เมื่อซีพียูกำลังทำคำสั่งจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สัญญาณ PSEN จะไม่แอกตีฟและค่าตำแหน่งหน่วยความจำของโปรแกรม (program address) จะไม่ถูกส่งออกมาภายนอกแต่สัญญาณ ALE จะยังคงแอกตีฟ 2 ครั้งต่อ 1 แมชชีนไซเกิล และสามารถใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาที่เป็นความถี่คงที่ได้ แต่สังเกตว่าสัญญาณ ALE จะถูกข้ามไประหว่างการทำคำสั่ง MOVX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณ Read Strobe ส่วนการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกจะใช้สัญญาณ RD หรือ WR (เป็น Alternate Function ของ P3.7 และ P3.6) เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 13

การอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกจะใช้แอดเดรสจำนวน 16 บิตเสมอ ส่วนการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกสามารถใช้แอดเดรสจำนวน 16 บิต (โดยคำสั่ง MOVX @DPTR) หรือใช้แอดเดรสจำนวน 8 บิต (โดยใช้คำสั่ง MOVX @Ri)

เมื่อใดที่ใช้แอดเดรสจำนวน 16 บิต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์สูงจะมาปรากฏที่พอรต์ 2 ซึ่งจะคงค่าอยู่ในช่วงการอ่านและเขียน และให้สังเกตว่าไดรเวอร์ของพอรต์ 2 ใช้ตัวต้านทานพูลอัพที่มีความเข้มมาก ตลอดเวลาที่มันส่งค่า 1 ซึ่งก็เป็นการทำงานของคำสั่ง MOVX @DPTR ระหว่างช่วงเวลานี้ รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะของพอรต์ 2 ไม่จำเป็นต้องมีค่าเป็น 1 และค่า รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะพอรต์ 2 จะไม่ถูกเปลี่ยน ถ้าช่วงไซเกิลการติดต่อหน่วยความจำภายนอกไม่ตามด้วยช่วงไซเกิลการติดต่อหน่วยความจำภายนอกอีกครั้งหนึ่งในทันที ค่าของพอรต์ 2 ที่ไม่ถูเปลี่ยนก็จะกลับมาปรากฏในไซเกิลถัดไป

ถ้าใช้แอดเดรสขนาด 8 บิต (ใช้คำสั่ง MOVX @Ri)ข้อมูลใน รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะของพอรต์ 2 ก็จะคงปรากฏที่ขาของพอรต์ 2 ตลอดช่วงการติดต่อหน่วยความจำภายนอก ซึ่งสามารถทำให้ใช้วิธีการแบ่งช่วงหน่วนความจำ (paging) ได้ง่าย

ในกรณีใดก็ตามค่าตำแหน่งความจำไบต์ต่ำจะถูกผลัดกันใช้คนละเวลา (time multiplex) กับคาต้าไบต์ที่พอรต์ 0 โดยที่สัญญาณ Address/Data จะขับ FET ทั้งสองในพอรต์ 0 เอาต์พุตบัฟเฟอร์ ดังนั้นในการกระทำเช่นนี้ขาของพอรต์ 0 จะไม่เป็น open-drain output และไม่ต้องการวงจรพูลอัพภายนอกเพิ่ม สัญญาณ ALE ควรจะถูกใช้ในการดักเก็บค่าแอดเดรสไบต์ไปไว้ที่วงจรแลตช์ภายนอก ซึ่งแอดเดรสไบต์จะใช้ได้ที่ขอบขาลงของสัญญาณ ALE ดังนั้นในช่วงการเขียนข้อมูล ข้อมูลที่จะเขียนจะปรากฏที่พอรต์ 0 ก่อนหน้าที่สัญญาณ WR จะแอกตีฟ และยังคงอยู่ที่นั่นไปจนกว่าสัญญาณ WR จะหยุดแอกตีฟ ส่วนในช่วงการอ่านข้อมูลไบต์ที่เข้ามาจะถูกรับเข้าที่พอรต์ 0 ก่อนหน้าที่สัญญาณ Read Strobe จะหยุดแอกตีฟ

ระหว่างการติดต่อหน่วยความจำภายนอกใดๆ ซีพียูจะทำการเขียนค่า 0FFH ไปที่พอรต์ 0 แลตช์ (Special Function Register) จึงไปลบค่าอะไรก็ตามที่มีอยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะของพอรต์ 0 และถ้าผู้ใช้เขียนค่าไปที่พอรต์ 0 ระหว่างที่มีการเฟตช์คำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก จะทำให้ค่าข้อมูลระหัสที่เป็นคำสั่งที่ได้มาผิดพลาด ดังนั้นจึงไม่ควรเขียนค่าไปที่พอรต์ 0 ถ้ามีการใช้โปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอก

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกสามารถเข้าถึงได้ภายใต้เงื่อนไข 2 ข้อต่อไปนี้

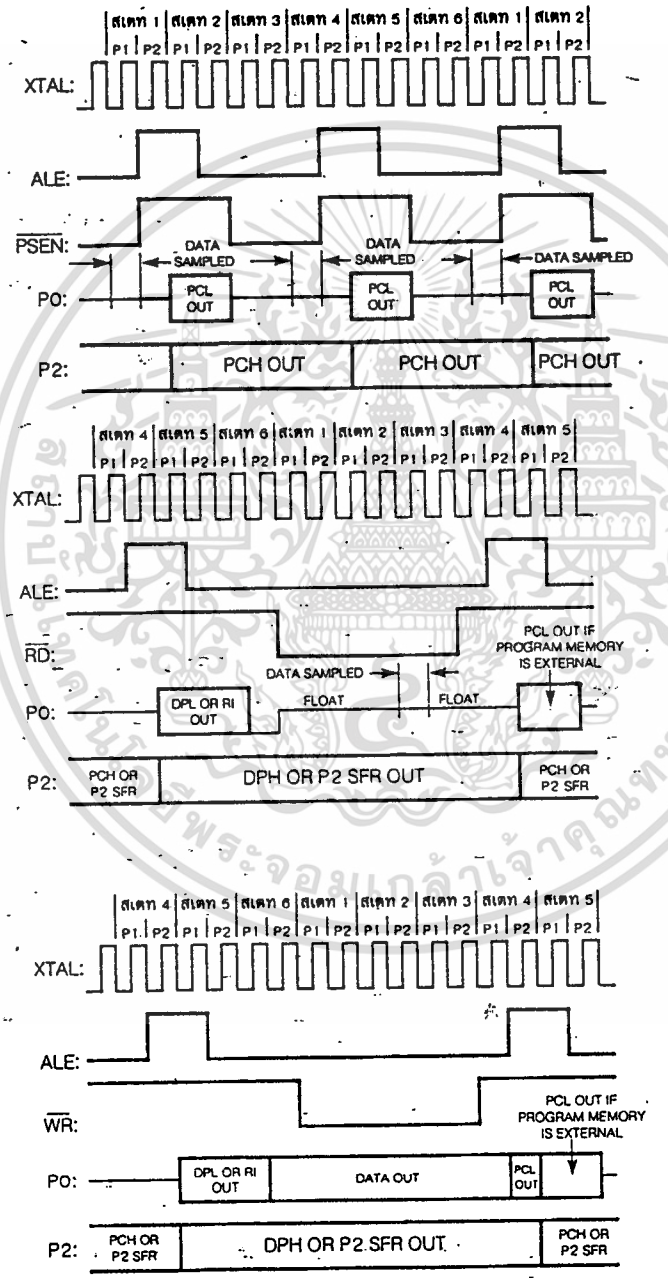
1. เมื่อใดก็ตามที่สัญญาณ EA นั้นแอกตีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038034

2. เมื่อใดที่ PC (Program Counter) มีค่ามากกว่า 0FFFH (หรือมากกว่า 1FFFH สำหรับ 8052)

และสำหรับ MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (ROMLESS version) จำเป็นจะต้องต่อขา EA ลงกราวด์ เพื่อบังคับให้เลือกโปรแกรมที่อยู่ในบริเวณ 4 กิโลไบต์แรก (หรือ 8 กิโลไบต์แรกสำหรับ 8032) จากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมที่อยู่ภายนอกชิป



รูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใดที่ใช้แอดเดรสจำนวน 16 บิต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์สูงจะมาปรากฏที่พอรต์ 2 ซึ่งจะคงค่าอยู่ในช่วงการอ่านและเขียน และให้สังเกตว่าไดรเวอร์ของพอรต์ 2 ใช้ตัวต้านทานพูลอัพที่มีความเข้มมาก ตลอดเวลาที่มันส่งค่า 1 ซึ่งก็เป็นการทำงานของคำสั่ง MOVX @DPTR ระหว่างช่วงเวลานี้ รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะของพอรต์ 2 ไม่จำเป็นต้องมีค่าเป็น 1 และค่า รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะพอรต์ 2 จะไม่ถูกเปลี่ยน ถ้าช่วงไซเกิลการติดต่อหน่วยความจำภายนอกไม่ตามด้วยช่วงไซเกิลการติดต่อหน่วยความจำภายนอกอีกครั้งหนึ่งในทันที ค่าของพอรต์ 2 ที่ไม่ถูเปลี่ยนก็จะกลับมาปรากฏในไซเกิลถัดไป

ถ้าใช้แอดเดรสขนาด 8 บิต (ใช้คำสั่ง MOVX @Ri)ข้อมูลใน รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะของพอรต์ 2 ก็จะคงปรากฏที่ขาของพอรต์ 2 ตลอดช่วงการติดต่อหน่วยความจำภายนอก ซึ่งสามารถทำให้ใช้วิธีการแบ่งช่วงหน่วนความจำ (paging) ได้ง่าย

ในกรณีใดก็ตามค่าตำแหน่งความจำไบต์ต่ำจะถูกผลัดกันใช้คนละเวลา (time multiplex) กับดาต้าไบต์ที่พอรต์ 0 โดยที่สัญญาณ Address/Data จะขับ FET ทั้งสองในพอรต์ 0 เอาต์พุตบัฟเฟอร์ ดังนั้นในการกระทำเช่นนี้ขาของพอรต์ 0 จะไม่เป็น open-drain output และไม่ต้องการวงจรพูลอัพภายนอกเพิ่ม สัญญาณ ALE ควรจะถูกใช้ในการดักเก็บค่าแอดเดรสไบต์ไปไว้ที่วงจรแลตช์ภายนอก ซึ่งแอดเดรสไบต์จะใช้ได้ที่ขอบขาลงของสัญญาณ ALE ดังนั้นในช่วงการเขียนข้อมูล ข้อมูลที่จะเขียนจะปรากฏที่พอรต์ 0 ก่อนหน้าที่สัญญาณ WR จะแอกตีฟ และยังคงอยู่ที่นั่นไปจนกว่าสัญญาณ WR จะหยุดแอกตีฟ ส่วนในช่วงการอ่านข้อมูลไบต์ที่เข้ามาจะถูกรับเข้าที่พอรต์ 0 ก่อนหน้าที่สัญญาณ Read Strobe จะหยุดแอกตีฟ

ระหว่างการติดต่อหน่วยความจำภายนอกใดๆ ซีพียูจะทำการเขียนค่า 0FFH ไปที่พอรต์ 0 แลตช์ (Special Function Register) จึงไปลบค่าอะไรก็ตามที่มีอยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะของพอรต์ 0 และถ้าผู้ใช้เขียนค่าไปที่พอรต์ 0 ระหว่างที่มีการเฟตช์คำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก จะทำให้ค่าข้อมูลระหัสที่เป็นคำสั่งที่ได้มาผิดพลาด ดังนั้นจึงไม่ควรเขียนค่าไปที่พอรต์ 0 ถ้ามีการใช้โปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอก

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกสามารถเข้าถึงได้ภายใต้เงื่อนไข 2 ข้อต่อไปนี้

1. เมื่อใดก็ตามที่สัญญาณ EA นั้นแอกตีฟ

2. เมื่อใดที่ PC (Program Counter) มีค่ามากกว่า 0FFFH (หรือมากกว่า 1FFFH สำหรับ 8052)

และสำหรับ MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (ROMLESS version) จำเป็นจะต้องต่อขา EA ลงกราวด์ เพื่อบังคับให้เลือกโปรแกรมที่อยู่ในบริเวณ 4 กิโลไบต์แรก (หรือ 8 กิโลไบต์แรกสำหรับ 8032) จากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมที่อยู่ภายนอกชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบส่วนฮารด์แวร์และซอฟต์แวร์

การออกแบบส่วนฮารด์แวร์

ประกอบด้วย 4 ส่วนที่สำคัญคือ

1. ส่วน Audio amplifier & Signal conditioning
2. ส่วน Processor
3. ส่วน Display
4. ส่วน Powersupply

วงจรทั้งหมดแสดงในรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียดของ 3ส่วนแรกคือ

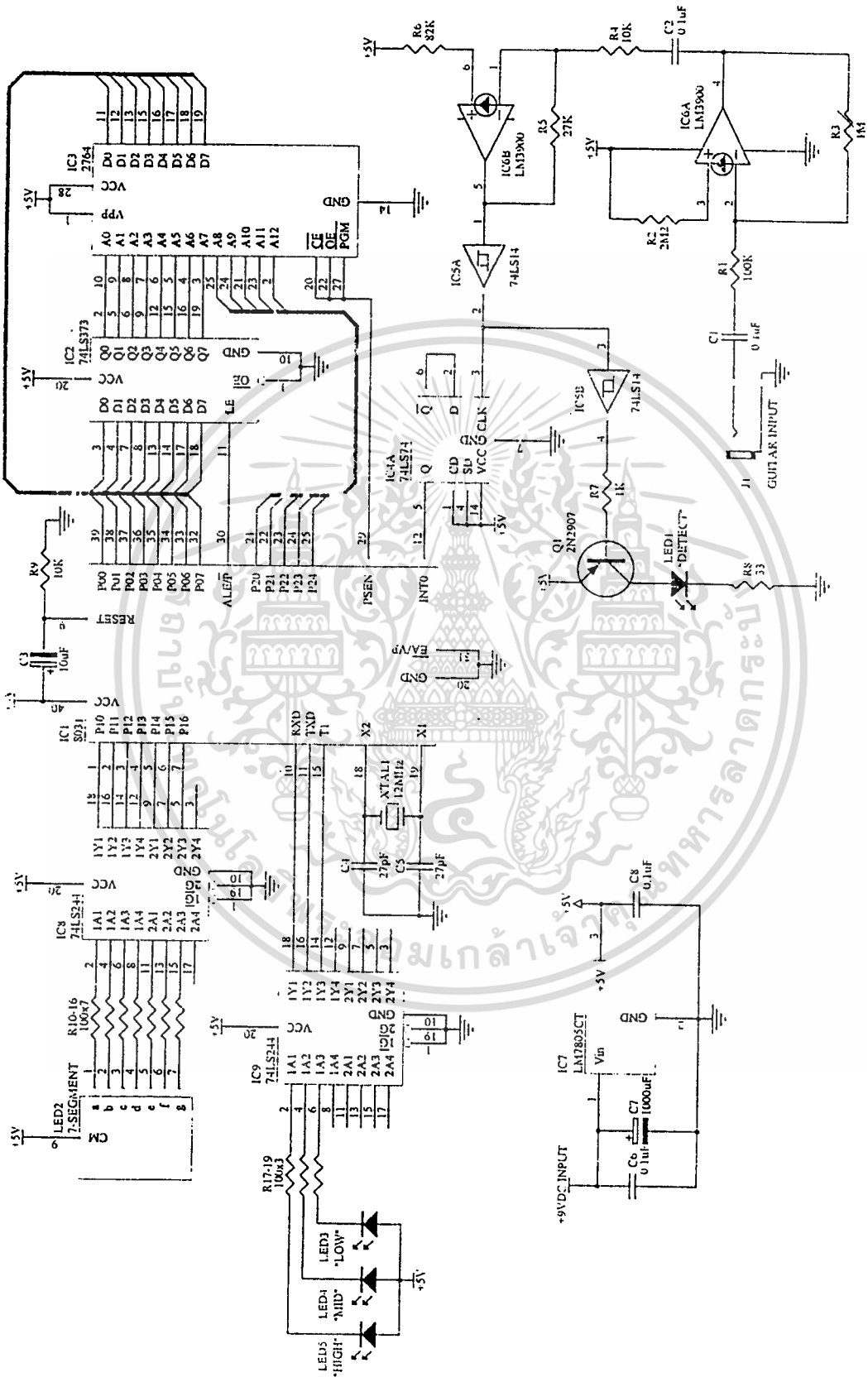
1. ส่วน Audio amplifier & Signalconditioning

สัญญาณเสียงของสายกีตาร์จะประกอบไปด้วย fundamental frequency รวมกับ harmornics ของมันอีกมากมาย การปรับบแต่งความถี่ของสายใดๆ ให้ได้มาตรฐานนั้นจะเป็นการปรับ fundamental frequency ของมันโดยจาก oscilloscope ก็คือส่วนของ maximum peak to peak amplitude ซึ่งสามารถสังเกตได้ง่าย

การสร้าง during measurement ทำได้โดยการนำสัญญาณกีตาร์ที่ได้ผ่านการขยายและเพิ่ม DC อย่างเหมาะสม แล้วป้อนผ่าน schmitt trigger เพื่อให้ได้ TTL Pulse ที่มีความถี่เท่ากับสายกีตาร์ จากนั้นจึงไปผ่าน D flip-flop เพื่อให้ได้ 50% duy cycle TTL ที่มีความถี่เป็นครึ่งหนึ่งของสายกีตาร์ สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ป้อนเข้าขา INT0 ของไมโครคอนโทรลเลอรร์ เฉพาะช่วง " HIGH" ของสัญญาณนี้จะเป็น During measurement การสร้าง During measurement แสดงในรูปที่ 2

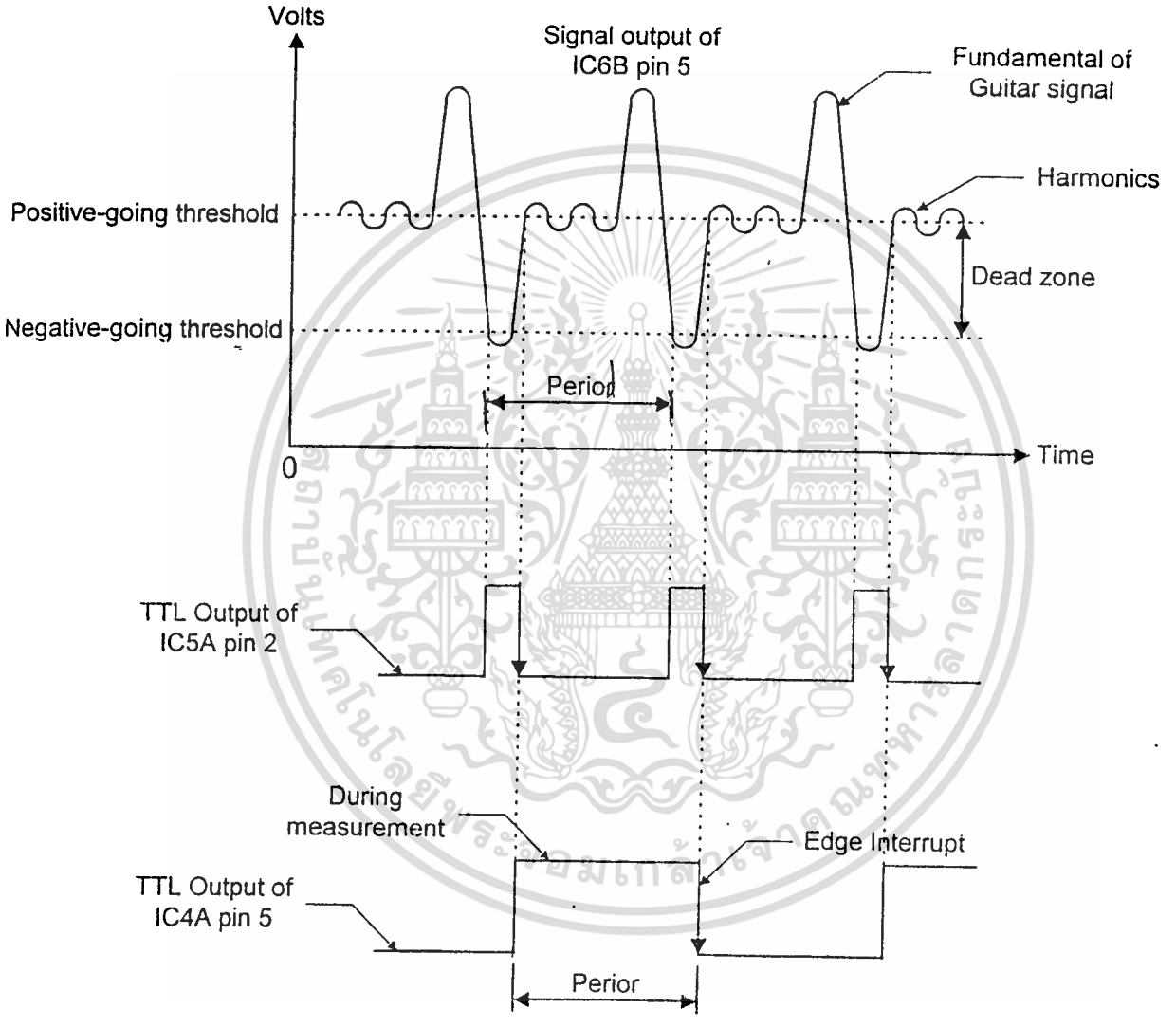
โดยทั่วไปสัญญาณกีตาร์ จะมีขนาด ประมาณ 65-100 mV ซึ่งจำเป็นจะต้องทำการขยายและยกระดับของสัญญาณสำหรับป้อนเข้า IC5A 74LS14 schmitt triger เพื่อสร้างสัญญาณ TTL จากวงจร IC6 ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณซึ่งมี AC gain เท่ากับ 27 และยกระดับสัญญาณ DC (ปรับแต่งที่ R6) ไปที่ประมาณ 1.6 V เอาท์พุทจาก IC6B เป็นสัญญาณที่เหมาะในการ trig ระดับ Positive และ Negative going threshhold ของ IC5A เอาท์พุทที่ได้จาก IC5A จะเป็น Non 50% duty cycle TTLpulse ซึ่งจะต้องไปป้อนเข้า IC4 74 ls74 D flip-flop เพื่อแปลงเป็น 50 % dutycycle TTL ซึ่งมีความถี่เป็นครึ่งหนึ่งซึ่งใช้เป็น interrupt input ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อไป ส่วน IC5B ทำหน้าที่ขับ Q1 สำหรับแสดงผล LED1 เพื่อแสดงว่าขนาดของสัญญาณอินพุทเพียงพอในการ trig ระดับ Negative - going threshcold ของ schmitt trigger ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงส่วนของวงจรของ Guitar Tuner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 การสร้าง During measurement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วน Processor

เพื่อให้ guitar tuner มีขนาดเล็กที่สุดและสะดวกในการพกพา จึงควรเลือกใช้ processor เบอร์ 8751 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ในตัว เป็นการประหยัดเนื้อที่ๆใช้ในการติดตั้งหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกและส่วนของวงจร แลตช์ไปได้แต่เนื่องจากเบอร์ 8751 มีราคาแพงและไม่สะดวกในการพัฒนาโปรแกรม โครงงานนี้จึงเลือกใช้เบอร์ 8031 ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มหน่วยความจำภายนอกและ latch แต่จะมีราคาที่ต่ำกว่ามากและมีความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรม เนื่องจากสามารถใช้ EPROM emulator ช่วนในการพัฒนาโปรแกรมได้เป็นมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว

จากวงจรรูปที่ 1 CPU จะใช้ port 0 และ port 1 บางส่วนในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และ port 1 ในการส่งข้อมูลให้กับภาคแสดงผล และ pdrt 3 บางส่วนในการ multiplex ภาคแสดงผล ส่วนขา INT0 จะถูกใช้ในการรับสัญญาณ TTL ที่ได้จากส่วน Audio amplifier & Signal conditioning ซึ่งเป็น 50% duty cycle TTL ขอบขาลงของสัญญาณนี้จะเป็น interrupt และสภาวะ "HIGH" ของสัญญาณนี้คือ During measurement ซึ่งจะแสดงเป็นรายละเอียดในส่วนของ Software ต่อไป

การใช้งาน MCS-51 ในโครงงานนี้ เน้นที่การใช้ Timer 0 ในการนับ clock ของมันเอง โดยการนับหนึ่งครั้งใช้เวลาในการนับ 1 ไมโครวินาที สำหรับ 12 Mhz Crystal ช่วงเวลาการทำงาน (During measurement) นี้คือคาบสัญญาณที่ต้องการวัด

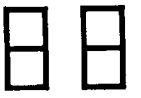
3. ส่วน Display

เพื่อความสะดวกในการใช้งานโครงงานนี้จึงได้ออกแบบให้เน้นไปที่การใช้งาน ดังนั้นการแสดงผลจึงต้องมีลักษณะที่เข้าใจง่าย หากพิจารณาตัวโครงงานแล้วจะเห็นว่าเป็นเพียงเครื่องวัดความถี่หรือคาบของสัญญาณแต่เพิ่ม ส่วนการเปรียบเทียบเพื่อการแสดงผลดังนั้นหัวใจหลักของโครงงานนี้จึงอยที่ส่วนของการแสดงผล

การ Display ที่ใช้จะประกอบไปด้วย LED 7 segment 2 ตัว และ LED ที่ทำหน้าที่ในการแสดง โน๊ต อีก 12 ตัว จึงเลือกใช้จำนวน DATA ในการ Display 8 bit และ อีก 2 bit จะถูกใช้ในการควบคุมการ Display

การขับ LED ทั้งหมดจะใช้ 74LS245 ในการขับ และ ใช้ 74LS245 อีกตัวหนึ่งในการทำ multiplex การ Display ทั้งหมดจะถูกแบ่งสัญญาณเป็น 4 กลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มจะมีขนาดไม่เกิน 8 บิต และใช้สัญญาณเพียง 2 บิตในการควบคุม ในการผลัดเปลี่ยนการ Display port ที่ในการ Display ได้แก่ P3.4, P3.5 สำหรับการ multiplex และ port 1 ทั้งหมด 8 บิต ในการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HIGH LOW &MID  2 DIGITS SEVENT SEGMENT

12 LED DISPLAY FOR NOTE

ตัวอย่างการจัดรูปแบบในการแสดงผล

การออกแบบส่วน SOFT WARE

ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ

1. ส่วน Main program
2. ส่วน Interrrupt routine
3. ส่วน Check string
4. ส่วน Display

1. ส่วน Main program

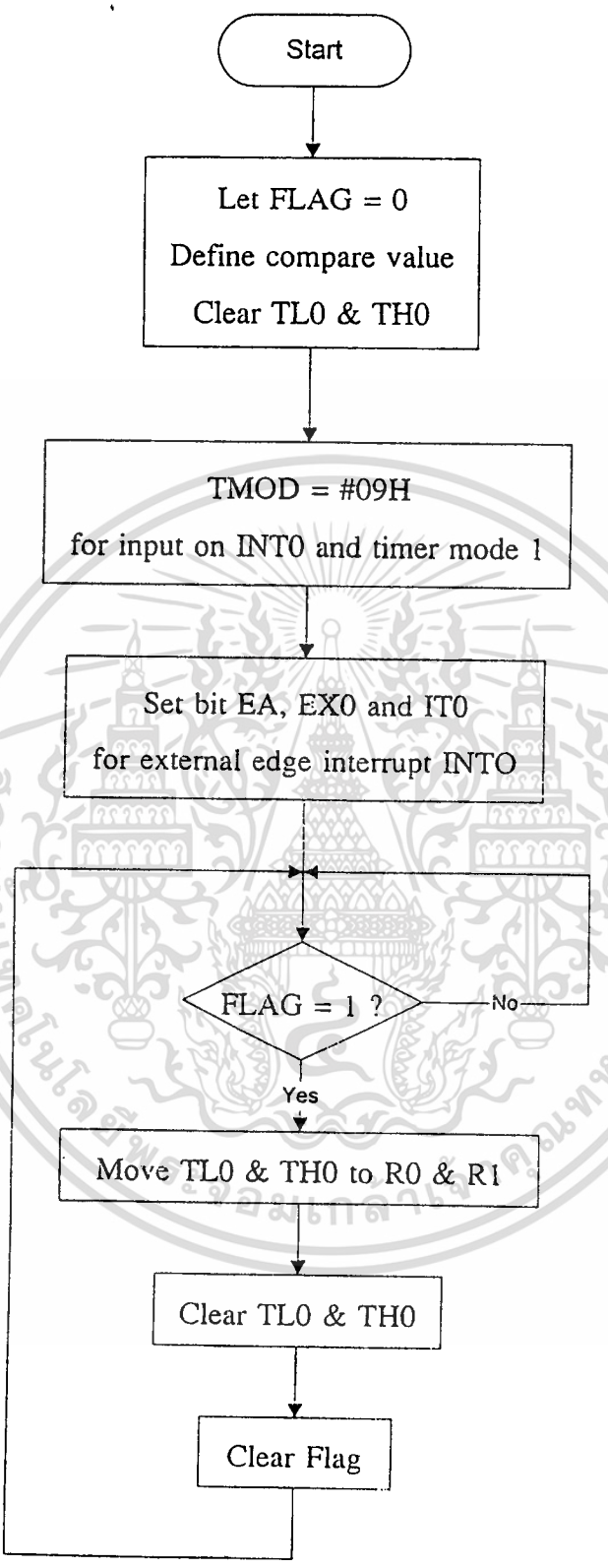
ส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นและบอกให้ CPU ทราบว่าถูกำหนดให้เกิดการ interrupt ในลักษณะใด ลักษณะของโปรแกรมแสดงเป็น flow chart ในรูปที่ 2 จากรูปได้กำหนดให้การทำงานแบบ timer mode 1 และการใช้การ interrupt แบบขอบขาลง (Edge interrupt) ของสัญญาณภายนอกที่ป้อนเข้าขา INT0

การกำหนดค่าของสายกีตาร์ใด ๆ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่นับได้ใน timer 0 เช่น string #5 ตามมาตรฐานมีความถี่ 110 Hz มีคาบเท่ากับ 9.09 มิลลิวินาที แต่การนับหนึ่งครั้งของตัว timer จะใช้เวลา 1 ไมโครวินาที ดังนั้นจำนวนที่นับได้ในคาบเวลาที่เป็น ความถี่ 110 Hz นี้จะต้องเท่ากับ 9.09มิลลิวินาที / 1ไมโครวินาที (ครั้ง) หรือประมาณ 9090 ครั้ง (ปัดเศษ) แปลงเป็นเลขฐาน 16 ได้เป็น 2382H แบ่งเป็นไบต์บน(23H) และไบต์ล่าง (82H) เพื่อใช้กับคำสั่ง CJNE ใน Check string routine ส่วน รีจิสเตอร์ R0 และ R1 ใช้ในการเก็บค่าที่นับได้ของ timer 0 เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบต่อไป

2. ส่วน Interrupt routine

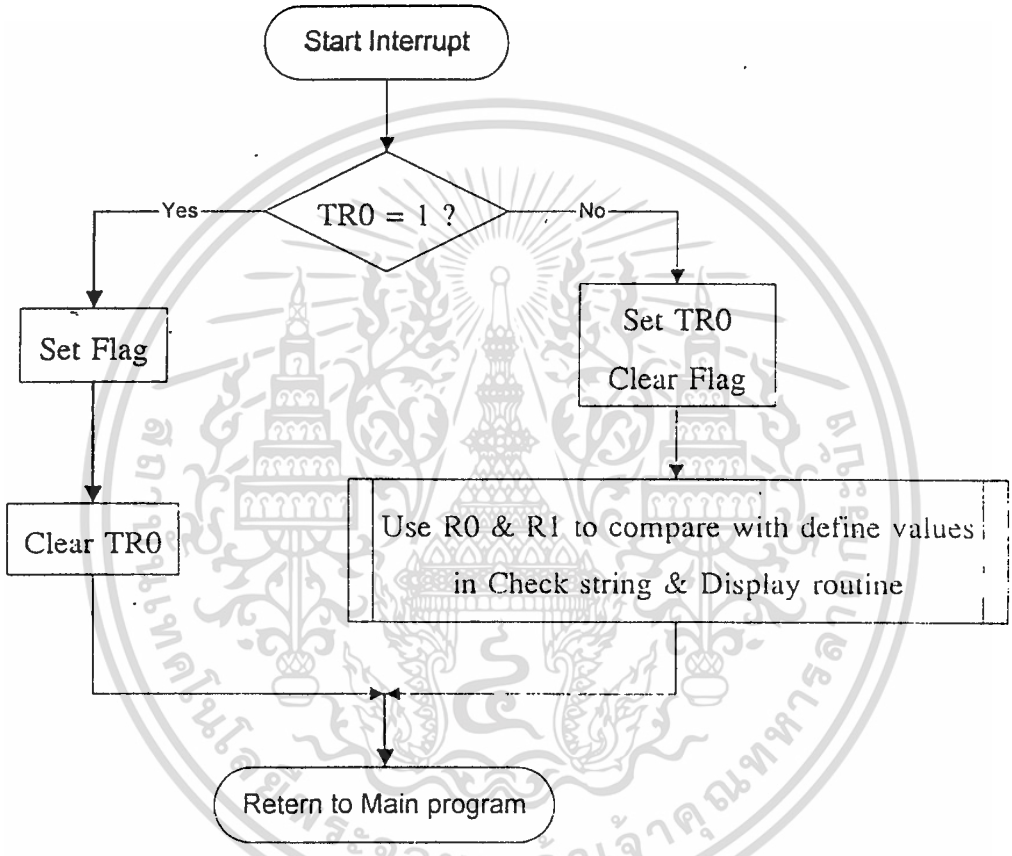
ลักษณะการ Interrupt จะมีการสลับการทำงาน คือ การ Interrupt ครั้งหนึ่งจะเป็น การเริ่มให้มีการจับเวลา ซึ่งจะเริ่มให้มีการจับเวลาเมื่อขา INT0 มีสถานะ "HIGH" และมีการนำค่า R0 และ R1 (ซึ่งรับค่าจาก TL0 และ TH 0) ตามลำดับ ที่ได้จากการนับครั้งที่แล้วไปเปรียบเทียบหับค่าที่ทำหนดเพื่อแสดงสานะของสายต่อไป (Checkstring & Display routine) เมื่อถึงการ Interrupt ครั้งต่อไมจะหยุดการจับเวลาใน T0 (TL0 และ TH0) ไปเก็นไว้ใน R0 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 flowchart แสดง Main program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 flowchart แสดง Interrupt routine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R1 ต่อไปจึง เคลียร์ T0 เพื่อรอการจับเวลาครั้งต่อไป จะสลับการทำงานในลักษณะนี้เรื่อยไป สามารถแสดงเป็น flow chart ในรูปที่ 3

3. ส่วน Check String Routine

ส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบค่าที่นับได้ใน T0 (ซึ่งเก็บไว้ใน R0 และ R1) กับค่ามาตรฐาน โดยใช้คำสั่ง CJNE เป็นส่วนใหญ่ร่วมกับคำสั่ง JC และ JNC ในการทำ condition ของการเปรียบเทียบ (มากกว่าหรือน้อยกว่า) การเปรียบเทียบจะถูกแบ่งเป็น high byte และ low byte ซึ่งจะถูกเก็บใน R0 และ R1 ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการได้ด้วย flowhart ในรูปที่ 4

เนื่องจากการทดลองเมื่อทำการใช้งานกับ กีตาร์ จริงๆแล้งปรากฏว่า เครื่องไม่สามารถที่จะแสดงผลในบางสถาณะได้ดีพอเพราะว่าค่าที่ใช้เปรียบเทียบเป็นค่าเดียวไม่ใช่ค่าที่เป็นช่วงห่าง ดังนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ที่ เราจะสามารถปรับ กีตาร์ให้ได้ความแม่นยำ 100 %

เมื่อทราบผลการทดลองเช่นนี้จึงได้กลับมาเริ่มต้นคิดใหม่ว่า ค่าที่เราวัดเข้ามาและเป็นไปได้ที่จะมีการผิดพลาดได้ไม่เกินกี่เปอร์เซนต์ ซึ่งการแสดงผลจะอยู่นิ่งกว่า และผลของการตั้งสามารถจะยอมรับได้

จากผลการพัฒนา เราจึงได้ ลักษณะการวัดใหม่นั่นคือ ให้มีช่วงค่าที่เป็นไปได้ในการวัด โดยมีการเบี่ยงเบน 1% ดังในรูปที่ 4 และตารางค่าที่คำนวณขึ้นมา

จากตารางจะเป็นค่าที่ใช้จริงทั้งหมด โดยมีการคำนวณดังนี้ เริมต้นจากนค่ามาตรฐานมาคำนวณหา คาบสัญญาณ โดยหามา 2 ค่า โดยที่ แต่ละค่ามี deviation จากค่าจริง +/- 0.5 %
ดังเช่น

NOTE D มีความถี่ = 73.416 Hz

จะได้คาบสัญญาณช่วงต่ำกว่า 0.5 %ของค่ามาตรฐาน เท่ากับ

= (1 - 0.5%)1/73.416 วินาที

จะได้คาบสัญญาณช่วงสูงกว่า 0.5 % ของค่ามาตรฐาน เท่ากับ

= (1 + 0.5%)1/73.416 วินาที

จากข้างบนจะได้เป็น

T1	=	13553.24283	มิลลิวินาที
T2	=	13689.45633	มิลลิวินาที

เมื่อต้องนำค่าเหล่านี้ไปใช้จำเป็นต้องปัดเศษทั้งหมดเพราะ CPU ไม่สามารถเข้าใจเลขทศนิยมได้โดยตรง แต่ก็ไม่ทำให้เกิดค่าผิดพลาดเกินไปกว่าที่กำหนดไว้
ดังนั้นจะได้ค่าทั้งสองค่าข้างต้นเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T1 = 13553 มิลลิวินาที

T2 = 13689 มิลลิวินาที

และเมื่อทำการแปลงเป็นเลขฐาน 16 จะได้ว่า

T1(H) = 34F1 มิลลิวินาที

T2(H) = 3579 มิลลิวินาที

และเพื่อให้สามารถทำการเขียรโปรแกรมมีความสะดวกจึงต้องทำการปรับค่า ไบต์ สูงให้มีค่าเท่ากันดังเช่นค่า 34F1 จะถูกเปลี่ยนเป็น 35FF จากนี้เราจะได้ค่าที่ใช้จริงคือ

T'1(H) = 35FF มิลลิวินาที

T'2(H) = 3579 มิลลิวินาที

จากวิธีการคำนวณนี้เราจะนำไปใช้กับทุกๆค่ามาตรฐานที่เราใช้ดังเห็นได้จากตาราง

STRING	NOTE	FREQ.	T1	T2	T1(H)	T2(H)	T1'(H)	T2'(H)	T'1	T'2
6	D	73.416	13553	13689	34F1	3579	3500	3579	13568	13689
6	D#	77.782	12796	12921	31F8	3279	3200	3279	12800	12921
6	E	82.407	12075	12196	2F2B	2FA4	2F2B	2FA4	12075	12196
6	F	87.307	11397	11511	2C85	2CF7	2C85	2CF7	11397	11511
6	F#	92.499	10757	10865	2A05	2A71	2A05	2A71	10757	10865
5	G	97.999	10153	10255	27A9	280F	27A9	27FF	10153	10239
5	G#	103.826	9584	9680	2570	25D0	2570	25D0	9584	9680
5	A	110	9046	9137	2356	23B1	2356	23B1	9046	9137
5	A#	116.541	8538	8624	215A	21B0	215A	21B0	8538	8624
5	B	123.471	8059	8140	1F7B	1FCC	1F7B	1FCC	8059	8140
4	C	130.813	7606	7683	1DB6	IE03	1DB6	1DFF	7606	7679
4	C#	138.591	7180	7252	1C0C	1C54	1C0C	1C54	7180	7252
4	D	146.832	6777	6845	1A79	1ABD	1A79	1ABD	6777	6845
4	D#	155.563	6396	6461	18FC	193D	19FF	193D	6400	6461
4	E	164.814	6037	6098	1795	17D2	1795	17D2	6037	6098
3	F	174.614	5698	5756	1642	167C	1642	167C	5698	5756
3	F#	184.997	5379	5433	1503	1539	1503	1539	5379	5433
3	G	195.998	5077	5128	13D5	1408	13D5	13FF	5077	5119
3	G#	207.652	4792	4840	12B8	I2E8	12B8	I2E8	4792	4840
3	A	220	4523	4568	11A8	11D8	11A8	11D8	4523	4568

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STRING	NOTE	FREQ.	T1	T2	T1(H)	T2(H)	T1'(H)	T2'(H)	T'1	T'2
2	A#	233.082	4269	4312	10AD	10D8	10AD	10D8	4269	4312
2	B	246.942	4029	4070	FBD	FE6	FBD	FE6	4029	4070
2	C	261.626	3803	3841	EDB	F01	EDB	EFF	3803	3839
2	C#	277.183	3590	3626	E06	E2A	E06	E2A	3590	3626
1	D	293.665	3388	3422	D3C	D5E	D3C	D5E	3388	3422
1	D#	311.127	3198	3230	C7E	C9E	C7E	C9E	3198	3230
1	E	329.628	3019	3049	BCB	BE9	BCB	BE9	3019	3049
1	F	349.228	2849	2878	B21	B3E	B21	B3E	2849	2878
1	F#	369.944	2690	2717	A82	A9D	A82	A9D	2690	2717

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและการพัฒนา

จากการทดลองเริ่มต้นจากการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ทำงานบน JAZZ-31 โดยต่อ board ที่เป็นส่วนอินพุท และ ส่วนแสดงผลไว้ ภายนอก โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อ JAZZ-31 โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ บน JAZZ -31 มีรายละเอียดดังนี้

การ initial ค่าต่างๆ จะต้องพึ่งพาและทำความเข้าใจกับ โปรแกรม มอนิเตอร์ ของJAZZ-31 ก่อน เพราะการ RUN โปรแกรมบน Jazz-31 นั้นถูก โปรแกรมมอนิเตอร์ทำงานอยู่เบื้องหลัง

JAZZ-31 ถูกออกแบบโดยทำให้เป็นเทคโนโลยี่เป็นระบบเปิด ซึ่งเหมาะที่จะให้ผู้ใช้สามารถประยุกต์ใช้ได้สูง แต่ในขณะเดียวกันก็จทำเกิดความผิดพลาดได้สูง ประเด็นที่ควรจะสนใจเป็นพิเศษก็คือ SFR ซึ่งส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดคุณสมบัติของ 80C31 หลายประการ เช่นถ้าโปรแกรมที่ใช้มีการ DISABLE ระบบ EXTERNAL-INTERRUPT-1 ก็จะทำให้เครื่องไม่สามารถทำการ BREAK ได้ หรือถ้าผู้ใช้ทำการเขียนโปรแกรมเกี่ยววกับการแสดงผลและจะต้องเกี่ยวกับ SERIAL PORT 1 ก็จะทำให้การใช้ SUB-FUNCTION RECV และ SEND มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

ซึ่งจุดนี้หมายถึงว่าการเขียนโปรแกรมแต่ละโปรแกรมนั้น ควรจะทำความเข้าใจโดยละเอียดเป็นส่วน ๆ ไป นอกจากนี้ยงรวมไปถึงการใช้งานอุปกรณ์ INPUT/OUTPUT บนบอรด์ด้วย เช่นถ้าผู้ใช้เขียนโปรแกรมทำงานเกี่ยวกับการแสดงผล และจะต้องเกี่ยวข้องกับ PORT B คือการเลือก digits ของ Sevent segment LED ในการกำหนดค่าให้ Port จะต้องกระทำในลักษณะ READ MODIFY WRITE เสมอ คือการอ่านค่าเดิมเข้ามาทำการแก้ไขเฉพาะ บิต ก่อนจะทำการเขียนกลับออกไป เพราะในกรณีนี้ บางบิต ของ Port B จะเกี่ยวข้องกับการ Break โปรแกรมซึ่งจะทำให้เกิดการ Break โปรแกรมโดยไม่ตั้งใจได้

จากการเขียนโปรแกรมเพื่อทดลองสำหรับโครงงานนี้ในส่วน ของMain Program เท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
8051 Cross-Assembler (1.3)  (C) 1987, 1989 Binary Technology
Page  1
GUN.ASM

                1 ;FILENAME     GUN.ASM
                2 ;DESC.        MAKE JAZZ TO TUNE GUITAR USE DEFINE VALUE "E6=82.407"
                3 ;PROGREAMER   GRUNT RENGPRASERT INSTRUMENT
                  KMIT'L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    4 ;-------------------------------------------------------
0000=       5       FLAG   EQU    00H
0025=       6       DISBUF EQU    25H
0066=       7       I0ADD  EQU    66H
                    8 ;
                    9 ;************START PROGRAM***********;
                   10 ;
8000        11              ORG    8000H
8000 756680 12              MOV    I0ADD,#HIGH INPUT
8003 756740 13              MOV    I0ADD+1,#LOW  INPUT
8006 752500 14              MOV    DISBUF,#0
8009 752600 15              MOV    DISBUF+1,#0H
800C 752700 16              MOV    DISBUF+2,#0H
800F 752800 17              MOV    DISBUF+3,#0H
8012 014F   18              AJMP   START
                   19 ;
                   20 ;-----------INT0 INTERRUPT ROUTINE----------;
                   21 ;
8040        22              ORG    8040H
8040        23          INPUT:
8040 108C07 24              JBC    TR0,STOP
8043 D28C   25              SETB   TR0
8045 C200   26              CLR    FLAG
8047 1174   27              ACALL  CHECK_STRING
8049 32     28              RETI
804A        29          STOP:
804A C28C   30              CLR    TR0
804C D200   31              SETB   FLAG
804E 32     32              RETI
                   33 ;
                   34 ;************MAIN PROGRAM*************;
                   35 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
804F          36          START:
804F D2AF     37              SETB   EA
8051 D2A8     38              SETB   EX0
8053 D288     39              SETB   IT0
8055 758909   40              MOV    TMOD,#09H
                      41 ;initial T0
8058 758A00   42              MOV    TL0,#00H
805B 758C00   43              MOV    TH0,#00H
                      44 ;
                      45 ;*************COUNT SECTION:WHEN FLAG=0*********;
                      46 ;
805E          47          CHECK_FLAG:
805E 100005   48              JBC    FLAG,GET_T0
8061 1285AF   49              LCALL  LOOP        ;DISPLAY
8064 80F8     50              SJMP   CHECK_FLAG
                      51 ;
                      52 ;------------UNCOUNT SECTION:WHEN FLAG=1------;
                      53 ;
8066          54          GET_T0:
8066 A88A     55              MOV    R0,TL0
8068 A98C     56              MOV    R1,TH0
806A 758A00   57              MOV    TL0,#00H
806D 758C00   58              MOV    TH0,#00H
```

8051 Cross-Assembler (1.3) (C) 1987, 1989 Binary Technology

Page 2

GUN.ASM

```
8070 C200     59              CLR    FLAG
8072 80EA     60              SJMP   CHECK_FLAG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังจะเห็นได้จากโปรแกรมข้างต้นว่ามีการกำหนดตำแหน่ง โปรแกรมไว้ที่ 8000H และตำแหน่ง โปรแกรมเพื่อการบริการอินเตอร์รัปต์จะถูกกำหนดไว้ว่าต้องเก็บค่าไว้ที่ ตำแหน่งหน่วยความจำ addr 66H และ 67H โดยการใช้คำสั่ง MOVE ค่าตำแหน่งที่ตั้งของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ ตำแหน่งที่กำหนดไว้คือ 8040H

ที่กล่าวมานี้คือส่วนที่ต้องแก้ไขเมื่อนำโปรแกรมไปใช้ ทำงานบนบอร์ดที่จะสร้างขึ้น

โปรแกรมในส่วนที่เป็นการ Compare นั้นจะยังคงเดิมไว้เพราะไม่มีผลต่อการทำงานของระบบซึ่งโปรแกรมที่ เสร็จสมบูรณ์แล้วได้นมาแสดงไว้ที่ท้ายเล่ม จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงบางจุดเท่านั้นดังที่ได้กล่าวมา

การพัฒนาโปรแกรมในส่วนที่เป็น การเปรียบเทียบและการแสดงผล

จากการทดลองด้วยโปรแกรมต้นแบบซึ่งมีลักษณะการเปรียบค่าตรงๆโดยไม่มีการเผื่อช่วงค่าในการวัด จะมีผลทำให้ผลการวัด ได้ผลที่ตรงแน่นอนได้ยากมากเพราะค่าผิดพลาดในการปรับค่าของกีตาร์ย่อมเกิดขึ้นได้อย่างแน่นอน แต่น้อยมากกว่า 1%

จากการศึกษาและใช้งานจริงรวมทั้งการทดลองใช้งานกับเครื่องที่ใช้กันอยู่ (ซึ่งเป็นระบบอนาลอก) พบว่ามีการเบี่ยงเบนของค่าที่ตั้งไว้โดยเฉลี่ย 5% ซึ่งจัดว่าสามารถใช้งานได้โดยทั่วไป แต่หากต้องนำกีตาร์ไปใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูง การเบี่ยงเบน ขนาด 5% นี้ถือว่าไม่สมควร

เมื่อได้ข้อมูลข้างต้นแล้วจึ่งได้นำกลับพิจารณาวิธีการในการเปรียบเทียบค่าใหม่ดังที่ได้กล่าวไว้ในส่วนของการออกแบบ Soft ware แล้ว

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

1. เริ่มจากการหาค่าที่จะเป็นค่าเปรียบเทียบทุกค่าที่ต้องการใช้นั่นคือ เริ่มจากโน๊ต D ที่มีความถี่เท่ากับ 73.416 Hz จนถึงโน๊ต F# ซึ่งมีค่าความถี่เท่ากับ 369.944 Hz นำมาคำนวณให้ได้ค่าของคาบสัญญาณ ที่ต้องการ โดยที่ ในแต่ละโน๊ตนั้นจะมี ค่าที่ต้องใช้ 2 ค่าต่อโนต๊ ดูได้จากตาราง ในบทที่ 3 เรื่องการออกแบบ ส่วน Check string
2. นำค่าที่ได้มาทำการเขียนภาพแผนภูมิ ที่แสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่เป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำ และการแสดงผล
3. นำแผนภูมิที่ได้ไปทำการเขียน flowchart
4. เขียนโปรแกรมโดยใช้ flowchart เป็นข้อมูลอ้างอิงถึงการเปรียบเทียบและการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและแนวทางการพัฒนา

การตั้งสายกีตาร์ด้วยเครื่องตั้งสายที่ทำงานด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถทำงานได้ดี ในแง่ความเที่ยงตรง แต่มีข้อบกพร่องในด้านการแสดงผลเพราะว่า การแสดงผลที่เห็นเป็นการแสดงโดยตรงจากผลที่วัดได้ นั่นคือในขณะที่เราทำการดีดสายกีตาร์อยู่นั้น การดีดย่อมทำให้เกิดสัญญาณ Harmornics แปลกปลอมซึ่งไม่ใช่สัญญาณเสียงที่ต้องการวัด ซึ่งทำให้ MCS-51 วัดค่าของสัญญาณที่แปลกปลอมเหล่านี้ไปแสดงผล

วิธีแก้ไข ทางหนึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้ ที่ต้องรักษาน้ำหนักในการดีดสาย ไม่ให้เกิดสัญญาณที่ไม่ต้องการ สัญญาณที่ไม่ต้องการนั้นได้แก่

1. สัญญาณที่เกิดจากการกระแทกของสายกีตาร์กับเฟรท
2. สัญญาณที่เกิดจากการดีดข้ามสาย หรือ การดีดสายสองสายพร้อม ๆ กัน

จะเห็นได้ว่าขีดจำกัดของเครื่องนี้มีอยู่ที่ ไม่สามารถแยกแยะได้ว่า Harmornics ที่เกิดขึ้นนั้นมาจากสัญญาณ Fundamental ความถี่เท่าใด ดังนั้นจึงอาการรวนในช่วงที่ไม่สามารถรู้ค่า Fundamental ที่แน่นอน สังเกตได้จากเวลาที่ใช้ กับ สายที่มีอายุการใช้งานสูงจะทำให้การอ่านค่ามีอาการอยู่นิ่ง

ขีดจำกัดของเครื่อง

- เครื่องนี้ไม่สามารถใช้ได้กับเครื่องดนตรีที่เป็นประเภท Acoustics
- เครื่องนี้มี RANGE ในการวัดตั้งแต่ ความถี่ 73.416 Hz ถึง 369.944 นั่นคือเครื่องจะสามารถแสดงผลให้ดูได้ฉะเพาะช่วง ต่ำกว่า สาย 6 1 เสียง (โน๊ต D) จนถึง สายที่ 1 เฟรทที่ 2 (โน๊ต F#) หากสัญญาณที่ป้อนให้กับเครื่องสูงหรือต่ำกว่าที่กล่าวไว้ เครื่องจะแสดงผลว่า Lower (เมื่อเสียงต่ำกว่า) และ Over (เมื่อเสียงสูงกว่า)

ลักษณะ และวิธีการใช้

ผู้ใช้สามารถต่อ เครื่องตั้งเสียงร่วมไปกับอุปกรณ์ เครื่องแต่งเสียงได้โดยตรง หรือ แยกเป็นเครื่องต่างหาก ด้วยคุณสมบัติทางด้านขนาดที่เล็ก และ อัตราการใช้พลังงานที่ต่ำ

การใช้งานดังที่กล่าวก็คือ ต่อสัญญาณจากกีตาร์โดยตรงเข้ากับเครื่องจากนั้นทำการทดลองดีดสายทีละสายสังเกตการแสดงผล เมื่อทำการดีดสายใดสายหนึ่งเครื่องจะต้องแสดงผลเป็นเลข 1 ถึง 6 จากนั้นก็ให้สังเกตว่าการแสดงผล HIGH, MID, LOW อยู่ในลักษณะใด และเพื่อความละเอียดในการอ่านผลยิ่งขึ้นให้สังเกตว่า LED ที่ทำหน้าที่แสดง Note นั้นแสดงผลอะไรอยู่ ตัวอย่างเช่นขณะนี้กำลังทำการตั้งสายที่ 5 เมื่อดีดสายนี้แล้วเครื่องได้แสดงผลออกมาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 5

รูปที่ 1

การแสดงผลนี้อธิบายได้ว่า เสียงที่เครื่องรับไปประมวลผลนั้นเป็นเสียงที่อยู่ระหว่างเสียงของโน๊ต B และ C และน่าจะเป็นเสียงที่ได้มาจาก สายที่ 5

เมื่อผู้ใช้ทราบแล้วก็ทำการปรับเสียงที่สาย 5 ให้ได้เสียงมาตรฐาน นั่นคือ เสียง A หรือว่าผู้ใช้อ่านเพียงการแสดงผล ที่เป็นขีดบอกสถานะ และตัวเลขบอกตำแหน่งสายก็สามารถเข้าใจสถานะของเสียงนี้ได้และเมื่อได้ทำการปรับจนเสียงได้มาตรฐานแล้วการแสดงผลจะเป็นเช่นนี้

-5

รูปที่ 2

แต่หากว่าการแสดงผลนี้เกิดจากสายอื่น เช่นเกิดจากการดีดสายที่ 4 นั้นแสดงว่า สายที่ 4 มีเสียงที่ต่ำกว่ามาตรฐานมาก

เสียงมาตรฐานจะมีตำแหน่งที่แน่นอนบนคอกีตาร์ดังนี้

เฟรตที่ ..	0	1	2	3
สายที่ 1	E	F	F#	G
สายที่ 2	B	C	C#	D
สายที่ 3	G	G#	A	A#
สายที่ 4	D	D#	E	F
สายที่ 5	A	A#	B	C
สายที่ 6	E	F	F#	G

รูปที่ 3

แนวทางการพัฒนา

เนื่องจากประสิทธิภาพของการแยกแยะความถี่ที่เป็น Fundamental ออกจาก Harmornics ไม่ดีพอ ด้วนสาเหตุจากวงจรสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่สร้างมาจากสัญญาณกีตาร์ หรือที่เรียกว่า During Measurement จึงจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถให้กับวงจรในการแยกแยะ ด้วยวงจร filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ควบคุมด้วย MCS-51 เองโดยออกแบบให้มีวงจร Filter ที่ควบคุมได้ด้วยสัญญาณ ดิจิตอล วงจร Filter อาจจะแบ่งการ filter เป็นช่วงๆเช่น filter ได้ 6 ย่านความถี่ ซึ่งจะเป็นการแบ่งตามสายกีตาร์ นั่นคืออาจจะนำสัญญาณการแสดงผลมาสั่งงานวงจร filter ได้โดยตรงซึ่งไม่จำเป็นต้องทำการแก้ไข ในส่วนของ software

สำหรับ โปรแกรมในส่วน Checkstrin อาจทำการเพิ่มจำนวนของค่าในการเปรียบเทียบให้มากขึ้นได้ เพื่อจะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องคนตรีประเภทอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FREQUENCY TABLE

C	C#	D	D#	G#	A	A#	B
16.351	17.323	18.354	19.445	25.956	27.5	29.135	30.867
32.703	34.647	36.708	38.89	51.913	55	58.27	61.735
65.406	69.295	73.416	77.781	103.826	110	116.54	123.47
130.812	138.591	146.832	155.563	207.652	220	233.081	246.941
261.625	277.182	293.664	311.126	415.304	440	466.163	493.883
523.251	554.365	587.329	622.253	830.609	880	932.327	987.766
1046.502	1108.73	1174.059	1244.507	1661.218	1760	1864.654	1975.532
2093.004	2271.46	2344.318	2489.014	3322.436	3520	3729.308	3951.064
4186.008	4434.92	4698.636	4978.028	6644.872	7040	7458.616	7902.128
8372.016	8869.84	9397.272	9956.056	13289.74	14080	14917.23	15804.26
16744.03							

E	F	F#	G
20.601	21.826	23.124	24.499
41.203	43.653	46.249	48.999
82.406	87.307	92.408	97.998
164.813	174.614	184.997	195.997
329.627	349.228	369.994	391.995
659.255	698.456	739.988	783.991
1318.51	1396.912	1479.976	1567.982
2637.02	2793.824	2959.952	3135.964
5274.04	5587.648	5919.904	6270.928
10548.08	11175.3	11839.81	12541.86

CCCC 16.351 Hz is the lowest note of 32 ft pitch

CCC 32.703 Hz is the lowest note of 16 ft pitch

CC 65.406 Hz is the lowest note of 8 ft pitch

C 261.625 Hz is the so called middle c of the keyboard

ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTE	FREQ.	T1	T2	T1(H)	T2(H)	T1'(H)	T2'(H)	T'1	T'2
D	73.416	13553	13689	34F1	3579	3500	3579	13568	13689
D#	77.782	12796	12921	31F8	3279	3200	3279	12800	12921
E	82.407	12075	12196	2F2B	2FA4	2F2B	2FA4	12075	12196
F	87.307	11397	11511	2C85	2CF7	2C85	2CF7	11397	11511
F#	92.499	10757	10865	2A05	2A71	2A05	2A71	10757	10865
G	97.999	10153	10255	27A9	280F	27A9	27FF	10153	10239
G#	103.826	9584	9680	2570	25D0	2570	25D0	9584	9680
A	110	9046	9137	2356	23B1	2356	23B1	9046	9137
A#	116.541	8538	8624	215A	21B0	215A	21B0	8538	8624
B	123.471	8059	8140	1F7B	1FCC	1F7B	1FCC	8059	8140
C	130.813	7606	7683	1DB6	IE03	1DB6	1DFF	7606	7679
C#	138.591	7180	7252	1C0C	1C54	1C0C	1C54	7180	7252
D	146.832	6777	6845	1A79	1ABD	1A79	1ABD	6777	6845
D#	155.563	6396	6461	18FC	193D	19FF	193D	6400	6461
E	164.814	6037	6098	1795	17D2	1795	17D2	6037	6098
F	174.614	5698	5756	1642	167C	1642	167C	5698	5756
F#	184.997	5379	5433	1503	1539	1503	1539	5379	5433
G	195.998	5077	5128	13D5	1408	13D5	13FF	5077	5119
G#	207.652	4792	4840	12B8	I2E8	12B8	I2E8	4792	4840
A	220	4523	4568	11A8	11D8	11A8	11D8	4523	4568
A#	233.082	4269	4312	10AD	10D8	10AD	10D8	4269	4312
B	246.942	4029	4070	FBD	FE6	FBD	FE6	4029	4070
C	261.626	3803	3841	EDB	F01	EDB	EFF	3803	3839
C#	277.183	3590	3626	E06	E2A	E06	E2A	3590	3626
D	293.665	3388	3422	D3C	D5E	D3C	D5E	3388	3422
D#	311.127	3198	3230	C7E	C9E	C7E	C9E	3198	3230
E	329.628	3019	3049	BCB	BE9	BCB	BE9	3019	3049
F	349.228	2849	2878	B21	B3E	B21	B3E	2849	2878
F#	369.944	2690	2717	A82	A9D	A82	A9D	2690	2717

ตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JAN.ASM

```
                    1 ;FILENAME     JAN.ASM
                    2 ;DESC.        MAKE 31 TO TUNE GUITAR USE DEFINE VALUE "E6=82.407"
                    3 ;PROGREAMER   GRUNT RENGPRASERT INSTRUMENT KMIT'L
                    4 ;DATE         JAN 31,97
                    5 ;-----------------------------------------
0000=       6         FLAG   EQU   00H
0025=       7         DISBUF EQU   25H
0066=       8         I0ADD  EQU   66H
                    9 ;
                   10 ;************START PROGRAM***********;
                   11 ;
0000       12             ORG   00H
0000 020040    13         LJMP  INITIAL
0003       14             ORG   03H
0003 0154      15         AJMP  INPUT
0040       16             ORG   040H
0040       17         INITIAL:
0040 756600    18         MOV   I0ADD,#HIGH INPUT
0043 756754    19         MOV   I0ADD+1,#LOW  INPUT
0046 752500    20         MOV   DISBUF,#0
0049 752600    21         MOV   DISBUF+1,#0H
004C 752700    22         MOV   DISBUF+2,#0H
004F 752800    23         MOV   DISBUF+3,#0H
0052 0163      24         AJMP  START
                   25 ;
                   26 ;----------INT0 INTERRUPT ROUTINE---------;
                   27 ;
0054       28         INPUT:
0054 108C07    29         JBC   TR0,STOP
0057 D28C      30         SETB  TR0
0059 C200      31         CLR   FLAG
005B 1188      32         ACALL CHECK_STRING
005D 32        33         RETI
005E       34         STOP:
005E C28C      35         CLR   TR0
0060 D200      36         SETB  FLAG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0062 32      37          RETI
                 38 ;
                 39 ;*************MAIN PROGRAM***************;
                 40 ;
0063        41       START:
0063 D2AF    42           SETB  EA
0065 D2A8    43           SETB  EX0
0067 D288    44           SETB  IT0
0069 758909  45           MOV   TMOD,#09H
                 46 ;initial T0
006C 758A00  47           MOV   TL0,#00H
006F 758C00  48           MOV   TH0,#00H
                 49 ;
                 50 ;*************COUNT SECTION:WHEN FLAG=0*********;
                 51 ;
0072        52       CHECK_FLAG:
0072 100005  53           JBC   FLAG,GET_T0
0075 1205AA  54           LCALL LOOP       ;DISPLAY
0078 80F8    55           SJMP  CHECK_FLAG
                 56 ;
                 57 ;-----------UNCOUNT SECTION:WHEN FLAG=1------;
                 58 ;
```



```
007A        59       GET_T0:
007A A88A    60           MOV   R0,TL0
007C A98C    61           MOV   R1,TH0
007E 758A00  62           MOV   TL0,#00H
0081 758C00  63           MOV   TH0,#00H
0084 C200    64           CLR   FLAG
0086 80EA    65           SJMP  CHECK_FLAG
                 66
                 67 ;
                 68 ;-------------DEFINED VALUES FOR COMPARE WITH T0------;
                 69 ;
0035=        70       D_6H  EQU   35H
0079=        71       D_6L1 EQU   079H
0000=        72       D_6L2 EQU   0H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                73
0032=     74        DSH_6H  EQU   32H
0079=     75        DSH_6L1 EQU   79H
0000=     76        DSH_6L2 EQU   0H
                77
002F=     78        E_6H   EQU   2FH   ;STRING #6H
00A4=     79        E_6L1  EQU   0A4H   ;STRING #6L1
002B=     80        E_6L2  EQU   02BH   ;STRING #6L2
                81
002C=     82        F_6H   EQU   2CH
00F7=     83        F_6L1  EQU   0F7H
0085=     84        F_6L2  EQU   85H
                85
002A=     86        FSH_6H  EQU   2AH
0071=     87        FSH_6L1 EQU   71H
0005=     88        FSH_6L2 EQU   05H
                89 ;
0027=     90        G_5H   EQU   27H
00FF=     91        G_5L1  EQU   0FFH
00A9=     92        G_5L2  EQU   0A9H
                93
0025=     94        GSH_5H  EQU   25H
00D0=     95        GSH_5L1 EQU   0D0H
0070=     96        GSH_5L2 EQU   70H
                97
0023=     98        A_5H   EQU   23H   ;STRING #5H
00B1=     99        A_5L1  EQU   0B1H   ;STRING #5L1
0056=    100        A_5L2  EQU   056H   ;STRING #5L2
               101
0021=    102        ASH_5H  EQU   21H
00B0=    103        ASH_5L1 EQU   0B0H
005A=    104        ASH_5L2 EQU   5AH
               105
001F=    106        B_5H   EQU   1FH
00CC=    107        B_5L1  EQU   0CCH
007B=    108        B_5L2  EQU   07BH
               109 ;
001D=    110        C_4H   EQU   1DH
00FF=    111        C_4L1  EQU   0FFH
00B6=    112        C_4L2  EQU   0B6H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    113
001C=       114     CSH_4H  EQU   1CH
0054=       115     CSH_4L1 EQU   054H
000C=       116     CSH_4L2 EQU   00CH
                    117
```

□


```
001A=       118     D_4H   EQU   1AH   ;STRING #4H
00BD=       119     D_4L1  EQU   0BDH   ;STRING #4L1
0079=       120     D_4L2  EQU   79H   ;STRING #4L2
                    121
0019=       122     DSH_4H  EQU   19H
003C=       123     DSH_4L1 EQU   03CH   ;STRING #4L
0000=       124     DSH_4L2 EQU   00H
                    125
0017=       126     E_4H   EQU   17H
00D2=       127     E_4L1  EQU   0D2H
0095=       128     E_4L2  EQU   095H
                    129 ;
0016=       130     F_3H   EQU   16H
007C=       131     F_3L1  EQU   7CH
0042=       132     F_3L2  EQU   42H
                    133
0015=       134     FSH_3H  EQU   15H
0039=       135     FSH_3L1 EQU   039H
0003=       136     FSH_3L2 EQU   003H
                    137
0013=       138     G_3H   EQU   13H   ;STRING #3H
00FF=       139     G_3L1  EQU   0FFH   ;STRING #3L
00D5=       140     G_3L2  EQU   0D5H
                    141
0012=       142     GSH_3H  EQU   12H   ;STRING SH3H
00E8=       143     GSH_3L1 EQU   0E8H   ;STRING #3L
00B8=       144     GSH_3L2 EQU   0B8H
                    145 ;
0011=       146     A_3H   EQU   11H
00D8=       147     A_3L1  EQU   0D8H
00AB=       148     A_3L2  EQU   0ABH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                149 ;
0010=     150       ASH_2H  EQU   10H
00D8=     151       ASH_2L1 EQU   0D8H
00AD=     152       ASH_2L2 EQU   0ADH
                153
000F=     154       B_2H   EQU   0FH   ;STRING #2H
00E6=     155       B_2L1  EQU   0E6H  ;STRING #2L1
00BD=     156       B_2L2  EQU   0BDH  ;STRING #2L2
                157
000E=     158       C_2H   EQU   0EH
00FF=     159       C_2L1  EQU   0FFH
00DB=     160       C_2L2  EQU   0DBH
                161
000E=     162       CSH_2H  EQU   0EH
002A=     163       CSH_2L1 EQU   2AH
0006=     164       CSH_2L2 EQU   06H
                165 ;
000D=     166       D_1H   EQU   0DH
005E=     167       D_1L1  EQU   05EH
003C=     168       D_1L2  EQU   03CH
                169
000C=     170       DSH_1H  EQU   0CH
009E=     171       DSH_1L1  EQU   09EH
007E=     172       DSH_1L2  EQU   07EH
                173
000B=     174       E_1H   EQU   0BH   ;STRING #1H
00E9=     175       E_1L1  EQU   0E9H  ;STRING #1L
00CB=     176       E_1L2  EQU   0CBH
```



```
                177
000B=     178       F_1H   EQU   0BH
003E=     179       F_1L1  EQU   3EH
0021=     180       F_1L2  EQU   21H
                181
000A=     182       FSH_1H  EQU   0AH
009D=     183       FSH_1L1  EQU   09DH
0082=     184       FSH_1L2  EQU   082H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                185
                186 ;
                187 ;------------SUBROUTINE FOR CHECK T0-----;
                188 ;
0088        189     CHECK_STRING:
                190 ;
                191 ;-------CHECK D6-------------------------;
                192 ;
0088        193     CHK_D6:
0088 B93505 194         CJNE   R1,#D_6H,NEQ_D_6H
008B B87906 195         CJNE   R0,#D_6L1,NEQ_D_6L1
008E 8016   196         SJMP   SHOW_L6D
0090        197     NEQ_D_6H:
0090 4022   198         JC     CHK_DSH6
0092 800B   199         SJMP   SHOW_VERY_LOW
0094        200     NEQ_D_6L1:
0094 5009   201         JNC    SHOW_VERY_LOW
0096 B80002 202         CJNE   R0,#D_6L2,NEQ_D_6L2
0099 800B   203         SJMP   SHOW_L6D
009B        204     NEQ_D_6L2:
009B 5009   205         JNC    SHOW_L6D
009D 800E   206         SJMP   SHOW_LM6DDSH
009F        207     SHOW_VERY_LOW:
009F 91C0   208         ACALL  DISPLAY_UNDER
00A1 91C4   209         ACALL  LO
00A3 91FB   210         ACALL  NONE
00A5 22     211         RET
00A6        212     SHOW_L6D:
00A6 91BC   213         ACALL  DISPLAY_6
00A8 91C4   214         ACALL  LO
00AA B148   215         ACALL  DNOTE
00AC 22     216         RET
00AD        217     SHOW_LM6DDSH:
00AD 91BC   218         ACALL  DISPLAY_6
00AF 91C8   219         ACALL  LO_MID
00B1 B14F   220         ACALL  DDSH
00B3 22     221         RET
                222 ;
                223 ;------CHECK DSH6-----------------------;
                224 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00B4        225         CHK_DSH6:
00B4 B93205   226           CJNE   R1,#DSH_6H,NEQ_DSH_6H
00B7 B87906   227           CJNE   R0,#DSH_6L1,NEQ_DSH_6L1
00BA 800F     228           SJMP   SHOW_LM6DSH
00BC        229         NEQ_DSH_6H:
00BC 401B     230           JC     CHK_E6
00BE 80ED     231           SJMP   SHOW_LM6DDSH
00C0        232         NEQ_DSH_6L1:
00C0 50EB     233           JNC    SHOW_LM6DDSH
00C2 B80002   234           CJNE   R0,#DSH_6L2,NEQ_DSH_6L2
00C5 8004     235           SJMP   SHOW_LM6DSH
```



```
00C7        236         NEQ_DSH_6L2:
00C7 5002     237           JNC    SHOW_LM6DSH
00C9 8007     238           SJMP   SHOW_LM6DSHE
00CB        239         SHOW_LM6DSH:
00CB 91BC     240           ACALL  DISPLAY_6
00CD 91C8     241           ACALL  LO_MID
00CF B156     242           ACALL  DSH
00D1 22       243           RET
00D2        244         SHOW_LM6DSHE:
00D2 91BC     245           ACALL  DISPLAY_6
00D4 91C8     246           ACALL  LO_MID
00D6 B15D     247           ACALL  DSHE
00D8 22       248           RET
                  249 ;
                  250 ;------CHECK E6------------------------;
                  251 ;
00D9        252         CHK_E6:
00D9 B92F05   253           CJNE   R1,#E_6H,NEQ_E_6H
00DC B8A406   254           CJNE   R0,#E_6L1,NEQ_E_6L1
00DF 800F     255           SJMP   SHOW_M6E
00E1        256         NEQ_E_6H:
00E1 401B     257           JC     CHK_F6
00E3 80ED     258           SJMP   SHOW_LM6DSHE
00E5        259         NEQ_E_6L1:
00E5 50EB     260           JNC    SHOW_LM6DSHE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00E7 B82B02   261        CJNE  R0,#E_6L2,NEQ_E_6L2
00EA 8004     262        SJMP  SHOW_M6E
00EC          263  NEQ_E_6L2:
00EC 5002     264        JNC   SHOW_M6E
00EE 8007     265        SJMP  SHOW_MH6EF
00F0          266  SHOW_M6E:
00F0 91BC     267        ACALL DISPLAY_6
00F2 91CC     268        ACALL MID
00F4 B164     269        ACALL ENOTE
00F6 22       270        RET
00F7          271  SHOW_MH6EF:
00F7 91BC     272        ACALL DISPLAY_6
00F9 91D0     273        ACALL MID_HI
00FB B16B     274        ACALL EF
00FD 22       275        RET
                276 ;
                277 ;------CHECK F6----------;
                278 ;
00FE          279  CHK_F6:
00FE B92C05   280        CJNE  R1,#F_6H,NEQ_F_6H
0101 B8F706   281        CJNE  R0,#F_6L1,NEQ_F_6L1
0104 800F     282        SJMP  SHOW_MH6F
0106          283  NEQ_F_6H:
0106 401B     284        JC    CHK_FSH6
0108 80ED     285        SJMP  SHOW_MH6EF
010A          286  NEQ_F_6L1:
010A 50EB     287        JNC   SHOW_MH6EF
010C B88502   288        CJNE  R0,#F_6L2,NEQ_F_6L2
010F 8004     289        SJMP  SHOW_MH6F
0111          290  NEQ_F_6L2:
0111 5002     291        JNC   SHOW_MH6F
0113 8007     292        SJMP  SHOW_MH6FFSH
0115          293  SHOW_MH6F:
0115 91BC     294        ACALL DISPLAY_6
```

□


```
0117 91D0     295        ACALL MID_HI
0119 B172     296        ACALL FNOTE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
011B 22      297          RET
011C         298      SHOW_MH6FFSH:
011C 91BC    299          ACALL  DISPLAY_6
011E 91D0    300          ACALL  MID_HI
0120 B179    301          ACALL  FFSH
0122 22      302          RET
                  303 ;
                  304 ;------CHECK FSH6----------;
                  305 ;
0123         306      CHK_FSH6:
0123 B92A05  307          CJNE   R1,#FSH_6H,NEQ_FSH_6H
0126 B87106  308          CJNE   R0,#FSH_6L1,NEQ_FSH_6L1
0129 800F    309          SJMP   SHOW_H6FSH
012B         310      NEQ_FSH_6H:
012B 4019    311          JC     CHK_G5
012D 80ED    312          SJMP   SHOW_MH6FFSH
012F         313      NEQ_FSH_6L1:
012F 50EB    314          JNC    SHOW_MH6FFSH
0131 B80502  315          CJNE   R0,#FSH_6L2,NEQ_FSH_6L2
0134 8004    316          SJMP   SHOW_H6FSH
0136         317      NEQ_FSH_6L2:
0136 5002    318          JNC    SHOW_H6FSH
0138 8007    319          SJMP   SHOW_65FSHG
013A         320      SHOW_H6FSH:
013A 91BC    321          ACALL  DISPLAY_6
013C 91D4    322          ACALL  HI
013E B180    323          ACALL  FSH
0140 22      324          RET
0141         325      SHOW_65FSHG:
0141 91D8    326          ACALL  DISPLAY_TRANS65
0143 B187    327          ACALL  FSHG
0145 22      328          RET
                  329 ;
                  330 ;------CHECK G5----------;
                  331 ;
0146         332      CHK_G5:
0146 B92705  333          CJNE   R1,#G_5H,NEQ_G_5H
0149 B8FF06  334          CJNE   R0,#G_5L1,NEQ_G_5L1
014C 800F    335          SJMP   SHOW_L5G
014E         336      NEQ_G_5H:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
014E 401B    337          JC    CHK_GSH5
0150 80EF    338          SJMP  SHOW_65FSHG
0152         339      NEQ_G_5L1:
0152 50ED    340          JNC   SHOW_65FSHG
0154 B8A902  341          CJNE  R0,#G_5L2,NEQ_G_5L2
0157 8004    342          SJMP  SHOW_L5G
0159         343      NEQ_G_5L2:
0159 5002    344          JNC   SHOW_L5G
015B 8007    345          SJMP  SHOW_LM5GGSH
015D         346      SHOW_L5G:
015D 91B8    347          ACALL DISPLAY_5
015F 91C4    348          ACALL LO
0161 B18E    349          ACALL GNOTE
0163 22      350          RET
0164         351      SHOW_LM5GGSH:
0164 91B8    352          ACALL DISPLAY_5
0166 91C8    353          ACALL LO_MID
□
8051 Cross-Assembler (1.3)  (C) 1987, 1989 Binary Technology                Page  7
JAN.ASM


0168 B195    354          ACALL GGSH
016A 22      355          RET
                  356 ;
                  357 ;-------CHECK GSH5-------------------;
                  358 ;
016B         359      CHK_GSH5:
016B B92505  360          CJNE  R1,#GSH_5H,NEQ_GSH_5H
016E B8D006  361          CJNE  R0,#GSH_5L1,NEQ_GSH_5L1
0171 800F    362          SJMP  SHOW_LM5GSH
0173         363      NEQ_GSH_5H:
0173 401B    364          JC    CHK_A5
0175 80ED    365          SJMP  SHOW_LM5GGSH
0177         366      NEQ_GSH_5L1:
0177 50EB    367          JNC   SHOW_LM5GGSH
0179 B87002  368          CJNE  R0,#GSH_5L2,NEQ_GSH_5L2
017C 8004    369          SJMP  SHOW_LM5GSH
017E         370      NEQ_GSH_5L2:
017E 5002    371          JNC   SHOW_LM5GSH
0180 8007    372          SJMP  SHOW_LM5GSHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0182        373         SHOW_LM5GSH:
0182 91B8   374             ACALL  DISPLAY_5
0184 91C8   375             ACALL  LO_MID
0186 B19C   376             ACALL  GSH
0188 22     377             RET
0189        378         SHOW_LM5GSHA:
0189 91B8   379             ACALL  DISPLAY_5
018B 91C8   380             ACALL  LO_MID
018D B1A3   381             ACALL  GSHA
018F 22     382             RET
                383
                384 ;
                385 ;------CHECK A5----------;
                386 ;
0190        387         CHK_A5:
0190 B92305 388             CJNE   R1,#A_5H,NEQ_A_5H
0193 B8B106 389             CJNE   R0,#A_5L1,NEQ_A_5L1
0196 800F   390             SJMP   SHOW_M5A
0198        391         NEQ_A_5H:
0198 401B   392             JC     CHK_ASH5
019A 80ED   393             SJMP   SHOW_LM5GSHA
019C        394         NEQ_A_5L1:
019C 50EB   395             JNC    SHOW_LM5GSHA
019E B85602 396             CJNE   R0,#A_5L2,NEQ_A_5L2
01A1 8004   397             SJMP   SHOW_M5A
01A3        398         NEQ_A_5L2:
01A3 5002   399             JNC    SHOW_M5A
01A5 8007   400             SJMP   SHOW_MH5AASH
01A7        401         SHOW_M5A:
01A7 91B8   402             ACALL  DISPLAY_5
01A9 91CC   403             ACALL  MID
01AB B102   404             ACALL  ANOTE
01AD 22     405             RET
01AE        406         SHOW_MH5AASH:
01AE 91B8   407             ACALL  DISPLAY_5
01B0 91D0   408             ACALL  MID_HI
01B2 B109   409             ACALL  AASH
01B4 22     410             RET
                411 ;
                412 ;----------CHK ASH5----------;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    413 ;
01B5        414     CHK_ASH5:
01B5 B92105 415         CJNE  R1,#ASH_5H,NEQ_ASH_5H
01B8 B8B006 416         CJNE  R0,#ASH_5L1,NEQ_ASH_5L1
01BB 800F   417         SJMP  SHOW_MH5ASH
01BD        418     NEQ_ASH_5H:
01BD 401B   419         JC    CHK_B5
01BF 80ED   420         SJMP  SHOW_MH5AASH
01C1        421     NEQ_ASH_5L1:
01C1 50EB   422         JNC   SHOW_MH5AASH
01C3 B85A02 423         CJNE  R0,#ASH_5L2,NEQ_ASH_5L2
01C6 8004   424         SJMP  SHOW_MH5ASH
01C8        425     NEQ_ASH_5L2:
01C8 5002   426         JNC   SHOW_MH5ASH
01CA 8007   427         SJMP  SHOW_MH5ASHB
01CC        428     SHOW_MH5ASH:
01CC 91B8   429         ACALL DISPLAY_5
01CE 91D0   430         ACALL MID_HI
01D0 B110   431         ACALL ASH
01D2 22     432         RET
01D3        433     SHOW_MH5ASHB:
01D3 91B8   434         ACALL DISPLAY_5
01D5 91D0   435         ACALL MID_HI
01D7 B117   436         ACALL ASHB
01D9 22     437         RET
                    438 ;
                    439 ;------CHECK B5-------------------------;
                    440 ;
01DA        441     CHK_B5:
01DA B91F05 442         CJNE  R1,#B_5H,NEQ_B_5H
01DD B8CC06 443         CJNE  R0,#B_5L1,NEQ_B_5L1
01E0 800F   444         SJMP  SHOW_H5B
01E2        445     NEQ_B_5H:
01E2 4019   446         JC    CHK_C4
01E4 80ED   447         SJMP  SHOW_MH5ASHB
01E6        448     NEQ_B_5L1:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01E6 50EB    449          JNC   SHOW_MH5ASHB
01E8 B87B02  450          CJNE  R0,#B_5L2,NEQ_B_5L2
01EB 8004    451          SJMP  SHOW_H5B
01ED         452      NEQ_B_5L2:
01ED 5002    453          JNC   SHOW_H5B
01EF 8007    454          SJMP  SHOW_54BC
01F1         455      SHOW_H5B:
01F1 91B8    456          ACALL DISPLAY_5
01F3 91D4    457          ACALL HI
01F5 B11E    458          ACALL BNOTE
01F7 22      459          RET
01F8         460      SHOW_54BC:
01F8 91DF    461          ACALL DISPLAY_TRANS54
01FA B125    462          ACALL BC
01FC 22      463          RET
                 464 ;
                 465 ;------CHECK C4----------;
                 466 ;
01FD         467      CHK_C4:
01FD B91D05  468          CJNE  R1,#C_4H,NEQ_C_4H
0200 B8FF06  469          CJNE  R0,#C_4L1,NEQ_C_4L1
0203 800F    470          SJMP  SHOW_L4C
0205         471      NEQ_C_4H:
```



```
0205 401B    472          JC    CHK_CSH4
0207 80EF    473          SJMP  SHOW_54BC
0209         474      NEQ_C_4L1:
0209 50ED    475          JNC   SHOW_54BC
020B B8B602  476          CJNE  R0,#C_4L2,NEQ_C_4L2
020E 8004    477          SJMP  SHOW_L4C
0210         478      NEQ_C_4L2:
0210 5002    479          JNC   SHOW_L4C
0212 8007    480          SJMP  SHOW_LM4CCSH
0214         481      SHOW_L4C:
0214 91B4    482          ACALL DISPLAY_4
0216 91C4    483          ACALL LO
0218 B12C    484          ACALL CNOTE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
021A 22     485          RET
021B        486      SHOW_LM4CCSH:
021B 91B4   487          ACALL  DISPLAY_4
021D 91C8   488          ACALL  LO_MID
021F B133   489          ACALL  CCSH
0221 22     490          RET
                491 ;
                492 ;-------CHECK CSH4----------------------;
                493 ;
0222        494      CHK_CSH4:
0222 B91C05 495          CJNE   R1,#CSH_4H,NEQ_CSH_4H
0225 B85406 496          CJNE   R0,#CSH_4L1,NEQ_CSH_4L1
0228 800F   497          SJMP   SHOW_LM4CSH
022A        498      NEQ_CSH_4H:
022A 401B   499          JC     CHK_D4
022C 80ED   500          SJMP   SHOW_LM4CCSH
022E        501      NEQ_CSH_4L1:
022E 50EB   502          JNC    SHOW_LM4CCSH
0230 B80C02 503          CJNE   R0,#CSH_4L2,NEQ_CSH_4L2
0233 8004   504          SJMP   SHOW_LM4CSH
0235        505      NEQ_CSH_4L2:
0235 5002   506          JNC    SHOW_LM4CSH
0237 8007   507          SJMP   SHOW_LM4CSHD
0239        508      SHOW_LM4CSH:
0239 91B4   509          ACALL  DISPLAY_4
023B 91C8   510          ACALL  LO_MID
023D B13A   511          ACALL  CSH
023F 22     512          RET
0240        513      SHOW_LM4CSHD:
0240 91B4   514          ACALL  DISPLAY_4
0242 91C8   515          ACALL  LO_MID
0244 B141   516          ACALL  CSHD
0246 22     517          RET
              518 ;-------CHK D4----------
0247        519      CHK_D4:
0247 B91A05 520          CJNE   R1,#D_4H,NEQ_D_4H
024A B8BD06 521          CJNE   R0,#D_4L1,NEQ_D_4L1
024D 800F   522          SJMP   SHOW_M4D
024F        523      NEQ_D_4H:
024F 401B   524          JC     CHK_DSH4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0251 80ED    525          SJMP   SHOW_LM4CSHD
0253         526          NEQ_D_4L1:
0253 50EB    527          JNC    SHOW_LM4CSHD
0255 B87902  528          CJNE   R0,#D_4L2,NEQ_D_4L2
0258 8004    529          SJMP   SHOW_M4D
025A         530          NEQ_D_4L2:
```

□


```
025A 5002    531          JNC    SHOW_M4D
025C 8007    532          SJMP   SHOW_MH4DDSH
025E         533          SHOW_M4D:
025E 91B4    534          ACALL  DISPLAY_4
0260 91CC    535          ACALL  MID
0262 B148    536          ACALL  DNOTE
0264 22      537          RET
0265         538          SHOW_MH4DDSH:
0265 91B4    539          ACALL  DISPLAY_4
0267 91D0    540          ACALL  MID_HI
0269 B14F    541          ACALL  DDSH
026B 22      542          RET
                  543 ;
                  544 ;------CHECK DSH4--------------------;
                  545 ;
026C         546          CHK_DSH4:
026C B91905  547          CJNE   R1,#DSH_4H,NEQ_DSH_4H
026F B83C06  548          CJNE   R0,#DSH_4L1,NEQ_DSH_4L1
0272 800F    549          SJMP   SHOW_MH4DSH
0274         550          NEQ_DSH_4H:
0274 401B    551          JC     CHK_E4
0276 80ED    552          SJMP   SHOW_MH4DDSH
0278         553          NEQ_DSH_4L1:
0278 50EB    554          JNC    SHOW_MH4DDSH
027A B80002  555          CJNE   R0,#DSH_4L2,NEQ_DSH_4L2
027D 8004    556          SJMP   SHOW_MH4DSH
027F         557          NEQ_DSH_4L2:
027F 5002    558          JNC    SHOW_MH4DSH
0281 8007    559          SJMP   SHOW_MH4DSHE
0283         560          SHOW_MH4DSH:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0283 91B4    561          ACALL  DISPLAY_4
0285 91D0    562          ACALL  MID_HI
0287 B156    563          ACALL  DSH
0289 22      564          RET
028A         565      SHOW_MH4DSHE:
028A 91B4    566          ACALL  DISPLAY_4
028C 91D0    567          ACALL  MID_HI
028E B15D    568          ACALL  DSHE
0290 22      569          RET
                  570 ;
                  571 ;----------CHK E4----------;
                  572 ;
0291         573      CHK_E4:
0291 B91705  574          CJNE   R1,#E_4H,NEQ_E_4H
0294 B8D206  575          CJNE   R0,#E_4L1,NEQ_E_4L1
0297 800F    576          SJMP   SHOW_H4E
0299         577      NEQ_E_4H:
0299 4019    578          JC     CHK_F3
029B 80ED    579          SJMP   SHOW_MH4DSHE
029D         580      NEQ_E_4L1:
029D 50EB    581          JNC    SHOW_MH4DSHE
029F B89502  582          CJNE   R0,#E_4L2,NEQ_E_4L2
02A2 8004    583          SJMP   SHOW_H4E
02A4         584      NEQ_E_4L2:
02A4 5002    585          JNC    SHOW_H4E
02A6 8007    586          SJMP   SHOW_43EF
                  587
02A8         588      SHOW_H4E:
02A8 91B4    589          ACALL  DISPLAY_4
```

□


```
02AA 91D4    590          ACALL  HI
02AC B164    591          ACALL  ENOTE
02AE 22      592          RET
02AF         593      SHOW_43EF:
02AF 91E6    594          ACALL  DISPLAY_TRANS43
02B1 B16B    595          ACALL  EF
02B3 22      596          RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                597 ;
                598 ;------CHECK F3----------;
                599 ;
02B4        600     CHK_F3:
02B4 B91605 601         CJNE  R1,#F_3H,NEQ_F_3H
02B7 B87C06 602         CJNE  R0,#F_3L1,NEQ_F_3L1
02BA 800F   603         SJMP  SHOW_L3F
02BC        604     NEQ_F_3H:
02BC 401B   605         JC    CHK_FSH3
02BE 80EF   606         SJMP  SHOW_43EF
02C0        607     NEQ_F_3L1:
02C0 50ED   608         JNC   SHOW_43EF
02C2 B84202 609         CJNE  R0,#F_3L2,NEQ_F_3L2
02C5 8004   610         SJMP  SHOW_L3F
02C7        611     NEQ_F_3L2:
02C7 5002   612         JNC   SHOW_L3F
02C9 8007   613         SJMP  SHOW_LM3FFSH
02CB        614     SHOW_L3F:
02CB 91B0   615         ACALL DISPLAY_3
02CD 91C4   616         ACALL LO
02CF B172   617         ACALL FNOTE
02D1 22     618         RET
02D2        619     SHOW_LM3FFSH:
02D2 91B0   620         ACALL DISPLAY_3
02D4 91C8   621         ACALL LO_MID
02D6 B179   622         ACALL FFSH
02D8 22     623         RET
                624 ;
                625 ;------CHECK FSH3----------;
                626 ;
02D9        627     CHK_FSH3:
02D9 B91505 628         CJNE  R1,#FSH_3H,NEQ_FSH_3H
02DC B83906 629         CJNE  R0,#FSH_3L1,NEQ_FSH_3L1
02DF 800F   630         SJMP  SHOW_LM3FSH
02E1        631     NEQ_FSH_3H:
02E1 401B   632         JC    CHK_G3
02E3 80ED   633         SJMP  SHOW_LM3FFSH
02E5        634     NEQ_FSH_3L1:
02E5 50EB   635         JNC   SHOW_LM3FFSH
02E7 B80302 636         CJNE  R0,#FSH_3L2,NEQ_FSH_3L2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
02EA 8004    637          SJMP   SHOW_LM3FSH
02EC         638          NEQ_FSH_3L2:
02EC 5002    639          JNC    SHOW_LM3FSH
02EE 8007    640          SJMP   SHOW_LM3FSHG
02F0         641          SHOW_LM3FSH:
02F0 91B0    642          ACALL  DISPLAY_3
02F2 91C8    643          ACALL  LO_MID
02F4 B180    644          ACALL  FSH
02F6 22      645          RET
02F7         646          SHOW_LM3FSHG:
02F7 91B0    647          ACALL  DISPLAY_3
02F9 91C8    648          ACALL  LO_MID
□
8051 Cross-Assembler (1.3)  (C) 1987, 1989 Binary Technology                Page 12
JAN.ASM

02FB B187    649          ACALL  FSHG
02FD 22      650          RET
                  651 ;
                  652 ;-------CHECK G3----------;
                  653 ;
02FE         654          CHK_G3:
02FE B91305  655          CJNE   R1,#G_3H,NEQ_G_3H
0301 B8FF06  656          CJNE   R0,#G_3L1,NEQ_G_3L1
0304 800F    657          SJMP   SHOW_M3G
0306         658          NEQ_G_3H:
0306 401B    659          JC     CHK_GSH3
0308 80ED    660          SJMP   SHOW_LM3FSHG
030A         661          NEQ_G_3L1:
030A 50EB    662          JNC    SHOW_LM3FSHG
030C B8D502  663          CJNE   R0,#G_3L2,NEQ_G_3L2
030F 8004    664          SJMP   SHOW_M3G
0311         665          NEQ_G_3L2:
0311 5002    666          JNC    SHOW_M3G
0313 8007    667          SJMP   SHOW_MH3GGSH
0315         668          SHOW_M3G:
0315 91B0    669          ACALL  DISPLAY_3
0317 91CC    670          ACALL  MID
0319 B18E    671          ACALL  GNOTE
031B 22      672          RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
031C        673         SHOW_MH3GGSH:
031C 91B0   674             ACALL  DISPLAY_3
031E 91D0   675             ACALL  MID_HI
0320 B195   676             ACALL  GGSH
0322 22     677             RET
                678 ;
                679 ;--------CHK GSH 3---------
0323        680         CHK_GSH3:
0323 B91205 681             CJNE   R1,#GSH_3H,NEQ_GSH_3H
0326 B8E806 682             CJNE   R0,#GSH_3L1,NEQ_GSH_3L1
0329 800F   683             SJMP   SHOW_MH3GSH
032B        684         NEQ_GSH_3H:
032B 401B   685             JC     CHK_A3
032D 80ED   686             SJMP   SHOW_MH3GGSH
032F        687         NEQ_GSH_3L1:
032F 50EB   688             JNC    SHOW_MH3GGSH
0331 B8B802 689             CJNE   R0,#GSH_3L2,NEQ_GSH_3L2
0334 8004   690             SJMP   SHOW_MH3GSH
0336        691         NEQ_GSH_3L2:
0336 5002   692             JNC    SHOW_MH3GSH
0338 8007   693             SJMP   SHOW_H3GSHA
033A        694         SHOW_MH3GSH:
033A 91B0   695             ACALL  DISPLAY_3
033C 91D0   696             ACALL  MID_HI
033E B19C   697             ACALL  GSH
0340 22     698             RET
0341        699         SHOW_H3GSHA:
0341 91B0   700             ACALL  DISPLAY_3
0343 91D4   701             ACALL  HI
0345 B1A3   702             ACALL  GSHA
0347 22     703             RET
                704
                705 ;
                706 ;------CHECK A3----------------------;
                707 ;
```

□


```
0348        708         CHK_A3:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0348 B91105   709        CJNE   R1,#A_3H,NEQ_A_3H
034B B8D806   710        CJNE   R0,#A_3L1,NEQ_A_3L1
034E 800F     711        SJMP   SHOW_32A
0350          712     NEQ_A_3H:
0350 4019     713        JC     CHK_ASH2
0352 80ED     714        SJMP   SHOW_H3GSHA
0354          715     NEQ_A_3L1:
0354 50EB     716        JNC    SHOW_H3GSHA
0356 B8AB02   717        CJNE   R0,#A_3L2,NEQ_A_3L2
0359 8004     718        SJMP   SHOW_32A
035B          719     NEQ_A_3L2:
035B 5002     720        JNC    SHOW_32A
035D 8005     721        SJMP   SHOW_L2AASH
035F          722     SHOW_32A:
035F 91ED     723        ACALL  DISPLAY_TRANS32
0361 B102     724        ACALL  ANOTE
0363 22       725        RET
0364          726     SHOW_L2AASH:
0364 91AC     727        ACALL  DISPLAY_2
0366 91C4     728        ACALL  LO
0368 B109     729        ACALL  AASH
036A 22       730        RET
                  731 ;
                  732 ;-------CHECK ASH2----------
                  733 ;
036B          734     CHK_ASH2:
036B B91005   735        CJNE   R1,#ASH_2H,NEQ_ASH_2H
036E B8D806   736        CJNE   R0,#ASH_2L1,NEQ_ASH_2L1
0371 800F     737        SJMP   SHOW_LM2ASH
0373          738     NEQ_ASH_2H:
0373 401B     739        JC     CHK_B2
0375 80ED     740        SJMP   SHOW_L2AASH
0377          741     NEQ_ASH_2L1:
0377 50EB     742        JNC    SHOW_L2AASH
0379 B8AD02   743        CJNE   R0,#ASH_2L2,NEQ_ASH_2L2
037C 8004     744        SJMP   SHOW_LM2ASH
037E          745     NEQ_ASH_2L2:
037E 5002     746        JNC    SHOW_LM2ASH
0380 8007     747        SJMP   SHOW_LM2ASHB
0382          748     SHOW_LM2ASH:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0382 91AC    749          ACALL  DISPLAY_2
0384 91C8    750          ACALL  LO_MID
0386 B110    751          ACALL  ASH
0388 22      752          RET
0389         753        SHOW_LM2ASHB:
0389 91AC    754          ACALL  DISPLAY_2
038B 91C8    755          ACALL  LO_MID
038D B117    756          ACALL  ASHB
038F 22      757          RET
                  758
                  759
                  760 ;
                  761 ;------CHECK B2----------;
                  762 ;
0390         763        CHK_B2:
0390 B90F05  764          CJNE   R1,#B_2H,NEQ_B_2H
0393 B8E606  765          CJNE   R0,#B_2L1,NEQ_B_2L1
0396 800F    766          SJMP   SHOW_M2B
□
8051 Cross-Assembler (1.3)  (C) 1987, 1989 Binary Technology                Page 14
JAN.ASM


0398         767        NEQ_B_2H:
0398 401B    768          JC     CHK_C2
039A 80ED    769          SJMP   SHOW_LM2ASHB
039C         770        NEQ_B_2L1:
039C 50EB    771          JNC    SHOW_LM2ASHB
039E B8BD02  772          CJNE   R0,#B_2L2,NEQ_B_2L2
03A1 8004    773          SJMP   SHOW_M2B
03A3         774        NEQ_B_2L2:
03A3 5002    775          JNC    SHOW_M2B
03A5 8007    776          SJMP   SHOW_MH2BC
03A7         777        SHOW_M2B:
03A7 91AC    778          ACALL  DISPLAY_2
03A9 91CC    779          ACALL  MID
03AB B11E    780          ACALL  BNOTE
03AD 22      781          RET
03AE         782        SHOW_MH2BC:
03AE 91AC    783          ACALL  DISPLAY_2
03B0 91D0    784          ACALL  MID_HI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
03B2 B125    785          ACALL  BC
03B4 22      786          RET
                  787 ;
                  788 ;------CHECK C2------------------------;
                  789 ;
03B5         790        CHK_C2:
03B5 B90E05  791          CJNE   R1,#C_2H,NEQ_C_2H
03B8 B8FF06  792          CJNE   R0,#C_2L1,NEQ_C_2L1
03BB 801D    793          SJMP   SHOW_MH2C
03BD         794        NEQ_C_2H:
03BD 4035    795          JC     CHK_D1
03BF 80ED    796          SJMP   SHOW_MH2BC
03C1         797        NEQ_C_2L1:
03C1 50EB    798          JNC    SHOW_MH2BC
03C3 B8DB02  799          CJNE   R0,#C_2L2,NEQ_C_2L2
03C6 8012    800          SJMP   SHOW_MH2C
03C8         801        NEQ_C_2L2:
03C8 5010    802          JNC    SHOW_MH2C
03CA B82A02  803          CJNE   R0,#CSH_2L1,NEQ_CSH_2L1
03CD 8019    804          SJMP   SHOW_H2CSH
03CF         805        NEQ_CSH_2L1:
03CF 5010    806          JNC    SHOW_MH2CCSH
03D1 B80602  807          CJNE   R0,#CSH_2L2,NEQ_CSH_2L2
03D4 8012    808          SJMP   SHOW_H2CSH
03D6         809        NEQ_CSH_2L2:
03D6 5010    810          JNC    SHOW_H2CSH
03D8 8015    811          SJMP   SHOW_21CSHD
03DA         812        SHOW_MH2C:
03DA 91AC    813          ACALL  DISPLAY_2
03DC 91D0    814          ACALL  MID_HI
03DE B12C    815          ACALL  CNOTE
03E0 22      816          RET
03E1         817        SHOW_MH2CCSH:
03E1 91AC    818          ACALL  DISPLAY_2
03E3 91D0    819          ACALL  MID_HI
03E5 B133    820          ACALL  CCSH
03E7 22      821          RET
03E8         822        SHOW_H2CSH:
03E8 91AC    823          ACALL  DISPLAY_2
03EA 91D4    824          ACALL  HI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
03EC B13A    825          ACALL  CSH
□
8051 Cross-Assembler (1.3)  (C) 1987, 1989 Binary Technology                Page 15
JAN.ASM


03EE 22      826          RET
03EF         827        SHOW_21CSHD:
03EF 91F4    828          ACALL  DISPLAY_TRANS21
03F1 B141    829          ACALL  CSHD
03F3 22      830          RET
                  831 ;
                  832 ;------CHECK D1--------------------;
                  833 ;
03F4         834        CHK_D1:
03F4 B90D05  835          CJNE   R1,#D_1H,NEQ_D_1H
03F7 B85E06  836          CJNE   R0,#D_1L1,NEQ_D_1L1
03FA 800F    837          SJMP   SHOW_L1D
03FC         838        NEQ_D_1H:
03FC 401B    839          JC     CHK_DSH1
03FE 80EF    840          SJMP   SHOW_21CSHD
0400         841        NEQ_D_1L1:
0400 50ED    842          JNC    SHOW_21CSHD
0402 B83C02  843          CJNE   R0,#D_1L2,NEQ_D_1L2
0405 8004    844          SJMP   SHOW_L1D
0407         845        NEQ_D_1L2:
0407 5002    846          JNC    SHOW_L1D
0409 8007    847          SJMP   SHOW_LM1DDSH
040B         848        SHOW_L1D:
040B 91A8    849          ACALL  DISPLAY_1
040D 91C4    850          ACALL  LO
040F B148    851          ACALL  DNOTE
0411 22      852          RET
0412         853        SHOW_LM1DDSH:
0412 91A8    854          ACALL  DISPLAY_1
0414 91C8    855          ACALL  LO_MID
0416 B14F    856          ACALL  DDSH
0418 22      857          RET
                  858 ;
                  859 ;------CHECK DSH1--------------------;
                  860 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0419        861         CHK_DSH1:
0419 B90C05  862            CJNE   R1,#DSH_1H,NEQ_DSH_1H
041C B89E06  863            CJNE   R0,#DSH_1L1,NEQ_DSH_1L1
041F 800F    864            SJMP   SHOW_LM1DSH
0421        865         NEQ_DSH_1H:
0421 401B    866            JC     CHK_E1
0423 80ED    867            SJMP   SHOW_LM1DDSH
0425        868         NEQ_DSH_1L1:
0425 50EB    869            JNC    SHOW_LM1DDSH
0427 B87E02  870            CJNE   R0,#DSH_1L2,NEQ_DSH_1L2
042A 8004    871            SJMP   SHOW_LM1DSH
042C        872         NEQ_DSH_1L2:
042C 5002    873            JNC    SHOW_LM1DSH
042E 8007    874            SJMP   SHOW_LM1DSHE
0430        875         SHOW_LM1DSH:
0430 91A8    876            ACALL  DISPLAY_1
0432 91C8    877            ACALL  LO_MID
0434 B156    878            ACALL  DSH
0436 22      879            RET
0437        880         SHOW_LM1DSHE:
0437 91A8    881            ACALL  DISPLAY_1
0439 91C8    882            ACALL  LO_MID
043B B15D    883            ACALL  DSHE
043D 22      884            RET
```



```
                885 ;
                886 ;--------CHK_E1----------;
                887 ;
043E        888         CHK_E1:
043E B90B05  889            CJNE   R1,#E_1H,NEQ_E_1H
0441 B8E906  890            CJNE   R0,#E_1L1,NEQ_E_1L1
0444 801D    891            SJMP   SHOW_M1E
0446        892         NEQ_E_1H:
0446 4037    893            JC     CHK_FSH1
0448 80ED    894            SJMP   SHOW_LM1DSHE
044A        895         NEQ_E_1L1:
044A 50EB    896            JNC    SHOW_LM1DSHE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
044C B8CB02   897        CJNE  R0,#E_1L2,NEQ_E_1L2
044F 8012     898        SJMP  SHOW_M1E
0451          899     NEQ_E_1L2:
0451 5010     900        JNC   SHOW_M1E
0453 B83E02   901        CJNE  R0,#F_1L1,NEQ_F_1L1
0456 8019     902        SJMP  SHOW_MH1F
0458          903     NEQ_F_1L1:
0458 5010     904        JNC   SHOW_MH1EF
045A B82102   905        CJNE  R0,#F_1L2,NEQ_F_1L2
045D 8012     906        SJMP  SHOW_MH1F
045F          907     NEQ_F_1L2:
045F 5010     908        JNC   SHOW_MH1F
0461 8015     909        SJMP  SHOW_MH1FFSH
0463          910     SHOW_M1E:
0463 91A8     911        ACALL DISPLAY_1
0465 91CC     912        ACALL MID
0467 B164     913        ACALL ENOTE
0469 22       914        RET
046A          915     SHOW_MH1EF:
046A 91A8     916        ACALL DISPLAY_1
046C 91D0     917        ACALL MID_HI
046E B16B     918        ACALL EF
0470 22       919        RET
0471          920     SHOW_MH1F:
0471 91A8     921        ACALL DISPLAY_1
0473 91D0     922        ACALL MID_HI
0475 B172     923        ACALL FNOTE
0477 22       924        RET
0478          925     SHOW_MH1FFSH:
0478 91A8     926        ACALL DISPLAY_1
047A 91D0     927        ACALL MID_HI
047C B179     928        ACALL FFSH
047E 22       929        RET
                  930
                  931 ;------CHECK FSH1----------;
                  932 ;
047F          933     CHK_FSH1:
047F B90A05   934        CJNE  R1,#FSH_1H,NEQ_FSH_1H
0482 B89D06   935        CJNE  R0,#FSH_1L1,NEQ_FSH_1L1
0485 800F     936        SJMP  SHOW_H1FSH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0487        937         NEQ_FSH_1H:
0487 4014   938             JC    SHOW_VERY_HIGH
0489 80ED   939             SJMP  SHOW_MH1FFSH
048B        940         NEQ_FSH_1L1:
048B 50EB   941             JNC   SHOW_MH1FFSH
048D B88202 942             CJNE  R0,#FSH_1L2,NEQ_FSH_1L2
0490 8004   943             SJMP  SHOW_H1FSH
□
```



```
0492        944         NEQ_FSH_1L2:
0492 5002   945             JNC   SHOW_H1FSH
0494 8007   946             SJMP  SHOW_VERY_HIGH
0496        947         SHOW_H1FSH:
0496 91A8   948             ACALL DISPLAY_1
0498 91D4   949             ACALL HI
049A B180   950             ACALL FSH
049C 22     951             RET
049D        952         SHOW_VERY_HIGH:
049D 91A4   953             ACALL DISPLAY_OVER
049F 91D4   954             ACALL HI
04A1 91FB   955             ACALL NONE
04A3 22     956             RET
                957 ;
                958 ;-----------SUBROUTINE FOR DISPLAY----------;
                959 ;
                960 ;
                961 ;--------7 SEGMENT DISPLAY ----------;
                962 ;
04A4        963         DISPLAY_OVER:
04A4 7528BF 964             MOV   DISBUF+3,#0BFH  ;OVER STRING #1
04A7 22     965             RET
04A8        966         DISPLAY_1:
04A8 752806 967             MOV   DISBUF+3,#06H   ;STRING #1
04AB 22     968             RET
04AC        969         DISPLAY_2:
04AC 75285B 970             MOV   DISBUF+3,#05BH  ;STRING #2
04AF 22     971             RET
04B0        972         DISPLAY_3:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
04B0 75284F   973          MOV   DISBUF+3,#04FH     ;STRING #3
04B3 22       974          RET
04B4          975       DISPLAY_4:
04B4 752866   976          MOV   DISBUF+3,#066H     ;STRING #4
04B7 22       977          RET
04B8          978       DISPLAY_5:
04B8 75286D   979          MOV   DISBUF+3,#06DH     ;STRING #5
04BB 22       980          RET
04BC          981       DISPLAY_6:
04BC 75287D   982          MOV   DISBUF+3,#07DH     ;STRING #6
04BF 22       983          RET
04C0          984       DISPLAY_UNDER:
04C0 7528B8   985          MOV   DISBUF+3,#0B8H     ;STRING #5
04C3 22       986          RET
                  987 ;
                  988 ;----------STATE DISPLAY----------;
                  989 ;
04C4          990       LO:
04C4 752708   991          MOV   DISBUF+2,#08
04C7 22       992          RET
04C8          993       LO_MID:
04C8 752748   994          MOV   DISBUF+2,#48H
04CB 22       995          RET
04CC          996       MID:
04CC 752740   997          MOV   DISBUF+2,#40H
04CF 22       998          RET
04D0          999       MID_HI:
04D0 752741   1000         MOV   DISBUF+2,#41H
04D3 22       1001         RET
04D4          1002      HI:
```



```
04D4 752701   1003         MOV   DISBUF+2,#01H
04D7 22       1004         RET
                  1005 ;
                  1006 ;---------TRANSITION DISPLAY----------;
                  1007 ;
04D8          1008      DISPLAY_TRANS65:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
04D8 75286D   1009        MOV   DISBUF+3,#06dH
04DB 75277D   1010        MOV   DISBUF+2,#07dH
04DE 22       1011        RET
04DF          1012    DISPLAY_TRANS54:
04DF 752866   1013        MOV   DISBUF+3,#066H
04E2 75276D   1014        MOV   DISBUF+2,#06dH
04E5 22       1015        RET
04E6          1016    DISPLAY_TRANS43:
04E6 75284F   1017        MOV   DISBUF+3,#04FH
04E9 752766   1018        MOV   DISBUF+2,#066H
04EC 22       1019        RET
04ED          1020    DISPLAY_TRANS32:
04ED 75285B   1021        MOV   DISBUF+3,#05BH
04F0 75274F   1022        MOV   DISBUF+2,#04FH
04F3 22       1023        RET
04F4          1024    DISPLAY_TRANS21:
04F4 752806   1025        MOV   DISBUF+3,#006H
04F7 75275B   1026        MOV   DISBUF+2,#05BH
04FA 22       1027        RET
                  1028 ;----------NOTE DISPLAY----------;
04FB 752500   1029    NONE:  MOV   DISBUF,#0
04FE 752600   1030        MOV   DISBUF+1,#0
0501 22       1031        RET
0502 752508   1032    ANOTE: MOV   DISBUF,#08
0505 752600   1033        MOV   DISBUF+1,#0H
0508 22       1034        RET
0509          1035    AASH:
0509 75250C   1036        MOV   DISBUF,#0CH
050C 752600   1037        MOV   DISBUF+1,#0H
050F 22       1038        RET
                  1039
0510          1040    ASH:
0510 752504   1041        MOV   DISBUF,#04
0513 752600   1042        MOV   DISBUF+1,#0H
0516 22       1043        RET
0517          1044    ASHB:
0517 752506   1045        MOV   DISBUF,#06
051A 752600   1046        MOV   DISBUF+1,#0H
051D 22       1047        RET
051E          1048    BNOTE:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
051E 752502   1049          MOV   DISBUF,#02
0521 752600   1050          MOV   DISBUF+1,#0H
0524 22       1051          RET
0525          1052    BC:
0525 752503   1053          MOV   DISBUF,#03
0528 752600   1054          MOV   DISBUF+1,#0H
052B 22       1055          RET
052C          1056    CNOTE:
052C 752501   1057          MOV   DISBUF,#01
052F 752600   1058          MOV   DISBUF+1,#0H
0532 22       1059          RET
0533          1060    CCSH:
0533 752501   1061          MOV   DISBUF,#01
```



```
0536 752680   1062          MOV   DISBUF+1,#80H
0539 22       1063          RET
053A          1064    CSH:
053A 752500   1065          MOV   DISBUF,#0
053D 752680   1066          MOV   DISBUF+1,#80H
0540 22       1067          RET
                    1068
0541          1069    CSHD:
0541 752500   1070          MOV   DISBUF,#0
0544 7526C0   1071          MOV   DISBUF+1,#0C0H
0547 22       1072          RET
                    1073
0548          1074    DNOTE:
0548 752500   1075          MOV   DISBUF,#0
054B 752640   1076          MOV   DISBUF+1,#40H
054E 22       1077          RET
054F          1078    DDSH:
054F 752500   1079          MOV   DISBUF,#0
0552 752660   1080          MOV   DISBUF+1,#60H
0555 22       1081          RET
0556          1082    DSH:
0556 752500   1083          MOV   DISBUF,#0
0559 752620   1084          MOV   DISBUF+1,#20H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
055C 22      1085          RET
055D         1086      DSHE:
055D 752500  1087          MOV   DISBUF,#00
0560 752630  1088          MOV   DISBUF+1,#30H
0563 22      1089          RET
0564         1090      ENOTE:
0564 752500  1091          MOV   DISBUF,#0
0567 752610  1092          MOV   DISBUF+1,#10H
056A 22      1093          RET
056B         1094      EF:
056B 752500  1095          MOV   DISBUF,#0
056E 752618  1096          MOV   DISBUF+1,#18H
0571 22      1097          RET
0572         1098      FNOTE:
0572 752500  1099          MOV   DISBUF,#0
0575 752608  1100          MOV   DISBUF+1,#08H
0578 22      1101          RET
0579         1102      FFSH:
0579 752500  1103          MOV   DISBUF,#0
057C 75260C  1104          MOV   DISBUF+1,#0CH
057F 22      1105          RET
0580         1106      FSH:
0580 752500  1107          MOV   DISBUF,#0
0583 752604  1108          MOV   DISBUF+1,#04
0586 22      1109          RET
0587         1110      FSHG:
0587 752500  1111          MOV   DISBUF,#0H
058A 752606  1112          MOV   DISBUF+1,#06H
058D 22      1113          RET
058E         1114      GNOTE:
058E 752500  1115          MOV   DISBUF,#0
0591 752602  1116          MOV   DISBUF+1,#02
0594 22      1117          RET
0595         1118      GGSH:
0595 752500  1119          MOV   DISBUF,#0
0598 752603  1120          MOV   DISBUF+1,#03
```

□

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
059B 22     1121          RET
059C        1122      GSH:
059C 752500 1123          MOV   DISBUF,#0H
059F 752601 1124          MOV   DISBUF+1,#01
05A2 22     1125          RET
05A3        1126      GSHA:
05A3 752508 1127          MOV   DISBUF,#08H
05A6 752601 1128          MOV   DISBUF+1,#01H
05A9 22     1129          RET
                1130
                1131
                1132
                1133 ;
                1134 ;--------LOOP DISPLAY----------;
                1135 ;
05AA 7C10   1136  LOOP: MOV   R4,#10H
                1137
05AC C2B4   1138  LOOP1: CLR  P3.4
05AE C2B5   1139          CLR   P3.5
05B0 852590 1140          MOV   P1,DISBUF
05B3 7F05   1141          MOV   R7,#5
05B5 DFFE   1142          DJNZ  R7,$
05B7 759000 1143          MOV   P1,#0
                1144
05BA D2B4   1145          SETB  P3.4
05BC 852690 1146          MOV   P1,DISBUF+1
05BF 7F05   1147          MOV   R7,#5
05C1 DFFE   1148          DJNZ  R7,$
05C3 759000 1149          MOV   P1,#0
                1150
05C6 C2B4   1151          CLR   P3.4
05C8 D2B5   1152          SETB  P3.5
05CA 852790 1153          MOV   P1,DISBUF+2
05CD 7F05   1154          MOV   R7,#5
05CF DFFE   1155          DJNZ  R7,$
05D1 759000 1156          MOV   P1,#0
                1157
05D4 D2B4   1158          SETB  P3.4
05D6 852890 1159          MOV   P1,DISBUF+3
05D9 7F05   1160          MOV   R7,#5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
05DB DFFE    1161        DJNZ   R7,$
05DD 759000  1162        MOV    P1,#0
             1163
05E0 DCCA    1164        DJNZ   R4,LOOP1
05E2 22      1165        RET
0000=        1166        END
```



```
a_3h = 0011   146  709
a_3l1 = 00D8  147  710
a_3l2 = 00AB  148  717
a_5h = 0023   98  388
a_5l1 = 00B1  99  389
a_5l2 = 0056  100  396
aash = 0509  1035  409  729
anote = 0502  1032  404  724
ash = 0510  1040  431  751
ash_2h = 0010  150  735
ash_2l1 = 00D8  151  736
ash_2l2 = 00AD  152  743
ash_5h = 0021  102  415
ash_5l1 = 00B0  103  416
ash_5l2 = 005A  104  423
ashb = 0517  1044  436  756
b_2h = 000F  154  764
b_2l1 = 00E6  155  765
b_2l2 = 00BD  156  772
b_5h = 001F  106  442
b_5l1 = 00CC  107  443
b_5l2 = 007B  108  450
bc = 0525  1052  462  785
bnote = 051E  1048  458  780
c_2h = 000E  158  791
c_2l1 = 00FF  159  792
c_2l2 = 00DB  160  799
c_4h = 001D  110  468
c_4l1 = 00FF  111  469
c_4l2 = 00B6  112  476
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ccsh = 0533 1060 489 820

check_flag = 0072 52 55 65

check_string = 0088 189 32

chk_a3 = 0348 708 685

chk_a5 = 0190 387 364

chk_ash2 = 036B 734 713

chk_ash5 = 01B5 414 392

chk_b2 = 0390 763 739

chk_b5 = 01DA 441 419

chk_c2 = 03B5 790 768

chk_c4 = 01FD 467 445

chk_csh4 = 0222 494 472

chk_d1 = 03F4 834 795

chk_d4 = 0247 519 499

chk_d6 = 0088 193

chk_dsh1 = 0419 861 839

chk_dsh4 = 026C 546 524

chk_dsh6 = 00B4 225 198

chk_e1 = 043E 888 866

chk_e4 = 0291 573 551

chk_e6 = 00D9 252 230

chk_f3 = 02B4 600 578

chk_f6 = 00FE 279 257

chk_fsh1 = 047F 933 893

chk_fsh3 = 02D9 627 605

chk_fsh6 = 0123 306 284

chk_g3 = 02FE 654 632

chk_g5 = 0146 332 311

chk_gsh3 = 0323 680 659

chk_gsh5 = 016B 359 337

cnote = 052C 1056 484 815

csh = 053A 1064 511 825

csh_2h = 000E 162

csh_2l1 = 002A 163 803

csh_2l2 = 0006 164 807

csh_4h = 001C 114 495

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

csh_411 = 0054 115 496

csh_412 = 000C 116 503

cshd = 0541 1069 516 829

d_1h = 000D 166 835

d_111 = 005E 167 836

d_112 = 003C 168 843

d_4h = 001A 118 520

d_411 = 00BD 119 521

d_412 = 0079 120 528

d_6h = 0035 70 194

d_611 = 0079 71 195

d_612 = 0000 72 202

ddsh = 054F 1078 220 541 856

disbuf = 0025 7 20 21 22 23 964 967 970 973 976 979 982 985 991 994 997 1000
1003 1009 1010 1013 1014 1017 1018 1021 1022 1025 1026 1029 1030 1032 1033 1036 1037
1041 1042 1045 1046 1049 1050 1053 1054 1057 1058 1061 1062 1065 1066 1070 1071 1075
1076 1079 1080 1083 1084 1087 1088 1091 1092 1095 1096 1099 1100 1103 1104 1107 1108
1111 1112 1115 1116 1119 1120 1123 1124 1127 1128 1140 1146 1153 1159

display_1 = 04A8 966 849 854 876 881 911 916 921 926 948

display_2 = 04AC 969 727 749 754 778 783 813 818 823

display_3 = 04B0 972 615 620 642 647 669 674 695 700

display_4 = 04B4 975 482 487 509 514 534 539 561 566 589

display_5 = 04B8 978 347 352 374 379 402 407 429 434 456

display_6 = 04BC 981 213 218 240 245 267 272 294 299 321

display_over = 04A4 963 953

display_trans21 = 04F4 1024 828

display_trans32 = 04ED 1020 723

display_trans43 = 04E6 1016 594

display_trans54 = 04DF 1012 461

display_trans65 = 04D8 1008 326

display_under = 04C0 984 208

dnote = 0548 1074 215 536 851

dsh = 0556 1082 242 563 878

dsh_1h = 000C 170 862

dsh_111 = 009E 171 863

dsh_112 = 007E 172 870

dsh_4h = 0019 122 547

dsh_411 = 003C 123 548

dsh_412 = 0000 124 555

dsh_6h = 0032 74 226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

dsh_611 = 0079 75 227

dsh_612 = 0000 76 234

dshe = 055D 1086 247 568 883

e_1h = 000B 174 889

e_111 = 00E9 175 890

e_112 = 00CB 176 897

e_4h = 0017 126 574

e_411 = 00D2 127 575

e_412 = 0095 128 582

e_6h = 002F 78 253

e_611 = 00A4 79 254

e_612 = 002B 80 261

ef = 056B 1094 274 595 918

enote = 0564 1090 269 591 913

f_1h = 000B 178

f_111 = 003E 179 901

f_112 = 0021 180 905

f_3h = 0016 130 601

f_311 = 007C 131 602

f_312 = 0042 132 609

f_6h = 002C 82 280

f_611 = 00F7 83 281

f_612 = 0085 84 288

ffsh = 0579 1102 301 622 928

flag = 0000 6 31 36 53 64

fnote = 0572 1098 296 617 923

fsh = 0580 1106 323 644 950

fsh_1h = 000A 182 934

fsh_111 = 009D 183 935

fsh_112 = 0082 184 942

fsh_3h = 0015 134 628

fsh_311 = 0039 135 629

fsh_312 = 0003 136 636

fsh_6h = 002A 86 307

fsh_611 = 0071 87 308

fsh_612 = 0005 88 315

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fshg = 0587 1110 327 649

g_3h = 0013 138 655

g_3l1 = 00FF 139 656

g_3l2 = 00D5 140 663

g_5h = 0027 90 333

g_5l1 = 00FF 91 334

g_5l2 = 00A9 92 341

get_t0 = 007A 59 53

ggsh = 0595 1118 354 676

gnote = 058E 1114 349 671

gsh = 059C 1122 376 697

gsh_3h = 0012 142 681

gsh_3l1 = 00E8 143 682

gsh_3l2 = 00B8 144 689

gsh_5h = 0025 94 360

gsh_5l1 = 00D0 95 361

gsh_5l2 = 0070 96 368

gsha = 05A3 1126 381 702

hi = 04D4 1002 322 457 590 701 824 949 954

i0add = 0066 8 18 19

initial = 0040 17 13

input = 0054 28 15 18 19

lo = 04C4 990 209 214 348 483 616 728 850

lo_mid = 04C8 993 219 241 246 353 375 380 488 510 515 621 643 648 750 755 855 877
882

loop = 05AA 1136 54

loop1 = 05AC 1138 1164

mid = 04CC 996 268 403 535 670 779 912

mid_hi = 04D0 999 273 295 300 408 430 435 540 562 567 675 696 784 814 819 917 922
927

neq_a_3h = 0350 712 709

neq_a_3l1 = 0354 715 710

neq_a_3l2 = 035B 719 717

neq_a_5h = 0198 391 388

neq_a_5l1 = 019C 394 389

neq_a_5l2 = 01A3 398 396

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

neq_ash_2h = 0373 738 735

neq_ash_2l1 = 0377 741 736

neq_ash_2l2 = 037E 745 743

neq_ash_5h = 01BD 418 415

neq_ash_5l1 = 01C1 421 416

neq_ash_5l2 = 01C8 425 423

neq_b_2h = 0398 767 764

neq_b_2l1 = 039C 770 765

neq_b_2l2 = 03A3 774 772

neq_b_5h = 01E2 445 442

neq_b_5l1 = 01E6 448 443

neq_b_5l2 = 01ED 452 450

neq_c_2h = 03BD 794 791

neq_c_2l1 = 03C1 797 792

neq_c_2l2 = 03C8 801 799

neq_c_4h = 0205 471 468

neq_c_4l1 = 0209 474 469

neq_c_4l2 = 0210 478 476

neq_csh_2l1 = 03CF 805 803

neq_csh_2l2 = 03D6 809 807

neq_csh_4h = 022A 498 495

neq_csh_4l1 = 022E 501 496

neq_csh_4l2 = 0235 505 503

neq_d_1h = 03FC 838 835

neq_d_1l1 = 0400 841 836

neq_d_1l2 = 0407 845 843

neq_d_4h = 024F 523 520

neq_d_4l1 = 0253 526 521

neq_d_4l2 = 025A 530 528

neq_d_6h = 0090 197 194

neq_d_6l1 = 0094 200 195

neq_d_6l2 = 009B 204 202

neq_dsh_1h = 0421 865 862

neq_dsh_1l1 = 0425 868 863

neq_dsh_1l2 = 042C 872 870

neq_dsh_4h = 0274 550 547

neq_dsh_4l1 = 0278 553 548

neq_dsh_4l2 = 027F 557 555

neq_dsh_6h = 00BC 229 226

neq_dsh_6l1 = 00C0 232 227

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

neq_dsh_6l2 = 00C7 236 234

neq_e_1h = 0446 892 889

neq_e_1l1 = 044A 895 890

neq_e_1l2 = 0451 899 897

neq_e_4h = 0299 577 574

neq_e_4l1 = 029D 580 575

neq_e_4l2 = 02A4 584 582

neq_e_6h = 00E1 256 253

neq_e_6l1 = 00E5 259 254

neq_e_6l2 = 00EC 263 261

neq_f_1l1 = 0458 903 901

neq_f_1l2 = 045F 907 905

neq_f_3h = 02BC 604 601

neq_f_3l1 = 02C0 607 602

neq_f_3l2 = 02C7 611 609

neq_f_6h = 0106 283 280

neq_f_6l1 = 010A 286 281

neq_f_6l2 = 0111 290 288

□

neq_fsh_1h = 0487 937 934

neq_fsh_1l1 = 048B 940 935

neq_fsh_1l2 = 0492 944 942

neq_fsh_3h = 02E1 631 628

neq_fsh_3l1 = 02E5 634 629

neq_fsh_3l2 = 02EC 638 636

neq_fsh_6h = 012B 310 307

neq_fsh_6l1 = 012F 313 308

neq_fsh_6l2 = 0136 317 315

neq_g_3h = 0306 658 655

neq_g_3l1 = 030A 661 656

neq_g_3l2 = 0311 665 663

neq_g_5h = 014E 336 333

neq_g_5l1 = 0152 339 334

neq_g_5l2 = 0159 343 341

neq_gsh_3h = 032B 684 681

neq_gsh_3l1 = 032F 687 682

neq_gsh_3l2 = 0336 691 689

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

neq_gsh_5h = 0173 363 360

neq_gsh_5l1 = 0177 366 361

neq_gsh_5l2 = 017E 370 368

none = 04FB 1029 210 955

show_21cshd = 03EF 827 811 840 842

show_32a = 035F 722 711 718 720

show_43ef = 02AF 593 586 606 608

show_54bc = 01F8 460 454 473 475

show_65fshg = 0141 325 319 338 340

show_h1fsh = 0496 947 936 943 945

show_h2csh = 03E8 822 804 808 810

show_h3gsha = 0341 699 693 714 716

show_h4c = 02A8 588 576 583 585

show_h5b = 01F1 455 444 451 453

show_h6fsh = 013A 320 309 316 318

show_l1d = 040B 848 837 844 846

show_l2aash = 0364 726 721 740 742

show_l3f = 02CB 614 603 610 612

show_l4c = 0214 481 470 477 479

show_l5g = 015D 346 335 342 344

show_l6d = 00A6 212 196 203 205

show_lm1ddsh = 0412 853 847 867 869

show_lm1dsh = 0430 875 864 871 873

show_lm1dshe = 0437 880 874 894 896

show_lm2ash = 0382 748 737 744 746

show_lm2ashb = 0389 753 747 769 771

show_lm3ffsh = 02D2 619 613 633 635

show_lm3fsh = 02F0 641 630 637 639

show_lm3fshg = 02F7 646 640 660 662

show_lm4ccsh = 021B 486 480 500 502

show_lm4csh = 0239 508 497 504 506

show_lm4cshd = 0240 513 507 525 527

show_lm5ggsh = 0164 351 345 365 367

show_lm5gsh = 0182 373 362 369 371

show_lm5gsha = 0189 378 372 393 395

show_lm6ddsh = 00AD 217 206 231 233

show_lm6dsh = 00CB 239 228 235 237

show_lm6dshe = 00D2 244 238 258 260

show_m1e = 0463 910 891 898 900

show_m2b = 03A7 777 766 773 775

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

show_m3g = 0315 668 657 664 666

show_m4d = 025E 533 522 529 531

show_m5a = 01A7 401 390 397 399

show_m6e = 00F0 266 255 262 264

show_mh1ef = 046A 915 904

show_mh1f = 0471 920 902 906 908

show_mh1ffsh = 0478 925 909 939 941

show_mh2bc = 03AE 782 776 796 798

show_mh2c = 03DA 812 793 800 802

show_mh2ccsh = 03E1 817 806

show_mh3ggsh = 031C 673 667 686 688

show_mh3gsh = 033A 694 683 690 692

show_mh4ddsh = 0265 538 532 552 554

show_mh4dsh = 0283 560 549 556 558

show_mh4dshc = 028A 565 559 579 581

show_mh5aash = 01AE 406 400 420 422

show_mh5ash = 01CC 428 417 424 426

show_mh5ashb = 01D3 433 427 447 449

show_mh6ef = 00F7 271 265 285 287

show_mh6f = 0115 293 282 289 291

show_mh6ffsh = 011C 298 292 312 314

show_very_high = 049D 952 938 946

show_very_low = 009F 207 199 201

start = 0063 41 24

stop = 005E 34 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บิดามารดา ที่ให้เราได้เกิดมาและให้โอกาสทางการศึกษา

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์ที่สนับสนุนโครงงานนี้

ขอขอบคุณบริษัทบราโว้เทรดดิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมครคอนโทรลเลอร์
โดย ปรเมษฐ์ ประนยานนท์
ปิยะพงศ์ เผ่าวาณิช

(2) JAZZ 31 SINGLE BOARD MICROCONTROLLER USER MANUAL V 1.1
บริษัท ศิลารีเสริช์จำกัด

(3) THE ELECTRONIC MUSICAL INSTRUMENT MANUAL
BY ALAN DOUGLAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้