

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วัดความเร็วกระสุน  
Bullet Velocity Monitor



T140440



ร.ท.  
๒๖๘๔ ๖

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 140440  
วัน,เดือน,ปี.. 20 ต.ค. 2559

b. 12735383  
i. ....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Bullet Velocity Monitor



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN ELECTRONICS ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ วัดความเร็วกระสุน  
นักศึกษาผู้จัดทำ นายมารุต รื่นภาคัม รหัสนักศึกษา 54011032  
นายเลิศฐะไกร พุทธิพรหม รหัสนักศึกษา 54011102  
นายชวิษฐ์ จิรกุลวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 54011106  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาโท	วัดความเร็วกระสุน Bullet Velocity Monitor		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายมารุต	รินภาคธัม	รหัสนักศึกษา 54011032
	นายเลิศฐะไกร	พุทธพรหม	รหัสนักศึกษา 54011102
	นายวชิรวิชัย	จิรกุลวิวัฒน์	รหัสนักศึกษา 54011106
อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา	รศ.ดร.สุรพันธุ์	เอื้อไพบุลย์	2557

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้กีฬาประเภทยิงปืน เช่น BB gun, Paint ball ได้เผยแพร่และได้รับความนิยมอย่างมาก แต่ได้มีผู้ที่ทำการปรับแต่งอุปกรณ์ปืนที่ใช้ในการแข่งขันกีฬานี้ ทำให้บางครั้งเกิดอุบัติเหตุและอันตรายจาก การใช้ปืน เพราะอุปกรณ์ปืนที่ได้รับการปรับแต่งมีความแข็งแรงมากเกินไป ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะนำมาวัดความเร็วกระสุนซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ รับสัญญาณจากเซนเซอร์ โดยการยิงลูกกระสุนผ่านเซนเซอร์ 2 จุด ที่มีระยะห่างพอสมควร เมื่อลูกกระสุนผ่านเซนเซอร์ตัวแรก เซนเซอร์จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มนับเวลา และเมื่อลูกกระสุนผ่านเซนเซอร์ตัวที่สองเซนเซอร์ตัวที่สองจะส่งสัญญาณไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหยุดนับเวลา และคำนวณความเร็วของกระสุนแล้วแสดงผลออกทางหน้าจอ ทำให้ทราบถึงความเร็วของกระสุน

<b>Thesis Title</b>	Bullet Velocity Monitor		
<b>Authors</b>	Mr.Marut	Ruenpaktum	54011032
	Mr.Lertakrai	Puttapom	54011102
	Mr.Wachirawit	Jirakunphiwat	54011106
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Surapan Airphaiboon		
<b>Year</b>	2014		

### ABSTRACT

Currently shooting sports activities like BB gun, Paint ball has been very popular. But there are some people who customize guns used in competitive sport. Sometimes accidents and dangers of using a gun. Because of it has been customized with excessive force. This project has studied about the equipment that will be used to measure the speed of a bullet. The microcontroller receives signals from the sensor. By firing a bullet through sensor 2 spot with some distance. When the bullet passes the first sensor. Sensor sends a signal to the microcontroller. Microcontroller will start the timer. When a bullet through the second sensor. The second sensor sends a signal to the microcontroller to stop the timer and calculated the speed of the bullet, then displays them on the screen. To indicate the speed of the bullet.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการเครื่องวัดความเร็วกระสุนประกอบด้วย ชิ้นงาน รายงาน และการนำเสนอ ซึ่งโครงการนี้สามารถประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ โดยได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์สุรพันธุ์ เอื้อไพฑูลย์ และอาจารย์ประจำภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ท่านอื่นๆด้วย ที่ได้ให้คำแนะนำและสละเวลามาคอยช่วยเหลือ ทำให้สามารถแก้ปัญหาต่างๆและทำให้เกิดชิ้นงานนี้ขึ้นมาได้ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาของปริยญาณีพนธ์.....	1
1.2 ลักษณะของปริยญาณีพนธ์.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของปริยญาณีพนธ์.....	2
1.4 ขอบเขตของปริยญาณีพนธ์.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 โครงสร้างของปริยญาณีพนธ์.....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>3</b>
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ET-BASE PX32) .....	3
2.1.1 คุณสมบัติของ MCU P8X32A.....	4
2.1.2 คุณสมบัติของชุดทดลอง ET- BASE PX32 V1.....	4
2.1.3 โครงสร้างและบล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P8X32A.....	5
2.1.4 โครงสร้างของบอร์ด ET-BASE PX32 V1.0.....	7
2.2 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 250 กิโลเฮิร์ตซ์.....	8
2.2.1 IC (LM555) .....	8
2.2.1.1 วงจรโมโนสเตเบิล (MonostableMultivibrator) .....	11
2.2.1.2 วงจรแอสเตเบิล (AstableMultivibrator) .....	12
2.3 Photo Diode.....	14
2.4 การรับ-ส่งอินฟราเรด.....	15
2.4.1 รังสีอินฟราเรด (infrared rays) .....	15
2.5 สรุป.....	16

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3 หลักการออกแบบและวงจรเครื่องวัดความเร็วกระสุน.....</b>	<b>17</b>
3.1 หลักการออกแบบDetector.....	17
3.2 วงจรที่ออกแบบ.....	19
3.2.1 วงจรสร้างพัลส์ 250 กิโลเฮิร์ตซ์ ไปจ่ายให้ไดโอดเปล่งแสง.....	19
3.2.2 วงจร Detector โดยใช้ Photo Diode.....	19
<b>บทที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดความเร็วกระสุน.....</b>	<b>21</b>
4.1 ทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนได้ของกระสุนขนาด 3 มม. และ 10 มม.....	21
4.2 ทดสอบความถูกต้องในการวัดความเร็วกระสุน.....	23
4.3 ทดสอบความเร็วสูงสุดที่สามารถวัดได้ของกระสุนขนาด 3 มม. และ 10 มม.....	25
4.4 ทดสอบวัดสัญญาณที่ไฟโตไดโอด ขณะที่ไม่มีกระสุนตัดผ่านและมีกระสุนตัดผ่าน.....	27
4.4.1 ภาพสัญญาณขณะที่ไม่มีกระสุนตัดผ่าน.....	27
4.4.2 ภาพสัญญาณขณะที่กระสุนตัดผ่าน.....	27
4.5 ทดสอบวัดสัญญาณที่ ตัวส่งอินฟาเรด.....	28
<b>บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ.....</b>	<b>29</b>
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>31</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>32</b>
ภาคผนวก ก.....	33
ภาคผนวก ข.....	35

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนขนาด 3 มิลลิเมตรได้.....	22
2 ทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนขนาด 10 มิลลิเมตรได้.....	22
3 ผลการทดสอบความถูกต้องในการวัดความเร็วกระสุน.....	24
4 ผลการทดสอบวัดความเร็วกระสุนขนาด 3 มิลลิเมตร.....	25
5 ผลการทดสอบวัดความเร็วกระสุนขนาด 10 มิลลิเมตร.....	26



## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE PX32.....	3
2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Chip P8X32A.....	5
3 แสดงโครงสร้างของ Chip P8X32A(DIP 40 PIN).....	6
4 โครงสร้างของบอร์ด ET-BASE PX32.....	7
5 โครงสร้างของIC 555.....	9
6 โครงสร้างของวงจรโมโนสเตเบิล.....	11
7 โครงสร้างของวงจรอะสเตเบิล.....	12
8 Photo Diode.....	14
9 การ bias photo diode.....	14
10 Electromagnetic Spectrum.....	15
11 การไบอัส Photo Diode.....	17
12 Flow Chart การทำงาน.....	18
13 วงจรสร้างพัลส์ 250 kHz ไปจ่ายให้ไดโอดเปล่งแสงที่ออกแบบ.....	19
14 วงจรPhoto diode และ สอจิกเกต ที่ออกแบบ.....	19
15 ลายวงจรบนแผ่น PCB.....	20
16 การต่อวงจรในการทดลอง.....	21
17 อุปกรณ์ในการยิง.....	21
18 ภาพสัญญาณขณะที่ไม่มีกระแสตัดผ่าน.....	27
19 ภาพสัญญาณขณะที่กระแสตัดผ่าน.....	27
20 ภาพสัญญาณที่อินฟาเรด.....	28

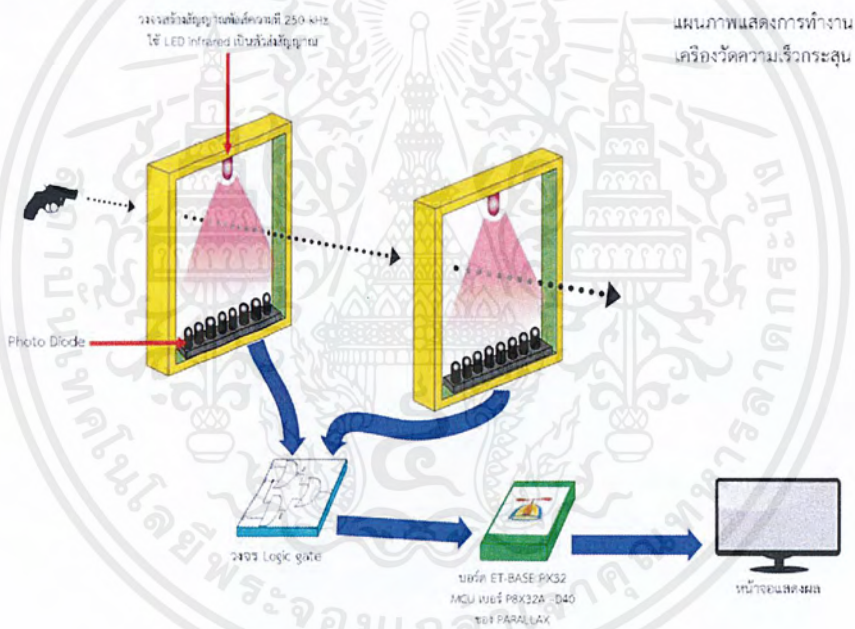
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของปัญญาประดิษฐ์

ในปัจจุบันนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในด้านต่างๆ รวมทั้งทางด้านการศึกษา หรือการทหาร การที่เราได้นำเทคโนโลยีใหม่ๆ ไปพัฒนาระบบควบคุม หรือไปวัดค่าต่าง โดยในโครงการนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาสร้างเครื่องมือที่ใช้ตรวจจัดการเคลื่อนที่ของกระสุนและนำไปคำนวณหาความเร็วของกระสุน

### 1.2 ลักษณะของปัญญาประดิษฐ์



รูปที่ 1 Block diagram แสดงการทำงาน

การวัดและคำนวณหาความเร็วกระสุนนั้น เป็นการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ET-BASE PX32 เขียนโปรแกรมโดยPropellerให้รับค่าลอจิกจากไดโอดเปล่งแสง โดยต่อกับ IC LM7404 ซึ่งมีการทำงานเป็น NOT GATE และเบอร์ 7408 ทำงานเป็น AND GATE ก่อนเข้าประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการวัดความเร็วกระสุน ทางผู้จัดทำได้สร้างหน้าต่าง ไดโอดเปล่งแสงจำนวน 2 หน้าต่าง เป็นขาเข้าของกระสุน และขาออกของกระสุน เมื่อกระสุนผ่านหน้าต่างแรก วงจรไดโอดและลอจิกเกต จะส่งค่าไปเก็บไว้ที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และเมื่อกระสุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ผ่านหน้าต่างที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะได้ค่าเวลาในการใช้ผ่าน 2 หน้าต่าง และนำไปคำนวณหาความเร็วของกระสุนลูกนั้น

### 1.3 วัตถุประสงค์ของปฏิญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมลงบนบอร์ด ET-BASE PX32
2. เพื่อศึกษาการทำงานร่วมกันของไดโอดเปล่งแสงและลอจิกเกต

### 1.4 ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์

ชุดเครื่องวัดความเร็วกระสุน คำนวณและแสดงผลความเร็วของกระสุนที่ยิงผ่านหน้าต่างชุดควบคุม

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาระบบการทำงานของเครื่องวัดความเร็วกระสุน
2. ทำให้ได้รับความรู้เพิ่มเติมในเรื่องการเขียนโปรแกรมลงบนบอร์ด ET-BASE PX32
3. ได้ฝึกการใช้โปรแกรม Propeller
4. ได้ศึกษาการใช้งานโฟโต้ไดโอด

### 1.6 โครงสร้างของปฏิญานิพนธ์

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอผลจากการศึกษา การเขียนโปรแกรม และการทดลองตลอดหนึ่งปีการศึกษาเพื่อออกแบบเครื่องวัดความเร็วกระสุนโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเนื้อหานี้จะประกอบด้วยส่วนต่างๆแยกเป็นบทๆดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 หลักการออกแบบเครื่องวัดความเร็วกระสุน

บทที่ 4 วงจรที่ออกแบบ

บทที่ 5 ผลการทดลอง

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

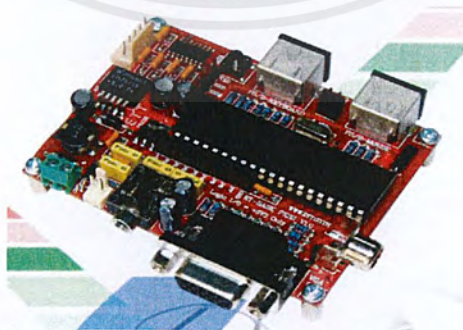
### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในการการทำโครงการ Microcontroller Application เรื่อง เครื่องวัดความเร็วกระสุน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ชั้นนี้ผู้พัฒนาได้ศึกษาค้นคว้าหลักการทางทฤษฎีต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานได้ โดยจำแนกออกเป็นหัวข้อหลัก ๆ ดังนี้

- 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์(ET-BASE PX32)
- 2.2 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 250 กิโลเฮิร์ตซ์
- 2.3 Photo Diode
- 2.4 การรับ-ส่งอินฟราเรด

#### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ET-BASE PX32)

สำหรับบอร์ด ET-BASE PX32 นี้จะเป็นชุดทดลองโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P8X32A - D40 ของ PARALLAX โดยจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความไวสูง ขนาด 32 บิต 8 Cog Multiprocessor โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวถังแบบ DIP 40 PIN สามารถทำงานได้ที่ความถี่สูงสุด 80 เมกะเฮิร์ตซ์ทำงานที่แรงดันไฟตรง 2.7-3.6V (โวลต์) การพัฒนาโปรแกรมจะใช้ Software tool “Propeller V1.06” ซึ่ง Software ตัวนี้สามารถใช้เขียนโปรแกรม, Compile Code และ Download Code ผ่านทาง RS232 ได้เลย (ไม่สามารถ Debug ดูการทำงานเป็น STEP ได้) โดยภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมจะเป็นภาษา SPIN ซึ่งจะช่วยให้พัฒนาโปรแกรมได้ง่ายและรวดเร็วขึ้นเนื่องจากใน โปรแกรม Propeller นี้ จะมี Library ต่างๆ สำหรับใช้ติดต่อกับอุปกรณ์รอบข้างกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ P8X32A ไว้ให้เรียบร้อยแล้ว ซึ่งเวลาใช้งานผู้ใช้ก็สามารถเรียก Library มาใช้ได้เลย



รูปที่ 2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE PX32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 คุณสมบัติของ MCU P8X32A

- เป็น MCU 32 บิต 8 Cog Multiprocessor (8 CPU ใน Chip เดียว)
- ตัวถังแบบ DIP 40 PIN มี Port I/O 32 Pin
- ตัว MCU ทำงานที่แรงดันไฟตรง 2.7-3.6 V. และ I/O Port สามารถขับกระแส Source/Sink ได้ 40 mA ที่แรงดันไฟตรง 3.3V (โวลต์)
- ทำงานได้ที่ความถี่สูงสุด 80 MHz สามารถเลือกใช้งาน External Clock หรือ Internal Clock ได้ มี PLL อยู่ภายใน
- มี RAM ภายในสำหรับเก็บ Code 32 Kbyte ซึ่งเวลาตัดไฟเลี้ยง MCU ออก Code ก็จะถูกลบ ดังนั้นเวลาใช้งานจริงจะต้องต่อ I2C EEPROM ไว้ภายนอกเพื่อเก็บ Code
- Pin ที่ถูกกำหนดให้ทำงานเป็น Input จะสามารถรับระดับแรงดัน Input ได้ไม่เกินแรงดันไฟตรง (2.7-3.6 V.) เท่านั้น
- ความเร็วในการทำงานภายในของ Chip จะอยู่ที่ 20 MIPS/cog

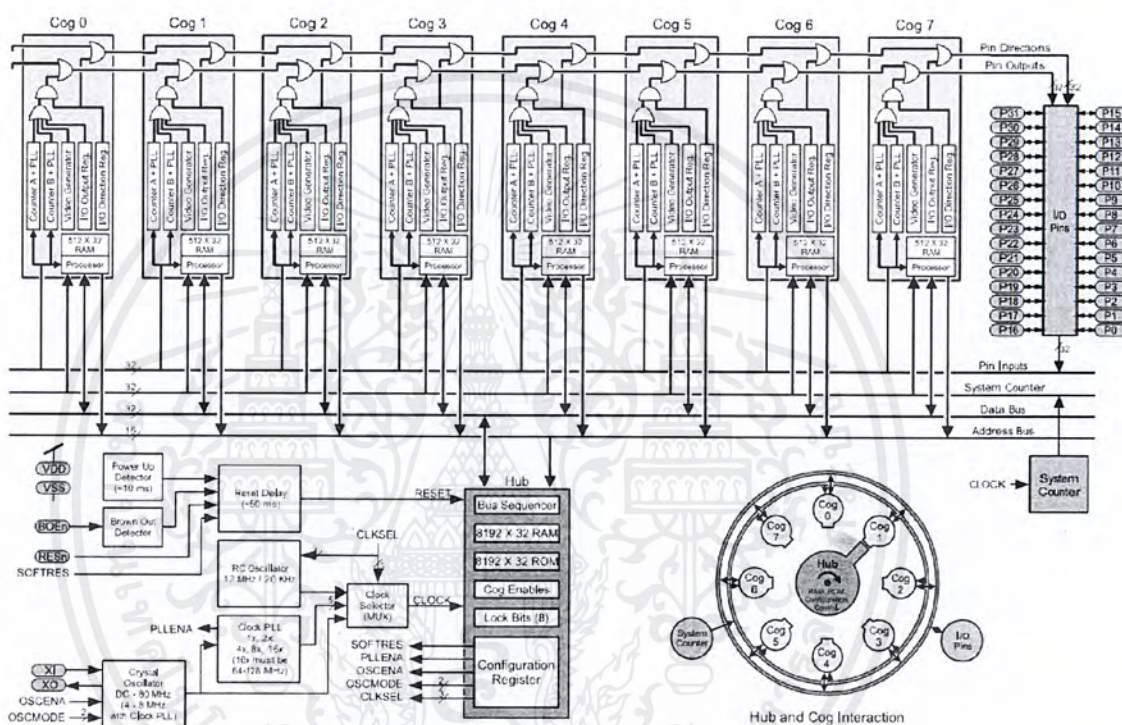
### 2.1.2 คุณสมบัติของชุดทดลอง ET- BASE PX32 V1.0

- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ P8X32A ตัวถังแบบ DIP 40 PIN
- มี I2C EEPROM #24LC256 (32Kb) สำหรับใช้เก็บ Code Program
- ตัวชุดทดลองรับแรงดันไฟตรง 6-12 โวลต์โดยมีชุดวงจรปรับแรงดันลงให้เหลือแรงดันไฟตรง 5V (โวลต์) และ 3.3V (โวลต์) อยู่ในบอร์ด
- ใช้วงจรกำเนิดความถี่ 5.00 เมกะเฮิร์ตซ์ (ภายนอก) สามารถใช้ Phase Locked Loop (PLL) ภายในตัว Chip คุณเพิ่มความถี่ให้สูงขึ้นได้ถึง 80 เมกะเฮิร์ตซ์
- พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา SPIN โดยใช้ Tool “Propeller” (Freeware) ซึ่ง Tool นี้จะใช้สำหรับเขียนโปรแกรม Compile และ Download ภายในตัวและจะมี Library ให้ใช้ในการ Interface ระหว่างตัวไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์รอบข้างที่จัดไว้ให้บนบอร์ดเรียบร้อยแล้วและสามารถเข้าไป Download Library เพิ่มเติมได้ที่ <http://www.parallax.com/> ในส่วนของการใช้งานภาษา SPIN ก็สามารถดูได้จาก Help ของโปรแกรม Propeller
- การ Download Code จะ Download ผ่านทาง RS232 โดยสามารถเลือกจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ว่าจะ Download Code ไปเก็บไว้ยัง EEPROM (ภายนอก) หรือ RAM ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์
- บอร์ดนี้ได้จัดสรร I/O ว่างตายตัวสำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รอบข้างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Port Key Board(PS2) , 2. Port Mouse (PS2) , 3. Port RS232 , 4. Port VGA
5. Port TV(AV)6. Port MIC , 7. Port Headphone , 8. Port I/O 8 PIN สำหรับใช้งานด้านอื่นๆ

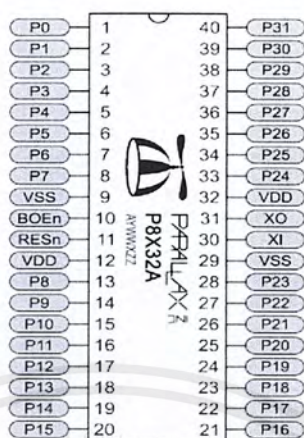
### 2.1.3 โครงสร้างและบล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P8X32A



รูปที่ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Chip P8X32A

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าโครงสร้างภายในของ Chip จะประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผล 8 ตัว โดยจะเรียกว่า “Cog” ซึ่งถูกออกแบบให้มีการทำงานที่ความไวสูง สิ้นเปลืองพลังงานต่ำ ตัวถึงมีขนาดเล็ก มีความคล่องตัวในการทำงานผ่านทาง Processorทั้ง 8 ตัว โดยสามารถทำงานได้ในเวลาเดียวกันพร้อมๆกัน และเป็นอิสระต่อกัน ซึ่ง Chip นี้จะใช้การ Share ทรัพยากรผ่านทางศูนย์กลาง HUB เพื่อให้ Cog แต่ละ Cog สามารถใช้งานทรัพยากรร่วมกันได้ ในส่วนของระบบ Clock จะถูก Share ไปยัง Cog แต่ละ Cog โดยจะอ้างอิงที่ฐานเวลาเดียวกัน ส่วนการ Interrupt จะไม่ถูกใช้กับ Chip นี้ แต่จะใช้การกำหนดตำแหน่งที่จะกระโดดไปทำงานให้กับ Cog ต่างๆโดยตรงเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4** แสดงโครงสร้างของ Chip P8X32A(DIP 40 PIN)

ในรูปที่ 2 จะเป็นโครงสร้างตัวถังแบบ DIP 40 PIN ของ Chip โดยจำแนก PIN ต่างๆได้

ดังนี้

#### รายละเอียด PIN

P0-P31 เป็น Port I/O โดยมีระดับ Logic อยู่ที่ประมาณครึ่งหนึ่งของ VDD หรือ 1.6 VDC ที่แรงดัน 3.3 VDC ใน 32 Pin นี้จะมีอยู่ด้วยกัน 4 Pin ซึ่งจะถูกกำหนดให้ทำงานในหน้าที่พิเศษหลังจาก Power-up หรือ Reset คือ

P28 – I2C SCL ซึ่งจะใช้ต่อไปยัง EEPROM ภายนอก

P29 – I2C SDA ซึ่งจะใช้ต่อไปยัง EEPROM ภายนอก

P30 – Serial Tx ใช้สำหรับ Download Code และส่งข้อมูลผ่านทาง RS232

P31 – Serial Rx ใช้สำหรับ Download Code และรับข้อมูลผ่านทาง RS232

VDD คือ ไฟเลี้ยง 3.3V Power (2.7-3.6 VDC)

VSS คือ Ground

BOEn Port input โดย Brown Out Enable(Active Low) จะใช้ต่อไปยัง VDD หรือ VSS ถ้าขานี้เป็น Low ขาRESnจะกลายเป็น Output แต่จะยังสามารถ Drive Low เพื่อ Reset Chip ได้ ถ้าเป็น high ขาRESnจะทำหน้าที่เป็น Input

RESn Port I/O โดยที่ Reset (Active Low) เมื่อเป็น Low ตัว Chip และ Cog ทั้งหมด จะถูก Disable PIN I/O จะถูกปล่อยลอยและ Chip จะ Restart ภายในเวลา 50ms หลังจาก Logic ที่ RESnเปลี่ยนจาก Low เป็น High

XI Port input คือ Crystal Input

XO Port output คือ Crystal Output



ข้อควรระวังสำหรับ I/O Port นี้ในกรณีที่ใช้งานเป็น Input จะรับแรงดันที่เข้ามายัง Port ได้ไม่เกิน VDD หรือ 3.3 V ห้ามใช้แรงดัน 5 V มาต่อเข้าโดยตรงเพราะจะทำให้ Port Pin เสียหายได้ควรใช้ R มาต่อ Divider ให้เหลือ 3.3V เสียก่อน

หมายเลข 7 : Download/RS232 เป็นขั้วต่อใช้สำหรับ Download Program และใช้ในการสื่อสารรับ-ส่งข้อมูลผ่านทาง RS232 โดยมี Line Driver Max232 เป็นตัวปรับระดับสัญญาณ Rx,Tx จาก 3.3V ไปเป็น  $\pm 12V$  เพื่อให้ต่อใช้งานร่วมกับ PC ได้

หมายเลข 8 : Reset เป็น สวิตช์ สำหรับใช้ Reset การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะทำงานที่ Logic 0

หมายเลข 9 : Jumper Download เมื่อจะ Download Program ให้ Set jumper มาทางด้าน Enable ซึ่ง Jumper นี้จะทำหน้าที่ต่อขา RES ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ากับขา DTR ของขั้ว Download ถ้า Set Jumper มาทางด้าน Disable จะเป็นการตัดขา RES ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ออกจากขา DTR ของขั้ว Download เพื่อป้องกันสัญญาณ Reset จาก PC หลังจากดาวน์โหลดเสร็จแล้ว และยังไม่ได้อัดสาย Download ออก

หมายเลข 10 : PS/2-Keyboard เป็นขั้วต่อ PS/2 ใช้สำหรับต่อ keyboard

หมายเลข 11 : Con 5V เป็นขั้วต่อ DC 5 V Output สำหรับใช้ต่อไฟ 5 V จากบอร์ดไปใช้งานภายนอกได้

หมายเลข 12 : PS/2-Mouse เป็นขั้วต่อ PS/2 ใช้สำหรับต่อ Mouse

หมายเลข 13 : LED Power แสดงสถานะการทำงานของแหล่งจ่ายไฟ

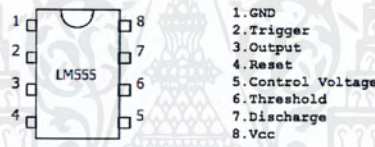
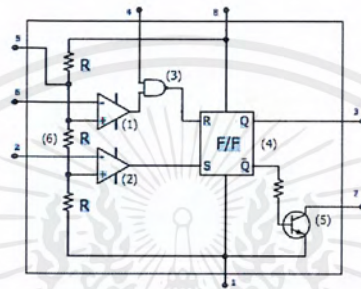
## 2.2 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 250 กิโลเฮิร์ตซ์

ทำการสร้างวงจรสร้างพัลส์โดยใช้ IC เบอร์ LM555 ให้ได้ความถี่ 250 กิโลเฮิร์ตซ์ไปจ่ายให้กับอินพุต

### 2.2.1 IC (LM555)

IC ย่อมาจากคำว่า Integrated Circuit แปลว่าวงจรรวม ไอซีเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่รวมชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่ประกอบเป็นวงจรหรือส่วนของวงจร ที่มีขนาดเล็กไว้ในตัวเดียว ชิ้นส่วนต่างๆ เหล่านี้ได้แก่ ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน ไดโอด เป็นต้น ดังนั้นไอซีจึงมีหลายขา ไอซีมีหลายชนิดล้วนแต่มีหน้าที่การทำงานและจะมีหมายเลขประจำตัว เช่น หมายเลข 555, หมายเลข 741 เป็นต้น วิธีดูตำแหน่งขาของไอซี ให้สังเกตจุดบนขอบ ตัวไอซี ขาข้างที่อยู่ใกล้จุดเรียกว่า ขาที่ 1 แล้วให้นับเรียงต่อกันไปตามลำดับ ซึ่งในโครงการชิ้นนี้ได้มีการนำ ไอซี หมายเลข 555 มาใช้ในการทำงานด้วย

ไอซี เบอร์ 555 เป็นไอซี ที่นิยมใช้กันมาก ในการนำไปสร้างสัญญาณรูปคลื่นแบบต่างๆ เช่น สัญญาณสามเหลี่ยม, สัญญาณพัลส์, สัญญาณแรมพ์ และวงจรตั้งเวลา ไอซีเบอร์ 555 เป็นอุปกรณ์วงจรรวมที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ อยู่ภายใน และมีส่วนที่ต้องต่อภายนอกเพื่อควบคุมการทำงาน และใช้งานเป็นลักษณะต่างๆ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบ และง่ายในการสร้างสัญญาณพัลส์ ความถี่ต่างๆ อีกทั้งสามารถเข้าใจการทำงานได้ง่าย



รูปที่ 6 โครงสร้างของ IC 555

หน้าที่ส่วนต่างๆ ของไอซีเบอร์ 555

(1), (2) คือวงจร Comparator เป็นตัวที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ input ทั้ง 2 ขา ถ้าศักดาไฟฟ้าที่ขั้วบวกมากกว่าศักดาที่ขั้วลบ ค่า Logic “1” เท่ากับ VCC แต่ถ้าศักดาที่ขั้วบวกน้อยกว่าขั้วลบ Output จะมีค่า Logic “0” เท่ากับศูนย์โวลต์ ( 0 Volt.)

(3) คือวงจร NAND gate มีคุณสมบัติว่า ถ้า input ทั้งสองขา เป็น Logic “1” Output จะมีค่าเป็น Logic “0” แต่ถ้า input ขาใดขาหนึ่งเป็น Logic “0” ก็จะทำให้ Output จะมีค่าเป็น Logic “1” ทันที

Input 1	Input 2	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(4) เป็นวงจร Flip-Flop แบบ RS - F/F มีคุณสมบัติดังนี้

R	S	Q	$\bar{Q}$
0	0	Q เดิม	$\bar{Q}$ เดิม
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	ไม่ใช่	ไม่ใช่

Q และ  $\bar{Q}$  จะตรงข้ามกันเสมอ คือ ถ้า Q = "1"  $\bar{Q}$  = "0"

Q = "0"  $\bar{Q}$  = "1"

(5) เป็นวงจร Transistor ที่ทำหน้าที่ Switching ถ้า Q เป็น logic "1" Transistor จะทำงาน "ON" นั่นคือจะ Short วงจร ระหว่างขา 7 และ 1 ถ้า Q เป็น logic "0" จะ Open ขา 7 และ 1 ของไอซีเบอร์ 555

(6) เป็นตัวต้านทาน 3 ตัว ที่มีขนาดความต้านทานเท่ากันทั้ง 3 ตัว มีหน้าที่แบ่งแรงดัน VCC ออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน ต่อกักรวม R แต่ละตัว มีค่า VCC/3 ค่า R จะมีขนาดความต้านทานเป็น K (กิโลโอห์ม)

โดยอาศัยการทำงานเป็น 2 แบบ คือ

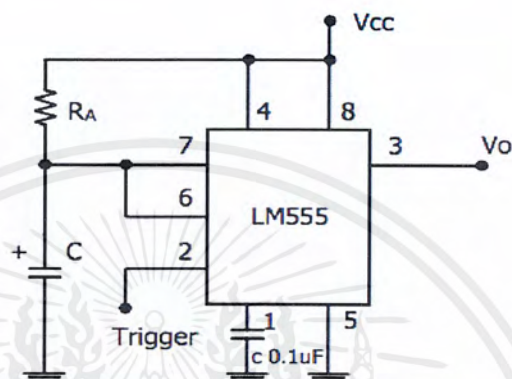
- เป็นตัวผลิตสัญญาณค่าความถี่ต่างๆ
- เป็นวงจรนับสัญญาณ

จึงแบ่งการทำงานเป็นวงจรที่สำคัญได้ 2 ชนิดคือ

1. วงจรโมโนสเตเบิล (Monostable Multivibrator)
2. วงจรอะสเตเบิล (Astable Multivibrator)

### 2.2.1.1 วงจรโมโนสเตเบิล (Monostable Multivibrator)

คือวงจรที่สร้างสัญญาณพัลส์ขึ้นมา 1 ลูก หลังจากมีการทริก (กระตุ้น) ให้วงจรเกิดสัญญาณ มีความกว้างที่สามารถกำหนดได้ด้วยค่า RC



รูปที่ 7 โครงสร้างของวงจรโมโนสเตเบิล

#### หลักการทํางาน

ขณะที่ไม่มีสัญญาณ Trig ที่ขา 2  $V_{trig} = VCC$  แรงดันคร่อมคาปาซิเตอร์จะเป็นศูนย์ เพราะว่า VCC จะมีกระแสไหลผ่าน RA ผ่าน Trigger ลงกราวด์ ได้  $V_o = 0$  เมื่อมีสัญญาณ trig ที่ขา 2 คือ  $V_{trig} = 0$  Trigger ภายในจะ “Off” VCC จะทำการเก็บประจุ (Charge C) จนกระทั่งเกิดแรงดันตกคร่อมคาปาซิเตอร์ประมาณ  $2VCC/3$  คาปาซิเตอร์จะคายประจุผ่าน Trigger ขณะที่คาปาซิเตอร์คายประจุ output จะเป็น logic “1” ได้  $V_o = VCC$

#### แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ช่วง

ช่วงที่ 1 ขณะที่  $V_{trig} = VCC$  Comparator (2) ตัวล่างจะทำให้ output เป็น “0” (ขาลบมีคักตามากกว่าขาบวก) Comparator (1) ตัวบนจะทำให้ output เป็น “1” เพราะว่าขา 6 ต่อกับขา 7 ผ่าน Trigger ลง GND ทำให้ Trigger “ON” ได้ output ของ NAND gate เป็น “0” เพราะ input ทั้งคู่เป็น “1” ดังนั้น  $R = 0$ ,  $S = 0$  จะทำให้ Q และ  $\bar{Q}$  ไม่เปลี่ยนแปลงคือ  $Q = “0”$ ,  $\bar{Q} = “1”$  ถ้า  $Q = “1”$  Trigger จะ “ON” คาปาซิเตอร์จะไม่มีการเก็บประจุ เนื่องจากกระแสจาก VCC จะไหลผ่าน R และ Trigger ลง GND

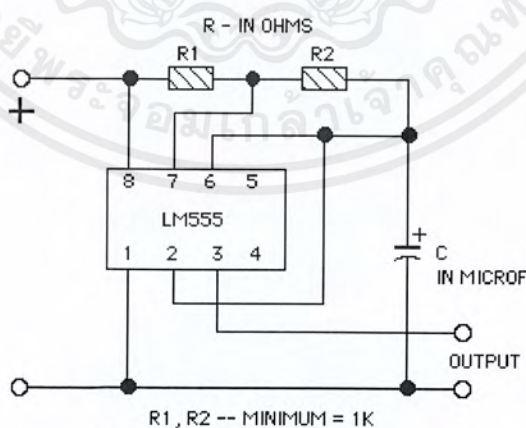
ช่วงที่ 2 ขณะที่ trig ด้วย  $V_{trig} = 0\text{ V}$  output ของ Comparator (2) ตัวล่างจะเปลี่ยนจาก “0” เป็น “1” ส่วน Output ตัว Comparator (1) ตัวบน ยังคงเหมือนเดิม ดังนั้นที่วงจร F/F ขา R = “0” , S = “1” จะเป็นการ Set F/F ได้  $Q = “1”$  และ  $\bar{Q} = “0”$  เมื่อ  $Q = “0”$  ทำให้ Trigger “Off” ส่งผลให้คาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุ

ช่วงที่ 3 เมื่อสัญญาณ trig กลับเป็น VCC อีกครั้ง Output ของ comparator (2) ตัวล่างจะเปลี่ยนจาก “1” เป็น “0” ทำให้ output ของ comparator ที่ส่งไปให้วงจร F/F ไม่เปลี่ยนแปลง

ช่วงที่ 4 เมื่อคาปาซิเตอร์ทำการเก็บประจุจนกระทั่ง VC มีค่าเท่ากับ  $2/3V_{CC}$  หรือมากกว่านั้น ส่งผลให้ Output ของ comparator (1) ตัวบน เปลี่ยนจาก “1” เป็น “0” ทำให้ Output ของ NAND gate = “1” ที่วงจร F/F ขา R = “1” และ S = “0” ดังนั้น  $Q = “0”$  ,  $\bar{Q} = “1”$  ทำให้ Trigger “ON” อีกครั้ง คาปาซิเตอร์ จะทำการคายประจุออกผ่าน Trigger ลง GND กลับสู่สภาพเดิม

### 2.2.1.2 วงจรออสเตเบิล (Astable Multivibrator)

คือวงจรสร้างสัญญาณ Square wave มีความถี่ที่สามารถกำหนดได้ตามความต้องการ ด้วยค่าคาปาซิเตอร์ C และค่าความต้านทาน  $R_A$  และ  $R_B$  โดยในวงจรนี้นอกจากจะสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณ Square wave ด้วยค่า C และค่า  $R_T = R_A + R_B$  แล้วยังสามารถที่จะกำหนดช่วงเวลา “ON” และ “OFF” ของสัญญาณด้วยค่าที่แตกต่างกันของ  $R_A$  และ  $R_B$  ได้อีกด้วย



รูปที่ 8 โครงสร้างของวงจรออสเตเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หลักการทํางาน

ใช้หลักการเก็บประจุ และคายประจุของคาปาซิเตอร์โดยจะทำการเก็บประจุผ่าน RA, RB และจะคายประจุผ่าน RB และ Trigger ภายในลง GND

- ขณะที่คาปาซิเตอร์เก็บประจุ จนถึงระดับแรงดัน  $2/3V_{CC}$  ขณะนั้นแรงดัน  $V_0 = V_{CC}$

- ขณะที่คาปาซิเตอร์คายประจุออก เกิดแรงดันตกคร่อมมีช่วงจาก  $2/3V_{CC}$  ถึง  $V_{CC}/3$  ขณะนั้นแรงดันของ  $V_0 = 0$  (ศูนย์โวลต์)

### แบ่งช่วงการทํางานเป็น 5 ช่วง

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่ทำการเป็นวงจรคาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุจาก  $V_{CC}$  ผ่าน RA, RB Output ของ comparator ตัวบนและล่างจะเป็น “1” ทำให้ Output ของ NAND gate จะเป็น “0” ส่งผลให้ F/F ขา R = “0” และ S = “1” เป็นการ set F/F Output Q = “1”,  $\bar{Q}$  = “0” คาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุไปเรื่อยๆจนมีแรงดันตกคร่อม เท่ากับ  $V_{CC}/3$

ช่วงที่ 2 ช่วงที่คาปาซิเตอร์ทำการเก็บประจุเกิน  $V_{CC}/3$  จะทำให้ comparator (2) ตัวล่างเป็น “0” F/F ขา R = “0”, S = “0” ได้ Output  $V_0$  เหมือนเดิม

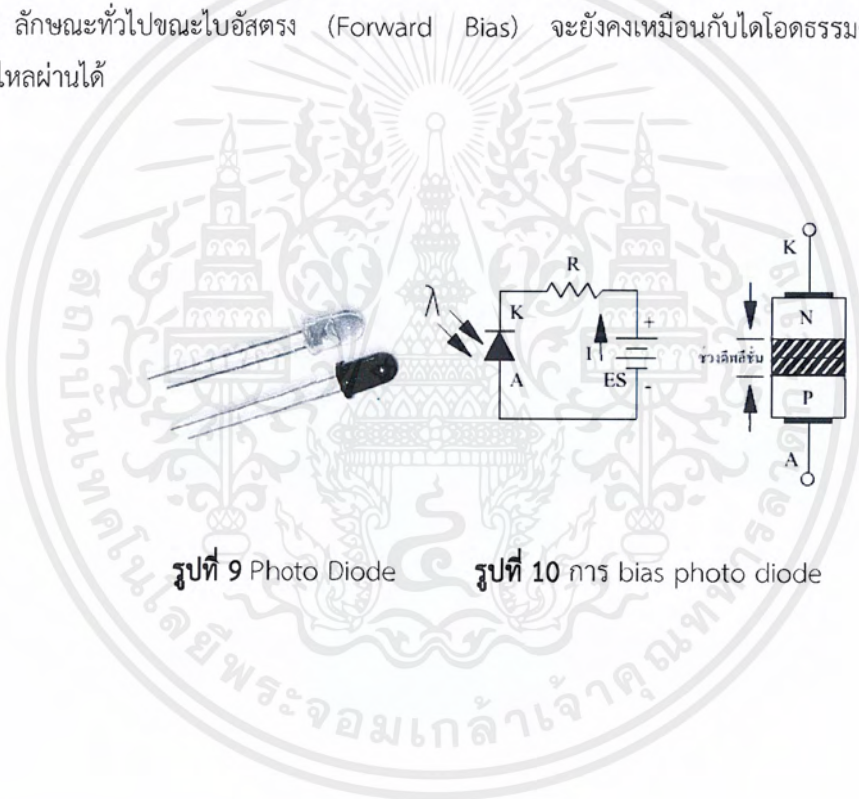
ช่วงที่ 3 เมื่อคาปาซิเตอร์ถูกเก็บประจุจนกระทั่งมีค่ามากกว่า  $2V_{CC}/3$  output ของ comparator(1)ตัวบนจะเปลี่ยนเป็น “0” Output ของ NAND gate จะเป็น logic “1” ดังนั้น F/F R = “1”, S = “0” เป็นการทำให้ F/F Q = “0” และ  $\bar{Q}$  = “1” Transistor จะ “ON”

ช่วงที่ 4 คาปาซิเตอร์ทำการคายประจุผ่าน RB และ Trigger ลง GND ทำให้ Output ของ comparator(1)ตัวบน เป็น “1” comparator(2) ตัวล่างเป็น “0” ทำให้ F/F ขา R = “0”, S = “0” Output ของ F/F จะคงเดิม Q = “0”,  $\bar{Q}$  = “1”

ช่วงที่ 5 เมื่อคาปาซิเตอร์ทำการคายประจุจนแรงดันคร่อม  $C = V_{CC}/3$  ทำให้ comparator(1) ตัวบน เป็น “1” comparator(2) ตัวล่าง เป็น “1” ทำให้ F/F ขา R = “0”, S = “1” เป็นการทำให้ F/F ได้ Q = “1”,  $\bar{Q}$  = “0” Trigger จะ “Off” คาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุใหม่อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2 และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

### 2.3 Photo Diode

โฟโตไดโอด (Photo Diode) เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ เช่น กระจกใส โฟโตไดโอดจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบที่ตอบสนองต่อแสงที่เรามองเห็น และแบบที่ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด ในการใช้งานจะต้องต่อโฟโตไดโอดในลักษณะไบอัสกลับ โฟโตไดโอด (Photo Diode) จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง เมื่อโฟโตไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงมาตกกระทบบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มาตกกระทบบมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจร จะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบบ ลักษณะทั่วไปขณะไบอัสตรง (Forward Bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาคือยอมให้กระแสไหลผ่านได้



รูปที่ 9 Photo Diode

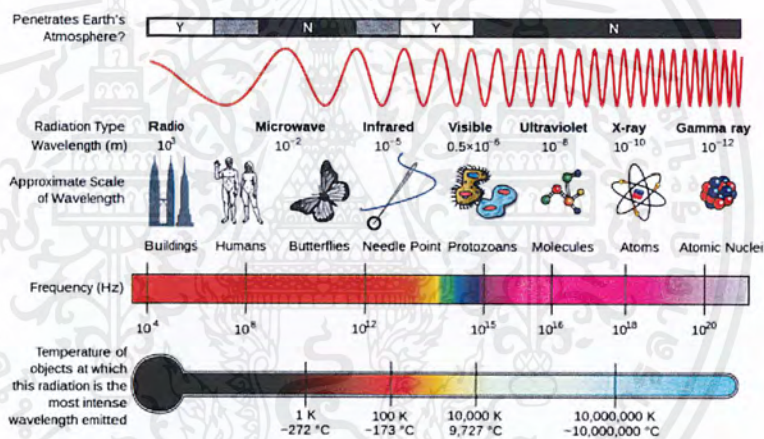
รูปที่ 10 การ bias photo diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 การรับ-ส่งอินฟราเรด

### 2.4.1 รังสีอินฟราเรด (infrared rays)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง  $10^{11}$ - $10^{14}$  เฮิร์ตซ์หรือความยาวคลื่นประมาณ 1mm-1 $\mu$ m เรียกว่า รังสีอินฟราเรด หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คลื่นความถี่สั้น (Millimeter waves) และยังเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำกว่าแสงที่ตามองเห็น ลำแสงอินฟราเรดเดินทางเป็นเส้นตรง ไม่สามารถผ่านวัตถุทึบแสง และสามารถสะท้อนแสงในวัสดุผิวเรียบได้เหมือนกับแสงทั่วไปใช้มากในการสื่อสารระยะใกล้ คุณสมบัติเด่นๆของแสงอินฟราเรดคือ เป็นคลื่นสั้น การเดินทางของแสงเป็นเส้นตรง ราคาถูก ง่ายต่อการผลิต ปลอดภัยต่อการดักสัญญาณ ไม่ทะลุผ่านวัตถุทึบแสงทำให้สามารถติดตั้งในพื้นที่จำกัดหรือห้องติดกันได้นั่นเอง



รูปที่ 11 Electromagnetic Spectrum

เนื่องด้วยคุณสมบัติต่างๆของรังสี Infrared ที่เหมาะแก่การใช้งานจึงมีการประยุกต์นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ทางด้าน Electronics และการสื่อสารเช่น Remote controller ของTV โทรศัพท์มือถือ และกล้องส่องทางไกล เป็นต้น การที่ Infraredเป็นคลื่นสั้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วทำให้ไม่มีปัญหาในเรื่องการ Interference (การรบกวนของสัญญาณ) ในการส่งและการควบคุมแต่สัญญาณ Infraredก็มีข้อเสียคือ การถูกแสงจากแหล่งอื่นรบกวนเช่น แสงอาทิตย์ แสงไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 สรุป

จากการศึกษาข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ทั้งหมดจะประกอบไปด้วยความรู้ด้านต่าง ๆ โดยทุกอย่างต่างทำหน้าที่สำคัญต่างกัน โดยเราจะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ET-BASE PX32เป็นตัวหลักในการเขียนโปรแกรมโดยจะรับค่าจากการทำงานร่วมกันของหน้าต่าง 2 หน้าต่าง ซึ่งเป็นวงจร photo diode และ วงจรลอจิกเกต

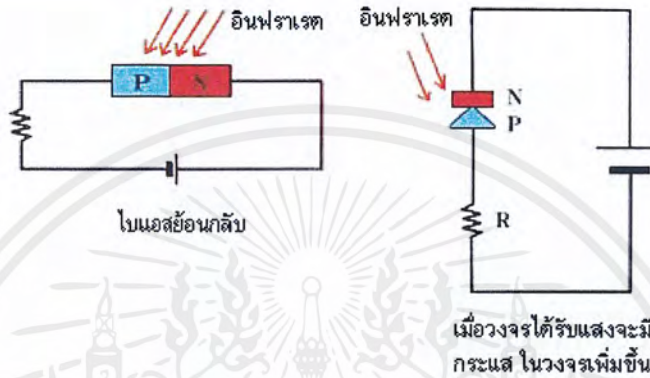


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการออกแบบและวงจรเครื่องวัดความเร็วกระสุน

3.1 หลักการออกแบบDetector

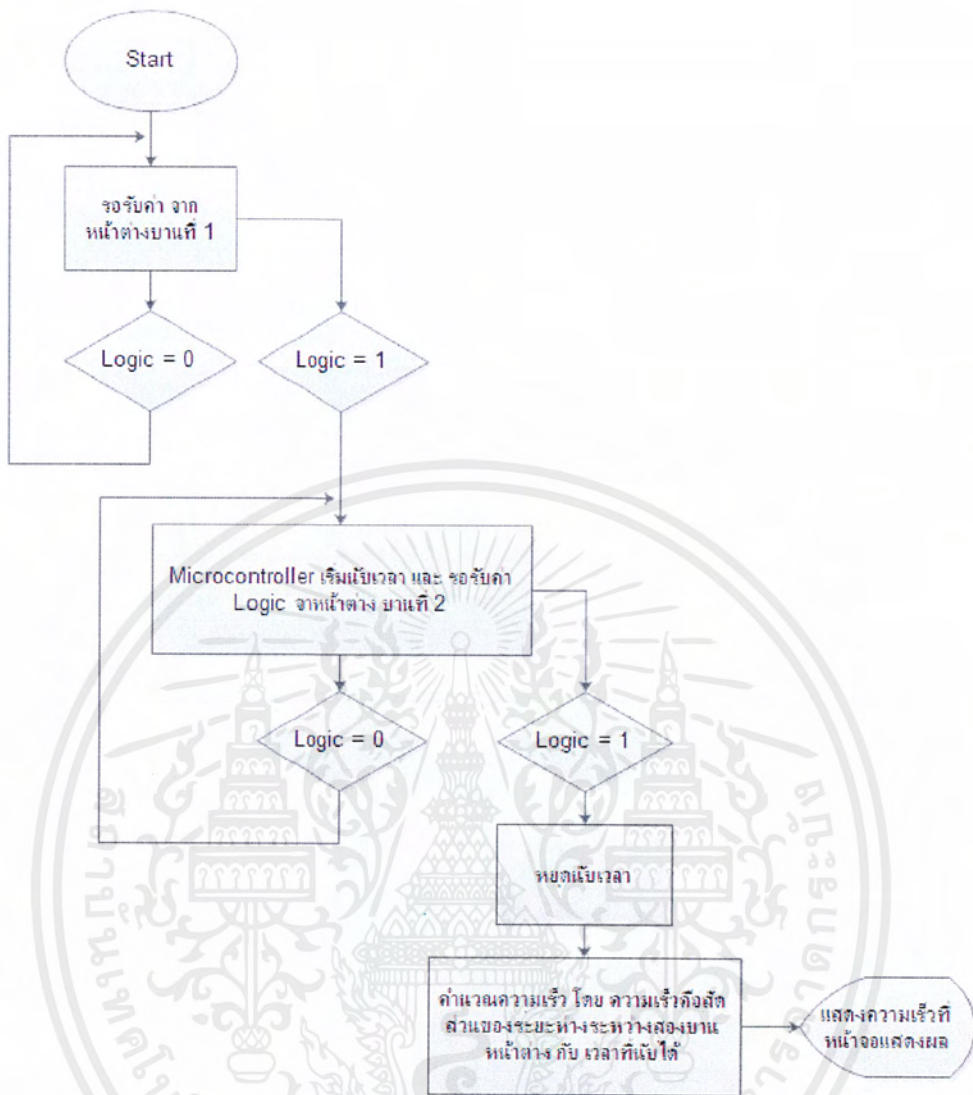


รูปที่ 12 การไบออส Photo Diode

โฟโต้ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำหน้าที่นำกระแสได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ตัวอุปกรณ์ สัญลักษณ์ของโฟโต้ไดโอดแสดงดังรูปด้านล่าง ในขณะที่ไม่มีแสงมาตกกระทบโฟโต้ไดโอดจะมีกระแสรั่วไหลประมาณ 10 ไมโครแอมป์

โฟโต้ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่มีอิมพีแดนซ์สูง เหมาะสำหรับทำงานในวงจรกำลังไฟฟ้าน้อย การนำโฟโต้ไดโอดมาใช้งานจำเป็นต้องมีการออกแบบวงจรที่ซับซ้อนกว่า LDR อย่างไรก็ตาม โฟโต้ไดโอดมีข้อได้เปรียบตรงที่การตอบสนองในการทำงานเป็นเชิงเส้นและมีความไวในการทำงานสูงกว่า LDR โดยใช้เวลาในการตอบสนองการทำงานเพียง 200 นาโนวินาที ดังนั้นโฟโต้ไดโอดจึงนิยมนำไปใช้งานในวงจรที่มีการตอบสนองด้วยความเร็วสูง

ในการวัดความเร็วกระสุนโดยได้ออกแบบให้มีช่องทางต่างไว้ เพื่อวัดความเร็ว วัดได้โดยทำการยิงกระสุนผ่านทางช่องทางต่าง โดยมีอยู่สองส่วน กล่าวคือ ในหน้าต่างบานแรก จะเขียนโปรแกรม ให้ไมโครคอนโทรเลอร์รับค่า Logic 1 จากหน้าต่างบานแรก เมื่อมีกระสุนผ่าน พร้อมนับเวลา ไปจนกว่าจะมีสัญญาณ Logic 1 ส่งมาจากหน้าต่างบานที่สอง และนำค่าระยะทางระหว่างหน้าต่างทั้งสองบาน มาหารด้วยเวลา ก็จะได้เป็นความเร็วของกระสุนออกมา ดังFlow Chart ข้างล่างนี้

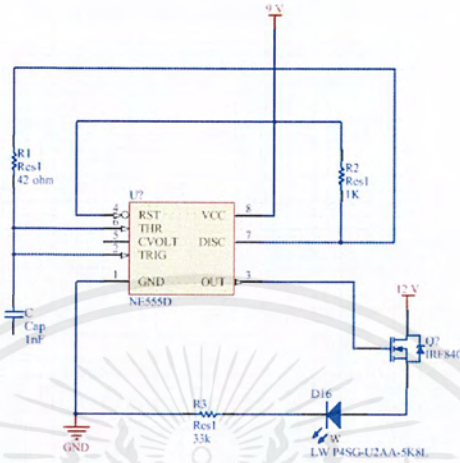


รูปที่ 13 Flow Chart การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

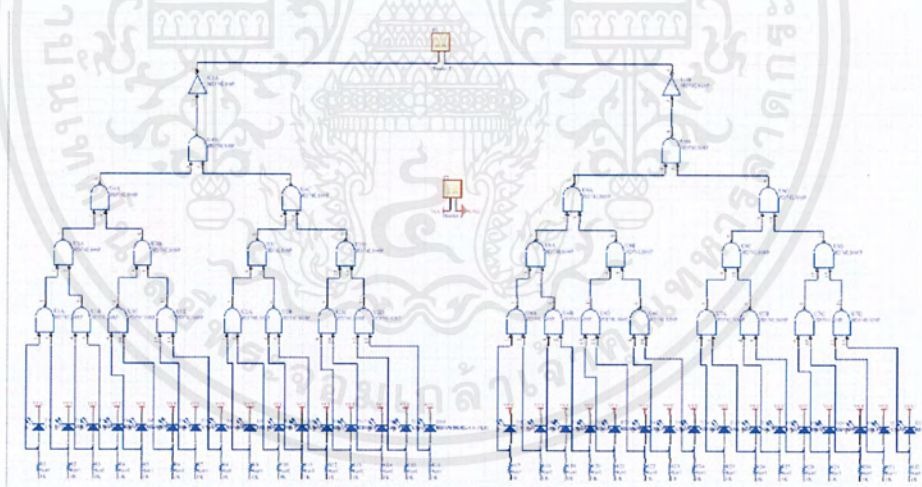
### 3.2 วงจรที่ออกแบบ

#### 3.2.1 วงจรสร้างพัลส์ 250 กิโลเฮิร์ตซ์ ไปจ่ายให้ไดโอดเปล่งแสง



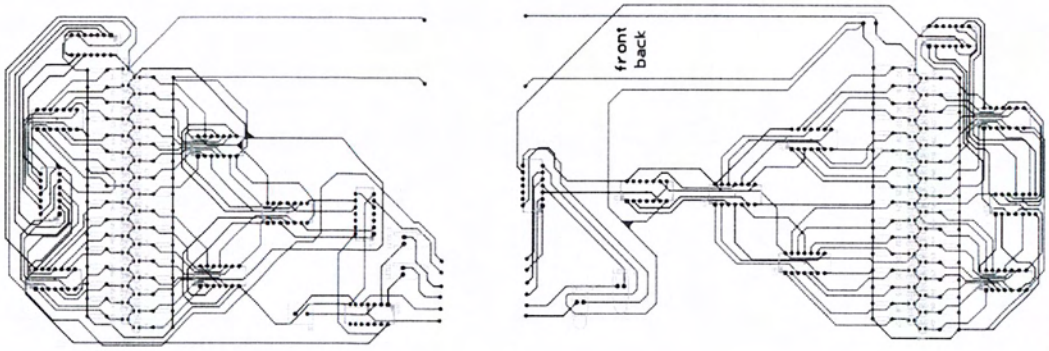
รูปที่ 14 วงจรสร้างพัลส์ 250 kHz ไปจ่ายให้ไดโอดเปล่งแสงที่ออกแบบ

#### 3.2.2 วงจร Detector โดยใช้ Photo Diode



รูปที่ 15 วงจรPhoto diode และ ลอจิกเกต ที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 ลายวงจรบนแผ่น PCB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดความเร็วกระสุน

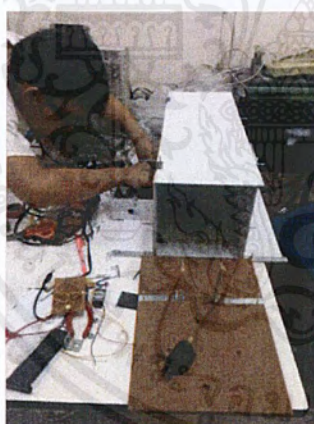
### วิธีการทดสอบ

#### 4.1 ทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนได้ของกระสุนขนาด 3 มม. และ 10 มม.

ทำการทดสอบยิงกระสุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรและ 10 มิลลิเมตรโดยหนึ่งสติกยิงจำนวน 5 เซต แต่ละเซต จำนวนการยิง 5 ครั้ง

### วิธีการทดลอง

ต่อไฟเลี้ยงให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และบอร์ดวงจร Photo Diode และ ลอจิกเกต นำเครื่องยิงจู่ที่หน้าตึกเข้า เล็งและพยายามยิงให้ผ่านทั้ง 2 หน้าตึก ตรวจสอบค่าที่หน้าจอกว่าสามารถตรวจจับค่าได้กี่ครั้ง



รูปที่ 17 การต่อวงจรในการทดลอง



รูปที่ 18 อุปกรณ์ในการยิง

## ผลการทดลอง

### ตารางที่ 1 ทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนได้

ขนาดกระสุน 3 มิลลิเมตรยิง 5 ครั้งต่อเซต

จำนวนเซตในการยิง	จำนวนครั้งในการวัดความเร็วกระสุนได้
เซตที่ 1	5 ครั้ง
เซตที่ 2	4 ครั้ง
เซตที่ 3	4 ครั้ง
เซตที่ 4	5 ครั้ง
เซตที่ 5	4 ครั้ง

เฉลี่ยจำนวนครั้งในการวัดความเร็วกระสุนได้ประมาณ 4 ครั้ง

### ตารางที่ 2 ทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนได้

ขนาดกระสุน 10 มิลลิเมตรยิง 5 ครั้งต่อเซต

จำนวนเซตในการยิง	จำนวนครั้งในการวัดความเร็วกระสุนได้
เซตที่ 1	5 ครั้ง
เซตที่ 2	5 ครั้ง
เซตที่ 3	5 ครั้ง
เซตที่ 4	5 ครั้ง
เซตที่ 5	5 ครั้ง

เฉลี่ยจำนวนครั้งในการวัดความเร็วกระสุนได้ 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ทดสอบความถูกต้องในการวัดความเร็วกระสุน

ในทางทฤษฎี ปล่อยวัตถุตกอย่างอิสระ ที่ความสูง 17.9 เซนติเมตร

จากสูตร  $V^2 = U^2 + 2gs$        $U$ ; ความเร็วต้น

$V$ ; ความเร็วสุดท้าย

$g$ ; แรงโน้มถ่วงของโลก

$S$ ; ระยะทางจากวัตถุถึงพื้นโลก

ปล่อยวัตถุตกอย่างอิสระ  $U = 0$

$$\begin{aligned} V^2 &= U^2 + 2gs \\ &= 0 + 2(10)(0.179) \end{aligned}$$

$$V^2 = 3.58$$

$$V = 1.89 \text{ เมตร/วินาที เท่ากับ } 6.20 \text{ ฟุต/วินาที}$$

### วิธีการทดลอง

ปล่อยวัตถุขนาด 10 มิลลิเมตร ตกอย่างอิสระ ที่ความสูง 17.9 เซนติเมตร จำนวน 10 ครั้ง แล้วบันทึกผลการทดลอง และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณทางทฤษฎี

**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบความถูกต้องในการวัดความเร็วกระสุน

ครั้งที่ทดสอบ	ความเร็วที่วัดได้ (ฟุต/วินาที)	ความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎี (เปอร์เซ็นต์)
1	6.25	0.81
2	6.10	1.61
3	6.29	1.45
4	6.21	0.16
5	6.13	1.13
6	6.27	1.13
7	6.08	1.93
8	6.21	0.16
9	6.18	0.32
10	6.38	2.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3 ทดสอบความเร็วสูงสุดที่สามารถวัดได้ของกระสุนขนาด 3 มม. และ 10 มม.

ทำการทดสอบยิงกระสุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรและ 10 มิลลิเมตรโดยหนังสือ  
โดยจะหาค่าความเร็วสูงสุดที่เครื่องจะสามารถวัดได้

##### ตารางที่ 4 ผลการทดสอบวัดความเร็วกระสุน

ขนาดกระสุน 3 มิลลิเมตรยิง 10 ครั้ง

ครั้งที่ทดสอบ	ความเร็วที่วัดได้ (ฟุต/วินาที)
1	63.81
2	73.86
3	74.35
4	75.24
5	79.43
6	81.23
7	82.92
8	82.98
9	91.58
10	Not Detect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5** ผลการทดสอบวัดความเร็วกระสุน

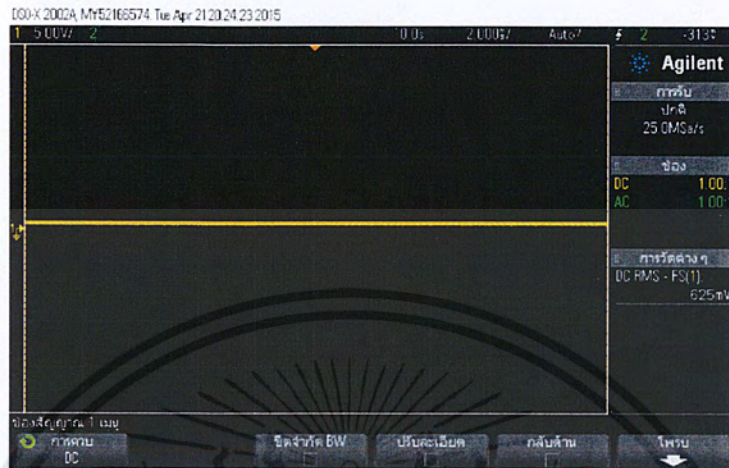
ขนาดกระสุน 10 มิลลิเมตรยิง 10 ครั้ง

ครั้งที่ทดสอบ	ความเร็วที่วัดได้ (ฟุต/วินาที)
1	128.72
2	133.53
3	141.81
4	165.84
5	174.05
6	183.57
7	187.22
8	192.78
9	200.80
10	Not Detect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

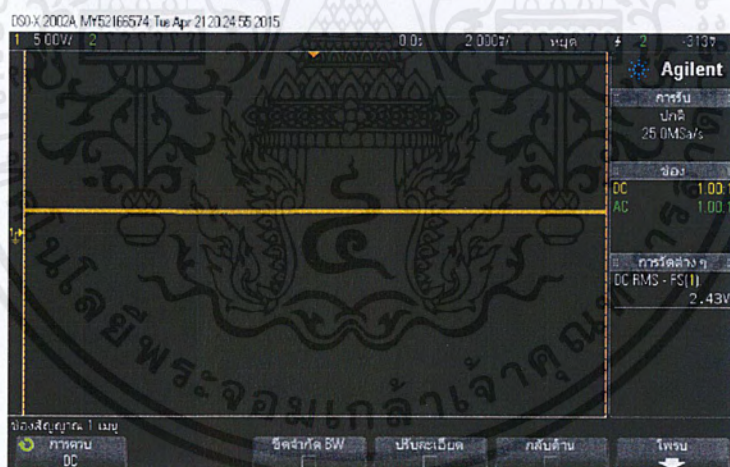
## 4.4 ทดสอบวัดสัญญาณที่ไฟได้ไดโอด ขณะที่ไม่มีการสั่นตัดผ่านและมีการสั่นตัดผ่าน

### 4.4.1 ภาพสัญญาณขณะที่ไม่มีการสั่นตัดผ่าน



รูปที่ 19 ภาพสัญญาณขณะที่ไม่มีการสั่นตัดผ่าน

### 4.4.2 ภาพสัญญาณขณะที่กระสุนตัดผ่าน

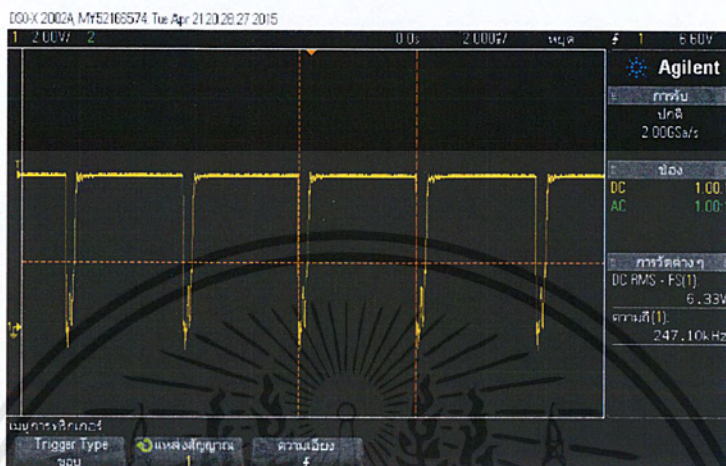


รูปที่ 20 ภาพสัญญาณขณะที่กระสุนตัดผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ทดสอบวัดสัญญาณที่ LED อินฟราเรด

โดยหน้าต่างทั้ง 2 บาน มีอัตราการกินกระแสหน้าต่างละ 100 มิลลิแอมป์ และมีความถี่ 250 กิโลเฮิร์ตซ์



รูปที่ 21 ภาพสัญญาณที่อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนได้ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

#### 5.1 ทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนได้

จากการทดสอบโอกาสที่จะวัดความเร็วกระสุนได้ โดยใช้กระสุนขนาด 3mm. ยิง 5 เซต เซตละ 5 ครั้ง ผลเฉลี่ยจำนวนครั้งในการวัดความเร็วกระสุนประมาณ 4 ครั้ง คิดเป็น 80เปอร์เซ็นต์ที่เครื่องจะสามารถตรวจวัดความเร็วกระสุนได้ และใช้กระสุนขนาด 10mm. ยิง 5 เซต เซตละ 5 ครั้ง ผลเฉลี่ยจำนวนครั้งในการวัดความเร็วกระสุน 5 ครั้ง คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ที่เครื่องจะสามารถตรวจวัดความเร็วกระสุนได้

#### 5.2 ทดสอบความถูกต้องในการวัดความเร็วกระสุน

จากการคำนวณโดยใช้สมการการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเพื่อหาค่าความเร็วในอุดมคติ แล้วจึงทำการทดลอง สรุปผลได้ว่าเครื่องวัดความเร็วกระสุนวัดความเร็วเมื่อเทียบกับในทางอุดมคติแล้ว มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่รับได้

#### 5.3 ทดสอบความเร็วสูงสุดที่สามารถวัดได้ของกระสุนขนาด 3 มม. และ 10 มม.

จากการทดสอบความเร็วสูงสุดที่สามารถวัดได้ โดยจากตารางที่ 4 กระสุนขนาด 3 มิลลิเมตร ความสามารถในการDetect ของวงจรจะทำให้ที่ความเร็วสูงสุดประมาณ 90 Foot/Sec ส่วนจากตารางที่ 5 กระสุนขนาด 10 มิลลิเมตร ความสามารถในการDetect ของวงจรจะทำให้ที่ความเร็วสูงสุดประมาณ 200 Foot/Sec

ทั้งนี้เนื่องมาจาก การเลือกขนาดกระสุน และความเร็วของกระสุนที่วงจรสามารถDetectได้ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดความเร็วกระสุน เพราะหลักการในการวัดคือ ได้ออกแบบให้มีช่องหน้าต่างไว้ เพื่อวัดความเร็ว วัดได้โดยทำการยิงกระสุนผ่านทางช่องหน้าต่าง และภายในตัวหน้าต่างจะมีPhoto Diode เรียงกันที่ขอบล่างของหน้าต่าง ตามแนวนอน หลักการวัดคือ เมื่อเวลาที่กระสุนผ่าน หน้าต่างจะไปบัง Photo Diode และ ทำให้วงจรที่ต่อกับ Photo Diode ส่งค่า Logic ไปสั่ง Microcontroller หากช่องว่างระหว่าง Photo Diode มากเกินไป หรือ กระสุนที่ใช้ยิงขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กเกินไป ความเร็วของกระสุนมากเกินไปจนจรวดจะทำงานทัน จะทำให้ไม่สามารถตรวจวัดความเร็ว  
กระสุนได้เลย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

### หนังสืออ้างอิง

1. Programming and Customizing the Multicore Propeller Microcontroller, Shane Avery, Chip Gracey, Vem Grancer, Martin Hebel, Joshua Hintze, Andre' LaMothe, Andy Lindsay, Jeff Martin, and Hanno Sander

### เวปอ้างอิง

1. <http://phchitchai.wbvschool.net/th/%E0%B8%AB%E0%B8%AD%E0%B8%88%E0%B8%94%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%95%E0%B8%B8/1123>
2. <http://ett.co.th/product/bs/ET-BASE-PX32-V1.html>
3. [http://documentation.renesas.com/doc/products/logic/rej03d0394\\_hd74ls08.pdf](http://documentation.renesas.com/doc/products/logic/rej03d0394_hd74ls08.pdf)
4. <http://phchitchai.wbvschool.net/en/archives/1123>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

## คำสั่งในโปรแกรม

CON

```
_clkmode = xtal1 + pll16x
```

```
_xinfreq = 5_000_000 {clock 5Mhz*16 = 80Mhz}
```

OBJ

```
F : "FloatMath"
```

```
fString : "FloatString"
```

```
f32 : "F32"
```

```
text : "vga_text"
```

```
sht : "Sensirion"
```

VAR

```
Long Count
```

```
PUB Go | Formula, Velocity, x, a, s, Speed, Speed2,time
```

```
{debug.Style(debug#COMMA_DELIMITED)}
```

```
{debug.Start(115200)}
```

```
text.start(16)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

f32.start

'use 23microsec. for execute

repeat

x := 0

s := 1 {30cm. = 1 Feet}

text.Str (string(13, " Bullet Velocity Monitor ", $0C,8 ))

text.Str (string(13, "
", $0C,8 ))

text.Str (string( " | Velocity | " ))

text.Str (String( "
" ))

repeat while ina[9] <> 1

repeat while ina[8] <> 1 { execute time = 11.6microsec.}

x := x+1 { execute time = 11.6microsec.}

if x > 20000

text.Str (string( " shoot again "))

waitcnt(cnt + clkfreq * 1)

REBOOT

Count := x

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก ข

## คู่มือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Technical Data Sheet

### 3mm Silicon PIN Photodiode T-1

**PD204-6B**

#### Features

- Fast response time
- High photo sensitivity
- Small junction capacitance
- Pb free
- The product itself will remain within RoHS compliant version.



#### Descriptions

- PD204-6B is a high speed and high sensitive PIN photodiode in a standard 3 $\Phi$  plastic package. The device is matched to infrared emitting diode.

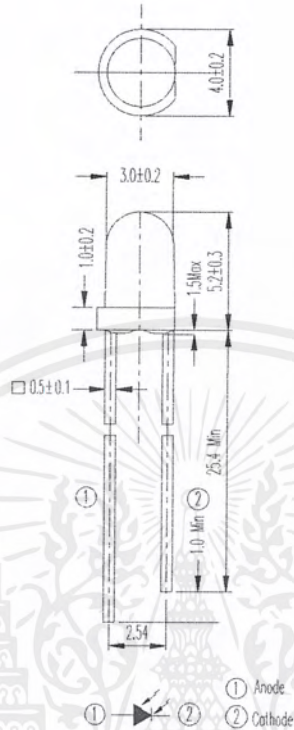
#### Applications

- Automatic door sensor
- Copier
- Game machine

#### Device Selection Guide

LED Part No.	Chip	Lens Color
	Material	
PD	Silicon	Water clear

Package Dimensions



- Notes: 1.All dimensions are in millimeters
- 2.Tolerances unless dimensions  $\pm 0.1\text{mm}$

Absolute Maximum Ratings ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	Rating	Units
Reverse Voltage	$V_R$	32	V
Operating Temperature	$T_{opr}$	-25 ~ +85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40 ~ +85	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature	$T_{sol}$	260	$^\circ\text{C}$
Power Dissipation at(or below) 25 $^\circ\text{C}$ Free Air Temperature	$P_c$	150	mW

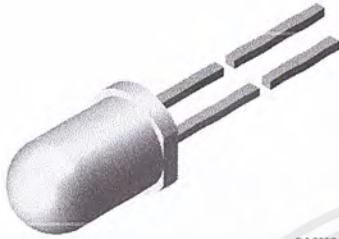
Notes: \*1:Soldering time  $\leq 5$  seconds.



TSAL6400

Vishay Semiconductors

# High Power Infrared Emitting Diode, 940 nm, GaAlAs/GaAs



94 6389

### FEATURES

- Package type: leaded
- Package form: T-1 $\frac{3}{4}$
- Dimensions (in mm):  $\varnothing$  5
- Peak wavelength:  $\lambda_p = 940$  nm
- High reliability
- High radiant power
- High radiant intensity
- Angle of half intensity:  $\varphi = \pm 25^\circ$
- Low forward voltage
- Suitable for high pulse current operation
- Good spectral matching with Si photodetectors
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC
- Halogen-free according to IEC 61249-2-21 definition



RoHS COMPLIANT HALOGEN FREE

### DESCRIPTION

TSAL6400 is an infrared, 940 nm emitting diode in GaAlAs/GaAs technology with high radiant power molded in a blue-gray plastic package.

### APPLICATIONS

- Infrared remote control units with high power requirements
- Free air transmission systems
- Infrared source for optical counters and card readers

### PRODUCT SUMMARY

COMPONENT	$I_o$ (mW/sr)	$\varphi$ (deg)	$\lambda_p$ (nm)	$t_r$ (ns)
TSAL6400	40	$\pm 25$	940	800

#### Note

Test conditions see table "Basic Characteristics"

### ORDERING INFORMATION

ORDERING CODE	PACKAGING	REMARKS	PACKAGE FORM
TSAL6400	Bulk	MOQ: 4000 pcs, 4000 pcs/bulk	T-1 $\frac{3}{4}$

#### Note

MOQ: minimum order quantity

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Reverse voltage		$V_R$	5	V
Forward current		$I_F$	100	mA
Peak forward current	$t_p/T = 0.5, t_p = 100 \mu s$	$I_{FM}$	200	mA
Surge forward current	$t_p = 100 \mu s$	$I_{FSM}$	1.5	A
Power dissipation		$P_V$	160	mW
Junction temperature		$T_j$	100	$^\circ C$
Operating temperature range		$T_{amb}$	- 40 to + 85	$^\circ C$
Storage temperature range		$T_{stg}$	- 40 to + 100	$^\circ C$
Soldering temperature	$t \leq 5$ s, 2 mm from case	$T_{sd}$	260	$^\circ C$
Thermal resistance junction/ambient	J-STD-051, leads 7 mm soldered on PCB	$R_{thJA}$	230	K/W

#### Note

$T_{amb} = 25 \text{ }^\circ C$ , unless otherwise specified

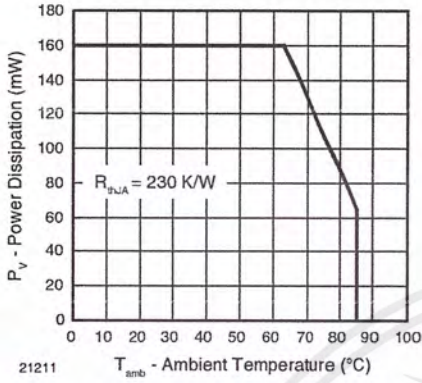


Fig. 1 - Power Dissipation Limit vs. Ambient Temperature

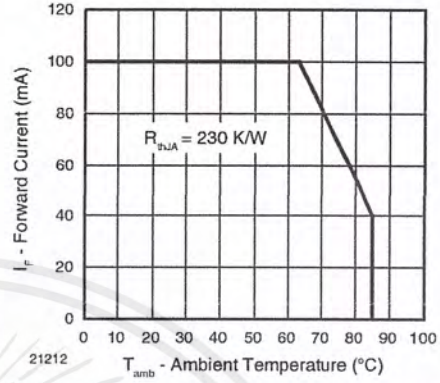


Fig. 2 - Forward Current Limit vs. Ambient Temperature

BASIC CHARACTERISTICS						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 100 \text{ mA}, t_p = 20 \text{ ms}$	$V_F$		1.35	1.6	V
	$I_F = 1 \text{ A}, t_p = 100 \mu\text{s}$	$V_F$		2.6	3	V
Temperature coefficient of $V_F$	$I_F = 1 \text{ mA}$	$TK_{V_F}$		-1.8		mV/K
Reverse current	$V_R = 5 \text{ V}$	$I_R$			10	$\mu\text{A}$
Junction capacitance	$V_R = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}, E = 0$	$C_j$		25		pF
Radiant intensity	$I_F = 100 \text{ mA}, t_p = 20 \text{ ms}$	$I_e$	25	40	125	mW/sr
	$I_F = 1 \text{ A}, t_p = 100 \mu\text{s}$	$I_e$	220	310		mW/sr
Radiant power	$I_F = 100 \text{ mA}, t_p = 20 \text{ ms}$	$\phi_e$		35		mW
Temperature coefficient of $\phi_e$	$I_F = 20 \text{ mA}$	$TK_{\phi_e}$		-0.6		%/K
Angle of half intensity		$\phi$		$\pm 25$		deg
Peak wavelength	$I_F = 100 \text{ mA}$	$\lambda_p$		940		nm
Spectral bandwidth	$I_F = 100 \text{ mA}$	$\Delta\lambda$		50		nm
Temperature coefficient of $\lambda_p$	$I_F = 100 \text{ mA}$	$TK_{\lambda_p}$		0.2		nm/K
Rise time	$I_F = 100 \text{ mA}$	$t_r$		800		ns
Fall time	$I_F = 100 \text{ mA}$	$t_f$		800		ns
Virtual source diameter	Method: 63% encircled energy	$d$		2.2		mm

Note  
 $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified

## DM74LS04 Hex Inverting Gates

### General Description

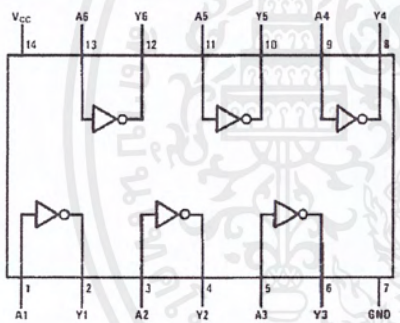
This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function.

### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS04M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS04SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS04N	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

$$Y = \bar{A}$$

Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = HIGH Logic Level  
L = LOW Logic Level

### Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

### Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
$V_{IH}$	HIGH Level Input Voltage	2			V
$V_{IL}$	LOW Level Input Voltage			0.8	V
$I_{OH}$	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
$I_{OL}$	LOW Level Output Current			8	mA
$T_A$	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

### Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
$V_I$	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
$V_{OH}$	HIGH Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OH} = \text{Max}, V_{IL} = \text{Max}$	2.7	3.4		V
$V_{OL}$	LOW Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OL} = \text{Max}, V_{IH} = \text{Min}$		0.35	0.5	V
$I_I$	Input Current @ Max Input Voltage	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 7V$			0.1	mA
$I_{IH}$	HIGH Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 2.7V$			20	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	LOW Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 0.4V$			-0.36	mA
$I_{OS}$	Short Circuit Output Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 3)	-20		-100	mA
$I_{CCH}$	Supply Current with Outputs HIGH	$V_{CC} = \text{Max}$		1.2	2.4	mA
$I_{CCL}$	Supply Current with Outputs LOW	$V_{CC} = \text{Max}$		3.6	6.6	mA

Note 2: All typicals are at  $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ\text{C}$ .

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

### Switching Characteristics

at  $V_{CC} = 5V$  and  $T_A = 25^\circ\text{C}$

Symbol	Parameter	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$				Units
		$C_L = 15 \text{ pF}$		$C_L = 50 \text{ pF}$		
		Min	Max	Min	Max	
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	3	10	4	15	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	3	10	4	15	ns

## HD74LS08

### Quadruple 2-Input Positive AND Gates

REJ03D0394-0200

Rev.2.00

Feb.18.2005

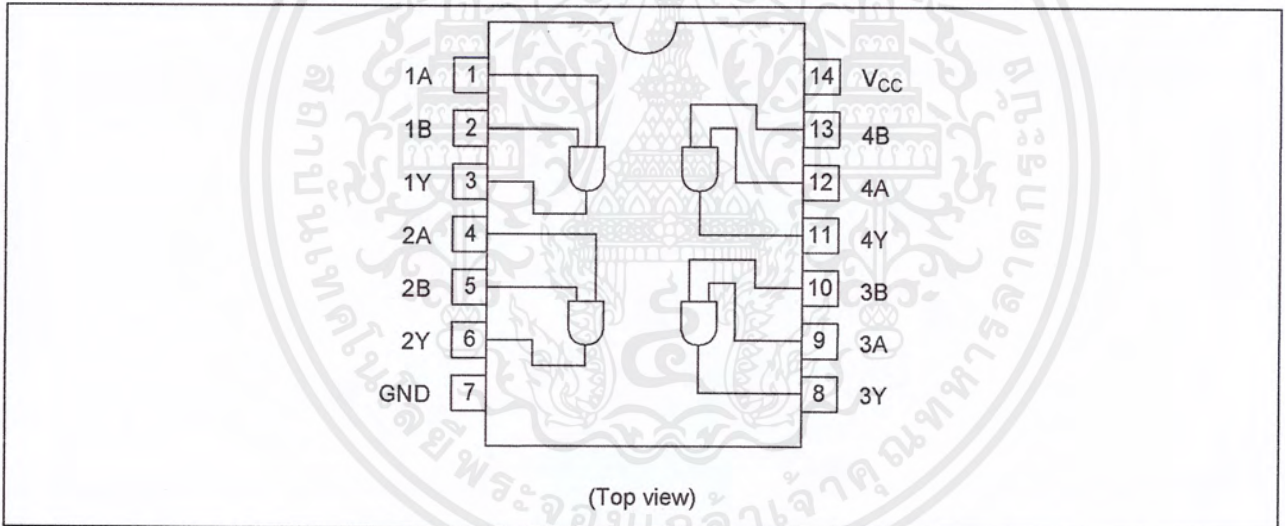
#### Features

- Ordering Information

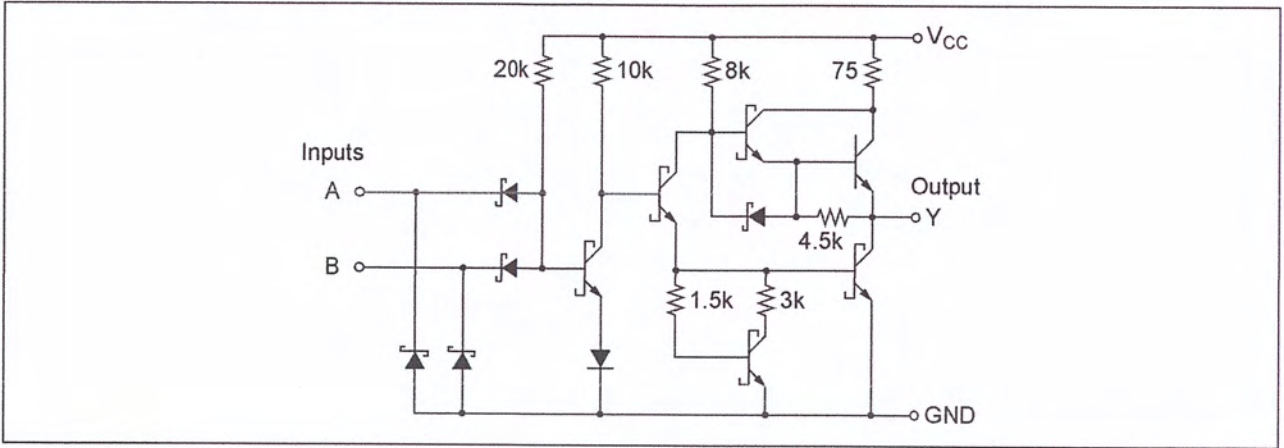
Part Name	Package Type	Package Code (Previous Code)	Package Abbreviation	Taping Abbreviation (Quantity)
HD74LS08P	DILP-14 pin	PRDP0014AB-B (DP-14AV)	P	—
HD74LS08FPEL	SOP-14 pin (JEITA)	PRSP0014DF-B (FP-14DAV)	FP	EL (2,000 pcs/reel)
HD74LS08RPEL	SOP-14 pin (JEDEC)	PRSP0014DE-A (FP-14DNV)	RP	EL (2,500 pcs/reel)

Note: Please consult the sales office for the above package availability.

#### Pin Arrangement



Circuit Schematic (1/4)



Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Ratings	Unit
Supply voltage	$V_{CC}$ <sup>Note</sup>	7	V
Input voltage	$V_{IN}$	7	V
Power dissipation	$P_T$	400	mW
Storage temperature	$T_{stg}$	-65 to +150	°C

Note: Voltage value, unless otherwise noted, are with respect to network ground terminal.

Recommended Operating Conditions

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply voltage	$V_{CC}$	4.75	5.00	5.25	V
Output current	$I_{OH}$	—	—	-400	μA
	$I_{OL}$	—	—	8	mA
Operating temperature	$T_{opr}$	-20	25	75	°C

## DM74LS32 Quad 2-Input OR Gate

### General Description

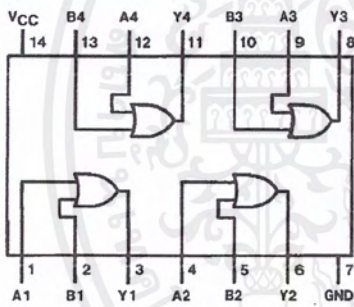
This device contains four independent gates each of which performs the logic OR function.

### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS32M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS32SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS32N	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

$Y = A + B$

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

H = HIGH Logic Level  
L = LOW Logic Level

**Absolute Maximum Ratings**(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

**Recommended Operating Conditions**

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V <sub>IH</sub>	HIGH Level Input Voltage	2			V
V <sub>IL</sub>	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I <sub>OH</sub>	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I <sub>OL</sub>	LOW Level Output Current			8	mA
T <sub>A</sub>	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

**Electrical Characteristics**

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V <sub>I</sub>	Input Clamp Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>I</sub> = -18 mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub>	HIGH Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OH</sub> = Max V <sub>IH</sub> = Min	2.7	3.4		V
V <sub>OL</sub>	LOW Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OL</sub> = Max V <sub>IL</sub> = Max		0.35	0.5	V
I <sub>I</sub>	Input Current @ Max Input Voltage	I <sub>OL</sub> = 4 mA, V <sub>CC</sub> = Min V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 7V		0.25	0.4	mA
I <sub>IH</sub>	HIGH Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 2.7V			20	μA
I <sub>IL</sub>	LOW Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 0.4V			-0.36	mA
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Output Current	V <sub>CC</sub> = Max (Note 3)	-20		-100	mA
I <sub>CC</sub>	Supply Current with Outputs HIGH	V <sub>CC</sub> = Max		3.1	6.2	mA
I <sub>CCL</sub>	Supply Current with Outputs LOW	V <sub>CC</sub> = Max		4.9	9.8	mA

Note 2: All typicals are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

**Switching Characteristics**

at V<sub>CC</sub> = 5V and T<sub>A</sub> = 25°C

Symbol	Parameter	R <sub>L</sub> = 2 kΩ				Units
		C <sub>L</sub> = 15 pF		C <sub>L</sub> = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t <sub>PLH</sub>	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	3	11	4	15	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	3	11	4	15	ns