

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบบัตรระยะกระโดดสูง



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vertical Jump Height Measurement System

Mr. Danai Kednaratkul

Miss Wilasinee Orarikarn



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

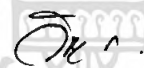


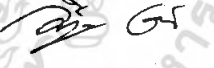

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

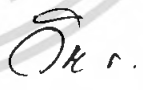
Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง ระบบวัดระยะกระโดดสูง
นักศึกษา นางสาววิลาสินี โอพาริการ
 นายคนัย เกตุณะรัตน์กุล
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2550
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วิญญู เพชรภา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์วิฑูรย์ ยินดีสุข

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ. สุวรรณ คูสำราญ	
กรรมการ	รศ. วิชาญ เดชิตธีระ	
กรรมการ	อ. กางปัญญา สุวรรณสุข	
กรรมการที่ปรึกษา	รศ.ดร. วิญญู เพชรภา	
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วิฑูรย์ ยินดีสุข	



 (รองศาสตราจารย์วิชาญ เดชิตธีระ)
 หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	ระบบวัดระยะกระโดดสูง
นักศึกษา	นายคณัย เกตุณะรัตน์กุล นางสาววิลาสินี โอพาริการ
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.วิษณุ เพชรภา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วิฑูรย์ ยินดีสุข

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบเครื่องมือ วัดระยะกระโดดสูงซึ่งเป็นการง่ายสำหรับผู้ใช้ โดยใช้เทคนิคทางแสง ซึ่งใช้ 2 ส่วนประกอบของตัวส่งและตัวรับแสงอินฟราเรด ซึ่งติดตั้งที่พื้นและระหว่างเอวถึงอกในการหาค่าเวลา ในช่วงของการกระโดดนั้น เวลาของการกระโดดจากพื้นถึงจุดสูงสุดของการกระโดดสามารถวัดและนำมาคำนวณหาค่าความสูงได้ไม่ยาก ซึ่งในผลของเวลาที่ได้จากการกระโดดและค่าความสูงสามารถแสดง ในจอแสดงผลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Vertical jump height measurement system
Name	Mr. Danai Kednaratkul Miss. Wilasinee Orarikarn
Department	Applied Physics Faculty of science
Program	Applied Physics-Science and Industry Instrumenttation
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Assoc.Prof. Dr. Wisanu Pecharapa
Special Project Co-Advisor	Mr. Witoon Yindcesuk

ABSTRACT

This special project have studied and developed an economic height jumping distance measurement system which is friendly for user by using the infrared(IR) optical signal technique . Two sets of IR transmitter/receiver were located at floor and between waist and chest, respectively. During jumping, the time of jump from floor to the maximum height can be measured and the corresponded jump height can be easily calculated. The results in terms of jumping time and height are simultaneously shown on display unit via LCD display.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและปรึกษาจาก รศ.ดร.วิญญู เพชรภา ซึ่งเป็น
อาจารย์ผู้ควบคุม โครงการพิเศษและ อาจารย์ วิฑูรย์ ยินดีสุข ซึ่งเป็นผู้ช่วยผู้ควบคุม

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ ๆ ในห้องปฏิบัติการทางแสงที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจ ตลอดจน
อาจารย์ในภาคฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่
ให้คำแนะนำและคอยให้คำปรึกษา

นายคนัย เกตุณะรัตน์กุล

นางสาววิลาสินี โอพาริการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของ โครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 รังสีอินฟราเรด	3
2.2 การใช้งานอุปกรณ์เซนเซอร์ทางแสง	3
2.2.1 การติดตั้งตัวรับและตัวส่งแสง	4
2.3 Infrared LED และ Infrared Detector	5
2.4 Photodiode detector	7
2.5 เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode)	8
2.6 วงจรฟลิป-ฟลอป หรือไบสแตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	9
2.6.1 S-R ฟลิป-ฟลอป	10
2.7 วงจรนับ (Counter)	11
2.8 วงจร monostable (IC 555 Timer)	11
2.9 MCS-51 Microcontroller	14
2.9.1 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	14
2.9.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51	15
2.9.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9.4 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	21
2.9.4.1 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)	21
2.9.4.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	33
3.1 ส่วนประกอบของระบบวัดระยะกระโดดสูง	33
3.1.1 เซ็นเซอร์ที่ใช้จับเวลา t_1 และ t_2	36
3.1.2 วงจรปรับคุณภาพสัญญาณ	37
3.1.3 วงจรประมวล t_1 และ t_2	38
3.1.4 หน่วยประมวลผลเพื่อหาค่า H jump	40
3.1.5 จอแสดงผล	41
บทที่ 4 ผลการทดลอง	42
4.1 ระบบที่เสร็จสมบูรณ์	44
4.2 ขั้นตอนการทดสอบระบบต่างๆของระบบวัดระยะกระโดดสูง	46
4.2.1 การวัดสัญญาณที่ได้จากชุดรับ-ส่งเซนเซอร์อินฟราเรดที่เท้า	46
4.2.2 การวัดสัญญาณที่ได้จากชุดรับ-ส่งสัญญาณที่เอว	47
4.2.3 การปรับคุณภาพสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์อินฟราเรด และ Photodiode detector	47
4.2.4 การนำสัญญาณที่ผ่านการปรับคุณภาพแล้วมา ต่อ เข้าวงจรประมวล t_1 และ t_2	48
4.2.5 นำสัญญาณเข้าสู่หน่วยประมวลผล	51
4.3 ผลการทดลองวัดระยะกระโดดสูง	52
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผลการทดลอง	53
5.2 ปัญหาที่พบ	53
5.3 แนวทางการพัฒนา	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

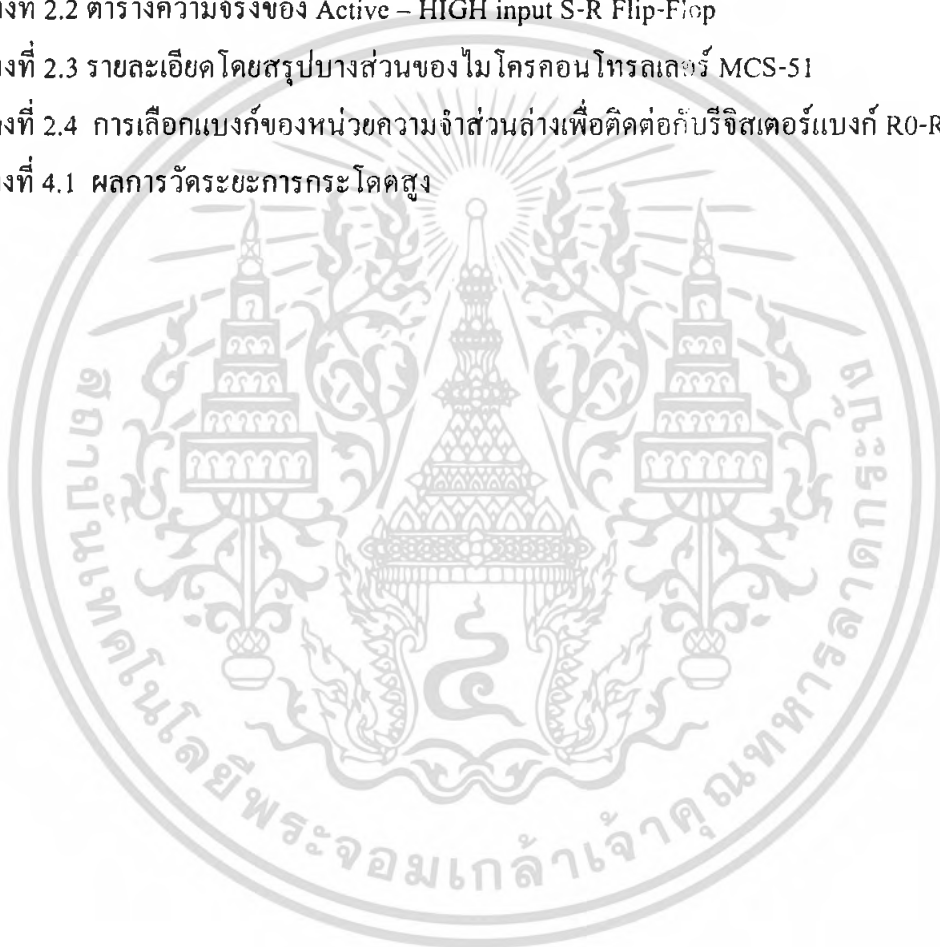
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงสารที่ใช้ทำไดโอดเปล่งแสง และความยาวคลื่นของแสง	7
ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงของ Active – HIGH input S-R Flip-Flop	11
ตารางที่ 2.3 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	17
ตารางที่ 2.4 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจิสเตอร์แบงก์ R0-R7	28
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดระยะเวลาการกระโดดสูง	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไคอะแกรมสำหรับเซนเซอร์ชนิดลำแสงผ่านตลอด	5
รูปที่ 2.2 บล็อกไคอะแกรมสำหรับเซนเซอร์ที่มีตัวรับและตัวส่งรวมอยู่ในชุดเดียวกัน	5
รูปที่ 2.3 รูปร่างและสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง	6
รูปที่ 2.4 เลเซอร์ไดโอด	9
รูปที่ 2.5 แสดง Active – HIGH input S-R Flip-Flop และสัญลักษณ์	10
รูปที่ 2.6 วงจร Monostable ที่สร้างจาก IC 555 Timer	12
รูปที่ 2.7 สัญญาณขณะที่ C มีการ Discharge	13
รูปที่ 2.8 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลชในอนุกรม AT89Cxx	16
รูปที่ 2.9 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลชในอนุกรมอีพรอม AT89Sxx	16
รูปที่ 2.10 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x	18
รูปที่ 2.11 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช	20
รูปที่ 2.12 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช	21
รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 แบบแฟลช	23
รูปที่ 2.15 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	24
รูปที่ 2.16 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	25
รูปที่ 2.17 (ก) โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูล ภายในส่วนบนของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	26
(ข) การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR)	28
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนการจับเวลาขาขึ้น	33
รูปที่ 3.2 แสดงส่วนการจับเวลาขาลง	34
รูปที่ 3.3 แสดงผลการจับเวลาในช่วง t_1 และ t_2 จากสัญญาณ	34
รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการทำงานของระบบวัดระยะกระโดดสูง	35
รูปที่ 3.5 ชุดเซนเซอร์จับเวลา t_1 และ t_2	36
รูปที่ 3.6 ตัวรับ-ส่งสัญญาณ	36
รูปที่ 3.7 ตัวกำเนิดเส้นสัญญาณ (1) , ตัวตรวจจับสัญญาณ (2)	37
รูปที่ 3.8 วงจรปรับคุณภาพสัญญาณ	37
รูปที่ 3.9 การทำงานของระบบวัดระยะกระโดดสูง	38
รูปที่ 3.10 ลำดับสัญญาณตามเวลาที่ได้จากแต่ละส่วนของระบบ	39
รูปที่ 3.11 จอแสดงผลที่ได้จากการกระโดด	41
รูปที่ 4.1 ระบบวัดระยะกระโดดสูง	42
รูปที่ 4.2 จอแสดงผล (ซ้าย) LCD คอนโทรลเลอร์(ขวา)	43
รูปที่ 4.3 ตัวตรวจจับสัญญาณ	44
รูปที่ 4.4 ตัวกำเนิดเส้นสัญญาณ	44
รูปที่ 4.5 เส้นสัญญาณที่ได้จากตัวกำเนิดสัญญาณ	45
รูปที่ 4.6 ชุดเซนเซอร์รับ-ส่ง อินฟราเรดที่เท้า	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.7 ตัวส่ง –รับสัญญาณอินฟราเรด (เมื่อมีคนขึ้น)	46
รูปที่ 4.8 ตัวส่ง –รับสัญญาณอินฟราเรด (เมื่อไม่มีคนขึ้น)	46
รูปที่ 4.9 การเลื่อนสัญญาณ Laser ผ่านตัวตรวจจับสัญญาณ	47
รูปที่ 4.10 วงจรปรับคุณภาพสัญญาณ	47
รูปที่ 4.11 สัญญาณก่อนปรับและหลังการปรับคุณภาพ	48
รูปที่ 4.12 รูปสัญญาณที่ได้จากการเริ่มกระโดด (เที่ยงยังไม่หลุดจากพื้น)	48
รูปที่ 4.13 สัญญาณจากการกระโดด (ทำให้หลุดจากพื้นแต่ยังไม่ผ่านตัวตรวจจับสัญญาณที่เอว)	49
รูปที่ 4.14 สัญญาณจากการกระโดด (ทำให้หลุดจากพื้นและผ่านตัวตรวจจับสัญญาณที่เอว)	50
รูปที่ 4.15 การตกกลับลงมาจากการกระโดด	50
รูปที่ 4.16 การแสดงผลของระบบวัดระยะกระโดดสูง	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ในปัจจุบันได้มีเครื่องมือที่นำระบบทางแสงหรือเซนเซอร์มาใช้ในการวัดค่าต่างๆ โดยมีการพัฒนาเครื่องมือขึ้นอย่างรวดเร็วและนำมาใช้อย่างแพร่หลาย อย่างเช่น เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดระยะทาง ความเร็ว สมบัติเชิงกลของวัสดุ เป็นต้น เนื่องจากมีความแม่นยำสูงและสามารถควบคุมได้ง่าย จึงได้มีการนำมาพัฒนาในระบบวัดต่างๆเป็นอย่างมาก

ดังนั้นจึงเกิดความสนใจในการที่จะพัฒนาเครื่องมือในการวัดระยะทางของการกระโดดสูง โดยอาศัยเทคนิคทางแสงช่วย โดยระบบที่ทำการพัฒนาขึ้นจะช่วยให้การวัดระยะ โดดสูงทำได้ง่าย และมีความแม่นยำ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการเซนเซอร์ทางแสง
2. เพื่อเรียนรู้หลักในการออกแบบระบบเครื่องมือให้ใช้งานได้จริง
3. เพื่อเรียนรู้ลักษณะงานที่เป็นระบบและรู้จักการวิเคราะห์ปัญหา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ในโครงการนี้จะทำการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับ Infrared sensor , Photodiode detector และ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ แล้วนำมาใช้ในระบบเครื่องมือ
2. นำสัญญาณที่เกี่ยวข้องมาคำนวณในระบบหาระยะการกระโดดสูง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ศึกษาค่านคว้าทฤษฎีและหลักการเซนเซอร์ทางแสงที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาค่านคว้าทฤษฎีของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่นำมาใช้
3. ออกแบบและสร้างส่วนของเซนเซอร์ตรวจจับและส่วนระบบคำนวณระยะการกระโดด
4. ทำการทดสอบระบบที่สมบูรณ์แล้วกับการกระโดดจริง
5. วิเคราะห์ผลที่ได้
6. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับเซนเซอร์ทางแสง, วงจรนับ , วงจรฟิลิปไฟลอป
2. รู้จักค้นคว้าหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
3. สามารถสร้างเครื่องมือตรวจจับเซนเซอร์ทางแสงและระบบคำนวณเพื่อนำมาใช้งานได้จริง
4. รู้จักการทำงานอย่างเป็นระบบและสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีหลักการและเหตุผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 รังสีอินฟราเรด

คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง $10^{11} - 10^{14}$ เฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่น $10^{-3} - 10^{-6}$ เมตร เรียกว่า รังสีอินฟราเรด หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คลื่นความถี่สั้นซึ่งจะมีย่านความถี่คาบเกี่ยวกับย่านความถี่ของคลื่นไมโครเวฟอยู่ข้างวัตถุร้อนจะแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 10^{-4} เมตรออกมา ประสาทสัมผัสทางผิวหนังของมนุษย์สามารถรับรังสีอินฟราเรด

ในปี ค.ศ. 1800 ขณะที่ Herchel กำลังติดตามศึกษาดวงอาทิตย์อยู่ในกล้องดูดาว ต้องมีการใช้เลนส์กรองแสง ซึ่งทำเป็นสีต่างๆ โดยต้องการทราบว่า ในเลนส์แต่ละสี จะเปลี่ยนค่าแสดงความร้อนของดวงอาทิตย์หรือไม่ ท่านจึงประดิษฐ์อุปกรณ์การทดลองอย่างง่าย ๆ เพื่อหาคำตอบ ซึ่งนับเป็นวิธีทดลองที่หลักแหลมเป็นอย่างมากท่านใช้ปริซึมแยกแสง แล้วให้แสงต่างๆ มาตกที่เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งทำสีดำที่กะเปาะ เพื่อให้ดูดความร้อนดียิ่งขึ้น ความที่เป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ละเอียดถี่ถ้วนเป็นนิสัยประจำตัว ท่านก็ตั้งเทอร์โมมิเตอร์ตัวหนึ่งนอกเหนือจากแสงสีต่างๆ นั้น เพื่อเป็นตัวควบคุมการทดลอง ปรากฏว่า แสงสีต่าง มีอุณหภูมิสูงกว่าแสงสีขาว และอุณหภูมิสูงขึ้นจากสีม่วง ไปหาสีแดง เฮอเซล จึงเกิดความอยากรู้อยากเห็น แล้ววัดแถบเหนือแสงสีแดงขึ้นไปที่ไม่ปรากฏมีสีอะไร ดูเหมือนแสงอาทิตย์ธรรมดาเท่านั้นเอง แต่ก็ประหลาดใจเป็นอย่างยิ่ง เมื่อปรากฏว่าเทอร์โมมิเตอร์ ตัวที่อยู่นอกเหนือจากแสงสีแดงนั้น กลับวัดได้อุณหภูมิสูงกว่าทุกตัวเฮอเซล จึงทำการทดลองต่อไป ก็พบว่า ส่วนของแสงที่มองไม่เห็นแต่ร้อนกว่าสีแดงนี้ มีคุณสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับคลื่นแสงที่มองเห็นได้ทุกประการ เช่น การหักเห การซึม ส่องผ่านหรือไม่ผ่านตัวกลาง ฯลฯ ในตอนแรก ท่านเรียกแสงนี้ว่า caloric rays ซึ่งก็เช่นเดิมที่การตั้งชื่อของท่านไม่ค่อยจะเป็นที่ถูกใจใครเท่าไรนัก รังสีที่ถูกค้นพบใหม่นี้ ก็ถูกเปลี่ยนชื่อไปเป็น รังสีอินฟราเรด ที่เรารู้จักกันมาทุกวันนี้

2.2 การใช้งานอุปกรณ์เซนเซอร์ทางแสง

การประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์เซนเซอร์ทางแสงสำหรับตรวจวัดการกระจัดหรือเซนเซอร์วัสดุใดๆ โดยทั่วไปชุดของเซนเซอร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วนคือ ตัวรับแสงและตัวส่งแสง อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่จะนิยมใช้ Photo Diode และ Photo Transistor ส่วนตัวส่งแสงนั้น นอกจากจะเป็นแสงสว่างจากดวงอาทิตย์แล้วถ้าใช้งานร่วมกับ Photo Diode และ Photo Transistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

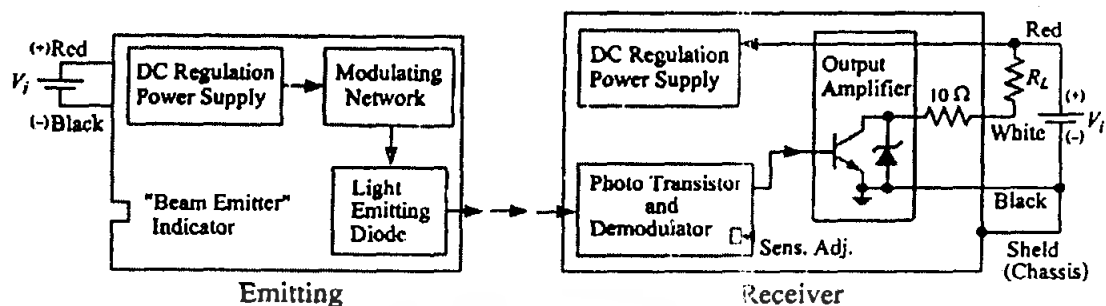
จะใช้ LED (Light Emitting Diode) เป็นตัวกำเนิดแสงเนื่องจากเหตุผลหลายประการเช่น มีราคาถูก และสามารถหาซื้อได้ทั่วไป การต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้โดยง่าย สะดวกในการบำรุงรักษาตลอดจนใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ อีกทั้งไม่มีผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน ซึ่ง LED ที่เลือกนำมาใช้นั้นก็จะมีแสงสีที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสีและลักษณะพื้นผิวของวัสดุ ตลอดจนระยะห่างของวัสดุที่ต้องการเซนเซอร์ ซึ่งอินฟราเรดเป็นตัวกำเนิดแสงที่นิยมใช้มากที่สุด

2.2.1 การติดตั้งตัวรับและตัวส่งแสง

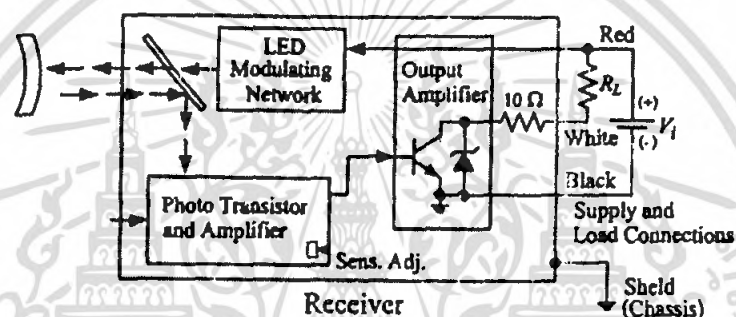
การพิจารณานำเอาชุดเซนเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานไม่ว่าจะเป็นการเซนเซอร์การเคลื่อนไหว ขนาดรูปร่าง ลักษณะพื้นผิว หรือระยะห่างของวัสดุ ควรคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ต่อไปนี้ เช่น ขนาดของพื้นที่สำหรับการติดตั้งและตำแหน่งที่ติดตั้งเซนเซอร์ ตลอดจนลักษณะของงานหรือวัสดุที่ต้องการตรวจวัด โดยทั่วไปสามารถแบ่งลักษณะการติดตั้งและการวางตำแหน่งตัวรับและตัวส่งแสงได้ 3 ลักษณะ คือ

- (ก) ชุดเซนเซอร์ชนิดลำแสงผ่านตลอด (Through – Beam Sensor)
- (ข) ชุดเซนเซอร์ชนิดสะท้อนลำแสงกลับ (Retro – Reflective Sensor)
- (ค) ชุดเซนเซอร์ชนิดเซนเซอร์วัตถุโดยตรง (Diffuse – Reflective Sensor)

การใช้งาน Photo Sensor ไม่ว่าชนิดใดก็ตามจำเป็นต้องใช้ร่วมกับวงจรจัดระดับเงื่อนไขของสัญญาณเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังแสดงบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ โดยรูปที่ 2.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมซึ่งประกอบด้วยวงจรต่างๆ ที่ใช้งานร่วมกับ Photo Sensor ชนิดแยกตัวรับและตัวส่งแสงออกจากกันหรือเป็นการติดตั้งแบบลำแสงผ่านตลอด ส่วนในรูปที่ 2.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรที่ใช้สำหรับ Photo Sensor ที่มีตัวรับและตัวส่งแสงรวมอยู่ในชุดเดียวกัน นั่นคือชนิดสะท้อนลำแสงกลับและชนิดเซนเซอร์วัตถุโดยตรง



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมสำหรับเซนเซอร์ชนิดลำแสงผ่านตลอด



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมสำหรับเซนเซอร์ที่มีตัวรับและตัวส่งรวมอยู่ในชุดเดียวกัน

2.3 Infrared LED และ Infrared Detector

LED ซึ่งย่อมาจากคำว่า LIGHT EMITTING DIODE เป็นไดโอดชนิดพิเศษที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำหัวต่อ พี-เอ็นเมื่อมีการป้อนไบแอสเป็นแบบฟอร์เวิร์ดไบแอสจะทำให้ไดโอดส่องแสงสว่างออกมาแสงที่ส่องสว่างออกมามีหลายช่วงคลื่น แล้วแต่ชนิดของสารที่ทำ เช่น แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีเหลือง หรือ แสงที่ตาเรามองไม่เห็น เช่น แสงอินฟราเรด โครงสร้างของ LED นั้นประกอบด้วยชั้นซบสเตรททำด้วย GaP or GaAs ชั้นถัดมาจะทำด้วยสาร GaAsP ทั้งสองชั้นแล้วจะทำการโคปให้เป็นสารเอ็น ชั้นที่สามจะเป็นชั้นของ ซิลิคอนไฟฟไซด์ (Si_3A_4) แล้วทำการแพร่สารฟอสฟอรัสลงไปให้ติดกับสารเอ็น เกิดเป็นรอยต่อ พี-เอ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 รูปร่างและสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง

เมื่อแอลอีดีได้รับฟอร์เวิร์ดไบแอสอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลในสารพี ทำให้เกิดแสงที่เรียกว่าพลังงานโฟตอนเปล่งออกมา ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับไดโอดเปล่งแสงนั้น เกิดจากกระบวนการผลิตที่เรียกว่า “อิเล็กโตรลูมิเนสเซนส์” (Electro Luminescence) คือ การสร้างให้หน้าสัมผัสของสารที่มีขนาดเล็กกว่าสารเอ็น เต็มสารเจือบางชนิดลงไปเช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenide Phosphide ; GaAsP) หรือ แกลเลียม ฟอสไฟด์ (Gallium Phosphide : GaP) เพื่อให้พลังงานโฟตอนมีจำนวนมากที่สุด และเรืองแสงสว่างสุกใสขึ้น ในปัจจุบันการพัฒนาทางด้านแสงของอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว จนมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงที่ เมากเช่นไฟเบอร์ออปติก โดชิ ประเภทออปติคอล รวมไปถึงวงจรที่มีการเชื่อมโยงทางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงสารที่ใช้ทำไดโอดเปล่งแสง และความยาวคลื่นของแสง

แสงสี	ความยาวคลื่น (nm)	สารที่ใช้ทำไดโอดเปล่งแสง
อินฟราเรด	740-1000	แกเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide-GaAs)
สีแดง	620-740	แกเลียมฟอสไฟด์
สีส้ม	575-620	(Gallium Phosphide-GaP)
สีเหลือง	575-585	แกเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์
สีเขียว	500-575	(Gallium Arsenide Phosphide – GaAsP)

ไดโอดเปล่งแสงมีข้อดีก็คือการใช้งานจะใช้แรงดันไฟฟ้าน้อยกระแสไฟฟ้าน้ำ โดยทั่วไปจะใช้แรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 1.5 ถึง 3.5 โวลต์ ซึ่งจะทำงานได้ดีที่สุด ไดโอดเปล่งแสงทั่ว ๆ ไปจะมีสีเดียว แต่ปัจจุบันถูกสร้างให้มีสองสีอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า Two LED มีทั้งแบบที่เป็น 3 ขา เมื่อป้อนไบแอสแต่ละครั้งก็จะมีสีแตกต่างกันออกไป แสงจาก LED ที่เป็นพลังงานโฟตอนนั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ พลังงานแสงที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า และ พลังงานแสงที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่ง LED ที่ให้พลังงานแสงที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้แก่ Infrared LED ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะงานเช่นเดียวกัน LED ธรรมดา เพียงแต่ไม่มีแสงให้เห็นด้วยตาเปล่าในเวลาทำงาน

2.4 Photodiode detector

Photo detector เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณแสงที่ตกกระทบตัวเครื่องให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้า เช่น สัตว์หรือกระแส Photodetector ส่วนใหญ่จะทำการแปลงสัญญาณนี้โดยการสร้างคู่อิเล็กตรอน-โฮลอิสระขึ้นจากการดูดกลืนโฟตอน อิเล็กตรอนอิสระนี้จะเกิดขึ้นในแถบการนำและโฮลอิสระเกิดในแถบวาเลนซ์ พาหะอิสระเหล่านี้จะเกิดการเคลื่อนในอุปกรณ์วัดจนสร้างสนามไฟฟ้าและทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกเก็บสะสมรวบรวมไว้ที่วงจรภายนอกหรือประจุไว้ในแบตเตอรี่ หลักการทำงานพื้นฐานของ Photodetector สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้อย่างหลากหลายตามแต่การนำไปใช้งาน แต่โดยทั่วไปแล้วจะสามารถเอกลักษณะนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งได้ดังนี้ Photoresistor, Photovoltaic cell, Photodiode และ Photomultiplier Tube Photodiodes Photodiode เป็นอุปกรณ์ประเภทหนึ่งของ Photodetector มักใช้ตรวจวัดความเข้มแสงในงานทางด้านวิทยาศาสตร์และในอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง สารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาทำเป็น Photodiode ได้แก่ ซิลิกอน อินเดียมแกลเลียมอะเซไนด์เจอร์เมเนียม แกลเลียมไนไตรด์ และซิลิกอนคาร์ไบด์ อุปกรณ์วัดประเภทนี้มีลักษณะเป็น p-n junction ได้แก่ PN Photodiode, PIN Photodiode และ Avalanche Photodiode (APD) โดย Photodiode ง่ายที่สุดคือแบบ PN ซึ่งสามารถทำงานได้ 2 แบบ คือ Photovoltaic Mode ซึ่งจะทำงานได้โดยไม่ต้องใส่ศักย์ไฟฟ้าเพิ่มเข้าไป และ Photoconductive Mode ซึ่งทำงานได้เมื่อมีการป้อนศักย์ไฟฟ้าในลักษณะรีเวิร์สไบแอส สำหรับการตอบสนองนั้น ในแบบ Photoconductive Mode จะให้ผลที่รวดเร็วกว่า เพราะมีชั้น depletion region ที่กว้างกว่าและสนามไฟฟ้าที่แรงกว่า เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนประจุพาหะไปยังขั้วไฟฟ้าลดลงแต่มีข้อเสียตรงที่จะมีสัญญาณรบกวนเมื่อมีกระแสรั่วไหล

2.5 เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode)

Laser ย่อมาจากคำว่า Light Amplification by Stimulate Emission of Radiation ในยุคแรกจะเป็นลำแสงสีแดง ซึ่งสร้างมาจากก๊าซฮีเลียมและนีออน โดยแสงสีแดงเข้มจะมีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร ยังอยู่ในช่วงที่สายตามองเห็น ในขณะที่แสงเลเซอร์ประเภทอื่นจะอยู่ในช่วงอินฟราเรด มีความยาวคลื่น 1.15 ไมโครเมตร ถึง 3.39 ไมโครเมตร เลเซอร์แบบหลอดก๊าซจะให้กำลังสูงราคาถูก แต่ไม่นิยมนำมาใช้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์โดยตรงเนื่องจากมีความยุ่งยาก มีขนาดใหญ่ ต่อมาราวปี.ศ. 1987 (พ.ศ. 2530) บริษัทโตชิบาได้พัฒนาจนกระทั่งได้เป็นเลเซอร์ไดโอดซึ่งใช้แสงสีที่มีความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร และมีขนาดเล็ก ๆ เป็นเลเซอร์ไดโอดที่มีโครงสร้างมาจากธาตุแกลเลียม อะลูมิเนียมอาร์เซไนด์ (Gallium Aluminum Arsenide : GaAlAs) มีความยาวคลื่น 775 นาโนเมตร ซึ่งได้ถูกนำมาใช้งานในเครื่องเล่นเลเซอร์ดิสก์, คอมพิวเตอร์, ซีดีรอมและเครื่องที่มีหัวอ่านเป็นเลเซอร์ ต่าง ๆ

เลเซอร์ไดโอดมีโครงสร้างมาจากสารกึ่งตัวนำ P-N Junction ที่เป็นแกลเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenid : GaAs) เมื่อมีการจ่ายแรงดันไบแอสให้กับเลเซอร์ไดโอด จะเกิดการรวมตัวของโฮลกับอิเล็กตรอน ทำให้สารพี ที่ได้รับอิเล็กตรอนมีประจุเป็นลบ และ สารเอ็น ที่ได้รับโฮล มีประจุเป็นบวก จนเมื่อถึงจุดหนึ่งที่เรียกว่า จุดสมดุล อิเล็กตรอนกับโฮลก็ไม่สามารถรวมตัวกันได้ เกิดเป็นช่องว่างระหว่างประจุขึ้น ก่อนที่จะมีการรวมตัวกัน อิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงอยู่แล้ว เมื่อรวมตัวกันโฮลพลังงานก็จะต่ำลง จึงต้องมีการคายพลังงานออกมา พลังงานที่คายออกมานี้เรียกว่า พลังงานโฟตอน ทำให้เกิดแสงที่มีความยาวคลื่นที่มีเฟสไม่เท่ากันจึงต้องมีการควบคุมกระแสการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นชอบใจประการใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานของเลเซอร์ไดโอด พลังงานโฟตอนจะเคลื่อนที่ไปกระทบกับผิวของไดโอด และจะสะท้อนไปมาจนพลังงานในตัวสูงถึงย่านความถี่ แสงเลเซอร์ก็จะผ่านออกมาได้ แสงที่ได้นี้จะมีค่าความเข้มของแสงต่ำ ลักษณะของแสงเลเซอร์จะแตกต่างกันไปจากแสงทั่ว ๆ ไป คือ เป็นแสงที่เป็นสีหนึ่งสีใดเพียงสีเดียวมีความถี่และเฟสเดียวกัน ไม่มีการกระจายในแบบมุมกว้างออกไปเหมือนแสงปกติ ทำให้แสงเดินทางไปได้ไกล เมื่อใช้เลนส์มาทำการรวมแสงก็จะได้ความเข้มของแสงต่อหน่วยพื้นที่มาก



2.6 วงจรฟลิป-ฟลอป หรือไบสแตเบิลชนิดตีไวบรเตอร์

วงจรฟลิป-ฟลอป โดยทั่วไปใช้ทำหน้าที่เก็บและรับส่งข้อมูลในระบบดิจิทัล ลักษณะทั่วไปของวงจรฟลิป-ฟลอปจะมี 2 อินพุต และ 2 เอาท์พุท แต่ละเอาท์พุทจะมี 2 สถานะคือ 0 และ 1 สัญลักษณ์แทนเอาท์พุททั้งสองคือ Q และ \bar{Q} โดยเอาท์พุททั้งสองนี้จะมีสถานะตรงกันข้ามเรียกว่า สถานะเซ็ตและรีเซ็ต โดย

เซ็ต: เอาท์พุท Q เป็นลอจิก 1

เอาท์พุท \bar{Q} เป็นลอจิก 0

รีเซ็ต: เอาท์พุท Q เป็นลอจิก 0

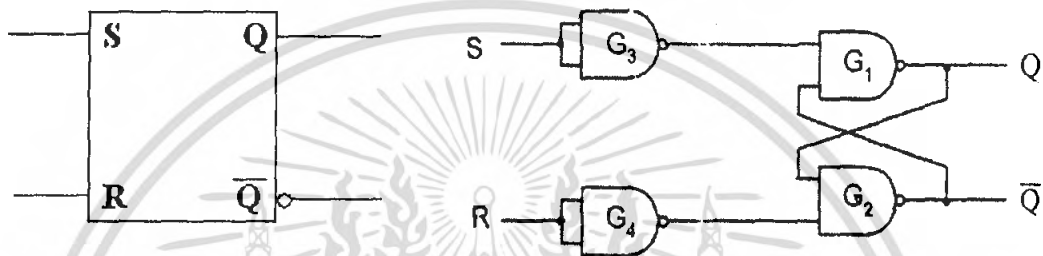
เอาท์พุท \bar{Q} เป็นลอจิก 1

โดยฟลิป-ฟลอปแบ่งเป็นชนิดต่างๆตามลักษณะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 S-R ฟลิป-ฟลอป

วงจร Active – LOW input \bar{S} - \bar{R} Flip-Flop สร้างจาก NAND GATE ดังรูปที่ 2.5 โดยมีลักษณะเฉพาะของฟลิป-ฟลอปทุกชนิด คือมีการต่อนำเอาที่พุดของเกทแต่ละตัวมายังอินพุตของเกทตรงกันข้าม เป็นลักษณะของการป้อนกลับ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของวงจรมัลติไวเบรเตอร์ทุกชนิด



รูปที่ 2.5 แสดง Active – HIGH input S-R Flip-Flop และสัญลักษณ์

จากรูปจะสามารถสรุปได้ว่าเมื่ออินพุตทั้งสองของฟลิป-ฟลอปเป็น 1 ทั้งคู่เอาต์พุตฟลิป-ฟลอปจะคงสถานะเดิมไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าเอาต์พุต Q ของฟลิป-ฟลอปเป็น 1 เรียกว่าฟลิป-ฟลอป มีสถานะเซต เมื่อสถานะเอาต์พุต Q ของฟลิป-ฟลอปเป็น 0 เรียกว่าฟลิป-ฟลอป มีสถานะรีเซต ในกรณีของ Active – LOW input S-R Flip-Flop ไม่อนุญาตให้ป้อนอินพุตทั้งสองเป็น 0 พร้อมกัน เรียกว่าสภาวะต้องห้าม

ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงของ Active – HIGH input S-R Flip-Flop

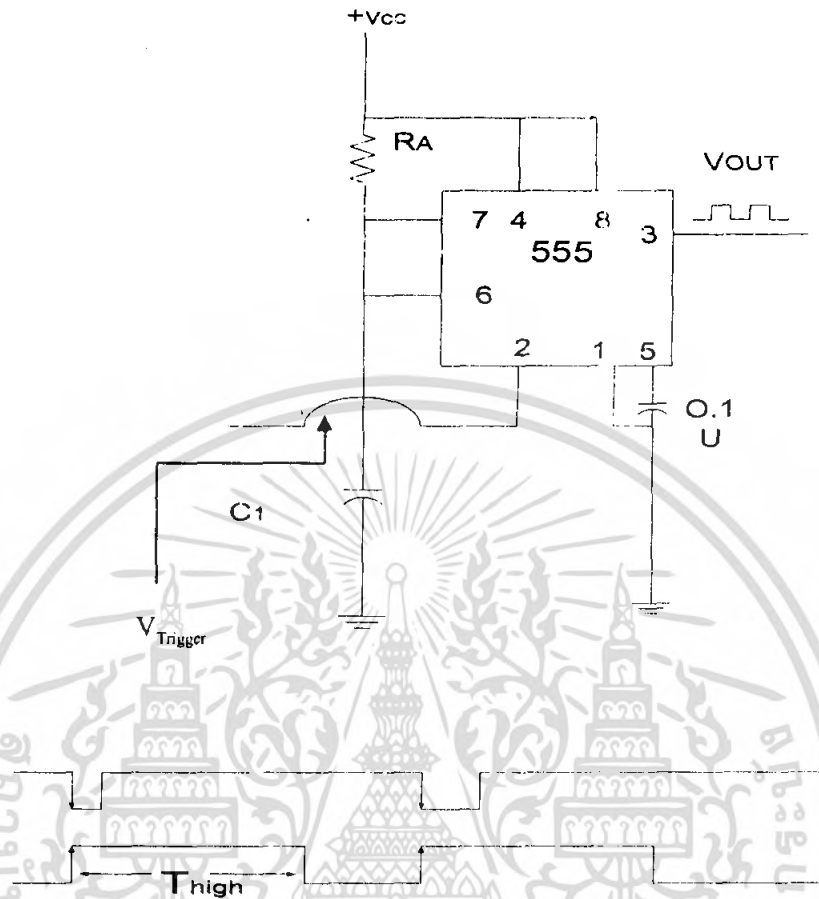
อินพุต		เอาต์พุต		คำอธิบาย
\bar{S}	\bar{R}	Q	\bar{Q}	
0	0	Q	\bar{Q}	คงสถานะเดิม
0	1	0	1	สถานะรีเซ็ต
1	0	1	0	สถานะเซต
1	1	1	1	สภาวะต้องห้าม

2.7 วงจรนับ

วงจรมนับสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามวิธีการต่อสัญญาณนาฬิกา ได้แก่ Asynchronous และ Synchronous วงจรนับชนิด Asynchronous โดยปกติเรียกว่า ripple counters ฟลิป-ฟลอปตัวแรกตัวเดียวที่รับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก ฟลิป-ฟลอปตัวถัดๆไป จะได้รับสัญญาณนาฬิกาจากเอาต์พุตของฟลิป-ฟลอปตัวข้างหน้า ส่วนวงจรมนับชนิด Synchronous ฟลิป-ฟลอปทุกตัวจะได้รับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกพร้อมกัน

2.8 วงจร monostable (IC 555 Timer)

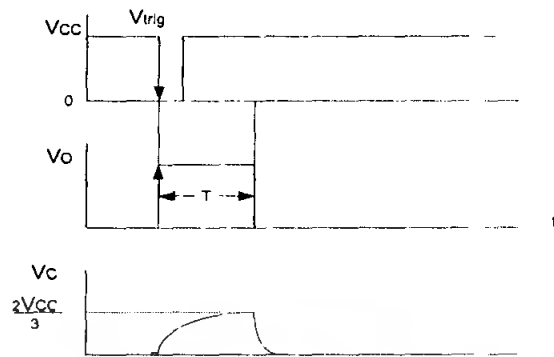
เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณขึ้นมาหนึ่งลูก หลังจากมีการกระตุ้นสัญญาณ ความกว้างของสัญญาณสามารถเลือกได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่า RC ตามวงจรรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.6 วงจร Monostable ที่สร้างจาก IC 555 Timer

การทำงานเป็นดังนี้ ขณะไม่มีสัญญาณกระตุ้นที่ขา 2 ทำให้ V_{Trig} เท่ากับ V_{CC} Voltage คร่อม C จะเป็นศูนย์ เพราะว่า V_{CC} จะมีกระแสไหลผ่าน R_A ผ่านทรานซิสเตอร์ลงกราวด์ V_O จะเป็นศูนย์ เมื่อมีสัญญาณมากระตุ้น ที่ขา 2 เท่ากับศูนย์ทรานซิสเตอร์ ภายในจะเปิด V_{CC} จะทำการอัดประจุ จนกระทั่ง โวลเตจคร่อม C ประมาณ $2V_{\text{CC}}/3$ C จะคายประจุ ผ่านทรานซิสเตอร์ ขณะที่ C มีการคายประจุ เอาท์พุทจะเป็น Logic "1" เท่ากับ V_{CC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 สัญญาณขณะที่ C มีการคายประจุ

สมการในการอัปเดตประจุ จาก 0 ถึง $\frac{2V_{cc}}{3}$

$$V_c(t) = V_{cc} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \right] \quad (2.2)$$

$$\frac{2V_{cc}}{3} = \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \right] \quad (2.2)$$

$$\exp\left(-\frac{t}{RC}\right) = \frac{1}{3} \quad (2.3)$$

$$-\frac{t}{RC} = \ln\left(\frac{1}{3}\right) = -1.1 \quad (2.4)$$

$$t = 1.1 R_A C \quad (2.5)$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$T = 1.1 R_A C \quad (2.6)$$

โดยที่ T เป็นคาบเวลาที่ต้องการ R_A และ C เป็นค่าที่ต้องเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่มีบรรจุความสามารถมากมายไม่ว่าจะเป็นหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิกวงจรรับสัญญาณ อินพุต วงจรขับสัญญาณออกทางเอาต์พุต หน่วยความจำวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี โดยช่วยลดจำนวนของอุปกรณ์และขนาดของระบบลงในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้นภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” ซึ่งหมายถึงไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ซึ่งภายในประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรเชื่อมต่อสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

2.9.1 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ที่ใช้เรียนรู้ในการทำโครงงานเล่มนี้จะอ้างอิงถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลชเหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้ในการเรียนรู้เพื่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
2. ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงได้อย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอิมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม
3. บริษัทผู้ผลิต ได้ทำการผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาหลายเบอร์และมีความสามารถแตกต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง
4. ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ในบางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถทำการ โปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำ โปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการ โปรแกรมใหม่หรือเรียกว่า การ โปรแกรมในวงจร หรือในระบบทำให้การพัฒนาหรือการซ่อมบำรุงตลอดจนการปรับปรุงหรือ อัปเดตข้อมูลในหน่วยความจำ โปรแกรมทำได้สะดวก ภายใต้งบประมาณที่ไม่สูงมากนัก

6. ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของ ผู้ผลิตไม่ว่าจะเป็นอินเทล , ซิเมนส์ หรือคัลลัส

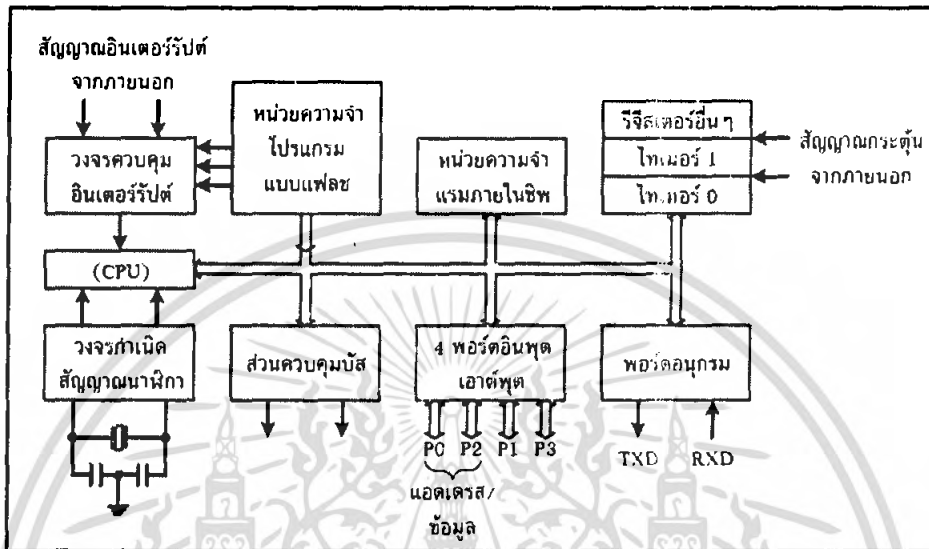
2.9.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำ แบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ภายในมีหน่วยความจำ โปรแกรมเป็นแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็น ได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณพิกายอยู่ในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ดีอกไทมเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

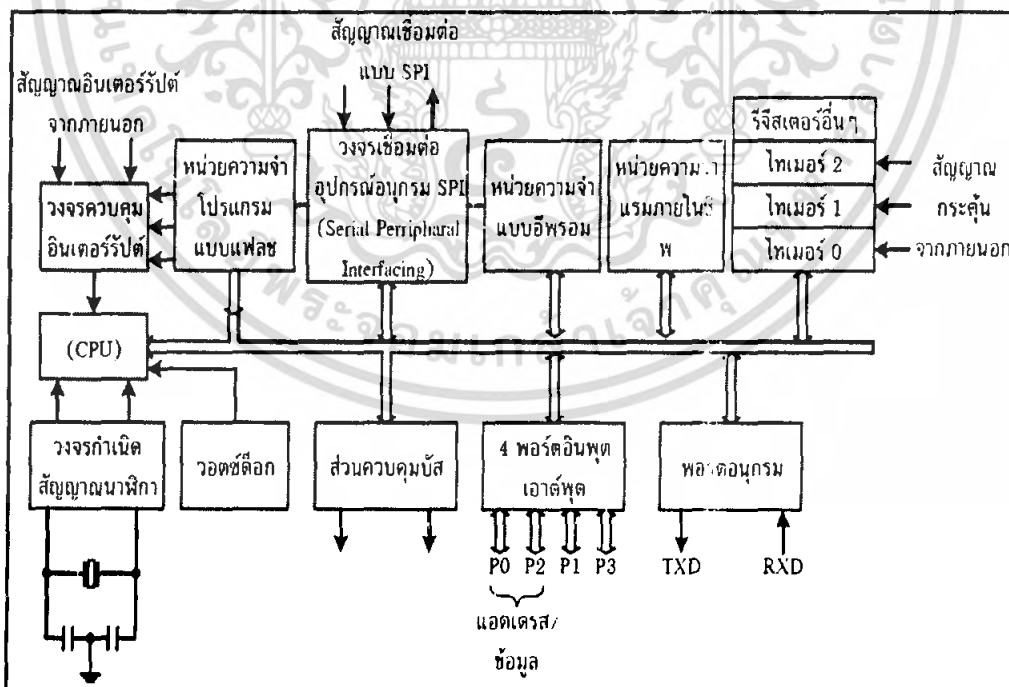
ในรูปที่ 2.8 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx จะเห็นได้ว่า โครงสร้างของ AT89Cxx จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน หากแต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอม และบางเบอร์สามารถโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว

สำหรับในรูปที่ 2.9 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของอนุกรม AT89Sxx จะเห็นได้ว่ามี ส่วนประกอบที่เพิ่มเติมแตกต่างจาก AT89Cxx อยู่หลายส่วน อาทิ วงจรเชื่อมต่ออนุกรมแบบ SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมนี้ใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดตัวชิปออกไปจากระบบหรือเรียกว่า การ โปรแกรมในวงจร ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด

16 บิตที่เพิ่มเติมเข้ามาอีกหนึ่งตัวเป็นไทมเมอร์ 2 และวงจรวัดพัลส์คือที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของซีพียู



รูปที่ 2.8 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx



รูปที่ 2.9 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรมอีพรอม

AT89Sxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วน of ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ Atmel ผลิตขึ้นและใช้ในการอ้างอิง

เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทมเมอร์/ เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลช 1 กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลช 2 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลช 4 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลช 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลช 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลช 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 1 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลช 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

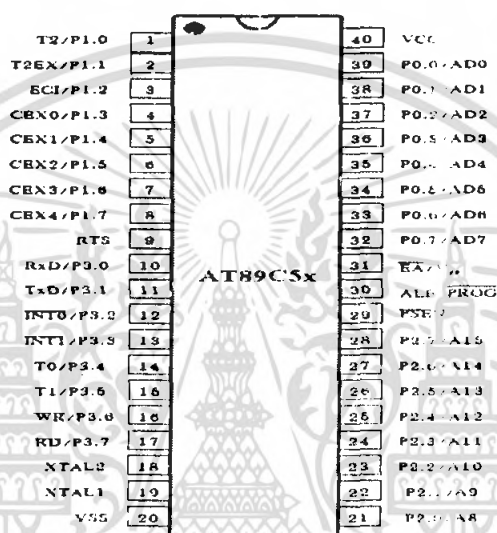
ในตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดบางส่วน of ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 แต่ละเบอร์ที่ Atmel ผลิตขึ้น และมีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

81614

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 2.10 และ รูปที่ 2.11 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้



รูปที่ 2.10 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x

ขา V_{CC} ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขอแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0 – A7) และขาข้อมูล (D0–D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนี้ในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับ ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับ ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือ ขา $\overline{INT0}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือ ขา $\overline{INT1}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทมเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ \overline{WR} ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ \overline{RD} ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขา รีเซต ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซต สถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมกซ์ไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา $\overline{ALE}/\text{PROG}$ เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

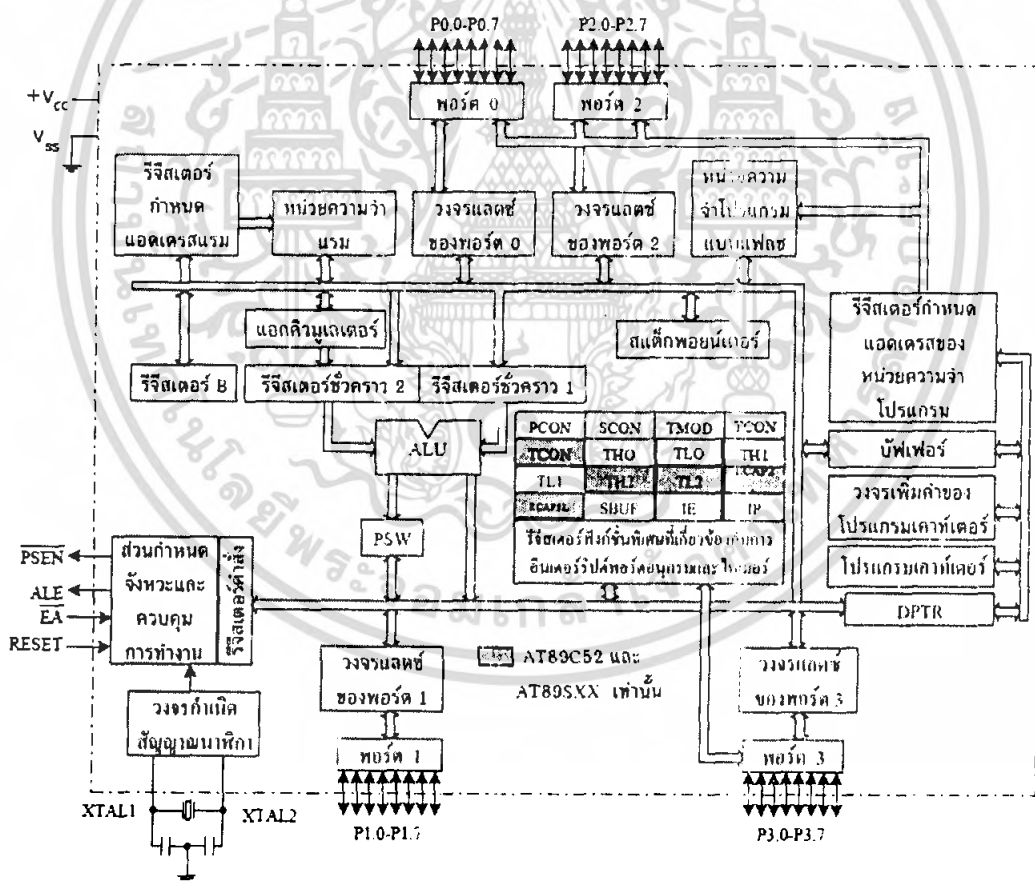
ขา \overline{PSEN} ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละเมซินไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

ขา \overline{EA} / V_{pp} ใช้สำหรับเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับติดต่อกับคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.11 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

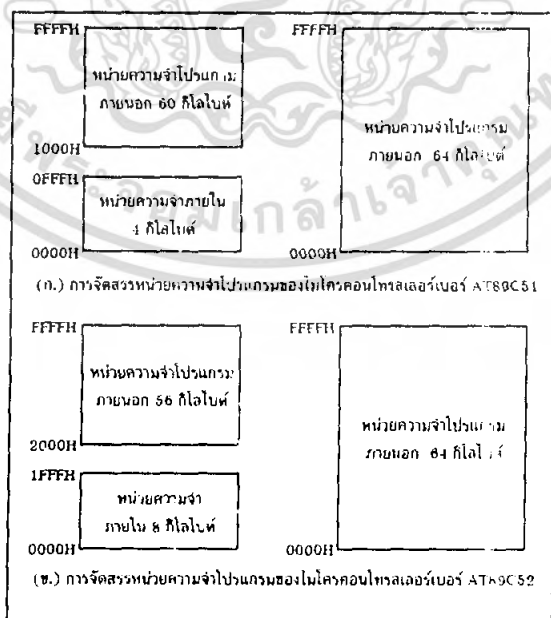
2.9.4 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำภายในหลักๆ อยู่ 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งก็มีขนาดและการจัดสรรแตกต่างกันไปในแต่ละเบอร์ในที่นี่จะกล่าวถึงรายละเอียดของการจัดสรรหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก และข้อมูลเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

2.9.4.1 หน่วยความจำโปรแกรม

ในรูปที่ 2.15 แสดงการจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช เบอร์ AT89C51 และ AT89C52 จะเห็นได้ว่า ทั้งสองเบอร์สามารถติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือร่วมกับภายนอกหรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้ ดังรูปที่ 2.16 โดยภายใน AT89C51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ในขณะที่ AT89C52 จะมีขนาด 8 กิโลไบต์

ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายในและภายนอกรวมกัน หากใช้ AT89C51 ก็จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 60 กิโลไบต์ และถ้าใช้เบอร์ AT89C52 จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 56 กิโลไบต์



รูปที่ 2.12 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นประโยชน์ในการนำมาว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำโปรแกรมใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือที่เรียกว่า โปรแกรมมอนิเตอร์ หากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิดอีพรอม ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

หน่วยความจำโปรแกรมแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อชิพยูได้รับกรรีเซตให้เริ่มต้นการทำงาน จะต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H นี้เสมอ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่ แอดเดรส 0003H

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทมเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทมเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023H

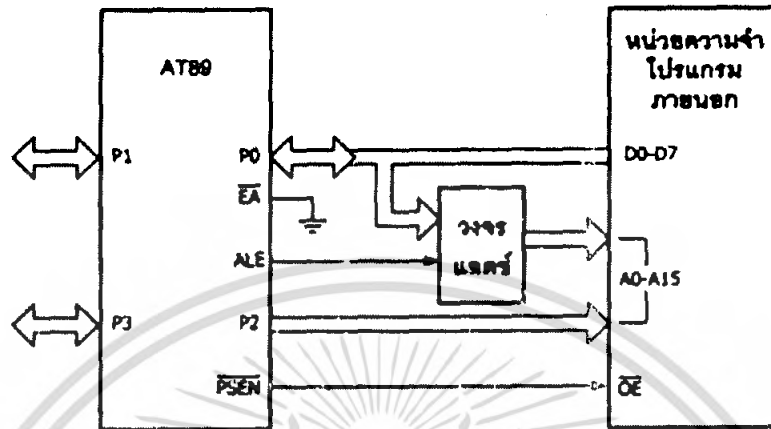
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทมเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยต้องกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 0000H-OFFFH เมื่อต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องกำหนดให้แอดเดรสอยู่ในช่วง 1000H-FFFFH

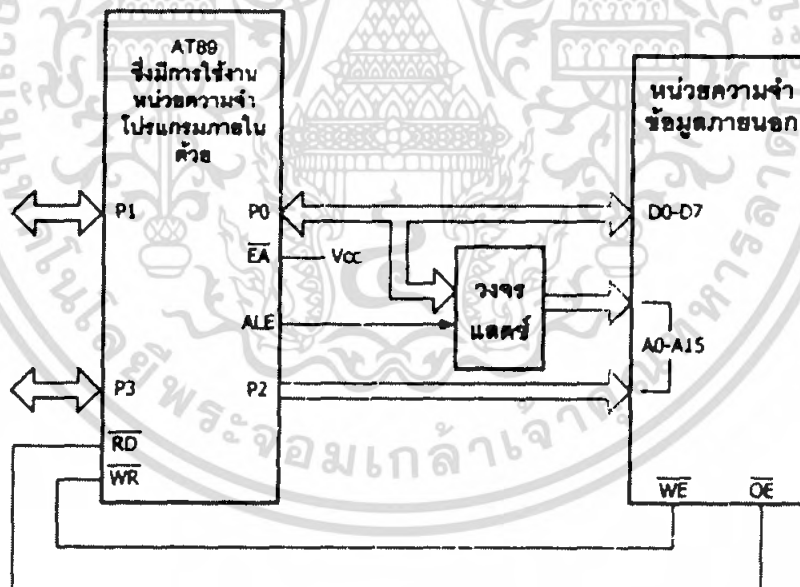
การต่อหน่วยความจำภายนอกดังรูปที่ 2.13 ขาพอร์ต P0.0-P0.7 ถูกใช้เป็นขาข้อมูล D0-D7 และขาแอดเดรสไบต์ต่ำ โดยผ่านวงจรถ่าย ซึ่งปกติใช้ไอซีเบอร์ 74HC573 และใช้สัญญาณ ALE และ PSEN ในการเลือกว่า ต้องการใช้งานขา P0.0-P0.7 เพื่อเป็นขาข้อมูลหรือขาแอดเดรส ในขณะที่ขา P2.0-P2.7 ใช้ในการเชื่อมต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูง A8-A15 ดังนั้นเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเหลือขาพอร์ตใช้งานเพียง 16 บิต คือขาพอร์ต P1.0-P1.7 และ P3.0-P3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4.2 หน่วยความจำข้อมูล



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51



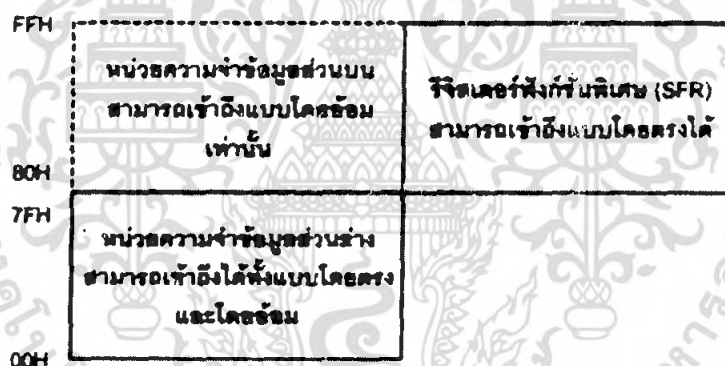
รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

แบบแฟลช

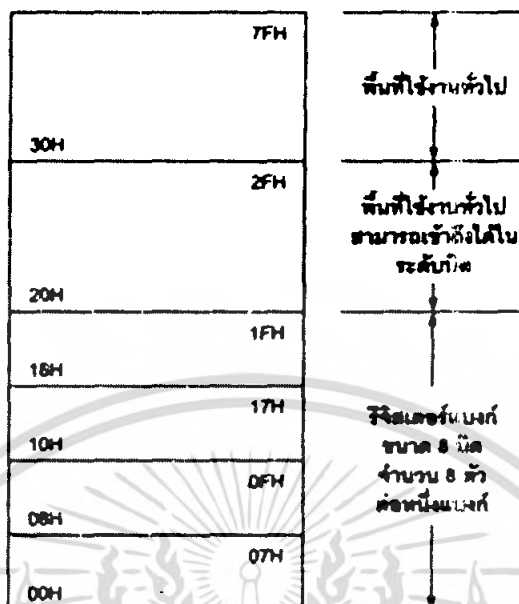
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีด้วยกัน 2 แบบ คือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายในโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชแสดงดังในรูปที่ 2.15 จะเห็นได้ว่า มีลักษณะคล้ายกับการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแตกต่างกันที่มีสัญญาณที่ใช้สำหรับการอ่านและเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก นั่นคือ ขา \overline{RD} และ \overline{WR}

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรมโดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันไปในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง, ส่วนบนและรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ดังแสดงการจัดสรรในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช



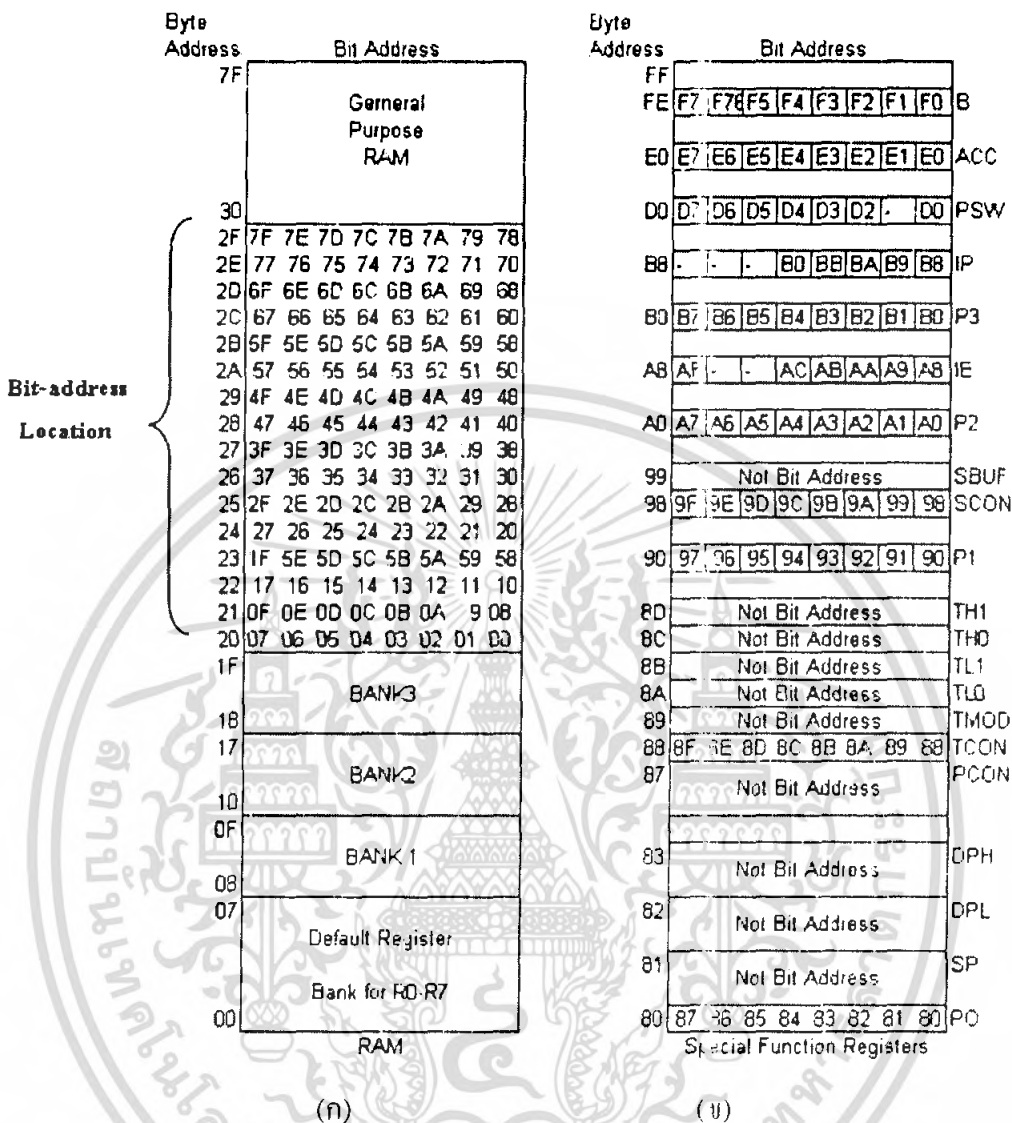
รูปที่ 2.16 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

จะเห็นได้ว่า หน่วยความจำข้อมูลส่วนบนและรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษมีตำแหน่งทับซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อที่แตกต่างกัน และในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเหมือนว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H - FFH สามารถเข้าถึงแบบโดยอ้อมเท่านั้น ในขณะที่รีจิสเตอร์ SFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่าย ตลอดจนป้องกันความสับสนในการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้นจึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์ จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับรีจิสเตอร์ SFR

รูปที่ 2.16 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หน่วยความจำ 32 ไบต์ต่ำสุดที่แอดเดรส 00H-1FH แบ่งเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า 4 แบงก์ แต่ละแบงก์ก็มีรีจิสเตอร์ 8 ตัวคือ R0-R7 การติดต่อกับหน่วยความจำในแบงก์ใดให้กำหนดที่รีจิสเตอร์ PSW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 (ก) โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูล ภายในส่วนบนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

(ข) การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR)

หน่วยความจำข้อมูล 16 ไบต์ถัดมาที่แอดเดรส 20H - 2FH เป็นพื้นที่สำหรับใช้งานทั่วไป สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต และหน่วยความจำข้อมูลที่เหลือ 80 ไบต์ จะต้องแบ่งส่วนหนึ่งสำรองไว้เป็นพื้นที่ของสแต็ก การเข้าถึงหน่วยความจำในส่วนนี้ต้องใช้การเข้าถึงในระดับไบต์

รูปที่ 2.17 (ก) แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนซึ่งจะมีลักษณะที่คล้ายกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หากแต่ใน 80 ไบต์บนไม่จำเป็นต้องสำรองไว้สำหรับสแต็ก และต้องใช้การเข้าถึงในลักษณะโดยอ้อมเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ทั้งหมดมีด้วยกัน 22 ตัว สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 และ 28 ตัวในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89Sxx ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52 และ AT89Sxx มีจำนวนไทมเมอร์เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51

รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H - FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง รูปที่ 2.20(ข) แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัวใน หน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ SFR มีดังนี้

รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต นั้นหมายความว่า สามารถกระทำ คำสั่งหรือกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H เป็น รีจิสเตอร์ที่เก็บสถานะของการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้น จะเรียกสถานะต่างๆ ของโปรแกรม ว่า แฟลค เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น ผล ของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะปรากฏที่บิตต่างๆ

จะเห็นได้ว่า นอกจากรีจิสเตอร์ PSW ถูกใช้ในการเก็บสถานะของโปรแกรมแล้ว ที่บิต RS0 และ RS1 ยังใช้ในการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่าง ซึ่งเป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ดัง ตารางที่ 2.4 โดยปกติแล้วในการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 มักนิยมเลือกใช้แบงก์ 0 เป็นอันดับแรก หากไม่เพียงพอจึงเลือกในแบงก์อื่นๆ มาใช้แต่ต้องระมัดระวังในการกำหนดค่าและลำดับการติดต่อ ให้ดี มิเช่นนั้นอาจทำให้การเขียน โปรแกรมเกิดความสับสน

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	-	P

CY : แฟลคทด เป็น "1" เมื่อมีการทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วค่า ของ แอควิวูเลเตอร์เกิน 255 (ฐาน 10) หรือ FFH

AC : แฟลคทดเสริม เป็น "1" เมื่อมีการทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์แล้ว ทำให้เกิดการ ทดข้ามจากบิต 3 มายังบิต 4

FO : แฟลคใช้งานทั่วไป เมื่อมีผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้วไม่ว่าจะ กระทำคำสั่ง ไตๆ ที่บิตนี้ก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS1 : บิตเลือกริจิสเตอร์ใช้งานร่วมกับบิต RS0 เพื่อเลือกเบงก์ของ ริจิสเตอร์ R0 – R7

RS0 : บิตเลือกริจิสเตอร์ใช้งานร่วมกับบิต RS1 เพื่อเลือกเบงก์ของ ริจิสเตอร์ R0 – R7

OV : บิตเกิน เป็น “1” เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วทำให้เกิดการทดข้ามจากบิต 6 มายังบิต 7 ของแอสคิวมูลเตเตอร์ หรือแอสคิวมูลเตเตอร์มีค่าเกิน 127 (ฐาน 10) นอกจากนั้นยังใช้เป็นการแสดงค่าลบด้วย

- : บิตนี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดใช้งานได้อย่างอิสระ

P : บิตพาริตี ใช้ในการตรวจสอบจำนวนค่า “1” ภายในแอสคิวมูลเตเตอร์ถ้าหากในแอสคิวมูลเตเตอร์มี จำนวนบิต “1” รวมกันเป็นเลขคู่ บิตนี้จะเป็น “0” ถ้ารวมกันเป็นเลขคี่บิตนี้จะเป็น “1”

ตารางที่ 2.4 การเลือกเบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับริจิสเตอร์เบงก์ R0-R7

RS1	RS0	เบงก์ของริจิสเตอร์	ช่วงแอสคิวมูลเตเตอร์
0	0	เบงก์ 0	00H – 07H
0	1	เบงก์ 1	08H – 0FH
1	0	เบงก์ 2	10H – 17H
1	1	เบงก์ 3	18H – 1FH

แอสคิวมูลเตเตอร์

มีขนาด 8 บิต มีแอสคิวมูลเตเตอร์ที่ตำแหน่ง E0H เป็นริจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้นั้นให้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไป อาจเรียกริจิสเตอร์แอสคิวมูลเตเตอร์อย่างสั้นๆ ว่า ริจิสเตอร์ A หรือ ACC

ริจิสเตอร์ A นี้สามารถเข้าถึงระดับบิตได้ นั่นหมายความว่า สามารถกระทำคำสั่งหรือกำหนดค่าในแต่ละบิตของริจิสเตอร์ตัวนี้ได้โดยอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ B

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ FOH มีหน้าที่พิเศษคือ หากมีความต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ จะต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณนั้น มาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B นี้ แล้วจึงกระทำคำสั่งการคูณหรือหารกับค่าในรีจิสเตอร์ A ต่อไป

ในกรณีที่ไม่ได้มีความต้องการคูณหรือหารข้อมูล สามารถใช้รีจิสเตอร์ B นี้ในการเก็บข้อมูลทั่วไปได้ เหมือนกับรีจิสเตอร์ปกติ และสามารถเข้าถึงในระบับิตได้เช่นเดียวกับ รีจิสเตอร์ A

โปรแกรมเคาน์เตอร์

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงาน รีจิสเตอร์ PC เป็นรีจิสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้ร่วมกับรีจิสเตอร์ SFR ตัวอื่นๆการเปลี่ยนแปลงค่าของรีจิสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งแต่ละคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียน โปรแกรมกำหนด

รีจิสเตอร์ PC มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่า ดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนตามที่กำหนดไว้หรือไม่

สแต็กพอยน์เตอร์

รีจิสเตอร์ตัวซีสแต็ก มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81H ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวซีสแต็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย หรือกระโดดโปรแกรมย่อยกลับมายังโปรแกรมหลัก เมื่อมีการเซตเกิดขึ้น ค่าของรีจิสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07H นั้นหมายความว่า ตัวซีสแต็กมีค่า 07 แอดเดรสแรกของพื้นที่ที่สำรองไว้ทำหน้าที่เป็นสแต็กจะเท่ากับ08H

รีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์

มีขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง (DPH) และรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์ต่ำ (DPL) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPL และ 83H สำหรับ DPH รีจิสเตอร์ DPTR นี้ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์พอร์ต

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีด้วยกันทั้งสิ้น 4 ตัวคือ รีจิสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H, รีจิสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H รีจิสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H และรีจิสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจิสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์นี้ทุกครั้ง

รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม

รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ทำการส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยภายในรีจิสเตอร์ SBUF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล และรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูล เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทางขา TXD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RXD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สำหรับรายละเอียดของรีจิสเตอร์ SBUF และวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจะกล่าวถึงในบทที่ 7 แล้วเรื่องการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

รีจิสเตอร์ไทมเมอร์

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต แต่จะจัดแบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ DPTR รีจิสเตอร์ไทมเมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา , จับเวลา หรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน บางทีเรียกรีจิสเตอร์ตัวนี้ว่า รีจิสเตอร์ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ A789C51 จะมีรีจิสเตอร์ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ตัว แบ่งเป็น T0 หรือ Timer 1 ในรีจิสเตอร์ยังแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ไทมเมอร์ไบต์ต่ำ และรีจิสเตอร์ไทมเมอร์ไบต์สูง เหมือนกันโดยรีจิสเตอร์ TLO จะมีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH รีจิสเตอร์ TH0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH ในขณะที่ TL1 และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH และ 8DH ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx จะมีรีจิสเตอร์ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ถึง 3 ตัว โดยมีรีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ CCH และ CDH ตามลำดับเพิ่มเติมเข้ามา

รีจิสเตอร์แคปเจอร์

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต มีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้น เนื่องจากต้องใช้ร่วมกับไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 (Timer 2) ซึ่งมีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx โดยรีจิสเตอร์แคปเจอร์นี้มีชื่อเรียกอย่างย่อว่า รีจิสเตอร์ RCAP2 ซึ่งแบ่งออกเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2L มีแอดเดรสอยู่ที่ CAH และไบต์สูงคือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH

รีจิสเตอร์แคปเจอร์จะถูกใช้งานเมื่อกำหนดให้ไทมเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์ ซึ่งเป็นโหมดที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะทางลอจิกที่ขา T2EX ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการวัดคาบเวลา ความถี่ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพัลส์ที่ขา T2EX

รีจิสเตอร์ควบคุม

รีจิสเตอร์ PCON เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจะได้กล่าวถึงรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 7 ด้วยการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม และการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

รีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

รีจิสเตอร์ TCON และ T2CON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทมเมอร์เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2CON ใช้สำหรับไทมเมอร์เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ TMOD และ T2MOD เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะในการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2MOD ใช้สำหรับไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ 2 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

รีจิสเตอร์ IE และ IP เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ (interrupt :การขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู) โดย IE เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเปิดหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ว่า จะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดอินเทอร์รัปต์ ในลักษณะใดก่อนหรือหลัง



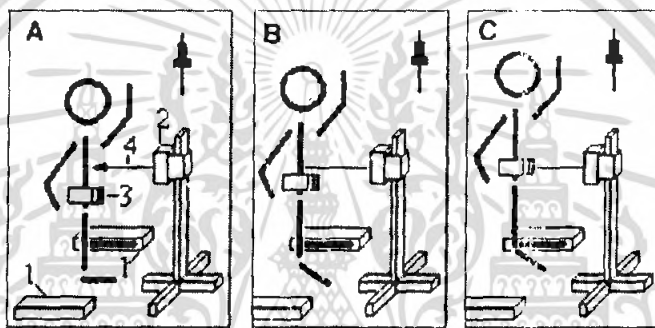
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ส่วนประกอบของระบบวัดระยะกระโดดสูง

จากการศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบถึงการออกแบบระบบวัดระยะกระโดดสูงที่ต้องการนั้นต้องแบ่งการจับเวลาเพื่อหาระยะกระโดดสูงออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การจับเวลาขาขึ้นและการจับเวลาขาลง ดังรูป

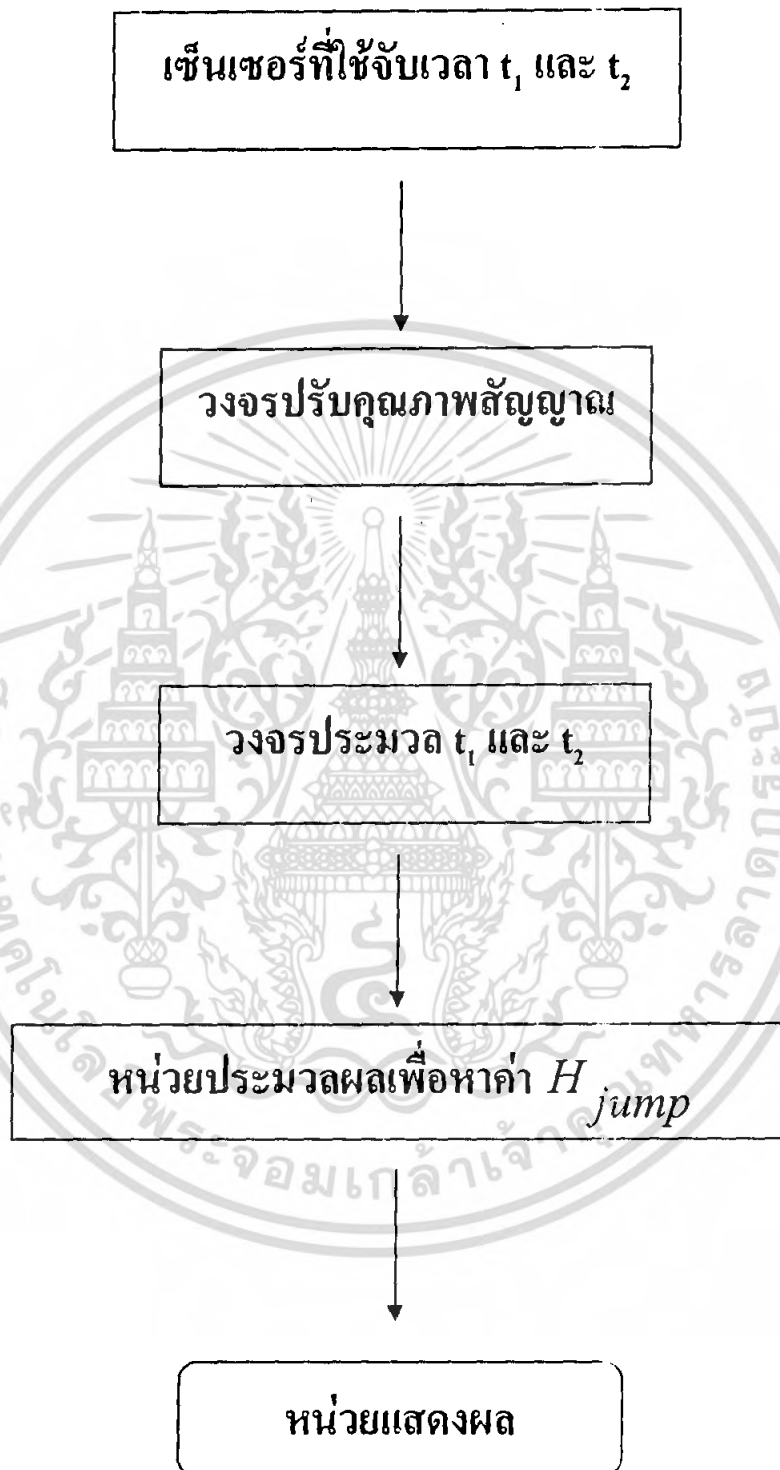


รูปที่ 3.1 แสดงส่วนการจับเวลาขาขึ้น

รูปที่ 3.1 (A) แสดงส่วนประกอบของระบบ ส่วนที่ 1. เซนเซอร์ตรวจจับสัญญาณที่เท้า ส่วนที่ 2. แท่นยึดตัวตรวจจับสัญญาณ ส่วนที่ 3. เลเซอร์ส่งสัญญาณที่ติดอยู่บนเข็มขัดคาดเอว ส่วนที่ 4. ตัวตรวจจับสัญญาณที่ได้จากเลเซอร์ที่เอว

รูปที่ 3.1 (B) เมื่อเริ่มกระโดดเท้าจะหลุดออกจากพื้นทำให้เซนเซอร์ตรวจจับสัญญาณที่เท้าสามารถตรวจจับสัญญาณได้ ส่งสัญญาณออกมาเพื่อทำการเริ่มจับเวลา t_1

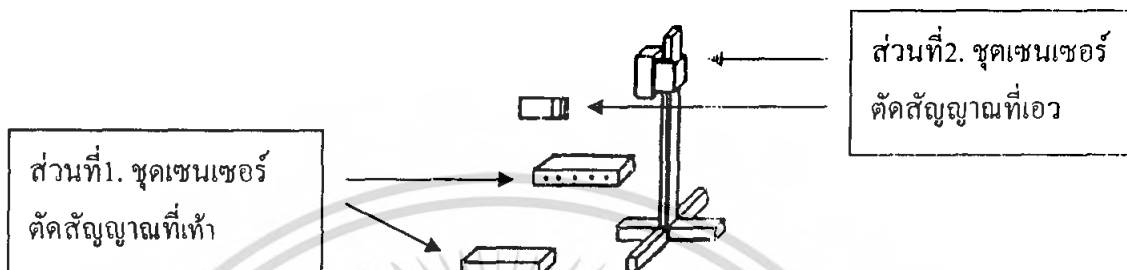
รูปที่ 3.1 (C) เมื่อลอยสูงขึ้นไปจะทำให้เลเซอร์ส่งสัญญาณที่ติดอยู่บนเข็มขัดตัดผ่านตัวตรวจจับสัญญาณที่ติดอยู่บนแท่นยึด ทำให้เกิดสัญญาณหยุดการจับเวลา t_2 และเริ่มจับเวลา t_2



รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการทำงานของระบบวัดระยะกระโดดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

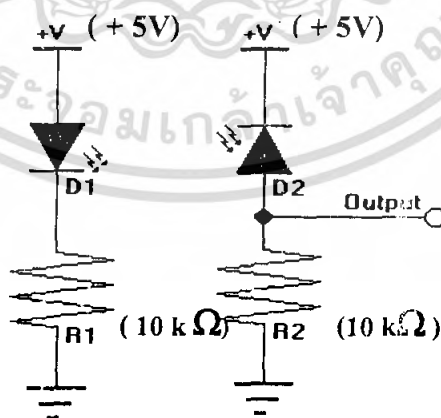
3.1.1 เซ็นเซอร์ที่ใช้จับเวลา t_1 และ t_2 แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ชุดเซนเซอร์ตัดสัญญาณที่เท้าและชุดเซนเซอร์ตัดสัญญาณที่เอว



รูปที่ 3.5 ชุดเซนเซอร์จับเวลา t_1 และ t_2

ส่วนที่ 1. ชุดเซนเซอร์ตัดสัญญาณที่เท้า

เป็นเซนเซอร์ที่มีทั้งตัวรับ-ตัวส่งสัญญาณ โดยเซนเซอร์ที่ใช้กันจะเป็นแบบอินฟราเรด การทำงานของชุดเซนเซอร์เริ่มจากการที่ตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดจะส่งสัญญาณไปยังตัวรับซึ่งอยู่ห่างกัน เมื่อมีเท้าวางอยู่ระหว่างตัวรับ-ตัวส่งสัญญาณเซนเซอร์จะไม่มี การส่งสัญญาณออกไป แต่เมื่อกระโดดแล้วเท้าหลุดจากพื้นจะมีการส่งสัญญาณออกไป



รูปที่ 3.6 ตัวรับ-ส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2. ชุดเซนเซอร์ตัดสัญญาณที่เอว

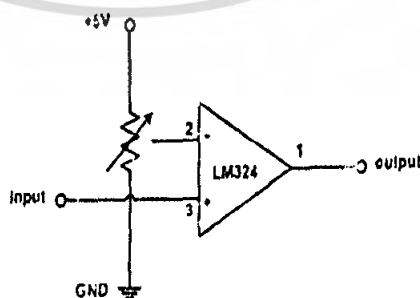
หลักการทำงานชุดเซนเซอร์ตัดแสงประกอบด้วยหัวกำเนิดเลเซอร์ที่ส่องลำแสงผ่านแท่งแก้วเพื่อทำให้เกิดเป็นเส้นสัญญาณ ขณะทำการกระโดดลำแสงจะตัดผ่านตัวตรวจจับแสง เมื่อมีตรวจจับแสงได้ จะทำการส่งสัญญาณออกไป



รูปที่ 3.7 ตัวกำเนิดเส้นสัญญาณ Laser (1), ตัวตรวจจับสัญญาณ(2)

3.1.2 วงจรปรับคุณภาพสัญญาณ

เป็นวงจรที่ทำการปรับคุณภาพสัญญาณที่ได้มาจากเซ็นเซอร์ที่ใช้จับเวลา t_1 และ t_2 ให้มีความเสถียร และเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานร่วมกับวงจรต่างๆ ได้อย่างมีคุณภาพ หลักการทำงานนั้นจะใช้โอปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันโดยค่าแรงดันอ้างอิงถูกป้อนเข้าขา 2 ส่วนแรงดันที่ต้องการเปรียบเทียบจะถูกป้อนเข้าขา 3 หากระดับของสัญญาณขาเข้ามีค่ามากกว่า แรคดันขีดเริ่มวงจรจะให้ค่าออกมาเป็นลอจิก High (1) แต่ถ้าสัญญาณขาเข้ามีค่าต่ำกว่า แรคดันขีดเริ่ม วงจรจะให้ค่าออกมาเป็นลอจิก Low (0)

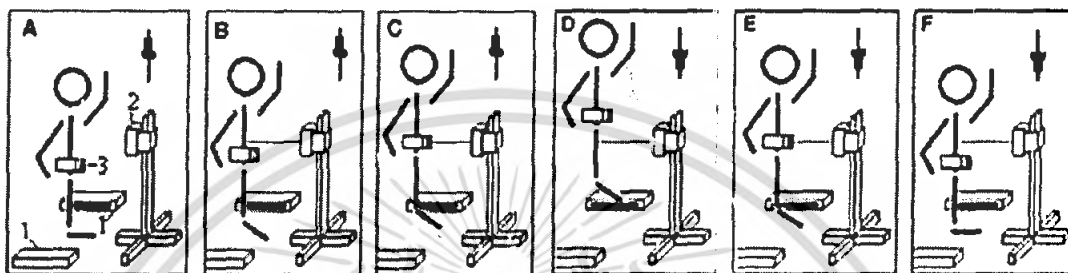


รูปที่ 3.8 วงจรปรับคุณภาพสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

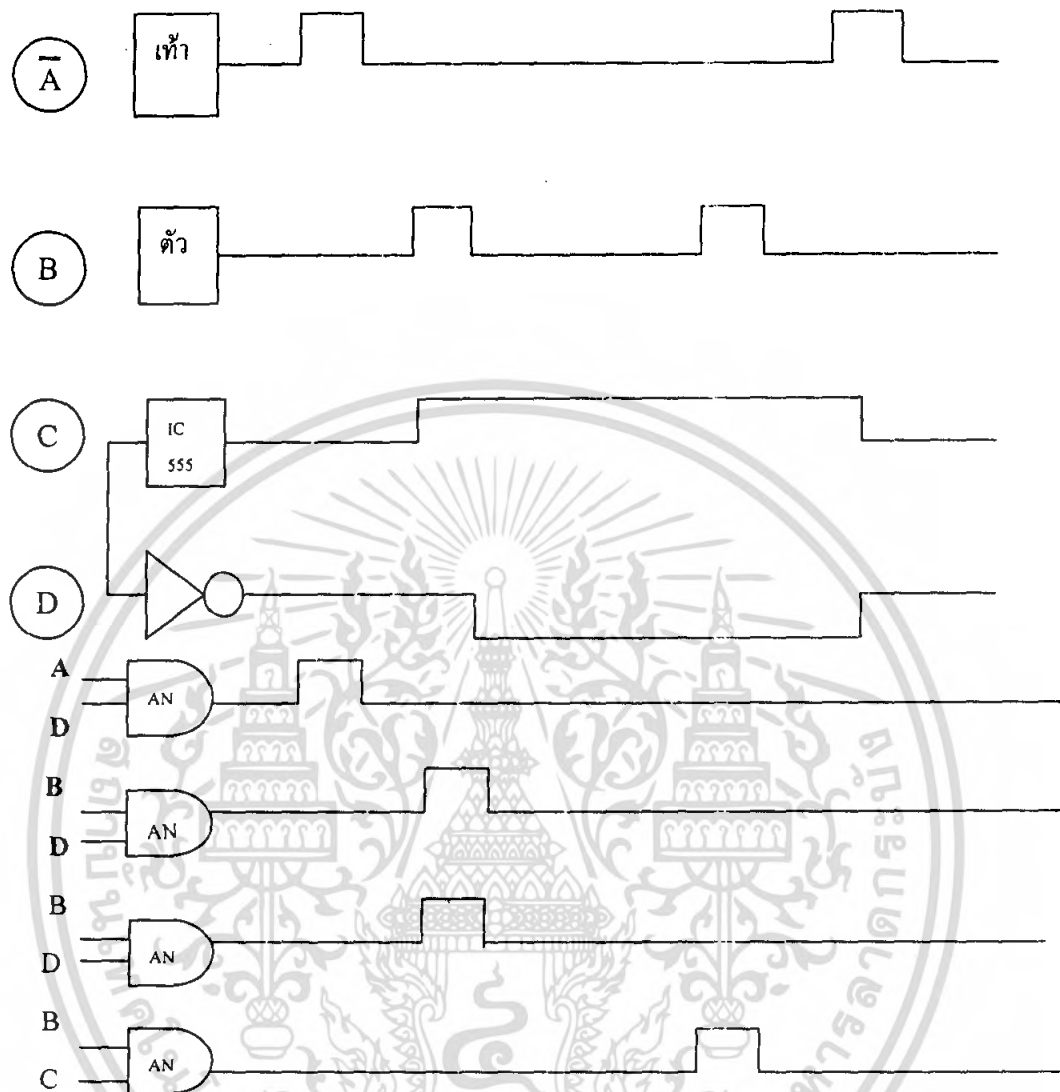
3.1.3 วงจรประมวล t_1 และ t_2

เป็นการนำสัญญาณที่ได้จากชุดเซนเซอร์ตัดสัญญาณที่ท่าและชุดเซนเซอร์ตัดสัญญาณที่เอวมาเข้าวงจรปรับคุณภาพสัญญาณ แล้วนำสัญญาณที่ออกจากวงจรปรับคุณภาพสัญญาณมาเข้า $\bar{S} - \bar{R}$ Flip-Flop



รูปที่ 3.9 การทำงานของระบบวัดระยะกระโดดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ลำดับสัญญาณตามเวลาที่ได้จากแต่ละส่วนของระบบ

- (A) คือสัญญาณที่ได้จากชุดเซนเซอร์ที่ตัดที่เท้า
- (B) คือสัญญาณที่ได้จาก Photodiode detector
- (C) คือสัญญาณของวงจร Monostable ที่สร้างจาก IC 555 Timer
- (D) คือสัญญาณที่ได้จากการนำวงจร Monostable ที่สร้างจาก IC 555 Timer มาต่อเข้ากับวงจรกลับสัญญาณและวงจร Delay Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสัญญาณจาก (A) และ (D) มาเข้าวงจร And Gate แล้วต่อเข้ากับวงจร S-R ฟลิปฟลอป เมื่อมีสัญญาณที่เข้าเข้ามา วงจรฟลิปฟลอปจะทำการให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 ในเอาต์พุต S1 คือเริ่มทำการนับโดยวงจรนับเวลา แล้วนำ (B) และ (D) มาต่อเข้ากับวงจร And Gate แล้วต่อเข้ากับวงจร S-R ฟลิปฟลอป เมื่อมีสัญญาณที่เข้าเข้ามา วงจรฟลิปฟลอปจะทำการให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 ในเอาต์พุต R1 ก็จะเป็นการหยุดเวลาเราจะได้ช่วงเวลาที่ 1 (t_1) ออกมา และจะเป็นการเริ่มนับเวลาต่อในช่วงที่ 2 แล้วจะหยุดนับเมื่อมีสัญญาณจาก (B) และ (C) ที่ต่อกับวงจร And Gate แล้วต่อเข้ากับวงจร S-R ฟลิปฟลอปคือช่วงเวลา 2 (t_2) แล้วนำค่าเวลาที่ ได้มาคำนวณหาค่าความสูงโดยหน่วยประมวลผลต่อไป

3.1.4 หน่วยประมวลผลเพื่อหาค่า H jump

ในการประมวลผล เพื่อหาค่าที่ต้องการจะใช้โดยคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมและประมวลสัญญาณเพื่อนำไปคำนวณหาระยะในการกระโดด สัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์ทั้ง 2 ชุด คือ ชุดเซนเซอร์ที่เท้าและชุดเซนเซอร์ที่เอว จะถูกส่งเข้ามายังคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการคำนวณหาระยะในการกระโดดแสดงผลบนจอ LCD ในการคำนวณหาระยะการกระโดดสูงจะใช้สมการ ดังนี้

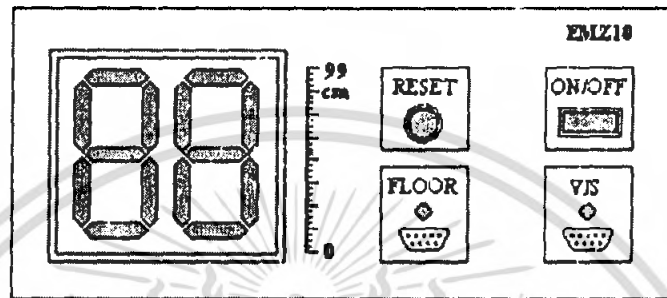
$$H_{\text{jump}} = \left(\frac{g}{2}\right) \times \left(t_1 + \frac{t_2}{2}\right)^2 \quad (3.1)$$

$$= \left(\frac{9.78}{2}\right) \times \left(t_1 + \frac{t_2}{2}\right)^2 \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 จอแสดงผล

เป็นจอแสดงค่าเวลาที่ใช้ในการกระโดดและค่าระยะการกระโดดที่ได้จากการประมวลผลโดยคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.11 จอแสดงผลที่ได้จากการกระโดด

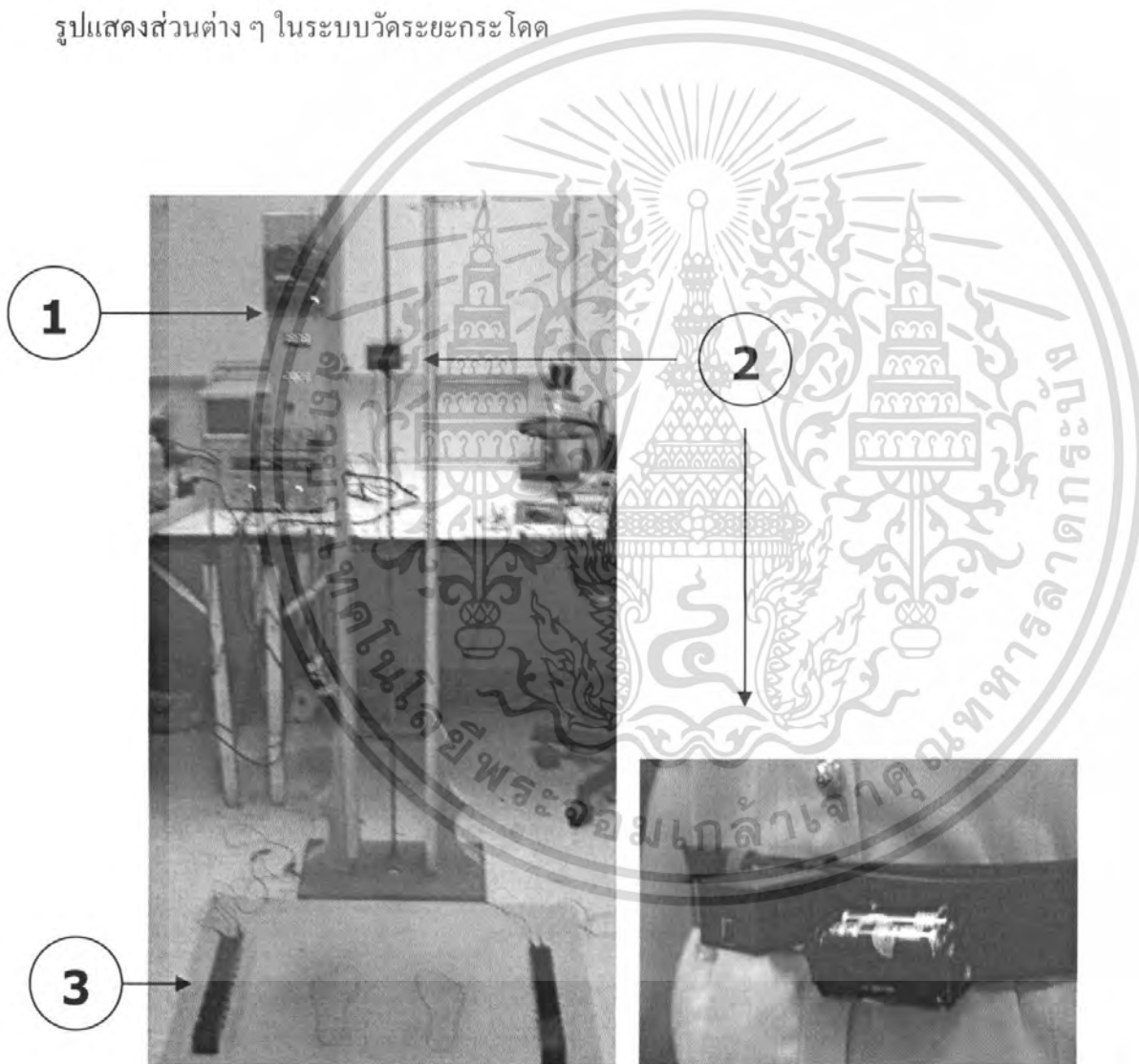
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ระบบที่เสร็จสมบูรณ์

รูปแสดงส่วนต่าง ๆ ในระบบวัดระยะกระโดด

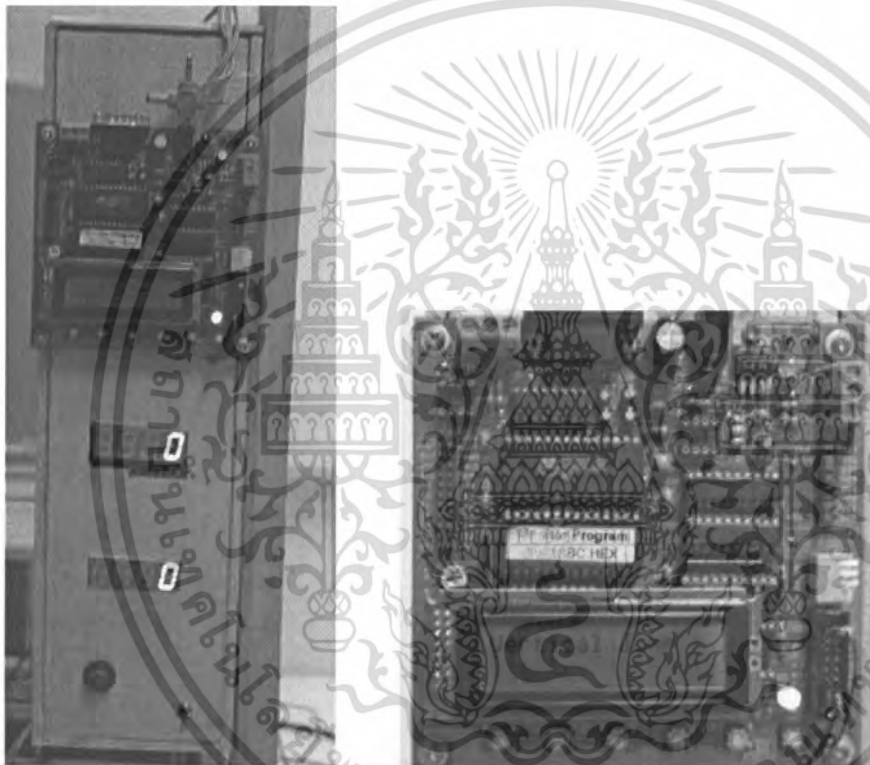


รูปที่ 4.1 ระบบวัดระยะกระโดดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูประบบวัดระยะกระโดดสูงสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1. หน้าจอแสดงผล โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ LCD ของคอนโทรลเลอร์ และ ส่วนของวงจรมีเวลา t_1 และ t_2 เพื่อช่วยในการดูผลจึงแบ่งเป็นส่วนจับเวลาจากวงจรมีและส่วนคอนโทรลเลอร์เพื่อบอกผลจากการคำนวณเวลาเป็นระยะกระโดดสูง

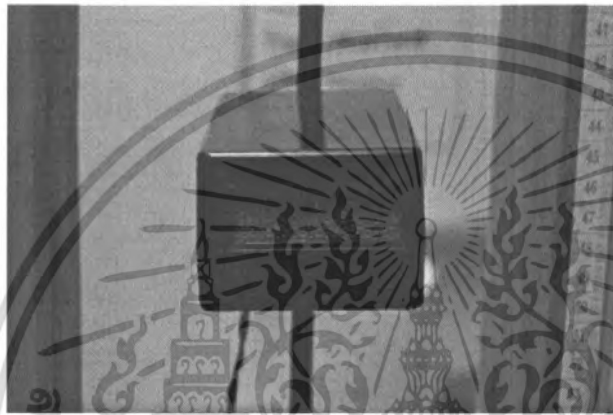


รูปที่ 4.2 จอแสดงผล (ซ้าย) LCD คอนโทรลเลอร์(ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่2. ส่วนของตัวตรวจจับสัญญาณที่เอว (Photodiode detector) และตัวกำเนิดเส้นสัญญาณที่ติดอยู่บนเข็มขัด

ตัวตรวจจับสัญญาณ (Photodiode detector)



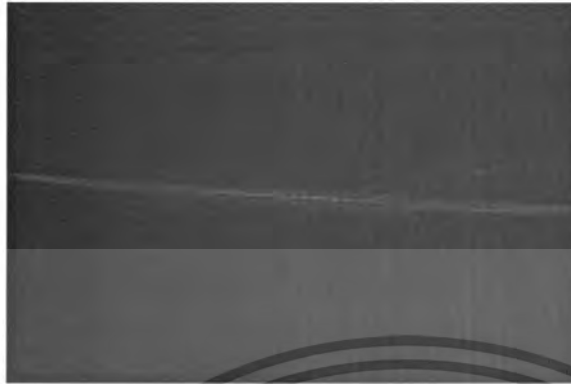
รูปที่ 4.3 ตัวตรวจจับสัญญาณ

ตัวกำเนิดเส้นสัญญาณ



รูปที่ 4.4 ตัวกำเนิดเส้นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 เส้นสัญญาณที่ได้จากตัวกำเนิดสัญญาณ

ส่วนที่ 3. ชุดเซนเซอร์อินฟราเรดรับ-ส่ง ที่เท้า ซึ่งประกอบขึ้นจากชุดรับ-ส่งอินฟราเรด ทั้งหมด 8 คู่ เพื่อความแม่นยำในการตรวจจับเท้าว่ากระโดดพื้นจากพื้นแน่นอนทำให้ระยะเวลาในการคำนวณมีความแม่นยำยิ่งขึ้น

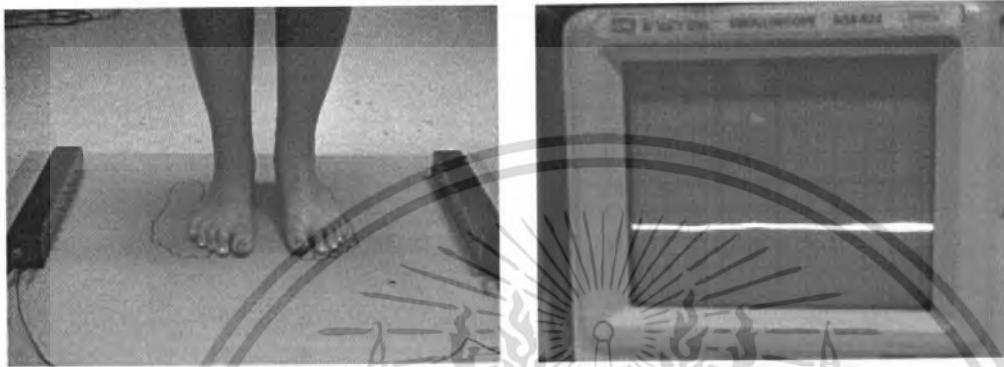


รูปที่ 4.6 ชุดเซนเซอร์รับ-ส่ง อินฟราเรดที่เท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการทดสอบระบบต่างๆของระบบวัดระยะกระโดดสูง

4.2.1 การวัดสัญญาณที่ได้จากชุดรับ-ส่งเซนเซอร์อินฟราเรดที่เท้า



รูปที่ 4.7 ตัวส่ง –รับสัญญาณอินฟราเรด (เมื่อมีคนยืน)

จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อมีคนยืนสัญญาณที่วัดได้จากเครื่อง Oscilloscope จะมีค่าเป็น Low(0) เนื่องจากการส่งสัญญาณของตัวรับ-ส่งของเซนเซอร์นั้นไม่สามารถส่งถึงกันได้



รูปที่ 4.8 ตัวส่ง –รับสัญญาณอินฟราเรด (เมื่อไม่มีคนยืน)

จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการกระโดดสัญญาณที่วัดได้จากเครื่อง Oscilloscope จะมีค่าเป็น High (1) เนื่องจากการส่งสัญญาณของตัวรับ-ส่งของเซนเซอร์นั้นสามารถส่งถึงกันได้ จึงมีการส่งสัญญาณออกมาเพื่อเริ่มจับเวลาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การวัดสัญญาณที่ได้จากชุดรับ-ส่งสัญญาณที่เอว

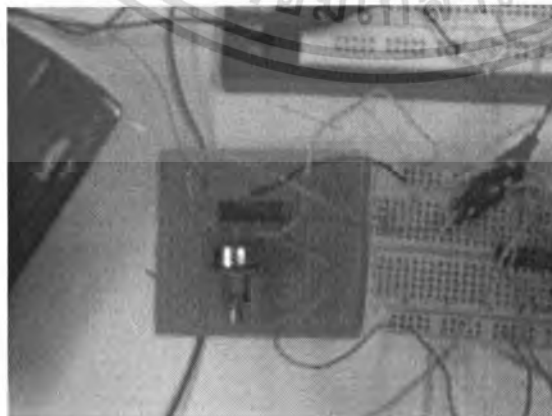


รูปที่ 4.9 การเคลื่อนสัญญาณ Laser ผ่านตัวตรวจจับสัญญาณ

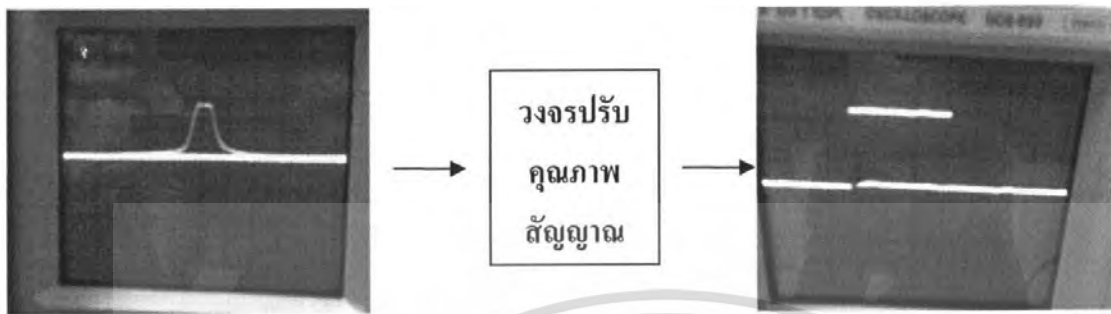
จากรูปเมื่อทำการเคลื่อนสัญญาณ Laser ผ่านเครื่องตรวจจับสัญญาณจะทำให้เกิดสัญญาณส่งออกมาจากตัวตรวจจับสัญญาณ เป็นลอจิก High (1)

4.2.3 การปรับคุณภาพสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์อินฟราเรดและPhotodiode detector

เนื่องจากผลสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์อินฟราเรดและPhotodiode detector นั้นมีคุณภาพสัญญาณที่ต่ำไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง จึงต้องมีการปรับคุณภาพสัญญาณให้ดีขึ้นเพื่อสามารถนำไปต่อเข้ากับวงจรอื่นๆได้โดยตรง



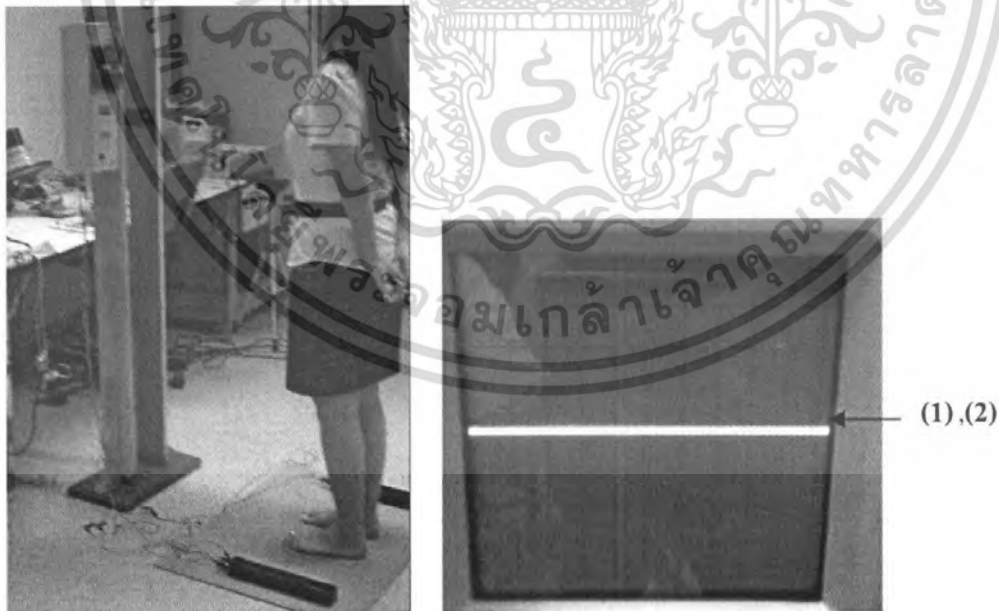
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 4.10 วงจรปรับคุณภาพสัญญาณนั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 สัญญาณก่อนปรับและหลังการปรับคุณภาพ

4.2.4 การนำสัญญาณที่ผ่านการปรับคุณภาพแล้วมาต่อเข้าวงจรประมวลผล t_1 และ t_2

เป็นการนำสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์อินฟราเรดและ Photodiode detector ที่ผ่านการปรับคุณภาพสัญญาณมาเข้าสู่วงจรประมวลผล แล้วทำการทดสอบสัญญาณที่ผ่านการประมวลผลเพื่อนำสัญญาณที่ได้จากการประมวลผลไปจับเวลาในการกระโดด



รูปที่ 4.12 รูปสัญญาณที่ได้จากการเริ่มกระโดด (เฝ้ายังไม่หลุดจากพื้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

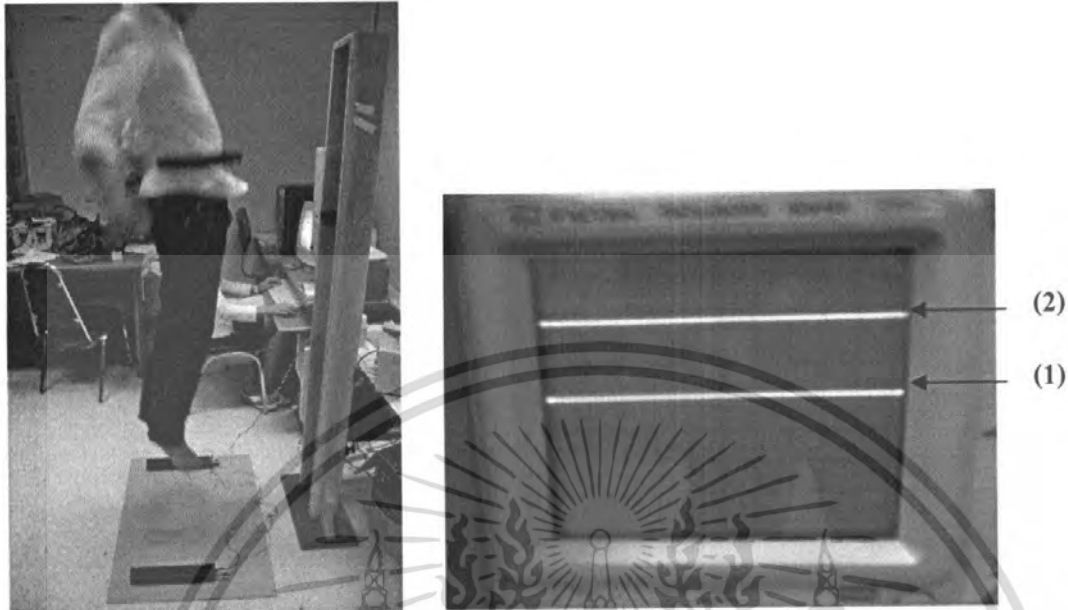
จากรูปสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์อินฟราเรดที่พื้น (1) และ Photodiode detector ที่เอว(2) จะมีค่าเป็นลอจิก Low (1) เนื่องจากส่วนเซนเซอร์รับ-ส่งอินฟราเรดนั้นยังไม่สามารถรับ-ส่งสัญญาณถึงกันได้จึงยังคงไม่มีสัญญาณส่งออกมาและ ส่วน Photodiode detector นั้นตรวจไม่พบเส้นสัญญาณ laser ตัดผ่านจึงไม่มีการส่งสัญญาณออกมา



รูปที่ 4.13 สัญญาณจากการกระโดด (เท้าหลุดจากพื้นแต่ยังไม่ผ่านตัวตรวจจับสัญญาณที่เอว)

จากรูปเมื่อกระโดดเท้าได้หลุดจากพื้นทำให้เซนเซอร์รับ-ส่ง อินฟราเรด(1) สามารถตรวจจับสัญญาณที่ส่งถึงกันได้จึงส่งสัญญาณออกมาเป็นลอจิก High (1) แล้วค้างค่าสัญญาณไว้ โดยสัญญาณที่ได้จะเป็นการเริ่มนับช่วงเวลา t_1 แต่ในส่วนของ Photodiode detector (2) ยังคงตรวจไม่พบสัญญาณ Laser จึง ไม่มีการส่งสัญญาณออกมาสัญญาณที่วัดได้จึงมีค่าเป็น Low (0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 สัญญาณจากการกระโดด (เท้าหลุดจากพื้นและผ่านตัวตรวจจับสัญญาณที่เอว)

จากรูปสัญญาณที่ได้จาก Photodiode detector (2) สามารถตรวจจับสัญญาณ Laser ที่ตัดผ่านตัวตรวจจับสัญญาณจึงมีการส่งสัญญาณออกมาเป็น High (1) แล้วค้างค่าสัญญาณไว้ สัญญาณที่ได้จะเป็นการเริ่มนับช่วงเวลา t_2 จากสัญญาณของ Photodiode detector ทำให้สัญญาณในส่วนของเซนเซอร์อินฟราเรดที่พื้น (1) มีการตัดลงมาเป็นลอจิก Low (0) เพื่อจบการนับช่วงเวลา t_1

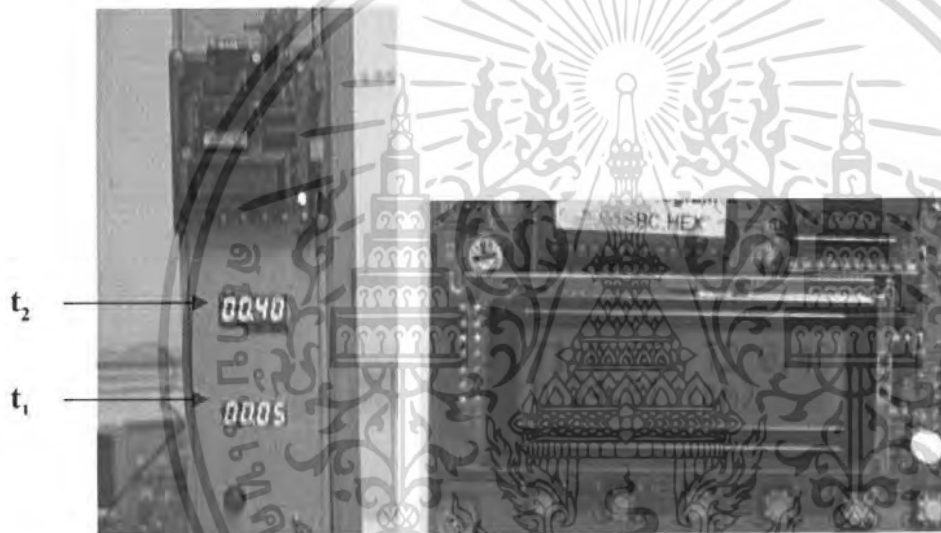


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปขณะตกกลับลงมา Photodiode detector สามารถตรวจจับสัญญาณ Laser ที่ตัดผ่านตัวตรวจจับสัญญาณอีกครั้ง จึงมีการส่งสัญญาณออกจาก Photodiode detector (2) โดยสัญญาณในครั้งนี้จะส่งผลให้สัญญาณที่วัดได้ตกกลับลงมาเป็นลอจิก Low (0) เพื่อจบการนับเวลาในช่วง t

4.2.5 นำสัญญาณเข้าสู่หน่วยประมวลผล

เมื่อนำสัญญาณที่ได้จากการกระโดดเข้าสู่หน่วยประมวลผลจะมีการแสดงผลออกทางจอ LCD ของคอนโทรลเลอร์ ดังรูป



รูปที่ 4.16 การแสดงผลของระบบวัดระยะกระโดดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองวัดระยะกระโดดสูง

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดระยะการกระโดดสูง

ผู้ทดลอง	ครั้งที่	T ₁ (s)	T ₂ (s)	ระยะกระโดดสูง (Cm)
ชาย คนที่1	1	0.002	0.42	22
	2	0.001	0.45	25
	3	0.002	0.47	27
	4	0.002	0.49	30
	5	0.002	0.44	24
ชาย คนที่2	1	0.001	0.41	20
	2	0.001	0.36	16
	3	0.002	0.43	23
	4	0.002	0.35	15
	5	0.002	0.41	21
ชาย คนที่3	1	0.001	0.35	15
	2	0.002	0.36	16
	3	0.001	0.42	21
	4	0.001	0.42	21
	5	0.001	0.45	25
หญิง คนที่1	1	0.002	0.28	9
	2	0.001	0.31	11
	3	0.002	0.31	12
	4	0.002	0.28	9
	5	0.001	0.29	10
หญิง คนที่2	1	0.004	0.32	13
	2	0.003	0.32	13
	3	0.003	0.32	13
	4	0.006	0.31	12
	5	0.005	0.33	14
หญิง คนที่3	1	0.003	0.28	10
	2	0.002	0.28	9
	3	0.002	0.26	8
	4	0.001	0.27	9
	5	0.001	0.28	9

จากผลการทดลองพบว่า ค่าความสูงของการกระโดดของแต่ละคนในการกระโดดแต่ละครั้ง จะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยช่วงที่ผู้ชายกระโดดได้อยู่ระหว่าง 15-30 cm และช่วงที่ผู้หญิงกระโดดได้อยู่ที่ช่วง 8-14 cm ซึ่งในแต่ละคนหรือแต่ละครั้งอาจจะมีการกระโดดที่ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาโครงการพิเศษเรื่องระบบวัดระยะกระโดดสูง โดยใช้เทคนิคและสมบัติทางแสงประดิษฐ์เครื่องจับเวลาในการกระโดด เพื่อใช้หาระยะความสูงในการกระโดดและใช้วงจรนับในการรับค่าและไปแสดงผลทางตัวแสดงผลโดยหน่วยวงจรประมวลผล

5.2 ปัญหาที่พบ

เวลากระโดดเครื่องไม่ค่อยคำนวณผลหรือบางทีเวลาใดเวลาหนึ่งนับบ้างไม่นับบ้าง

5.3 แนวทางในการพัฒนา

5.2.1 เปลี่ยนตัวรับส่งสัญญาณที่ทำให้มีความเสถียรมากขึ้น

5.2.2 ปรับความเข้มของเลเซอร์ให้มีความเข้มมากขึ้น

5.2.3 ตำแหน่งระหว่างตัวกำเนิดแสงที่เอวและตัวรับที่เอวต้องมีระยะห่างที่พอสมควร

5.2.3 ในการกระโดดควรกระโดดให้แสงเลเซอร์ลอดผ่านตัวรับที่เอวพอสมควร อันเนื่องมาจากวงจรหน่วงเวลาในวงจรประมวลผลเวลา t_1 และ t_2

เอกสารอ้างอิง

ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาดีดคดา, **ปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ 2**,ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

http://www.amtt.org/index.php?p=tech_details&TechID=00071



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902



ON Semiconductor[®]

<http://onsemi.com>

Single Supply Quad Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V (LM224, LM324, LM324A)
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation



PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646



SO-14
D SUFFIX
CASE 751A



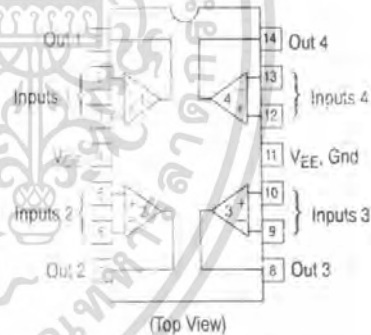
TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages				Vdc
Single Supply	V_{CC}	32	26	
Split Supplies	V_{CC}, V_{EE}	± 16	± 13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	I_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A			$^\circ\text{C}$
LM224		-25 to +85		
LM324, 324A		0 to +70		
LM2902			-40 to +105	
LM2902V, NCV2902			-40 to +125	

1. Split Power Supplies

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 9 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 10 of this data sheet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



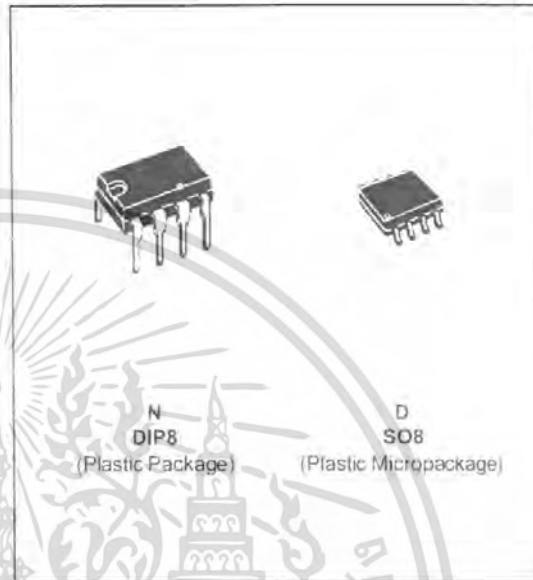
NE555 SA555 - SE555

GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

DESCRIPTION

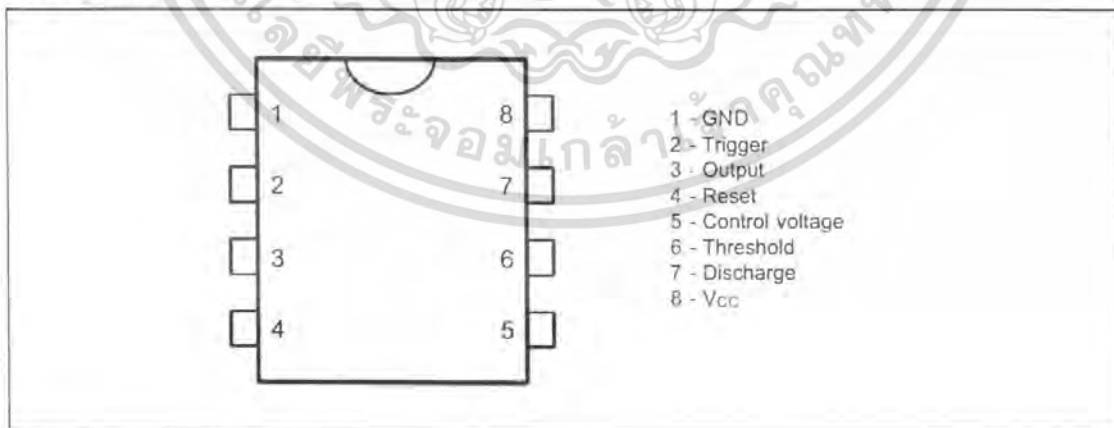
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.



ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
NE555	0°C, 70°C	•	•
SA555	-40°C, 105°C	•	•
SE555	-55°C, 125°C	•	•

PIN CONNECTIONS (top view)



MM74HC00 Quad 2-Input NAND Gate

General Description

The MM74HC00 NAND gates utilize advanced silicon-gate CMOS technology to achieve operating speeds similar to LS-TTL gates with the low power consumption of standard CMOS integrated circuits. All gates have buffered outputs. All devices have high noise immunity and the ability to drive 10 LS-TTL loads. The 74HC logic family is functionally as well as pin-out compatible with the standard 74LS logic family. All inputs are protected from damage due to

static discharge by internal diode clamps to V_{CC} and ground.

Features

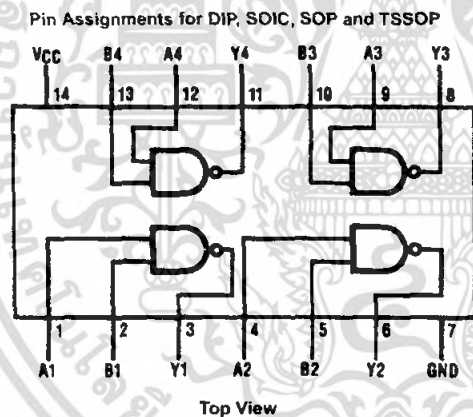
- Typical propagation delay: 8 ns
- Wide power supply range: 2–6V
- Low quiescent current: 20 μ A maximum (74HC Series)
- Low input current: 1 μ A maximum
- Fanout of 10 LS-TTL loads

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC00M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
MM74HC00SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC00MTC	MTC14	14-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC00N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Logic Diagram



DM7408 Quad 2-Input AND Gates

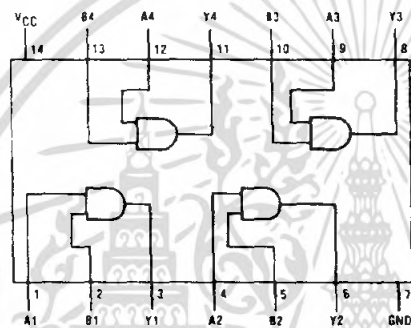
General Description

This device contains four independent gates each of which performs the logic AND function.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM7408N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Connection Diagram



Function Table

$$Y = AB$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level

DM7404 Hex Inverting Gates

General Description

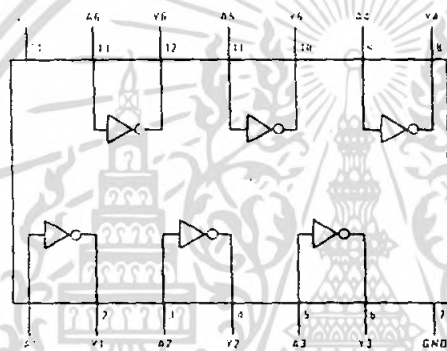
This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM7404M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM7404N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

$$Y = \bar{A}$$

Inputs	Output
A	Y
L	H
H	L

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level