การใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก INT0 และ INT1

จากการที่ได้แนะนำการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับหน่วยความจำมากันเป็นที่รู้จักหรือเข้าใจพอสมควรแล้วต่อไปนี้จะกล่าวถึงจุดที่ไม่ควรมองข้ามในการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งาน นั่นก็คือการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกนั่นเอง ซึ่งถ้าจะพูดกันตรงๆ สำหรับผู้ที่มีความสนใจทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ในการนำไปใช้งานก็ควรที่จะรู้จักการใช้งานขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก INT0 และ INT1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 บ้างหรือใช้งานให้ชำนาญก็จะสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยในการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกนั้นก็จะมีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะต่างๆ ในการควบคุมการทำงานการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก ซึ่งจะขอแนะนำรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

รีจิสเตอร์ IE: Interrupt Enable Register (Bit Addressable)

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ตารางที่ 4-1 แสดงบิตในการควบคุมการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่เกี่ยวข้องภายในริจิสเตอร์ IE

สัญลักษณ์	**หน้าที่การทำงาน**
EA	EA = 0 จะไม่มีการตอบรับการ Interrupt ภายนอกใดๆ ทั้งหมด EA = 1 จะทำการตอบการ Interrupt จากภายนอก
EX0	EX0 = 0 จะไม่ทำการตอบรับ Interrupt ภายนอกที่ขา INT0 EX0 = 1 จะทำการตอบรับ Interrupt จากภายนอกเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัญญาณที่ขา INT0 ตามกำหนดไว้
EX1	EX1 = 0 จะไม่ทำการตอบรับ Interrupt ภายนอกที่ขา INT1 EX1 = 1จะตอบรับการ Interrupt ภายนอกเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัญญาณที่ขา INT1 ตามกำหนดไว้

การเริ่มการใช้งานขา INT0 และ INT1 หรืออินเตอร์รัพท์ภายนอก นั้นจำเป็นจะต้องรู้จักโครงสร้างหรือรีจิสเตอร์ภายในต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม การใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกกันก่อน โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกนั้นจะประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์

ที่สำคัญจำนวน 3 ตัว คือรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register) รีจีสเตอร์ TCON (Timer / Counter Control Register) และรีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority Register) ซึ่งรีจิสเตอร์ทั้งสามตัวนั้นเป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะโดยสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต (Bit Addressable)

ในตารางที่ 4-1 จะเป็นรายละเอียดของบิตต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก INT0, INT1 ภายในรีจิสเตร์ IE โดยจากรายละเอียดของบิตควบคุมการอินเตอร์รัพท์ข้างต้น ผู้อ่านคงจะสามารถศึกษาการทำงานของบิตต่างๆ ในการควบคุมการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกภายในรีจิสเตอร์ IE ได้ด้วยตัวเองเนื่องจากไม่มีความซับซ้อนแต่อย่างใด พอรู้จักบิตควบคุมการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและการทำงานต่างๆ ภายในรีจิสเตอร์ IE จากตารางที่ 4-1 แล้ว ต่อไปในส่วนของรีจิสเตอร์ตัวที่สอง ที่มีส่วนสำคัญในการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกนั่นก็คือรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON

รีจิสเตอร์ TCON : Timer / Counter Register (Bit Addressable)

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ตารางที่ 4-2 แสดงบิตในการควบคุมการช้านอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่เกี่ยข้องภายในรีจิสเตอร์ TCON

สัญลักษณ์	หน้าทีการทำงาน
IT0	IT0 = 0 จะเป็นการกำหนดลักษณะการ Interrupt ภายนอกของขา INT0 โดยจะเกิดการ Interrupt เมื่อเกิดสภาวะ Low ที่ขา INT0 (ระยะเวลาพอสมควร) IT0 = 1 จะเป็นการกำหนดรูปแบบลักษณะการเปลี่ยนแปลงสัญญาณในการ Interrupt ภายนอกของขา INT0 โดยให้มีรูปแบบเป็น Active Low (ขอบขาลง) โดยสภาวะขา INT0 เริ่มต้นต้องอยู่ในสภาวะ High
IT1	IT1 = 0 จะเป็นการกำหนดลักษณะการ Interrupt ภายนอกของขา INT1 โดยจะเกิดการ Interrupt เมื่อเกิดสภาวะ Low ที่ขา INT1 (ระยะเวลาพอสมควร) IT1 = 1 จะเป็นการกำหนดรูปแบบลักษณะการเปลี่ยนแปลงสัญญาณในการ Interrupt ภายนอกของขา INT1 โดยให้มีรูปแบบเป็น Active Low (ขอบขาลง) โดยสภาวะขา INT1 เริ่มต้นต้องอยู่ในสภาวะ High

จากตารางที่ 4-2 จะแสดงรายละเอียดของบิต IT0 และ IT1 ซึ่งเกี่ยวข้องในการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก INT0 , INT1 ภายในรีจิสเตอร์ TCOn โดยจากรายละเอียดของบิตควบคุมการอินเตอร์รัพท์ในตารางที่ 4-2 ผู้อ่านคงจะสามารถศึกษาการทำงานของบิต IT0 และ IT1 ในการควบคุมการ

ใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกภายในรีจิสเตอร์ TCON ได้ด้วยตัวเองเนื่องจากไม่มีความซับซ้อนแต่อย่างใดเช่นกันพอรู้จักบิตควบคุมการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกต่างๆ ที่เกียวข้องและการทำงานต่างๆ ภายในรีจิสเตอร์ TCON จากตารางที่ 4-2 แล้ว ต่อไปในส่วนของ รีจิสเตอร์ตัวที่สามที่มีส่วนสำคัญในการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกนั่นก็คือ รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP

รีจิสเตอร์ IP จะทำหน้าที่ในการจัดลำดับความสำคัญการอินเตอร์รัพท์ ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ของบิตที่เกี่ยวข้องในการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก INT0 , INT1 ภายในรีจิสเตอร์ IP แสดงดังตารางที่ 4-3

จากตารางที่ 4-3 จะเห็นว่าบิต PX1 และ PX0 ภายในรีจิสเตอร์ IP นั้นจะเป็นตัวจัดลำดับหรือกำหนดความสำคัญในการอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ขา INT0 และ INT1 โดยในกรณีที่มีสัญยาณอินเตอร์รัพท์ภายนอกเข้ามาพร้อมกันทั้งขา INT0 และ INT1 ขาที่ถูกทำการจัดลำดับความสำคัญระดับสูงกว่าจะทำงานก่อนหลังจากนั้นอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ถูกกำหนดระดับความสำคัญที่ต่ำกว่าจึงจะทำงานต่อไปก่อนที่จะกลับเข้าสู่โปรแกรมหลัก

รีจิสเตอร์ IP : Interrupt Priority Register (Bit Addressable)

-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

ตารางที่ 4-3 แสดงบิตในการจัดลำดับอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่เกี่ยวข้องภายในรีจิสเตอร์ IP

สัญลักษณ์	หน้าที่การทำงาน
PX1	PX1 = 1 จะเป็นการกำหนดลำดับความสำคัญในการอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ขา INT1 ในระดับสูง PX1 = 0 จะเป็นการกำหนดลำดับความสำคัญในการอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ขา INT1 ในระดับต่ำ
PX0	PX0 = 1 จะเป็นการกำหนดลำดับความสำคัญในการอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ขา INT0 ในระดับสูง PX0 = 0 จะเป็นการกำหนดลำดับความสำคัญในการอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ขา INT0 ในระดับต่ำ

(Main Program) หรือการทำงานตามปกติต่อไป

ส่วนกรณีมีการจัดลำดับความสำคัญเท่ากันและเกิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอกพร้อมๆ กัน ลำดับในการทำงานของการอินเตอร์รัพท์จะถูกควบคุมหรือกำหนดโดยการจัดลำดับภายในตัว MCU โดยมีการแสดงลำดับในการอินเตอร์รัพท์ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงการจัดลำดับกรอินเตอร์รัพท์ภายในตัว MCU

อินเตอร์รัพท์	ลำดับความสำคัญ
INT 0	ระดับสูง (ทำงานก่อน)
INT 1	ระดับต่ำ (ทำงานหลัง)

จากที่ผ่านมาผู้อ่านคงจะรู้จักการทำงานหรือรายละเอียดต่างๆ ของบิตใช้งานและรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกกันมิสมควรแล้ว ต่อไปจะเป็นการกล่าวถึงขั้นตอนการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก โดยมีการสรุปลำดับขั้นตอนในการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกเป็นขั้นตอน (Step) ดังนี้

Step 1 เริ่มด้วยการเซ็ตบิต EA โดยจะต้องเป็น 1 เพื่อบอกให้ CPU รู้ว่าใช้งานการอินเตอร์รัพท์ภายนอก

Step 2 เลือกการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ขาของ INT0 หรือ INT1 หรือทั้ง 2 ขา โดยเริ่มจากเซ็ตบิต EX0 หรือ EX1 ตามความต้องการที่จะใช้งาน

Step 3 จากที่ผ่านมา 2 ขั้นตอนแรก เป็นการบอกให้ CPU รู้ว่าจะใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกและใช้งานขา INT0 และ /หรือ INT1 จากนั้นเราจะต้องทำการเซ็ตบิต IT0 สำหรับการอินเตอร์รัพท์ภายนอกด้วยสัญญาณในรูป Active Low (ขอบขาลง) INT0 และเช่นเดียวกับการเซ็ตบิต INT1 ซึ่งสำหรับการอินเตอร์รัพท์ภายนอกด้วยสัญญาณในรูป Active Low โดยถ้าไม่ทำการเซ็ตบิต IT0 , IT1 ดังกล่าวแล้วจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รอรับสัญญาณ อินเตอร์รัพท์ภายนอกในรูปแบบ Low Sihnal คือสภาวะ Logic “0” เป็นระยะเวลาหนึ่ง ฉะนั้นถ้าเกิดสัญญาณ Logic “0” เป็นระยะเวลานานก็เท่ากับว่าเป็นการเรียกการ อินเตอร์รัพท์นั้นซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้งนั่นเอง จึงแนะนำให้ทำการเซ็ตบิต IT0 และ IT1 ทุกครั้งที่มีการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก

อย่าลืมว่าจาการเซ็ตบิต IT0 และ IT1 แล้ว เมื่อจะใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก ขา INT0 และ INT1 จะต้องมีสภาวะ High แล้วจึงเปลี่ยนสภาวะ Low จึงจะเกิดการอินเตอร์รัพท์ ในกรณีเริ่มต้นขา INT0 และ INT1 มีสภาวะ Low แล้วมีสัญญาณเปลี่ยนจากสภาวะ Low ไปเป็นสภาวะ High แล้วกลับสู่สภาวะ Low ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะไม่ถือว่าการเปลี่ยนแปลงสัญยาณข้างต้นนั้นเป็นการอินเตอร์รัพท์ หรือไม่รับรู้การอินเตอร์รัพท์ภานอกจากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณในลักษณะนี้เพราะฉะนั้นการใช้งาน อินเตอร์รัพท์ภายนอกควรจะคำนึงพิจารณาถึงจุดนี้ด้วย

Step 4 ทำการจัดลำดับความสำคัญการอินเตอร์รัพท์ภายนอกโดยควบคุมบิต PX0 และ PX1 (ตารางที่ 4-3)

จาก 4 ขั้นตอนการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก INT0 , INT1 ที่ผ่านมา จะเป็นเพียงการเซ็ตค่าต่างๆ เพื่อเริ่มต้นการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก โดยต่อไปจะเป็นการกล่าวถึงหลังจากเกิดการอินเตอร์รัพท์ขึ้นแล้ว จะมีขั้นตอนการทำงานภายในโปรแกรมอย่างไรต่อไป

ตารางที่ 4-5 แสดงตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำหลังจากถูกอินเตอร์รัพท์ภายนอก

อินเตอร์รัพท์	ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำหลังจากถูกอินเตอร์รัพท์
INT0 (IE0)	กระโดดไปยังตำแหน่ง 0003H
INT1 (IE1)	กระโดดไปยังตำแหน่ง 0013H

จากตารางที่ 4-5 จะเห็นว่าถ้าเกิดการอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ขา INT0 ตำแหน่งหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะกระโดดไปอ่านโปรแกรมหรือข้อมูล ณ ตำแหน่ง 0003H ของหน่วยความจำโปรแกรมทันที (EPROM) จากนั้นจะกระทำการตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ ณ ตำแหน่ง 0003H ซึ่งโดยส่วนมากจะเขียนคำสั่งในการให้กระโดดไปยังตำแหน่งที่ต้องการต่อไป เช่นคำสั่ง JMP เป็นต้น

กรณีเกิดการอินเตอร์รัพท์ภายนอก ที่ขา INT1 เช่นกัน ตำแหน่งหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปอ่านโปรแกรมหรือข้อมูล ณ ตำแหน่ง 0013H ของ หน่วยความจำโปรแกรมทันที (EPROM) จากนั้นจะกระทำการตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ ณ ตำแหน่ง 0013H ต่อไป ซึ่งโดยส่วนมากจะเขียนคำสั่งในการให้กระโดดไปยังตำแหน่งที่ต้องการหลังจากเกิดการอเนเตอร์รัพท์ขึ้นต่อไปเช่นคำสั่ง JMP เป็นต้น

สิ่งที่ไม่ควรลืม นั่นคือจากตำแหน่งแอดเดรสต่างๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากการอินเตอร์รัพท์สังเกตว่าจะอยู่ในช่วงต้นๆ ของแอดเดรสของหน่วยความจำ ฉะนั้นเวลาใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกนั้น ในการเขียนโปรแกรมเริ่มต้นที่ตำแหน่งเริ่มต้นของหน่วยความจำโปรแกรม (ORG 0000H) ควรจะใช้คำสั่งในการให้กระโดดไปยังส่วนของ Main Program หรือควรจะเขียน Main Program ที่ตำแหน่งเริ่มต้นหลังจากตำแหน่งของการอินเตอร์รัพท์เช่น เขียน Main Program ไว้ที่ตำแหน่งประมาณ 0050H (ORG 0050H) เพื่อเว้นพื้นที่ของหน่วยความจำหรือแอดเดรส เพื่อที่ Main Program จะไม่ไปซ้อนทับกับตำแหน่งแอดเดรสในส่วนของการอินเตอร์รัพท์

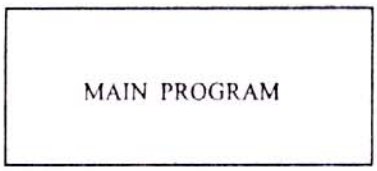
จากรายละเอียดการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกที่ผ่านๆ มา จนถึงตัวอย่างโปรแกรมการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกขา INT0 และ INT1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้ หวังว่าผู้อ่านคงจะสามารถทำความเข้าใจชุดคำสั่งการทำงานต่างๆ ของโปรแกรมการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกนี้ได้

และสามารถเข้าใจถึงการประยุกต์ใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอกในเบื้องต้น เพื่อเป็นพื้นฐาน ในการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป โดยในบทต่อไปจะเข้าสู่การใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ภายในตัว MCU ซึ่งจะเป็นบทสุดท้ายในการประยุกต์ใช้งานตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลังจากนั้นบทต่อๆ ไปจะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้งาน MCU ร่วมกับอุปกรณ์เสริมภายนอกต่อไป

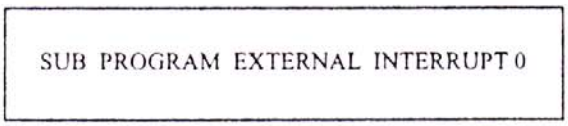
ตัวอย่างที่ 4-1 โปรแกรมตัวอย่างการใช้งาน External interrupt ขา INT0 , INT1

Exemple program external interrupt INT0 , INT1

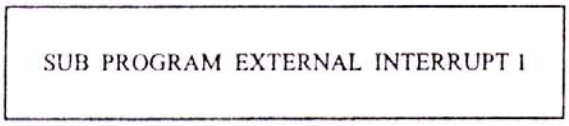
```
ORG     0000H
JMP     MAIN
ORG     0003H
JMP     INT_0
ORG     0013H
JMP     INT_1
MAIN:
SETB    EA      ;เซ็ตการใช้งาน external interrupt
SETB    EX0     ;เซ็ตตอบรับสัญญาณ interrupt ที่ขา INT0
SETB    EX1     ; เซ็ตตอบรับสัญญาณ interrupt ที่ขา INT1
SETB    IT0     ; เซ็ตสัญญาณ interrupt ลักษณะ Active low INT0
SETB    IT1     ; เซ็ตสัญญาณ interrupt ลักษณะ Active low INT1
SETB    PX1     ; เซ็ตลำดับความสำคัญ INT1 ( ระดับสูง ทำงานก่อน )
CLR     PX0     ; เซ็ตลำดับความสำคัญ INT0 ( ระดับต่ำ )
```




```
INT_0:
```




```
RETI
INT_1
```




```
RETI
END
```