



เครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ทดลอง

โดย

นายวิวัฒน์ จันทิกษ์ รหัสนักศึกษา B5325238

นางสาวกัญญา หาญมนตร์รหัสนักศึกษา B5325801

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 438499 โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตร พ.ศ. 2553
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2556

โครงการ เครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ทดลอง
ผู้จัดทำ 1. นายวิวัฒน์ จันทิกษ์ รหัส B5325238
2. นางสาวกัญญา หาญมนต์ รหัส B5325801
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์
สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา วิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์
ภาคการศึกษา 3/2556

บทคัดย่อ
(Abstract)

โครงการนำเสนอเครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ทดลองสำหรับใช้กับหนูทดลอง (Rat) ซึ่งประยุกต์ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จากนั้นทำการอ่านและประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ ซึ่งโครงการนี้มีการทดลองกับเซนเซอร์อยู่ทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่ 1 . เซนเซอร์พาสซีฟอินฟราเรดดีเทกเตอร์ (Passive Infrared detector-PIR) จะทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวของหนูทดลอง (Rat) ซึ่งจะตรวจจับเป็นเวลาและทิศทางการเคลื่อนที่ของหนูทดลอง (Rat) 2. Photodiode จะใช้เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับแสง และจะใช้ควบคู่กับ NIR LED เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสงให้กับ Photodiode และจะทำการตรวจจับเวลาและทิศทางการเคลื่อนที่ของหนูทดลอง (Rat) เช่นกันซึ่งข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ทั้ง 2 ประเภท ผู้ใช้สามารถนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมหนูทดลอง (Rat) ได้ เครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนและการวิจัยด้านพฤติกรรมสัตว์ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง เครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ทดลอง นี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และคำแนะนำจากบุคคลดังต่อไปนี้

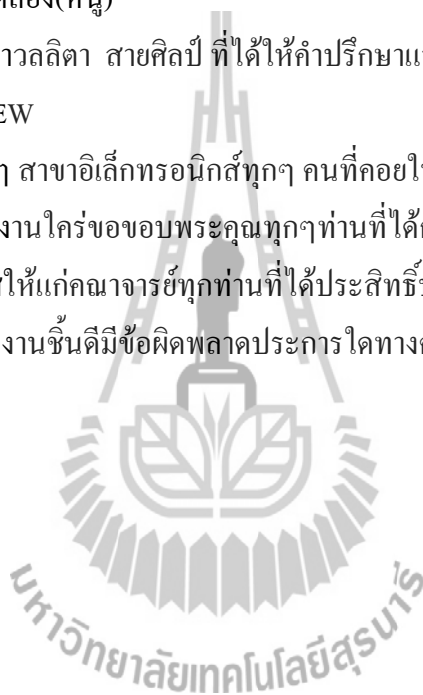
ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้คำชี้แนะแนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. รุ่งฤดี ศรีสวัสดิ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับ T-Maze และพฤติกรรมสัตว์ทดลอง(หนู)

ขอขอบคุณ นางสาวลลิตา สายศิลป์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมLabVIEW

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ทุกๆ คนที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

คณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ขออุทิศให้แก่ณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำโครงการหากโครงการชิ้นนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขออ้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้



นายวิวัฒน์ จันพิทักษ์
นางสาวกัญญา หาญมนต์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า	
บทคัดย่อ	ก	
กิตติกรรมประกาศ		ข
สารบัญ		ค
สารบัญรูปภาพ		จ
สารบัญตาราง		ฉ
บทที่ 1 บทนำ		1
1.1 หลักการและเหตุผล		1
1.2 วัตถุประสงค์		2
1.3 ขอบเขตของการศึกษาโครงการ		2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน		2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ		2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง		3
2.1 บทนำ		3
2.2 T-Maze		3
2.3 Arduino UNO Board		5
2.4 LabVIEW		6
2.5 Passive Infrared Sensor		7
2.6 Photodiode		8
บทที่ 3 การออกแบบ T-Maze โดยใช้หัววัดแบบ Passive Infrared Sensor		10
3.1 บทนำ		10
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบ	10	
3.3 การติดตั้งเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่กับเขาวงกตรูปตัวที่		12
3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ด้วยบอร์ดควบคุม		13
3.5 การแสดงผล		15

สารบัญ(ต่อ)

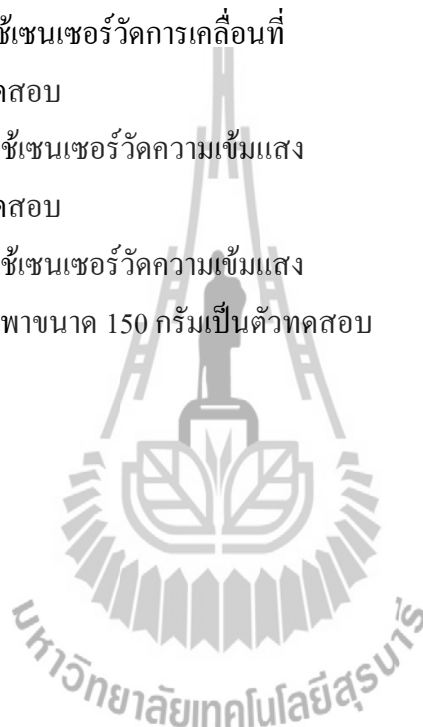
เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การออกแบบ T-Maze โดยใช้ Photodiode	16
4.1 บทนำ	16
4.2 Photodiode	16
4.3 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสงและ NIR LED	17
กับเขาวงกตรูปตัวที	
4.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน	18
4.5 การแสดงผล	19
บทที่ 5 ผลการทดสอบระบบ	20
5.1 ผลการทดสอบการออกแบบและการทำงานของระบบด้วย	20
เซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่โดยใช้มือมนุษย์	
5.2 ผลการทดสอบการออกแบบและการทำงานของระบบด้วย	21
เซนเซอร์วัดความเข้มแสงโดยใช้มือมนุษย์	
5.3 ผลการทดสอบการออกแบบและการทำงานของระบบด้วย	23
เซนเซอร์วัดความเข้มแสงโดยใช้หนูตะเภาขนาด 150 กรัม	
บทที่ 6 สรุป	25
6.1 บทสรุป	25
6.2 ปัญหาและอุปสรรค	25
6.3 แนวทางในการแก้ไข้ปัญหา	25
6.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	25
6.5 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ	25
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	27
ประวัติผู้เขียน	60

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1	(ก) Classic maze (ข) The radial arm maze (ค) Y-Maze (ง) Morris water maze และ (จ) T-Maze	4
2	ลักษณะ โครงสร้างเขาวงกตรูปตัวที (T-Maze)	5
3	บอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino UNO)	5
4	การตอบสนองของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	7
5	Fresnel Lens	8
6	แถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn	9
7	(ก) เซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนที่ และ (ข) ขาของเซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนที่	10
8	เวลาในการตอบสนองของเซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนที่	11
9	(ก) ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนที่กับเขาวงกตรูปตัวที และ (ข) ขอบเขตการตรวจจับของเซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนที่	12
10	แผนภาพของระบบตรวจจับ	14
11	หน้าจอแสดงผลของโปรแกรม LabVIEW	15
12	(ก) Photodiode และ (ข) ขาสัญญาณของ Photodiode	16
13	เวลาในการตอบสนองของเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง	17
14	ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงและ ตำแหน่งการติดตั้ง NIR LED เข้ากับเขาวงกตรูปตัวที	18

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	ขนาดของโครงสร้างเขาวงกตสำหรับ หนูตัวใหญ่ (Rat) และหนูตัวเล็ก (Mouse)
2	การจัดการหาเส้นทางเชอร์วัดการเคลื่อนที่และ ฟังก์ชันในการทำงาน
3	ผลการทดสอบระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ โดยใช้มือมนุษย์เป็นตัวทดสอบ
4	ผลการทดสอบระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสง โดยใช้มือมนุษย์เป็นตัวทดสอบ
5	ผลการทดสอบระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสง โดยใช้หนูตะเภาขนาด 150 กรัมเป็นตัวทดสอบ



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ผศ.ดร. รุ่งฤดี ศรีสวัสดิ์ สาขาวิชาสัตววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับพฤติกรรมสัตว์โดยสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาคือ อหนู (Rat) ซึ่งในการศึกษาเรื่องดังกล่าว จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หลายรูปแบบ หนึ่งในอุปกรณ์ที่ใช้ที่มีชื่อเรียกว่า T-Maze เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะรูปร่างเป็นตัวที ใช้สำหรับฝึกฝนสัตว์ที่ใช้ในการทดลองให้มีความรู้ในการจดจำ (Memory) และสังเกตพฤติกรรมในการเลือกเป็นต้น โดยข้อมูลที่ต้องการจะเป็นเวลาในการเคลื่อนที่ของสัตว์ทดลอง ทิศทางการเคลื่อนที่

เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทนี้ใช้งานกันแคในองค์กรหรือหน่วยงานที่ทำการศึกษาดูเฉพาะทาง จึงทำให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ดังกล่าวผลิตออกมาน้อยชิ้น ส่งผลอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาแพง โครงการนี้สนใจที่จะสร้างต้นแบบที่มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้ใกล้เคียงกับอุปกรณ์ T-Maze โดยใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่า ต้นแบบที่จะสร้างนั้นจะมีระบบที่ง่าย ซึ่งจะออกแบบเป็น 2 แบบ โดยแบบแรกจะใช้พาสซีฟอินฟราเรดดีเทกเตอร์ (Passive infrared detector - PIR) ที่สามารถใช้ตรวจจับคลื่นรังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) ที่แผ่จากมนุษย์หรือสัตว์ที่มีการเคลื่อนไหว และแบบที่สองจะใช้โฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นเซนเซอร์ที่สามารถวัดความเข้มแสง และใช้ไดโอดอินฟราเรด (Near-infrared Diode) เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งการออกแบบทั้งสองแบบจะนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของสัตว์ทดลอง โดย PIR และโฟโตไดโอดจะถูกควบคุมด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) Arduino UNO ให้ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลทิศทางการเคลื่อนที่และระยะเวลาการเคลื่อนที่ของสัตว์ทดลอง จากนั้นนำข้อมูลทางสถิติไปแสดงผลผ่านโปรแกรม LabVIEW และในส่วนของเรื่องโครงสร้างต้นแบบอุปกรณ์จะใช้ต้นแบบมาตรฐานเป็นตัวอ้างอิงในการออกแบบ

ต้นแบบเครื่องมือการตรวจจับพฤติกรรมของสัตว์ จะเป็นเครื่องมือที่มีราคาทุนที่ต่ำ มีระบบการทำงานเข้าใจง่าย สามารถนำไปใช้งานในมหาวิทยาลัยหรือสถาบันต่างๆ คาดหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาระดับต่างๆ นักวิจัย และผู้คนที่มีความสนใจในการศึกษาพฤติกรรมสัตว์

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับพฤติกรรมสัตว์
- 1.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องมือดังกล่าวกับสัตว์ทดลอง

1.3 ขอบเขตของการศึกษาโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาความรู้พื้นฐานในการใช้โปรแกรมLabVIEW
- 1.3.2 ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์ Arduino UNO
- 1.3.3 สร้างต้นแบบที่สามารถใช้ในการทดสอบกับสัตว์ทดลอง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล
- 1.4.2 เขียนโครงการและเสนอโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา
- 1.4.3 หาซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้
- 1.4.4 ออกแบบวิธีการติดตั้งเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่
- 1.4.5 ออกแบบวิธีการติดตั้งโฟโตไดโอดและอินฟราเรดไดโอด
- 1.4.6 เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากเซนเซอร์
- 1.4.7 เขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลที่รับจากเซนเซอร์
- 1.4.8 เขียนโปรแกรมเพื่อแสดงผลข้อมูลด้วยโปรแกรมLabVIEW
- 1.4.9 เขียนแบบอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดด้วยโปรแกรม Solid Work 2013
- 1.4.10 สร้างอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์
- 1.4.11 สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
- 1.4.12 นำเสนอโครงการ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ต้นแบบที่สามารถนำไปใช้งานศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ได้ โดยมีผลการทดลองการใช้งานจากผู้ใช้งาน

บทที่ 2

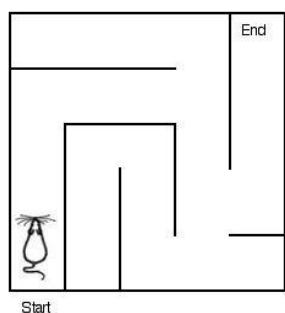
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.2 บทนำ

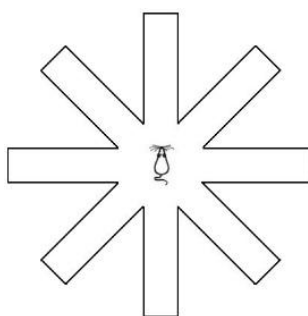
เครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ ใช้สำหรับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของสัตว์ทดลอง โดยอาศัยอุปกรณ์เซนเซอร์ในการตรวจจับ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์จะถูกส่งต่อไปยังบอร์ดควบคุม จากนั้นจะใช้โปรแกรม LabVIEW ในการประมวลผลและแสดงผล ในบทนี้จะอธิบายหลักการและการใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงานดังที่กล่าวมาข้างต้น

2.1 T-Maze

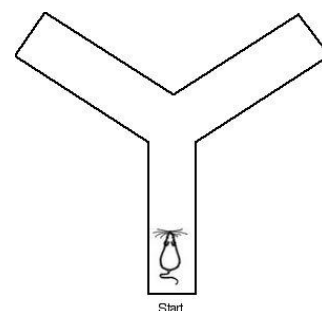
ตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 20 หนูถูกใช้เป็นสัตว์ทดลองในเครื่องมือเขาวงกตทดลอง (Maze) เพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ โดยรูปแบบของเครื่องมือเขาวงกตนั้นมีหลายรูปแบบ ได้แก่ เขาวงกต (Classic Maze) เขาวงกตรูปตัวที (T-Maze) เขาวงกตตัววาย (Y-Maze) เขาวงกตมอริส (Morris Water Maze) และเขาวงกตหลายแขน (The radial arm maze) ดังรูปที่ 1 (ก) Classic maze (ข) The radial arm maze (ค) Y-Maze (ง) Morris water maze และ (จ) T-Maze ซึ่งการศึกษาโดยใช้เขาวงกตเหล่านี้จะถูกใช้ในการศึกษาการเรียนรู้เชิงพื้นที่และหน่วยความจำในหนู (Rat) ทำให้ค้นพบหลักการทั่วไปเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้กับสัตว์หลายชนิดรวมทั้งมนุษย์ ในปัจจุบันเขาวงกตถูกใช้ในการตรวจสอบว่าการรักษาที่แตกต่างกันหรือเงื่อนไขส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้และหน่วยความจำในหนูอย่างไร โดยรูปแบบของเครื่องมือเขาวงกตแต่ละรูปแบบจะให้ข้อมูลที่ต่างกันออกไป ยกตัวอย่างเช่นรูปแบบเขาวงกตรูปตัวที สามารถใช้ในการฝึกฝนให้หนูทดลองมีความทรงจำให้สามารถเดินไปยังจุดหมายและทดสอบการตัดสินใจเลือก



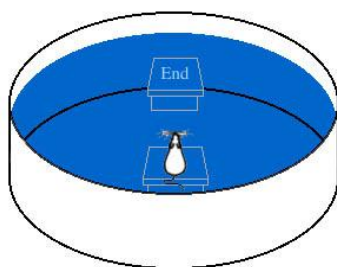
(ก)



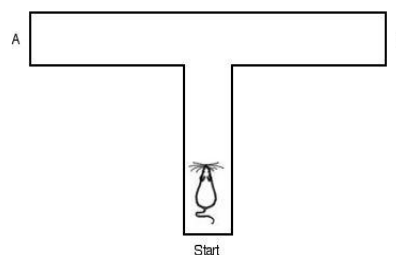
(ข)



(ค)



(ง) (จ)

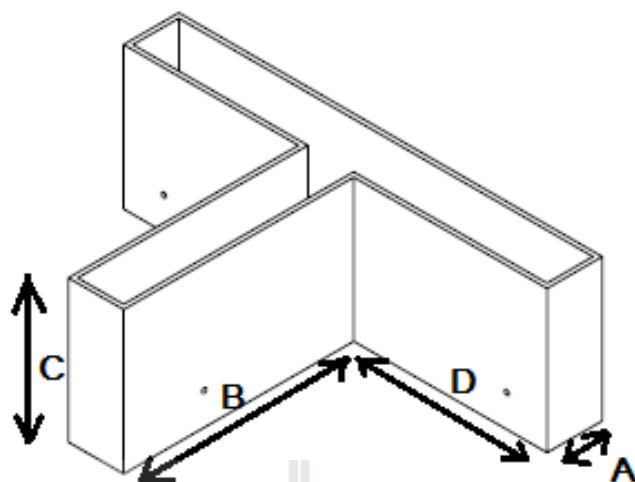


รูปที่ 1 (ก)Classic maze (ข)The radial arm maze (ค)Y-Maze (ง)Morris water maze และ
(จ)T-Maze

ในการทดลองจะใช้หนูทดลองอยู่สองประเภทคือ หนูตัวใหญ่ (Rat) และหนูตัวเล็ก (Mouse) เครื่องมือเขาวงกตรูปตัวที (T-Maze) จึงมีขนาดมาตรฐานของหนูแต่ละประเภทแตกต่างกัน ขนาดโครงสร้างของเครื่องมือเขาวงกตรูปตัวที (T-Maze) แบ่งเป็น 2 กรณีสำหรับหนูตัวใหญ่ และสำหรับหนูตัวเล็ก ขนาดของเขาวงกตรูปตัวที (T-Maze) ทั้ง 2 กรณีแสดงดังตารางที่ 1 ขนาดของโครงสร้างเขาวงกตสำหรับหนูตัวใหญ่ (Rat) และหนูตัวเล็ก (Mouse)และรูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างเขาวงกตรูปตัวที (T-maze)

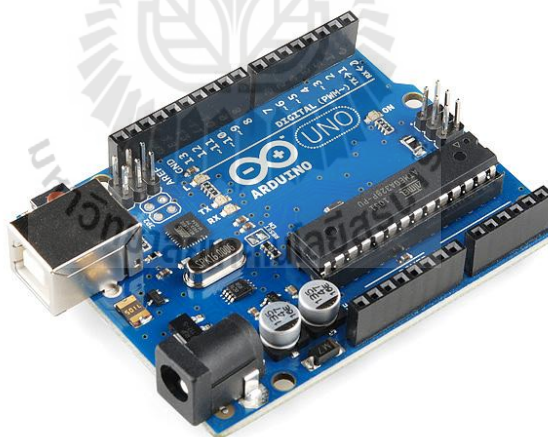
ตารางที่ 1 ขนาดของโครงสร้างเขาวงกตสำหรับหนูตัวใหญ่ (Rat) และหนูตัวเล็ก (Mouse)

ประเภทหนูทดลอง	ความกว้างทางเดิน (A)	ความยาวของขาตัวที (B)	ความสูงของกำแพง (C)	ความยาวของแขน(D)
หนูตัวเล็ก (Mouse)	5cm	35cm	10cm	28cm
หนูตัวใหญ่(Rat)	10cm	50cm	20cm	40cm



รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างเขาวงกตรูปตัวที (T-maze)

2.2 Arduino UNO board



รูปที่ 3 บอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino UNO board)

Arduino UNO Board เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ใช้ ATmega328 เป็น MCU หลัก รัทความถี่ 16 MHz เป็นบอร์ดที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software นอกจากนี้ยังสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Shield)

ประเภทต่างๆ เช่น XBee Shield, MusicShield, Relay Shield, Wireless Shield, GPRS Shield เป็นต้น และบอร์ดนี้เป็นบอร์ดที่สามารถทำงานร่วมกับ LabVIEW ได้ จุดเด่นของ Arduino UNO Board คือการใช้งานที่ง่ายโดยเฉพาะด้านการเขียนโปรแกรม มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานที่ไม่ซับซ้อน

คุณสมบัติหลักของ Arduino UNO Board

Microcontroller ATmega328

Operating Voltage 5 V

Input Voltage (recommended) 7-12 V

Input Voltage (limits) 6-20 V

Digital I/O Pins 14 (of which 6 provide PWM output)

Analog Input Pins 6

DC Current per I/O Pin 40 mA

DC Current for 3.3V Pin 50 mA

Flash Memory 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader

SRAM 2 KB (ATmega328)

EEPROM 1 KB (ATmega328)

Clock Speed 16 MHz

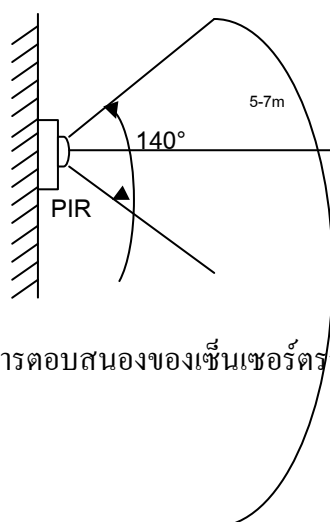
2.3 LabVIEW

LabVIEW เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) นั่นคือผู้ใช้พัฒนาโปรแกรมไม่จำเป็นต้องเขียน Code หรือคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น และภาษาที่ใช้ในโปรแกรมจะเรียกว่าเป็นภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่าภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดภาษาพื้นฐานเช่น C, BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด โดยจะช่วยอำนวยความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงไปได้มาก โดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่น Port หรือ Card ต่างๆ ผ่านบอร์ด Data Acquisition ใช้งานเป็น Monitoring หรือในการควบคุมการวัดค่าต่างๆ เช่น strain อุณหภูมิ หรือสัญญาณอื่นๆ การใช้งานจะเป็นการเขียนโปรแกรมแบบลากวางแล้วโยงเส้นสัญญาณเชื่อมเข้าหากันในแต่ละบล็อกและมีตัวเซนเซอร์รับสัญญาณเข้ามา โดยเอาต์พุตที่ได้จากเซนเซอร์เหล่านี้จะมีค่าเป็นแรงดันหรือกระแสซึ่ง LabVIEW สามารถอ่านค่าที่ผ่านเข้ามาทาง Arduino UNO board แล้วบันทึกค่าเป็นไฟล์ข้อมูลได้

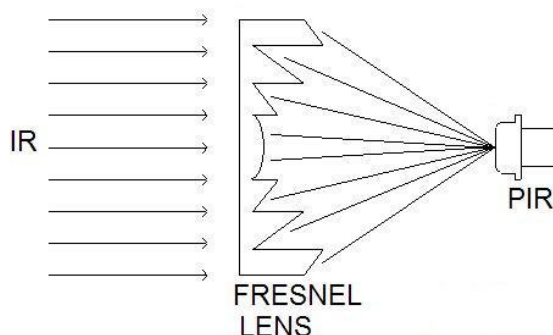
ในส่วนของการใช้งานLabVIEWการทำงานของโปรแกรมใน LabVIEW นั้นใช้หลักการที่เรียกว่าการไหลของข้อมูลหรือ “Data Flow Programming” โปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นโดย LabVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือ VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดเสมือน โดยใน LabVIEW จะมีFront Panelซึ่งจะมีไว้เพื่อแสดงและควบคุมการทำงาน ซึ่งจะมีส่วนประกอบต่างๆไว้สำหรับออกแบบหน้าจอ เช่น จอแสดงผลแบบออสซิลโลสโคป และ สวิตช์ เป็นต้นซึ่งทั้งหมดนี้จะทำงานผ่านจอคอมพิวเตอร์และในส่วนสำหรับเขียนโปรแกรมเรียกว่า Block Diagram ซึ่งจะเป็นการเขียนโปรแกรมด้วยรูปภาพ หลักการในการทำงานจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ส่วนแรก Acquisition เป็นส่วนที่รับข้อมูล(Input)จากภายนอกเข้าสู่ระบบซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถรับมาได้จากDAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า) , IMAQ(สำหรับข้อมูลประเภทรูป) หรือ GPIB(สำหรับควบคุมเครื่องมือวัด)ส่วนที่สองจะนำข้อมูลที่ได้อุปวิเคราะห้และสุดท้ายจะนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลไปแสดงผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

2.4 Passive Infrared Sensor

Passive infrared motion sensor หรือเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว จะใช้หลักการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของพลังงานความร้อน จากการเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟราเรด (ความยาวคลื่นตั้งแต่ 1100 นาโนเมตรขึ้นไป) ที่แผ่ออกมาจากตัวของหนูทดลองในขณะที่หนูทดลองมีการเคลื่อนที่จะมีพลังงานความร้อนแผ่ออกมาในปริมาณที่แน่นอนอยู่จำนวนหนึ่ง โดยจะมี Fresnel lens เพื่อที่จะโฟกัสความร้อนจากตำแหน่งต่างๆให้มาตกกระทบบที่ Pyroelectric เพื่อตรวจจับพลังงานที่แผ่ออกมาอีกด้วย เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวจะมีขนาดเล็กที่ถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายโดยใช้ขาเชื่อมต่อเพียง 1 ขาทำงานในช่วงแรงดัน 5-20 V สามารถเลือกโหมดสัญญาณเอาต์พุตได้ และสามารถวัดได้ไกลถึง 7 เมตร โดยมีลักษณะการตอบสนองเป็นรูปโคนดังรูปที่ 4 การตอบสนองของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว



รูปที่ 4 การตอบสนองของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว



รูปที่ 5 Fresnel Lens

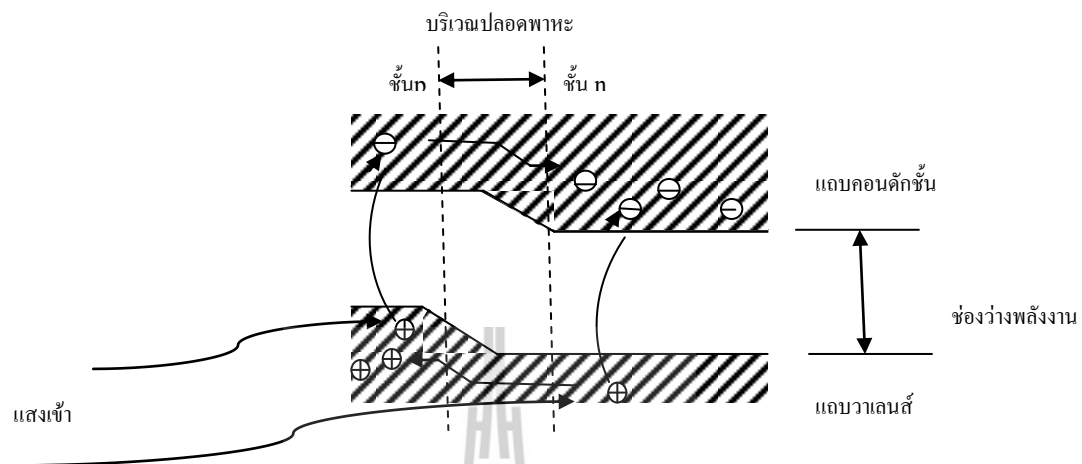
2.5 โฟโตไดโอด (Photodiode)

โฟโตไดโอดจะใช้เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับแสง ซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริกแบบภายใน โครงสร้างพื้นฐานเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดรอยต่อ pn เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่รอยต่อ pn จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าและแรงดันขึ้น อาจกล่าวได้ว่าโฟโตไดโอดนั้นหมายถึงเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าและใช้ตรวจวัดความเข้มของแสง ซึ่งในปัจจุบันโฟโตไดโอดแบบรอยต่อ pn มีราคาไม่แพงและมีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ คุณสมบัติเด่นโดยทั่วไปของโฟโตไดโอดคือสัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงอินพุตแบบเชิงเส้น ได้ดีมีสัญญาณรบกวนต่ำตอบสนองต่อแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่กว้างมีขนาดเล็กกะทัดรัด เบา และมีอายุการใช้งานยาวนาน

2.5.1 หลักการทำงานของโฟโตไดโอด

รูปที่ 6 แสดงลักษณะแถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn การเกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลนั้นเกิดขึ้นได้ทั้งในชั้น p ชั้นปลอดพาหะ และชั้น n อิเล็กตรอนที่เกิดในแถบคอนดักชันในชั้น p จะแพร่กระจายไปสู่ชั้น n และอิเล็กตรอนที่เกิดในแถบคอนดักชันในชั้นปลอดพาหะจะถูกศักย์ไฟฟ้าภายในพัดพาให้วิ่งไปสู่ชั้น n ส่วนกรณีโฮลก็จะไหลในทิศทางตรงข้ามกับอิเล็กตรอน จำนวนการเกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลนั้นจะแปรผันกับจำนวนโฟตอนของแสงที่สารกึ่งตัวนำดูดกลืน อิเล็กตรอนที่สะสมในชั้น n จะทำให้ชั้น n มีประจุไฟฟ้าเป็นลบและโฮลที่ไปสะสมในชั้น

p จะทำให้ชั้น p มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ถ้าเราต่อโฟโตไดโอดกับวงจรภายนอก อิเล็กตรอนก็จะไหลจากชั้น n และโฮลก็จะไหลจากชั้น p ไปวงจรภายนอก



รูปที่ 6 แถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn



บทที่ 3

การออกแบบT-Mazeโดยใช้หัววัดแบบPassive Infrared Sensor

3.1 บทนำ

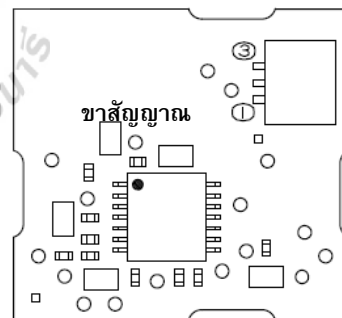
บทนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบของเครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ โดยจะพูดถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ รวมไปถึงการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทำโครงงาน

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบ

ในการออกแบบเครื่องมือ T-Maze โดยใช้เซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนที่ (Motion sensor #BP4001)เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัตถุสิ่งของ หรือสิ่งมีชีวิตที่เกิดการเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจจับพฤติกรรมของสัตว์ทดลอง คำสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่จะอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรมควบคุม



(ก)



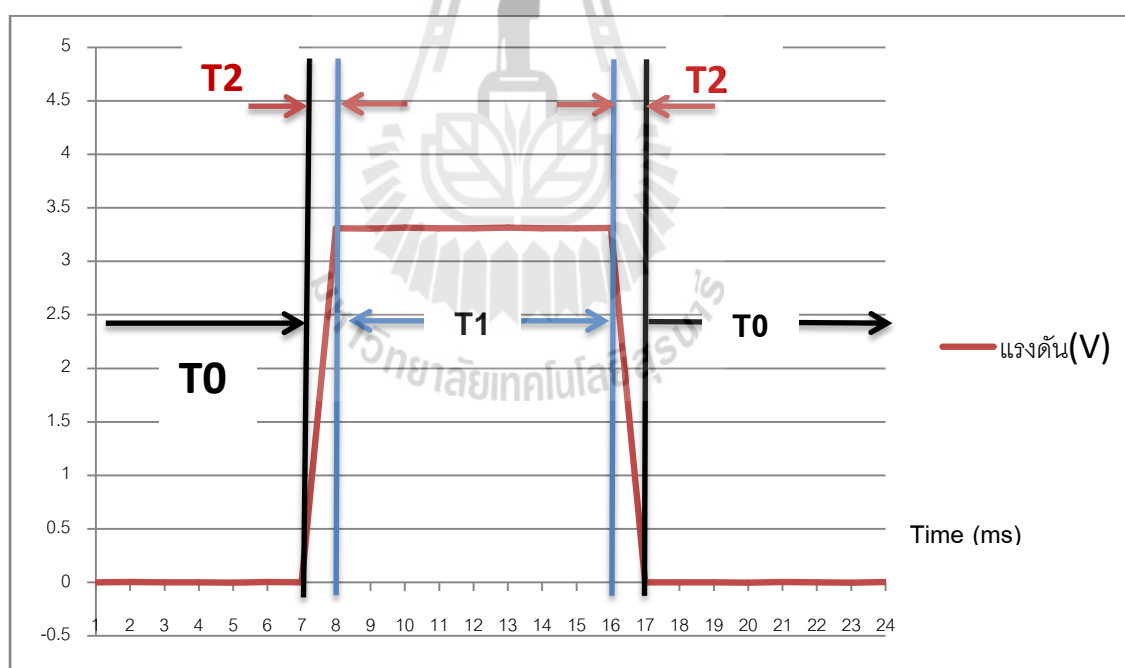
(ข)

รูปที่ 7 (ก) เซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ และ (ข) ขาของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่

ตารางที่ 2 การจัดการขาสั้นเซอร์วัดการเคลื่อนที่ และฟังก์ชันในการทำงาน

ลำดับขาสัญญาณ	หน้าที่ของขาสัญญาณ
1	ขาสัญญาณกราวด์
2	ขาสัญญาณเอาต์พุต
3	ขาสัญญาณสำหรับป้อนแหล่งจ่าย

เวลาในการตอบสนอง (Response time) ของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ที่ได้แสดงในรูปที่ 8 เวลาในการตอบสนองของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่เมื่อรับสัญญาณอินพุตเข้ามาในขณะที่มีการตรวจจับวัตถุแล้วให้สัญญาณเอาต์พุตออกไปยังอุปกรณ์ประมวลผล เวลาในการตอบสนอง เป็นเวลาระหว่างขอบของระยะที่ตรวจจับแล้วมีการเปลี่ยนสถานะเอาต์พุตซึ่งเวลาตอบสนองของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ จะใช้เวลา 1 ms ซึ่งจะส่งผลให้การใช้งานในการตรวจจับ วัตถุมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



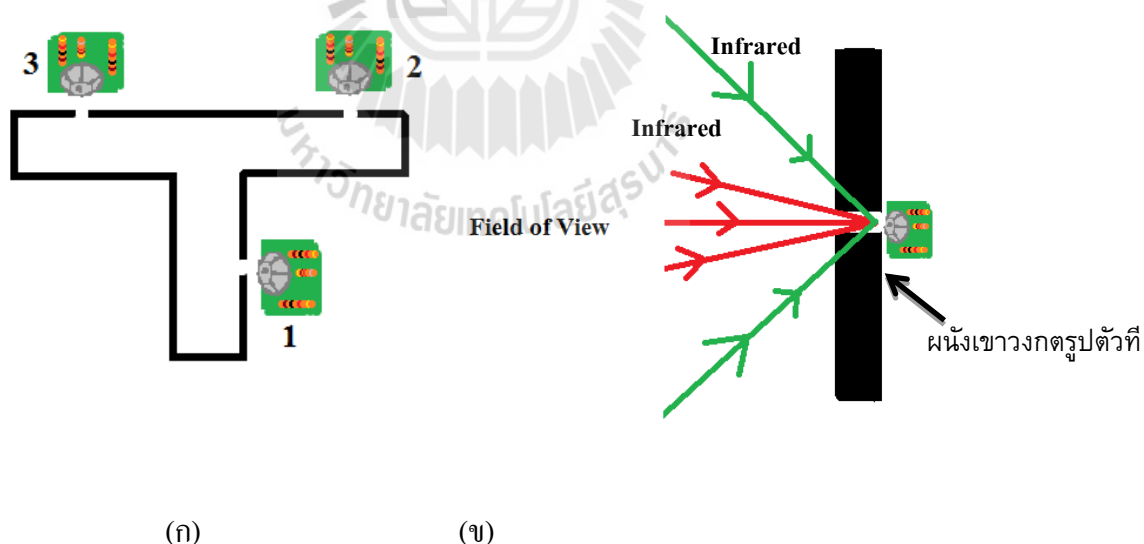
รูปที่ 8 เวลาในการตอบสนองของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่

T0 คือช่วงเวลาที่เซนเซอร์ไม่พบการเคลื่อนที่ของวัตถุ ,T1คือช่วงเวลาที่เซนเซอร์พบการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีขนาดเท่ากับ 3.3Vโดยสัญญาณจะคงสถานะไว้

ประมาณ 9-10 วินาที หลังจากที่มีเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ , T2 คือช่วงเวลาที่เซนเซอร์ทำการเปลี่ยนสถานะโดยตัวเซนเซอร์จะใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะ 1 ms

3.3 การติดตั้งเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ กับเขาวงกตรูปตัวที

การติดตั้งเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่กับเขาวงกตรูปตัวที จะติดตั้งด้วยกันทั้งหมดสามจุดตามในภาพที่ 9 (ก) ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่กับเขาวงกตรูปตัวทีได้แก่ จุดเริ่มต้น (1) จุดสิ้นสุดทางขวา(2)และจุดสิ้นสุดทางซ้าย(3) และในรูปที่ 9 (ข) ขอบเขตการตรวจจับของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ที่มีรัศมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เพื่อบ่งชี้ให้ขอบเขตการตรวจจับ (Field of View, FoV) ของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่มีขนาดแคบลง เนื่องจากว่าวัสดุที่ใช้ในการทำโครงสร้างเขาวงกตรูปตัวที ทำมาจากพลาสติกอะคริลิก ซึ่งรังสีอินฟราเรดไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นพลาสติกอะคริลิกได้ จึงทำให้ขอบเขตการตรวจจับของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่มีขนาดแคบลง โดยเส้นสีเขียวและเส้นสีแดงในรูปที่ 9 (ข) ขอบเขตการตรวจจับของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ คือขนาดขอบเขตการตรวจจับก่อนนำมาติดตั้งกับเขาวงกตรูปตัวทีและขนาดขอบเขตการตรวจจับหลังนำมาติดตั้งกับเขาวงกตรูปตัวที ตามลำดับ

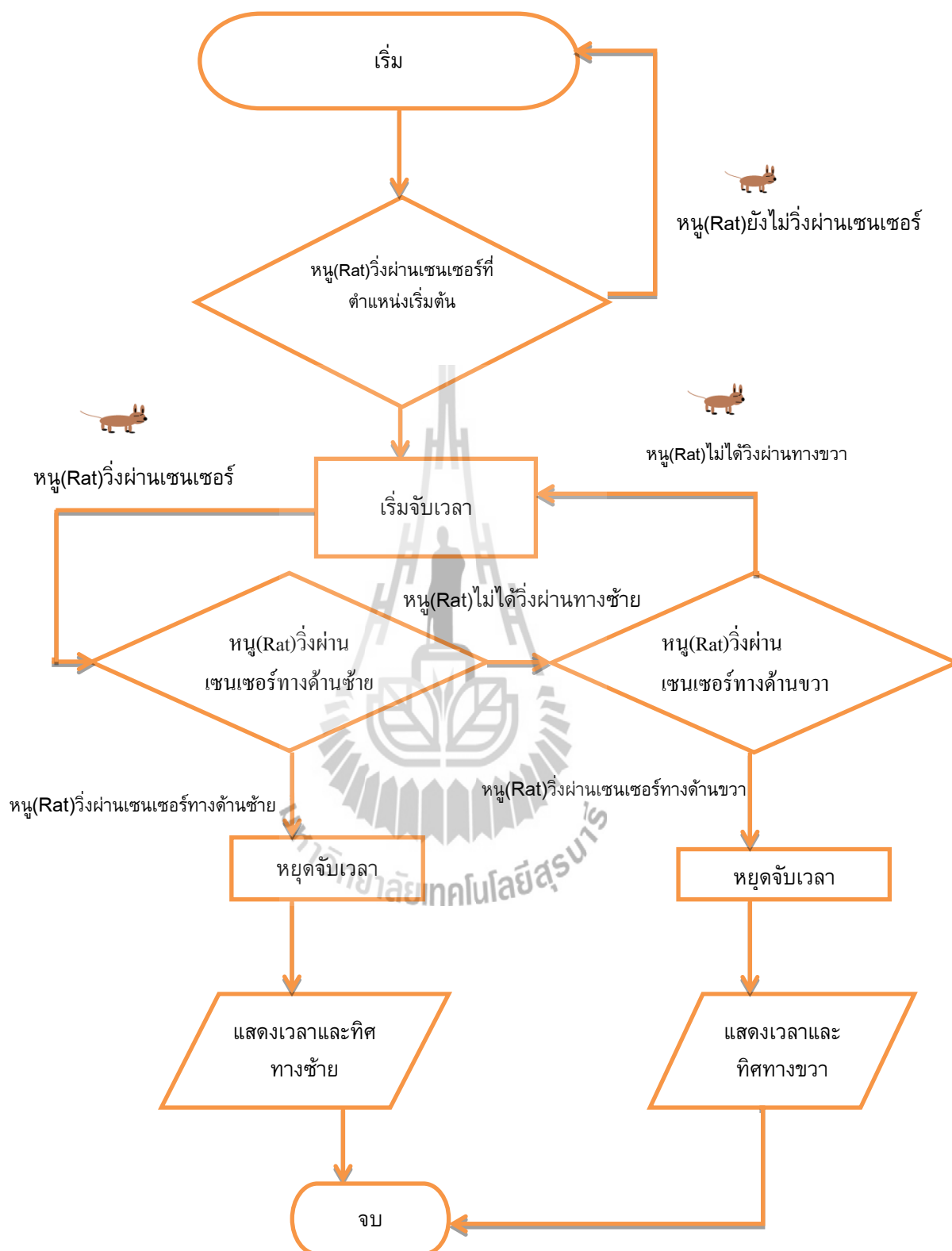


รูปที่ 9 (ก)ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่กับเขาวงกตรูปตัวทีและ(ข)ขอบเขตการตรวจจับของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่

3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ ด้วยบอร์ดควบคุม

การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของหนูทดลอง เมื่อให้หนูทดลองทดสอบเดินในเขาวงกต รูปตัวที่ ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หนูทดลองจะถูกล่อจากจุดเริ่มต้น และสังเกตว่าหนูทดลองจะเลือกเดินไปทางซ้ายหรือทางขวา ซึ่งในการเขียนโปรแกรมควบคุมเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ เพื่อที่เก็บข้อมูลในการทดลองของหนูทดลอง โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นเวลาในการเดินทางของหนูทดลอง จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดและทิศทางที่หนูทดลองเคลื่อนที่ไปทางซ้ายหรือขวา ในส่วนของการเขียนโปรแกรมควบคุมเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ ให้สามารถนับเวลาและบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของหนูทดลอง จะต้องเขียนโปรแกรมให้เซนเซอร์ทั้งสามตัวทำงานกันอย่างเป็นระบบ

ในรูปที่ 10 แผนภาพของระบบตรวจจับ เป็นขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อหนูทดลองวิ่งผ่านเซนเซอร์ที่ตำแหน่งเริ่มต้น จะทำให้เซนเซอร์ได้รับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากหนูทดลอง รังสีอินฟราเรดจะไปกระตุ้นการทำงานของเซนเซอร์ที่ตำแหน่งเริ่มต้นให้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณเอาต์พุต เมื่อสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์ที่ตำแหน่งเริ่มต้นมีการเปลี่ยนแปลง ระบบก็จะทำการจับเวลา จนกระทั่งหนูทดลองวิ่งผ่านไปที่เซนเซอร์ที่ตำแหน่งทางซ้ายหรือทางขวา ระบบจะหยุดจับเวลาและนำค่าเวลาที่ได้แสดงผลออกทางหน้าจอ พร้อมทั้งแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของหนูทดลอง



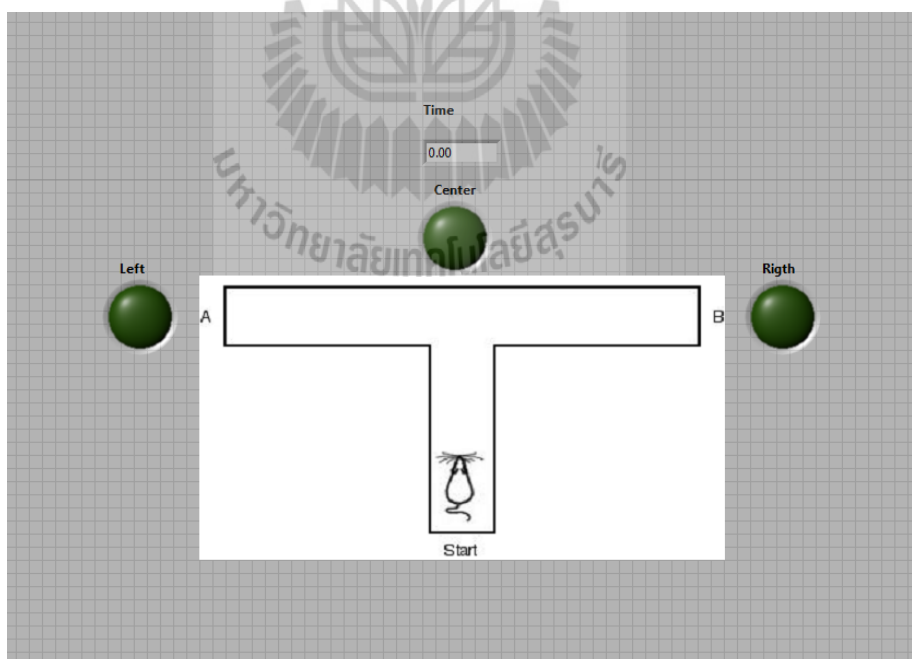
รูปที่ 10 แผนภาพของระบบตรวจจับ

3.5 การแสดงผล

ในการทดลองต่างๆ จะต้องมีการเก็บบันทึกข้อมูลหลังจากการทดลองเสร็จ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ออกไปวิเคราะห์ผล โดยข้อมูลดังกล่าวจะต้องมีความถูกต้อง ในส่วนของการแสดงผลของระบบตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ทดลอง จะแสดงผลผ่านโปรแกรม LabVIEW เพื่อให้ผู้ทดลองสามารถอ่านค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้สะดวก

ในรูปที่ 11 การทำอินเทอร์เฟซระหว่าง Arduino UNO Board กับโปรแกรม LabVIEW หลังจากการทดลอง บอร์ดควบคุมจะทำการบันทึกค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองไว้ที่ตัวแปรที่กำหนด จากนั้นจะใช้โปรแกรม LabVIEW ทำการอินเทอร์เฟซร่วมกับบอร์ดควบคุม เพื่อดึงค่าข้อมูลจากตัวแปรดังกล่าว เพื่อนำมาแสดงผล โดยการสื่อสารผ่านทาง Serial Communication ซึ่งคอมพิวเตอร์จะมองเห็น Arduino UNO Board เป็นเหมือน Comport อนุกรม (เสมือน) ซึ่งข้อมูลจะวิ่งเข้า ออก ณ จุดนี้ จาก คอมพิวเตอร์ไปยัง Arduino UNO Board และจาก Arduino UNO Board ไปยังคอมพิวเตอร์

ในรูปที่ 12 หน้าจอแสดงผลของโปรแกรม LabVIEW จะประกอบด้วยส่วนที่แสดงค่าเวลาที่มิหน่วยเป็นวินาทีและทิศทางการเคลื่อนที่ของหนูทดลอง



รูปที่ 11 หน้าจอแสดงผลของโปรแกรม LabVIEW

บทที่ 4

การออกแบบ T-Maze โดยใช้ Photodiode

4.1 บทนำ

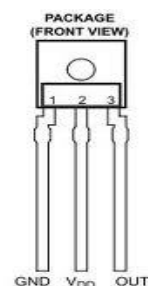
บทนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบของเครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ โดยจะพูดถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ รวมไปถึงการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทำโครงงาน

4.2 Photodiode

ในการออกแบบเครื่องมือ T-Maze โดยใช้ Photodiode ที่แสดงในรูปที่ 14(ก) Photodiode ตัวเซนเซอร์ดังกล่าวเป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่สามารถวัดความเข้มแสง โดยชนิดของโฟโตไดโอด เป็นแบบที่สามารถตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรดได้และจากรูปที่ 15 (ข) ขาสัญญาณของโฟโตไดโอด ใช้แสดงค่าสัญญาณของแต่ละขา ประกอบด้วย ขาสัญญาณกราวด์ ขาสัญญาณอินพุตและขาสัญญาณเอาต์พุต เนื่องจากภายในตัวโฟโตไดโอด มีวงจรขยายสัญญาณ ทำให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีค่าสูงขึ้น



(ก)

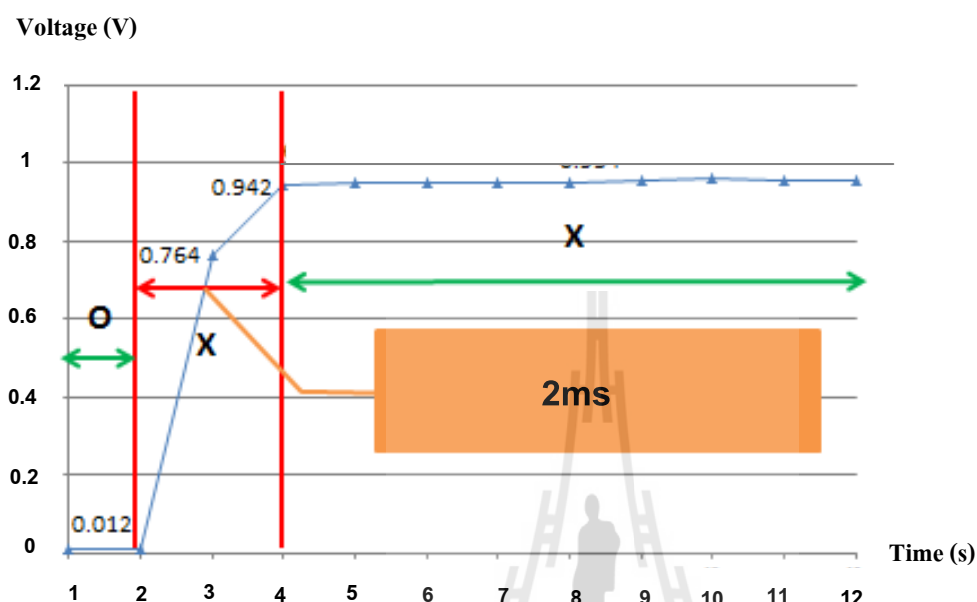


(ข)

รูปที่ 12 (ก) Photodiode และ (ข) ขาสัญญาณของโฟโตไดโอด

จากรูปที่ 15 เวลาในการตอบสนอง (Response time) ของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงโดย O คือช่วงเวลาที่เซนเซอร์ไม่มีแสงมาตกกระทบบที่ตัวเซนเซอร์และ X คือช่วงเวลาที่มิแสงมาตกกระทบบ

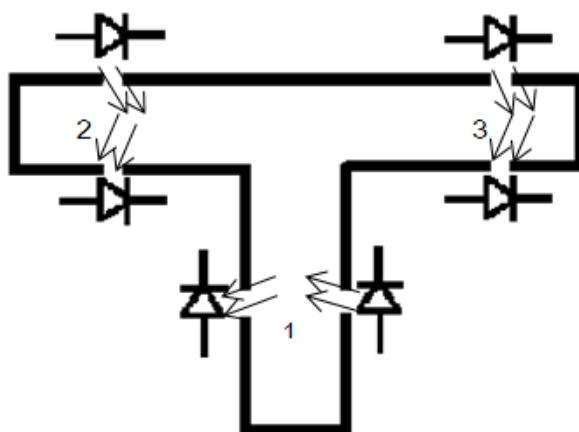
ที่ตัวเซนเซอร์ เวลาในการตอบสนอง(Response time)เป็นเวลาระหว่างขอบของระยะที่ตรวจจับแล้วมีการเปลี่ยนสถานะเอาต์พุตซึ่งเวลาตอบสนองของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงจะใช้เวลา 1 ms



รูปที่ 13 เวลาในการตอบสนองของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

4.3 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสงและ NIR LED กับเขาวงกตรูปตัวที

การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสงและ NIR LED (ช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร) เข้ากับเขาวงกตรูปตัวที จะติดตั้งด้วยกันทั้งหมดสามจุดตามในรูปที่ 16 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสงและตำแหน่งการติดตั้ง NIR LEDเข้ากับเขาวงกตรูปตัวทีได้แก่ จุดเริ่มต้น (1) จุดสิ้นสุดทางขวา(2)และจุดสิ้นสุดทางซ้าย(3) ที่ตำแหน่งของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงและตำแหน่งการติดตั้ง NIR LEDแต่ละจุดจะมีรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร โดยรูจะถูกเจาะให้มีตำแหน่งของรูที่ตรงกันเพื่อให้ฝั่งของ NIR LEDเป็นแหล่งกำเนิดแสงให้กับเซนเซอร์วัดความเข้มแสง



รูปที่ 14 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสงและตำแหน่งการติดตั้ง NIR LED เข้ากับเขาวงกตรูปตัวที

สำหรับการติดตั้ง NIR LED ทั้งสามตัวจะถูกต่อเข้ากับ ตัวต้านทาน (Resistor) ขนาด 800 โอห์ม เพื่อใช้ลดแรงดันที่ตกคร่อม NIR LED ทำให้แสงมีความเข้มแสงน้อยลง เนื่องจากเซนเซอร์วัดความเข้มแสงมีความบอบบางและมีความไวต่อแสงมากอาจจะทำให้เซนเซอร์เสียหายได้

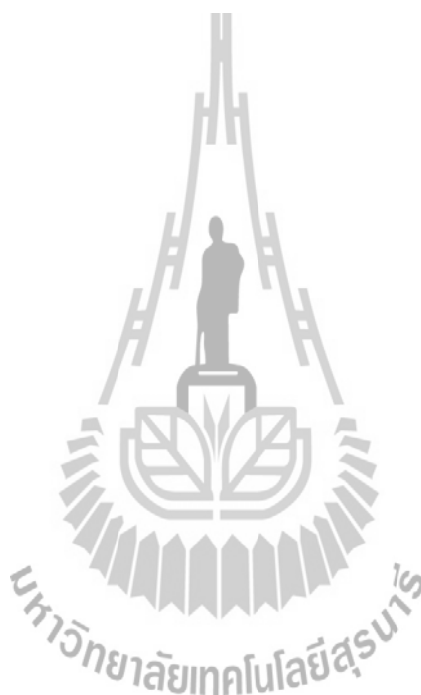
4.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของหนูทดลอง เมื่อให้หนูทดลองทดสอบเดินในเขาวงกตรูปตัวทีอย่างที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หนูทดลองจะถูกปล่อยจากจุดเริ่มต้น และสังเกตว่าหนูทดลองจะเลือกเดินไปทางซ้ายหรือทางขวา ซึ่งในการเขียน โปรแกรมควบคุมเซนเซอร์วัดความเข้มแสง เพื่อที่เก็บข้อมูลในการทดลองของหนูทดลอง โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นเวลาในการเดินทางของหนูทดลอง จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดและทิศทางที่หนูทดลองเคลื่อนที่ไปทางซ้ายหรือขวา ในการเขียนโปรแกรมควบคุมเซนเซอร์วัดความเข้มแสงให้สามารถนับเวลาและบอกทิศทางเคลื่อนที่ของหนูทดลอง จะต้องเขียนโปรแกรมให้เซนเซอร์ทั้งสามตัวทำงานกันอย่างเป็นระบบ

จากรูปที่ 10 แผนภาพของระบบตรวจจับ เป็นขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อหนูทดลองวิ่งผ่านเซนเซอร์ที่ตำแหน่งเริ่มต้น จะทำให้แสงที่ส่องจาก NIR LED ไม่ไปตกกระทบที่เซนเซอร์วัดความเข้มแสง ซึ่งจะทำให้ค่าเอาต์พุตของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์ที่ตำแหน่งเริ่มต้นมีการเปลี่ยนแปลง ระบบก็จะทำการจับเวลา จนกระทั่งหนูทดลองวิ่งผ่านไปที่เซนเซอร์ที่ตำแหน่งทางซ้ายหรือทางขวา ระบบจะหยุดจับเวลาและนำค่าเวลาที่ได้แสดงผลออกทางหน้าจอ พร้อมทั้งแสดงทิศทางเคลื่อนที่ของหนูทดลอง

4.5การแสดงผล

ในการทดลองต่างๆ จะต้องมีการเก็บบันทึกข้อมูลหลังจากการทดลองเสร็จ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ออกไปวิเคราะห์ผล โดยข้อมูลดังกล่าวจะต้องมีความถูกต้อง ในส่วนของการแสดงผลของระบบตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ทดลอง จะแสดงผลผ่านโปรแกรมLabVIEWเพื่อให้ผู้ทดลองสามารถอ่านค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้สะดวก ซึ่งในส่วนที่กล่าวมาจะมีขั้นตอนการทำงานเหมือนของการออกแบบT-Maze โดยใช้หัววัดแบบ Passive Infrared Sensor



บทที่ 5

ผลการทดสอบระบบ

5.1 ผลการทดสอบการออกแบบและการทำงานของระบบด้วยเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่โดยใช้มือมนุษย์

จากข้อมูลในตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบโดยใช้มือมนุษย์ เป็นการทดสอบเพื่อวัดความถูกต้องของระบบในการจับเวลาและระบุทิศทางการเคลื่อนที่ โดยใช้มือมนุษย์เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ ทำการทดสอบทั้งหมด 20 ครั้ง ซึ่งข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การจับเวลาของระบบไม่ตรงกับการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา เวลาที่ระบบได้วัดเกิดความคลาดเคลื่อนทุกครั้งที่ทดสอบ โดยค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่า 7.92 วินาทีและค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดมีค่า 1.04 วินาที โดยค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนของระบบมีค่า 25.74 เปอร์เซ็นต์ การที่ระบบผิดพลาดเช่นนี้เนื่องจากว่าเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่มีขอบเขตการตรวจจับกว้างเกินไป ทำให้เซนเซอร์ตรวจพบมือก่อนที่จะถึงจุดที่ควรจะเริ่มจับเวลา เวลาที่วัดได้จากเซนเซอร์ทุกครั้งของการทดสอบจึงมีค่าน้อยกว่าเวลาที่วัดได้จากนาฬิกาจับเวลาและในส่วน of ข้อมูลทิศทางเคลื่อนที่ที่ได้จากเซนเซอร์มีความถูกต้องทุกครั้งที่ทดสอบ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่โดยใช้มือมนุษย์เป็นตัวทดสอบ

ครั้งที่	ระยะเวลาที่ได้จากนาฬิกาจับเวลา (s)	ระยะเวลาที่ได้จากเซนเซอร์ (s)	ค่าความคลาดเคลื่อน (s)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)	ทิศทางที่ถูกต้อง	ทิศทางที่ได้จากเซนเซอร์
1	9.12	8.08	1.04	11.4	L	L
2	14.25	11.52	2.73	19.15	L	L
3	8.67	5.92	2.75	31.71	L	L
4	18.43	11.45	6.98	37.87	R	R
5	6.94	5.2	1.74	25.07	L	L
6	10.05	7.83	2.22	22.08	L	L
7	18.22	13.67	4.55	24.97	R	R
8	21.89	14.22	7.67	35.03	R	R
9	20.01	18.62	1.39	6.94	R	R
10	12.55	6.97	5.58	44.46	L	L

ตารางที่ 3 (ต่อ) ผลการทดสอบระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่โดยใช้มือมนุษย์เป็นตัวทดสอบ

ครั้งที่	ระยะเวลาที่ได้จากนาฬิกาจับเวลา (s)	ระยะเวลาที่ได้จากเซนเซอร์ (s)	ค่าความคลาดเคลื่อน (s)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)	ทิศทางที่ถูกต้อง	ทิศทางที่ได้จากเซนเซอร์
11	13.29	11.84	1.45	10.91	R	R
12	24.91	21.19	3.72	14.93	L	L
13	16.61	13.27	3.34	20.1	L	L
14	24.38	17.11	7.27	29.81	R	R
15	30.91	24.71	6.2	20.05	R	R
16	11.65	5.63	6.02	51.67	R	R
17	15.53	13.81	1.72	11.07	R	R
18	22.19	16.79	5.4	24.33	L	L
19	18.07	10.15	7.92	43.82	R	R
20	13.12	9.28	3.84	29.26	L	L
ค่าเฉลี่ย				25.7315		

ข้อมูลในตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบโดยใช้มือมนุษย์ แสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบด้วยเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ จะได้ข้อมูลที่ได้มีความผิดพลาดสูง สาเหตุที่ทำให้ระบบเกิดความผิดพลาด เนื่องจากเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่มีขนาดของขอบเขตการตรวจจับกว้างมาก ในการออกแบบดังรูปที่ 9 (ก) ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่กับเขาวงกตรูปตัวที่ และ (ข) ขอบเขตการตรวจจับของเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ ไม่สามารถลดขนาดของขอบเขตการตรวจจับของเซนเซอร์ได้ จึงทำให้การออกแบบระบบด้วยเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ไม่สามารถนำไปใช้งานในการทดลองได้

5.2 ผลการทดสอบการออกแบบและการทำงานของระบบด้วยเซนเซอร์วัดความเข้มแสงโดยใช้มือมนุษย์

จากข้อมูลในตารางที่ 4 ผลการทดสอบระบบโดยใช้มือมนุษย์ เป็นการทดสอบเพื่อวัดความถูกต้องของระบบในการจับเวลาและระบุทิศทางของการเคลื่อนที่ โดยใช้มือมนุษย์เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ ทำการทดสอบทั้งหมด 20 ครั้ง ซึ่งข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การจับเวลาของระบบไม่

ตรงกับกรจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา โดยเวลาที่ระบบได้วัดเกิดความคลาดเคลื่อนทุกครั้ง
ทดสอบ โดยค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่า 0.59วินาทีและค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดมีค่า 0.05 วินาที โดย
ค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนของระบบมีค่า 1.12 เปอร์เซ็นต์ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเกิดจาก
ผู้ทดลองที่ใช้นาฬิกาจับเวลาอาจจะกดหยุดเวลาก่อนที่มีมือจะถึงจุดที่ต้องหยุดเวลาหรืออาจเกิดจาก
เซนเซอร์ตรวจพบมือแล้วจึงเริ่มนับ แต่ผู้ทดลองที่ใช้นาฬิกาจับเวลามองว่ามือยังไม่ถึงจุดที่ต้องนับ
เวลาจึงยังไม่เริ่มจับเวลาและในส่วนของข้อมูลทิศทางการเคลื่อนที่ที่ได้จากเซนเซอร์มีความถูกต้อง
ทุกครั้งทดสอบ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสง โดยใช้มีมนุษย์เป็นตัวทดสอบ

ครั้งที่	ระยะเวลาที่ได้จาก นาฬิกาจับเวลา (s)	ระยะเวลาที่ได้จาก เซนเซอร์ (s)	ค่าความคลาด เคลื่อน (s)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน (%)	ทิศทางที่ ถูกต้อง	ทิศทางที่ได้จาก เซนเซอร์
1	14.71	14.12	0.59	4.17	R	R
2	12.85	12.47	0.38	3.04	R	R
3	11.91	11.63	0.28	2.4	L	L
4	25.32	25.69	-0.37	1.44	R	R
5	8.32	7.91	0.41	5.18	L	L
6	10.58	11.12	-0.54	4.85	R	R
7	31.91	31.83	0.08	0.25	R	R
8	15.93	15.88	0.05	0.31	L	L
9	13.81	13.74	0.07	0.5	R	R
10	5.02	4.89	0.13	2.65	R	R
11	7.13	7.2	-0.07	0.97	R	R
12	16.93	17.04	-0.11	0.64	L	L
13	14.98	14.63	0.35	2.39	L	L
14	13.54	13.65	-0.11	0.81	R	R
15	24.48	24.62	-0.14	0.56	L	L
16	14.71	14.12	0.59	4.17	L	L
17	12.85	12.47	0.38	3.04	R	R
18	11.91	11.63	0.28	2.4	L	L
19	25.32	25.69	-0.37	1.44	L	L
20	8.23	7.91	0.32	4.04	R	R

ค่าเฉลี่ย

2.26

5.3 ผลการทดสอบการออกแบบและการทำงานของระบบด้วยเซนเซอร์วัดความเข้มแสง โดยใช้หนูตะเภาขนาด 150 กรัม

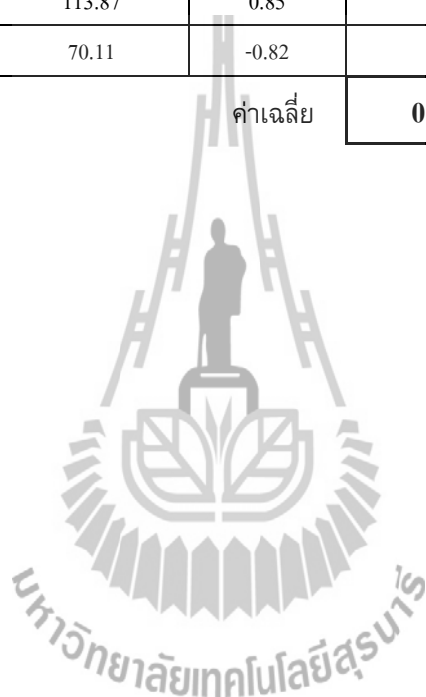
จากข้อมูลในตารางที่ 5 ผลการทดสอบระบบโดยใช้หนูตะเภาขนาด 150 กรัมเป็นการทดสอบเพื่อวัดความถูกต้องของระบบในการจับเวลาและระบุทิศทางเคลื่อนที่ ที่ทำการทดสอบทั้งหมด 20 ครั้ง ซึ่งข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การจับเวลาของระบบไม่ตรงกับการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา เวลาที่ระบบได้วัดเกิดความคลาดเคลื่อนทุกครั้งที่ทดสอบ โดยค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่า 1.15 วินาที และค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดมีค่า 0.08 วินาที โดยค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนของระบบมีค่า 0.05 เปอร์เซ็นต์ การที่ระบบผิดพลาดเช่นนี้เนื่องจากว่า เซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่มีขอบเขตการตรวจจับกว้างเกินไป ทำให้เซนเซอร์ตรวจพบมือก่อนที่จะถึงจุดที่ควรจะเริ่มจับเวลา เวลาที่วัดได้จากเซนเซอร์ทุกครั้งของการทดสอบจึงมีค่าน้อยกว่าเวลาที่วัดได้จากนาฬิกาจับเวลาและในส่วนของข้อมูลทิศทางเคลื่อนที่ที่ได้จากเซนเซอร์มีความถูกต้องทุกครั้งที่ทดสอบ

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสง โดยใช้หนูตะเภาขนาด 150 กรัมเป็นตัวทดสอบ

ครั้งที่	ระยะเวลาที่ได้จากนาฬิกาจับเวลา (s)	ระยะเวลาที่ได้จากเซนเซอร์ (s)	ค่าความคลาดเคลื่อน (s)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)	ทิศทางที่ถูกต้อง	ทิศทางที่ได้จากเซนเซอร์
1	97.31	97.23	0.08	0.08	R	R
2	169.06	170.21	-1.15	0.68	R	R
3	142.26	141.92	0.34	0.23	R	R
4	35.72	35.08	0.64	1.79	R	R
5	218.63	218.03	0.6	0.27	L	L
6	161.34	161.76	-0.42	0.26	L	L
7	86.21	86.92	-0.71	0.82	L	L
8	77.12	77.81	-0.69	0.89	L	L
9	128.94	128.51	0.43	0.33	R	R
10	103.11	102.83	0.28	0.27	L	L
11	64.18	64.92	-0.74	1.15	R	R
12	152.76	152.48	0.28	0.18	R	R
13	31.78	31.64	0.14	0.44	R	R
14	46.23	46.71	-0.48	1.03	R	R
15	194.48	194.76	-0.28	0.14	R	R

ตารางที่ 5 (ต่อ) ผลการทดสอบระบบโดยใช้หนูตะเภาขนาด 150 กรัม

ครั้งที่	ระยะเวลาที่ได้จาก นาฬิกาจับเวลา (s)	ระยะเวลาที่ได้จาก เซนเซอร์ (s)	ค่าความคลาด เคลื่อน (s)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน (%)	ทิศทางที่ ถูกต้อง	ทิศทางที่ได้จาก เซนเซอร์
16	24.11	24.37	-0.26	1.07	R	R
17	70.16	70.03	0.13	0.18	L	L
18	69.44	68.98	0.46	0.66	R	R
19	114.72	113.87	0.85	0.74	R	R
20	69.29	70.11	-0.82	1.18	L	L
ค่าเฉลี่ย				0.6195		



บทที่ 6

สรุป

6.1 บทสรุป

เครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ โดยออกแบบเป็น 2 ระบบด้วยกันคือระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่และระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสง จากการทดสอบระบบทั้งสองทำให้ได้ผลสรุปดังนี้

1. ระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่เกิดความผิดพลาดสูงในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของสัตว์ทดลอง เนื่องจากระบบ
2. ระบบที่ใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสงสามารถตรวจจับการเคลื่อนที่ของสัตว์ทดลองได้อย่างแม่นยำ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้อง

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ใช้เวลานานในการสร้างตัวที่ (T-maze) เนื่องจากต้องการชิ้นงานที่มีความแข็งแรง จึงจำเป็นต้องจ้างร้านที่รับทำชิ้นงานทางด้านนี้ ซึ่งจะทำให้เสียเวลา
2. การทดสอบกับหนูทดลองทำได้ยาก

6.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. ติดต่อกับงาน เร่งให้เสร็จไวที่สุด
2. ใช้หนูชนิดอื่นที่มีขนาดพอเหมาะกับหนูทดลอง

6.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในอนาคตจะทำการใช้ LabVIEW เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาแสดงผลและเก็บบันทึกข้อมูล ทำให้สะดวกแก่ผู้ใช้งาน

6.5 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ

1. เข้าใจหลักการทำงานของบอร์ด Arduino UNO Board
2. เข้าใจการเขียนโปรแกรมและโหลดโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้
3. สามารถใช้งานเครื่องมือตรวจจับพฤติกรรมสัตว์ทดลองได้จริง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Rats and Mazes from: <http://www.ratbehavior.org/RatsAndMazes.htm>
- [2] Arduino UNO Board from: <http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [3] Labview from: <http://biwty-labviwe.blogspot.com/2011/09/labview.html>
- [4] PIR Sensor(Passive Infrared Sensor) from: <http://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/overview>
- [5] Photo Diode from: <http://it.irpct.ac.th/elearning/mod/resource/view.php?id=48>
- [6] Motion Sensor BP4001 datasheet from :<http://www.es.co.th/detail.asp?Prod=17601362>
- [7]photodiode TSL257-LF datasheet from :
http://www.datasheetlib.com/datasheet/1166721/tsl257-lf_taos-texas-advanced-optoelectronic-solutions.html
- [8]Arduino UNO Board Atmega328datasheet from:
<http://www.datasheetarchive.com/Atmega328%20uno-datasheet.html>
- [9]labview technical from: <http://www.datasheetarchive.com/labview-datasheet.html>



ภาคผนวก

Motion Sensor datasheet

ROHM SEMICONDUCTOR		PRODUCTS POWER MODULE	TYPE BP4001 (Lead Free)	PAGE 1/10
------------------------------	--	--------------------------	----------------------------	--------------

As this specification is for a provisional target, the contents might change without notice.

1. STRUCTURE	Assembled product using printed circuit board	DS2 Target spec.
2. PRODUCTS	SENSOR MODULE	
3. TYPE	BP4001	
4. APPLICATION	LED LIGHTING	
5. FUNCTION	SENSOR MODULE	

BP4001 is sensor module which is applied for DC4V~5.5V input.
It builds in a sensor circuit which can drive output voltage VDD and its output current is 10mA.

6. DETECTION PERFORMANCE

Items	Standard value	Conditions concerning target	
Detection Range	Max.5m	1.The temperature difference between the target and the surroundings should be superior to 4°C. 2.Movement speed: 1.0m/s 3.Target concept is human body (Size:700×250mm)	
Detection Area	Horizontal		110° (±55°)
	Vertical		100° (±50°)
Detection Zone	56zones		

· Depending on the target's speed and its temperature difference with the surroundings, detection can occur at a range superior to the above value. However, please use this sensor according to the specifications

7. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS
These are the values which must not be exceeded at any time under any application or any test conditions.
Please make design keeping enough margins accordingly.

(Ta=25°C)

No.	PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT	REMARK
1	Input voltage	Vi	-0.3~5.5V	V	DC
2	Output current	Io	10	mA	
3	Allowable maximum surface temperature	Tcmax	105	°C	Ambient temperature + the module self-heating ≤ Tcmax
4	Operating temperature range	Topr	-20~60	°C	Refer to derating curve
5	Storage temperature range	Tstg	-25~70	°C	

DESIGN <i>E. Tishina</i>	CHECK	APPROVAL	DATE : 28/JAN/2013	SPECIFICATION No. : BP4001-A-001-E (Lead Free)
			REVA	ROHM Co., Ltd.

ROHM SEMICONDUCTOR		PRODUCTS POWER MODULE	TYPE BP4001 (Lead Free)			PAGE 2/10	
-----------------------	--	--------------------------	----------------------------	--	--	--------------	--

8. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

< definition of items>

(Unless otherwise noted, $V_i=DC5V, I_o=1mA, T_a=25^{\circ}C$)

No.	PARAMETER	SYMBOL	SPEC			UNIT	TEST CIRCUIT	REMARK
			MIN.	TYP.	MAX.			
1	Input voltage range	V_i	4.0	5	5.5	DC	—	DC
2	Output voltage	V_o	-	VDD	-	V	Fig1	
3	Output current	I_o	0	1	10	mA		$V_i=DC4.0\sim5.5V$
4	Circuit stability time	Twu	-	-	30	Sec		
5	Sensor detection retention time	tw	30	-	45	Sec		
6	Consumption current	I_w	-	-	400	μA		$I_o=0mA$
			-	-	2000	μA	▼	

9. TIMMING CHART

Power supply

ON

OFF

Detecting Target

Present○

Absent×

Sensor Output Voltage

ON

OFF

Maintain during 30 sec

Carrying out output maintenance is continued

Twu

Tw

1~29sec

Tw

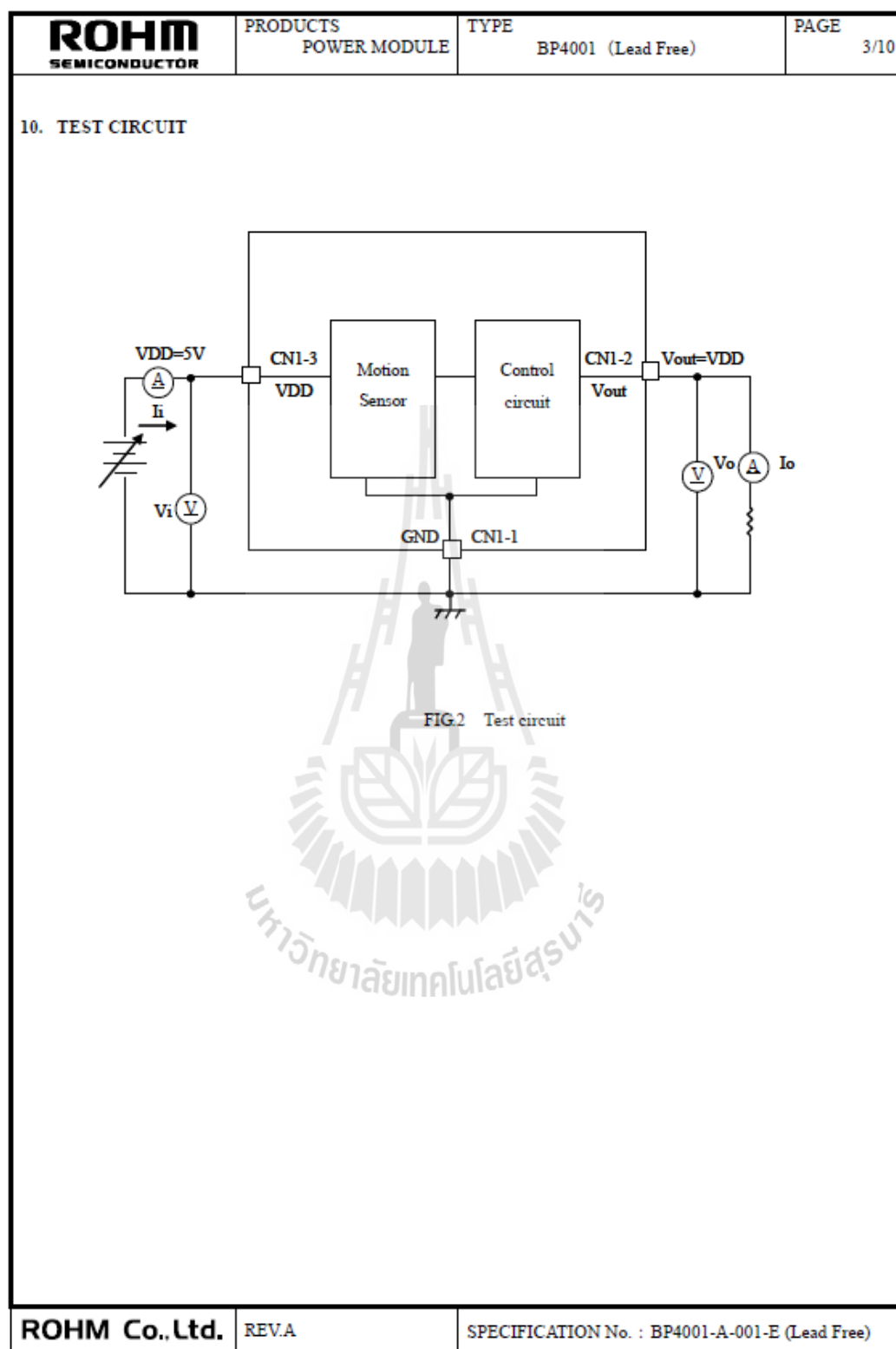
FIG1 Timing chart

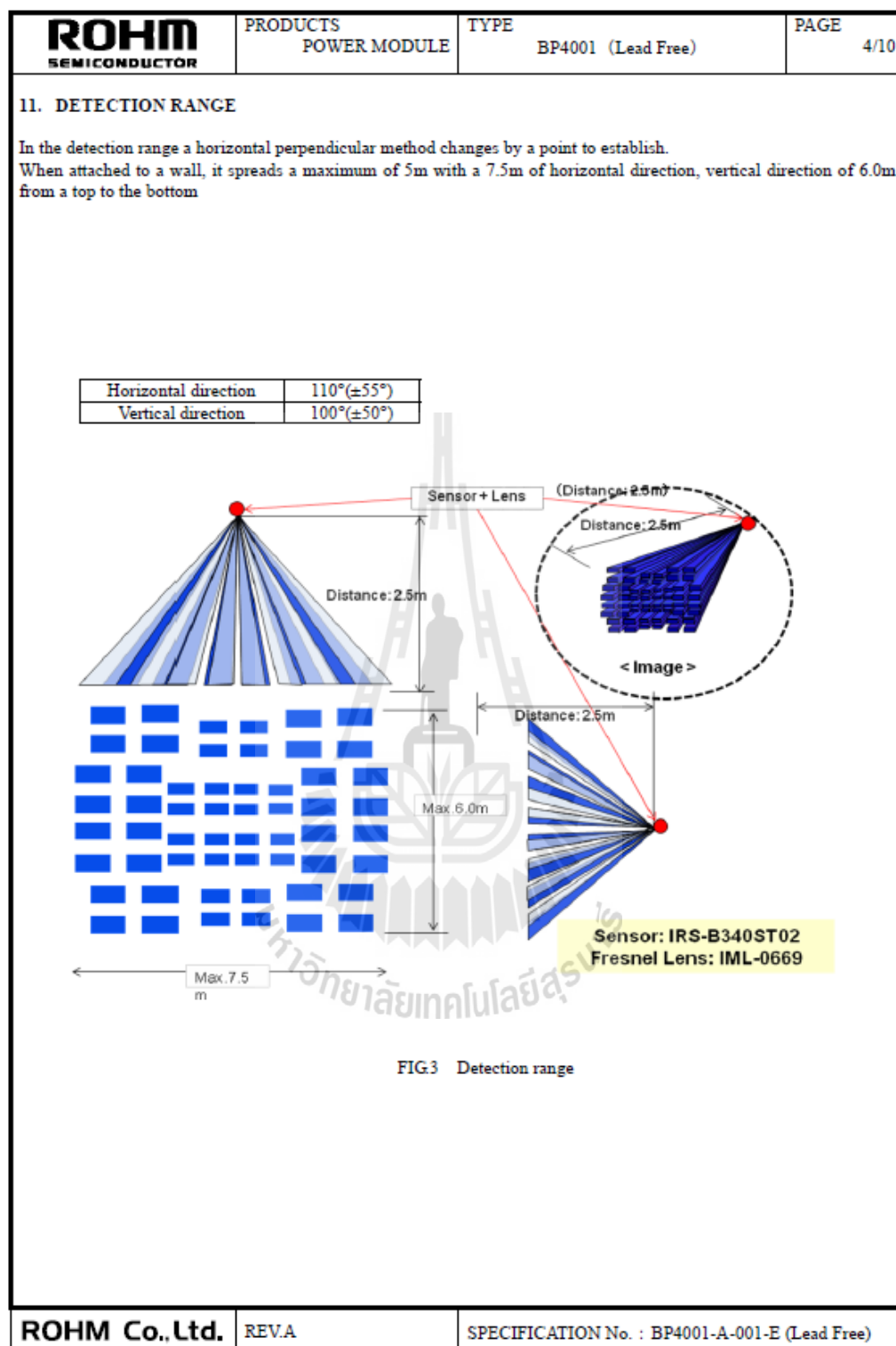
[Durations]

Twu : Circuit stability time. About 30sec (max..)
It becomes the sensor output ON state with or without a detection object after power supply injection during circuit stability time.

Tw : Sensor detection retention time. About 30sec (min.)
It is the time when a sensor output ON state maintains it after the sensor detection.

ROHM Co.,Ltd.	REV.A	SPECIFICATION No. : BP4001-A-001-E (Lead Free)
---------------	-------	--





ROHM SEMICONDUCTOR	PRODUCTS POWER MODULE	TYPE BP4001 (Lead Free)	PAGE 5/10
------------------------------	--------------------------	----------------------------	--------------

12. DIMENSIONS (UNIT:mm)

【Front side】

【Back side】

FIG.4 Dimensions

※CN1 is made by JST
SM03B-SRSS-TB is in use

<Marking>

BP4001 : Type name

249*▲▲▲ : Production Lot Number (3 digits)

(ex. ...249*▲▲▲→49th week of 2012 * ▲▲▲)

Location (serial)

Location

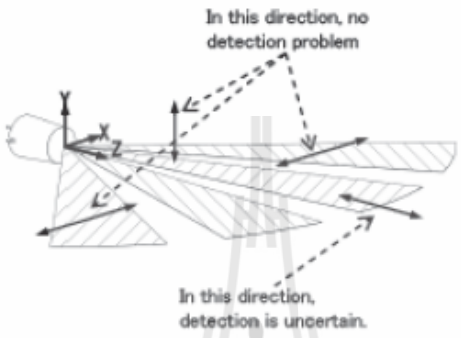
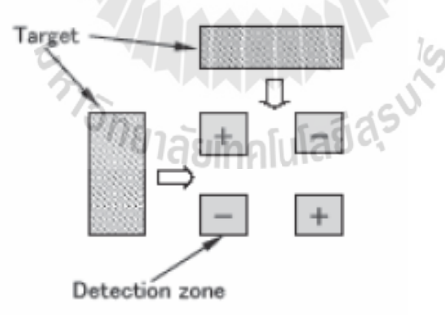
The external inspection standard is assumed to be a ROHM standard.

Arrangement of connector

Terminal No.	Terminal Name
CN1-1	GND terminal
CN1-2	Output terminal
CN1-3	Input terminal

ROHM Co.,Ltd.	REV.A	SPECIFICATION No. : BP4001-A-001-E (Lead Free)
----------------------	-------	--

ROHM SEMICONDUCTOR	PRODUCTS POWER MODULE	TYPE BP4001 (Lead Free)	PAGE 6/10
13. PACKING SPEC TBD 14. MANUFACTURING FACTORY ROHM ELECTRONICS DALIAN CO.,LTD. (CHINA) 			
ROHM Co.,Ltd.	REV.A	SPECIFICATION No. : BP4001-A-001-E (Lead Free)	

ROHM SEMICONDUCTOR	PRODUCTS POWER MODULE	TYPE BP4001 (Lead Free)	PAGE 7/10
15. OPERATING PRECAUTIONS <u>15-1. Caution</u> 1) Moving Direction Concept As detailed on the diagram, please install the sensor so that the expected trespassing direction corresponds to the axis X or axis Y In some cases, intrusions that occur parallel to the axis Z in every detection zone, closing toward the sensor, may not be detected  2) Notes Regarding the Detection Zone As shown on the diagram, the detection zone is polarized. If a target enters the detection zones + and - at the same time, the signals are respectively cancelled and detection could become impossible at maximum detection range. (Please refer to the detection area diagram for details) 			
ROHM Co.,Ltd.	REV.A	SPECIFICATION No. : BP4001-A-001-E (Lead Free)	

ROHM SEMICONDUCTOR	PRODUCTS POWER MODULE	TYPE BP4001 (Lead Free)	PAGE 8/10
<u>15-2. Operating precautions</u> It may not detect in the following cases "lack of movement, no temperature change in the heat source. Besides, it could also detect the presence of heat source. Efficiency and reliability of the system may very depending on actual operating conditions. Confirm the operation under the actual operating conditions. 1) Detecting heat sources other than the human body, such as : a) small animals entering the detection area. b) white light source (sunlight, car headlight, etc.) directly hitting the sensor. c) sudden temperature changes in the detection area caused by humidifier water vapor emission, or air conditioning system hot/cold air emissions. 2) Difficulty in sensing the heat source a) Glass, acrylic or similar materials standing between the target and the sensor may not allow a correct transmission of infrared rays. b) Non-movement or quick movements of the heat source inside the detection area. 3) Expansion of the detection area In case of considerable difference in the ambient temperature and the human body temperature, detection area may be wider apart from the configured detection area. 4) Malfunction On the character of a pyroelectric element, it may malfunction by the outbreak noise output under influences of ambient environment, such as a rapid change of ambient air temperature. <u>15-3. Ambient Environmental Conditions</u> 1) Temperature: Please refer to the ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS. 2) Humidity Degree: 15~85%RH (Avoid condensation of freezing of this product) 3) Pressure: 86~106KPa 4) Overheating, oscillations, shocks can cause the sensor to malfunction. 5) This sensor is not waterproof or dustproof. Avoid use in environments subject to excessive moisture, condensation frost, containing salt air or dust. If a sensor is used with a cover installed, the initial detection performance specifications may not be able to be meet. Confirm the operation under the actual operating conditions. 6) Do not use at the environments which are dust, corrosive gas and salt air. If it use in those situation, it may causes operation failure, performance degradation.			
ROHM Co., Ltd.	REV.A	SPECIFICATION No. : BP4001-A-001-E (Lead Free)	

ROHM SEMICONDUCTOR	PRODUCTS POWER MODULE	TYPE BP4001 (Lead Free)	PAGE 9/10
<u>15-4. Operating precautions</u> 1) When soldering the lead wire, hand solder the sensor using the soldering iron below 350°C, and within 3 seconds. Please avoid soldering using solder tank, this can lead to deterioration of performance. Also please avoid bending the lead wire to mount the sensor on to the circuit board temporarily. This will damage the sensor. 2) Please be careful enough for handling not to suffer stresses like bending, curving, or twisting because the shape of product is extreme slender. 3) Do not use liquids to wash the sensor. If washing fluid gets through the lens, It can reduce performance. 4) Do not use a product once fallen. 5) The sensor may be damaged by the ± 200 volts of static electricity. Avoid direct hand contact with the pins and be very careful when operating the product. 6) When wiring the product, always use shielded cables and minimize the wiring length to prevent noise disturbances. 7) The inner circuit could be destroyed by a voltage surge. Use of surge absorption elements is highly recommended. 8) Use stabilized power supply for power supply. Because it may malfunction by noise superimposed on the power source. 9) It may malfunction by electric noise which are static and thunder, amateur CB radio, transmission, etc. 10) Deterioration of detecting performance will happen if dirt and dust adhere to the lens. 11) The lens of the Polyethylene lens type is made of soft materials(Polyethylene). If any loads or shocks are applied to the lens, due to deformities, and damages, this will lead to malfunction, or deterioration of the product. 12) Operating "temperatures" and "humidity level" are suggested to prolong usage. However, they do not guarantee durability or humidity levels will accelerate the deterioration of electrical components. Please consider both the planned usage and environment to determine the expected reliability and length of life of the product. 13) It becomes a cause discolored deformed and deformed. Do not wipe with benzene, thinner and various cleanser. 14) This sensor is not waterproof or dustproof. Avoid use in environments subject to excessive moisture, condensation, frost, containing salt air or dust. If a sensor is used with a cover installed, the initial detection performance specifications may not be able to be meet. Confirm the operation under the actual operating conditions.			
ROHM Co., Ltd.	REV.A	SPECIFICATION No. : BP4001-A-001-E (Lead Free)	

photodiode TSL257-LF datasheet

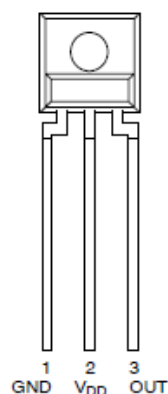


TSL257 HIGH-SENSITIVITY LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTER

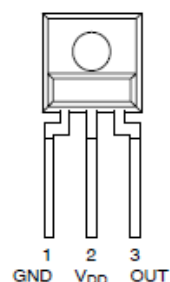
TAOS023E - SEPTEMBER 2007

- Converts Light Intensity to Output Voltage
- Monolithic Silicon IC Containing Photodiode, Operational Amplifier, and Feedback Components
- High Sensitivity
- Single Voltage Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)
- Low Noise (200 μ Vrms Typ to 1 kHz)
- Rail-to-Rail Output
- High Power-Supply Rejection (35 dB at 1 kHz)
- Compact 3-Lead Plastic Package
- RoHS Compliant (-LF Package Only)

PACKAGE S
SIDELOOKER
(FRONT VIEW)



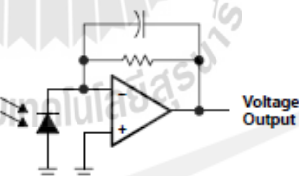
PACKAGE SM
SURFACE MOUNT
SIDELOOKER
(FRONT VIEW)



Description

The TSL257 is a high-sensitivity low-noise light-to-voltage optical converter that combines a photodiode and a transimpedance amplifier on a single monolithic CMOS integrated circuit. Output voltage is directly proportional to light intensity (irradiance) on the photodiode. The TSL257 has a transimpedance gain of 320 M Ω . The device has improved offset voltage stability and low power consumption and is supplied in a 3-lead clear plastic sidelooker package with an integral lens. When supplied in the lead (Pb) free package, the device is RoHS compliant.

Functional Block Diagram



Available Options

DEVICE	T _A	PACKAGE - LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TSL257	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker	S	TSL257
TSL257	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker — Lead (Pb) Free	S	TSL257-LF
TSL257	0°C to 70°C	3-lead Surface-Mount Sidelooker — Lead (Pb) Free	SM	TSL257SM-LF

Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	DESCRIPTION
GND	1	Ground (substrate). All voltages are referenced to GND.
OUT	3	Output voltage
V _{DD}	2	Supply voltage

The LUMINOLOGY® Company

Copyright © 2007, TAOS Inc.

Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc.

1001 Klein Road • Suite 300 • Plano, TX 75074 • (972) 673-0759

www.taosinc.com

TSL257

HIGH-SENSITIVITY LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTER

TAOS023E - SEPTEMBER 2007

Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)[†]

Supply voltage, V_{DD} (see Note 1)	6 V
Output current, I_O	± 10 mA
Duration of short-circuit current at (or below) 25°C	5 s
Operating free-air temperature range, T_A	-25°C to 85°C
Storage temperature range, T_{stg}	-25°C to 85°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds (S Package)	260°C
Reflow solder, in accordance with J-STD-020C or J-STD-020D (SM Package)	260°C

[†] Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltages are with respect to GND.

Recommended Operating Conditions

	MIN	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{DD}	2.7	5.5	V
Operating free-air temperature, T_A	0	70	°C

Electrical Characteristics at $V_{DD} = 5$ V, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $\lambda_p = 470$ nm, $R_L = 10$ k Ω (unless otherwise noted) (see Notes 2 and 3)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_D Dark voltage	$E_e = 0$	0		15	mV
V_{OM} Maximum output voltage swing	$V_{DD} = 4.5$ V, No Load		4.49		V
	$V_{DD} = 4.5$ V, $R_L = 10$ k Ω	4	4.2		
V_O Output voltage	$E_e = 1.54$ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\lambda_p = 470$ nm, Note 5	1.6	2	2.4	V
α_{VD} Temperature coefficient of dark voltage (V_D)	$T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C	-15			$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
N_e Irradiance responsivity	$\lambda_p = 428$ nm, see Notes 4 and 8		1.18		V/($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
	$\lambda_p = 470$ nm, see Notes 5 and 8		1.30		
	$\lambda_p = 565$ nm, see Notes 6 and 8		1.58		
	$\lambda_p = 645$ nm, see Notes 7 and 8		1.68		
PSRR Power supply rejection ratio	$f_{ac} = 100$ Hz, see Note 9		55		dB
	$f_{ac} = 1$ kHz, see Note 9		35		dB
I_{DD} Supply current	$E_e = 1.54$ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\lambda_p = 470$ nm, Note 5	1.9	3.5		mA

NOTES: 2. Measured with $R_L = 10$ k Ω between output and ground.

3. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from a light-emitting diode (LED) optical source.

4. The input irradiance is supplied by a GaN/SiC light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 428$ nm, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 65$ nm.

5. The input irradiance is supplied by an InGaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 470$ nm, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 35$ nm.

6. The input irradiance is supplied by a GaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 565$ nm, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 28$ nm.

7. The input irradiance is supplied by an AlGaAs light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 645$ nm, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 25$ nm.

8. Irradiance responsivity is characterized over the range $V_O = 0.1$ V to 4.5 V. The best-fit straight line of Output Voltage V_O versus Irradiance E_e over this range will typically have a positive extrapolated V_O value for $E_e = 0$.

9. Power supply rejection ratio PSRR is defined as $20 \log (\Delta V_{DD}(f)/\Delta V_O(f))$ with $V_{DD}(f = 0) = 5$ V and $V_O(f = 0) = 2$ V.

TSL257

HIGH-SENSITIVITY LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTER

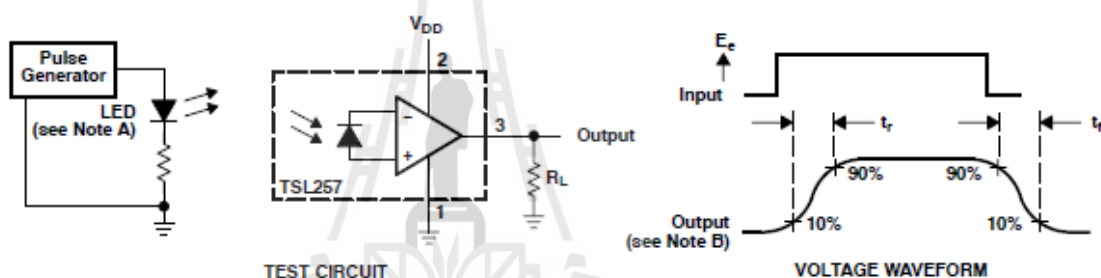
TAOS023E - SEPTEMBER 2007

Switching Characteristics at $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $\lambda_p = 470\text{ nm}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_r Output pulse rise time, 10% to 90% of final value	See Note 10 and Figure 1		160	250	μs
t_f Output pulse fall time, 10% to 90% of final value	See Note 10 and Figure 1		150	250	μs
t_s Output settling time to 1% of final value	See Note 10 and Figure 1		330		μs
Integrated noise voltage	$f = \text{dc to } 1\text{ kHz}$ $E_e = 0$		200		μVrms
V_n Output noise voltage, rms	$f = 10\text{ Hz}$ $E_e = 0$		6		$\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
	$f = 100\text{ Hz}$ $E_e = 0$		6		
	$f = 1\text{ kHz}$ $E_e = 0$		7		

NOTE 10: Switching characteristics apply over the range $V_O = 0.1\text{ V}$ to 4.5 V .

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. The input irradiance is supplied by a pulsed InGaN light-emitting diode with the following characteristics: $\lambda_p = 470\text{ nm}$, $t_r < 1\text{ }\mu\text{s}$, $t_f < 1\text{ }\mu\text{s}$.
- B. The output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: $t_r < 100\text{ ns}$, $Z_i \geq 1\text{ M}\Omega$, $C_i \leq 20\text{ pF}$.

Figure 1. Switching Times



TSL257
HIGH-SENSITIVITY
LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTER

TAOS023E – SEPTEMBER 2007

TYPICAL CHARACTERISTICS

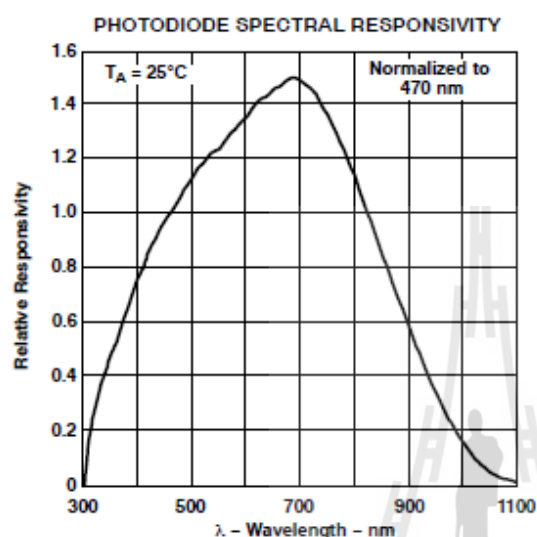


Figure 2

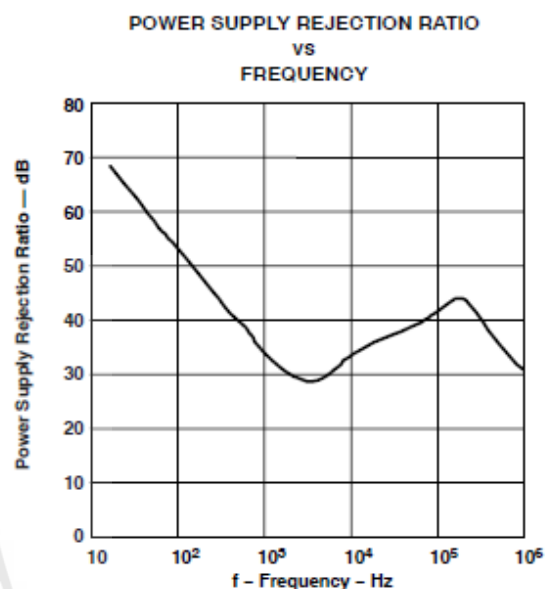


Figure 3

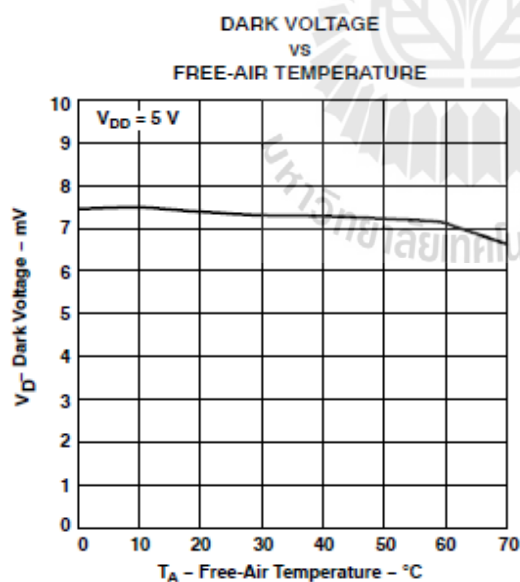


Figure 4

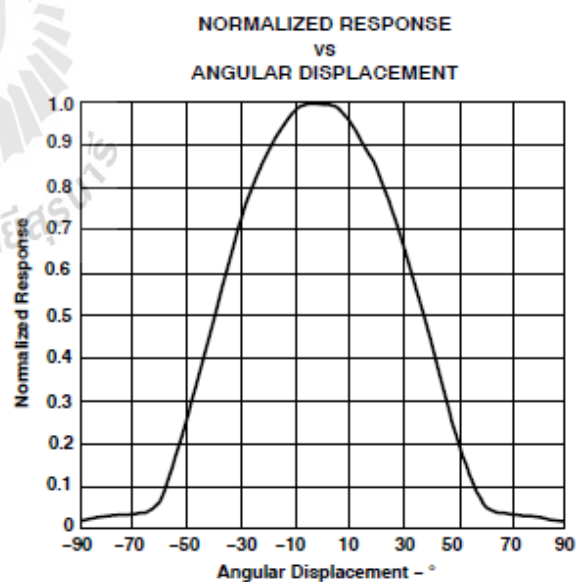
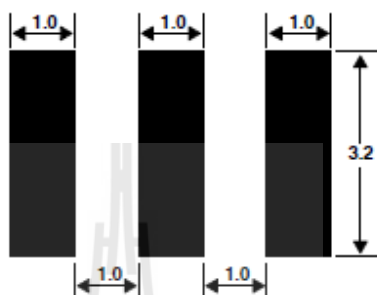


Figure 5

APPLICATION INFORMATION

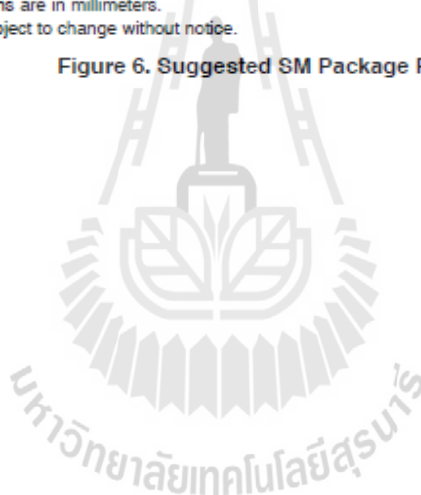
PCB Pad Layout

Suggested PCB pad layout guidelines for the SM surface mount package are shown in Figure 6.



NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. This drawing is subject to change without notice.

Figure 6. Suggested SM Package PCB Layout



TSL257
HIGH-SENSITIVITY
LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTER

TAOS023E – SEPTEMBER 2007

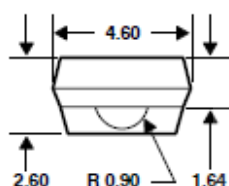
MECHANICAL DATA

The device is supplied in a clear plastic three-lead sidelooker through-hole package (S).

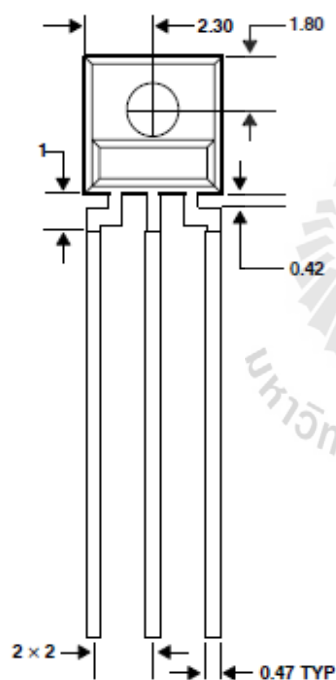
PACKAGE S

PLASTIC SINGLE-IN-LINE SIDE-LOOKER PACKAGE

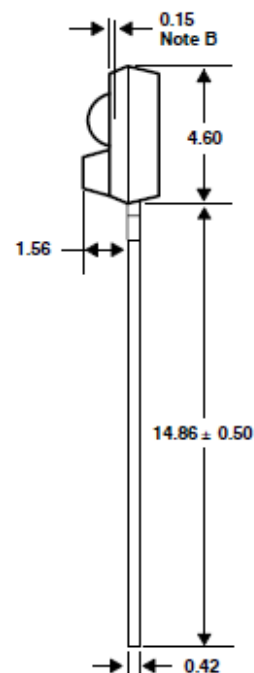
TOP VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters; tolerance is ± 0.25 mm unless otherwise stated.
 B. Dimension is to center of lens arc, which is located below the package face.
 C. The integrated photodiode active area is round with a typical diameter of 0.75 mm and is typically located in the center of the lens and 0.97 mm below the top of the lens surface.
 D. Index of refraction of clear plastic is 1.55.
 E. Lead finish for TSL257: solder dipped, 63% Sn/37% Pb. Lead finish for TSL257-LF: solder dipped, 100% Sn.
 F. This drawing is subject to change without notice.

Figure 7. Package S — Single-In-Line Side-Looker Package Configuration

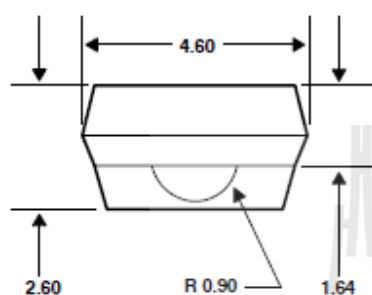
TSL257
HIGH-SENSITIVITY
LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTER
 TAOS023E - SEPTEMBER 2007

MECHANICAL DATA

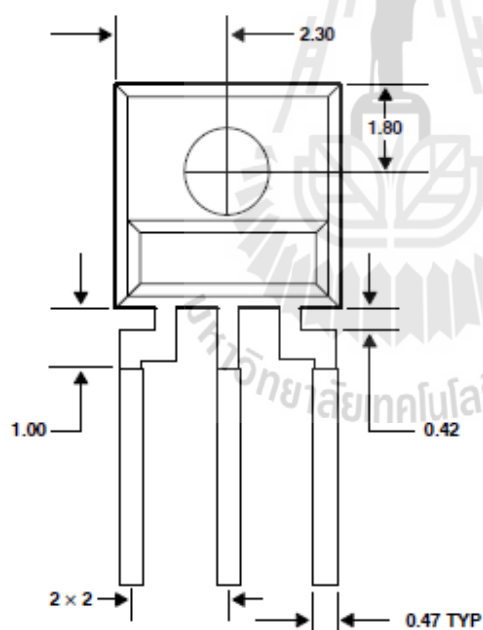
PACKAGE SM

PLASTIC SURFACE MOUNT SIDE-LOOKER PACKAGE

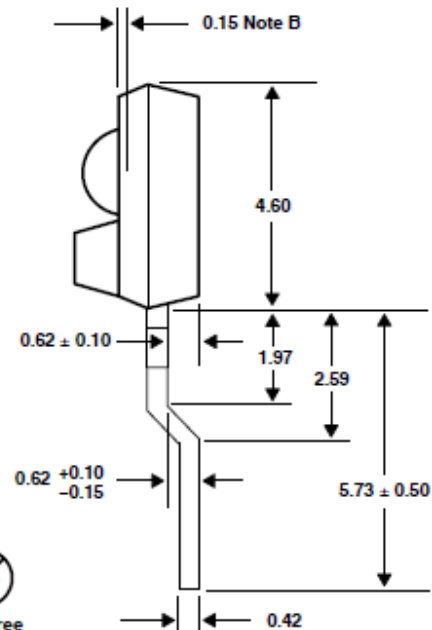
TOP VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW



Lead Free

- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters; tolerance is ± 0.25 mm unless otherwise stated.
 B. Dimension is to center of lens arc, which is located below the package face.
 C. The integrated photodiode active area is typically located in the center of the lens and 0.97 mm below the top of the lens surface.
 D. Index of refraction of clear plastic is 1.55.
 E. Lead finish for TSL257SM-LF: solder dipped, 100% Sn.
 F. This drawing is subject to change without notice.

Figure 8. Package SM — Surface Mount Side-Looker Package Configuration



TSL257 HIGH-SENSITIVITY LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTER

TAOS023E – SEPTEMBER 2007

PRODUCTION DATA — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

LEAD-FREE (Pb-FREE) and GREEN STATEMENT

Pb-Free (RoHS) TAOS' terms *Lead-Free* or *Pb-Free* mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TAOS Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Green (RoHS & no Sb/Br) TAOS defines *Green* to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material).

Important Information and Disclaimer The information provided in this statement represents TAOS' knowledge and belief as of the date that it is provided. TAOS bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TAOS has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TAOS and TAOS suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

NOTICE

Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

LUMENOLGY, TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are registered trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.

Arduino UNO Board datasheet



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



radiospares

RADIONICS



Technical Specification

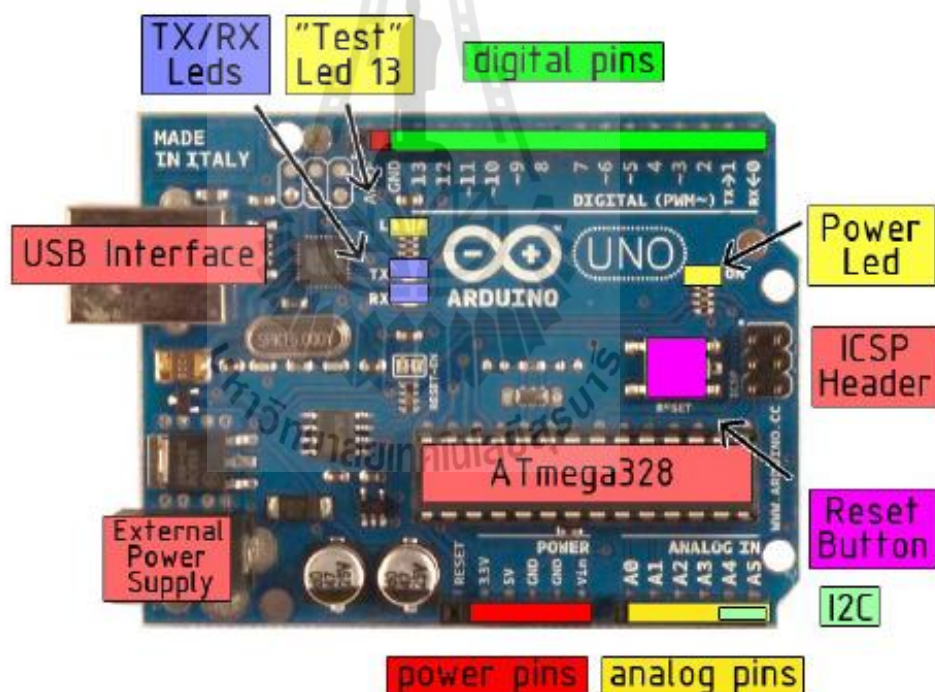


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0,5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.



RADIOSPARES

RADIONICS



The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an *.inf file is required..

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available . The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader).



radiospares

RADIONICS



Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



radiospares

RADIONICS



How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](http://arduino.cc/en/Guide/HomePage) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

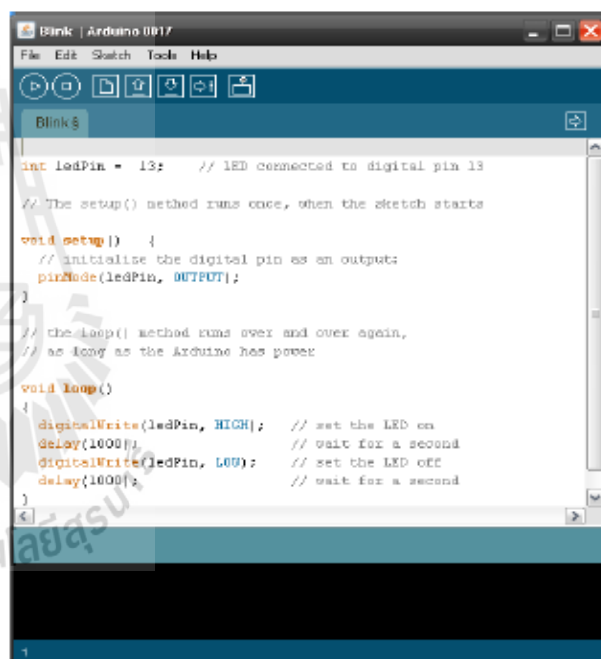
Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.



Done compiling.

Press Compile button
(to check for errors)



Upload



TX RX Flashing



Blinking Led!

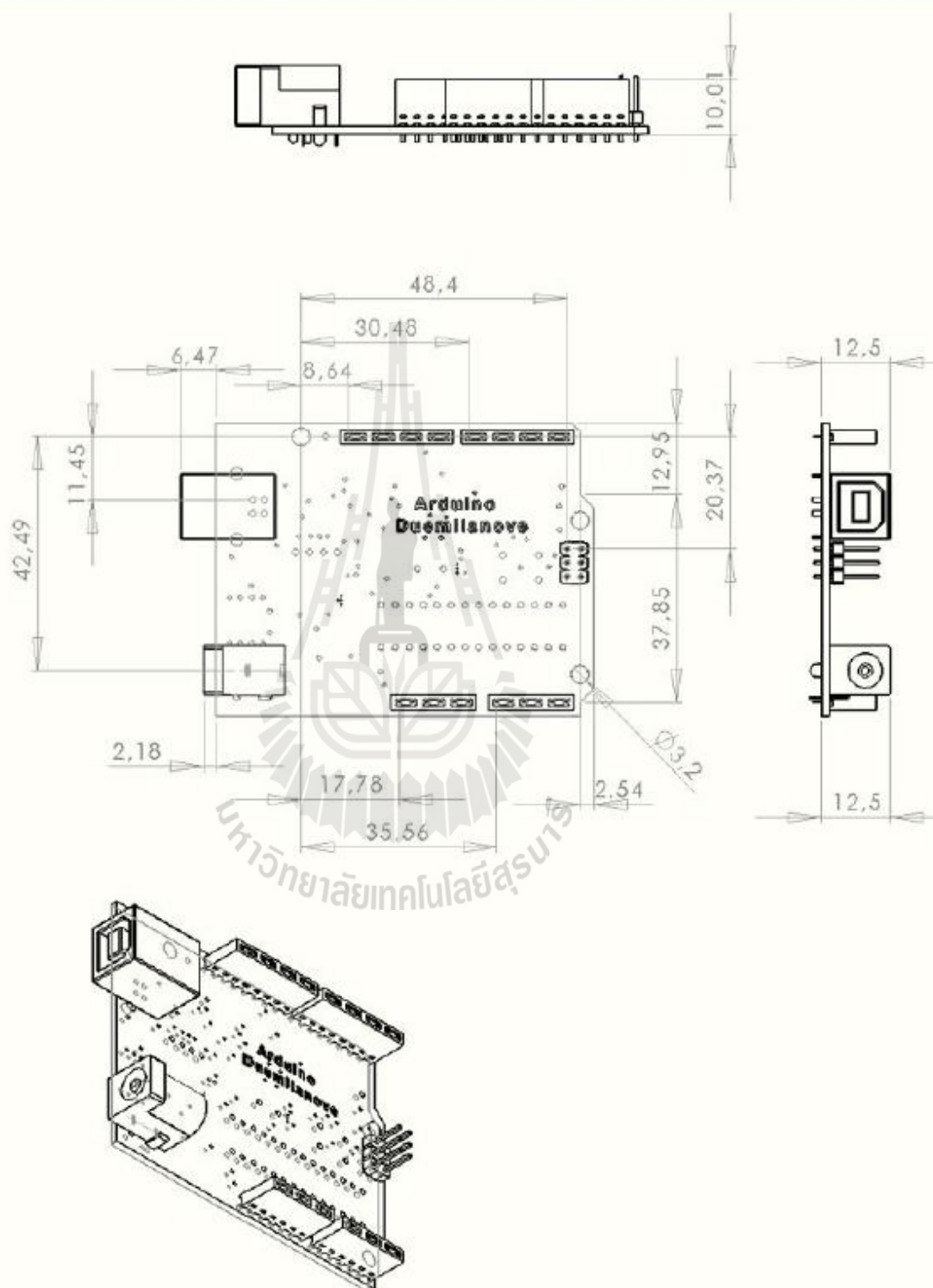


radiospares

RADIONICS



Dimensioned Drawing



Terms & Conditions



1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



Enviromental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.



radiospares

RADIONICS





LabVIEW® Technical Note 021

Useful Techniques for LabVIEW®

This technical note contains shortcuts and useful techniques for LabVIEW and includes references to the corresponding sections of the LabVIEW manual set.

General Techniques

Keyboard Equivalents

Many LabVIEW menu options have keyboard shortcuts. For example, to create a new Panel window, you can select the New option from the File menu or press the keyboard equivalent <ctrl-N> (for LabVIEW for Windows) or <meta-N> (for LabVIEW for Sun). The following table gives frequently used shortcuts for LabVIEW for Windows and for Sun.

LabVIEW Keyboard Shortcut		Action
Windows	Sun	
<ctrl-B>	<meta-B>	Remove all bad wires from the diagram
<ctrl-F>	<meta-F>	Flip between the Panel and Diagram windows
<ctrl-H>	<meta-H>	Show/Hide the Help window
<ctrl-N>	<meta-N>	Create a new VI
<ctrl-Q>	<meta-Q>	Quit the current session of LabVIEW
<ctrl-R>	<meta-R>	Run the current VI
<ctrl-W>	<meta-W>	Close the current VI
<ctrl->	<meta->	Stop the current VI

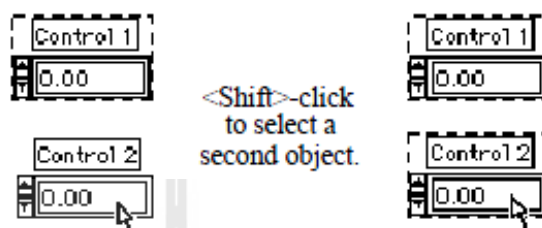
Refer to the *Using LabVIEW Menus* section of Chapter 1 in the *LabVIEW User Manual*.

Moving Objects Precisely

You can move selected objects very small distances by pressing the arrow keys on the keyboard once for each pixel you want the objects to move. Hold down the arrow keys to repeat the action. See the *Moving Objects* section in Chapter 2 of the *LabVIEW User Manual*.

Selecting Multiple Items

To select more than one object, <shift>-click on each additional object you want to select. You can also <shift>-click on a selected object to deselect it. See the *Selecting Objects* section in Chapter 2 of the *LabVIEW User Manual* and the *Resizing Objects* section of Chapter 3 of your LabVIEW getting started manual.



Cloning Objects

To clone objects, select the objects to be copied, hold down the <ctrl> key (for LabVIEW for Windows) or the <meta> key (for LabVIEW for Sun), and drag the duplicates to the new position. The original objects remain where they are. See the *Duplicating Objects* section in Chapter 2 of the *LabVIEW User Manual* or the *Creating the VI* section of Chapter 4 of your LabVIEW getting started manual.



Constraining an Operation

If you hold down the <shift> key while cloning or moving objects, LabVIEW restricts the direction of movement horizontally or vertically, depending on which direction you move the mouse first. Refer to the *Moving Objects* section in Chapter 2 of the *LabVIEW User Manual* or the *Creating the VI* section of Chapter 4 of your LabVIEW getting started manual.

Changing Tools

When LabVIEW is in edit mode, pressing <tab> toggles through the tools. If the front panel is active, LabVIEW rotates from the Operating tool  to the Positioning tool  to the Labeling tool  to the Coloring tool . If the block diagram is active, LabVIEW toggles through the tools in the same order, except that it selects the Wiring tool  instead of the Coloring tool.

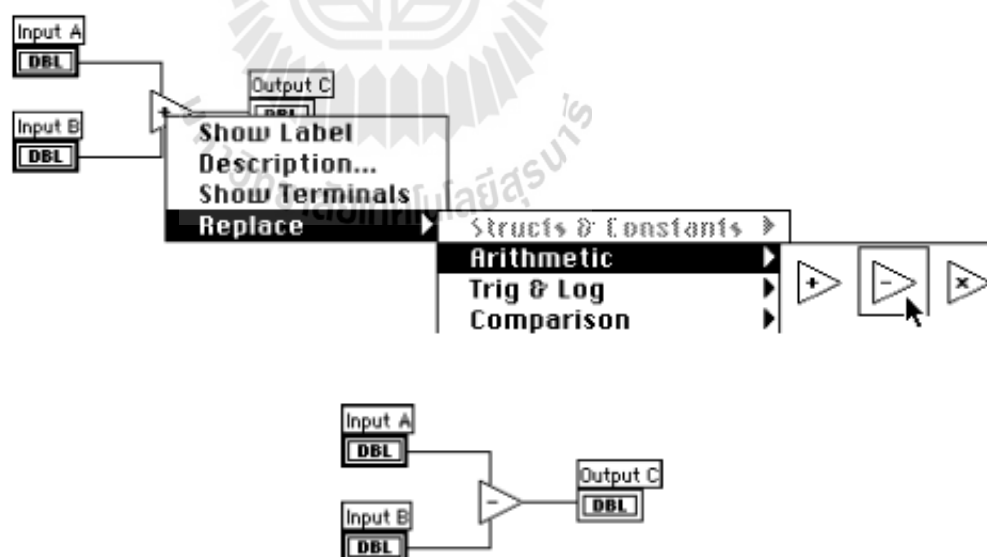
If you press the space bar while the block diagram is active, LabVIEW toggles between the Positioning and Wiring tools. If you press the space bar while the front panel is active, LabVIEW toggles between the Positioning and Operating tools. Refer to the *Tools* section in Chapter 1 of the *LabVIEW User Manual*.

Placing Objects

If you hold down the <ctrl> key (for LabVIEW for Windows) or the <meta> key (for LabVIEW for Sun) while clicking on an empty area of the front panel or block diagram, the **Controls** or **Functions** menus *pop up*, respectively. LabVIEW places the selection you make in the vicinity in which you clicked. With pop-up menus you can place an object where you want it, instead of moving an object after selecting it from a pull-down menu. When you select an object from a pull-down menu, LabVIEW places the object where you last clicked in the window. Refer to the *Common Front Panel Control and Indicator Options* section in Chapter 10 of the *LabVIEW User Manual* and the *Creating the Front Panel* section of your LabVIEW getting started manual.

Replacing Controls or Nodes

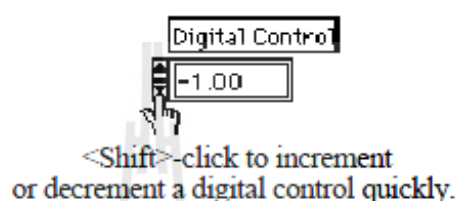
To replace one object with another without changing the labels, position, description, and connections you have created, you can use the **Replace** option of the object's pop-up menu. See the *Common Front Panel Control and Indicator Options* section in Chapter 10 and the *Replacing and Inserting Block Diagram Objects* section in Chapter 11 of the *LabVIEW User Manual*.



Front Panel Techniques

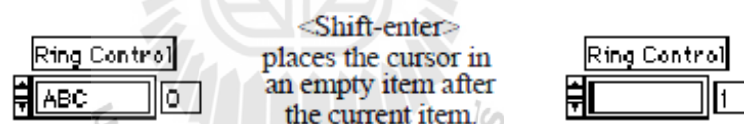
Incrementing Digital Controls More Quickly

If you press the <shift> key while clicking on the increment or decrement buttons of a digital display, the display increments or decrements very quickly. The size of the increment increases by successively higher orders of magnitude; for example, by ones, then by tens, then by hundreds, and so on. As the range limit approaches, the increment decreases by orders of magnitude, slowing down to normal as the value reaches the limit. See the *Digital Controls and Indicators* section in chapter 5 of the *LabVIEW User Manual*.



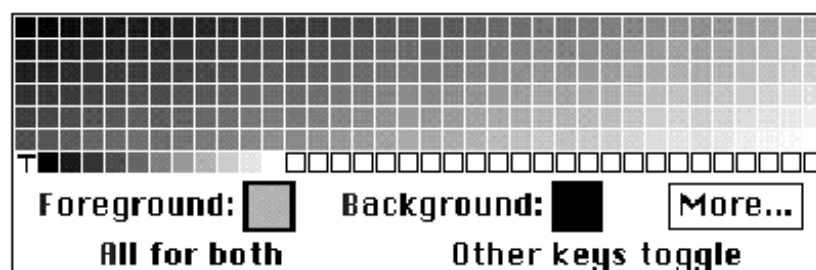
Entering Items in a Ring Control

If you press <shift-enter> after typing text into a ring control, LabVIEW creates a new empty item following the current one and places the cursor in the new entry. See the *Ring Controls* section in Chapter 5 of the *LabVIEW User Manual*.



Coloring

To change the current color of the Coloring tool, pop up with the Coloring tool. The following palette appears in color.



As you move through the palette while pressing the mouse button, the object on which you popped up redraws with each color the cursor touches. If you release the mouse button on a color, the object retains the color you selected, which is the new current color. When you click on other objects with the Coloring tool, they also become the current color you selected. To cancel the operation without changing the current color, move the cursor out of the palette and release the mouse button.

If you select the box containing a *T*, the current color becomes transparent. If you press <f>, the color you select applies only to the foreground of an object. If you press , the color applies to the background. Pressing <a> applies the same color to the foreground *and* background. Pressing other keys toggles between foreground and background when you move the Coloring tool through the palette. If you select different current foreground and background colors at the same time, LabVIEW remembers both selections.

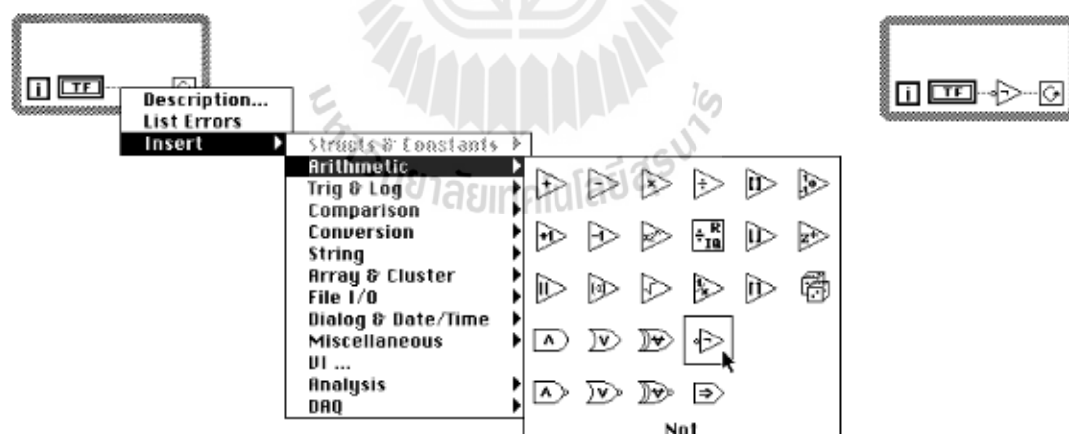
To change the current color without using the palette, <ctrl>-click (for LabVIEW for Windows) or <meta-click> (for LabVIEW for Sun) with the Coloring tool on an object whose color you want to duplicate. The current color becomes the color of the selected object. When you click on another object with the Coloring tool, that object takes on the new current color.

See the *Coloring Objects* section in Chapter 2 of the *LabVIEW User Manual*.

Block Diagram Techniques

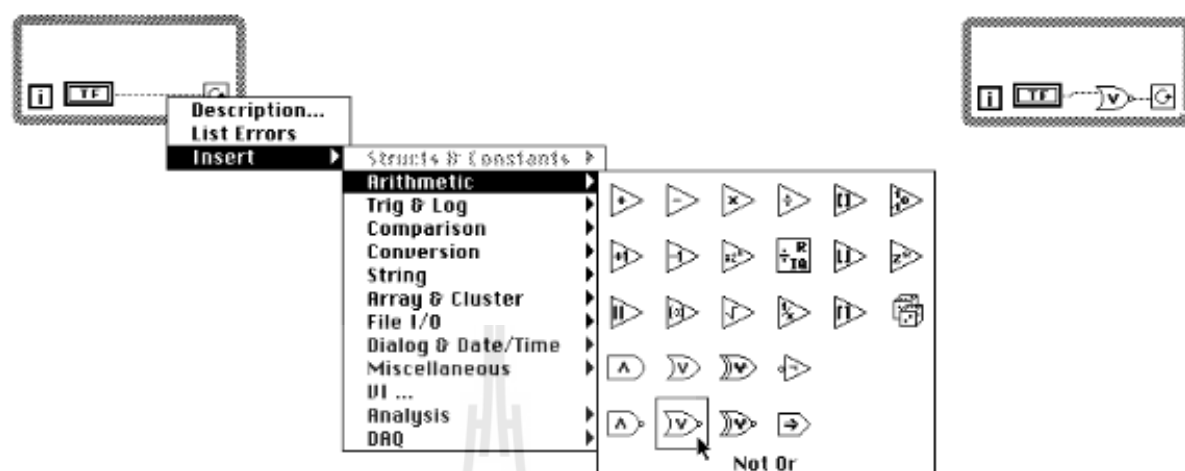
Inserting New Nodes into an Existing Wire

You can use the **Insert** option of a wire pop-up menu to splice a new node into the wire, as shown in the following illustration.



If you insert a node that has more than one input terminal, LabVIEW wires either the top or bottom terminal, depending on where you pop up. If you pop up exactly on the wire or one pixel

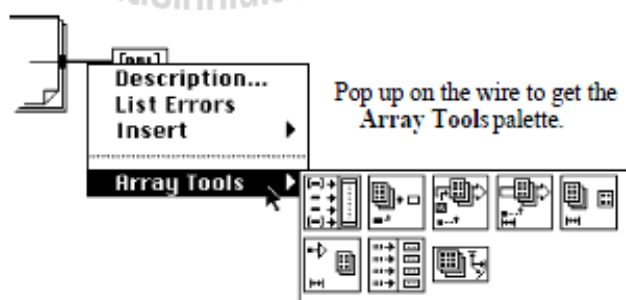
beneath the wire, LabVIEW wires the top input terminal, as shown in the following illustration. If you pop up one pixel above the wire, LabVIEW wires the bottom input terminal.

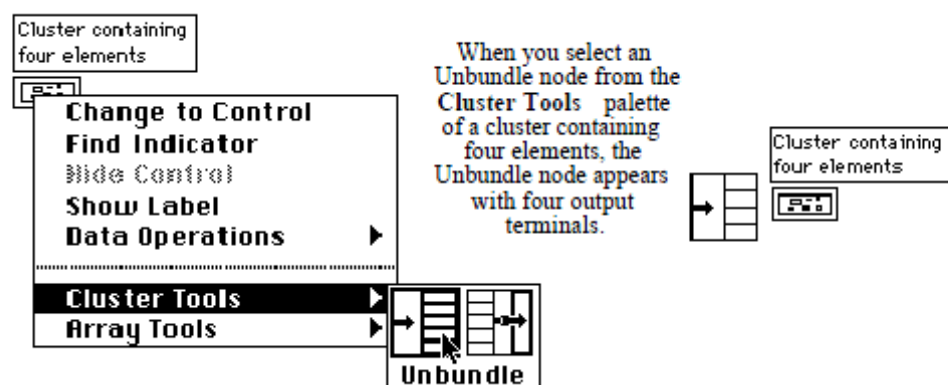


See the *Replacing and Inserting Block Diagram Objects* section in Chapter 11 of the *LabVIEW User Manual*.

Preconfigured Array and Cluster Nodes

You can select the most common array and cluster functions from the **Array Tools** and **Cluster Tools** palettes of most terminal or wire pop-up menus, if the data type of the terminal or wire is array or cluster. Functions you select from these palettes appear with the correct number of terminals to wire to the object on which you popped-up. For example, selecting an **Unbundle** function from the **Cluster Tools** palette of a wire containing a cluster creates an **Unbundle** function that already has the correct number of outputs. See Chapter 7, *Array and Cluster Functions*, of the *LabVIEW Function Reference Manual*.





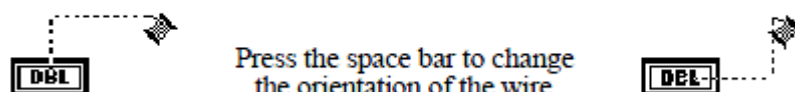
Resizable Nodes

Some of the array and cluster functions have a variable number of terminals. You can add and remove terminals by using the pop-up menu commands **Add** and **Remove** (the names of these commands vary slightly according to the function from which you popped up the menu). An easier way to do this is to enlarge or decrease the node vertically from any corner using the Positioning tool. See the *Nodes* section in Chapter 10 of the *LabVIEW User Manual*.



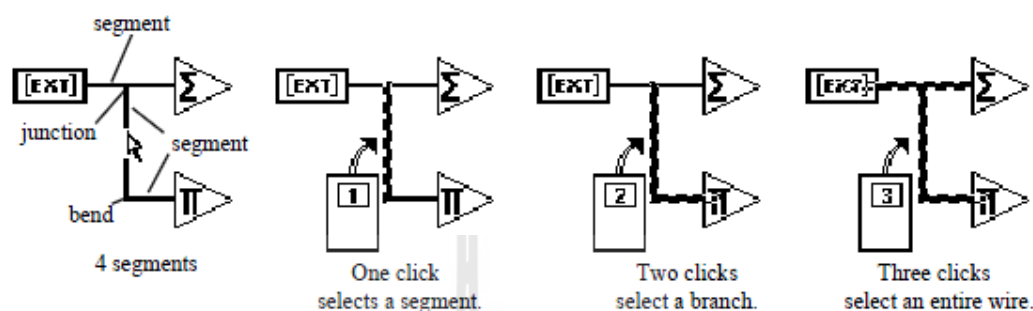
Changing the Direction of a Wire

Pressing the <space> bar while you wire changes the direction that the current wire branch leaves the last tack point. Thus, if you accidentally move horizontally from a tack point but want the wire to move down initially, pressing the space bar changes the initial orientation from horizontal to vertical. See the *Basic Wiring Techniques* section in Chapter 11 of the *LabVIEW User Manual*.



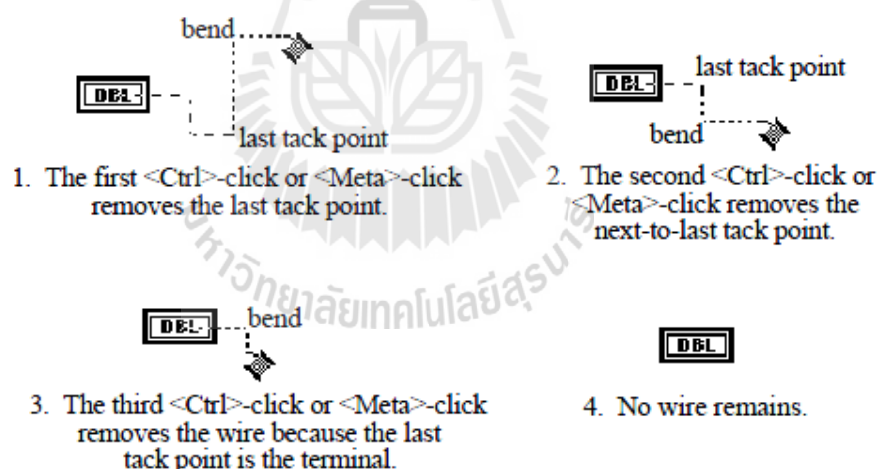
Selecting Wire Segments

Clicking once on a wire selects a single horizontal or vertical segment of the wire. Double-clicking selects a branch, a section of a wire with only one source and one destination. Triple-clicking selects an entire wire. See the *Selecting, Moving, and Deleting Wires* section in Chapter 11 of the *LabVIEW User Manual*.



Removing the Last Tack Point

Clicking while wiring tacks a wire down. <Ctrl>-clicking (for LabVIEW for Windows) or <Meta>-clicking (for LabVIEW for Sun) while wiring removes the last tack point, and <Ctrl>-clicking or <Meta>-clicking again removes the next-to-the-last tack point. If the last tack point is the terminal, <Ctrl>-clicking or <Meta>-clicking removes the wire.



Wiring to Off-Screen Areas

If you need to wire to an off-screen area, click on the initial object and wire to the edge of the screen. At the edge of the screen, double-click in an empty area of the diagram to temporarily terminate the wire. Then scroll the screen to view the destination object, click on the unfinished wire and resume wiring to the destination object. See the *Wiring to Off-Screen Areas* section in Chapter 11 of the *LabVIEW User Manual*.

ประวัติผู้เขียน



นางสาวกัญญา หาญมนต์เกิดเมื่อวันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2535 ภูมิลำเนาเดิมอยู่บ้านเลขที่ 111 หมู่ที่ 9 เทศบาลตำบลธาตุทอง อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ จบระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน ภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ปีการศึกษา 2553 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา



นาย วิทวัส จันพิทักษ์เกิดเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาเดิมอยู่บ้านเลขที่ 423 ถนนเดชอุดม ตำบลเดชอุดม อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จบระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก ราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2553 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา