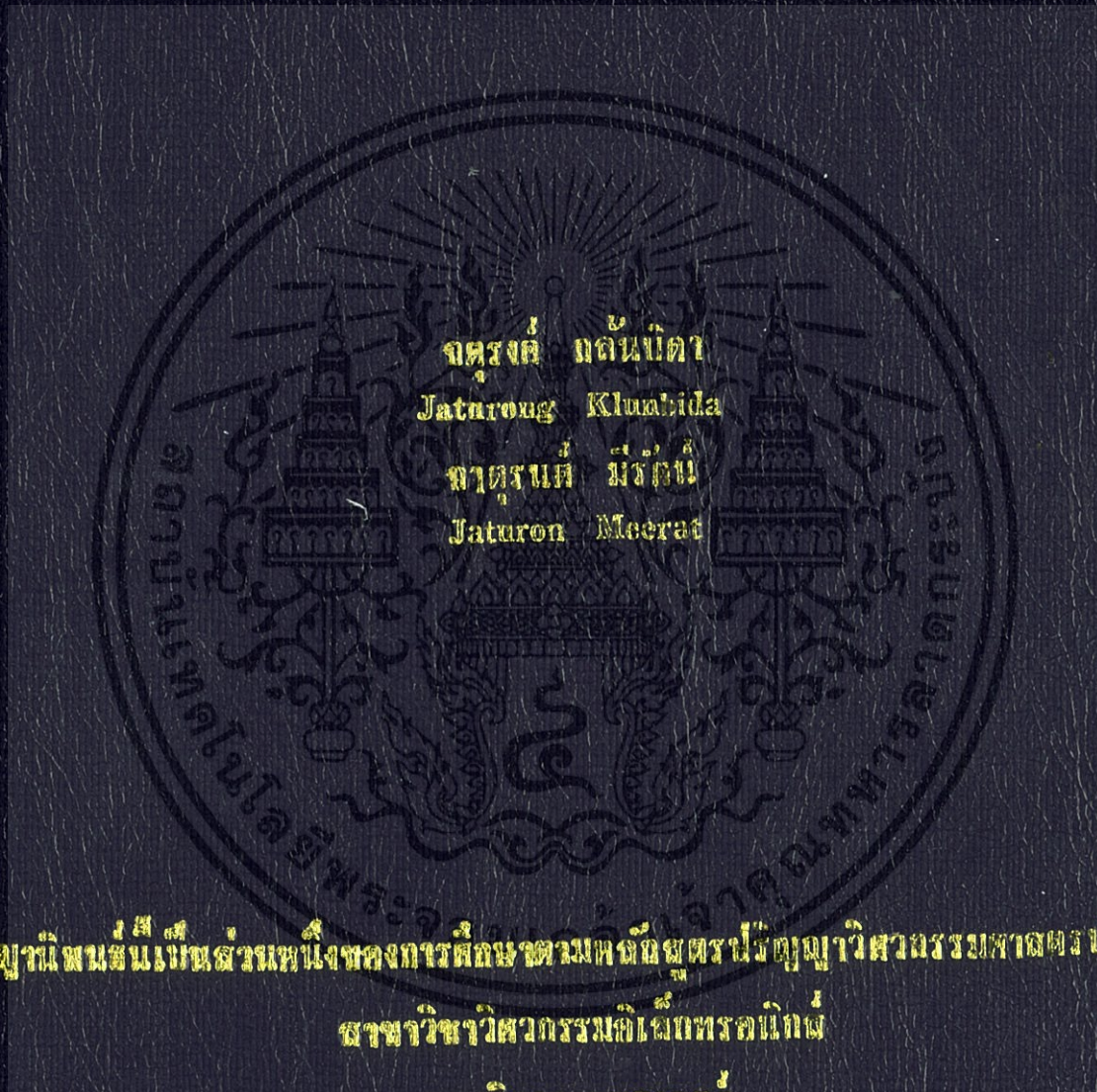


เครื่องกั้นทางข้ามรถไฟอัตโนมัติ
Automatic Railway Crossing Barricade



ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

เครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติ

Automatic Railway Crossing Barricade



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติ

Automatic Railway Crossing Barricade

ผู้จัดทำ นาย จตุรงค์ กลั่นบิดา รหัสประจำตัว 53010176

นาย จาตุรนต์ มีรัตน์ รหัสประจำตัว 53010194

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ดร.อิทธิภูมิ บุญพิคำ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติ

นักศึกษา

นาย จตุรงค์ กลั่นบิดา รหัสประจำตัว 53010176

นาย จาตุรนต์ มีรัตน์ รหัสประจำตัว 53010194

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร.อิทธิภูมิ บุญพิงค์

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการพัฒนาเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟไร้สายแบบอัตโนมัติที่มีราคาถูก ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน ระบบประกอบด้วยตัวตรวจจับแบบ piezoelectric sensor สำหรับตรวจจับรถไฟซึ่งตั้งอยู่ข้างรางรถไฟก่อนถึงจุดตัดของถนน กับรางรถไฟเป็นระยะทางตามที่กำหนด และเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟพร้อมกล่องควบคุมที่ตั้งอยู่ที่จุดตัดของถนนกับรางรถไฟ เมื่อรถไฟเดินทางมาถึงตัวตรวจจับ ตัวตรวจจับจะส่งสัญญาณผ่านระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Zigbee ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งการให้มอเตอร์ปล่อยคานกันรถไฟลงพร้อมส่งสัญญาณเสียงและสัญญาณไฟเตือน เมื่อรถไฟเคลื่อนผ่านจุดตัดของถนนไปแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้มอเตอร์ยกคานกันรถไฟขึ้น ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ในเบื้องต้น ที่สามัญระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ เป็นระบบที่มีราคาถูก อุปกรณ์ทุกชิ้นสามารถหาซื้อได้ในประเทศ ซึ่งสามารถช่วยประหยัดงบประมาณในการทำเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟได้เป็นจำนวนมาก

Thesis Title	Automatic Railway Crossing Barricade
Student	Mr. Jaturong Klunbida Student ID 53010176 Mr. Jaturon Meerat Student ID 53010194
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Dr.Ittiphoom Boonpicum

ABSTRACT

This project is to develop an automatic wireless railway crossing barricade using a microcontroller. The system consists of a piezoelectric sensor for detecting a train, located near a railway and before an intersection in a defined distance and a barricade with a controller box located at the intersection. When a train arrives at the piezoelectric sensor, the sensor will send a signal to a microcontroller via a Zigbee wireless network. The microcontroller will turn a motor on in order to move the barricade down. After the train passes the junction, the microcontroller will turn on the motor to move the barricade up. The developed system can perform basic function as design. Importantly, the developed system is inexpensive. All parts can be bought from the market in the country. Hence, this can reduce cost of the automatic railway crossing barricade greatly.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัตินี้ ประกอบด้วยชิ้นงาน และเอกสารประกอบโครงการซึ่งงานนี้จะไม่ลุล่วงไปได้ด้วยดี ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือจากหลายบุคคล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์อิทธิภูมิ บุญพิศา และคุณสุภกรณ์ สุวรรณ ที่คอยให้คำปรึกษา และคำแนะนำ ดูแลในเรื่องของวงจรมาตลอด อีกทั้งเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

จตุรงค์ กลั่นบิดา

จาดูรนต์ มีรัตน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 แผนการดำเนินงาน	2
1.5 เครื่องมือที่ใช้ในโครงการ	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณ	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นของการสร้างเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟ	4
2.1 เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟที่มีอยู่ในปัจจุบัน	4
2.2 เซลแสงอาทิตย์	4
2.3 MICROCONTROLLER	5
2.4 Zigbee	7
2.4.1 กำลังส่งสายอากาศ และสัญญาณรบกวนของ Zigbee	8
2.4.2 การสื่อสารของอุปกรณ์ Zigbee	9-27
2.4.3 Xbee Addressing	25
2.4.4 Xbee Operation Mode	25
2.5 ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือนแบบ piezoelectric sensor	25
2.6 บอร์ด Arduino uno	26
2.7 แผงโซลาร์เซลล์ Solar Cell ขนาด 50 วัตต์	27
2.8 แบตเตอรี่ขนาด 12 volt 5A	28
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	29
3.1 วงจรขยายสำหรับเซ็นเซอร์ Piezoelectric	29
3.2 วงจรตรวจจับรถไฟ	29
3.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบ	30
3.4 วงจรคอมพาราเตอร์	31
3.5 วงจรขมิทริกเกอร์ (Schmitt trigger circuit)	32
3.5.1 คุณสมบัติของวงจรขมิทริกเกอร์	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.1	การทำงานของวงจร	32
3.5.1.2	อธิบายลักษณะรูปคลื่นของวงจร	32
3.5.1.3	ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน	33
3.5.2	พารามิเตอร์ของวงจรซิมิทริกเกอร์	33
3.5.2.1	การกำหนดค่า U.T.P.	33
3.5.2.2	การกำหนดค่า L.T.P.	35
3.5.2.3	การออกแบบวงจร	38
3.6	วงจรแปลงแรงดันจาก Battery 12V ไปยัง Circuit (LM2576T-ADJ)	41
บทที่ 4	การพัฒนาโครงการ	42
4.1	วงจรตัวตรวจจับรังสีไฟและอุปกรณ์ ภาคส่งข้อมูล	42
4.2	บอร์ดควบคุมและอุปกรณ์ Zigbee ภาครับข้อมูล	42
บทที่ 5	บทสรุป	45
5.1	สรุปผลโครงการ	45
5.2	กลุ่มผู้ใช้โปรแกรม	45
5.3	ปัญหาและอุปสรรค	45
5.4	ข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง		46

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างรถไฟกับเซนเซอร์ และ ค่าแรงดันไฟฟ้า	44



สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 (ก) เครื่องกันทางข้ามรถไฟแบบที่ใช้ผ่านกันถนน	4
รูปที่ 2.1 (ข) เครื่องหมุนผ่านกันรถไฟขึ้นลง	4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอน	5
รูปที่ 2.3 AVR AT mega32	6
รูปที่ 2.4 Xbee Proseries 2	7
รูปที่ 2.5 สายอากาศย่านความถี่ 2.4 Ghz	8
รูปที่ 2.6 Star (Broadcast) Network	9
รูปที่ 2.7 Cluster Tree (Tree) Network	10
รูปที่ 2.8 Mesh Network	10
รูปที่ 2.9 Star (Broadcast) Network	10
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการใช้งาน แบบ Star (Broadcast) การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator	11
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการใช้งาน แบบ Star (Broadcast) การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator	12
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการใช้งาน แบบ Star (Broadcast) การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device	13
รูปที่ 2.13 Cluster Tree (Tree) Network	14
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator	15
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device	16
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device	17
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Router	18
รูปที่ 2.18 การ ทดลองรับส่งข้อมูลผ่าน ระบบเครือข่ายแบบ Cluster Tree	19
รูปที่ 2.20 Mesh Network	20
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Mesh การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator	21
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Mesh การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Router	22
รูปที่ 2.23 ภาพประกอบการอธิบาย การทดลอง รับส่งข้อมูลผ่าน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเครือข่ายแบบ Mesh	23
รูปที่ 2.24 piezoelectric sensor	26
รูปที่ 2.25 บอร์ด Arduino uno	26
รูปที่ 2.26 แผงโซลาร์เซลล์	28
รูปที่ 2.27 แบตเตอรี่ขนาด 12 volt 5A	28
รูปที่ 3.1 วงจรขยายสำหรับเซ็นเซอร์ Piezoelectric	29
รูปที่ 3.2 การต่อวงจรตรวจจับรถไฟโดยใช้ตัวตรวจจับแบบ Piezoelectric sensor	29
รูปที่ 3.3 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมควบคุมทั้งหมด	30
รูปที่ 3.4 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณแรงดัน	31
รูปที่ 3.5.1 แสดงวงจรขมิททริกเกอร์	32
รูปที่ 3.5.2 วงจรเสมือน	33
รูปที่ 3.5.3 แสดงวงจรที่แทนค่า e_{COB} และ Z_{OB} ไปในวงจร	34
รูปที่ 3.5.4 แสดงวงจรเสมือนทางด้านคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์	35
รูปที่ 3.5.5 แสดงวงจรขมิททริกเกอร์ ที่แทน e_{OCC} และ Z_{OC} ไปแทนลงในวงจร	36
รูปที่ 3.5.6 แสดงวงจรขมิททริกเกอร์ที่ใช้ในการออกแบบ	38
รูปที่ 3.5.7 แสดงทิศทางกระแส และแรงดันประกอบการออกแบบวงจร	39
รูปที่ 3.6 วงจรแปลงแรงดันจาก Battery สำหรับจ่ายให้วงจร	41
รูปที่ 4.1 แสดงวงจรเพียโซอิเล็กทริกเซนเซอร์และอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ	42
รูปที่ 4.2 แสดงวงจร Triggler และอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ	43
รูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบติด เพียโซอิเล็กทริกและอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ	43
รูปที่ 4.4 แสดงการทดสอบติดอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ	43
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ ระยะห่างและแรงดันไฟฟ้า	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ปัจจุบันเส้นทางรถไฟในประเทศไทยได้สร้างตัดผ่านถนนทั้งในชุมชนเมืองและในชนบทมากมาย จุดตัดทางรถไฟที่มีการจราจรหนาแน่น มักมีการติดตั้งเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟทั้งแบบอัตโนมัติหรือแบบที่ใช้พนักงานควบคุมไว้ อย่างไรก็ตามในจุดตัดทางรถไฟที่อยู่ในชนบทห่างไกลหรือจุดที่มีการจราจรไม่หนาแน่นบางจุด การรถไฟแห่งประเทศไทยไม่ได้ติดตั้งเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟไว้ เนื่องจากมีงบประมาณที่จำกัด เพราะเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติมีราคาแพง ขณะที่เครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟแบบใช้พนักงานควบคุมก็มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง จุดนี้เองทำให้เกิดอุบัติเหตุรถยนต์ชนกับรถไฟบ่อยครั้ง โครงการนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติที่มีราคาถูกเพื่อจะลดอุบัติเหตุจากการชนกันของรถไฟและยานพาหนะอื่นๆ ตรงจุดตัดที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟ เครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบอัตโนมัติโดยมี Microcontroller เป็นตัวควบคุมไซเรน และ ลำโพงเตือนรถไฟ เมื่อรถไฟวิ่งผ่านตัวตรวจจับรถไฟ ที่ติดตั้งก่อนถึงจุดตัด ตัวตรวจจับนี้จะส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสารไร้สายไปยัง Microcontroller เพื่อประมวลผลควบคุมให้ไซเรนและลำโพงเตือนรถไฟทำงาน และเมื่อรถไฟผ่านจุดตัดไป Microcontroller จะสั่งการไซเรนและลำโพงเตือนรถไฟปิด และในกรณีที่พื้นที่ติดตั้งไม่มีไฟฟ้าใช้ ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวให้พลังงานได้ โดยสรุปโครงการนี้มีเป้าหมายในการพัฒนาเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติเพื่อลดอุบัติเหตุของการชนกันของยานพาหนะกับรถไฟตรงจุดตัดของรางรถไฟกับถนนในบริเวณที่ยังไม่มีการติดตั้งเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟอัตโนมัติที่มีราคาถูก และใช้การสื่อสารแบบไร้สายในการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟกับตัวตรวจจับรถไฟ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 เครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟสามารถควบคุมให้ไซเรนและลำโพงเตือนรถไฟทำงานก่อนรถไฟมาถึงจุดตัดทางรถไฟในระยะที่กำหนด

1.3.2 เครื่องกั้นทางข้ามรางรถไฟสามารถควบคุมให้ไซเรนและลำโพงเตือนรถไฟปิดเมื่อรถไฟขบวนเดิมผ่านพ้นไปได้ในเวลาที่กำหนด

1.4 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการทั้งภาคการศึกษาต้นและภาคการศึกษาปลายได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.1 ข้างล่างนี้

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2556							2557	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาข้อมูลของเครื่องกั้นทางข้าม รางรถไฟ ศึกษาข้อมูลของ ส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการ ออกแบบ									
2. จัดหาอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้									
3. พัฒนาฮาร์ดแวร์ของระบบ ขับเคลื่อนคานกั้นรถไฟ									
4. พัฒนาโปรแกรมบน Microcontroller สำหรับควบคุมการ ทำงานของไซเรนและลำโพงเตือน รถไฟมา									
5. พัฒนาระบบสื่อสารระหว่างตัว ตรวจจับรถไฟ กับ Microcontroller โดยใช้เครือข่ายสื่อสารแบบไร้สาย									
6. ทดสอบระบบทั้งหมดและปรับปรุง แก้ไขระบบ									
7. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์ต้นทุนในการลงทุน									
8. เขียนรายงานผลการดำเนิน โครงการ									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เครื่องมือที่ใช้ ในโครงการ

1. Arduino uno
2. Microcontroller
3. piezoelectric sensor
4. โซลาร์เซลล์ และ ลำโพงเตือนภัย
5. แผงโซลาร์เซลล์

1.6 รายละเอียดงบประมาณ

1. วัสดุที่ใช้ทำวงจร รับ - ส่ง 3,000 บาท
 2. piezoelectric sensor 1,000 บาท
- รวม 3,100 บาท

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อพัฒนาเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟอัตโนมัติที่มีราคาถูก และใช้การสื่อสารแบบไร้สายในการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟกับตัวตรวจจับรถไฟ
2. เพื่อลดอัตราการเสี่ยงเกิดอุบัติเหตุกับรถไฟ



บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นของการสร้างเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟ

2.1 เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟที่มีอยู่ในปัจจุบัน

เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟมี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้พนักงานควบคุม และแบบที่สามารถทำงานเองโดยอัตโนมัติ เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟแบบที่ใช้พนักงานควบคุม เป็นเครื่องกันที่ทำงานโดยใช้พนักงานเป็นผู้ควบคุมการเปิดปิด เครื่องกันชนิดนี้ มักติดตั้งที่ทางผ่านที่อยู่ใกล้กับสถานีรถไฟ เมื่อถึงเวลาที่รถไฟมาจะมีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมระบบไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนที่กันรถไฟ ซึ่งอาจเป็นคานกันหรือม่านกัน นอกจากนี้ยังมีระบบที่ใช้แรงงานคนในการทำงานโดยใช้แผงเหล็กกันรถไฟหรือใช้ม่านกันรถไฟแบบมือหมุน ดังแสดงในรูปที่ 2.1(ก) และรูปที่ 2.1(ข)



(ก)

(ข)

รูปที่ 2.1 (ก) เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟแบบที่ใช้ม่านกันถนน

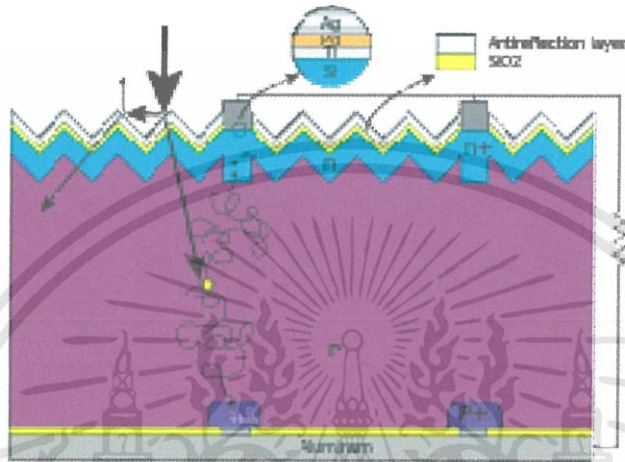
(ข) เครื่องหมุนม่านกันรถไฟขึ้นลง

ส่วนเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติ เป็นเครื่องกันที่มีคานกันปิดถนนในแต่ละเลน โดยอัตโนมัติดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยระบบนี้จะมีเครื่องนับล้อรถไฟติดตั้งข้างรางรถไฟก่อนถึงจุดตัดประมาณ 700 เมตร 1 ตัว และหลังจุดตัดประมาณ 50 เมตรอีก 1 ตัว เมื่อรถเหยียบแทร็กของเครื่องนับล้อตัวแรก เครื่องกันก็จะยกคานลงโดยอัตโนมัติและเมื่อรถไฟวิ่งผ่านไปอีก 50 เมตร รถไฟจะเหยียบแทร็กของเครื่องนับล้ออีกตัวหนึ่งเครื่องกันก็จะยกตัวขึ้น ภายใน 7 วินาที

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ โซลาร์เซลล์ หรือ เซลล์สุริยะ หรือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งหน้าที่แปลงพลังงานแสงหรือโฟตอนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ปรากฏการณ์โฟโตโวลเทอิก นั่นก็คือ คุณสมบัติของสารเช่น ค่าความต้านทาน แรงดัน และกระแส จะเปลี่ยนไปเมื่อมีแสงตกกระทบ ปรากฏการณ์ดังกล่าวถูกสาธิตให้ดูครั้งแรกในปี 1839 โดยนักฟิสิกส์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นานนักให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาวฝรั่งเศสวัย 19 ปีชื่อ A.E. Becquerel โดยสาธิตว่า เมื่อแสงตกกระทบวัตถุบางอย่าง จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เขาได้ทดลองโดยใช้โลหะสองขั้วจุ่มลงในสารละลายอ็อกไซด์ แล้วให้แสงตกกระทบได้แค่ขั้วเดียว จะปรากฏกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วทั้งสอง แสดงให้เห็นถึงกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในวัตถุ เมื่อมีแสงกระทบเขายังพบว่าเมื่อเปลี่ยนสี (ความยาวคลื่น พลังงาน) ของแสง ปริมาณของกระแสไฟฟ้าก็เกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย



รูปที่ 2.2 โครงสร้างและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอน

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

2.3 MICROCONTROLLER

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่มีรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” (Micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ที่เป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (Controller) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ สำหรับโครงการนี้ผู้พัฒนาได้เลือกใช้ Microcontroller รุ่น AVR Atmega32 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 bit มีจำนวนขา 40 ขา พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Atmel ดังแสดงในรูปที่. 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เป็นหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ผลิตโดยบริษัท ATMEL AVR จัดเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่จาก ATMEL มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Advanced RISC architecture) คือหนึ่งคำสั่งทำงานใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก (One Instructions in a Single Clock Cycle) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง แบ่งออกเป็นหลายอนุกรม ในแต่ละอนุกรมยังแบ่งออกเป็นหลายเบอร์ เพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่างของผู้ใช้งาน ในขณะที่ยังคงความประสิทธิภาพที่เท่ากัน



รูปที่ 2.3 AVR ATmega32

คุณลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR Atmega32 เป็นดังนี้

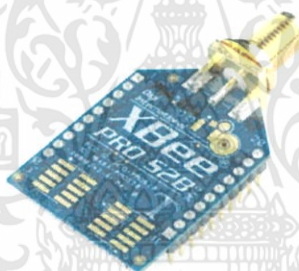
1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
2. สถาปัตยกรรมภายในเป็นแบบ Advanced RISC
3. มีคำสั่งการทำงานมากกว่า 131 คำสั่ง โดยมีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา (1 MIP/1MHz)
4. มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัว
5. มีความเร็วในการทำงาน 1 MIPS ต่อ 1 MHz และมากถึง 16MIPS เมื่อใช้ความถี่ที่ 16 MHz
6. มีหน่วยความจำ ROM แบบ Flash ขนาด 32 กิโลไบต์ (เขียน/ลบ ได้ 10,000 ครั้ง)
7. มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 1024 ไบต์ (เขียน/ลบได้ 100,000 ครั้ง)
8. มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM 2 กิโลไบต์
9. มีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ทั้งแบบ 8 บิตและ 16 บิต พร้อมปริสเกลเลอร์
10. มีระบบตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานของซอฟต์แวร์ (Watchdog Timer with On -Chip Oscillator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. มีโมดูลสร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulator) มีจำนวน 4 ช่อง
12. มีโมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) ขนาด 10 บิต 8 ช่อง
13. มีโมดูลเปรียบเทียบแรงดันอนาล็อก (Analog Comparator)
14. การสื่อสารข้อมูลอนุกรมมีทั้งแบบ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) หรือแบบ RS232, SPI (Serial Peripheral Interface) และแบบ I²C
15. มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 32 ขา
16. ใช้แรงดันไฟฟ้า 4.5-5.5 โวลต์
17. มีความเร็วในการทำงาน 0-16 MHz

2.4 Zigbee Pro series 2

XBee Pro 50mW RPSMA - Series 2 (ZigBee Mesh) เป็นโมดูล รับส่งสัญญาณไร้สาย ย่านความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐานโปรโตคอล ZigBee/IEEE 802.15.4 โดยใช้พลังงานต่ำ (ที่ 3.3 Volt) รับส่งข้อมูลอัตราความเร็ว 250Kbps พร้อมหัวต่อสายอากาศแบบ RPSMA (ต้องซื้อสายอากาศเพิ่ม) รองรับเครือข่ายแบบ mesh



รูปที่ 2.4 Xbee Pro series 2

This is the XBee XBP24-BZ7PIT-004 module from Digi. The new Series 2B improves upon the power output and data protocol of the Pro Series 2. Series 2B modules allow you to create complex mesh networks based on the XBee ZB ZigBee mesh firmware. These modules allow a very reliable and simple communication between microcontrollers, computers, systems, really anything with a serial port! Point to point and multi-point networks are supported.

Series 2B modules use a different hardware configuration from the earlier models and while they will communicate with Series 2 XBee modules, they are not compatible with the outdated Series 2.5 Modules.

Note: Series 1 and Series 2B XBee modules have the same pin-out. However, Series 1 modules cannot communicate with Series 2B modules.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features:

- 3.3V @ 295mA
- 250kbps Max data rate
- 50mW output (+17dBm)
- up to 1 mile (1600m) range (Line-of-Sight) ** ระยะที่ทำได้ ขึ้นอยู่กับ สภาพแวดล้อมของระบบ และ สายอากาศที่ใช้ เนื่องจากความถี่ 2.4 Ghz เป็นย่านความถี่สูง อัตราการลดทอนสัญญาณจะสูง และ สิ่งกีดขวางจะมีผลอย่างมากกับระยะทางที่ใช้งานได้ **
- RPSMA connector
- Fully FCC certified
- 6 10-bit ADC input pins
- 8 digital IO pins
- 128-bit encryption
- Local or over-air configuration
- AT or API command set

2.4.1 กำลังส่งสายอากาศ และสัญญาณรบกวนของ Zigbee

Zigbee นั้นใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นย่านเดียวกันกับ Bluetooth หรือ Wireless LAN ช่องสัญญาณย่านความถี่ 2.4 GHz นี้เรียกว่าเป็นย่านไมโครเวฟ หลักสำคัญของย่านไมโครเวฟอย่างหนึ่งคือ การวางตำแหน่งตัวรับส่งสัญญาณนั้น ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ ในเส้นทางระหว่างตัวรับกับตัวส่ง (Line of Sight) จึงจะได้กำลังส่งสูงสุด สำหรับกำลังส่งของชิป XBee รุ่น Pro จะใช้กำลังไฟฟ้า 50-60 มิลลิวัตต์ และรับส่งข้อมูลได้ไกลถึง 1.5 กิโลเมตร ในแบบ Line of Sight หากมีสิ่งกีดขวางระยะการรับส่งจะลดลง ชิป XBee ที่เป็นแบบสำเร็จรูปพร้อมใช้ จะมีสายอากาศในตัว 2 แบบคือ สายอากาศแบบ Chip และแบบ Whip โดยแบบ Chip นั้น มีข้อดีตรงที่มีขนาดเล็ก แต่จะมีข้อเสียคือ Gain น้อยกว่าแบบ Whip ดังนั้นสายอากาศแบบ Chip จึงมีระยะรับส่งข้อมูลที่ลดลง



รูปที่ 2.5 สายอากาศย่านความถี่ 2.4 Ghz

Feature

- Frequency range : 2400-2483 Mhz (2.4Ghz Range)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- V.S.W.R \leq 2.0
- Gain : 3 dBi
- Polarization : Vertical
- Impedance : 50 Ohm
- Maximun Input Power : 10 Watt

2.4.2 การสื่อสารของอุปกรณ์ Zigbee

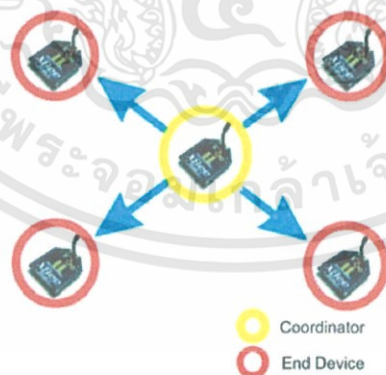
2.4.2.1 Xbee Basic Configuration in Network Application

XBee เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย และสามารถสร้างระบบเครือข่ายขึ้นมาได้ โดย ZigBee ได้อ้างอิง มาตรฐานตาม IEEE 802.15.4 โดยสามารถแบ่ง หน้าที่การทำงานของ XBee ตามรูปแบบการสื่อสารในลักษณะต่างๆ ได้ อาทิ Coordinator , Router , End Device ในบทความนี้ ทีมงาน ThaiEasyElec ขอแนะนำการตั้งค่า Network แบบ Star , Cluster และ Mesh ด้วย Xbee ครับ

2.4.2.2 XBee Topology

ในการสร้างโครงข่ายไร้สายของ ZigBee นั้น จะต้องประกอบด้วย โหนด จำนวนอย่างน้อยที่สุด 2 ชนิด คือ Coordinator node และ node ลูกข่าย ชนิดใดชนิดหนึ่ง (Router/End device) จึงจะสามารถสื่อสารและทำงานในรูปแบบของ PAN (Personal area network) ได้ โดย ZigBee สามารถแบ่งรูปแบบ เครือข่ายได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

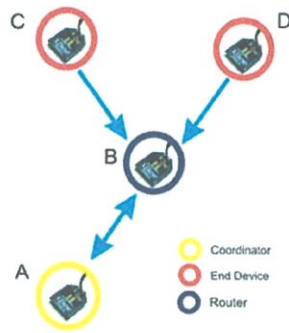
1) Star (Broadcast)



รูปที่ 2.6 Star (Broadcast) Network

2) Cluster Tree (Tree)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 Cluster Tree (Tree) Network

3) Mesh



รูปที่ 2.8 Mesh Network

1) Star (Broadcast)

การเชื่อมต่อ แบบ Star หรือ แบบ Broadcast เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ ไม่เฉพาะเจาะจง จุดหมายปลายทาง หรือ XBee ทุกตัวที่อยู่ในระบบเครือข่ายเดียวกันสามารถ รับข้อมูลทุกข้อมูลได้ทุกตัว



รูปที่ 2.9 Star (Broadcast) Network

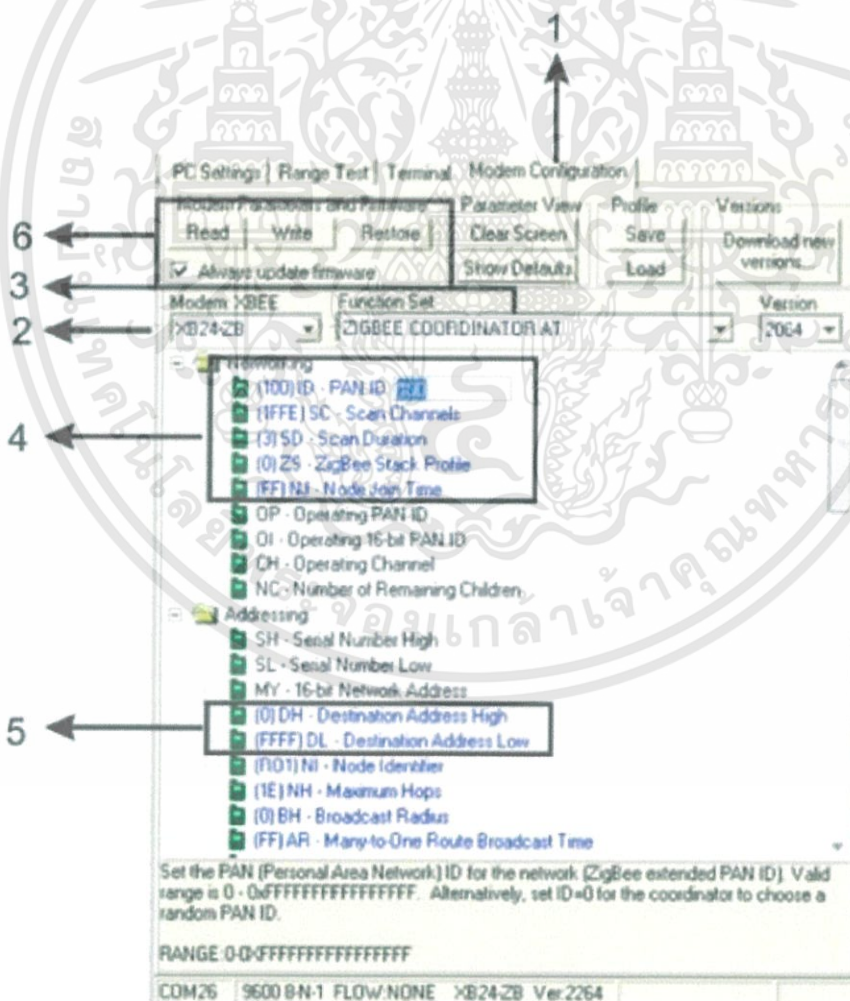
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการใช้งาน แบบ Star (Broadcast)

จากรูป ด้านบน การใช้งานแบบ Star จะประกอบไปด้วย XBee ที่ทำงานเป็น 2 รูปแบบคือ แบบที่ 1 เป็น Coordinator ทำหน้าที่ สร้างเครือข่าย และ แบบที่ 2 เป็น End Device ทำหน้าที่ เป็นลูกข่าย

การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator

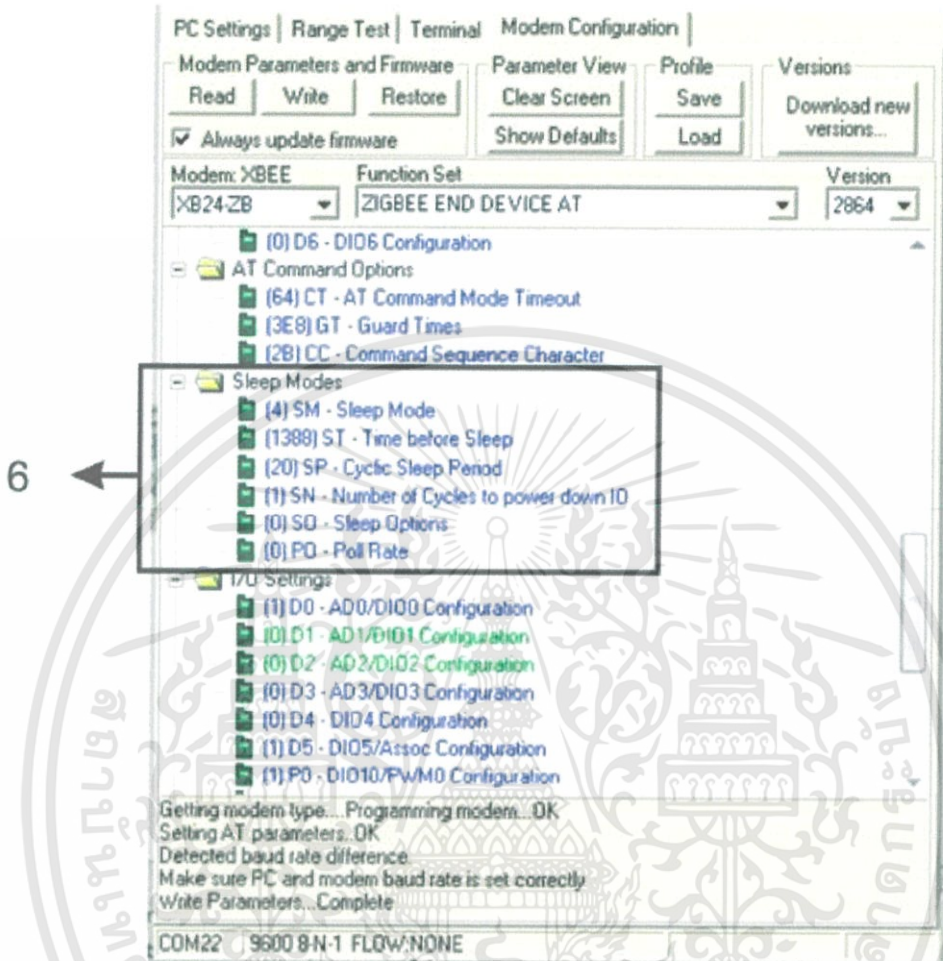
- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE COORDINATOR AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-ZB) หรือ ZNET 2.5 COORDINATOR AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-B)
- (*** จากข้อ 2 , 3 และ 5 ท่านสามารถดูข้อมูลได้จากด้านใต้โมดูล ในแต่ละตัว)
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) สามารถตั้งได้ตามแต่ผู้ใช้จะกำหนด แต่ในที่นี้ผมจะตั้ง เป็น 100 (***) ท่านสามารถดูรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆได้ จาก Datasheet หรือ คลิกรูปบริเวณที่ต้องการรู้ จะมีข้อมูลขึ้นมาแสดงด้านล่าง)
- 5) กำหนด Destination (จุดหมายที่ต้องการ รับส่งข้อมูลด้วย) โดย ตั้งค่า DH = 00 , DL = FFFF



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการใช้งาน แบบ Star (Broadcast) การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator (ข้อ 1-5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เลือกเครื่องหมาย ถูก ที่ Always Update Firmware แล้ว คลิก Write (***) XBee ที่ถูกกำหนดให้เป็น Coordinator จะไม่สามารถทำงานในโหมด ประหยัดพลังงานได้)



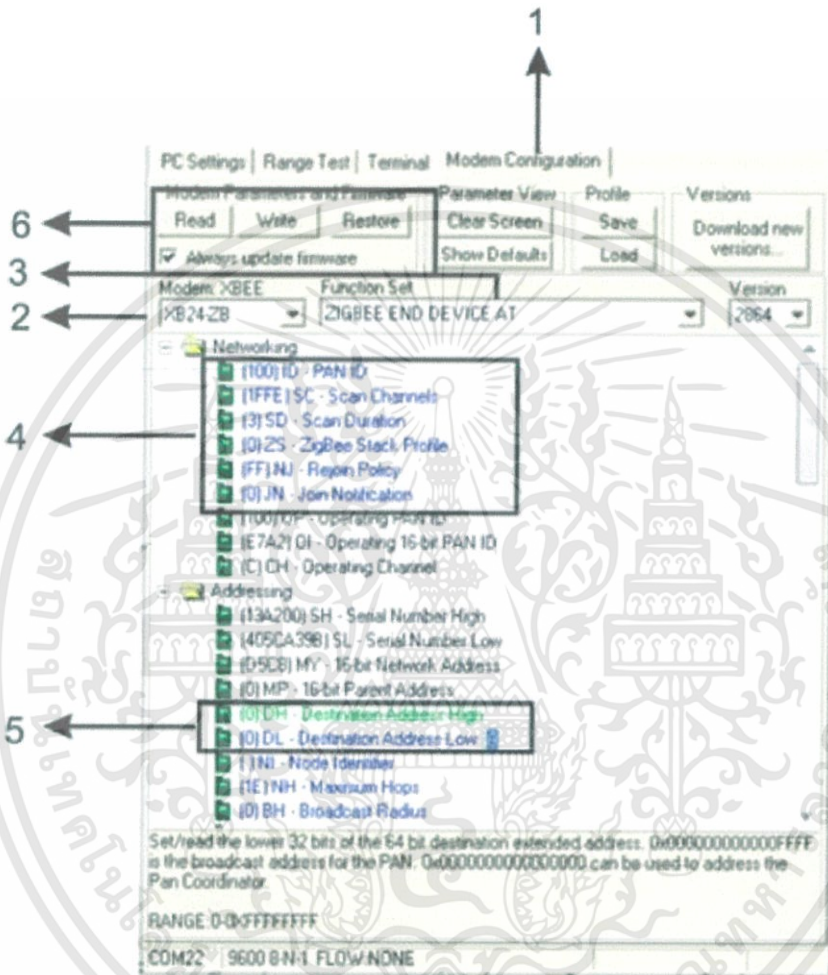
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการใช้งาน แบบ Star (Broadcast) การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator (ข้อ 6)

การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device

- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-ZB) หรือ ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-B) (***) จากข้อ 2 , 3 และ 5 ท่านสามารถดูข้อมูลได้จากไทม์คู่มือ ในแต่ละตัว)
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) จะต้องตั้งให้เหมือนกับ Coordinator (***) ท่านสามารถดูรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆได้ จาก Datasheet หรือ คลิกบริเวณที่ต่ออนุกรมการรู้จะมีข้อมูลขึ้นมาแสดงด้านล่าง)
- 5) กำหนด Destination (จุดหมายที่ต้องการ รับส่งข้อมูลด้วย) โดยตั้งค่า DH = 00 , DL = 00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) กำหนด รูปแบบ การ Sleep ให้กับ End Device ในที่นี้ได้กำหนดให้ใช้ SM = 4 คือ การ Sleep แบบ CYCLIC SLEEP จะหลับ และ ตื่น สลับกันไปอยู่ตลอดเวลา และ จะตื่นขึ้นมาทำงาน เมื่อถูกกระตุ้น ผ่าน ทาง UART หรือ ได้รับข้อมูลจาก Coordinator หรือ โหนดอื่น ๆ ที่ทำการส่ง ข้อมูลผ่าน สามารถ กำหนดรายละเอียดต่างๆได้เพิ่มเติม เช่น ST = หากไม่มีการทำงาน นานเท่าไร จึงจะเข้า sleep mode , SP = เวลาในการ หลับและตื่น สลับกัน

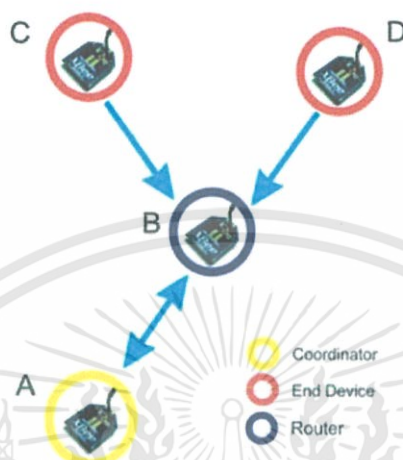


รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการใช้งาน แบบ Star (Broadcast) การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device (ข้อ 1 - 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Cluster Tree

เป็นการ รับส่งข้อมูล แบบ ส่งผ่าน เช่น A ต้องการติดต่อ กับ C แต่ C อยู่ไกลจาก A จน A ไม่สามารถ ติดต่อกับ C ได้ แต่พอดีมี B ที่อยู่ระหว่าง A กับ C ดังนั้น Cluster Tree จะใช้ B เป็นเหมือน ตัวกลาง เชื่อมการติดต่อ (Repeater) ระหว่าง A กับ C



รูปที่ 2.13 Cluster Tree (Tree) Network

ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree

จากรูปภาพด้านบน จะพบว่า มีการใช้งาน XBee อยู่ 3 ลักษณะด้วยกันคือ

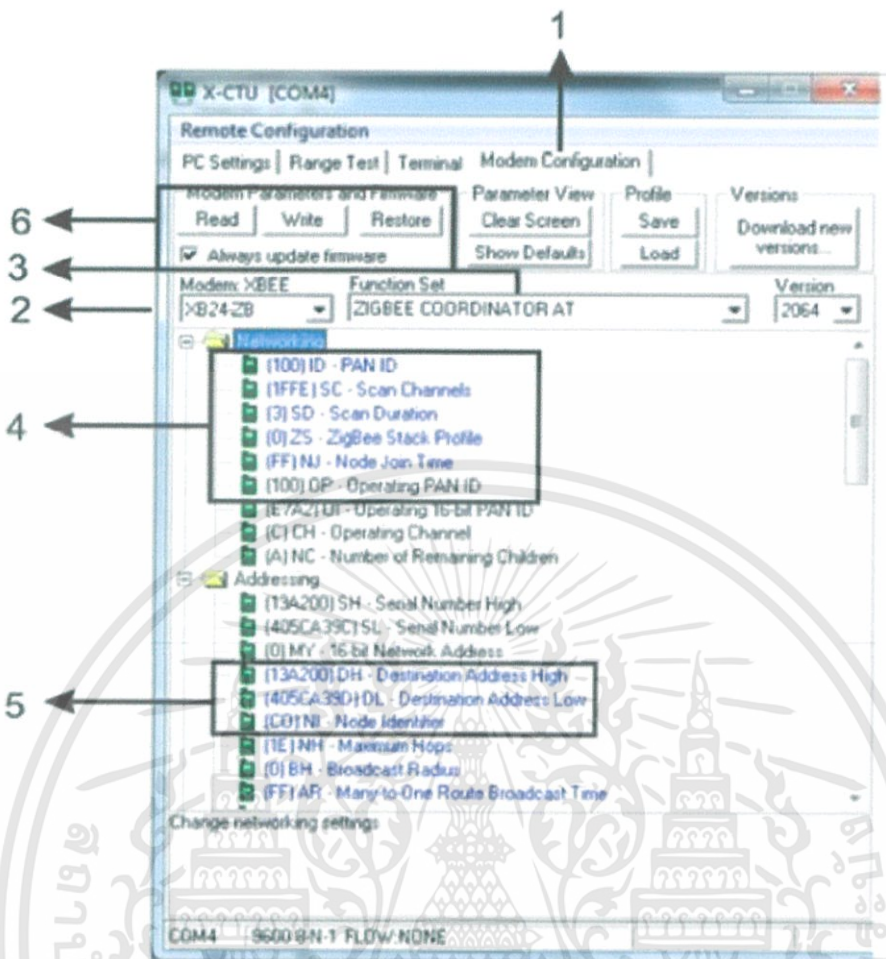
- 1) Coordinator
- 2) End Device
- 3) Routers

การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator

- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-ZB) หรือ ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-B) (***) จากข้อ 2, 3 และ 5 ท่านสามารถดูข้อมูลได้จากไดโมคูล ในแต่ละตัว)
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) สามารถตั้งได้ตามแต่ผู้ใช้จะกำหนด แต่ในที่นี้ผมจะตั้ง เป็น 100 (***) ท่านสามารถดูรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆได้ จาก Datasheet หรือ คลิปบริเวณที่ตอนการรู้ จะมีข้อมูลขึ้นมาแสดงด้านล่าง)
- 5) กำหนด Destination (จุดหมายที่ต้องการ รับส่งข้อมูลด้วย) และตั้งชื่อ Node โดย ตั้งค่าดังนี้
DH = 13A200 , DL = 405CA39D (13A200 405CA39D คือ เลข SH, SL ของ End Device ที่ใช้ในการทดลอง) NI = CO (ตั้งชื่อ Node ว่า CO)

- 6) เลือกเครื่องหมาย ถูก ที่ Always Update Firmware แล้ว คลิก Write

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

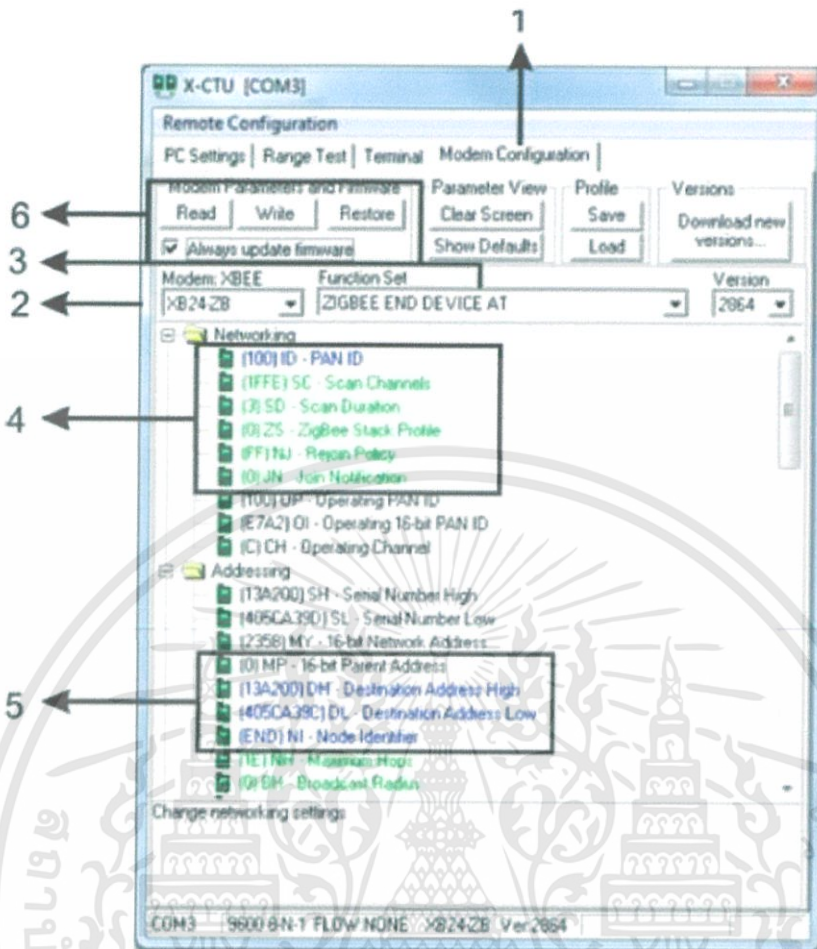


รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator (ข้อ 1-6)

การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device

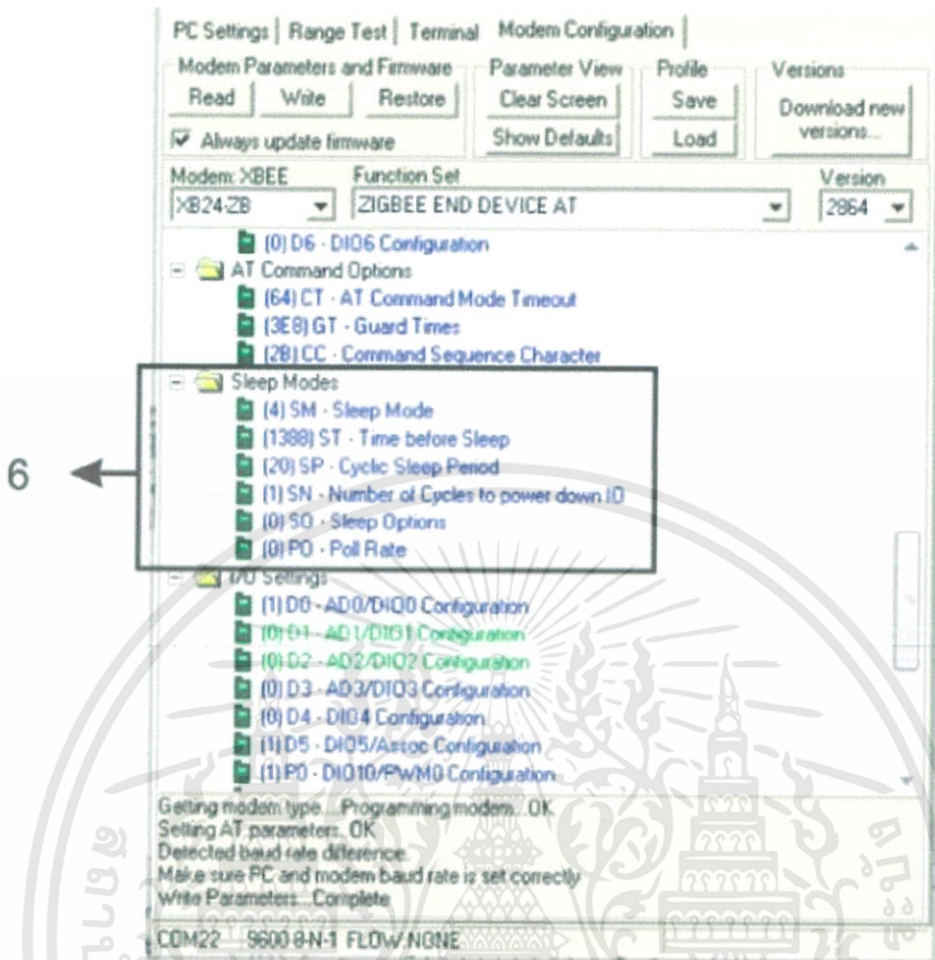
- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-ZB) หรือ ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-B) (***) จากข้อ 2, 3 และ 5 ท่านสามารถดูข้อมูลได้จากไดโมคูด ในแต่ละตัว)
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) จะต้องตั้งให้เหมือนกับ Coordinator (***) ท่านสามารถดูรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆได้ จาก Datasheet หรือ คลิกรูปบริเวณที่ตอนการรู้จะมีข้อมูลขึ้นมาแสดงด้านล่าง)
- 5) กำหนด Destination (จุดหมายที่ต้องการ รับส่งข้อมูลด้วย) และตั้งชื่อ Node โดย ตั้งค่าดังนี้
 DH = 13A200 , DL = 405CA39C (13A200 405CA39C คือ เลข SH, SL ของ Coordinator ที่ใช้ในการทดลอง)NI = END (ตั้งชื่อ Node ว่า END)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device (ข้อ 1-5)

6) กำหนด รูปแบบ การ Sleep ให้กับ End Device ในที่นี้ได้กำหนดให้ใช้ SM = 4 คือ การ Sleep แบบ CYCLIC SLEEP จะหลับ และ ตื่น สลับกันไปอยู่ตลอดเวลา และ จะตื่นขึ้นมาทำงาน เมื่อถูกกระตุ้น ผ่าน ทาง UART หรือ ได้รับข้อมูลจาก Coordinator หรือ โหนดอื่นๆที่ทำการส่ง ข้อมูลผ่าน สามารถ กำหนดรายละเอียดต่างๆได้เพิ่มเติม เช่น ST = หากไม่มีการทำงาน นานเท่าไร จึงจะเข้า sleep mode , SP = เวลาในการ หลับและตื่น สลับกัน

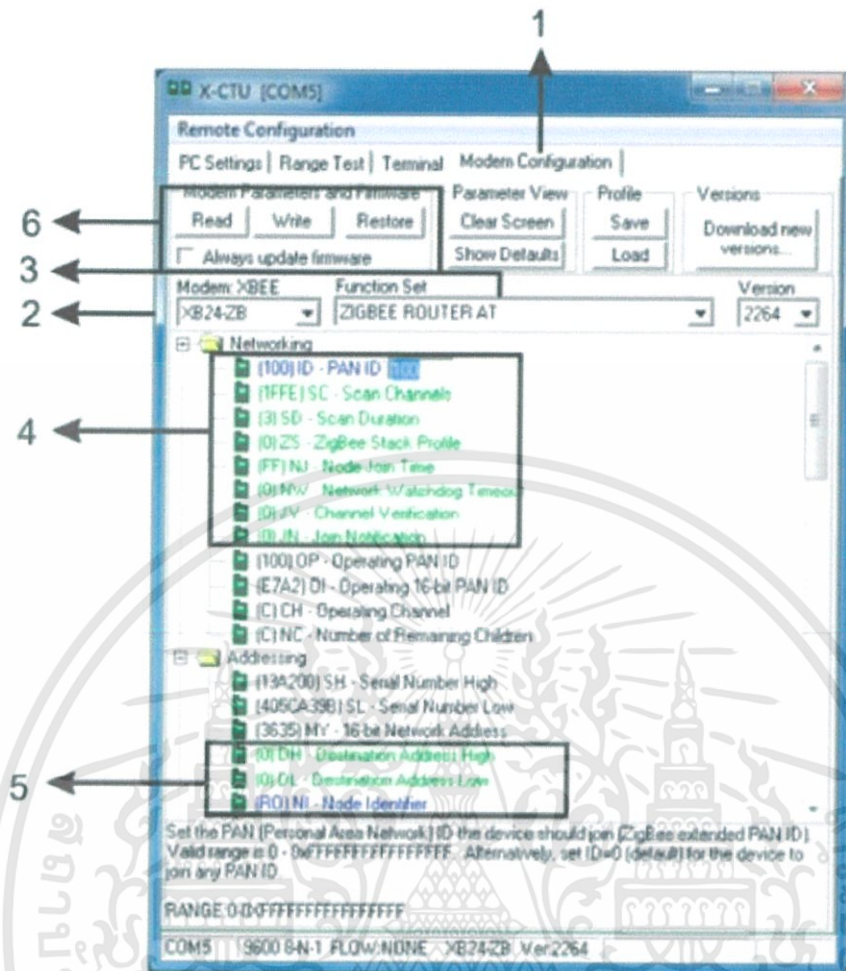


รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device (ข้อ 6)

การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Router

- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE ROUTER AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-ZB) หรือ ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-B)
(*** จากข้อ 2, 3 และ 5 ท่านสามารถดูข้อมูลได้จากไดโมคูส ในแต่ละตัว)
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) จะต้องตั้งให้เหมือนกับ Coordinator (***) ท่านสามารถดูรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆได้จาก Datasheet หรือ คลิกบริเวณที่ต่อจนการรู้จะมีข้อมูลขึ้นมาแสดงด้านล่าง)
- 5) กำหนด Destination (จุดหมายที่ต้องการ รับส่งข้อมูลด้วย) และตั้งชื่อ Node โดย ตั้งค่า DH = 00 มDL = 00 NI = RO (ตั้งชื่อ Node ว่า RO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



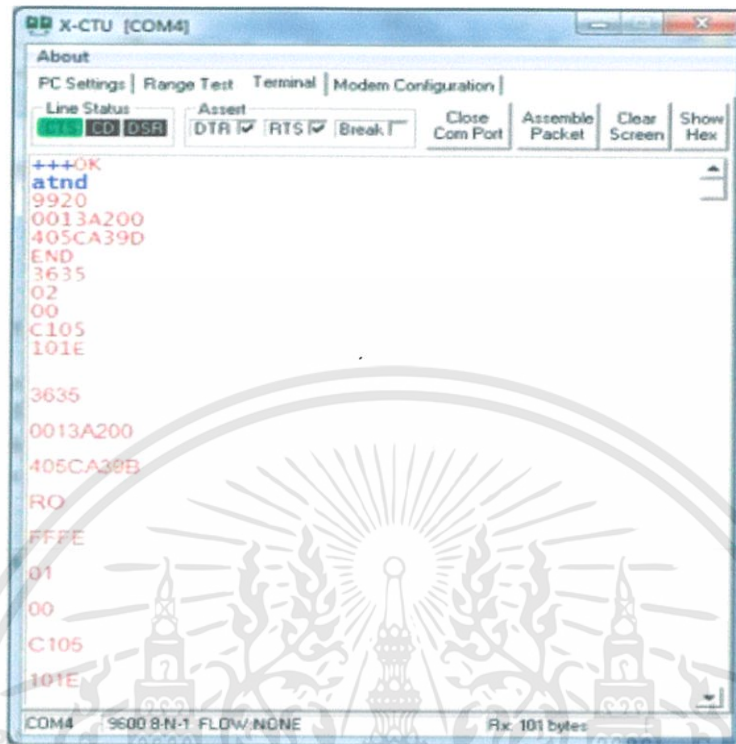
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Cluster Tree การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Router (ข้อ 1-5)

การทดลองรับส่งข้อมูลผ่าน ระบบเครือข่ายแบบ Cluster Tree

ในการทดลองนี้เราจะรับส่งข้อมูลผ่าน ระบบเครือข่ายแบบ Cluster Tree ซึ่งในช่วงแรกเรา จะทำการเซตให้ Coordinator รับส่งข้อมูลกับ End Device โดยวิธีการรับส่งแบบ Peer to Peer แล้วจึงค่อยๆ เคลื่อนที่ End Device ออกจาก Coordinator จน XBee ทั้งสองตัวไม่สามารถ รับส่งข้อมูลกันได้อีก จากนั้นจึงนำ XBee ที่ตั้งค่าให้ทำหน้าที่เป็น Router มาคั่นกลางระหว่าง Coordinator และ End Device และสังเกตผลจะพบว่าสามารถติดต่อได้

(***ท่านสามารถใช้ AT Command เช็คว่าจำนวนสมาชิกที่อยู่ในเครือข่ายได้ด้วยคำสั่ง ATND)

ตัวอย่าง



รูปที่ 2.18 การ ทดลองรับส่งข้อมูลผ่าน ระบบเครือข่ายแบบ Cluster Tree

จากรูป 13 จะแสดงรายละเอียดของ Xbee แต่ละตัวที่อยู่ในเครือข่าย ซึ่งในรูปจะแสดงอยู่ 2 ตัว แต่ไม่รวมตัวที่ออกคำสั่ง ตัวที่ออกคำสั่ง ใช้คำสั่ง ATND[ENTER] (สีน้ำเงิน, เป็นการส่งคำสั่ง) ซึ่งเป็นการสั่งให้ค้นหา node อื่น ๆ และทำการรายงานสถานะ หากท่านอยากทราบการใช้งานคำสั่งเบื้องต้น กรุณาอ่านเพิ่มเติมจากบทความ [Zigbee and Xbee BASIC ตอน การใช้งาน Xbee เบื้องต้น](#)

รายละเอียดแต่ละบรรทัด (ตอบกลับ , สีแดง) ดังนี้

MY<CR>

SH<CR>

SL<CR>

NI<CR> (Variable length)

PARENT_NETWORK ADDRESS (2 Bytes)<CR>

DEVICE_TYPE<CR> (1 Byte: 0=Coord, 1=Router, 2=End Device)

STATUS<CR> (1 Byte: Reserved)

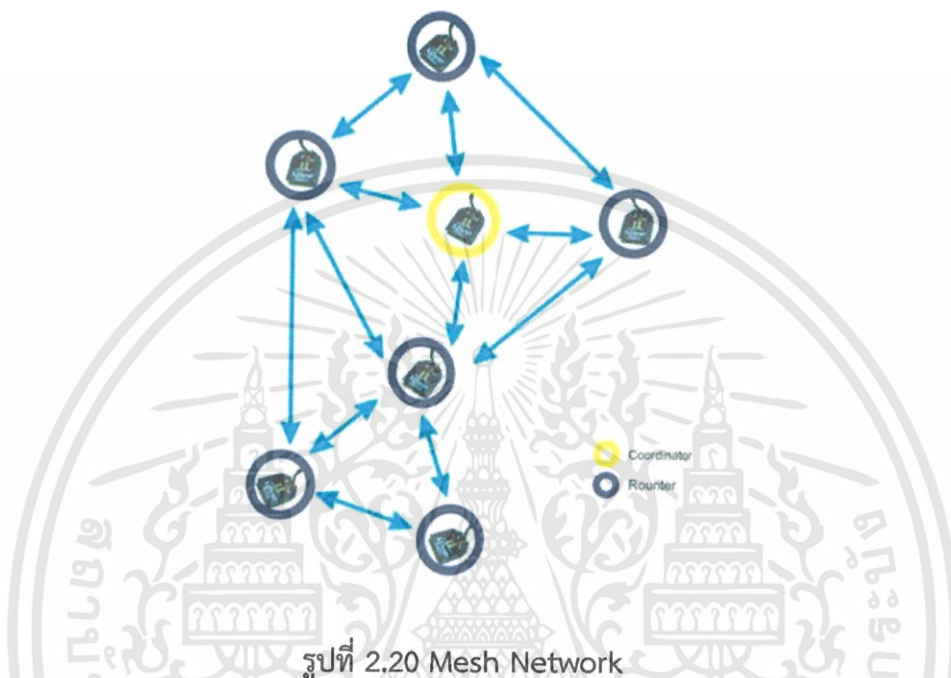
PROFILE_ID<CR> (2 Bytes)

MANUFACTURER_ID<CR> (2 Bytes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Mesh

การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Mesh เป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจาก ข้อมูลสามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายทาง ทำให้ ระบบนี้สามารถรับส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้ แม้จะเกิดความเสียหายของระบบในบางส่วนก็ตาม (ขึ้นอยู่กับ การออกแบบระบบของผู้ใช้ด้วย) ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก



ตัวอย่างการใช้งานแบบ Mesh

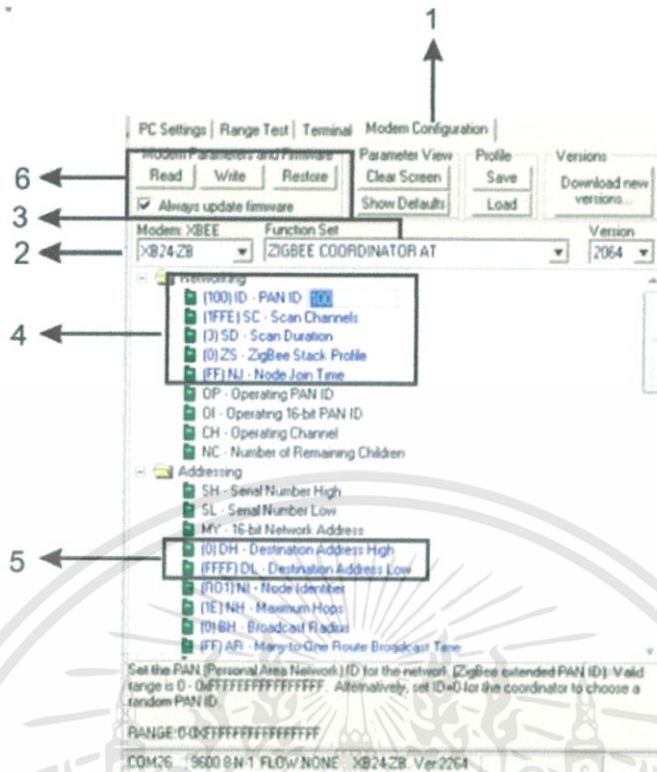
จากรูปภาพด้านบน จะพบว่า มีการใช้งาน XBee อยู่ 2 ลักษณะด้วยกันคือ

- 1) Coordinator
- 2) Routers

การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator

- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-ZB) หรือ ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT (ใช้กับ XBee รุ่น XB24-B) (***) จากข้อ 2, 3 และ 5 ท่านสามารถดูข้อมูลได้จากไดโมคูด ในแต่ละตัว)
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) สามารถตั้งได้ตามแต่ผู้ใช้จะกำหนด แต่ในที่นี้ผมจะตั้ง เป็น 100 (***) ท่านสามารถดูรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆได้ จาก Datasheet หรือ คลิกบริเวณที่ตอนการรู้ จะมีข้อมูลขึ้นมาแสดงด้านล่าง)
- 5) กำหนด Destination (จุดหมายที่ต้องการ รับส่งข้อมูลด้วย) โดย ตั้งค่า DH = 00 , DL = FFFF
- 6) เลือกเครื่องหมาย ถูก ที่ Always Update Firmware แล้ว คลิก Write (***) XBee ที่ถูก กำหนดให้เป็น Coordinator จะไม่สามารถทำงานในโหมด ประหยัดพลังงานได้)

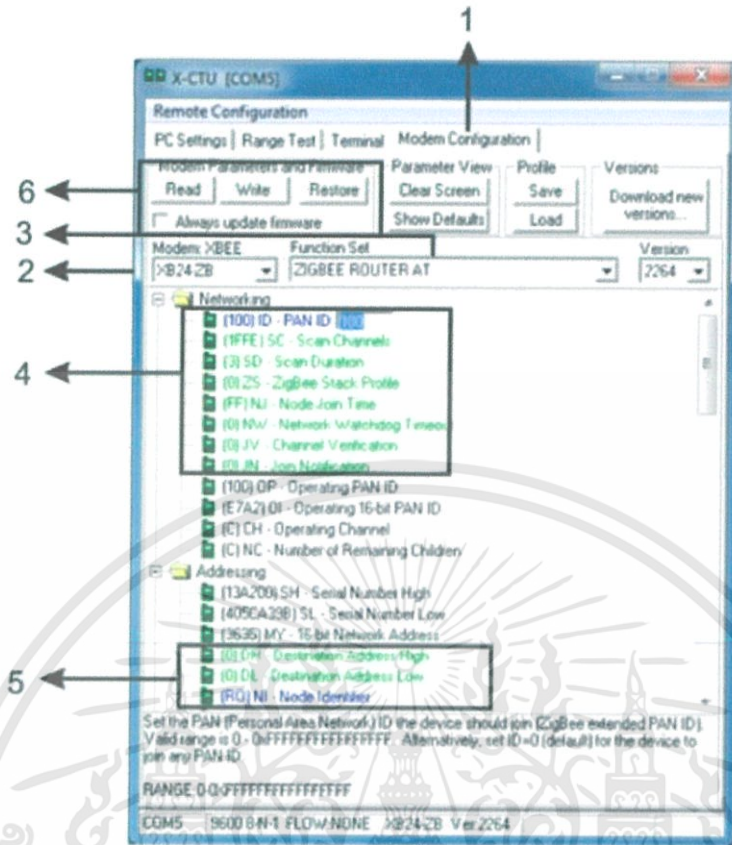
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Mesh การตั้งค่าXbeeให้ทำงานเป็น Coordinator(ข้อ 1-6)

การตั้งค่า Xbee ให้ทำงานเป็น Router

- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem Xbee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE ROUTER AT (ใช้กับ Xbee รุ่น XB24-ZB) หรือ ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT (ใช้กับ Xbee รุ่น XB24-B)
(*** จากข้อ 2, 3 และ 5 ท่านสามารถดูข้อมูลได้จากไดโมคูส ในแต่ละตัว)
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) จะต้องตั้งให้เหมือนกับ Coordinator (***) ท่านสามารถดูรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆได้จาก Datasheet หรือ คลิปบริเวณที่ตอนการรู้จะมีข้อมูลขึ้นมาแสดงด้านล่าง)
- 5) กำหนด Destination (จุดหมายที่ต้องการ รับส่งข้อมูลด้วย) และตั้งชื่อ Node โดย ตั้งค่า DH = 00 , DL = 00 , NI = ตั้งชื่อ Node ตามต้องการ



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Mesh การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Router (ข้อ 1-5)

การทดลอง รับส่งข้อมูลผ่าน ระบบเครือข่ายแบบ Mesh

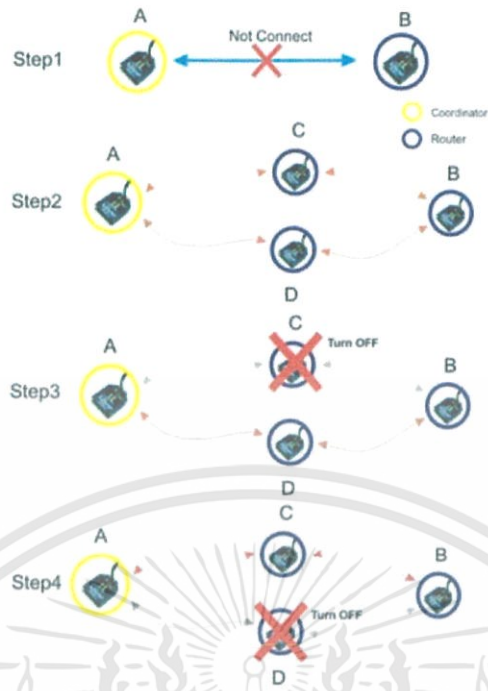
Step 1 นำXBee ที่ตั้งค่าแล้ว คือ Coordinator (A) และ Router (B) สองตัวมาทดลองส่งข้อมูลหากันโดยตั้ง DH, DLของทั้ง 2 ตัวให้สามารถส่งข้อมูลหากันได้ จากนั้น แยก XBee ทั้ง 2 ตัวออกจากกันจนไม่สามารถ ติดต่อกันได้อีก

Step 2 จากนั้น นำเอา XBee อีก 2 ตัวที่ตั้งค่าเป็น Router(C, D) มาวางคั่นกลาง จะพบว่า เราจะสามารถ ติดต่อระหว่าง Coordinator (A) และ Router (B) ได้อีกครั้ง

Step 3 ปิดแต่ C แล้ว a ยังสามารถคุยกับ b ได้ โดยผ่าน (mesh) D

Step 4 เมื่อปิดแต่ D แล้ว a ก็ยังสามารถคุยกับ b โดยผ่าน (mesh) C

จากการทดลองนี้ จะพบว่า ระบบเครือข่ายแบบ Mesh สามารถค้นหา และ เปลี่ยนแปลงเส้นทางการส่งข้อมูลได้เอง ทำให้เสถียรภาพของการรับส่งข้อมูลในรูปแบบนี้จึงมีประสิทธิภาพมาก

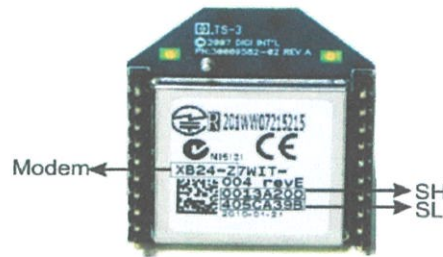


รูปที่ 2.23 ภาพประกอบการอธิบาย การทดลอง รับส่งข้อมูลผ่าน ระบบเครือข่ายแบบ Mesh ตัวอย่างโครงข่ายแบบผสม

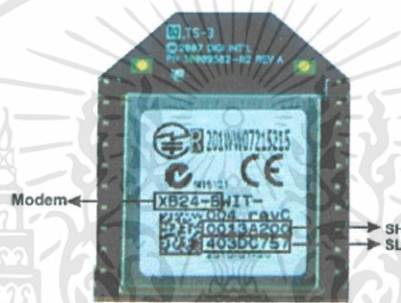


ตัวอย่างรูปการหา SH, SL, MODEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- MODEM XBee XB24-ZB
- SH = 13A200
- SL = 405CA39B



- MODEM XBee XB24-B
- SH = 13A200
- SL = 403DC757

การเพิ่มความปลอดภัยให้กับระบบเครือข่าย

- 1) เชื่อมต่อ module XBee เข้ากับ PC
- 2) เรียกใช้ โปรแกรม X-CTU ขึ้นมา ตั้งค่า Com Port ที่เชื่อมต่ออยู่กับ Module ตั้งค่า baud, Flow Control, Data Bit, Parity, Stop Bit
- 3) เข้าไปที่แถบเมนู Modem Configuration คลิก READ อ่านค่าจาก Module ขึ้นมา
- 4) ตั้งค่า ดังนี้

EE (Encryption Enable) = 1 Encryption enabled

KY (Link Key) = A1 A2 A3 A4 A5 A6 ใส่ข้อมูลที่เรารต้องการนำไปใช้เข้ารหัส เป็นเลขฐานสิบหก

- 5) จากนั้น ทำการตั้งค่าเช่นนี้กับ XBee ทุกๆตัวที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกัน จำนวน 16 byte

2.4.3 Zigbee Addressing

ตัว Zigbee สามารถกำหนดค่าประจำตัวอ้างอิงของมัน (Address) 2 แบบ คือ แบบ 16 bit address และ 64 bit address ปกติแล้ว Zigbee ทุกตัวจะถูกกำหนดค่ามาจากโรงงานเป็น Address 64 bit อยู่แล้ว ซึ่งจะสามารถอ่านค่าได้จาก Parameter SH+SL การใช้งาน Address 64 bit สามารถทำได้โดยกำหนด Parameter MY ให้มีค่า 0xFFFF หรือ 0xFFFE ส่วน การกำหนด 16 bit Address นั้นทำได้โดย กำหนด Parameter MY ให้มีค่าน้อยกว่า 0xFFFE โดยจะเรียกเป็น Mode การทำงาน 2 ประเภทคือ

1. Unicast Mode คือ การรับส่งข้อมูล โดยอาศัยหลักการ Acknowledgement คือหากทางด้านส่งนั้น ส่งข้อมูลไป แต่ไม่ได้รับ Ack ตอบกลับจากตัวรับ ก็จะมีการส่งข้อมูลใหม่
2. Broadcast Mode คือการส่งข้อมูลไปยังปลายทางให้ได้รับข้อมูลทุกตัว

2.4.4 Zigbee Operation Mode

Zigbee สามารถแบ่งประเภทของการทำงานได้เป็น 5 แบบ คือ

1. Idle Mode โหมดนี้เป็นโหมดที่ไม่ได้รับส่งข้อมูล ตัว XBee เตรียมที่จะทำงานในโหมดอื่น ๆ ต่อไปทันที หากมีเงื่อนไขบางอย่าง
2. Transmit / Receive Mode คือช่วงที่ XBee มีการรับ หรือ ส่งข้อมูล โดยจะแบ่งลักษณะการทำงานย่อยออกเป็น Direct กับแบบ Indirect, การกำหนด Address ต้นทางและปลายทาง, Clear Channel Assessment และ การตอบรับ Acknowledgement
3. Sleep Mode คือ ช่วงที่ XBee อยู่ในสถานการณ์ทำงานพลังงานต่ำที่สุด เมื่อไม่มีการใช้งาน
4. Command Mode คือ เป็นส่วนการปรับ parameter ของ XBee ซึ่งจะมีการกำหนด 2 แบบคือ แบบ AT command กับแบบ API Command

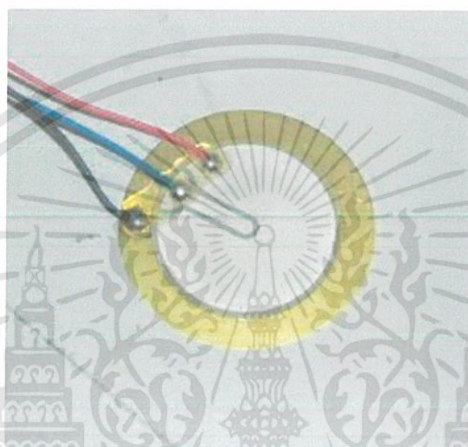
2.5 piezoelectric sensors

เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแรงกลต่างๆ เช่น แรงดัน ความเร่ง การสั่น แรงเครียด หรือแรงกระทำอื่นๆ โดยเปลี่ยนพลังงานกลต่างๆเหล่านี้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในทางกลับกันเมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเพียโซอิเล็กทริก วัสดุนั้นก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน

วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric material) เป็นเซรามิกประเภทหนึ่งที่มีสมบัติพิเศษ กล่าวคือ เมื่อได้รับแรงกล (mechanical force) จะให้แรงดันไฟฟ้า (voltage) ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric effect) ในทางกลับกันเมื่อวัสดุได้รับแรงดันไฟฟ้าจะทำให้มีการเปลี่ยนรูปร่าง (deformation) เกิดแรงกลซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์อินเวอร์สเพียโซอิเล็กทริก (inverse piezoelectric effect) การเปลี่ยนไปมา ระหว่างพลังงานกล และพลังงานไฟฟ้า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

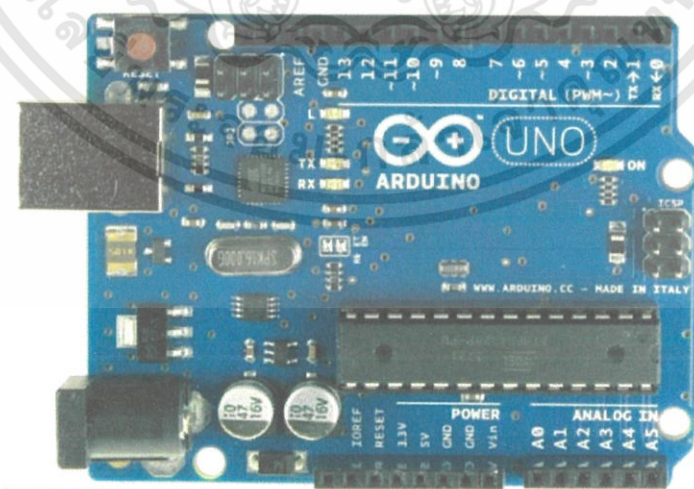
สมบัติเพียโซอิเล็กทริก จะเกิดขึ้นในวัสดุที่มีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้าเท่านั้น วัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีทั้งที่พบในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ โดยวัสดุที่พบในธรรมชาติได้แก่ แร่ควอตซ์ แร่ทัวร์มาลีน ส่วนวัสดุสังเคราะห์ได้แก่ เลดเซอร์โคเนียมไททาเนต (Lead zirconia titanate) ซึ่งนิยมเรียกว่า PZT เลดไททาเนต เซอร์โคเนต (Lead titanate zirconate) และแบเรียมไททาเนต (Barium titanate)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ประโยชน์จากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีหลายอย่างด้วยกัน ขึ้นกับปรากฏการณ์ การเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่มีการบั่นแรงดันให้วัสดุทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือเกิดแรงกล สามารถนำมาใช้เป็นทรานสดิวเซอร์ในอุปกรณ์อัลตราโซนิก (Ultrasonic) ทางการแพทย์ ลำโพง และนำมาใช้เป็นแอกชูเอเตอร์ (Actuator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบ ที่สำคัญของเครื่องพิมพ์ ชัตเตอร์ในกล้องถ่ายรูป วาล์วไฮดรอลิก (hydraulic valve) เป็นต้น และในกรณีให้แรงแกว่งตัวทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า สามารถใช้เป็นอุปกรณ์จุดแก๊ส (gas ignitor) ในเตาเครื่องทำความร้อน ใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) ใช้เป็นตัวตรวจจับความดัน (pressure sensor) เป็นต้น

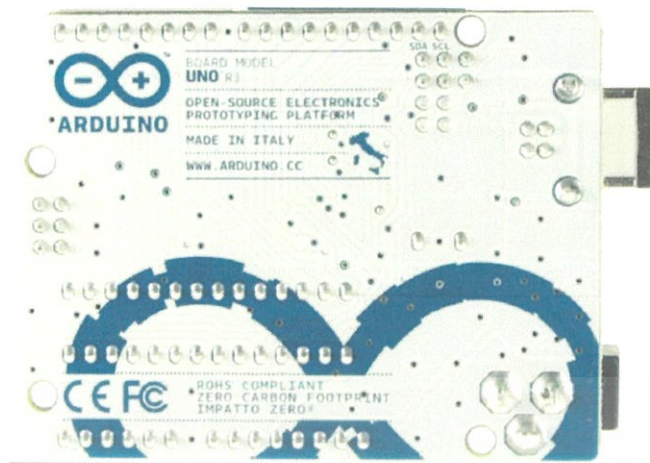


รูปที่ 2.24 piezoelectric sensor

2.6 บอร์ด Arduino uno



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 บอร์ด Arduino uno

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 (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

2.7 แผงโซลาร์เซลล์ Solar Cell ขนาด 50 วัตต์

คุณสมบัติ

2.7.1 Power Max = 50 Wp.

2.7.2 Open Circuit Voltage (Voc) = 21.5 (+/- 0.50V)

2.7.3 Maximum Voltage (Vmp) = 25.0 (+/- 0.50V)

2.7.4 Maximum Circuit (Imp) = 2.95 (+/- 0.20A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แผงโซลาร์เซลล์

2.8 แบตเตอรี่ขนาด 12 volt 5A



รูปที่ 2.27 แบตเตอรี่ขนาด 12 volt 5A

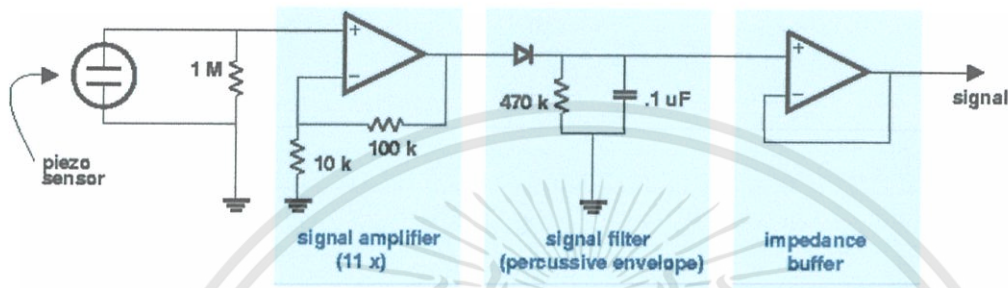
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบวงจร

3.1 วงจรขยายสำหรับเซ็นเซอร์ Piezoelectric

Piezo sensor signal conditioner

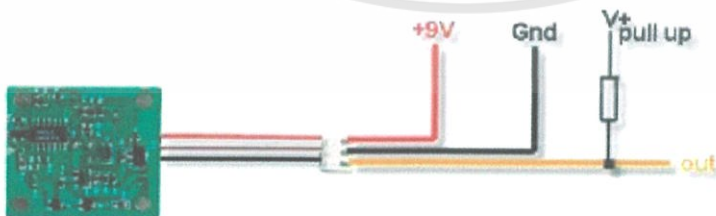


รูปที่ 3.1 วงจรขยายสำหรับเซ็นเซอร์ Piezoelectric

แรงดันไฟฟ้าที่สร้างขึ้นโดย Piezoelectric sensor มีสัญญาณอ่อนแอ ดังนั้นจะต้องแรกถูกขยาย วงจรกรอง lowpass จึงนำไปใช้

3.2 วงจรตรวจจับรถไฟ

วงจรตรวจจับรถไฟที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ตัวตรวจจับการสั่นสะเทือนแบบ Piezoelectric sensor ตัวตรวจจับรถไฟประกอบด้วยวงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวที่ติดตั้งที่ราง สำหรับตรวจจับความถี่ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนเมื่อรถไฟมา การทำงานของวงจรคือถ้าไม่มีวัตถุ (รถไฟ) ผ่านภายในรัศมีที่สามารถตรวจจับได้รางรถไฟไม่สามารถรับค่าความถี่ วงจรนี้จะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้า 0 แต่ถ้าตัวตรวจจับตรวจจับได้ว่ามีวัตถุ (รถไฟ) เคลื่อนที่ผ่าน วงจรตรวจจับ จะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้าอีกค่าหนึ่ง เอาต์พุตที่ได้นี้จะต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งส่งข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์แล้วส่งต่อไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งรับข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสารแบบไร้สาย Zigbee

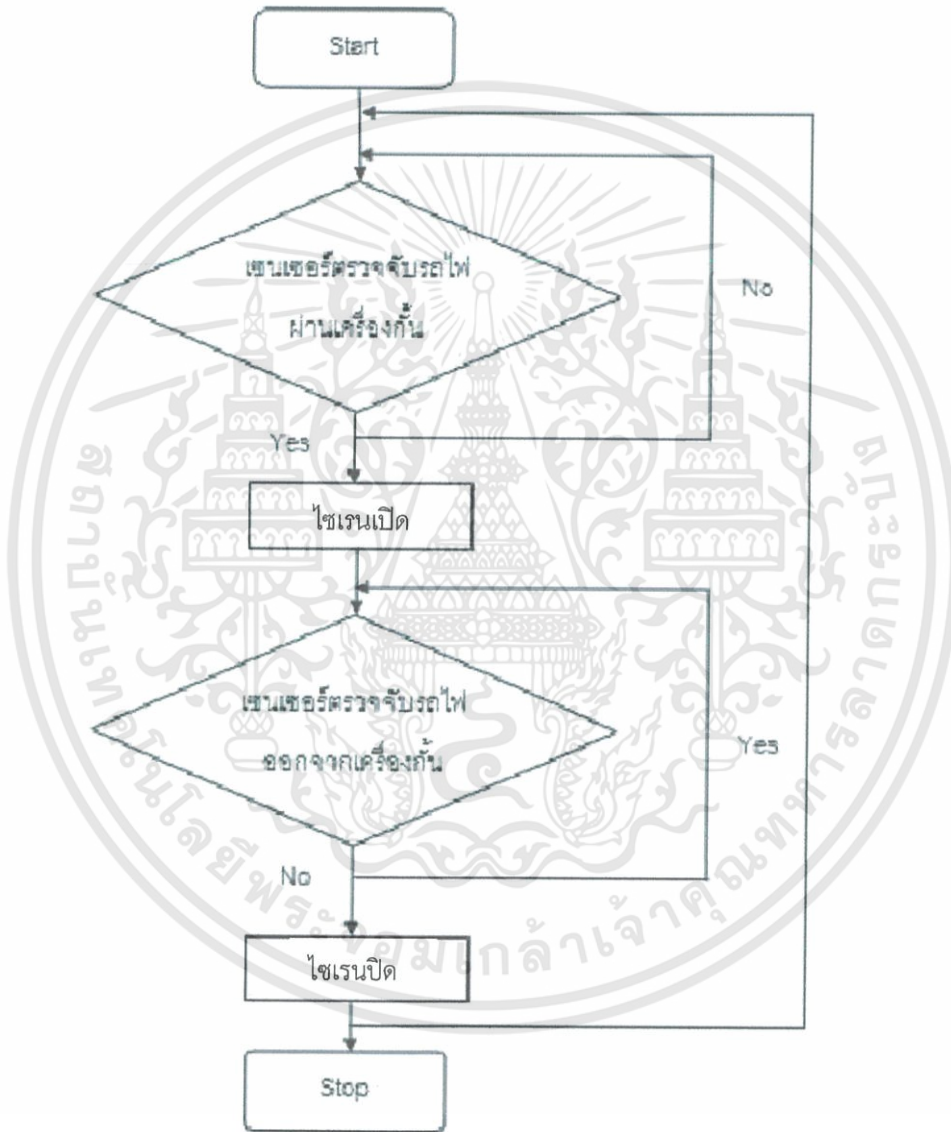


รูปที่ 3.2 การต่อวงจรตรวจจับรถไฟโดยใช้ตัวตรวจจับแบบ Piezoelectric sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบ

การทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมดเป็นดังนี้เริ่มต้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบสัญญาณจากวงจรตรวจจับรถไฟ หากมีรถไฟผ่าน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ไซเรนทำงาน และ จะทำการตรวจจับจนกว่ารถไฟจะผ่านไป เมื่อรถไฟผ่านไปแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ไซเรน นั้นปิด การทำงานทั้งหมดของโปรแกรมแสดงเป็น Flow Chart ดังในรูปที่. 3.10



รูปที่ 3.3 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมควบคุมทั้งหมด

เมื่อตัวตรวจจับรถไฟตรวจพบว่า มีรถไฟผ่านมา ตัวตรวจจับจะส่งสัญญาณให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ฝั่งที่อยู่ฝั่งวงจรตรวจจับรถไฟ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะส่งสัญญาณวิทยุไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตัวที่อยู่บริเวณเครื่องกั้นผ่านทางเครือข่ายสื่อสารแบบไร้สาย Zigbee เมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหลังได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณการมาถึงของรถไฟ ก็จะส่งรีเลย์จ่ายไฟฟ้าไปยังมอเตอร์เพื่อส่งให้ไซเรนและลำโพงทำงาน ที่เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟจะมีวงจรตรวจจับรถไฟอีกวงจรหนึ่งที่ใช้สำหรับตรวจจับว่ารถไฟผ่านไปหมดหรือไม่ หากพบว่ารถไฟผ่านไปแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะนับถอยหลังอีก 5 วินาที จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งให้ไซเรนและลำโพงหยุดทำงาน

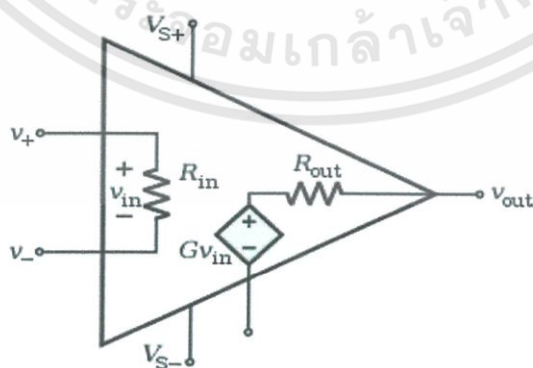
3.4 วงจรคอมพาราเตอร์

วงจรเปรียบเทียบถือได้ว่าเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจในด้านการคำนวณไมโครโปรเซสเซอร์ ที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลสองจำนวนว่าเท่ากันหรือไม่อย่างไร ถ้าเท่ากันก็ตัดสินใจว่าต้องทำอะไร หรือแม้แต่เครื่องตั้งเวลาหรือเครื่องควบคุมเวลา ก็มีส่วนของการเปรียบเทียบเข้าไปเกี่ยวข้องว่าถึงเวลาที่ตั้งไว้หรือยัง โดยเปรียบเทียบค่าที่ตั้งไว้ กับค่าที่เป็นอยู่ เป็นต้น สำหรับการทดลองเป็นการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนได้ทดสอบคุณสมบัติของวงจรเปรียบเทียบที่ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบข้อมูลดิจิทัลตั้งแต่ 1 บิตไปจนถึง 4 บิต โดยในขั้นแรกจะให้ผู้เรียนทดสอบการทำงานของวงจรเปรียบเทียบขนาด 1 บิตที่สร้างจากเกตพื้นฐาน ที่ให้ผลลัพธ์ว่าข้อมูลทั้งสอง มากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากัน หลังจากนั้นจะให้ผู้เรียนได้ทดสอบการทำงานและการออกแบบวงจรโดยใช้ไอซีเบอร์ 7485 ที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลขนาด 4 บิต การเปรียบเทียบเป็นฟังก์ชันทางลอจิกที่สำคัญอีกลอจิกหนึ่งซึ่งทำได้โดยใช้วงจร คอมพาราเตอร์ ซึ่งปัจจุบันจะเป็นไอซีประเภท MSI IC คือ TTL เบอร์ 7485 ซึ่งเป็นคอมพาราเตอร์ขนาด 4 บิต ซึ่งใช้สำหรับการเปรียบเทียบเลข 2 จำนวน คือ A และ B ซึ่งกำหนดออกมาเป็น 3 รูปแบบคือ $A < B$, $A > B$ และ $A = B$

วงจรเปรียบเทียบจะทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบข้อมูลเลขฐาน 2 จำนวน เพื่อให้ทราบว่าข้อมูลจำนวนหนึ่งมีค่า มากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับอีกจำนวนหนึ่ง โดยสามารถเปรียบเทียบค่าได้ตั้งแต่ 1 บิต ถึงหลายๆ บิตได้

Voltage Comparator

Voltage comparator หรือ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณแรงดัน คือ วงจรที่ทำการเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันระหว่างสัญญาณขาบวก(non-inverting)และลบ(inverting)ของ op amp เพื่อที่จะเปรียบเทียบว่าขาไหนมีค่าที่มากกว่ากัน



รูปที่ 3.4 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยถ้าขา non-inverting (In+) มีค่ามากกว่าขา inverting (In-) ค่าแรงดัน output จะ saturate (อิ่มตัว) ไปในทิศทางบวก โดยค่าแรงดันไฟฟ้าที่อิ่มตัวนั้นจะมีค่าเท่ากับไฟเลี้ยง (V_{s+}) ของ op amp นั้นเอง และในทางกลับกันถ้าขา inverting (-) มีค่าแรงดันมากกว่าจะทำให้ค่าแรงดัน output จะ saturate ไปในทิศทางที่เท่ากับค่าไฟเลี้ยงลบ (V_{s-}) นั้นเอง

3.5 วงจรขมิทริกเกอร์ (Schmitt trigger circuit)

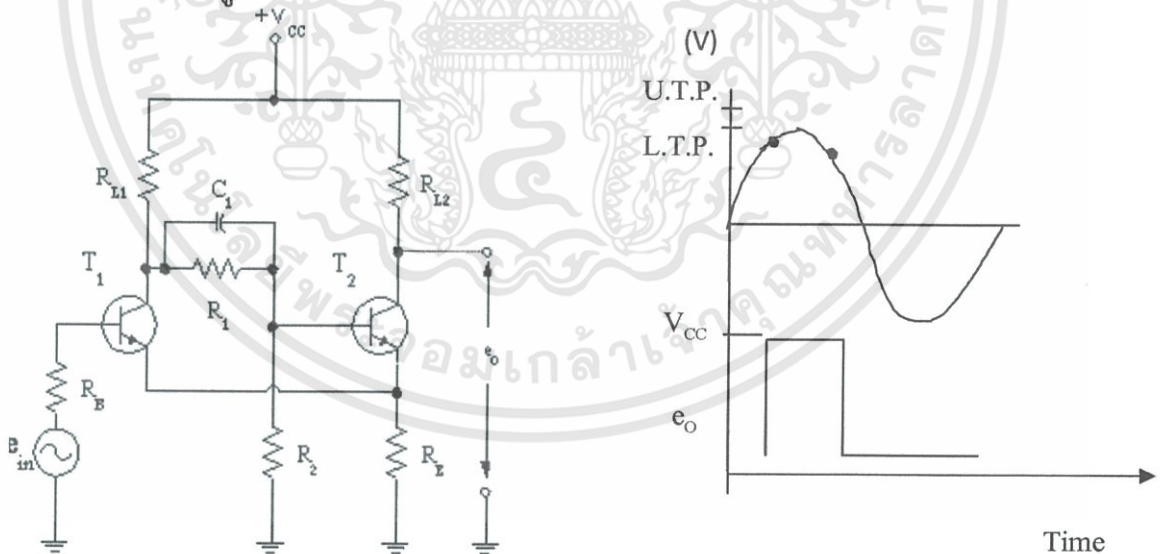
3.5.1 คุณสมบัติของวงจรขมิทริกเกอร์

3.5.1.1 การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.5.1 ซึ่งเป็นวงจรขมิทริกเกอร์แบบง่าย ๆ ในขณะที่ไม่มีการอินพุตใดๆ ทรานซิสเตอร์ T_1 จะมีสถานะเป็น OFF และทรานซิสเตอร์ T_2 จะมีสถานะเป็น ON ขณะที่ทรานซิสเตอร์ T_2 ทำงานอยู่ในภาวะอิ่มตัว จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R_E ซึ่งสมมติให้มีค่า V_E ดังนั้นแรงดันที่เอาต์พุตช่วงเวลา t_1 ก็คือ $(V_{E2} + V_{CEsat})$ และก่อนที่ทรานซิสเตอร์ T_1 จะทำงานแรงดันอินพุตจะต้องมีค่ามากกว่า V_{E2} ขนาดของแรงดันอินพุตที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ T_1 ทำงานได้นี้ถูกเรียก

วงจรขมิทริกเกอร์ (Schmitt trigger circuit) จัดได้ว่าเป็นวงจรไบสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบอิมิตเตอร์คัปเปิลชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถสร้างพัลส์จตุรัสหรือพัลส์รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากใดๆ ได้จากการป้อนสัญญาณอินพุตลักษณะรูปไซน์ ลักษณะของพัลส์ที่เอาต์พุตสร้างขึ้นมานี้สามารถถูกควบคุมและกำหนดได้ว่า “ ศักดาทริกเกอร์ระดับสูง ” (Upper trigger potential) หรือต่อไปจะเรียกย่อๆว่า U.T.P.

3.5.1.2 อธิบายลักษณะรูปคลื่นของวงจร



รูปที่ 3.5.1 แสดงวงจรขมิทริกเกอร์

“ ศักดาทริกเกอร์ระดับสูง ” (Upper trigger potential) หรือต่อไปจะเรียกย่อๆว่า U.T.P.

ดังนั้น
$$U.T.P. = V_{E2} + V_{Bea}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ V_{E2} คือ แรงดันตกคร่อม R_E ขณะที่ทรานซิสเตอร์ T_2 ทำงานในภาวะอิ่มตัว

V_{BEa} คือ ขนาดของแรงดันไบอัสตรง ที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในย่านแอก

ทีฟ (active region) ซึ่งสำหรับทรานซิสเตอร์แบบซิลิกอนจะมีค่าราว 0.5 โวลต์

ขณะที่ทรานซิสเตอร์ T_1 เริ่มทำงานคิกดาที่คอลเลคเตอร์ (V_{C1}) ก็จะลดลงจากค่า V_{CC} การที่ค่า V_{C1} ลดลงนี้ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ T_2 นำไฟฟ้าได้น้อยลง นั่นคือทรานซิสเตอร์ ทั้งสองตัวจะมีจุดทำงานอยู่ในย่านแอกทีฟ และในที่สุดทรานซิสเตอร์ T_2 ก็จะหยุดทำงานโดยสมบูรณ์ดังนั้นที่เวลา t_{+1} แรงดันเอาต์พุตจะมีค่า V_{CC} และทรานซิสเตอร์ T_1 จะทำงานในภาวะอิ่มตัว ทรานซิสเตอร์ T_2 จะอยู่ในภาวะ OFF ต่อไปจนกว่าแรงดันอินพุตจะมีขนาดลดลงและน้อยกว่าค่า U.T.P. และเมื่อนั้น ทรานซิสเตอร์ T_2 จะกลับสู่สถานะทำงานอีกครั้งหนึ่ง ขนาดของแรงดันอินพุตที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ T_2 กลับมามีสถานะ ON และอยู่ในภาวะอิ่มตัวได้อีกครั้งหนึ่งนี้ถูกเรียกว่า “คิกดาทริกเกอร์ระดับต่ำ” (Lower trigger potential) หรืออาจเรียกย่อๆว่า L.T.P.

ดังนั้นจะเห็นว่า วงจรนี้ไม่เปลี่ยนแปลงสถานะการทำงานดั้งเดิมจนกว่าแรงดันตกคร่อม R_2 จะมีค่าเท่ากับแรงดันตกคร่อม R_E ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ T_1 ทำงาน (V_{E1})

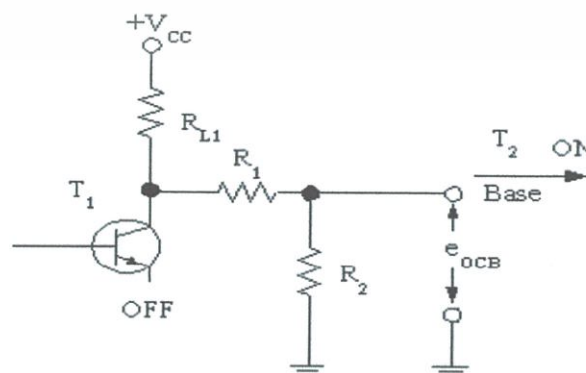
3.5.1.3 ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน

วงจรมิททริกเกอร์ (Schmitt trigger circuit) จัดได้ว่าเป็นวงจรไบสเตเบิลมีลติไวเบรเตอร์แบบอิมิตเตอร์คัปเปิลชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถสร้างพัลส์จตุรัสหรือพัลส์รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากใดๆได้จากการป้อนสัญญาณอินพุตลักษณะรูปไซน์ ลักษณะของพัลส์ที่เอาต์พุตสร้างขึ้นมานี้สามารถถูกควบคุมและกำหนดได้ และสร้างเป็นสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ที่เลือกระดับค่าแรงดันในการตัดสินใจได้

3.5.2 พารามิเตอร์ของวงจรมิททริกเกอร์

3.5.2.1 การกำหนดค่า U.T.P.

ค่าของ U.T.P. (Upper Trigger Potential) ของวงจรในรูปที่ รูปที่ 3.5.1 อาจกำหนดได้ดังนี้ สมมติว่าขณะที่ไม่มีแรงดันอินพุตใดๆเข้ามา ทรานซิสเตอร์ T_1 จะมีสถานะเป็น OFF และทรานซิสเตอร์ T_2 จะมีสถานะเป็น ON วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ T_2 เขียนเป็นวงจรเสมือนได้โดยการใช้ทฤษฎีของ “ เรวินิน ” (Thevenin's theorem) ดังแสดงในรูปที่ 3.5.2



รูปที่ 3.5.2 วงจรเสมือน

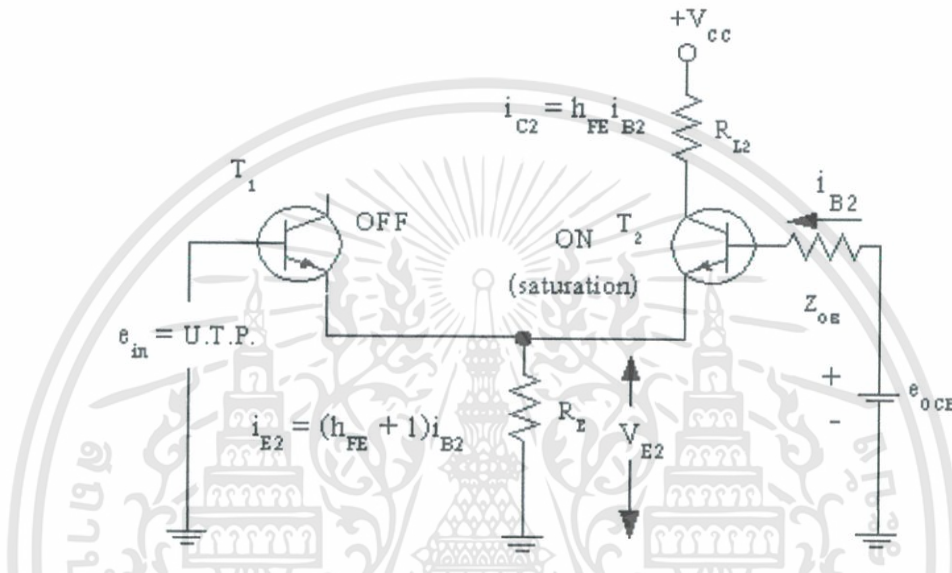
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการสมมติว่า แรงดันที่ตกคร่อมรอยต่อในทรานซิสเตอร์ไม่ต้องนำมาพิจารณาด้วย

ดังนั้น

$$Z_{OB} = \frac{R_2 (R_1 + R_{L1})}{R_1 + R_2 + R_L}$$

และเมื่อนำค่า e_{COB} และ Z_{OB} ไปแทนลงในวงจรจึงอาจเขียนแสดงได้ดังรูปที่ 3.5.2.2



รูปที่ 3.5.3 แสดงวงจรที่แทนค่า e_{COB} และ Z_{OB} ไปในวงจร

จากรูปที่ 3.5.3 จากกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff's voltage law) จะได้ว่า

$$V_{E2} + e_{ZOB} = e_{OCB}$$

$$V_{E2} = e_{OCB} - I_{B2} Z_{OB}$$

แทนค่า e_{OCB} และ Z_{OB}

ดังนั้น

$$V_{E2} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2 + R_{L1}} - I_{B2} \left(\frac{R_2 (R_1 + R_{L1})}{R_1 + R_2 + R_{L1}} \right)$$

แต่

$$V_{E2} = I_{E2} R_E$$

และ

$$I_{E2} = (h_{FE} + 1) I_{B2}$$

ดังนั้น

$$V_{E2} = (h_{FE} + 1) I_{B2} R_E$$

$$I_{B2} = \frac{V_{E2}}{R_E (h_{FE} + 1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{E2} = \frac{R_2 V_{CC} - I_{B2} \cdot R_2 (R_1 + R_{L1})}{R_1 + R_2 + R_{L1}}$$

$$= \frac{R_2 V_{CC} - \frac{V_{E2} R_2 (R_1 + R_{L1})}{R_E (h_{FE} + 1)}}{R_1 + R_2 + R_{L1}}$$

$$V_{E2} = \frac{R_2 \cdot R_E (h_{FE} + 1) V_{CC}}{R_E (R_1 + R_2 + R_{L1}) (h_{FE} + 1) + R_2 (R_1 + R_{L1})}$$

$$= \frac{V_{CC}}{\frac{R_1 + R_2 + R_{L1}}{R_2} + \frac{R_1 + R_{L1}}{R_E (h_{FE} + 1)}}$$

และโดยที่ไม่ต้องนำค่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อของทรานซิสเตอร์มาพิจารณา ดังนั้น

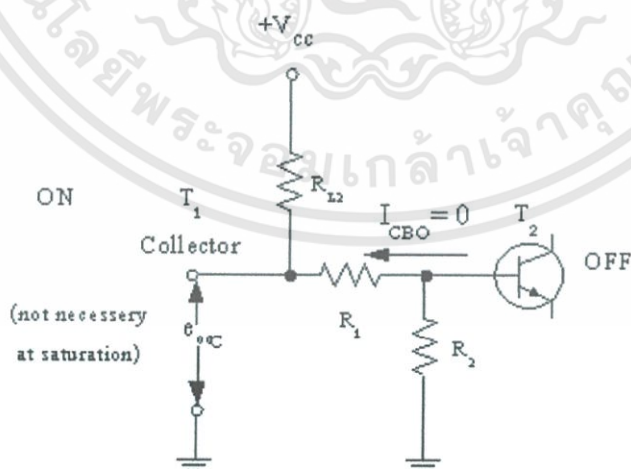
$$U.T.P. = V_{E2}$$

นั่นคือ

$$U.T.P. = \frac{V_{CC}}{\frac{R_1 + R_2 + R_{L1}}{R_2} + \frac{R_1 + R_{L1}}{R_E (h_{FE} + 1)}}$$

3.5.2.2 การกำหนดค่า L.T.P.

ค่าของ L.T.P. (Lower Trigger Potential) ของวงจรรูปที่ 3.5.1 ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ T₂ หยุดทำงาน อาจกำหนดได้โดยการพิจารณาจากวงจรรูปที่ 3.5.4 ซึ่งเป็นวงจรมีลักษณะเหมือนของวงจรรทางด้านคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ T₁ โดยการใช้กฎของเฮวินิน และเคอร์ชอฟฟ์



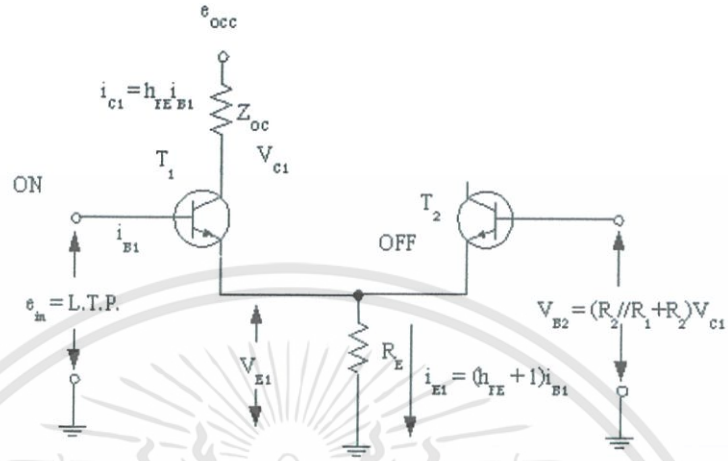
รูปที่ 3.5.4 แสดงวงจรมีลักษณะเหมือนทางด้านคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์

ดังนั้น
$$e_{OC} = \frac{(R_1 + R_2) V_{CC}}{R_1 + R_2 + R_{L1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z_{OC} = \frac{R_{L1}(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_{L1}}$$

และเมื่อนำค่า e_{ocC} และ Z_{OC} ไปแทนลงในวงจรที่ 3.5.1 จึงอาจเขียนแสดงได้ดังรูปที่ 3.5.5



รูปที่ 3.5.5 แสดงวงจรมิตริกเกอร์ ที่แทน e_{ocC} และ Z_{OC} ไปแทนลงในวงจร และจากรูปที่ 3.5.5 โดยใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff's voltage law) จะได้ว่า

$$e_{ocC} = V_{C1} + E_{ZOC}$$

และ
$$e_{ocC} = V_{C1} + h_{FE} I_{B1} Z_{OC}$$

แต่
$$I_{E1} = \frac{V_{E1}}{R_E}$$

$$= (h_{FE} + 1) I_{B1}$$

$$I_{B1} = \frac{V_{E1}}{R_E (h_{FE} + 1)}$$

$$e_{ocC} = V_{C1} + \frac{h_{FE} V_{E1} Z_{OC}}{R_E (h_{FE} + 1)}$$

แต่
$$e_{oc} = \frac{(R_1 + R_2) V_{CC}}{R_1 + R_2 + R_{L1}}$$

และ
$$Z_{OC} = \frac{R_{L1}(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_{L1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

$$\frac{(R_1 + R_2)V_{CC}}{R_1 + R_2 + R_{L1}} = \left(\frac{h_{FE} V_{E1} R_{L1} (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_{L1}} \right) \frac{V_{CC}}{R_E (h_{FE} + 1)}$$

แต่

$$V_{E1} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{C1}$$

$$V_{C1} = \frac{V_{E1} (R_1 + R_2)}{R_2}$$

แทนค่า V_{C1} ลงไป

ดังนั้น

$$\frac{(R_1 + R_2)V_{CC}}{R_1 + R_2 + R_{L1}} = \left(\frac{h_{FE} V_{E1} R_{L1} (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_{L1}} \right) \frac{V_{E1} (R_1 + R_2)}{R_2} + \frac{V_{E1} (R_1 + R_2)}{R_2}$$

$$V_{E1} = \frac{R_E R_2 (h_{FE} + 1) V_{CC}}{R_E (h_{FE} + 1) (R_1 + R_2 + R_{L1}) + h_{FE} R_2 R_{L1}}$$

$$V_{E1} = \frac{V_{CC}}{\frac{R_1 + R_2 + R_{L1}}{R_2} + \frac{h_{FE} R_L}{R_E (h_{FE} + 1)}}$$

ทรานซิสเตอร์ T_1 จะหยุดทำงาน เมื่อแรงดันอินพุตมีค่าเท่ากับ V_{E1}

ดังนั้น

$$L.T.P. = V_{E1}$$

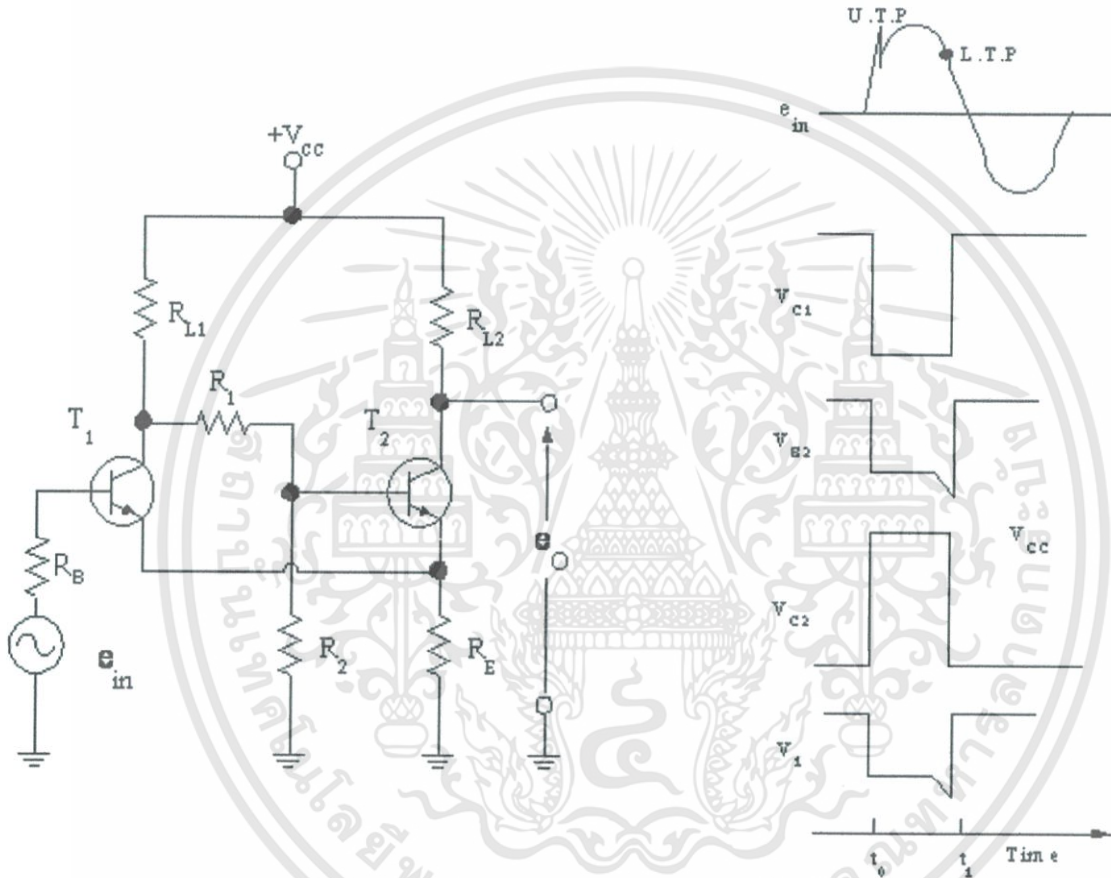
นั่นคือ

$$L.T.P. = \frac{V_{CC}}{\frac{R_1 + R_2 + R_{L1}}{R_2} + \frac{h_{FE} R_L}{R_E (h_{FE} + 1)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 การออกแบบวงจร

ในตอนนี้จะพิจารณาการออกแบบวงจรขมิทริกเกอร์ โดยพิจารณาจากรูปที่ 3.3.6 ซึ่งกำหนดให้ $V_{CC} = 15 \text{ V}$, $U.T.P. = 5 \text{ V}$, $I_{C2} = 5 \text{ mA}$ และ $L.T.P. = 3 \text{ V}$. และทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นซิลิกอนชนิด NPN ซึ่งมี $h_{FEmin} = 20$ แหล่งจ่ายศักดา (กระแสตรง) มีค่า $1 \sim 5$ โวลต์ และสมมติว่าค่าแรงดันที่ตกคร่อมทรานซิสเตอร์มีค่าน้อยมากไม่ต้องนำมาพิจารณา และ $I_2 = 10\%$ ของ I_{C2} , $I_{CBO} = 0$ ค่าต่างๆที่ต้องการหาเพื่อการออกแบบวงจรก็คือ $R_1, R_2, R_E, R_{L1}, R_{L2}$ และ R_B



รูปที่ 3.5.6 แสดงวงจรขมิทริกเกอร์ที่ใช้ในการออกแบบ

วิธีการพิจารณาและออกแบบตามลำดับขั้นตอนดังนี้

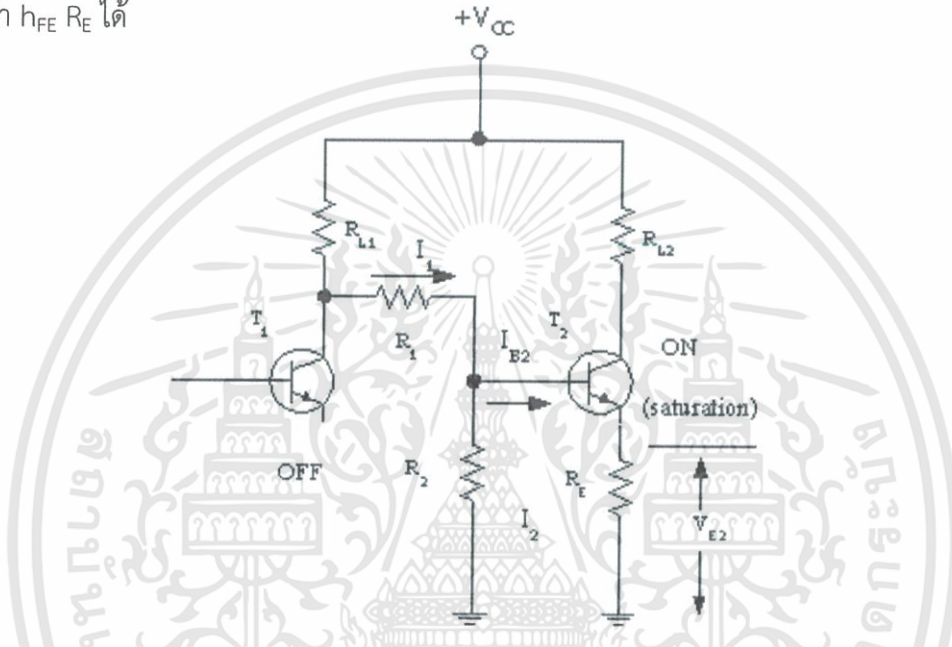
1. การใช้กฎของโอห์ม หาค่าของ $(R_{L2} + R_E)$ เมื่อทรานซิสเตอร์ T_2 อยู่ในสถานะ ON และอิมิต์ว โดยที่ไม่มีแรงดันอินพุตใดๆเข้ามา
2. เมื่อไม่ต้องพิจารณาค่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อ $V_{E2} = U.T.P.$ โดยค่าของ V_{E2} อาจแสดงอยู่ในเทอมของ V_E, R_{L2} และ V_{CC}
3. ค่าของ R_{L2} หาได้จากผลของข้อ 1 และ 2
4. ค่าของ $V_{E1} = L.T.P.$ โดยค่าของ V_{E1} อาจแสดงอยู่ในเทอม R_E, R_L และ V_{CC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าของ R_2 โดยสมมติว่า กระแสซึ่งไหลผ่าน R_2 มีค่าเป็น 10% ของค่ากระแสคอลเล็กเตอร์ ซึ่งไหลผ่านทรานซิสเตอร์ T_2 ขณะทำงานในภาวะอิ่มตัว และการที่ทรานซิสเตอร์ T_2 เปลี่ยนสถานะจาก OFF ที่เวลา t_{+1} ไปเป็นสถานะ ON ที่เวลา t_{+1} ค่าของแรงดันตกคร่อมที่รอยต่ออิมิตเตอร์และเบสจะต้องมีค่าเป็น ศูนย์ โดยที่ $V_{E1} = L.T.P.$ และ $E_{R2} = V_{E1} = L.T.P.$ ดังนั้นอาจใช้กฎของโอห์ม หา ค่าของ R_2 ได้

6. หาค่าของ R_1 จากสมการกระแสไหลอด (current-node equation) ของวงจร

7. เนื่องจากทรานซิสเตอร์ T_1 ไม่จำเป็นต้องทำงานในภาวะอิ่มตัว ดังนั้นค่าของ R_B จึงอาจมีค่าน้อยกว่า $h_{FE} R_E$ ได้



รูปที่ 3.5.7 แสดงทิศทางการกระแส และแรงดันประกอบการออกแบบวงจร

จากลำดับขั้นตอนดังกล่าวข้างบน สามารถเขียนได้ดังนี้

สมมติว่า

$$I_{C2} = I_{E2}$$

$$(R_{L2} + R_E) = \frac{V_{CC}}{I_{C2}} = \frac{15}{5mA} = 3k\Omega$$

$$U.T.P. = V_{E2} = 5V$$

$$V_{E2} = \frac{R_E V_{CC}}{(R_{L2} + R_E)}$$

$$R_E = V_{E2} \frac{(R_{L2} + R_E)}{V_{CC}} = \frac{5v(3k\Omega)}{15v} = 1k\Omega$$

$$R_{L2} = (R_{L2} + R_E) - R_E = 3k\Omega - 1k\Omega$$

$$R_{L2} = 2k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{L.T.P.} = V_{E1} = 3 \text{ V}$$

$$V_{E1} = \frac{R_E V_{CC}}{(R_E + R_{L1})}$$

$$R_{L1} = \frac{R_E V_{CC}}{V_{E1}} - R_E$$

$$= \left(\frac{(1 \text{ k}\Omega) \times 15}{3} \right) - 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_{L1} = 5 - 1 = 4 \text{ k}\Omega$$

ซึ่งสามารถใช้ตัวต้านทานที่วางขายอยู่มีค่า 3.9 k Ω แทน

และ

$$I_2 = 10\% I_{C2}$$

$$I_2 = (10\%) (5 \text{ mA}) = 0.5 \text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{E_{R2}}{I_2} = \frac{V_{E1}}{I_2} = \frac{\text{L.T.P.}}{I_2} = \frac{3}{0.5 \text{ mA}}$$

$R_2 = 6 \text{ k}\Omega$ (ซึ่งสามารถใช้ตัวต้านทานที่มีอยู่ตามท้องตลาดคือ 5.6 k Ω แทน)

จากรูปที่ 3.5.7

$$I_1 = I_2 + I_{B2}$$

$$\frac{E_{RL1} + E_{R1}}{R_1 + R_{L1}} = \frac{E_{R2}}{R_2} + I_{B2}$$

$$\frac{V_{CC} - \text{U.T.P.}}{R_1 + R_{L1}} = \frac{\text{U.T.P.}}{R_2} + I_{B2}$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{h_{FE \min}} = \frac{5 \text{ mA}}{20} = 0.25 \text{ mA}$$

$$\frac{15 - 5}{3.9 \text{ k}\Omega + R_1} = \frac{5}{5.6 \text{ k}\Omega} + 0.25 \text{ mA}$$

$$\frac{10}{3.9 \text{ k}\Omega + R_1} = 0.829 \text{ mA} + 0.25 \text{ mA}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$10 = 4.45 - 1.142 \text{ mA} \cdot R_1$$

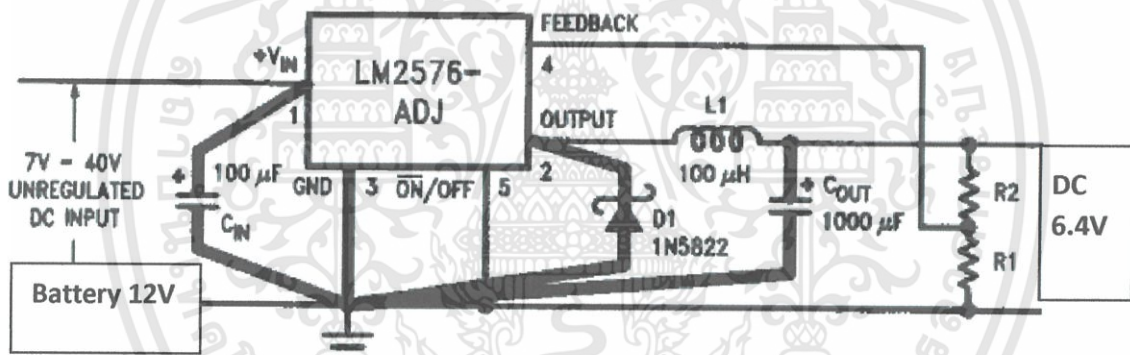
$$R_1 = \frac{5.55}{1.142 \text{ mA}} = 4.87 \text{ k}\Omega$$

ซึ่งเราใช้ค่า $4.7 \text{ k}\Omega$ แทน เนื่องจากมีขายในท้องตลาด

$$R_B = \frac{h_{FE} R_E}{10} = \frac{20 \times 1 \text{ k}\Omega}{10} = 2 \text{ k}\Omega$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า $R_1 = 4.7 \text{ k}\Omega$ $R_{L1} = 4 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 5.6 \text{ k}\Omega$ $R_{L2} = 2 \text{ k}\Omega$
 $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ และ $R_B = 2 \text{ k}\Omega$

3.6 วงจรแปลงแรงดันจาก Battery 12V ไปยัง Circuit (LM2576T-ADJ)



รูปที่ 3.6 วงจรแปลงแรงดันจาก Battery สำหรับจ่ายให้วงจร

จากวงจรได้ใช้การ IC LM2576-ADJ ซึ่งสามารถปรับแรงดันของ Output และเป็น IC Switching Regulator ทำให้ไม่เกิด Loss จากการแปลงแรงดันให้ต่ำลง ซึ่งได้ค่า R_1 , R_2 จากการคำนวณสมการ

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$$

กำหนด $R_1 = 1.2 \text{ k}\Omega$ ได้ค่า R_2 สำหรับ ADJ = $3.3 \text{ k}\Omega$ จะให้ค่าแรงดันตรงค่อม Load ที่ประมาณ 6.4 V เพียงพอต่อการจ่ายสำหรับให้วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การพัฒนาโครงการ

4.1 วงจรตัวตรวจจับรถไฟและอุปกรณ์ ภาคส่งข้อมูล

ตัวตรวจจับรถไฟประกอบด้วยวงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวที่ติดตั้งที่รางและอยู่ในกล่องดำสำหรับบ่งชี้รถไฟความเร็วในทิศทางอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ เพื่อให้ตัวตรวจจับได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การทำงานของวงจรคือถ้าไม่มีวัตถุ (รถไฟ) ผ่านภายในรัศมีที่สามารถตรวจจับได้รางรถไฟไม่สามารถรับค่าความถี่ ที่เกินจากการสั่นสะเทือน วงจรนี้จะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้า 0 v แต่ถ้าตัวตรวจจับตรวจจับได้ว่ามีวัตถุ (รถไฟ) เคลื่อนที่ผ่าน วงจรตรวจจับ จะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้าอีกค่า 0.1-12 v เอาต์พุตที่ได้นี้จะต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งส่งข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์แล้วส่งต่อไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งรับข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสารแบบไร้สาย Zigbee

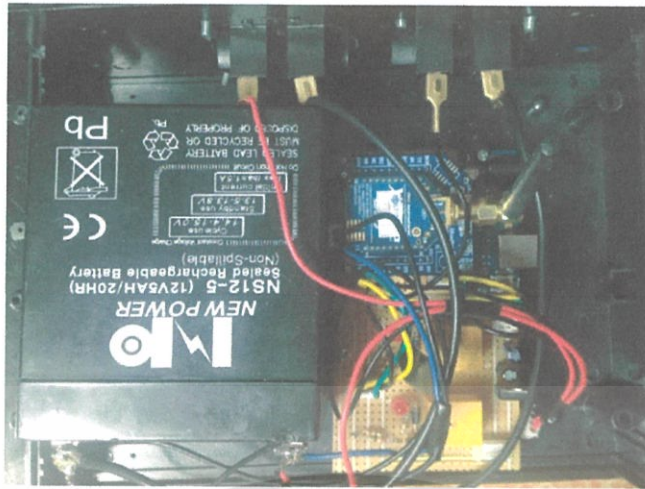


รูปที่ 4.1 แสดงวงจรเพียโซอิเล็กทริกเซนเซอร์และอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ

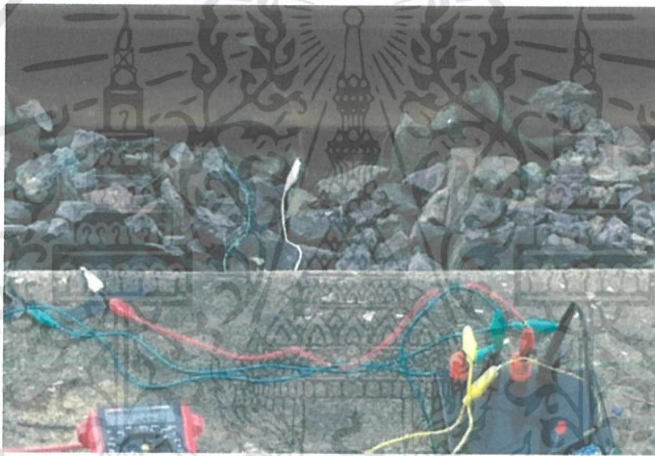
4.2 บอร์ดควบคุมและอุปกรณ์ Zigbee ภาครับข้อมูล

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งรับข้อมูล ได้รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งส่งข้อมูล ไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งรับข้อมูล จะตรวจสอบว่าสัญญาณที่ส่งมา ถูกต้องหรือไม่ เมื่อสัญญาณนั้น ถูกต้องไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีการตรวจสอบ เมื่อมีการส่งแรงดันไฟมาจนถึงค่า 10-12 v นั้น หมายถึงมีการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการมาของรถไฟ รีเลย์จะเกิดการ trigger ทำให้วงจรไหล ครบวงจร สั่งการให้ไฟไซเรนและลำโพงเสียงเตือนรถไฟมาทำงาน และ เมื่อเวลาผ่านไปรถไฟเคลื่อนที่ผ่านไปจนหมด ไม่มีแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากการผ่านของรถไฟ ทำให้ภาคส่งสัญญาณรับข้อมูลต่ำกว่าที่ตั้งค่าไว้ ทำให้รีเลย์ trigger วงจรไหลไม่ครบวงจร ไฟไซเรนและลำโพงเตือนรถไฟดับลง

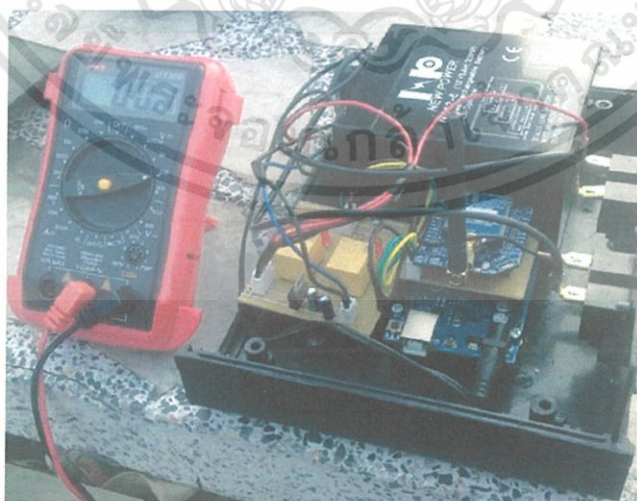
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงวงจร Triggler และอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ



รูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบติด เพียโซอิเล็กทริกและอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ

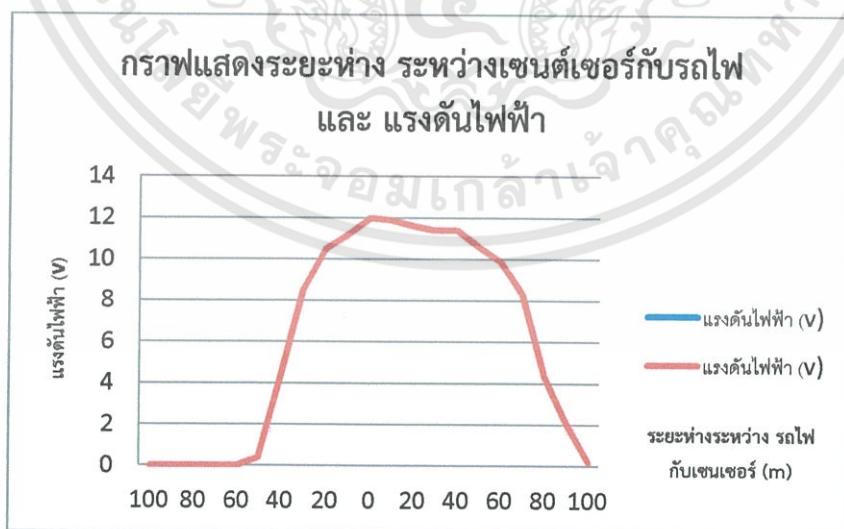


รูปที่ 4.4 แสดงการทดสอบติดอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างรถไฟกับเซนเซอร์ และ ค่าแรงดันไฟฟ้า

ระยะห่างระหว่าง รถไฟ กับ เซนเซอร์ (m)	ค่าแรงดันไฟฟ้า (v)
100	0
90	0
80	0
70	0
60	0
50	0.4
40	4.3
30	8.5
20	10.5
10	11.2
0	12
10	11.9
20	11.6
30	11.4
40	11.4
50	10.6
60	9.9
70	8.3
80	4.4
90	2.1
100	0.2



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ ระยะห่างและแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลโครงการ

เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติ ที่ได้พัฒนาขึ้นมาสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดเบื้องต้นดังต่อไปนี้

- สามารถตรวจจับรถไฟ เมื่อรถไฟเคลื่อนที่ผ่านตัวตรวจจับรถไฟก่อนถึงเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟเป็นระยะทางตามที่กำหนดไว้
- การสื่อสารระหว่างตัวตรวจจับรถไฟกับบอร์ดควบคุมใช้การสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้อุปกรณ์ Zigbee
- ไมโครคอนโทรเลอร์สามารถสั่งควบคุมโซเลนอยด์และลำโพงเตือนทำงานได้
- มี LED สำหรับบอกสถานะให้รถที่ผ่านทางข้ามรางรถไฟหยุดและผ่านไป
- มีสัญญาณเสียงเตือนขณะรถไฟมา
- สามารถตรวจจับรถไฟ เมื่อรถไฟเคลื่อนที่ผ่านตัวตรวจจับรถไฟที่ติดตั้งที่เครื่องกันเพื่อแสดงว่ารถไฟได้ผ่านไปแล้ว
- ไมโครคอนโทรเลอร์สามารถสั่งควบคุมให้โซเลนอยด์และลำโพงเตือนปิดลงได้

5.2 กลุ่มผู้ใช้โปรแกรม

เครื่องกันทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นโครงการนี้เป็นเครื่องต้นแบบเครื่องกันทางข้ามรางรถไฟแบบอัตโนมัติที่มีราคาถูก ซึ่งหากมีการติดตั้งในจุดตัดของรางรถไฟกับถนนที่ยังไม่มีเครื่องกัน ก็จะช่วยลดอุบัติเหตุการชนกันของยานพาหนะกับรถไฟตรงจุดตัดนั้นได้ ดังนั้นกลุ่มผู้ใช้เครื่องกันนี้ อาจเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการคมนาคมทางรถไฟ เช่นการรถไฟแห่งประเทศไทย หรืออาจเป็นองค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่นที่รับผิดชอบดูแลพื้นที่ ที่มีจุดตัดทางข้ามรางรถไฟ

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาที่พบในการพัฒนาโครงการนี้คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชิ้นที่ใช้มีความไม่เสถียร โดยเฉพาะตัวตรวจจับที่ใช้ตรวจจับการสั่นสะเทือน อาจต้องอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ มากขึ้นกว่าเดิม

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาโครงการนี้ ควรมีการสร้างข้อกำหนดหรือติดตั้งเซนเซอร์รับแรงสั่นสะเทือนที่มีคุณภาพสูง เพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น และ ใช้กับรถไฟที่มีความเร็วสูง