



	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 1
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์เน็ต	

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์เน็ตจากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก
<div>หน่วยที่ 7 การใช้งานอินเทอร์เน็ต</div> <div>การใช้งานอินเทอร์เน็ตจากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก</div> <div>1. ความหมายของการอินเทอร์เน็ต</div> <p>การอินเทอร์เน็ต คือ การขัดจังหวะการประมวลผลของ CPU ในช่วงเวลาใด ๆ ให้ไปประมวลผลโปรแกรมที่รองรับการทำงานของอินเทอร์เน็ตนั้น ๆ และเมื่อ CPU ประมวลผลโปรแกรมของอินเทอร์เน็ตเรียบร้อยแล้วก็จะกลับมาประมวลผลโปรแกรมในช่วงเวลาปกติที่ถูกขัดจังหวะไป</p> <p>โดยขบวนการทำงานของการอินเทอร์เน็ตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีขั้นตอนคือ เมื่อมีการกำหนดรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์เน็ตของโมดูลพิเศษใด ๆ ให้ยอมรับการอินเทอร์เน็ต เมื่อมีสัญญาณอินเทอร์เน็ตเข้ามาตามเงื่อนไข CPU จะทำการขัดจังหวะการประมวลผลของ CPU ในช่วงเวลาใด ๆ ให้ไปประมวลผลโปรแกรมที่รองรับการทำงานของอินเทอร์เน็ตนั้น ๆ โดยจะทำการเก็บตำแหน่งแอดเดรสของการประมวลผลปัจจุบันไว้ในหน่วยความจำสแต็ก หลังจากนั้น CPU จะทำการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของการประมวลผลโปรแกรมใหม่เป็นตำแหน่งแอดเดรสแอดเดรสของโปรแกรมที่รองรับการอินเทอร์เน็ตนั้น ๆ และเมื่อ CPU ประมวลผลโปรแกรมที่รองรับการอินเทอร์เน็ตเรียบร้อยแล้วก็จะทำการโหลดตำแหน่งแอดเดรสของโปรแกรมก่อนหน้านั้นที่ถูกขัดจังหวะมาจากหน่วยความจำสแต็กเพื่อกลับไปประมวลผลโปรแกรมหลักตามเดิมก่อนที่จะมีการอินเทอร์เน็ต</p> <div>2. ประเภทของการอินเทอร์เน็ต</div> <p>การอินเทอร์เน็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งประเภทตามแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่</p> <div>1. การอินเทอร์เน็ตจากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก หมายถึงเงื่อนไขของการอินเทอร์เน็ตจะต้องถูกกระตุ้นการทำงานด้วยสัญญาณภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การรีเซ็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกกระตุ้นด้วยสัญญาณที่ขา รีเซ็ต และการอินเทอร์เน็ตด้วยขาสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์มีขาสัญญาณที่รองรับการอินเทอร์เน็ตจากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกดังนี้</div> <div>1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51RD2 จะมีขาสัญญาณที่รับสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายนอกคือขา P3.2 (INT0) และขา P3.3 (INT1)</div> <div>1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 จะมีขาสัญญาณที่รับสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายนอกคือขา RB0 (INT) และขา PORTB Change</div> <div>1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 จะมีขาสัญญาณที่รับสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายนอกคือขา PD2 (INT0) , PD3 (INT1) และขา PB2 (INT2)</div>

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 2
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รับต์		
ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก			
<p>2. การอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายใน หมายถึงเงื่อนไขของการอินเทอร์รับต์จะถูกกระตุ้นการทำงานด้วยสัญญาณจากโมดูลพิเศษภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การทำงานของโมดูล Timer/Counter เป็นต้น โดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์จะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณการอินเทอร์รับต์จากภายในดังนี้</p> <p>2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51RD2 จะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณการอินเทอร์รับต์จากการทำงานของโมดูลพิเศษภายในที่เป็นไปตามเงื่อนไขของการอินเทอร์รับต์ ได้แก่ Timer/Counter 0 , Timer/Counter 1 , Timer/Counter 2 และ UART</p> <p>2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 จะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณการอินเทอร์รับต์จากการทำงานของโมดูลพิเศษภายในที่เป็นไปตามเงื่อนไขของการอินเทอร์รับต์ ได้แก่ Timer/Counter 0 , Timer/Counter 1 , Timer/Counter 2 , Comparator , ADC , EEPROM , Capture/Compare/PWM , EUSART และ MSSP (SPI , I2C)</p> <p>2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 จะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณการอินเทอร์รับต์จากการทำงานของโมดูลพิเศษภายในที่เป็นไปตามเงื่อนไขของการอินเทอร์รับต์ ได้แก่ Timer/Counter 0 , Timer/Counter 1 , Timer/Counter 2 , Comparator , ADC , EEPROM , USART , SPI , I2C และ Store Program Memory Ready</p>			
<p>3. แอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รับต์</p> <p>แอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รับต์ คือตำแหน่งหน่วยความจำโปรแกรมที่รองรับการเขียนโปรแกรมอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รับต์นั้น ๆ ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการอินเทอร์รับต์ เพราะถ้าเขียนโปรแกรมรองรับการอินเทอร์รับต์ผิดตำแหน่งหรือไม่ถูกต้อง จะเป็นผลให้โปรแกรมที่สร้างขึ้นทำงานผิดพลาดจนอาจนำไปสู่เหตุการณ์ที่ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดทำงาน หรือที่เรียกว่า “แฮงค์” หรืออาจทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดขบวนการรีเซต</p> <p>การเขียนโปรแกรมรองรับการอินเทอร์รับต์ด้วยภาษาแอสเซมบลีจะต้องขึ้นต้นด้วยคำสั่ง ORG แล้วตามด้วยตำแหน่งแอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รับต์นั้น ๆ เพื่อเป็นการบอกให้ CPU ทราบว่าเมื่อมีการอินเทอร์รับต์จากแหล่งที่กำหนดให้มาประมวลผล ณ ตำแหน่งนี้ และเมื่อจบโปรแกรมที่รองรับการอินเทอร์รับต์จะต้องปิดท้ายด้วยคำสั่งออกจากโปรแกรมน้อยการอินเทอร์รับต์ เช่นคำสั่ง RETI เป็นต้น แต่ในการเขียนด้วยโปรแกรมภาษาซี จะมีการประกาศหัวฟังก์ชันที่ทำให้ตัวคอมไพเลอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนั้น ๆ ทราบว่าฟังก์ชันย่อยนี้เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการบริการอินเตอร์ โดยจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป</p> <p>สำหรับแอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รับต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์มีรายละเอียดดังนี้</p> <p>3.1 แอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รับต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51ED2 เป็นดังรูปตารางที่ 1.1</p> <p>3.2 แอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รับต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F887 จะมีเพียงตำแหน่งเดียวคือ แอดเดรส 0x0004 เมื่อต้องการทราบว่าเกิดการอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดใดให้ผู้พัฒนาโปรแกรมเขียนโปรแกรมในการตรวจสอบการอินเทอร์รับต์จากรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้อง</p>			

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 3
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์		

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก


3.3 แอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATMEGA32 เป็นดังรูปตารางที่ 1.2

Interrupt Source	Vector Address
IE0	0003H
TF0	000BH
IE1	0013H
TF1	001BH
RI & TI	0023H
TF2 & EXF2	002BH

รูปที่ 1.1 แสดงตารางตำแหน่งแอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รัปต์จากแหล่งต่างของ AT89C51ED2

Vector No.	Program Address ⁽²⁾	Source	Interrupt Definition
1	\$000 ⁽¹⁾	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset, Watchdog Reset, and JTAG AVR Reset
2	\$002	INT0	External Interrupt Request 0
3	\$004	INT1	External Interrupt Request 1
4	\$006	INT2	External Interrupt Request 2
5	\$008	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 Compare Match
6	\$00A	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 Overflow
7	\$00C	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
8	\$00E	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
9	\$010	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
10	\$012	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
11	\$014	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 Compare Match
12	\$016	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
13	\$018	SPI, STC	Serial Transfer Complete
14	\$01A	USART, RXC	USART, Rx Complete
15	\$01C	USART, UDRE	USART Data Register Empty
16	\$01E	USART, TXC	USART, Tx Complete
17	\$020	ADC	ADC Conversion Complete
18	\$022	EE_RDY	EEPROM Ready
19	\$024	ANA_COMP	Analog Comparator
20	\$026	TWI	Two-wire Serial Interface
21	\$028	SPM_RDY	Store Program Memory Ready

รูปที่ 1.2 แสดงตารางตำแหน่งแอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รัปต์จากแหล่งต่างของ ATMEGA32

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 4
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รับต์		


ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก			
<p>4. การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับการทำงานของอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก</p> <p>การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับการทำงานของอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก นั้นจะต้องเริ่มด้วยการกำหนดรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นการเปิดการทำงานของอินเทอร์รับต์ และยอมรับให้เกิดการอินเทอร์รับต์ได้ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์และแต่ละตระกูลมีวิธีการดังนี้</p> <p>4.1 การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับการทำงานของอินเทอร์รับต์ใน Keil uVision3</p> <p>ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2 มีขาสัญญาณที่รับสัญญาณอินเทอร์รับต์ภายนอกคือขา P3.2 (INT0) และขา P3.3(INT1) โดยแต่ละขาจะทำงานที่สัญญาณลอจิก “0” หรือสัญญาณขอบขาลงก็ได้ด้วยการกำหนดที่รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์รับต์ของช่องนั้น ๆ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์รับต์ดังนี้</p> <p>TCON คือรีจิสเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของ Timer/Counter 0 , 1 และการอินเทอร์รับต์จากขาสัญญาณอินเทอร์รับต์ ซึ่งมีบิตที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์รับต์จากขาสัญญาณภายนอกคือบิต</p> <p>IE1 เป็นบิตที่แสดงสถานะลอจิก ‘1’ เมื่อมีการจับสัญญาณอินเทอร์รับต์ได้ที่ขา INT1 และจะเป็นลอจิก ‘0’ เองอัตโนมัติเมื่อ CPU ประมวลผลโปรแกรมที่รองรับการอินเทอร์รับต์</p> <p>IT1 เป็นบิตสำหรับกำหนดลักษณะการจับสัญญาณอินเทอร์รับต์ที่ขา INT1 เมื่อกำหนดค่าให้เป็นลอจิก ‘1’ จะทำการตรวจจับสัญญาณการอินเทอร์รับต์ที่มีลักษณะสัญญาณขอบขาลง แต่ถ้ากำหนดเป็นลอจิก ‘0’ จะทำการตรวจจับสัญญาณการอินเทอร์รับต์ที่มีลักษณะสัญญาณลอจิก ‘0’ ที่มีคาบเวลาไม่น้อยกว่า 1 แมกซ์ซินไซเกิล</p> <p>IE0 เป็นบิตที่แสดงสถานะลอจิก ‘1’ เมื่อมีการจับสัญญาณอินเทอร์รับต์ได้ที่ขา INT0 และจะเป็นลอจิก ‘0’ เองอัตโนมัติเมื่อ CPU ประมวลผลโปรแกรมที่รองรับการอินเทอร์รับต์</p> <p>IT0 เป็นบิตสำหรับกำหนดลักษณะการจับสัญญาณอินเทอร์รับต์ที่ขา INT0 เมื่อกำหนดค่าให้เป็นลอจิก ‘1’ จะทำการตรวจจับสัญญาณการอินเทอร์รับต์ที่มีลักษณะสัญญาณขอบขาลง แต่ถ้ากำหนดเป็นลอจิก ‘0’ จะทำการตรวจจับสัญญาณการอินเทอร์รับต์ที่มีลักษณะสัญญาณลอจิก ‘0’ ที่มีคาบเวลาไม่น้อยกว่า 1 แมกซ์ซินไซเกิล</p>			

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

รูปที่ 1.3 แสดงบิตข้อมูลภายในรีจิสเตอร์ TCON

IE คือ รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการเปิดการทำงานของโมดูลอินเทอร์รับต์ และให้มีการยอมรับการอินเทอร์รับต์จากแหล่งที่กำหนด โดยมีรายละเอียดการใช้งานดังรูปที่ 1.4

IP คือ รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการเรียงความสำคัญของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รับต์ เมื่อมีการเปิดการยอมรับให้เกิดการอินเทอร์รับต์ได้มากกว่า 1 แหล่ง ซึ่งจะเรียงความสำคัญของการอินเทอร์รับต์จากบิต 0 ไปยังบิต 7 ของรีจิสเตอร์ IP ดังรายละเอียดการใช้งานในรูปที่ 1.5

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 5
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์		

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

IE: INTERRUPT ENABLE REGISTER. BIT ADDRESSABLE.

If the bit is 0, the corresponding interrupt is disabled. If the bit is 1, the corresponding interrupt is enabled.

EA	—	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
----	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt will be acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.					
—	IE.6	Not implemented, reserved for future use.*					
ET2	IE.5	Enable or disable the Timer 2 overflow or capture interrupt (8052 only).					
ES	IE.4	Enable or disable the serial port interrupt.					
ET1	IE.3	Enable or disable the Timer 1 overflow interrupt.					
EX1	IE.2	Enable or disable External Interrupt 1.					
ET0	IE.1	Enable or disable the Timer 0 overflow interrupt.					
EX0	IE.0	Enable or disable External Interrupt 0.					

*User software should not write 1s to reserved bits. These bits may be used in future MCS-51 products to invoke new features. In that case, the reset or inactive value of the new bit will be 0, and its active value will be 1.

รูปที่ 1.4 แสดงรายละเอียดการใช้งานรีจิสเตอร์ IE

IP: INTERRUPT PRIORITY REGISTER. BIT ADDRESSABLE.

If the bit is 0, the corresponding interrupt has a lower priority and if the bit is 1 the corresponding interrupt has a higher priority.

—	—	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
---	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

—	IP. 7	Not implemented, reserved for future use.*					
—	IP. 6	Not implemented, reserved for future use.*					
PT2	IP. 5	Defines the Timer 2 interrupt priority level (8052 only).					
PS	IP. 4	Defines the Serial Port interrupt priority level.					
PT1	IP. 3	Defines the Timer 1 interrupt priority level.					
PX1	IP. 2	Defines External Interrupt 1 priority level.					
PT0	IP. 1	Defines the Timer 0 interrupt priority level.					
PX0	IP. 0	Defines the External Interrupt 0 priority level.					

*User software should not write 1s to reserved bits. These bits may be used in future MCS-51 products to invoke new features. In that case, the reset or inactive value of the new bit will be 0, and its active value will be 1.

รูปที่ 1.5 แสดงรายละเอียดการใช้งานรีจิสเตอร์ IP


และการเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับการทำงานของอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2 โดยใช้โปรแกรม Keil uVision3 สามารถทำได้ดังนี้

1. การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับอินเทอร์รัปต์จากขา **INT0**

```
void function_name () interrupt 0{
    statement instruction;
}
```

2. การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับอินเทอร์รัปต์จากขา **INT1**

```
void function_name () interrupt 2{
    statement instruction;
}
```


	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 6
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์		

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

4.2 การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับการทำงานของอินเทอร์รัปต์ใน XC8

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 มีขาสัญญาณที่รับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกคือขา RB0(INT) และขา PORTB Change โดยสามารถกำหนดลักษณะของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ด้วยการกำหนดรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์รัปต์ดังนี้

INTCON คือรีจิสเตอร์ที่ควบคุมการปิดเปิดการอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด และเปิดการยอมรับให้เกิดการอินเทอร์รัปต์บางแหล่ง โดยเฉพาะจากแหล่งกำเนิดสัญญาณการอินเทอร์รัปต์จากขาสัญญาณภายนอกดังรายละเอียดการใช้งานรีจิสเตอร์รูปที่ 1.6

REGISTER 2-3: INTCON: INTERRUPT CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE ^(1,3)	TOIF ⁽²⁾	INTF	RBIF
bit 7							bit 0

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
 -n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown


- bit 7 **GIE:** Global Interrupt Enable bit
 1 = Enables all unmasked interrupts
 0 = Disables all interrupts
- bit 6 **PEIE:** Peripheral Interrupt Enable bit
 1 = Enables all unmasked peripheral interrupts
 0 = Disables all peripheral interrupts
- bit 5 **TOIE:** Timer0 Overflow Interrupt Enable bit
 1 = Enables the Timer0 interrupt
 0 = Disables the Timer0 interrupt
- bit 4 **INTE:** INT External Interrupt Enable bit
 1 = Enables the INT external interrupt
 0 = Disables the INT external interrupt
- bit 3 **RBIE:** PORTB Change Interrupt Enable bit^(1,3)
 1 = Enables the PORTB change interrupt
 0 = Disables the PORTB change interrupt
- bit 2 **TOIF:** Timer0 Overflow Interrupt Flag bit⁽²⁾
 1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software)
 0 = TMR0 register did not overflow
- bit 1 **INTF:** INT External Interrupt Flag bit
 1 = The INT external interrupt occurred (must be cleared in software)
 0 = The INT external interrupt did not occur
- bit 0 **RBIF:** PORTB Change Interrupt Flag bit
 1 = When at least one of the PORTB general purpose I/O pins changed state (must be cleared in software)
 0 = None of the PORTB general purpose I/O pins have changed state

Note 1: IOCB register must also be enabled.

2: TOIF bit is set when Timer0 rolls over. Timer0 is unchanged on Reset and should be initialized before clearing TOIF bit.

3: Includes ULPUW interrupt.

รูปที่ 1.6 แสดงรายละเอียดการใช้งานรีจิสเตอร์ INTCON เพื่อควบคุมการอินเทอร์รัปต์ภายนอก

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 7
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รับต์		

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

OPTION_REG คือรีจิสเตอร์ที่ควบคุมการทำงาน Internal Pull up ที่ PORTB , เลือกลักษณะสัญญาณของขาอินเทอร์รับต์ และกำหนดคุณสมบัติการทำงานของโมดูล Timer/Counter 0 ซึ่งบิตที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดลักษณะการรับสัญญาณอินเทอร์รับต์ที่ขา RB0 (INT) คือบิต INTEDG ถ้าบิตนี้ถูกกำหนดให้มีค่าเป็นลอจิก ‘0’ อินเทอร์รับต์ที่ขา RB0 (INT) จะทำงานที่สัญญาณขอบขาสูง แต่ถ้าบิตนี้ถูกกำหนดให้มีค่าเป็นลอจิก ‘1’ อินเทอร์รับต์ที่ขา RB0 (INT) จะทำงานที่สัญญาณขอบขาขึ้น ดังรายละเอียดการใช้งานรีจิสเตอร์ในรูปแบบที่ 1.7

REGISTER 5-1: OPTION_REG: OPTION REGISTER

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
RBPu	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit 7							bit 0

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as ‘0’

-n = Value at POR ‘1’ = Bit is set ‘0’ = Bit is cleared x = Bit is unknown

bit 7

RBPu: PORTB Pull-up Enable bit

1 = PORTB pull-ups are disabled

0 = PORTB pull-ups are enabled by individual PORT latch values

bit 6

INTEDG: Interrupt Edge Select bit

1 = Interrupt on rising edge of INT pin

0 = Interrupt on falling edge of INT pin

bit 5

T0CS: TMR0 Clock Source Select bit

1 = Transition on T0CKI pin

0 = Internal instruction cycle clock (Fosc/4)

bit 4

T0SE: TMR0 Source Edge Select bit

1 = Increment on high-to-low transition on T0CKI pin

0 = Increment on low-to-high transition on T0CKI pin

bit 3

PSA: Prescaler Assignment bit

1 = Prescaler is assigned to the WDT

0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module


bit 2-0

PS<2:0>: Prescaler Rate Select bits

BIT VALUE	TMR0 RATE	WDT RATE
000	1 : 2	1 : 1
001	1 : 4	1 : 2
010	1 : 8	1 : 4
011	1 : 16	1 : 8
100	1 : 32	1 : 16
101	1 : 64	1 : 32
110	1 : 128	1 : 64
111	1 : 256	1 : 128

Note 1: A dedicated 16-bit WDT postscaler is available. See **Section 14.5 “Watchdog Timer (WDT)”** for more information.

รูปที่ 1.7 แสดงรายละเอียดการใช้งานรีจิสเตอร์ OPTION_REG เพื่อควบคุมการอินเทอร์รับต์ภายนอก

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 8
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์	

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

และการเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับการทำงานของอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 โดยใช้โปรแกรม MPLAB X และคอมไพเลอร์ XC8 สามารถทำได้ดังนี้

```
void __interrupt() function_name (){  
    statement instruction;  
    return;  
}
```

4.3 การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับการทำงานของอินเทอร์รัปต์ใน avr GCC

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 มีขาสัญญาณที่รับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกคือขา PD2(INT0) , PD3(INT1) และขา PB2(INT2) โดยแต่ละขาจะสามารถกำหนดลักษณะของสัญญาณที่จะมากระตุ้นให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ได้ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์รัปต์ดังนี้


SREG คือรีจิสเตอร์ที่หน้าที่ในการแสดงสถานะการประมวลผลของ CPU และควบคุมการปิดเปิดการทำงานของอินเทอร์รัปต์ทั้งหมดที่บิต 7 หรือบิต I ในกรณีภาษาแอสเซมบลีจะใช้คำสั่ง SEI ในการเปิดการทำงานของอินเทอร์รัปต์ และใช้คำสั่ง CLI ในการปิดการทำงานของอินเทอร์รัปต์ ส่วนการเขียนโปรแกรมภาษาซีจะใช้ฟังก์ชัน sei() ในการเปิดการทำงานของอินเทอร์รัปต์ และใช้ฟังก์ชัน cli() ในการปิดการทำงานของอินเทอร์รัปต์

MCUCR คือรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการกำหนดลักษณะสัญญาณการอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT0 และ INT1 โดยใช้บิต ISC11:ISC10 และ ISC01:ISC00 ดังรูปที่ 1.8

ISC11	ISC10	Description
0	0	The low level of INT1 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT1 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT1 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT1 generates an interrupt request.

ISC01	ISC00	Description
0	0	The low level of INT0 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT0 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT0 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT0 generates an interrupt request.

รูปที่ 1.8 การกำหนดบิต ISC11:ISC10 และ ISC01:ISC00 ของรีจิสเตอร์ MCUCR

	<h2 style="margin: 0;">ใบเนื้อหา</h2>	หน้าที่ 9
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์	

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

MCUCSR คือรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของ CPU และเลือกลักษณะของสัญญาณที่จะมากระตุ้นการอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT2 ด้วยการกำหนดที่บิต ISC2 ถ้า ISC2 มีค่าเป็นลอจิก ‘0’ การอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT2 จะถูกกระตุ้นด้วยสัญญาณขอบขาขึ้น แต่ถ้า ISC2 มีค่าเป็นลอจิก ‘1’ การอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT2 จะถูกกระตุ้นด้วยสัญญาณขอบขาลง

GICR คือรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เปิดปิดการยอมรับให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT0 , INT1 และ INT2 ดังรายละเอียดการใช้งานรีจิสเตอร์ในรูปที่ 1.9

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	GICR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bit 7 – INT1: External Interrupt Request 1 Enable**


When the INT1 bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control1 bits 1/0 (ISC11 and ISC10) in the MCU General Control Register (MCUCR) define whether the External Interrupt is activated on rising and/or falling edge of the INT1 pin or level sensed. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INT1 is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 1 is executed from the INT1 interrupt Vector.
- **Bit 6 – INT0: External Interrupt Request 0 Enable**

When the INT0 bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control0 bits 1/0 (ISC01 and ISC00) in the MCU General Control Register (MCUCR) define whether the External Interrupt is activated on rising and/or falling edge of the INT0 pin or level sensed. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INT0 is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 0 is executed from the INT0 interrupt vector.
- **Bit 5 – INT2: External Interrupt Request 2 Enable**


When the INT2 bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control2 bit (ISC2) in the MCU Control and Status Register (MCUCSR) defines whether the External Interrupt is activated on rising or falling edge of the INT2 pin. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INT2 is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 2 is executed from the INT2 Interrupt Vector.

รูปที่ 1.9 การกำหนดบิต INT0 , INT1 และ INT2 ของรีจิสเตอร์ GICR

GIFR คือรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่แสดงสถานะการกระตุ้นให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT0 , INT1 และ INT2 ด้วยบิต INTF0 , INTF1 และ INTF2 โดยจะมีค่าเป็นลอจิก ‘1’ เมื่อมีสัญญาณกระตุ้นการอินเทอร์รัปต์ตามเงื่อนไข และกลับเป็นลอจิก ‘0’ อัตโนมัติเมื่อมีการประมวลผลโปรแกรมที่รองรับการอินเทอร์รัปต์นั้น ๆ

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 10
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์	

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก
<p>และการเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับการทำงานของอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 โดยใช้โปรแกรม AVR Studio 6.2 และคอมไพเลอร์ avr GCC สามารถทำได้ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none">1. การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับอินเทอร์รัปต์จากขา INT0<pre>ISR (INT0_vect){ statement instruction; }</pre>2. การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับอินเทอร์รัปต์จากขา INT1<pre>ISR (INT1_vect){ statement instruction; }</pre>3. การเขียนฟังก์ชันภาษาซีเพื่อรองรับอินเทอร์รัปต์จากขา INT2<pre>ISR (INT2_vect){ statement instruction; }</pre>
<p>5. การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก</p> <p>การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกนั้นผู้ออกแบบและพัฒนาจะต้องเขียนฟังก์ชันสำหรับการอินเทอร์รัปต์ และส่งงานรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นการเปิดการทำงานของอินเทอร์รัปต์ ส่วนการประมวลผลในฟังก์ชันอินเทอร์รัปต์ ถ้าต้องการนำข้อมูลภายในฟังก์ชันการอินเทอร์รัปต์ไปใช้งานในส่วนของฟังก์ชันอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากฟังก์ชันอินเทอร์รัปต์ จะต้องทำการประกาศตัวแปรแบบ volatile ดังที่ได้อธิบายในเนื้อหาเรื่องภาษาซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนการใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของเนื้อหาในหน่วยนี้จะยกตัวอย่างเป็นการนับค่าจากสัญญาณภายนอกด้วยวิธีการอินเทอร์รัปต์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 , PIC16F877 และ AVR ดังนี้</p> <p>5.1 การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของ AT89C51ED2</p> <p>การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของ AT89C51ED2 จะขอยกตัวอย่างเป็นโปรแกรมนับสัญญาณด้วยการรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา <u>INT0</u> โดยโปรแกรมการอินเทอร์รัปต์จะกระตุ้นการทำงานด้วยสัญญาณขอบาลงดังรูปที่ 1.10</p>

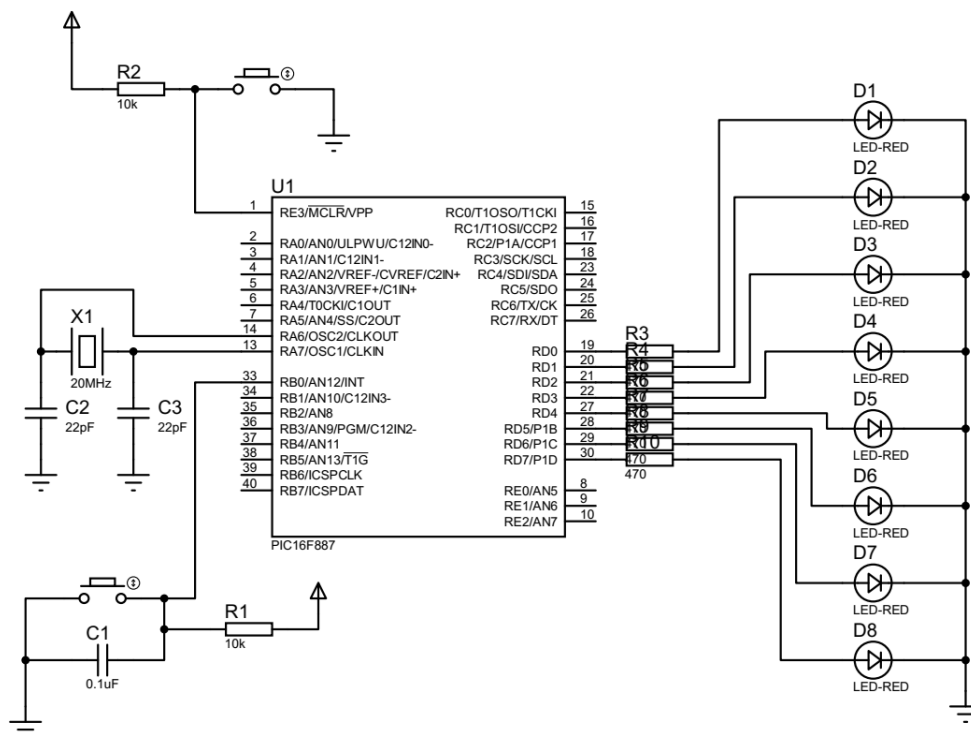
	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 12
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รับต์	

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

```
void main(){
    init_int0();
    while(1);
}
```

5.2 การใช้งานอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของ PIC16F887

การใช้งานอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของ PIC16F887 จะขอยกตัวอย่างเป็นโปรแกรมนับสัญญาณด้วยการรับสัญญาณอินเทอร์รับต์จากภายนอกที่ขา INT โดยโปรแกรมการอินเทอร์รับต์จะถูกกระตุ้นการทำงานด้วยสัญญาณขอบขาขึ้นดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แสดงวงจรทดสอบการอินเทอร์รับต์จากแหล่งสัญญาณภายนอกของ PIC16F887


ตัวอย่างโปรแกรมของวงจรในรูปที่ 1.11


```
#define _XTAL_FREQ 20000000
```

```
#include <xc.h>
```

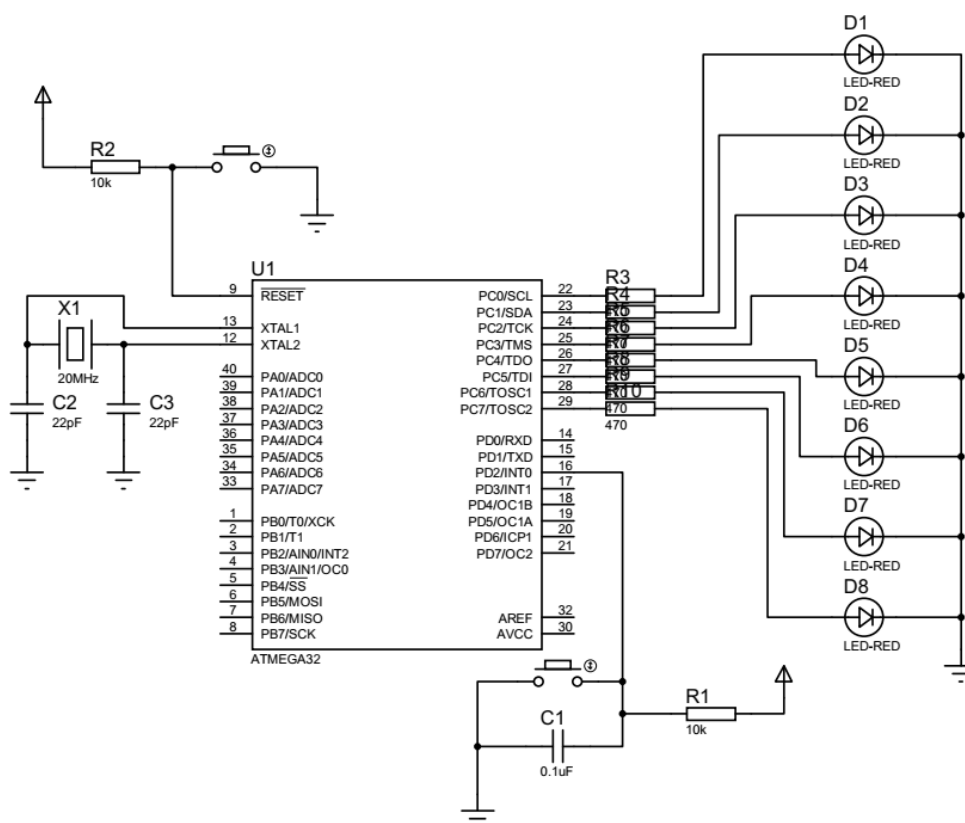
```
#define ext RB0
```

```
volatile unsigned char count=0;
```

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 13
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์	
ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก		
<pre>void init_ext(){ TRISD = 0; ANSELH = 0; TRISBbits.TRISB0 = 1; PORTD = count; OPTION_REGbits.INTEDG = 1; INTCONbits.INTE = 1; INTCONbits.GIE = 1; } void __interrupt() extINT(){ count++; PORTD = count; INTCONbits.INTF = 0; return; } void main(){ init_ext(); while(1); }</pre>		
<p>5.3 การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของ ATMEGA32</p> <p>การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของ ATMEGA32 จะขอยกตัวอย่างเป็นโปรแกรมนับสัญญาณด้วยการรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INTO โดยโปรแกรมการอินเทอร์รัปต์จะถูกกระตุ้นการทำงานด้วยสัญญาณขอบาลงดังรูปที่ 1.12</p>		

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 14
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์		

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก




รูปที่ 1.12 แสดงวงจรทดสอบการอินเทอร์รัปต์จากแหล่งสัญญาณภายนอกของ ATMEGA32
ตัวอย่างโปรแกรมของวงจรในรูปที่ 1.12

```
#include <avr/io.h>
#include<avr/interrupt.h>

volatile unsigned char count = 0;

void init_extINT0(){
    DDRD &= ~(1<<PD2);
    DDRC = 0xff;
    PORTC = count;
    GICR |= (1<<INT0);
    MCUCR |= (1<<ISC01);
    sei();
}
```

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 15
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์		

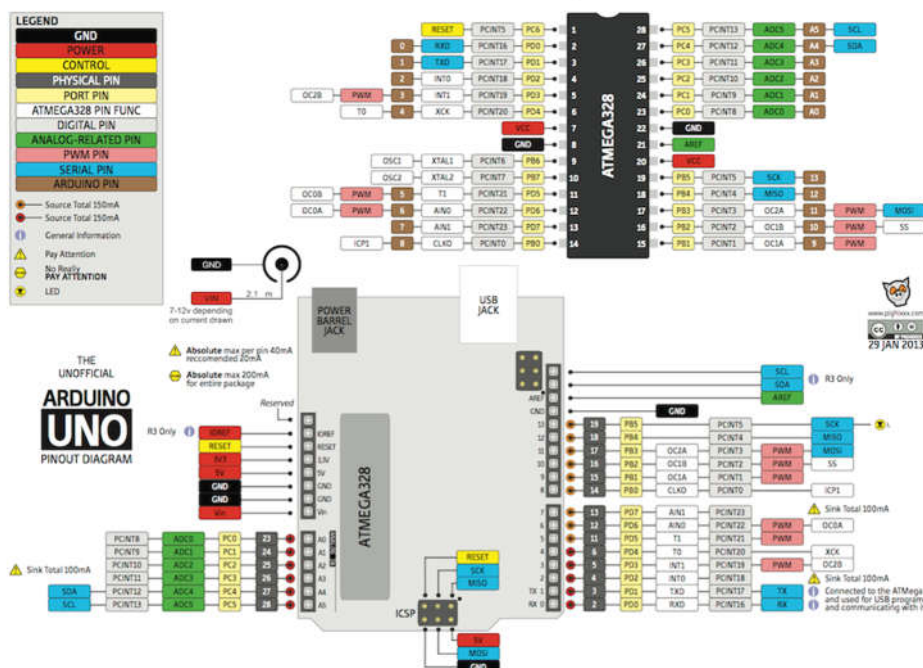
ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

```
ISR (INT0_vect){
    count++;
    PORTC = count;
}
```


```
int main(){
    init_extINT0();
    while(1);
    return 0;
}
```

5.4 การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของบอร์ด Arduino Uno R3

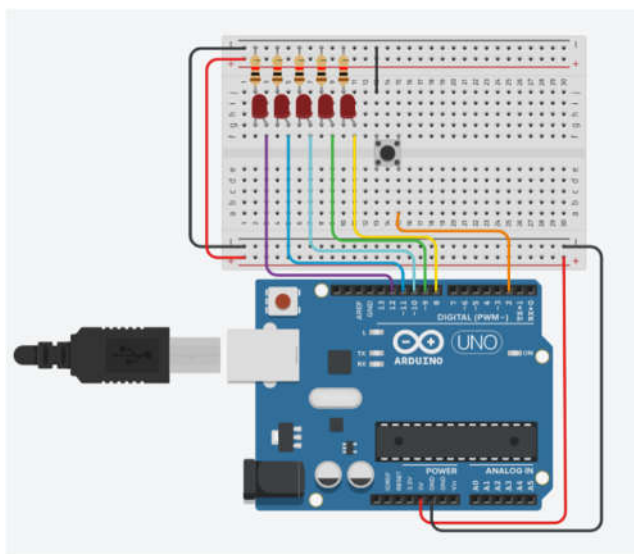
การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกของบอร์ด Arduino Uno R3 ซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATMEGA328P เป็น CPU ประจำบอร์ด และมีการใช้งานขาอินเทอร์รัปต์ภายนอกเช่นเดียวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 เพียงแต่มีขาอินเทอร์รัปต์ภายนอกเพียงสองขาคือ ขา INT0 และ INT1 ซึ่งเมื่อเทียบกับขาของบอร์ด Arduino คือขา D2 และ D3 ดังรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 แสดงตำแหน่งขา INT0 และ INT1 ของบอร์ด Arduino UNO R3

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 16
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รัปต์	

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก




รูปที่ 1.14 แสดงวงจรทดสอบการอินเทอร์รัปต์จากแหล่งสัญญาณภายนอกของบอร์ด Arduino UNO R3

ตัวอย่างโปรแกรมของวงจรในรูปที่ 1.14

```
volatile uint8_t count = 0;
ISR(INT0_vect){
    count++;
    PORTB = count;
}

void setup(){
    DDRB = 0x03f;
    PORTB = 0;
    DDRD &= 0xfb;
    PORTD |= 0x04;
    EICRA = 0x02; //The falling edge of INT0 generates an interrupt request.
    EIMSK = 0x01;
}


void loop(){
}
```

	แบบฝึกหัด	หน้าที่ 1
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รับต์	

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ให้ความหมายของการอินเทอร์รับต์
.....
.....
.....
2. แหล่งกำเนิดการอินเทอร์รับต์สามารถแบ่งออกเป็นได้กี่แหล่ง อะไรบ้าง
.....
.....
.....
3. แอดเดรสเวกเตอร์ของการอินเทอร์รับต์มีความสำคัญอย่างไร
.....
.....
.....
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2 มีขารับสัญญาณอินเทอร์รับต์ภายนอกกี่ขา อะไรบ้าง
.....
.....
.....
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีขารับสัญญาณอินเทอร์รับต์ภายนอกกี่ขา อะไรบ้าง
.....
.....
.....
6. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 มีขารับสัญญาณอินเทอร์รับต์ภายนอกกี่ขา อะไรบ้าง
.....
.....
.....
7. การเลือกลักษณะของสัญญาณอินเทอร์รับต์ภายนอกที่ขา P.3 ของ AT89C51ED2 จะต้องทำอย่างไร
.....
.....
.....

	แบบฝึกหัด	หน้าที่ 2
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วย การใช้งานอินเทอร์รับต์	

ชื่อเรื่อง การใช้งานอินเทอร์รับต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก

8. การเลือกลักษณะของสัญญาณอินเทอร์รับต์ภายนอกที่ขา RB0 ของ PIC16F887 จะต้องทำอย่างไร

.....

9. การเลือกลักษณะของสัญญาณอินเทอร์รับต์ภายนอกที่ขา PD3 ของ ATMEGA32 จะต้องทำอย่างไร

.....

10. การเขียนฟังก์ชันเพื่อรองรับการอินเทอร์รับต์ภายนอกที่ขา INT2 ของ ATMEGA32 จะต้องเขียนอย่างไร

.....