

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบเตือนภัยทางข้ามแยกรถไฟอัจฉริยะด้วย GPS

INTELLIGENT RAIL CROSSING WARNING SYSTEM USING GPS



T138752

วชิรวิทย์ โกมลพิสิฐ

WASHIRAWIT GOMONPISIT

จพ.  
จ 152 ร  
2558

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 138752  
วันเดือนปี 16 ต.ค. 2558

b.....  
i.....

12718385

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2558

KMITL-2015-EN-M-060-045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# INTELLIGENT RAIL CROSSING WARNING SYSTEM USING GPS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULRY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์           | ระบบเตือนภัยทางข้ามแยกรถไฟอัจฉริยะด้วย GPS |
| นักศึกษา                    | นาย วชิรวิทย์ โกมลพิสิฐ                    |
| รหัสประจำตัว                | 55611719                                   |
| ปริญญา                      | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต                     |
| สาขาวิชา                    | วิศวกรรมการวัดคุม                          |
| พ.ศ.                        | 2558                                       |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ | รศ.ดร.ทวีพล ชี้อสัตย์                      |

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอระบบเตือนภัยสำหรับใช้ร่วมกับทวูตรถไฟแบบใหม่ที่มีการประยุกต์ใช้โมดูล GPS (Global Positioning System) เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM 7 เพื่อใช้ในการคำนวณรัศมีพิกัดของทางแยกข้ามทางรถไฟ จากการศึกษาาระบบเตือนภัยรถไฟของประเทศในปัจจุบันใช้มนุษย์ควบคุมเป็นหลัก โดยมีระบบเดดแมน (Dead man system) ทำหน้าที่ช่วยเตือนเป็นช่วงเวลาเพื่อให้ผู้ขับรถไฟนั้นอยู่ในสภาพที่มีความพร้อมจะควบคุมรถไฟตลอดเวลา อย่างไรก็ตามพบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งจากจุดข้ามทางแยกที่ไม่มีอุปกรณ์กั้นทางรถไฟและผู้ควบคุมรถไฟเปิดหวูดเตือนรถยนต์ในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงออกแบบระบบการแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปยังผู้ควบคุมหรือหวูดอย่างสัมพันธ์กับความเร็วและระยะทางที่จะถึงจุดทางแยกข้ามรถไฟโดยอาศัยพิกัดจาก GPS ที่ส่งพิกัดทางแยกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการทดลองได้ทำการทดลองกับรถไฟจริงสายตะวันออกระบบแจ้งเตือนนี้สามารถตอบสนองการทำงานเป็นอย่างดี สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบแจ้งเตือนรถไฟสำหรับประเทศไทยได้

คำหลัก: ระบบเตือนภัยรถไฟ,GPS,ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM 7

|                |  |
|----------------|--|
| Thesis         | Intelligent Rail Crossing Warning System Using GPS |
| Student        | Mr. Washirawit Gomonpisit                          |
| Student ID.    | 55611719   |
| Degree         | Master of Engineering                              |
| Program        | Instrumentation Engineering                        |
| Year           | 2015   |
| Thesis Advisor | Assoc.Prof.Dr.Taweepol Suesut                      |

## ABSTRACT

This thesis presents the novel warning system for controlling the whistle in the train using a GPS module connected to the microcontroller ARM 7 in order to calculate the radius of the coordinates of the intersection over the tracks. A study of the current train warning system is essentially human manipulation. The dead man system acts as a warning to the driver as the train is in a state that is ready to take control of the train all the time. It was found that the accident occurred frequently across the junction point without the device to manage the traffic and the train driver turning on the whistle was not suitable time. Therefore, this research develops an automated warning system to reduce the risk of accidents. The microcontroller with the GPS module sending a signal to the control of whistle relate to the speed and the distance to reach the railway crossing junction. The experiment results were performed the real train at the East route. This warning system can be applied with a warning system to train for Thailand as well.

**Keywords:** rail crossing warning system,GPS,microcontroller ARM 7.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ทวีพล ชื่อสัตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ในการศึกษา และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและของบัณฑิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ และญาติพี่น้อง รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่น่ารักทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนช่วยเหลือในทุกๆ ด้านทั้งเรื่องการเรียน การเงินและเรื่องส่วนตัวจนทำให้ผู้เขียนผ่านทุกอย่างอย่างจนมาถึงวันนี้ได้

สุดท้ายนี้คุณประโยชน์ที่พึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอให้ทุกท่านจงมีแต่ความสุขตลอดไป

วชิรวิทย์ โกมลพิสิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา !!! และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....  | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....   | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | III  |
| สารบัญ.....   | IV   |
| สารบัญตาราง.....  | VII  |
| สารบัญรูป.....  | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ.....   | 1    |
| 1.1 ความเป็นมา.....   | 1    |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                             | 7    |
| 1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....  | 7    |
| 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....                                | 8    |
| 1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....  | 8    |
| 1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....  | 9    |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่นำมาใช้.....                               | 10   |
| 2.1 ระบบเตือนภัยรถไฟ.....   | 10   |
| 2.1.1 กรณีคนขับหลับในและไม่มีแรงเหยียบสวิตช์เท้า หลักการทำงานมีดังนี้ ..... | 11   |
| 2.1.2 กรณีคนขับหลับในและเหยียบสวิตช์ค้างไว้ หลักการทำงานมีดังนี้.....       | 12   |
| 2.2 คลื่นเสียง.....   | 13   |
| 2.2.1 เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร.....  | 13   |
| 2.2.2 แหล่งกำเนิดเสียง.....   | 14   |
| 2.2.3 การเคลื่อนที่ของเสียง.....  | 15   |
| 2.2.4 เสียงดังเสียงค่อย.....  | 15   |
| 2.2.5 เสียงสูงเสียงต่ำ.....   | 16   |
| 2.2.6 อวัยวะรับเสียง.....   | 16   |
| 2.2.7 การได้ยินเสียง.....   | 18   |

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

|  |    |
|--|----|
| 2.3 ระบบระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS).....                     | 19 |
| 2.3.1 ส่วนอากาศ.....   | 19 |
| 2.3.2 ส่วนควบคุม.....  | 19 |
| 2.3.3 ส่วนผู้ใช้งาน.....                                     | 19 |
| 2.3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับการนำทางด้วย GPS ประกอบด้วย.....   | 20 |
| 2.3.5 การประยุกต์ใช้งาน.....                                 | 20 |
| 2.3.6 การใช้งานในต่างประเทศ.....                             | 23 |
| 2.3.7 การใช้งาน GPS ในประเทศไทย.....                         | 24 |
| 2.3.8 หลักการทำงานของ GPS.....                               | 24 |
| 2.3.9 การจะได้มาซึ่งข้อมูล GPS.....                          | 26 |
| 2.3.10 การแปลงชุดข้อมูล GPS.....                             | 28 |
| 2.4 การหาระยะทางระหว่างทางแยกทางร่วมกับรถไฟ.....             | 31 |
| 2.5 การหาระยะทางจากความเร็ว.....                             | 31 |
| 2.5.1 แปลงค่าความเร็วหรือแปลงอัตราเร็ว.....                  | 31 |
| 2.5.2 คำนวณระยะทางจากความเร็ว.....                           | 33 |
| 2.6 การตอบสนองของผู้ขับขี่รถยนต์ต่อทางแยกทางร่วมรถไฟ.....    | 33 |
| บทที่ 3 ผลการออกแบบและวิธีการทดลอง.....                      | 34 |
| 3.1 การออกแบบระบบเตือนภัยรถไฟ.....                           | 34 |
| 3.2 อุปกรณ์และการประมวลผล.....                               | 34 |
| 3.2.1 ไตอะแกรมการทำงาน.....                                  | 34 |
| 3.2.1.1 ชุดอุปกรณ์ ETT – Starter Kit มีรายละเอียดดังนี้..... | 36 |
| 3.2.1.2 คุณสมบัติของบอร์ด.....                               | 37 |
| 3.2.1.3 ส่วนประกอบของ ETT – Start Kit.....                   | 38 |
| 3.2.2 โพรซาร์ดการทำงาน.....                                  | 41 |
| 3.3 การทดลอง.....  | 43 |

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... | 48  |
| บทที่ 5 สรุป.....                 | 51  |
| เอกสารอ้างอิง.....                | 52  |
| ภาคผนวก.....                      | 54  |
| ประวัติผู้เขียน.....              | 105 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

| ตารางที่  | หน้า |
|---|------|
| 1.1 ตารางสถิติการเกิดอุบัติเหตุรถไฟชนกับรถยนต์.....                     | 5    |
| 2.1 ตารางเปรียบเทียบระดับของเสียง (db) กับเสียงของปรากฏการณ์ภายนอก..... | 14   |
| 4.1 ตารางผลการทดลอง.....  | 48   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 1.1 รถจักรไอน้ำ ร็อกเก็ต ซึ่ง จอร์จ สตีเฟนสัน เป็นผู้ประดิษฐ์ ในปี พ.ศ. 2357..... | 1    |
| 1.2 ทหารกำลังก่อสร้างรางรถไฟ.....   | 2    |
| 1.3 รถไฟไทย ณ.สถานีหัวลำโพง.....  | 3    |
| 1.4 เส้นทางรถไฟในประเทศไทย.....   | 3    |
| 1.5 อุบัติเหตุรถไฟที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์.....                                      | 4    |
| 1.6 อุบัติเหตุรถไฟที่ จ.บุรีรัมย์.....  | 4    |
| 1.7 อุบัติเหตุรถไฟที่ จ.บุรีรัมย์.....  | 5    |
| 1.8 อุบัติเหตุที่ จ.เพชรบุรี มีผู้เสียชีวิต 2 คน.....                             | 6    |
| 1.9 คนขับรถไฟ.....  | 7    |
| 1.10 ทางแยกทางร่วมที่มีเครื่องเตือนภัยรถไฟ.....                                   | 8    |
| 2.1 แสดงการทำงานของระบบในกรณีคนขับหลับในและไม่มีแรงเหยียบสวิตช์เท้า.....          | 11   |
| 2.2 แสดงการทำงานของระบบในกรณีคนขับหลับในและเหยียบสวิตช์เท้าค้างไว้.....           | 12   |
| 2.3 ตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียง.....   | 13   |
| 2.4 ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของเสียง.....  | 15   |
| 2.5 ส่วนประกอบของหู.....  | 16   |
| 2.6 ตัวอย่างการรับเสียง.....  | 18   |
| 2.7 ภาพเส้นทางการเดินทางโดย GPS .....   | 21   |
| 2.8 ภาพเส้นทางการเดินทางโดย GPS .....   | 22   |
| 2.9 เสื้อชูชีพระบบ GPS .....  | 22   |
| 2.10 อุตสาหกรรมการที่มีการนำเทคโนโลยี GPS มาใช้งาน.....                           | 22   |
| 2.11 อุตสาหกรรมการที่มีการนำเทคโนโลยี GPS มาใช้งาน.....                           | 22   |
| 2.12 ตัวอย่างการระบุเส้นทางการจราจรที่คับคั่งด้วย GPS .....                       | 23   |
| 2.13 ตัวอย่างการแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวและตำแหน่งของ Taxi .....              | 23   |
| 2.14 การระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียม.....  | 24   |
| 2.15 การระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียม.....  | 24   |
| 2.16 การโคจรของดาวเทียม.....  | 25   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป(ต่อ)

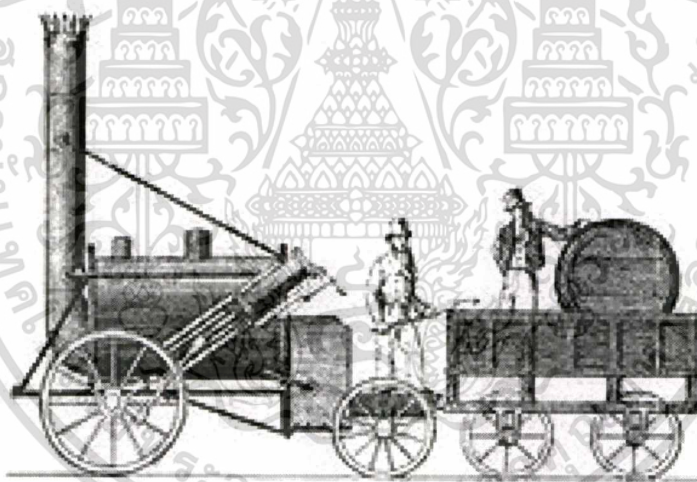
| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 2.17 ตัวอย่างการหาตำแหน่งด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์.....       | 26   |
| 2.18 ตัวอย่างการหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด.....              | 31   |
| 3.1 ชุดอุปกรณ์.....  | 34   |
| 3.2 ไดอะแกรมการทำงาน.....                                    | 35   |
| 3.3 ตัวอย่างชุดข้อมูล GPS .....                              | 35   |
| 3.4 ตัวอย่างชุดอุปกรณ์และเสารับสัญญาณ.....                   | 36   |
| 3.5 ตัวอย่างชุดอุปกรณ์.....                                  | 36   |
| 3.6 ภาพส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์.....                          | 38   |
| 3.7 ตัวอย่างโปรแกรมประมวลผลในสถานที่ทดลองจริง.....           | 41   |
| 3.8 ตัวอย่างหน้าโปรแกรมที่เริ่มทำการเดือนกัย.....            | 41   |
| 3.9 ตัวอย่างรูปโปรแกรม Labview 2012.....                     | 42   |
| 3.10 โฟร์ชาร์ตการทำงาน.....                                  | 42   |
| 3.11 แยกทางร่วมภาคตะวันออกและภาคใต้.....                     | 44   |
| 3.12 ทางแยกทางร่วมภาคเหนือและภาคใต้บางส่วน.....              | 44   |
| 3.13 ทางแยกทางร่วมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....                 | 44   |
| 3.14 ทางแยกทางร่วมที่ใช้ทดสอบระบบ.....                       | 45   |
| 3.15 รูปทางแยกทางร่วมที่มีการติดตั้งเครื่องเตือนภัยรถไฟ..... | 45   |
| 3.16 ทางแยกบริเวณตัวเมือง.....                               | 46   |
| 3.17 ทางแยกทางร่วมที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เตือนภัย.....     | 46   |
| 3.18 ทางแยกในชนบท.....                                       | 47   |
| 3.19 ทางแยกที่อยู่บริเวณชุมชน.....                           | 47   |
| 4.1 ทางแยกทางร่วมที่ภาพความละเอียดต่ำ.....                   | 49   |
| 4.2 ตำแหน่งทางแยกทางร่วมที่ภาพความละเอียดสูง.....            | 50   |
| 4.3 ภาพความผิดพลาดที่เกิดขึ้น.....                           | 50   |

# บทที่ 1

## บทนำ

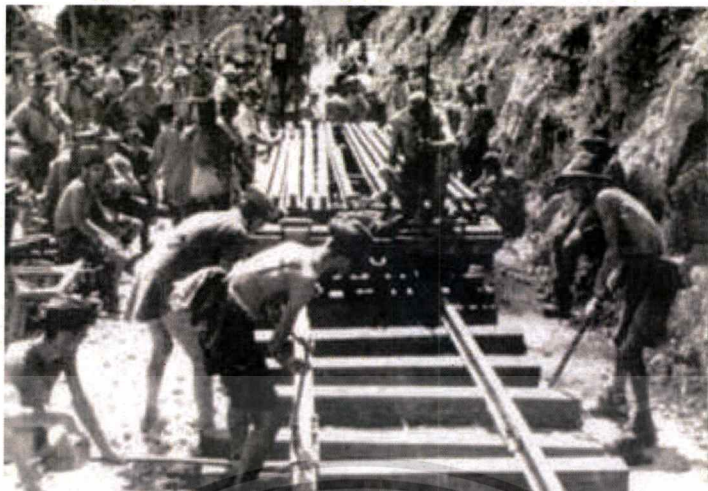
### 1.1 ประวัติความเป็นมา

รถไฟเริ่มเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศอังกฤษ เมื่อประมาณสามร้อยปีมาแล้ว เดิมทีเดวิสสร้างขึ้นเพื่อใช้บรรทุกถ่านหิน รถนั้นมีล้อ แล่นไปตามรางและใช้ม้าลาก ต่อมาในปี พ.ศ. 2357 จอร์จ สตีเฟนสัน (George Stephenson) ชาวอังกฤษ ได้ประดิษฐ์รถจักรไอน้ำ ชื่อว่า ร็อกเก็ต (Rocket) [1] ดังรูปที่ 1 ซึ่งสามารถแล่นได้ด้วยตนเองเป็นผลสำเร็จ นำมาใช้ลากจูงรถถ่านม้าในเมืองถ่านหิน ภายหลังจากนั้นก็ยังมีผู้ประดิษฐ์รถจักรไอน้ำและรถจักรชนิดอื่นๆ ขึ้นอีกหลายแบบ รถไฟได้เปลี่ยนสภาพจากรถขนถ่านหินมาเป็นรถสำหรับขนส่งผู้โดยสารและสินค้า ดังเช่นในปัจจุบัน



รูปที่ 1.1 รถจักรไอน้ำ ร็อกเก็ต ซึ่ง จอร์จ สตีเฟนสัน เป็นผู้ประดิษฐ์ ในปี พ.ศ. 2357

และนอกจากการทำงานในเชิงพาณิชย์แล้ว รถไฟนั้นยังเป็นพาหนะที่ใช้ในสงครามโลกอีกด้วย ซึ่งในขณะนั้นรถไฟมีหน้าที่สำคัญในการลำเลียงทหาร อาวุธ เสบียงอาหารหรือแม้แต่เป็นพาหนะที่ใช้ในการสงครามก็มีการบันทึกเอาไว้แล้ว ดังรูป เรียกได้ว่าเป็น หัวใจหลักของการรพท์ก็ได้



รูปที่ 1.2 ทหารกำลังก่อสร้างรางรถไฟ

และด้วยการใช้งานที่มีประสิทธิภาพที่ดีจึงทำให้รถไฟนั้นได้ถูกนำมาพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมาถึงทุกวันนี้ โดยกิจการรถไฟของไทยนั้น ได้เกิดขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2429 ตรงกับรัตนโกสินทร์ศกที่ 105 ดังรูปที่ 3 ไทยได้ให้สัมปทานแก่บริษัทชาวเดนมาร์กสร้างทางรถไฟสายแรกจาก กรุงเทพมหานคร ถึง สมุทรปราการ เป็นระยะทาง 21 กิโลเมตร ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2433 พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวได้โปรดเกล้าให้ตั้งกรมรถไฟหลวงขึ้น โดยสังกัดกระทรวงโยธาธิการ เมื่อวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2439 พระองค์เสด็จประกอบพระราชพิธีเปิดการเดินรถไฟระหว่าง กรุงเทพมหานครถึงอยุธยา เป็นระยะทาง 71 กิโลเมตร ซึ่งทางการได้ถือเอาวันนี้เป็นวันสถาปนา กิจการรถไฟหลวง ในปัจจุบันรถไฟเป็นพาหนะที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานที่ดี ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานทางด้านคมนาคมและขนส่งที่คุ้มค่าในการลงทุนแล้ว รถไฟยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถพัฒนากลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวได้อีกด้วย เรียกได้ว่า มีประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมเลยก็ว่าได้ โดยส่วนของทางรถไฟที่สำคัญของประเทศไทยมีอยู่ด้วยกันทั้งสิ้นรวมสี่สายด้วยกัน คือ สายเหนือ ถึงจังหวัดเชียงใหม่และสุโขทัย สายใต้ ถึงประเทศมาเลเซีย สายตะวันออก ถึงจังหวัดสระแก้ว และสายตะวันออกเฉียงเหนือ ถึงประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวและอุบลราชธานี รวมเป็นระยะทาง 3,855 กิโลเมตร ดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

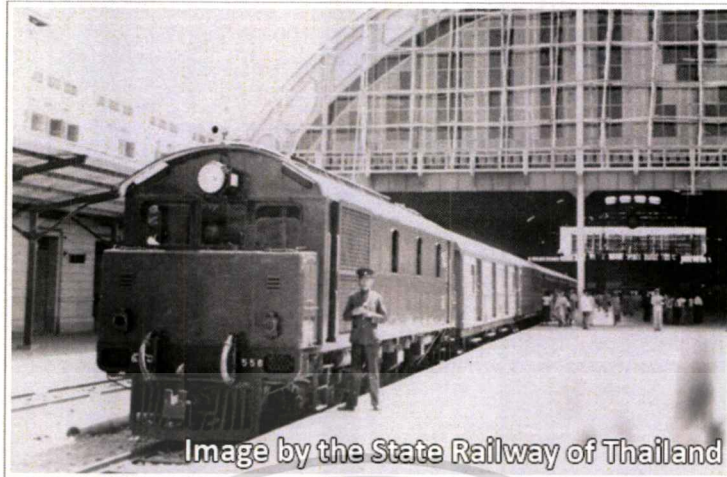


Image by the State Railway of Thailand

รูปที่ 1.3 รถไฟไทย ณ.สถานีหัวลำโพง

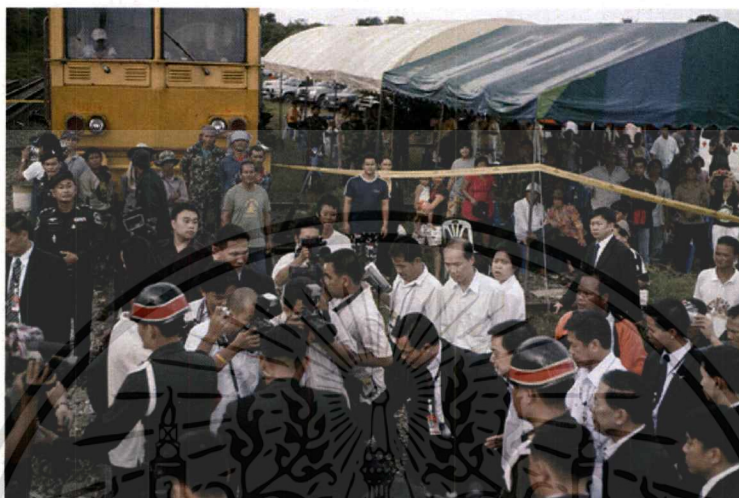


รูปที่ 1.4 เส้นทางรถไฟในประเทศไทย

จากเหตุที่กล่าวข้างต้น นั้นจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้รถไฟ ได้รับความสนใจและจะถูกนำไปพัฒนาต่อไปในอนาคต แต่ในขณะเดียวกันรถไฟนอกจากจะมีคุณประโยชน์ที่มากแล้ว รถไฟก็ยังสามารถทำให้เกิดผลกระทบเสียหายที่รุนแรงได้เช่นกัน เพราะถ้าเมื่อใดที่รถไฟนั้นเกิดอุบัติเหตุขึ้น นอกจากจะเกิดการสูญเสียทางด้านชีวิตและทรัพย์สินแล้ว ยังส่งผลต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมเป็นวงกว้างและระยะยาวอีกด้วย [2] ซึ่งในแต่ละกรณีสามารถตีค่าความเสียหายจากการซ่อมบำรุงและค่าชดเชยต่างๆได้มากกว่า 100 ล้านบาทเลยทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น รถไฟตกรางที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พ.ศ. 2552 ทำให้ผู้โดยสารทั้งหมด 15 คู่ พลิกคว่ำ 6 คู่ มีผู้เสียชีวิต 7 ราย บาดเจ็บ 88 ราย และทำให้รถไฟสายใต้ทุกขบวนต้องหยุดให้บริการ ทั้งหมด จากเหตุการณ์ดังกล่าวได้ประเมินค่าเสียหายได้ 229 ล้านบาทเลยทีเดียว [3] ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 1.5 อุบัติเหตุรถไฟที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์

หรือจะเป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถไฟอีกกรณีหนึ่งก็คือ รถไฟกรุงเทพ – ศรีสะเกษ พุ่งชนรถนักเรียนที่ล้าปลายมาศ จ.บุรีรัมย์ เสียชีวิต 7 บาดเจ็บ 30 [4] ดังรูป



รูปที่ 1.6 อุบัติเหตุรถไฟที่ จ.บุรีรัมย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.7 อุบัติเหตุรถไฟที่ จ.บุรีรัมย์

และจากการศึกษาการเกิดอุบัติเหตุพบว่า อุบัติเหตุส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณทางแยกทางร่วม ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การเกิดอุบัติเหตุในบริเวณนั้นยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และไม่มีที่ท่าว่าจะลดลงจนอยู่ในระดับที่สามารถไว้วางใจได้ ดังตารางแสดงข้อมูลด้านล่าง

ตารางที่ 1.1 ตารางสถิติการเกิดอุบัติเหตุรถไฟชนกับรถยนต์

| ปี   | อุบัติเหตุ (ครั้ง) | ผู้บาดเจ็บ (คน) | ผู้เสียชีวิต (คน) |
|------|--------------------|-----------------|-------------------|
| 2545 | 210                | 92              | 47                |
| 2546 | 199                | 150             | 54                |
| 2547 | 201                | 188             | 54                |
| 2548 | 185                | 221             | 63                |
| 2549 | 140                | 178             | 60                |
| 2550 | 159                | 133             | 37                |
| 2551 | 165                | 176             | 71                |
| 2552 | 119                | 138             | 57                |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะสามารถแสดงให้เห็นถึงความเสียหายทั้งทางด้านชีวิตและทรัพย์สินที่เกิดขึ้นจากการเกิดอุบัติเหตุของรถไฟ โดยอาจจะเกิดจากฝีมือมนุษย์ก็ดีหรือเกิดจากภัยธรรมชาติก็ดี ล้วนแล้วแต่สร้างความเสียหายร้ายแรงทั้งนั้น ดังนั้น การลดและการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของรถไฟ นั้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องแก้ไขและมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศอย่างยิ่ง

จากการศึกษาปัญหาและปัจจัยของความเสียหายต่างๆ ในปัจจุบันได้มีระบบที่ใช้ในการจัดการปัญหานี้เรียบร้อยแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการจัดการอบรมหรือการจัดป้ายสัญญาณเตือนที่มีมาตรฐานและที่สำคัญคือระบบเตือนภัยรถไฟที่เรียกว่า ระบบเดดแมน (Deadman) [6] แต่ด้วยระบบดังกล่าวนี้เป็นเพียงการทำให้ผู้ขับขี่รถไฟนั้นมีสภาพพร้อมที่จะขับขี่รถไฟได้ตลอดเวลาเท่านั้น ไม่ได้เป็นการแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เพราะถึงแม้ว่าผู้ขับขี่รถไฟจะอยู่ในสภาพพร้อมที่จะตัดสินใจเมื่อรถไฟนั้นจะเกิดอุบัติเหตุ แต่ด้วยระยะการมองเห็นที่จำกัดกับความเร็วของรถไฟที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจึงทำให้ผู้ขับขี่รถไฟนั้นไม่สามารถทำการเตือนภัยหรือสามารถแก้ไขเหตุการณ์เฉพาะหน้าได้อย่างทันท่วงทีถึงแม้จะเป็นช่วงเวลากลางวันก็ตาม ซึ่งจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น เราจึงสามารถพบเห็นการเกิดอุบัติเหตุของรถไฟในตอนกลางวันได้อยู่บ่อยครั้ง ตัวอย่างเช่น เหตุการณ์ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.8 อุบัติเหตุที่ จ.เพชรบุรี มีผู้เสียชีวิต 2 คน

ดังนั้น จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและออกแบบระบบเตือนภัยรูปแบบใหม่ที่สามารถมีการเตือนภัยได้ตลอดเส้นทาง 4,043 กม.หรือตลอดบริเวณทางแยกทางร่วม 2,460 ทางแยกทางร่วมที่รถไฟเคลื่อนที่ผ่านได้ [7] โดยการนำเอาเทคโนโลยี GPS ที่มีในปัจจุบันมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประยุกต์ใช้ร่วมกันกับระบบเตือนภัยรถไฟ ซึ่งจากผลที่ได้จากการทดลองนั้นถือว่าสามารถที่จะนำมาใช้เตือนภัยได้จริง และถึงแม้ว่าจะยังมีความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาในการเตือนภัยอยู่ ก็เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยสามารถยอมรับได้

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาและค้นคว้าความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุของรถไฟบริเวณทางแยกทางร่วม
- 1.2.2 ศึกษาและค้นคว้าระบบการทำงานของป้องกันภัยรถไฟที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
- 1.2.3 ออกแบบระบบป้องกันภัยรถไฟรูปแบบใหม่ที่สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ

## 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ระบบเตือนภัยที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้น เป็นระบบที่ใช้ในการปลุกให้ผู้ขับขี่รถไฟนั้นมีความพร้อมที่จะตัดสินใจต่อเหตุการณ์เฉพาะหน้า ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาที่มีการขับรถไฟ ดังที่กล่าวข้างต้นว่าระยะการมองเห็นที่จำกัดของผู้ขับขี่รถไฟกับความเร็วในการเคลื่อนที่ที่สูง ดังรูปที่ 9 จึงทำให้ผู้ขับขี่รถไฟนั้นไม่สามารถตัดสินใจได้ทันต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ และเนื่องด้วยเครื่องเตือนภัยตามทางแยกทางร่วมในปัจจุบันนั้นใช้การควบคุมจากมนุษย์ ดังรูปที่ 10 ซึ่งถ้าเขตหรือบริเวณใดที่ไม่ได้มีการควบคุมสัญญาณอยู่ ผู้ขับขี่ก็จะไม่สามารถล่วงรู้ได้เลยว่าเมื่อใดที่รถไฟจะเคลื่อนที่มาถึงบริเวณทางแยกดังกล่าว นี้ยังไม่รวมถึงประสบการณ์และความชำนาญในการขับรถไฟของผู้ขับขี่รถไฟที่ส่งผลต่อการทราบถึงจุดตัดทางแยกและการจราจรในแต่ละบริเวณที่แตกต่างกันอีกด้วย จากข้อมูลดังกล่าวนี้จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุบัติเหตุของรถไฟนั้นยังคงเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและต่อเนื่องอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 1.9 คนขับรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.10 ทางแยกทางร่วมที่มีเครื่องเตือนภัยรถไฟ

ดังนั้น ถ้าการเตือนภัยสามารถเตือนภัยรถไฟล่วงหน้าก่อนที่รถไฟจะมีการเคลื่อนที่มาถึงบริเวณทางแยกทางร่วมในช่วงเวลาที่เหมาะสมได้ ก็จะสามารถทำให้ผู้ขับขี่รถไฟและผู้ใช้ทางแยกทางร่วมนั้นเกิดความระมัดระวังและสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุลงได้

ซึ่งระบบเตือนภัยรูปแบบใหม่ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบนั้น จะมีการเน้นทางด้านการเตือนผู้ขับขี่รถไฟก่อนที่รถไฟจะเคลื่อนที่มาถึงจุดทางแยกทางร่วมและเตือนภัยรถไฟด้วยหูดสัญญาณให้ผู้ใช้ทางแยกทางร่วมได้ทราบถึงการเคลื่อนที่ของรถไฟล่วงหน้าเป็นเวลา 30 วินาที

#### 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ทฤษฎีพื้นฐานสำหรับงานวิจัยฉบับนี้ โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบเตือนภัยรถไฟ เช่น ทฤษฎีการตอบสนองต่อทางแยกทางร่วมรถไฟของผู้ขับขี่รถยนต์ การทำงานระบบเตือนภัยรถไฟ การทำงานของเทคโนโลยี GPS เป็นต้น

#### 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษา เพื่อนำเสนอปัญหาและปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้รถไฟนั้นเกิดอุบัติเหตุ โดยรวมไปถึงการออกแบบระบบเตือนภัยรถไฟรูปแบบใหม่ที่สามารถแก้ไขปัญหหรือปัจจัยเสี่ยงที่เกิดขึ้นให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้ใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 ขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงประวัติความเป็นมาของงานวิจัย จุดมุ่งหมาย วัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎี ขอบเขตของงานวิจัยและขั้นตอนการศึกษาของงานวิจัย

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในส่วนของบทนี้นั้นจะอธิบายถึง ระบบเตือนภัยรถไฟ คลื่นเสียง ระบบระบุพิกัดด้วยดาวเทียม GPS การหาระยะห่างระหว่างทางแยกทางร่วมกับรถไฟ การหาระยะทางจากความเร็วและทฤษฎีการตอบสนองของผู้ขับขีรถยนต์ต่อทางแยกทางร่วมรถไฟ ซึ่งงานวิจัยและทฤษฎีเหล่านี้คือ หลักการขั้นพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

บทที่ 3 ออกแบบการทดลอง ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบระบบเตือนภัยรถไฟ อุปกรณ์ การประมวลผลและการทดลองงานวิจัย

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# หลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่นำมาใช้

### 2.1 ระบบเตือนภัยรถไฟ

อุปกรณ์ปลูกคนขับรถไฟที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้งานในระยะแรกซึ่งยังขาดเทคโนโลยีที่ทันสมัยจะออกแบบอย่างง่าย ๆ โดยมีท่าการทำงานท่าเดียว คือ คนขับรถไฟต้องนั่งกดปุ่มหรือใช้เท้าเหยียบกระดิ่งไว้ตลอดเวลาหากปล่อยเมื่อใดระบบก็จะส่งสัญญาณเตือนและตัดขาดกำลังขับเคลื่อนและทำการเบรคหยุดขบวนรถ อุปกรณ์ที่ออกแบบอย่างง่ายนี้มีชื่อ เรียกว่า เดดแมน (Deadman) ซึ่งระบบดังกล่าวนี้เคยมีใช้อยู่ในรถจักรรุ่นเก่าที่ซื้อมาใช้เมื่อประมาณ ปี พ.ศ. 2507 แต่หลังจากผ่านการใช้งานมาระยะหนึ่งจึงพบข้อบกพร่อง กล่าวคือ คนขับรถไฟสามารถละเลยไม่ใช้งานโดยใช้ของหนักกดทับเอาไว้ เช่น ใช้ก้อนหินกดทับหรือใช้ไม้ขีดเพื่อให้ดูเหมือนว่ายังกด “ปุ่ม” เดดแมนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นยังเคยเกิดอุบัติเหตุคนขับรถไฟหัวใจวายแล้วล้มทับปุ่มดังกล่าว ทำให้ดูเหมือนยังทำหน้าที่ได้แต่ความจริงคือหมดสติไปแล้ว

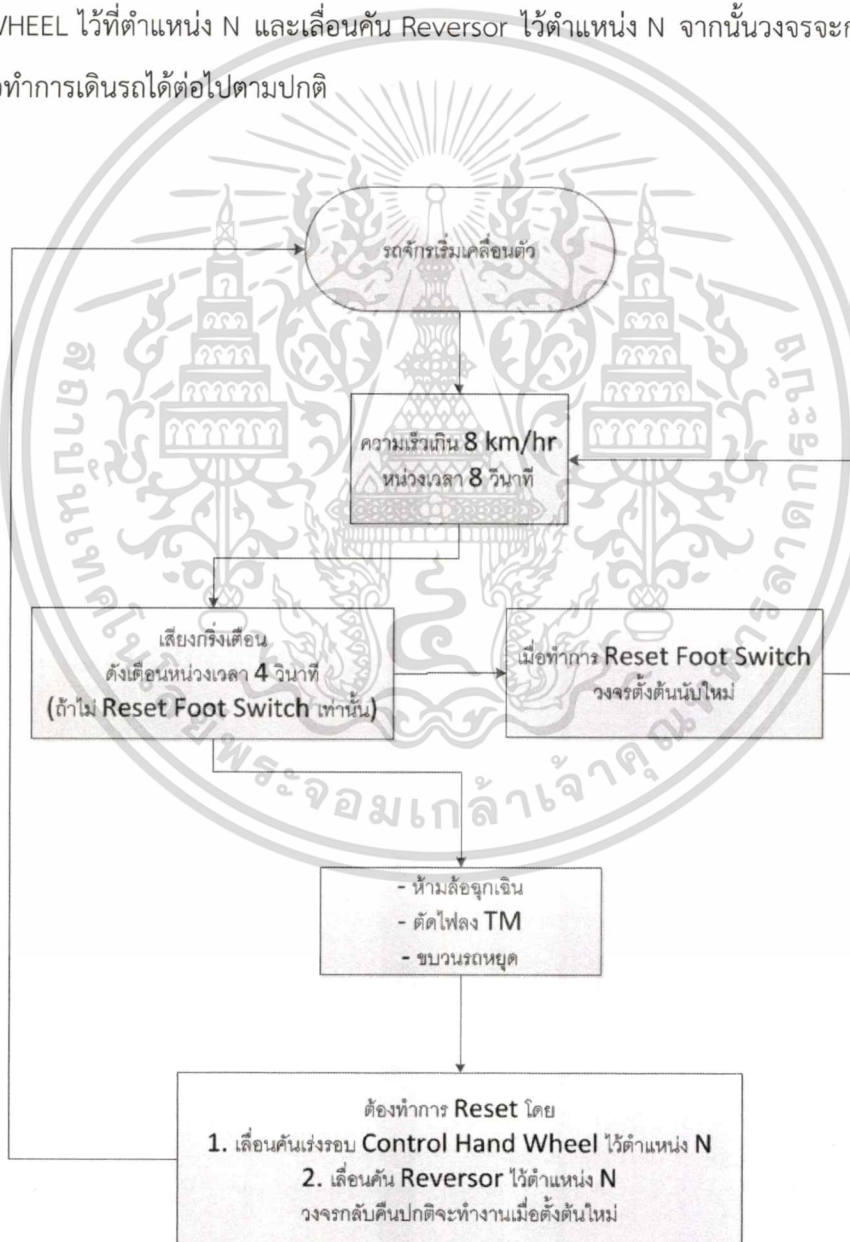
เมื่อเทคโนโลยีในการผลิตอุปกรณ์ปลูกเตือนมีความทันสมัยขึ้น จึงมีการออกแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของ “เดดแมน” โดยออกแบบให้มีการทำงานทั้งในท่าที่คนขับกดกระดิ่งและท่าที่คนขับไม่กดกระดิ่ง ส่วนระยะเวลาที่ตั้งไว้ให้ระบบทำงานก็จะขึ้นอยู่กับสภาพการเดินรถไฟของแต่ละประเทศซึ่งไม่เหมือนกัน ถ้าขบวนรถวิ่งเร็วจะต้องตั้งกำหนดเวลาให้ระบบทำงานสั้นกว่ากรณีที่ขบวนรถวิ่งช้า เหตุผลก็คือ ถ้าขบวนรถวิ่งช้าแล้วตั้งกำหนดเวลาไว้สั้น อุปกรณ์นี้ก็จะส่งเสียงเตือนบ่อยมากสร้างความรำคาญในการขับและอาจนำไปสู่การหลีกเลี่ยงไม่ใช้งาน แต่ถ้าวิ่งเร็วแล้วตั้งเวลาการปลูกเตือนไว้นาน เมื่อคนขับรถไฟทำผิดพลาด ขบวนรถจะเคลื่อนไปได้ไกลซึ่งอันตรายมาก หลังจากทดลองมาหลายแบบ ในที่สุดของการรถไฟฯจึงค่อนข้างจะลงตัวกับระบบที่ติดตั้งมากับรถจักร อัลสตอม จากประเทศฝรั่งเศสซึ่งซื้อมาใช้งานตั้งแต่ปี 2517 และรถไฟที่จัดหามาใช้ต่อมา ก็ติดตั้งระบบเตือนนี้เป็นมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 กรณีคนขับหลับในและไม่มีแรงเหยียบสวิตซ์เท้า หลักการทำงานมีดังนี้

2.1.1.1 ระบบจะทำการจับเวลาเมื่อหัวรถจักรเริ่มเคลื่อนตัว ด้วยความเร็วไม่ต่ำกว่า 8 กม./ชม. ในกรณีคนขับหลับหมดสติไม่สามารถเหยียบสวิตซ์เท้า 8 วินาทีที่จะมีเสียงกริ่งเตือน และต่อมาอีก 4 วินาที ระบบห้ามล้อฉุกเฉินจะทำงานจนขบวนรถหยุด ถ้ามีการเหยียบสวิตซ์เท้าในระหว่างเสียงกริ่งเตือนระบบจะเริ่มทำการจับเวลาใหม่

2.1.1.2 ในกรณีระบบ Vigilance ห้ามล้อฉุกเฉินจนขบวนรถหยุด คนขับจะต้องทำการ Reset ระบบใหม่เพื่อให้หัวรถจักรสามารถเคลื่อนขบวนต่อไปได้โดยจะต้องเลื่อนคันเร่งรอบ CONTROL HAND WHEEL ไว้ที่ตำแหน่ง N และเลื่อนคัน Reversor ไว้ตำแหน่ง N จากนั้นวงจรจะกลับคืนเป็นปกติ เพื่อทำการเดินรถได้ต่อไปตามปกติ



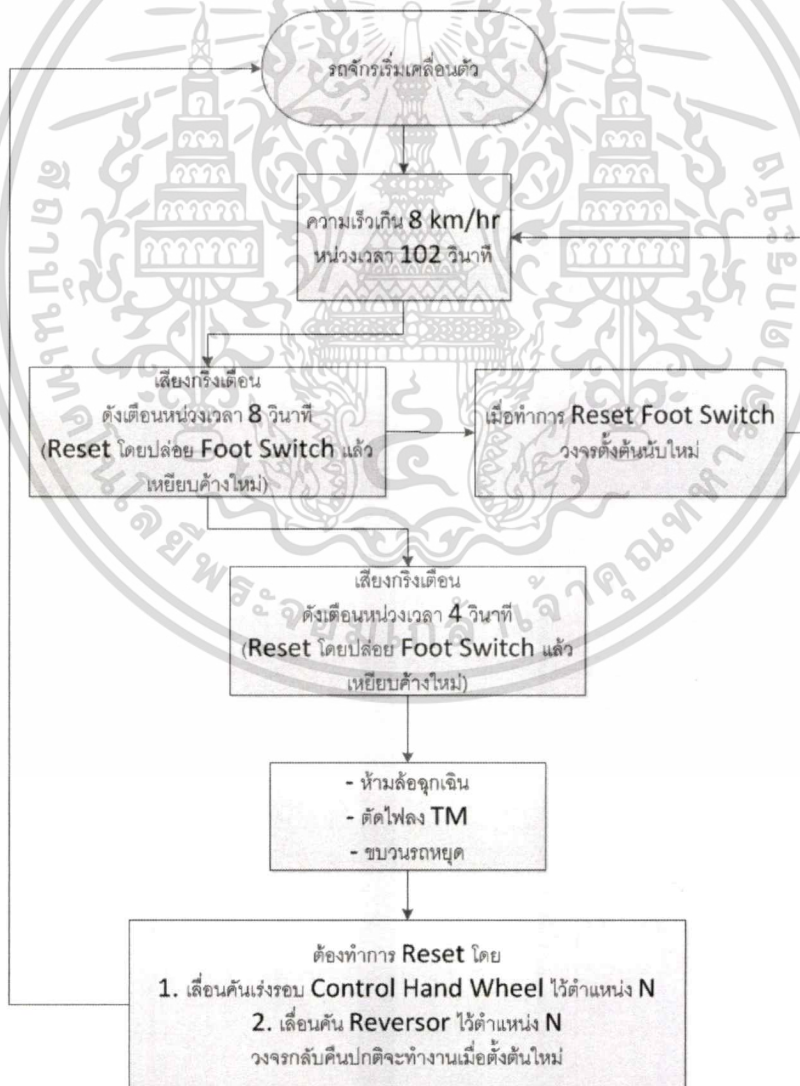
รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของระบบในกรณีคนขับหลับในและไม่มีแรงเหยียบสวิตซ์เท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 กรณีคนขับหลับในและเหยียบสวิตช์เท้าค้างไว้ หลักการทำงานมีดังนี้

2.1.2.1 ระบบทำการจับเวลาเมื่อหัวรถจักรเริ่มเคลื่อนตัว ด้วยความเร็วไม่ต่ำกว่า 8 กม./ชม. ในกรณีที่คนขับเหยียบสวิตช์เท้าค้างไว้โดยไม่ปล่อยเป็นเวลา 102 วินาที จะมีเสียงกริ่งเตือน 12 วินาที จากนั้นระบบห้ามล้อฉุกเฉินจะทำงานจนขบวนรถหยุด แต่ในระหว่างมีเสียงกริ่งเตือนคนขับมีการเคลื่อนไหวโดยการปล่อยหรือเหยียบสวิตช์เท้า ระบบจะทำการเริ่มต้นจับเวลาใหม่ CONTROL HAND WHEEL ไว้ที่ตำแหน่ง N และเลื่อนคัน Reversor ไว้ตำแหน่ง N จากนั้นวงจรจะกลับคืนเป็นปกติ เพื่อทำการเดินรถได้ต่อไปตามปกติ

2.1.2.2 ในกรณีระบบ Vigilance ห้ามล้อฉุกเฉินจนขบวนรถหยุด คนขับจะต้องทำการ Reset ใหม่ เพื่อให้หัวรถจักรสามารถเคลื่อนขบวนต่อไปได้โดยจะต้องเลื่อนคันเร่งรอบ



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของระบบในกรณีคนขับหลับในและเหยียบสวิตช์เท้าค้างไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

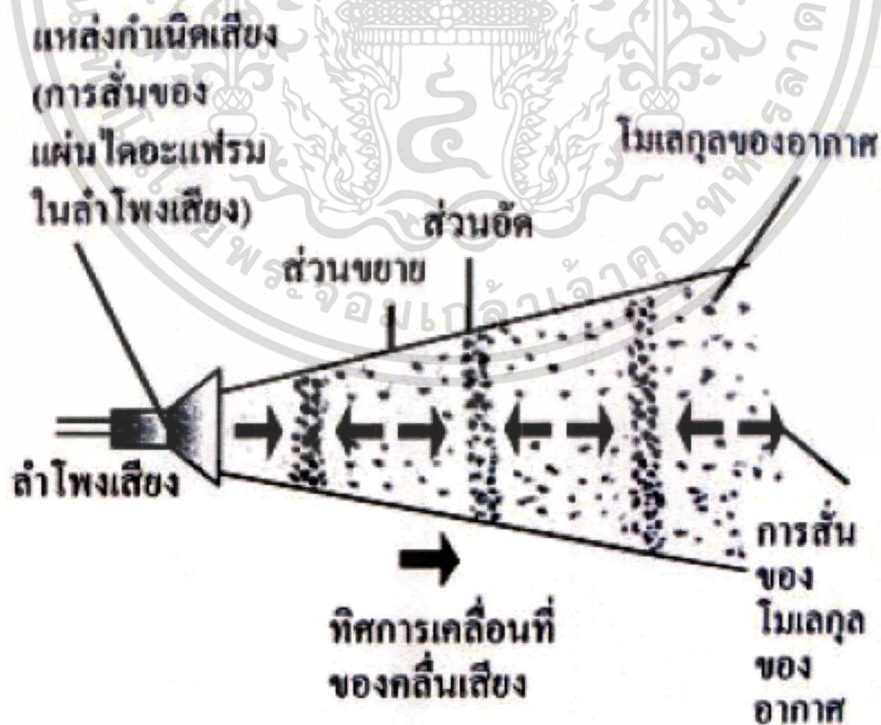
## 2.2 คลื่นเสียง

### 2.2.1 เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร

เสียง เป็นคลื่นกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุเกิดการสั่นสะเทือน จะทำให้เกิดการอัดตัว และขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลางที่เป็นสสารอยู่ในสถานะ ก๊าซ ของเหลว ของแข็ง (คลื่นเสียงจะไม่ผ่านสุญญากาศ) ไปยังหู ทำให้ได้ยินเสียงเกิดขึ้น [8]

เสียงเกิดขึ้น เมื่อวัตถุหรือแหล่งกำเนิดเสียง มีการสั่นสะเทือน ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอากาศที่อยู่โดยรอบกล่าวคือโมเลกุลของอากาศเหล่านั้นจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งแหล่งกำเนิดเสียงไปชนกับโมเลกุลของอากาศที่อยู่ถัดออกไป จะเกิดการถ่ายโอนโมเมนตัมจากโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ไปให้กับโมเลกุลของอากาศ ที่อยู่ใ้ในสภาวะปกติ จากนั้นโมเลกุลที่ชนกันจะแยกออกจากกัน โดยโมเลกุลของอากาศที่เคลื่อนที่มาชนจะถูกดึงกลับไปยังตำแหน่งเดิมด้วยแรงปฏิกิริยา และโมเลกุลที่ได้รับการถ่ายโอนพลังงาน ก็จะเคลื่อนที่ต่อไปและไปชนกับโมเลกุลของอากาศที่อยู่ถัดไป เป็นดังนี้ไปเรื่อยๆ จนเคลื่อนที่ไปถึงหู เกิดการได้ยินขึ้น ดังรูปที่ 2.3

ปรากฏการณ์นี้จะเกิดสลับกันไปมาได้เมื่อสื่อกลางหรือตัวกลางคืออากาศซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลอากาศจะเกิดเป็นคลื่นเสียง



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 แหล่งกำเนิดเสียง

แหล่งกำเนิดเสียงคือ วัตถุที่ทำให้เกิดเสียง เมื่อวัตถุนั้นเกิดการสั่นสะเทือน แหล่งกำเนิดเสียงแต่ละชนิดจะทำให้กำเนิดเสียงที่มีความแตกต่างกันไประดับความดังของเสียงมีหน่วยวัดเป็น เดซิเบล (db) [9] ดังตารางที่ 2.1

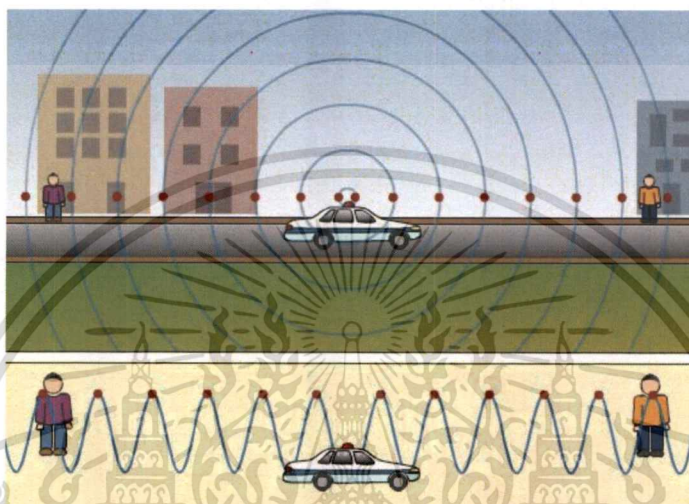
ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบระดับของเสียง (db) กับเสียงของปรากฏการณ์ภายนอก

| เดซิเบล (dB) | แหล่งกำเนิดเสียง พร้อมระยะทาง   |
|--------------|---|
| 250          | เสียงของการยืนอยู่กลางทอร์นาโด หรือเสียงของระเบิดนิวเคลียร์ระเบิดที่ระยะ 5 เมตร   |
| 180          | เสียงเครื่องยนต์ของจรวดที่ระยะ 30 เมตร หรือ เสียงของปลาหวฟ ช้างที่ระยะ 1 เมตร หรือ  |
| 140 – 150    | คือเสียงของเครื่องบินเทอร์โบเจต เป็นอันตรายต่อระบบการได้ยินเป็นอย่างมาก อาจทำให้สูญเสียการได้ยินได้   |
| 130          | คือเสียงเครื่องสว่านไฟฟ้าที่ใช้แรงอัดอากาศเจาะถนนคอนกรีต จำเป็นต้องใช้เครื่องมือป้องกันเสียง เนื่องจากเป็นเสียงที่มากเกินไปจนอันตราย                                      |
| 110 – 120    | คือเสียงของเรือดำน้ำ หรือ ทรัมเป็ต แซกโซโฟน ที่ได้ยินในระยะ 3 ฟุต ควรได้รับไม่เกิน 1 ชั่วโมงหรือน้อยกว่า  |
| 100 – 110    | คือเสียงในโรงงาน เพอร์นิเจอร์ไม้ ระยะเวลาที่ปลอดภัย คือไม่ควรได้รับเสียงขนาดนี้เกิน 2 ชั่วโมง   |
| 90           | คือเสียงดังบนท้องถนนขณะนั่งอยู่ในรถ ไม่ควรได้รับเสียงเกิน 8 ชั่วโมง   |
| 80           | คือเสียงจราจรที่จอแจโดยอยู่ห่างออกมาประมาณ 50 ฟุต หรือเสียงในสำนักงานที่กำลังพิมพ์ดีดด้วยเครื่องพิมพ์ดีดรุ่นเก่าเต็มไปหมด (เป็นระดับเสียงที่เริ่มเป็นอันตรายต่อการได้ยิน) |
| 60 – 70      | คือเสียงที่คนสนทนากันได้ยินในระยะห่างประมาณ 3 ฟุต หรือความดังเฉลี่ยเมื่ออยู่ห่างจากเสียงจราจรประมาณ 100 ฟุต   |
| 10           | เสียงหายใจของคนในระยะ 3 เมตร  |
| 0            | เสียงที่คนสามารถได้ยิน (สำหรับคนหูปกติ)   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 การเคลื่อนที่ของเสียง

การเดินทางของเสียง ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เสียงมาถึงหูของเราโดยมีอากาศเป็นตัวกลาง แหล่งกำเนิดเสียงจะทำให้อากาศรอบๆ สั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนจะกระจายออกไปรอบทุกทิศทาง เมื่อคลื่นเดินทางมาถึงหูของเรา เราจะรับรู้เสียงต่างๆ



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของเสียง

### 2.2.4 เสียงดังเสียงค่อย

เสียงดังเสียงค่อย คือ สมบัติของเสียงที่เรียกว่า ความดังของเสียง โดยความดังของเสียงคือ ปริมาณของพลังงานเสียงที่มาถึงหูของเรา ซึ่งปัจจัยที่มีผลทำให้วัตถุเกิดเสียงดังหรือเสียงค่อย ได้แก่

2.2.4.1 ระยะทางจากแหล่งกำเนิดเสียง ถึง ผู้ฟัง ถ้าระยะทางใกล้ๆ จะได้ยินเสียงดังมากและจะได้ยินเสียงค่อยๆ ลงไปเมื่อระยะห่างออกไปเรื่อยๆ ตามลำดับ

2.2.4.2 ความแรงในการสั่นสะเทือนของวัตถุแหล่งกำเนิดเสียง ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยความรุนแรง จะทำให้เกิดเสียงดัง แต่ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงสั่นเบาๆ ก็จะทำให้เกิดเสียงสั่นค่อยๆ ตามลำดับ

2.2.4.3 ชนิดของตัวกลาง ความดังของเสียงขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านไป ถ้าคลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปในน้ำจะมีความดังของเสียงมากกว่าคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ไปในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.4 ขนาดและรูปร่างของวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงสั่นสะเทือน เช่น กระจดง จักรยาน ทำให้เกิดเสียงดังและได้ยินในระยะทางหลายร้อยฟุต แต่ระฆังก็มีเสียงดังได้ไกลไปหลายๆ กิโลเมตร เป็นต้น

### 2.2.5 เสียงสูงเสียงต่ำ

เสียงสูงเสียงต่ำ เรียกว่า ระดับเสียง ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงมีความเร็วในการสั่นสะเทือน (มีความถี่สูง) จะทำให้เกิดเสียงสูง และถ้า แหล่งกำเนิดเสียงมีความเร็วในการสั่นสะเทือนน้อย หรือเบา (มีความถี่ต่ำ) จะทำให้เกิดเสียงต่ำ หรือเสียงทุ้ม

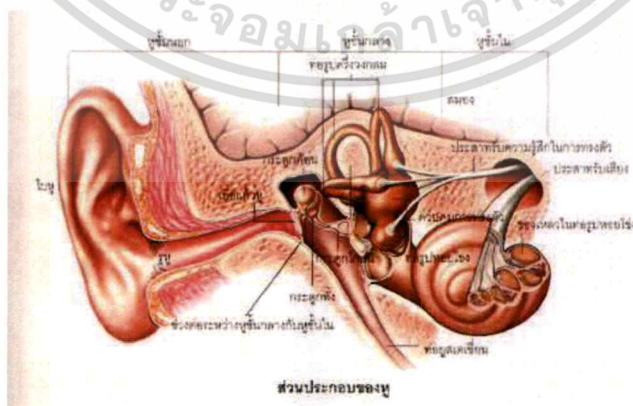
ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเสียงสูงต่ำ เสียงสูงต่ำขึ้นอยู่กับความถี่ในการสั่นสะเทือนของวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียง แหล่งกำเนิดเสียงสั่นสะเทือนด้วยความถี่ต่ำ จะเกิดเสียงต่ำ แต่ถ้าสั่นสะเทือนด้วยความถี่สูง เสียงก็จะสูง โดยระดับเสียงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วย

2.2.5.1 วัตถุที่ต้นกำเนิดเสียง มีขนาดเล็กจะสั่นสะเทือนเร็วทำให้เกิดเสียงสูง แต่ ถ้าวัตถุที่ต้นกำเนิดเสียง มีขนาดใหญ่จะสั่นสะเทือนช้าทำให้เกิดเสียงต่ำ

2.2.5.2 ถ้าวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดเสียงมีขนาดยาวน้อยหรือสั้นจะสั่นสะเทือนเร็วทำให้เกิดเสียงสูง แต่ถ้าวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดเสียง มีขนาดความยาวมากจะสั่นสะเทือนช้าทำให้เกิดเสียงต่ำ

2.2.5.3 ถ้าวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดเสียงมีความตึงมากจะสั่นสะเทือนเร็วทำให้เกิดเสียงสูง แต่ถ้าวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดเสียงมีความตึงน้อยหรือหย่อนจะสั่นสะเทือนช้าทำให้เกิดเสียงต่ำ

### 2.2.6. อวัยวะรับเสียง



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของหูที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน ดังรูปที่ 2.5

หูของคนเราแต่ละข้างแบ่งออกเป็น 3 ชั้นคือ หูชั้นนอก หูชั้นกลาง และหูชั้นใน

### 2.2.6.1 หูชั้นนอก ประกอบไปด้วย

2.2.6.1.1 ใบหู เป็นกระดูกอ่อนที่หุ้มด้วยผิวหนังบางๆ ทำหน้าที่ดักและรับเสียงเข้าสู่หู

2.2.6.1.2 รูหู เป็นท่อคอดเคี้ยวเล็กน้อย ลึกประมาณ 2.5 ซม. ผนังของรูหูบุด้วยเยื่อบาง และใต้เยื่ออ่อนนี้เต็มไปด้วยต่อมน้ำมัน ทำหน้าที่ขั้บไขมันเหนียวและเหลว มาหล่อเลี้ยงรูหู ไขมันเหล่านี้เมื่อรวมกับสิ่งสกปรกต่างๆก็จะกลายเป็น ขี้หู ซึ่งจะช่วยป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาทางรูหูไม่ให้เข้าถึงเยื่อแก้วหูได้ง่าย

2.2.6.1.3 เยื่อแก้วหู เป็นเยื่อบางๆ อยู่ลึกเข้าไปในส่วนของรูหู กั้นอยู่ระหว่างหูชั้นนอกและหูชั้นกลาง ทำหน้าที่รับแรงสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงที่เดินทางเข้ามาทางรูหู

2.2.6.2 หูชั้นกลาง อยู่ถัดจากเยื่อแก้วหู มีลักษณะเป็นโพรงอากาศบรรจุกระดูกเล็กๆ 3 ชิ้นติดต่อกัน คือกระดูกค้อน อยู่ติดกับเยื่อแก้วหู กระดูกทั่ง อยู่ตรงกลาง และกระดูกโกลน อยู่ติดกับหูชั้นใน ส่วนล่างของโพรงอากาศตอนปลายของหูชั้นกลางจะมีท่อยูสเตเชียน (Eustachian tube) ซึ่งมีลักษณะเป็นช่องอากาศแคบๆ และยาวต่อไปถึงคอ ทำหน้าที่ปรับความกดอากาศ ข้างในและข้างนอกหูให้มีความสมดุลกัน ทำให้เราไม่ปวดหูเวลาอากาศเข้าไปกระทบ แก้วหูขณะที่มีการหายใจ หรือกลืนอาหาร

2.2.6.3 หูชั้นใน อยู่ถัดจากกระดูกโกลนเข้ามา หูชั้นนี้ประกอบด้วยอวัยวะที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

2.2.6.3.1 ส่วนที่ทำหน้าที่รับเสียง มีลักษณะเป็นท่อเล็กๆ ที่ขดเป็นวงซ้อนกันอยู่หลายชั้นคล้ายหอยโข่ง ภายในมีท่อของเหลวบรรจุอยู่ ตามผนังด้านในของท่อมีอวัยวะรับเสียงอยู่ทั่วไป

2.2.6.3.2 ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทรงตัว มีลักษณะเป็นรูปท่อโค้งครึ่งวงกลมเล็กๆ 3 วง วางเรียงติดต่อกันตั้งฉากกับผนังภายใน ปลายของครึ่งวงกลมทั้ง 3 นั้น อยู่ติดกัน ท่อครึ่งวงกลมทั้ง 3 นี้บุด้วยเนื้อเยื่อบางๆ ที่มีประสาทรับความรู้สึกเกี่ยวกับการทรงตัวกระจายอยู่ ส่วนที่เป็นส่วนที่เป็นช่องว่างภายในท่อครึ่งวงกลมนี้ บรรจุด้วยของเหลว เมื่อเราเคลื่อนไหว ศีรษะ หูย่อมเอน

เอียงไปด้วย ของเหลวที่บรรจุภายในท่อทั้ง 3 นี้ ก็จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเอียงของศีรษะ ซึ่งจะไปกระตุ้นประสาทรับความรู้สึกเกี่ยวกับการทรงตัวแล้วส่งความรู้สึกไปยังสมองจึงทำให้เรา ทราบว่า ร่างกายของเราทรงตัวอยู่ในลักษณะใด ของเหลวที่บรรจุในท่อครึ่งวงกลมนี้จะปรับไปตามความกดดันของอากาศ ถ้าความกดดันอากาศเปลี่ยนแปลงกะทันหันของเหลวปรับตัวไม่ทันก็จะทำให้เรามีอาการวิงเวียน ศีรษะเมื่อขึ้นไปอยู่ที่สูงๆอย่างรวดเร็ว เป็นต้น

## 2.2.7 การได้ยินเสียง

เสียงที่เกิดขึ้นทุกชนิดมีลักษณะเป็นคลื่นเสียง ไบหูรับคลื่นเสียงเข้าสู่รูหูไปกระทบเยื่อแก้วหู เยื่อแก้วหูถ่ายทอดความสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงไปยังกระดูกค้อน กระดูกทั่ง และกระดูกโกลน ซึ่งอยู่ในหูชั้นกลางและเลย ไปยังท่อรูปครึ่งวงกลม แล้วต่อไปยังของเหลวในท่อรูปหอยโข่ง และประสาทรับเสียงในหูชั้นในตามลำดับ ประสาทรับเสียงถูกกระตุ้นแล้วส่งความรู้สึกไปสู่สมองเพื่อแปลความหมายของเสียงที่ได้ยิน



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการรับเสียง

การได้ยินเสียงชัดเจนขึ้นขึ้นอยู่กับสาเหตุต่างๆ ดังนี้

2.2.7.1 แรงสั่นสะเทือน เสียงดังมากแรงสั่นสะเทือนก็มาก

2.2.7.2 ระยะทางจากต้นกำเนิดเสียงมาถึงหู พลังงานเสียงจะเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดทุกทิศทุกทาง พลังงานเสียงก็จะเคลื่อนที่และค่อยๆลดลง จนพลังงานเสียงหมดไป ดังนั้นคนที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียงจะได้ยินเสียงที่ดังและชัดเจนกว่าคนที่อยู่ไกลออกไป

2.2.7.3 สุขภาพของหู หากอวัยวะรับเสียงเสื่อม เราก็จะได้ยินเสียงไม่ชัดเจน

2.2.7.4 การรบกวนจากเสียงอื่นๆ เช่น มีลมพัด มีวัตถุมากั้นทางเดินของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 ระบบระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS)

GPS คือระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ย่อมาจากคำว่า Global Positioning System ซึ่งระบบ GPS ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก [10] คือ

### 2.3.1 ส่วนอากาศ

ประกอบไปด้วยเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 ค่าย คือ อเมริกา รัสเซีย ยุโรป

2.3.1.1 อเมริกา ชื่อ NAVSTAR ( Navigation Satellite Timing and Ranging GPS ) มีดาวเทียม 28 ดวง ใช้งานจริง 24 ดวง อีก 4 ดวงเป็นตัวสำรอง บริหารงานโดย Department of Defenses มีรัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กม. หรือ 12,600 ไมล์ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง

2.3.1.2 ยุโรป ชื่อ Galileo มี 27 ดวง บริหารงานโดย ESA หรือ European Satellite Agency จะพร้อมใช้งานในปี 2008

2.3.1.3 รัสเซีย ชื่อ GLONASS หรือ Global Navigation Satellite บริหารโดย Russia VKS (Russia Military Space Force) ในขณะนี้ภาคประชาชนทั่วโลกสามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียมของทางอเมริกา (NAVSTAR) ได้ฟรี เนื่องจาก นโยบายสิทธิการเข้าถึงข้อมูลและข่าวสารสำหรับประชาชนของรัฐบาลสหรัฐ จึงเปิดให้ประชาชนทั่วไปสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในระดับความแม่นยำที่ไม่เป็นภัยต่อความมั่นคงของรัฐ กล่าวคือมีความแม่นยำในระดับบวก / ลบ 10 เมตร

### 2.3.2 ส่วนควบคุม

ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน สถานีใหญ่อยู่ที่ Falcon Air Force Base ประเทศอเมริกาและศูนย์ควบคุมย่อยอีก 5 จุด กระจายไปยังภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก

### 2.3.3 ส่วนผู้ใช้งาน

ผู้ใช้งานต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นและแปรรหัสจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่างๆ

ซึ่งทุกวันนี้บางท่านมักจะเข้าใจผิดว่า GPS เป็น GPRS ซึ่ง GPRS ย่อมาจากคำว่า General Packet Radio Service เป็นระบบสื่อสารแบบไร้สายสำหรับโทรศัพท์มือถือ หรือ PDA หรือ notebook เพื่อเชื่อมต่อกับ internet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับการนำทางด้วย GPS ประกอบด้วย

2.3.4.1 ตัวรับสัญญาณ หน่วยประมวลผล

2.3.4.2 โปรแกรมการนำทาง

2.3.4.3 ข้อมูลแผนที่นำทาง

ปัจจุบันนี้มีเครื่อง GPS ที่มีครบทุกอย่างในตัวเอง ซึ่งจะมีความสะดวกในการใช้งานและมีความเสถียรสูงได้แก่ PND (Personal / Portable Navigation Device) หรือแบบที่ใช้ GPS receiver ร่วมกับ PDA (Personal Digital Assistant) / Pocket PC / โน้ตบุ๊ก / Smart phone เป็นต้น หรือใน smart phone รุ่นใหม่ก็มี GPS เพิ่มขึ้นให้เลือกใช้หลายรุ่น ทำให้สะดวกในการใช้งานยามหลงทางหรือใช้งานหาสถานที่ใกล้เคียง

นอกจากอุปกรณ์หลักแล้วยังมีอุปกรณ์เสริม เช่น เสาร์รับสัญญาณภายนอก แบบติดเฉพาะเครื่องต่อเครื่อง หรือตัวกระจายคลื่น (GPS radiator) เพื่อให้สามารถใช้ GPS ได้ในที่อับสัญญาณ เช่น ในรถที่ติดฟิล์มที่มีสารโลหะอยู่ (หรือที่เรียกกันว่า "ฉาบปรอท") หรือในอาคาร

### 2.3.5. การประยุกต์ใช้งาน ปัจจุบันนี้ได้มีการใช้งานในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

2.3.5.1 การกำหนดพิกัดของสถานที่ต่าง ๆ การทำแผนที่ โดยส่วนใหญ่นิยมใช้อุปกรณ์ที่สามารถพกพาไปได้ง่าย มีความทนทาน กันน้ำได้ สามารถใช้กับถ่านไฟฉายขนาดมาตรฐานได้ ดูรายละเอียด GPS สำหรับงานสำรวจ

2.3.5.2 การนำทาง ได้รับความนิยมน้อย่างกว้างขวางมีหลากหลายแบบและขนาดสามารถนำทางได้ทั้งภาพและเสียง ใช้ได้หลายภาษา บางแบบมีภาพเสมือนจริง ภาพสามมิติ และประสิทธิภาพอื่นๆเพิ่มเติมเช่น multimedia Bluetooth hand free เป็นต้น ดูรายละเอียด GPS นำทาง รูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8

2.3.5.3 การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงข่ายหมุดดาวเทียม GPS ของกรมที่ดิน (DOLVRS)

2.3.5.4 การกำหนดจุดเพื่อบรรเทาสาธารณภัย เช่น เสื่อกู้ชีพที่มีเครื่องส่งสัญญาณจีพีเอส ดังรูปที่ 2.9

2.3.5.5 การวางแผนสำหรับการจัดส่งสินค้า

2.3.5.6 การนำไปใช้ประโยชน์ในขบวนการยุติธรรม เช่น การติดตามบุคคล

2.3.5.7 การติดตามการค้ายาเสพติด ฯลฯ ดูรายละเอียด GPS เพื่อการติดตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.8 การนำไปใช้ประโยชน์ทางทหาร ดูรายละเอียดเกี่ยวกับอนาคต GPS ทางทหาร จากกระทรวงกลาโหมสหรัฐที่นี้ The Future of the Global Positioning System

2.3.5.9 การกีฬา เช่นใช้ในการฝึกฝนเพื่อวัดความเร็ว ระยะทาง แคลลอรี่ที่เผาผลาญ ดูรายละเอียด อุปกรณ์ GPS สำหรับกิจกรรมกลางแจ้ง หรือ ใช้ในสนามกอล์ฟเฝ้าคำนวณระยะจากจุดที่อยู่ถึงหลุม

2.3.5.10 การสันทนการ เช่น กำหนดจุดตกปลา หาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกปลา การวัดความเร็ว ระยะทาง บันทึกเส้นทาง เครื่องบิน/รถบังคับวิทยุ ระบบการควบคุมหรือติดตาม ยานพาหนะ ดังรูปที่ 2.10 และรูปที่ 2.11

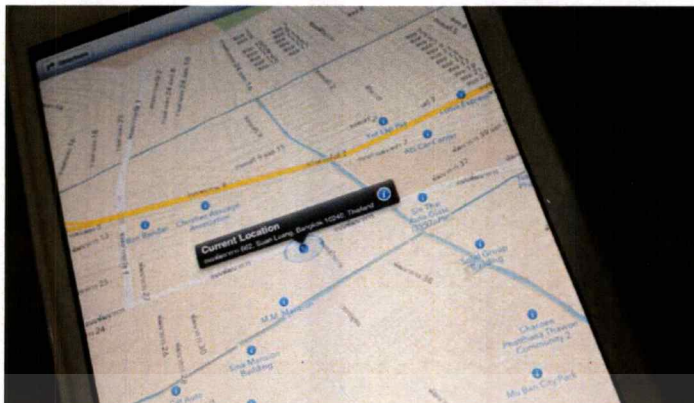
2.3.5.11 การติดตามบุคคล เพื่อให้ทราบว่ายานพาหนะอยู่ที่ใด มีการเคลื่อนที่หรือไม่ มีการแจ้งเตือนให้กับผู้ติดตามเมื่อมีการเคลื่อนที่เร็วกว่าที่กำหนดหรือเคลื่อนที่ออกนอกพื้นที่หรือเข้าสู่พื้นที่ที่กำหนด นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการป้องกันการโจรกรรมและติดตามทรัพย์สินคืน ดูรายละเอียด ระบบติดตาม

2.3.5.12 การนำข้อมูล GPS มาประกอบกับภาพถ่ายเพื่อการท่องเที่ยว การทำรายงาน กิจกรรม เป็นต้น โดยจะต้องมีเครื่องรับสัญญาณ ดาวเทียมติดตั้งอยู่กับกล้องบางรุ่น หรือการใช้ GPS Data Logger ร่วมกับ Software ดูรายละเอียด กล้องติดหมวก



รูปที่ 2.7 ภาพเส้นทางการเดินทางโดย GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ภาพเส้นทางการเดินทางโดย GPS



รูปที่ 2.9 เสื้อชูชีพระบบ GPS



รูปที่ 2.10 และรูปที่ 2.11 อุตสาหกรรมที่มีการนำเทคโนโลยี GPS มาใช้งาน

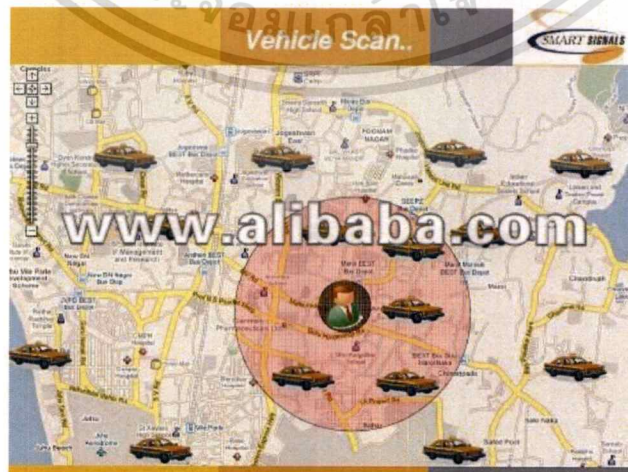
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การใช้งานในต่างประเทศ

ทุกวันนี้ในต่างประเทศมีการใช้อุปกรณ์ GPS กันอย่างกว้างขวาง และประชาชนมีความรู้เรื่อง GPS เป็นอย่างดี เพราะได้มีการใช้ งานมาหลายปีแล้วและมีระบบเชื่อมโยงข้อมูลการจราจรในรูปแบบของดิจิทัล ประกอบกับการวางผังเมือง อย่างเป็นระเบียบทำให้การพัฒนา ระบบ GPS เป็นไปได้ อย่างรวดเร็ว เช่น ในรถแท็กซี่จะพบอุปกรณ์ GPS ประจำอยู่แทบทุกคัน เพื่อหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีการจราจรคับคั่ง ดังรูปที่ 2.12 หรือการขับรถเพื่อท่องเที่ยวก็จะมีคำแนะนำเส้นทางท่องเที่ยวพร้อมสถานที่ที่น่าสนใจต่างๆ ดังรูปที่ 2.13 เช่น ร้านอาหาร ที่พัก จุดชมวิว แหล่งท่องเที่ยว เป็นต้น และนักเดินทางก็มักจะพกอุปกรณ์ GPS ในรูปแบบ PDA หรือ Pocket PC กันเป็นส่วนมาก แทนการพกพาสมุดแผนที่อย่างในอดีต ปัจจุบันนี้ระบบ GPS สามารถค้นหาถึงระดับบ้านเลขที่หรือเบอร์โทรศัพท์ และนำทางไปสู่เป้าหมายได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการระบุเส้นทางจราจรที่คับคั่งด้วย GPS



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวและตำแหน่งของ Taxi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.7 การใช้งาน GPS ในประเทศไทย

สำหรับ GPS ยังเป็นของใหม่มากและรู้จักกันในหมู่ผู้ใช้งานในวงจำกัด แต่ก็เป็ นนิมิตหมายที่ดีในการที่จะแพร่หลายต่อไปในอนาคต ปัจจุบันนี้ได้มีรถแท็กซี่บางค่ายได้นำ GPS ไปติดตั้งแล้ว

ในปัจจุบันนอกจากฟังก์ชันการนำทางพื้นฐานแล้วก็ยังมี การเตือนทางโค้ง จุดด่านเก็บเงิน จุดที่มักจะมีการตรวจจับความเร็ว ตำแหน่งกล้องตรวจจับการฝ่าฝืนกฎจราจร การกำหนดความเร็วในถนนแต่ละสาย ข้อมูลการท่องเที่ยวพร้อมรายละเอียดพร้อม ภาพประกอบ ข้อมูลร้านอาหารอร่อย ภาพเสมือนจริง ข้อมูลจราจร TMC หรือ (Traffic Message Channel) ดูรายละเอียด ข้อมูลจราจร TMC เพิ่มเติม

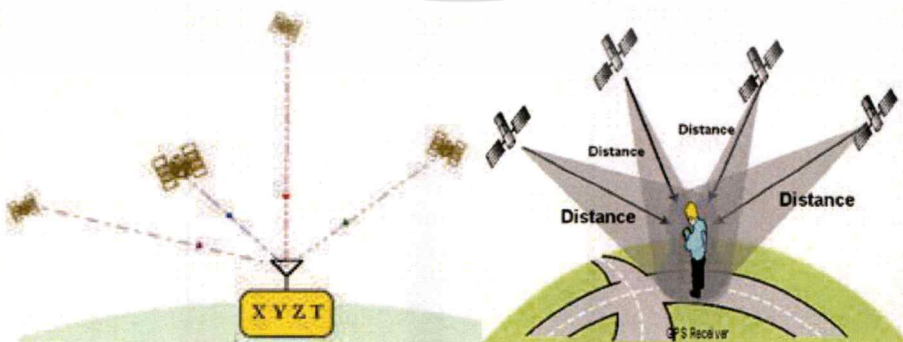
การใช้ GPS ในการติดตามรถบรรทุก รถยนต์ ซึ่งต่อไปน่าจะแพร่หลายไปถึงรถแท็กซี่ รถพยาบาล รถตำรวจ รถโรงเรียน รถขนส่ง สาธารณะ ฯลฯ การแสดงสภาพการจราจรที่คาดว่าในอนาคตจะมี จุดที่ต้องระวังในการขับขี่ เช่น โค้งอันตราย เขตชุมชนลดความเร็ว เป็นต้น

### 2.3.8 หลักการทำงานของ GPS

หลักการของเครื่อง GPS คือ การคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับอุปกรณ์รับ GPS [11,12] ดังรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15 โดยจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ประกอบกับได้ระยะทางจากดาวเทียม 3 ดวงขึ้นไปแล้ว อุปกรณ์ GPS ก็จะสามารถคำนวณหาจุดตัดกันของผิวทรงกลม ของระยะทางของดาวเทียม GPS แต่ละดวงได้ ดังรูปที่ 2.16

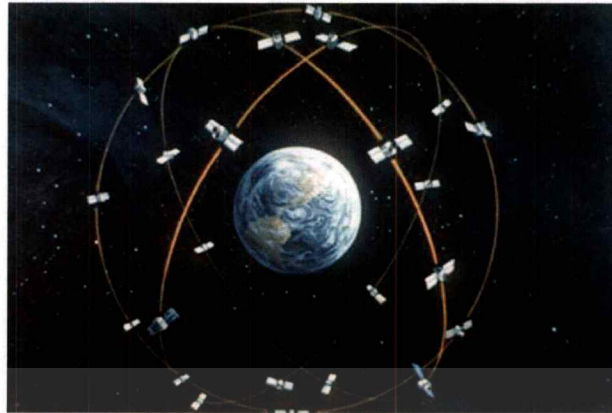
ดังนั้น ในทางทฤษฎี สิ่งที่อุปกรณ์ GPS จำเป็นต้องทราบในการคำนวณหาตำแหน่งแต่ละครั้งคือ

- 2.3.8.1 ตำแหน่งดาวเทียมGPSในอวกาศอย่างน้อย 3 ดวง
- 2.3.8.2 ระยะห่างจากดาวเทียม GPS แต่ละดวง



รูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15 การระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การโคจรของดาวเทียม

### 2.3.9 การจะได้มาซึ่งข้อมูล GPS ทั้ง 2 แบบ ในทางปฏิบัติ คือ

2.3.9.1 การได้มาซึ่งตำแหน่งดาวเทียม GPS ในอวกาศจะต้องได้มีข้อมูลประกอบ 2 ตัว [13] คือ

2.3.9.1.1 ข้อมูลวงโคจร : จะทำให้อุปกรณ์ GPS ทราบว่า เส้นทางการเดินทางของดาวเทียม GPS ทราบว่า เส้นทางการเดินทางของดาวเทียม GPS แต่ละดวงอยู่ ณ ตำแหน่งใด เมื่อไร

2.3.9.1.2 เวลาปัจจุบัน : ซึ่งเมื่ออุปกรณ์ GPS ทราบเวลาปัจจุบันแล้ว ก็จะใช้เวลาปัจจุบันไปคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม GPS จากข้อมูลวงโคจรได้

ดังนั้น เมื่ออุปกรณ์รับ GPS ทราบ ข้อมูลวงโคจรดาวเทียม GPS และเวลาปัจจุบัน อุปกรณ์รับ GPS ก็จะทราบตำแหน่งดาวเทียมในอวกาศได้ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะได้มาจากสัญญาณดาวเทียมที่อุปกรณ์รับ GPS ตัวนั้นรับได้

2.3.9.2 การได้มาซึ่งระยะห่างของอุปกรณ์รับ GPS กับดาวเทียม GPS แต่ละดวง เนื่องจากการเดินทางของคลื่นสัญญาณ GPS นั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ( $V_t$ ) คือความเร็วแสง (186,000 ไมล์ต่อวินาที) ซึ่งเมื่อเป็น ดังนั้น ถ้าอุปกรณ์รับ GPS รู้ระยะเวลา ( $t$ ) ที่สัญญาณใช้ในการเดินทางจากดาวเทียม GPS มายังอุปกรณ์รับ GPS ก็จะสามารถคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียม GPS กับอุปกรณ์ GPS ได้จากสูตร

$$R = V_t * T \quad (2.1)$$

ซึ่งเมื่อเราทราบระยะของดาวเทียมกับอุปกรณ์ GPS มากเท่าไรเราก็จะหาจุดของผิวทรงกลมทำให้อุปกรณ์ GPS สามารถทราบว่าตัวเองอยู่นะจุดใดบนพื้นโลกได้ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ดาวเทียม GPS1** : ลอยอยู่ ณ. จุดหนึ่งในอวกาศซึ่งเรารู้ตำแหน่งจากข้อมูลวงโคจร GPS ถึงเครื่องรับ GPS คือ 0.10 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS1 คือ 18,600 ไมล์ ( 18,600 ไมล์ต่อวินาที  $\times$  0.10 วินาที = 18,600 ไมล์ )

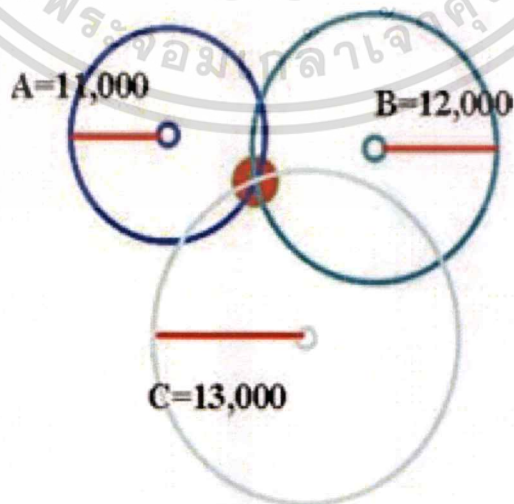
ดังนั้น ตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องรับ GPS ก็สามารเป็นจุดใดๆ ก็ได้บนผิวทรงกลมที่มีรัศมี 18,600 ไมล์

**ดาวเทียม GPS2** : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวง GPS2 ถึงเครื่องรับ GPS คือ 0.08 วินาทีระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS2 คือ 13,200 ไมล์ ( 186,000 ไมล์ต่อวินาที  $\times$  0.08 วินาที = 13,200 ไมล์ )

ดังนั้น ตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องรับGPSก็สามารถเป็นจุดใดๆก็ได้บนเส้นรอบวงที่เป็นการตัดกันของทรงกลมรัศมี 18,600 ไมล์ ของดาวเทียม GPS1 กับทรงกลมรัศมี 13,200 ไมล์ ของดาวเทียม GPS

**ดาวเทียม GPS3** : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวง GPS3 คือ 0.06 วินาทีระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS3 คือ 11,160 ไมล์

ดังนั้น ตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องรับ GPS ก็สามารเป็นได้แค่ 2 จุดที่เกิดจากจุดตัดของผิวทรงกลมรัศมี 18,600 ไมล์ของดาวเทียม GPS1 กับผิวทรงกลมรัศมี 13,200 ไมล์ของดาวเทียม GPS2 และผิวทรงกลมรัศมี 11,160 ไมล์ของดาวเทียม GPS3 ดังรูปที่ 2.17



**รูปที่ 2.17** ตัวอย่างการหาตำแหน่งด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น หากอุปกรณ์ GPS ยังสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS มากเท่าใดก็จะยังสามารถระบุตำแหน่งได้แม่นยำยิ่งขึ้น ในกรณีที่อุปกรณ์รับ GPS สามารถรับสัญญาณ GPS ได้จากดาวเทียม GPS เพียง 3 ดวง อุปกรณ์รับ GPS จะมีความสามารถในการประมาณตำแหน่งบนพื้นโลกได้และจะตัดจุดที่ไม่ใช่ตำแหน่งบนพื้นโลกทิ้งไป ทำให้เหลือเพียงตำแหน่งเดียวที่เป็นไปได้ จะเห็นได้ว่าจะเหลือตำแหน่งอยู่ 2 จุด ที่บริเวณวงกลมทั้ง 3 ตัดกัน คือ ตำแหน่งที่อยู่ในอวกาศซึ่งแน่นอนว่าเราไม่สามารถไปอยู่ในอวกาศได้ตำแหน่งนี้จะถูกตัดทิ้งอัตโนมัติโดยเครื่อง GPS อีกตำแหน่งคือตำแหน่งบนพื้นโลกซึ่งเป็นตำแหน่งที่เรายืนถือเครื่อง GPS อยู่นั่นเองซึ่งความถูกต้องแม่นยำของตำแหน่งก็ขึ้นกับจำนวนดาวเทียมที่สามารถรับสัญญาณได้ในขณะนั้น หากมีมากกว่า 3 ดวงก็จะละเอียดมากยิ่งขึ้นและก็ขึ้นกับเครื่อง GPS ด้วยหากเป็นเครื่องที่มีราคาแพง (ซึ่งมักใช้เฉพาะงาน) ก็จะมี ความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นและในขณะเดียวกัน นอกจากนี้ความแม่นยำของการระบุตำแหน่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง กล่าวคือถ้าระยะห่างระหว่างดาวเทียมที่ใช้งานอยู่ห่างกันย่อมให้ค่าที่แม่นยำกว่าที่อยู่ใกล้กัน และยังมีจำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้มากก็ยิ่งให้ความแม่นยำมากขึ้น ความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศชั้นบรรยากาศประกอบด้วยประจุไฟฟ้า ความชื้น อุณหภูมิ และความหนาแน่นที่แปรปรวนตลอดเวลา คลื่นเมื่อตกกระทบ กับวัตถุต่างๆ จะเกิดการหักเหทำให้สัญญาณที่ได้นั้นอ่อนลง และสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้นสัญญาณ เช่น มีการบดบังจากกระจก กระจกน้ำ ไม้ จะ มีผลต่อค่าความถูกต้องของความแม่นยำ เนื่องจากถ้าสัญญาณจากดาวเทียมมีการหักเหก็จะทำให้ค่าที่คำนวณได้จาก เครื่องรับสัญญาณเพี้ยนไป และสุดท้ายก็คือประสิทธิภาพของเครื่องรับสัญญาณว่ามีความไวในการรับสัญญาณแค่ไหนและความเร็วในการประมวลผลด้วย

ภายในข้อมูลที่ได้รับจากดาวเทียมนั้นไม่ได้มีแต่ข้อมูลพิกัดที่ตั้งเท่านั้น ยังมีค่าข้อมูลอื่นๆด้วย เช่น ความเร็ว จำนวนดาวเทียมที่ใช้ในกระบวนการ เวลา เป็นต้น ซึ่งในบทความนี้นั้นได้มีการนำค่าความเร็วที่ได้จาก GPS มาใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการเตือนภัยให้ดียิ่งขึ้นด้วย ดังตัวอย่างด้านล่าง [14]

eg1. \$GPRMC,081836,A,3751.65,S,14507.36,E,000.0,360.0,130998,011.3,E\*62

eg2. \$GPRMC,225446,A,4916.45,N,12311.12,W,000.5,054.7,191194,020.3,E\*68

225446

Time of fix 22:54:46 UTC

A

Navigation receiver warning A = OK, V = warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4916.45,N                    Latitude 49 deg. 16.45 min North  
 12311.12,W                Longitude 123 deg. 11.12 min West  
 000.5                        Speed over ground, Knots  
 054.7                        Course Made Good, True  
 191194                      Date of fix 19 November 1994  
 020.3,E                     Magnetic variation 20.3 deg East  
 \*68                          mandatory checksum

eg3. \$GPRMC,220516,A,5133.82,N,00042.24,W,173.8,231.8,130694,004.2,W\*70

|    | 1        | 2 | 3 | 4 | 5                          | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|----------|---|---|---|----------------------------|---|---|---|---|----|----|----|
| 1  | 220516   |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | Time Stamp                 |   |   |   |   |    |    |    |
| 2  | A        |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | validity - A-ok, V-invalid |   |   |   |   |    |    |    |
| 3  | 5133.82  |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | current Latitude           |   |   |   |   |    |    |    |
| 4  | N        |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | North/South                |   |   |   |   |    |    |    |
| 5  | 00042.24 |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | current Longitude          |   |   |   |   |    |    |    |
| 6  | W        |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | East/West                  |   |   |   |   |    |    |    |
| 7  | 173.8    |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | Speed in knots             |   |   |   |   |    |    |    |
| 8  | 231.8    |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | True course                |   |   |   |   |    |    |    |
| 9  | 130694   |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | Date Stamp                 |   |   |   |   |    |    |    |
| 10 | 004.2    |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | Variation                  |   |   |   |   |    |    |    |
| 11 | W        |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | East/West                  |   |   |   |   |    |    |    |
| 12 | *70      |   |   |   |                            |   |   |   |   |    |    |    |
|    |          |   |   |   | checksum                   |   |   |   |   |    |    |    |

**2.3.10 การแปลงชุดข้อมูล GPS**

เทคนิคการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DMS และ DD จากเครื่อง GPS

การแสดงผลพิกัดบนเครื่อง GPS (Global Positioning System) [15] ที่เราใช้อยู่โดยทั่วไปในบ้านเรา (ไทยแลนด์) จะนิยมใช้แค่สองระบบเท่านั้น คือ พิกัดภูมิศาสตร์ และพิกัดกริด UTM (Universal Transverse Mercator) การอ่านค่าในระบบพิกัด UTM นั้นไม่ยุ่งยากเท่าไร เพราะอ่านตัวเลขตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า East (ค่า X) และ ค่า North (ค่า Y) และ หน่วยของ UTM เป็นเมตรอยู่แล้ว แต่การอ่านค่าระบบ พิกัดภูมิศาสตร์นั้นค่อนข้างยุ่งยากเล็กน้อย เพราะเครื่อง GPS บางรุ่น บางยี่ห้อแสดงค่าพิกัด ภูมิศาสตร์ในหน่วยแบบที่เรียกว่า องศา ลิปดา ฟลิปดา (DMS : Degree Minute Second) หรือ แสดงเป็นหน่วยในระบบพิกัดแบบค่าตัวเลขทศนิยม (DD : Decimal Degree) เพื่อนำไปใช้ใน คอมพิวเตอร์ ฉะนั้นเมื่อเราต้องการใช้งานแบบใดแบบหนึ่ง จึงต้องมีการแปลง (Convert) ค่าหน่วย DMS เป็น DD หรือ DD เป็น DMS วันนี้จะบอกเทคนิควิธีการแปลงค่าหน่วยเหล่านั้น

ก่อนอื่นมารู้จักค่าพิกัดภูมิศาสตร์แบบที่เรียกว่า องศา ลิปดา ฟลิปดา เป็นหน่วยแบบ DMS (Degree Minute Second) เหมือนกับหน่วยของเวลา บอกเวลาเป็น ชั่วโมง นาที และวินาที

ค่าองศา (Degree) 1 องศา มี 60 ลิปดา ค่าลิปดา (Minute) 1 ลิปดา มี 60 ฟลิปดา ฟลิปดา (Second) 1 ฟลิปดา มีค่าระยะทางประมาณ 30.48 ม. หรือ 100 ฟุต บริเวณศูนย์สูตร

ตัวอย่างเช่น อำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ละติจูด 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟลิปดา เหนือ, ลองจิจูด 7 องศา 2 ลิปดา 25 ฟลิปดา ตะวันออก

ส่วนหน่วยแบบ DD (Decimal Degree) หมายถึง ค่าตัวเลขทศนิยม ที่เป็นเลขฐานสิบในหน่วย แบบ DD

ตัวอย่างเช่น อำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ละติจูด 100.45416 เหนือ, ลองจิจูด 7. 040277 ตะวันออก

เทคนิควิธีการแปลงค่าหน่วยเหล่านั้นมี ดังนี้

การแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DMS เป็นแบบ DD เราจะนำค่า DMS มาแปลงเป็นหน่วยใน ระบบพิกัดแบบค่าตัวเลขทศนิยม DD (Decimal Degree) เพื่อนำไปใช้ในคอมพิวเตอร์ได้โดยผ่าน สมการนี้

$$DD = Degree + \frac{(Minute * 60 + Second)}{3600} \quad (2.3)$$

หรือ

$$DD = \frac{Seconds}{3600} + \frac{Minutes}{60} + Degrees \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง แปลงค่าพิกัดในหน่วย DMS ให้เป็น DD เช่น อำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ ละติจูด 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟลิปดา เหนือ ลองจิจูด 7 องศา 2 ลิปดา 25 ฟลิปดา ตะวันออก

จากสมการที่ (2.3)

$$\text{จะได้ ละติจูด} = 100 + (27 * 60 + 15) / 3600 = 100.45416$$

$$\text{ลองจิจูด} = 7 + (2 * 60 + 25) / 3600 = 7.040277$$

หรือจาก สมการที่ (2.4)

$$\text{จะได้ ละติจูด} = (15/3600) + (27/60) + 100 = 100.45416$$

$$\text{ลองจิจูด} = (25/3600) + (2/60) + 7 = 7.040277$$

ดังนั้น ค่า DD ที่ตั้งอำเภอหาดใหญ่อยู่ที่ ละติจูด 100.45416 เหนือ, ลองจิจูด 7.040277 ตะวันออก วิธีการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DD เป็นแบบ DMS

2.3.10.1 จากค่าตัวเลขพิกัดในรูปแบบ DD ตัวอย่างเช่น 100.45416 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยองศา ในที่นี้คือ 100 องศา

2.3.10.2 ให้นำตัวเลขหลังทศนิยมคูณด้วย 60 เช่น  $.45416 \times 60 = 27.2496$

2.3.10.3 จากค่าที่คำนวณได้ 27.2496 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยลิปดา ในที่นี้คือ 27 ลิปดา

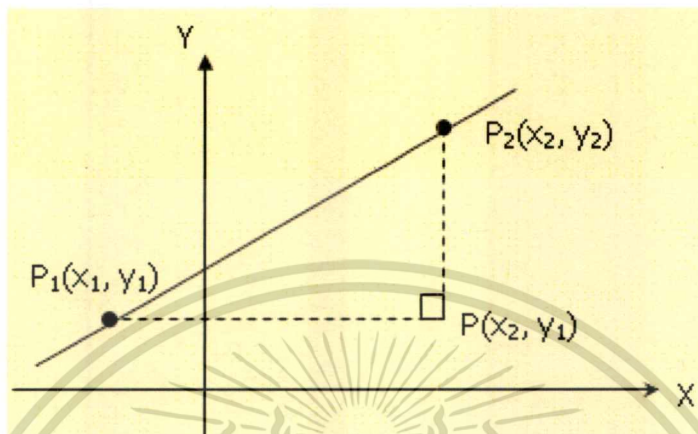
2.3.10.4 ให้นำตัวเลขหลังทศนิยมจากผลคูณในข้อ 2 คูณด้วย 60 เช่น  $.2496 \times 60 = 14.976$

2.3.10.5 จากค่าที่คำนวณได้ 14.976 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยฟลิปดา ในที่นี้ปัดทศนิยมเป็น 15 ฟลิปดา

2.3.10.6 เมื่อนำตัวเลขมาอ่านรวมกันจะได้ 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟลิปดา เหมือนกับ คำนวณด้วยเครื่องคิดเลขเลย

## 2.4 การหาระยะห่างระหว่างทางแยกทางร่วมกับบรณไฟ

พิจารณารูปที่กำหนดให้ต่อไปนี้ [16]



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด

$$P_1P_2 = \sqrt{P_1P^2 + P^2P_2^2} \quad (2.5)$$

$$P_1P_2 = \sqrt{|X_1 - X_2|^2 + |Y_1 - Y_2|^2} \quad (2.6)$$

$$P_1P_2 = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \quad (2.7)$$

นั่นคือ ถ้า  $P_1(x_1, y_1)$  และ  $P_2(x_2, y_2)$  เป็นจุดในระบบพิกัดฉากแล้ว

$$\text{ระยะห่างระหว่างจุด } P_1 \text{ และ } P_2 = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

## 2.5 การหาระยะทางจากความเร็ว

การหาระยะทางนั้นมี 2 ขั้นตอน ดังนี้

### 2.5.1 แปลงค่าความเร็วหรือแปลงอัตราเร็ว

อัตราเร็ว (สัญลักษณ์:  $v$ ) คืออัตราของการเคลื่อนที่ หรือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งก็

ได้ หลายครั้งมักเขียนในรูป ระยะทาง  $d$  ที่เคลื่อนที่ไปต่อ หน่วย ของ เวลา  $t$  [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราเร็ว เป็นปริมาณ สเกลาร์ ที่มีมิติเป็นระยะทาง/เวลา ปริมาณเวกเตอร์ที่เทียบเท่ากับ อัตราเร็วคือความเร็ว อัตราเร็ววัดในหน่วยเชิงกายภาพเดียวกับความเร็ว แต่อัตราเร็วไม่มี องค์ประกอบของทิศทางแบบที่ความเร็วมี อัตราเร็วจึงเป็นองค์ประกอบส่วนที่เป็นขนาดของความเร็ว ในรูปสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อัตราเร็ว คือ

$$V = \frac{d}{t} \quad (2.8)$$

หน่วยของอัตราเร็ว ได้แก่

เมตรต่อวินาที , ( สัญลักษณ์ m/s ) , ระบบหน่วย SI

กิโลเมตรต่อชั่วโมง , ( สัญลักษณ์ km/h )

ไมล์ต่อชั่วโมง , ( สัญลักษณ์ mph )

นอต ( ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง , สัญลักษณ์ kt )

มัก เมื่อมัก 1 เท่ากับ อัตราเร็วเสียง มัก  $n$  เท่ากับ  $n$  เท่าของอัตราเร็วเสียง มัก  $1 \approx 343 \text{ m/s} \approx$

$1235 \text{ km/h} \approx 768 \text{ mi/h}$  ( ดู อัตราเร็วเสียง สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม )

อัตราเร็วแสง ใน สุญญากาศ ( สัญลักษณ์  $c$  ) เป็นหนึ่งใน หน่วยธรรมชาติ  $c =$

$299,792,458 \text{ m/s}$

การเปลี่ยนหน่วยที่สำคัญ

$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$$

$$1 \text{ mph} = 1.609 \text{ km/h}$$

$$1 \text{ knot} = 1.852 \text{ km/h} = 0.514 \text{ m/s}$$

เนื่องด้วยค่าความเร็วที่ได้จากชุดข้อมูล GPS นั้นเป็นค่าความเร็วในช่วง Knot หรือ ไมล์ต่อ ชั่วโมง แต่การที่จะนำเข้าสู่สมการหาระยะทางได้นั้นต้องมีการแปลงค่าความเร็วให้อยู่ในช่วง เมตรต่อ วินาที ( m/s ) ก่อน

ซึ่งการแปลงค่าช่วงความเร็วนั้นใช้สมการ ดังนี้

$$V_t = V \times 0.514 \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V_t$  คือ ค่าความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที ( m/s )

$V$  คือ ค่าความเร็ว มีหน่วยเป็น ไมล์ต่อชั่วโมง ( knot )

### 2.5.2 คำนวณระยะทางจากความเร็ว

สมการคำนวณระยะทางนั้นเริ่มจากสมการดังนี้

$$V = \frac{S}{t} \quad (2.10)$$

$V$  คือ อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที ( m/s )

$S$  คือ ระยะทาง มีหน่วยเป็น เมตร ( m )

$t$  คือ เวลา มีหน่วยเป็น วินาที ( s )

ดังนั้น จากสมการที่ (10) เราสามารถนำมาเปลี่ยนเป็นสมการคำนวณหา ระยะทาง (  $S$  ) มีหน่วยเป็น เมตร ( m ) ได้ดังนี้

$$S = V \times t \quad (2.11)$$

## 2.6 การตอบสนองของผู้ขับขี่รถยนต์ต่อทางแยกทางร่วมรถไฟ

จากบทความการวิจัยเรื่อง Modelling driver behaviour towards innovative warning devices at railway level [18] พวกเขาได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถยนต์ที่มีต่อเครื่องเตือนภัยบนทางแยกทางร่วมรถไฟ

โดยการวิจัยนั้น เขาได้มีการทดลองกับกลุ่มคนที่ช่วงอายุตั้งแต่ 17 - 66 ปี เป็นเพศชาย 12 คน และเพศหญิง 12 คน ผ่านชุดอุปกรณ์จำลองการขับขี่รถยนต์เข้าสู่ทางแยกทางร่วมที่จะมีรถไฟเคลื่อนที่มาถึงในอีก 20 วินาที ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวจึงเป็นที่มาสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยมีการตั้งระบบเตือนภัยไว้ที่ 30 วินาทีก่อนที่รถไฟจะเคลื่อนที่มาถึงทางแยกทางร่วม

## บทที่ 3

### การออกแบบและวิธีการทดลอง

การออกแบบระบบเตือนภัยรถไฟนั้น ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของผู้ขับขี่และผู้โดยสารเป็นหลัก ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลทางแยกทางร่วมในประเทศไทยนั้น ผู้วิจัยได้เลือกการเตือนภัยแบบหวูดในการเตือนผู้โดยสารทางแยกทางร่วมและใช้กริ่งในการเตือนคนขับรถไฟ

#### 3.1 การออกแบบระบบเตือนภัยรถไฟ

ระบบเตือนภัยรถไฟที่ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบนั้นจะมีรูปแบบของการเตือนภัย โดยการใช้เสียงหวูดรถไฟในการเตือนผู้โดยสารทางแยกทางร่วม และใช้เสียงกริ่งในการเตือนผู้ขับรถไฟให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะตัดสินใจก่อนที่รถไฟจะเคลื่อนที่ไปถึงทางแยกทางร่วมดังกล่าว เป็นเวลา 30 วินาที

#### 3.2 อุปกรณ์และการประมวลผล

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้ดังนี้

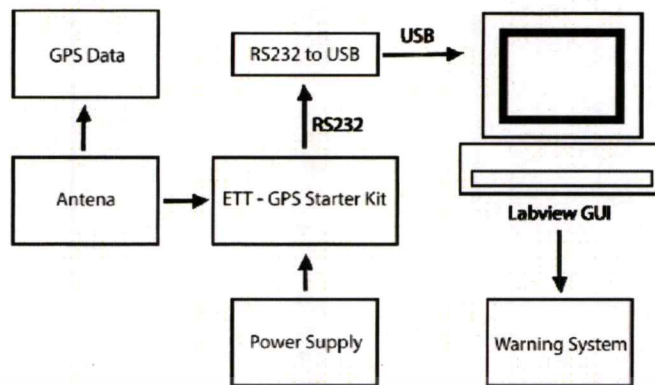
##### 3.2.1 ไดอะแกรมการทำงาน

ชุดอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.1 รับค่าพิกัดดาวเทียมนั้นทางผู้วิจัยใช้ ET-GPS START KIT V2 ของบริษัท ETT การประมวลนั้นจะประมวลผลผ่านโน้ตบุ๊ก Dell ดังรูปไดอะแกรมด้านล่าง



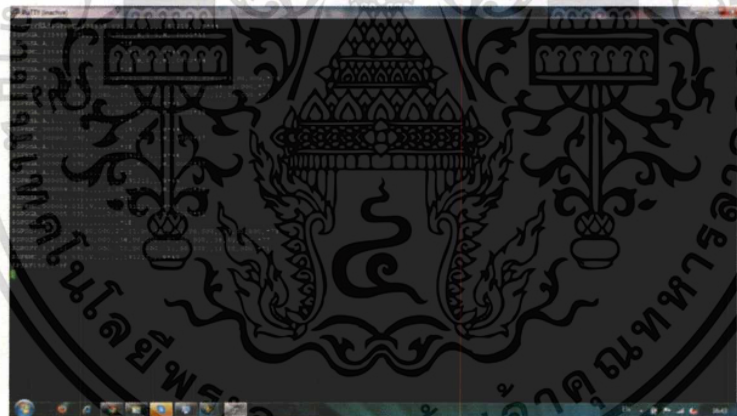
รูปที่ 3.1 ชุดอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ไตอะแกรมการทำงาน

ไตอะแกรมการทำงานนั้นเริ่มต้นจากการรับข้อมูล GPS ( GPS Data ) ดังรูปที่ 3.3 ด้วยเสารับสัญญาณ ( Antena ) เข้าไปประมวลผลต่อในอุปกรณ์ ETT – GPS Starter Kit ชุดอุปกรณ์แสดงในรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 เมื่อชุดอุปกรณ์ประมวลผลเสร็จจะส่งข้อมูลผ่านพอร์ต RS232 เปลี่ยนเป็น USB ไปประมวลผลต่อใน Notebook

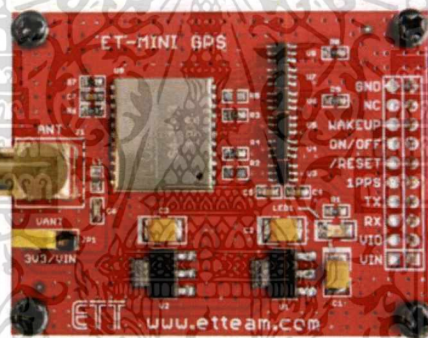


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างชุดข้อมูล GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างชุดอุปกรณ์และเสารับสัญญาณ



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างชุดอุปกรณ์

### 3.2.1.1 ชุดอุปกรณ์ ETT – Starter Kit มีรายละเอียดดังนี้

ET-PIC16/32 START-KIT เป็นชุดบอร์ด สำหรับใช้ในการเรียนรู้และพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ของค่าย Microchips รองรับการใช้งานกับ ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 16/32 Bit ขนาด 100Pin ตระกูล PIC24F/PIC24H/dsPIC33 และ PIC32 ได้ โดยตัวบอร์ดได้รับการออกแบบให้มีความสะดวกและอ่อนตัว ในการใช้งาน สามารถปรับเปลี่ยนตัว MCU เบอร์ต่างๆเพื่อติดตั้งใช้งานกับบอร์ดได้เองตามต้องการ ทำให้ การเรียนรู้ไม่ถูกจำกัดอยู่ที่MCU เบอร์ใดเบอร์หนึ่ง เพียงเบอร์เดียว โดยโครงสร้างของบอร์ดได้จัดให้มีวงจรใช้งานสำคัญๆ และ พื้นฐาน I/O แบบต่างๆ สำหรับใช้เป็น อุปกรณ์ประกอบการศึกษา เรียนรู้ และทดลองใช้งาน ในเบื้องต้นไว้อย่างครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็น LED สำหรับทดสอบ Output, SW สำหรับทดสอบ Input, VR ปรับค่าแรงดัน สำหรับทดสอบ ADC, จอแสดงผล LCD Display, RS232, SD Card, Ethernet LAN และ USB ซึ่งการออกแบบวงจร จะเน้นความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะดวกและ ง่ายต่อการดัดแปลงเพื่อปรับเปลี่ยน I/O สำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานได้เองตามความเหมาะสม การจัดวาง อุปกรณ์บนแผงวงจร PCB ได้ถูกจัดวางอย่างเป็นหมวดหมู่ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และตรวจสอบ สัญญาณต่างๆในวงจรได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยหลักการออกแบบวงจรจะ มุ่งเน้นให้ผู้ใช้สามารถเขียน โปรแกรมสั่งงานร่วมกับการใช้งาน Library และ Function ต่างๆ โดยอ้างอิงจากตัวอย่างโปรแกรม ของ Microchips ได้โดยสะดวก ไม่ว่าจะเป็นส่วนของตัวอย่างของ SD Card Interface, USB Interface หรือ Ethernet LAN Interface ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ทำได้ รวดเร็วมากยิ่งขึ้น เพราะสามารถนำตัวอย่าง Source Code และ Library ต่างๆ ของ Microchips มาเป็นต้นแบบในการศึกษาทดลอง เพื่อแก้ไขดัดแปลงให้ เหมาะสมกับลักษณะงานแบบต่างๆได้อย่าง เหมาะสม

### 3.2.1.2 คุณสมบัติของบอร์ด

3.2.1.2.1 รองรับการใช้งาน MCU 16Bit และ 32Bit ของ Microchips ขนาด 100Pin สามารถใช้ได้กับ MCU ตระกูล PIC24F/PIC24H/dsPIC33 และ PIC32 ได้ ตามการติดตั้ง MCU โมดูลให้กับบอร์ด อาทิ เช่น PIC24FJ128GB110, PIC24HJ256GP210, dsPIC33FJ256MC710, PIC32MX360F512L และ PIC32MX460F512L เป็นต้น

3.2.1.2.2 XTAL ความถี่ 8.00 MHz สำหรับ System Clock Source

3.2.1.2.3 XTAL ความถี่ 32.768 KHz สำหรับ RTCC Clock Source

3.2.1.2.4 Ethernet LAN Driver เบอร์ ENC28J60 พร้อม RJ45Ethernet LAN Port จำนวน 1 พอร์ต

3.2.1.2.5 SPI EEPROM เบอร์ 25LC256 สำหรับใช้งาน และ เก็บ Web Page Code ในการทดลองใช้งาน Ethernet LAN ตามตัวอย่าง Application Note จาก Microchips TCP/IP Stack

3.2.1.2.6 SD CardInterface มาตรฐาน พร้อมสัญญาณ Card Detect และ Write Protect จำนวน 1 ชุด

3.2.1.2.7 UART Driver แบบ RS232 พร้อมขั้วต่อแบบ CPA-4 มาตรฐานอีทีที จำนวน 2 ช่อง

3.2.1.2.8 USB Interface รองรับการใช้งาน USB ทั้งแบบ Device/OTG และ Host สามารถใช้งานได้กับ PIC32MX460F512 และ PIC24FJ128GB110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1.2.9 14Pin Header สำหรับ Character Dot-Matrix LCD Interface

จำนวน 1 ชุด

### 3.2.1.2.10 LED Indicator สำหรับทดสอบการทำงานของ Output Logic จำนวน

4 ชุด

### 3.2.1.2.11 SW Push Button สำหรับทดสอบการทำงานของ Input Logic

จำนวน 4 ชุด

### 3.2.1.2.12 Volume (VR) ปรับค่า ใช้ปรับแรงดัน 0-3.3V สำหรับทดสอบการ

ทำงานของ ADC จำนวน 1 ช่อง

### 3.2.1.2.13 ICD2 Port แบบ RJ11 มาตรฐาน ICD2 Microchips รองรับการ In-

Circuit Program และ Debug พร้อมสวิตช์ ตัดต่อสัญญาณสำหรับ Program/Debug และ ใช้งาน  
ปรกติ พร้อม LED แสดงสถานะ

### 3.2.1.2.14 ขั้วต่อ JTAG Port แบบ IDE Header 14 Pin สำหรับใช้

Program/Debug ร่วมกับ JTAG Tools ของ Microchips

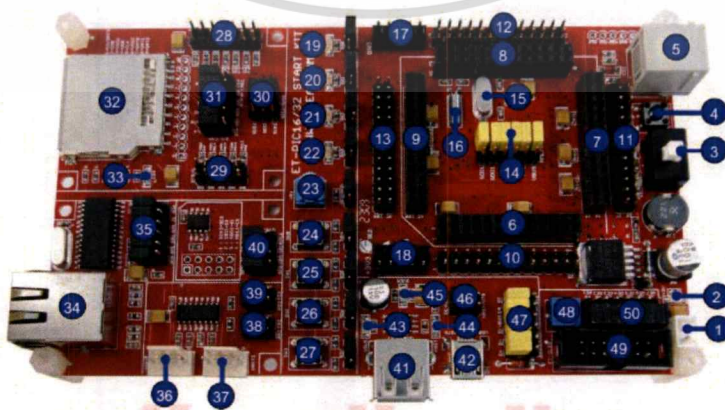
### 3.2.1.2.15 ขั้วต่อ DEBUG Port(Debug Trace Port) แบบ IDE Header 10 Pin

สำหรับใช้ Debug ร่วมกับ Debug Tools(MPLAB REAL ICE In-Circuit Emulator)ของ  
Microchips

### 3.2.1.2.16 Regulate 3.3V/3A แบบ Switching ลดปัญหาความร้อนจาก

Regulate พร้อม LED แสดงสถานะ ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ +5Vแบบ Type-B

## 3.2.1.3.ส่วนประกอบของ ETT- Start Kit



รูปที่ 3.6 ภาพส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมายเลข 1 คือ ขั้วต่อไฟเลี้ยงวงจร +5V จากภายนอกใช้กับ Adapter จ่ายไฟ +5V Type-B
- หมายเลข 2 คือ LED Power(สีแดง) สำหรับแสดงสถานะของ Power Supply +5V
- หมายเลข 3 คือ Switch Mode และ LED PGM/RUN ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานของบอร์ด ระหว่าง Run Mode และ Program Mode โดยจะมี LED PGM(สีแดง)และ RUN(สีเขียว) ติดสว่าง เพื่อแสดงสถานะของโหมดที่เลือกให้เห็นตลอดเวลา
- หมายเลข 4 คือ Switch Reset ใช้ Reset การทำงานของ MCU ในขณะที่อยู่ใน Run Mode
- หมายเลข 5 คือ ขั้วต่อ ICD2 สำหรับใช้ Program และ Debug การทำงานของบอร์ด โดยต้อง เลือกกำหนด Switch Mode ให้เป็น Program Mode ด้วย ซึ่งขั้วต่อนี้สามารถใช้เชื่อมต่อได้กับ เครื่องมือต่างๆที่รองรับการทำงานกับ MCU ที่ใช้ในบอร์ดและใช้ขั้วต่อสัญญาณมาตรฐานเดียวกัน กับ ICD2 ของ Microchips เช่น Pickit2, Pickit3, ICD2, ICD3 หรือ เทียบเท่า เช่น เครื่องโปรแกรม รุ่น ET-PGMPIC USB(เทียบเท่ากับ Pickit2)และ ET-ICDX(เทียบเท่ากับ ICD2)
- หมายเลข 6,7,8,9 คือ Pin Header ตัวเมีย สำหรับติดตั้งโมดูล MCU
- หมายเลข 10,11,12,13 คือ Pin Header ตัวผู้ สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณจาก Pin ของ MCU ออกไปใช้งานภายนอกตามต้องการ
- หมายเลข 14 คือ ชุด Jumper สำหรับเลือกโมดูล MCU แบบมี USB(USB)และ ไม่มี USB(NML)
- หมายเลข 15 คือ Crystal ค่า 8.00MHz สำหรับใช้เป็นความถี่หลักของ MCU
- หมายเลข 16 คือ Crystal ค่าความถี่ 32.768KHz สำหรับวงจร RTCC
- หมายเลข 17 คือ Pin Header สำหรับต่อ GND ออกไปใช้งาน
- หมายเลข 18 คือ Pin Header สำหรับต่อ +3.3V ออกไปใช้งาน
- หมายเลข 19,20,21,22 คือ LED และ Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณ ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของ Output Logic จำนวน 4 ชุด
- หมายเลข 23 คือ VR ปรับค่าได้ สำหรับปรับแรงดัน 0-3V3 สำหรับทดสอบการทำงานของ ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 24,25,26,27 คือ Switch Push Button และ Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณ ใช้ทดสอบการทำงานของ Input Logic จำนวน 4 ชุด

หมายเลข 28 คือ ขั้วต่อ JTAG สำหรับ Microchips JTAG Tools

หมายเลข 29 คือ ขั้วต่อ DEBUG สำหรับ Microchips DEBUG Trace Tools

หมายเลข 30 คือ ชุด Jumper สำหรับเลือกสัญญาณ SPI (SDI,SDO และ SCK)เพื่อใช้

ในการ เชื่อมต่อกับ SD Card โดยเลือกได้ระหว่าง SPI1 และ SPI2

หมายเลข 31 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ SD Card

หมายเลข 32 คือ Socket SD Card

หมายเลข 33 คือ LED CS# ใช้แสดงสถานะของการติดต่อกับ SD Card

หมายเลข 34 คือ ขั้วต่อ RJ45 สำหรับเชื่อมต่อกับ Ethernet LAN 10/100 Base-T

หมายเลข 35 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ Ethernet LAN

หมายเลข 36,37 คือ ขั้วต่อ UART1 และ UART2 สำหรับเชื่อมต่อกับ RS232

หมายเลข 38,39 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ UART1 และ UART2

หมายเลข 40 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ EEPROM 25LC256

หมายเลข 41 คือ ขั้วต่อ USB แบบ HOST ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB Device

หมายเลข 42 คือ ขั้วต่อ USB แบบ DEVICE และ OTG สำหรับต่อกับ USB Host หรือ OTG

หมายเลข 43 คือ LED VBUS แสดงสถานะของ +VBUS ของ USB Port

หมายเลข 44 คือ LED HOSTแสดงสถานะของ USB เมื่อทำงานเป็น Host

หมายเลข 45 คือ LED OVER แสดงสถานะของ VBUS แบบ Host เมื่อถูกดึงกระแสเกิน

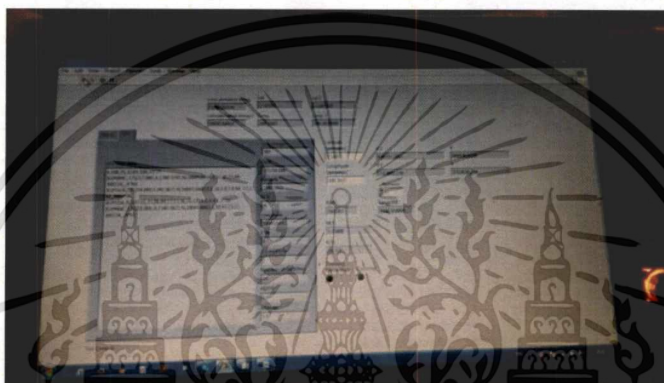
หมายเลข 46 คือ ชุด Jumper สำหรับ เลือกโหมด USB ระหว่าง DEVICE และ HOST หรือ OTG

หมายเลข 47 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ USB

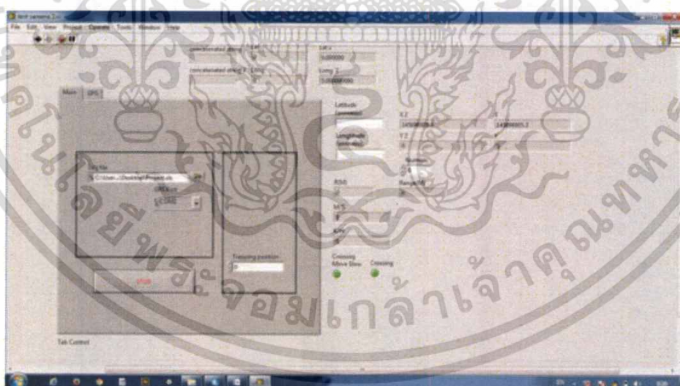
หมายเลข 48 คือ VR สำหรับปรับค่าความสว่างให้ Character LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 49 คือ ขั้วต่อ Character LCD โดยใช้กับ LCD แบบ +5V Supply  
 หมายเลข 50 คือ ชุด Jumper สำหรับติดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ LCD  
 และจากการทำงานที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อระบบได้มีการส่งข้อมูลเข้ามาประมวลผล ETT -  
 Starter Kit เสร็จแล้วจะส่งข้อมูลผ่านพอร์ต RS232 เปลี่ยนเป็น USB เข้าสู่การประมวลผลใน  
 Notebook ผ่านโปรแกรม Labview GUI ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งถ้าประมวลผลแล้วว่าเริ่มเตือนภัยจะมีการ  
 แสดงผลดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างโปรแกรมประมวลผลในสถานที่ทดลองจริง



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างหน้าโปรแกรมที่เริ่มทำการเตือนภัย

จากภาพที่ 3.8 จะสังเกตเห็นว่า ดวงไฟเตือนภัยสีเขียว ได้เริ่มทำงานซึ่งถ้าเปรียบเป็นรถไฟก็คือ  
 รถไฟได้เริ่มมีการกดกริ่งและเปิดหวูดรถไฟขึ้นแล้ว

### 3.2.2 โพรซาร์ดการทำงาน

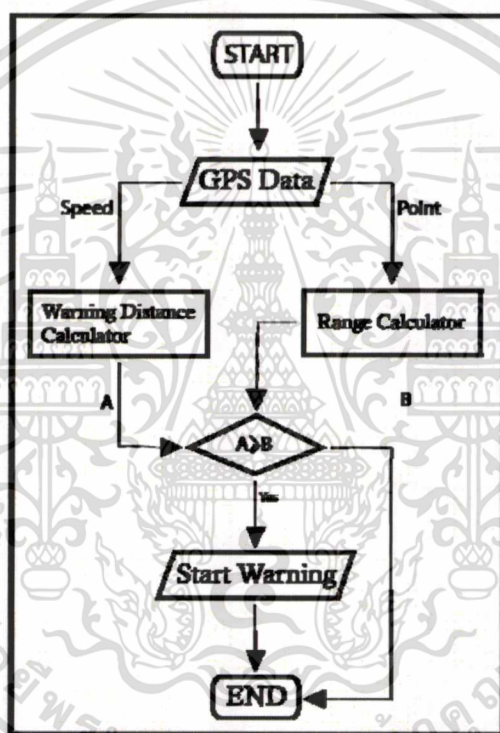
โดยโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลคือ Labview 2012 ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งมีแผนผังการทำงาน

ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างรูปโปรแกรม Labview 2012



รูปที่ 3.10 โฟร์ชาร์ทการทำงาน

การประมวลผลจะเริ่มทำงานตั้งแต่การรับข้อมูลจากดาวเทียม (GPS Data) (George Taylor a,Chris Brunson,Jing Li ,Andrew Olden,Steup,Marilyn Winter,2006;GEOFFREY BLEWITT Nevada Bureau of Mines and Geology, and Seismological Laboratory, University of Nevada, Reno, Nevada 89557,2006) โดยประเภทของข้อมูลจะมีด้วยกัน 2 ประเภท คือ ข้อมูลตำแหน่งของรถไฟ ที่จะส่งมาในรูปแบบค่าแลตติจูด (Latitude) และค่าลองติจูด (Longitude) ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ ค่าความเร็วของรถไฟ ในอัตรา Knot หรือ ไมล์ต่อ 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอน Woring Distance Calculator ซึ่งจะเป็นการคำนวณหา ระยะห่างระหว่างรถไฟและทางแยกทางร่วมผ่านสมการความสัมพันธ์ที่ (2.7)

$$S = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

โดย S คือค่าระยะห่างที่ได้จากการคำนวณ หน่วยเป็นเมตร (M) ตัวแปร  $X_1$  คือค่าแลตติจูด (Latitude) ของตำแหน่งรถไฟ  $X_2$  คือค่าแลตติจูด (Latitude) ของตำแหน่งทางแยกทางร่วม ส่วนตัวแปร  $Y_1$  คือค่าลองติจูด (Longitude) ของตำแหน่งรถไฟ  $Y_2$  คือค่าลองติจูด (Longitude) ของตำแหน่งทางแยกทางร่วม

อีกขั้นตอนหนึ่งคือ Range Calculator ซึ่งเป็นขั้นตอนการคำนวณหาระยะในการเตือนภัยรถไฟ ที่แปรผันตามความเร็วของรถไฟในขณะนั้นๆ ผ่านสมการความสัมพันธ์ที่ (2.11)

$$S = V \times t$$

โดยค่า R คือค่าระยะการเตือนภัยที่ได้จากการคำนวณในสมการ หน่วยเป็นเมตร (M) ตัวแปร  $V_t$  คือความเร็วในช่วงเวลานั้นๆ มีหน่วยเมตรต่อวินาที (m/s) ส่วนตัวแปร T คือเวลาและเวลาที่นี้ทางผู้วิจัยนั้นจะแทนด้วยเวลา 30 วินาทีเพื่อที่จะคำนวณหาระยะทางเมื่อรถไฟเคลื่อนที่ไปภายในเวลา 30 วินาที

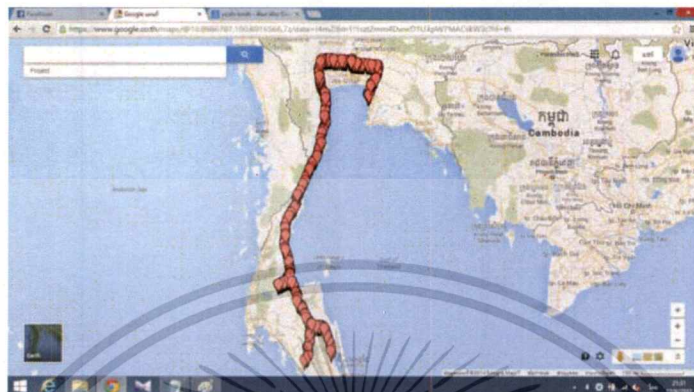
และเมื่อนำค่า S และค่า R ที่ได้จากสมการที่ (1) และ (2) เปรียบเทียบกัน ถ้าค่า S มีค่ามากกว่าค่า R ระบบจะเริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าค่า R นั้นมีค่ามากกว่าค่า S ระบบจะทำการเตือนภัยรถไฟในทันที

### 3.3 การทดลอง

การทดลองจะเป็นการทดสอบความแม่นยำในการเตือนภัยรถไฟว่า ระบบเตือนภัยนี้สามารถเตือนก่อนที่รถไฟจะเคลื่อนที่มาถึงทางแยกทางร่วมแต่ละทางแยกภายใน 30 วินาทีได้จริงหรือไม่ และมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่าไร โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลเป็นจำนวน 15 พิกัดทางแยกทางร่วม ซึ่งในแต่ละพิกัดทางแยกทางร่วมผู้วิจัยจะจับเวลาตั้งแต่เริ่มการเตือนภัยจนรถไฟนั้นเคลื่อนที่ไปถึงพิกัดทางแยกทางร่วมแต่ละทางแยกทางร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

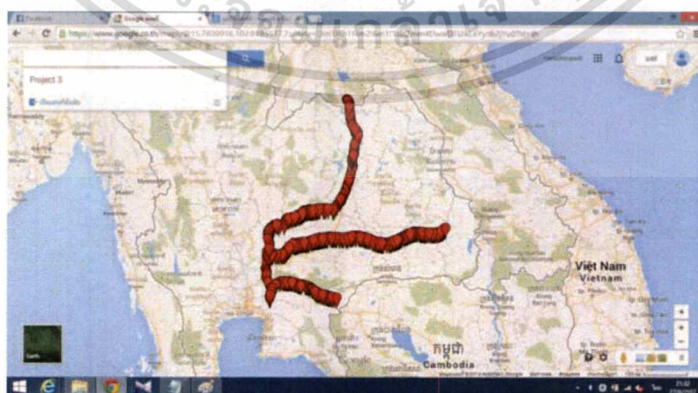
จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลทางแยกทางร่วมบนเส้นทางรถไฟนั้น สามารถแสดงได้ดังนี้  
ข้อมูลทั้งหมดอ้างอิงมาจาก Google Map



รูปที่ 3.11 ทางแยกทางร่วมภาคตะวันออกและภาคใต้



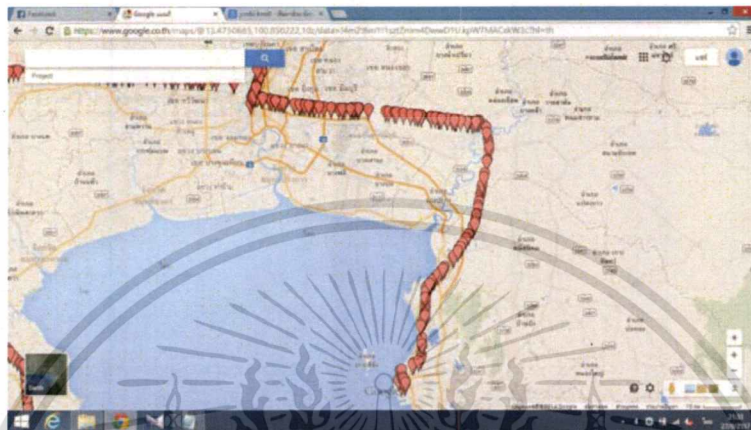
รูปที่ 3.12 ทางแยกทางร่วมภาคเหนือและภาคใต้บางส่วน



รูปที่ 3.13 ทางแยกทางร่วมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

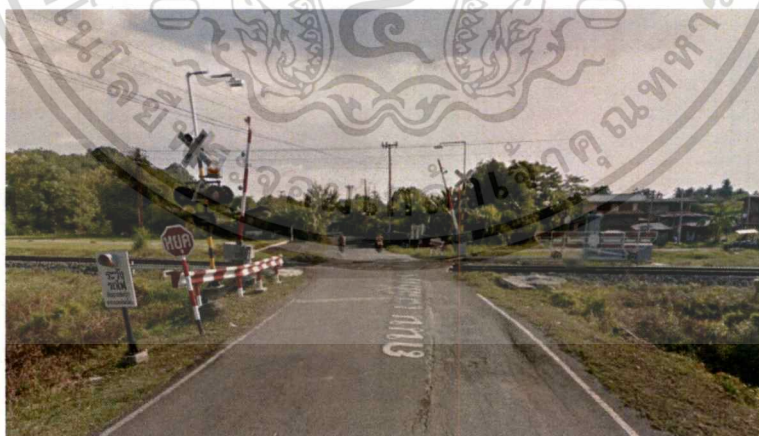
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทดลองกับขบวนรถไฟจริงบนเส้นทางรถไฟสายตะวันออกที่มีเส้นทางยาวกว่า 190 กิโลเมตรและมีทางแยกทางร่วมกว่า 120 ทางแยก เฉลี่ยแล้วต่อ 1.58 กิโลเมตร จะมี 1 ทางแยกทางร่วม ดังรูปที่ 3.14



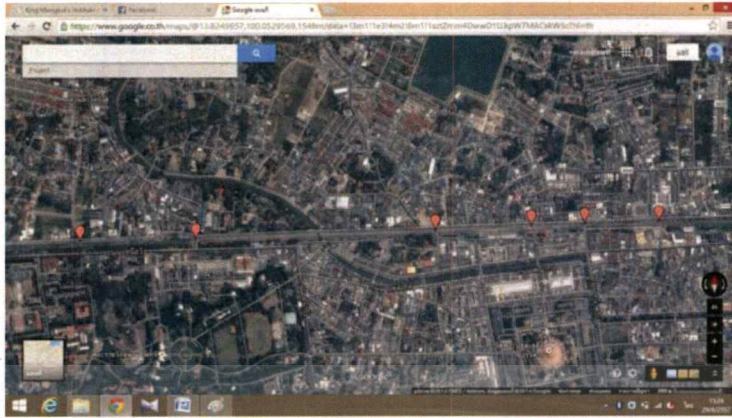
รูปที่ 3.14 ทางแยกทางร่วมที่ใช้ทดสอบระบบ

ซึ่งทั้งหมดนี้นั้นรวมไปถึงทางแยกทางร่วมที่มีแผงกั้นหรือมีอุปกรณ์เตือนภัยติดตั้ง ดังรูปที่ 3.15 โดยทางแยกทางร่วมประเภทนี้มักจะอยู่บริเวณตัวเมือง บริเวณที่มีการตัดผ่านถนนใหญ่หรือเป็นทางแยกที่มีการเกิดอุบัติเหตุอยู่บ่อยครั้ง ดังรูปที่ 3.16



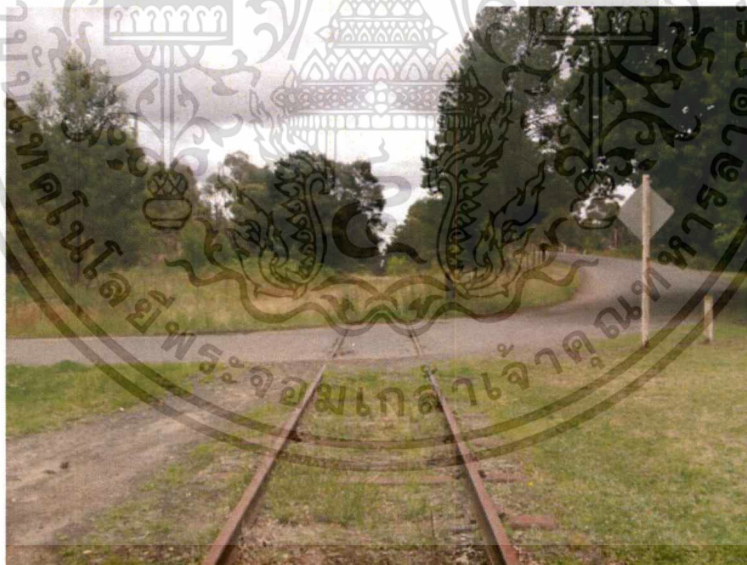
รูปที่ 3.15 รูปทางแยกทางร่วมที่มีการติดตั้งเครื่องเตือนภัยรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



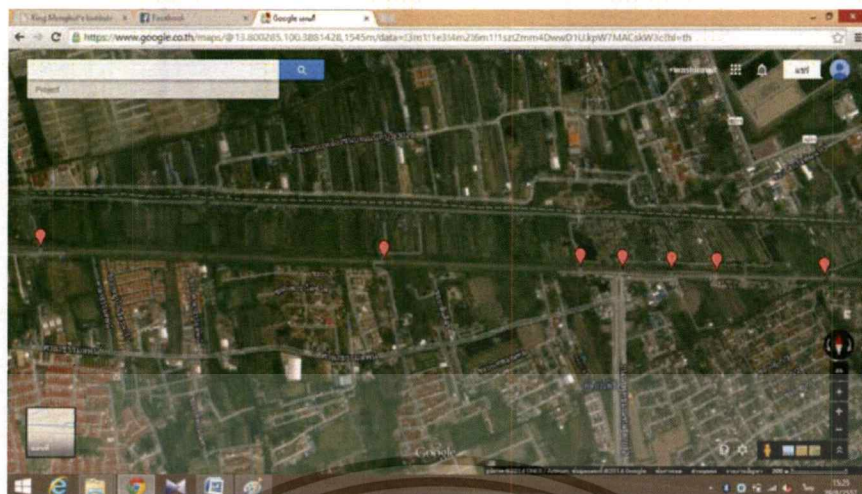
รูปที่ 3.16 ทางแยกบริเวณตัวเมือง

และบริเวณทางแยกทางร่วมที่ไม่มีชุดอุปกรณ์เตือนภัยรถไฟติดตั้งอยู่ด้วย ซึ่งทางแยกที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.17 เตือนภัยนั้นมักจะอยู่บริเวณชานเมือง ท่งหรือป่าเขาระหว่างจังหวัด ดังรูปที่ 3.18 โดยทางแยกที่ไม่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์เตือนภัยนั้นยังไม่รวมถึงบริเวณที่คนเดินผ่านทางรถไฟ เช่น บริเวณชุมชนแออัด หมู่บ้าน ดังรูปที่ 3.19 เป็นต้น

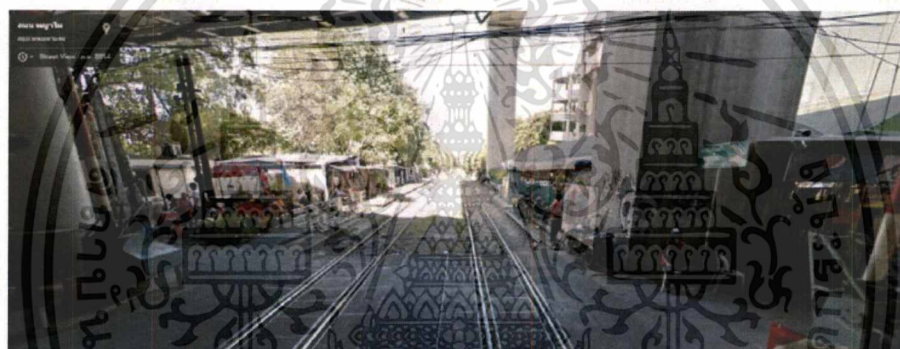


รูปที่ 3.17 ทางแยกทางร่วมที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ทางแยกในชนบท



รูปที่ 3.19 ทางแยกที่อยู่บริเวณชุมชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

ชุดข้อมูลด้านล่าง แสดงผลการจับเวลาการเตือนภัยรถไฟกับทางแยกทางร่วมบนเส้นทาง  
รถไฟสายตะวันออกจำนวน 15 ทางแยกทางร่วม

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดลอง

| Time record (s) | Reference (s) | Error (%) |
|-----------------|---------------|-----------|
| 28.14           | 30            | 6.2       |
| 28.54           | 30            | 4.866667  |
| 28.5            | 30            | 5         |
| 27.7            | 30            | 7.666667  |
| 27.74           | 30            | 7.533333  |
| 28.5            | 30            | 5         |
| 27.6            | 30            | 8         |
| 27.21           | 30            | 9.3       |
| 27.66           | 30            | 7.8       |
| 28.37           | 30            | 5.433333  |
| 27.47           | 30            | 8.43333   |
| 28.4            | 30            | 5.333333  |
| 27.92           | 30            | 6.933333  |
| 27.9            | 30            | 7         |
| 27.97           | 30            | 6.766667  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาในการเตือนภัยได้

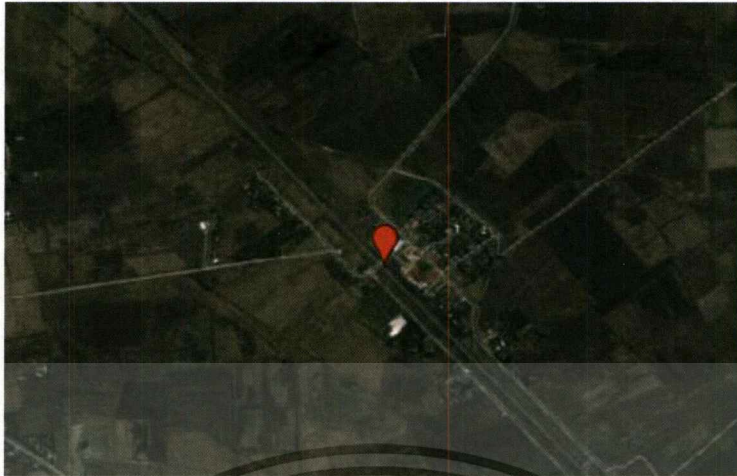
ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 27.21 วินาทีหรือ 9.3% และค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดอยู่ที่ 28.54 วินาทีหรือก็คือ 4.8667% โดยสามารถนำมาหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดได้เท่ากับ 27.908 วินาทีหรือ 6.973% ซึ่งเป็นค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากสองปัจจัยหลักๆคือ

1. ความผิดพลาดจากผู้วิจัยติดตั้งอุปกรณ์คลาดเคลื่อนจากตำแหน่งโดยไม่ตั้งใจ เช่น เส้นทางรถไฟที่ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลมีลักษณะเป็น 3 รวงขนานกันแต่ระยะห่างของแต่ละเส้นนั้นไม่เท่ากัน จึงทำให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องประมาณจุดกึ่งกลางของทางถนนที่ตัดผ่านจึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ถ้ารถไฟขบวนนั้นเคลื่อนที่ทางด้านข้างที่ห่างจากจุดกึ่งกลางที่ระบุไว้ หรือภาพขณะที่ผู้วิจัยได้ทำการระบุตำแหน่งทางแยกทางร่วมนั้นมีความละเอียดต่ำ ดังรูปที่ 4.1 และเมื่อมีการขยายหรือเพิ่มความละเอียดจะสามารถสังเกตเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้ทำการระบุตำแหน่งทางแยกทางร่วมผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนไป



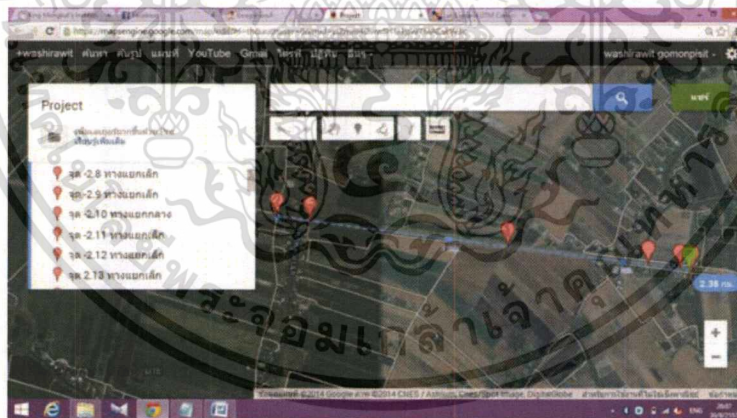
รูปที่ 4.1 ตำแหน่งทางแยกทางร่วมที่ภาพความละเอียดต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งทางแยกทางร่วมที่ภาพความละเอียดสูง

2. ความเร็วที่ไม่คงที่ของรถไฟ ที่เกิดขึ้นในช่วงที่รถไฟเพิ่งแล่นออกจากสถานีนั้นจะมีค่าความเร็วที่สูงขึ้นเรื่อยๆอย่างรวดเร็วและรถไฟจะต้องมีการปรับ ดิ่งตัวอย่างในรูปที่ 8 คือระยะที่เริ่มทำการเตือนภัยรถไฟ แต่รถไฟนั้นอยู่ในระยะที่เพิ่งออกจากสถานี ทำให้ค่าความเร็วของรถไฟนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 79.812 เมตรต่อวินาที เป็น 84.168 เมตรต่อวินาที ภายในระยะเวลาเพียง 2 วินาที



รูปที่ 4.3 ภาพความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุป

จากผลการทดลองระบบเตือนภัยรถไฟรูปแบบใหม่นี้ ถึงแม้ว่ายังมีความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนอยู่ แต่ระบบก็ยังสามารถและมีประสิทธิภาพในการเตือนภัยรถไฟที่ดีสามารถที่จะนำมาใช้และพัฒนาต่อไปได้อีกมากในอนาคต โดยผู้วิจัยสามารถอธิบายถึงข้อได้เปรียบเสียเปรียบได้ดังนี้

#### ข้อได้เปรียบ

- 1.ระบบสามารถทำการเตือนภัยรถไฟได้ครอบคลุมทุกทางแยกทางร่วมรถไฟได้ตลอดเส้นทาง
- 2.ระบบสามารถเตือนภัยได้แม้ในช่วงความเร็วที่แตกต่างกันก็ตาม ทำให้การเตือนภัยยังมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากยิ่งขึ้น
- 3.ระบบมีการจัดการที่รัดกุมมากกว่าระบบเก่า เพราะระบบเก่าหรือระบบที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้นมีการผ่านกระบวนการของมนุษย์ในการควบคุมสัญญาณเตือน ทำให้เกินข้อผิดพลาดขึ้นถ้าผู้ขับขี่นั้นไม่ได้อยู่ในสภาพที่มีความพร้อมในการปฏิบัติหน้าที่
- 4.งบประมาณที่ใช้ต่ำ

#### ข้อจำกัดในการทำงาน

- 1.ระบบนั้นจะต้องมีการรับส่งค่า GPS ได้ในช่วงเวลาที่มีความจำเป็นในการใช้งานเตือนของระบบเตือนภัยรถไฟ ซึ่งเหมาะสมกับประเทศไทยมากเพราะบริเวณที่รถไฟเคลื่อนที่ผ่านเกือบทั้งหมดจะไม่มีอาคารหรือตึกสูงคอยบดบังสัญญาณ

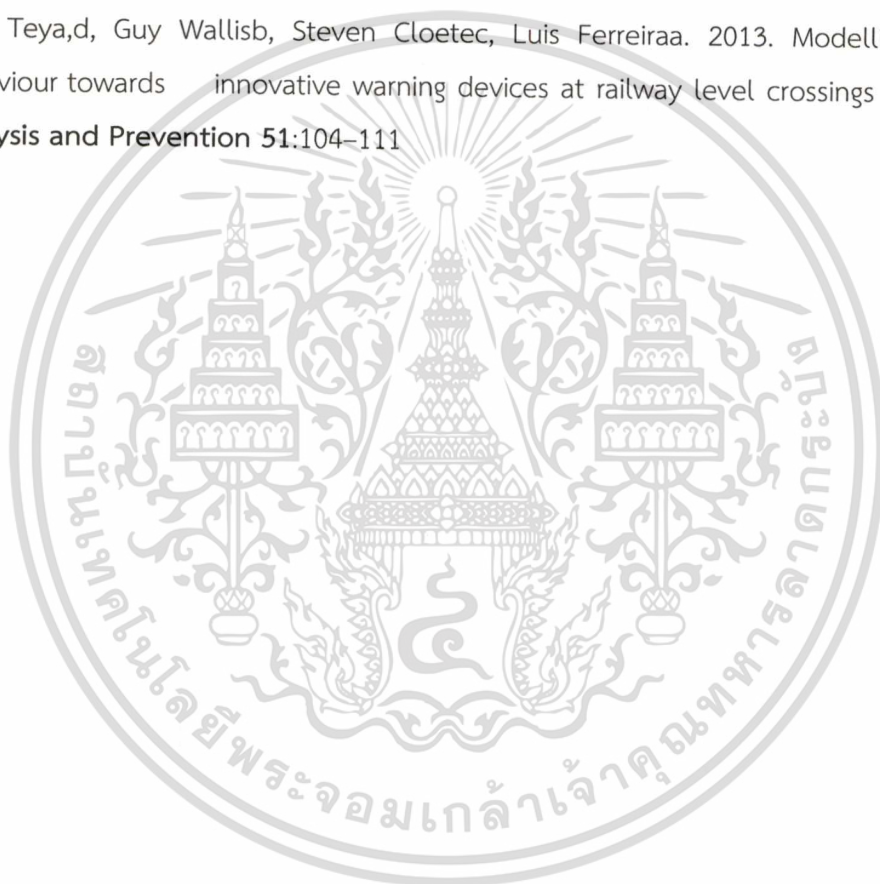
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] มุลนิธิวิกิมีเดีย. 2557. **รถไฟ**. [Online].Available : <http://th.wikipedia.org/wiki/รถไฟ>
- [2] Andrew W. Evans. 2011. Fatal train accidents on Europe's railways: 1980–2009 **Accident Analysis and Prevention 43** 391–401
- [3] มุลนิธิวิกิมีเดีย. 2552. **เหตุรถไฟตกรางที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พ.ศ.2552**. [Online].Available : [http://th.wikipedia.org/wiki/เหตุรถไฟตกรางที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์\\_พ.ศ.\\_2552](http://th.wikipedia.org/wiki/เหตุรถไฟตกรางที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์_พ.ศ._2552)
- [4] **รถไฟไทยดอทคอม**. 2552. **ข.71 กรุงเทพศรีสะเกษชนรถนักเรียนที่ลำปลายมาศ** [Online].Available : <http://portal.rotfaithai.com/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=3316>
- [5] ผศ.ดร.วิชุดา เสถียรนาม ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2557. **การป้องกันอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟกับถนน**. [Power Point File]
- [6] กฤษณ์ สุระเรืองชัย , พันธุ์ชิตา ไชยมงคลคุณาสิน. 2554. **Error Alarm Train Vigilance System Using Wireless**
- [7] กระทรวงคมนาคม , การรถไฟแห่งประเทศไทย , สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร. 2556. **เชื่อมไทยสู่ความเป็นหนึ่งในอาเซียน โครงการศึกษาและออกแบบรถไฟความเร็วสูง (กรุงเทพมหานคร-นครราชสีมา), แผนผังประชาสัมพันธ์ชุดที่ 1**
- [8] AMFINEWELL. 2013. **เสี่ยงกับการได้ยิน**. [Online].Available : <https://amfinewell.wordpress.com/2013/01/22/เสี่ยงกับการได้ยิน-3/>
- [9] มุลนิธิวิกิมีเดีย. 2557. **เดซีเบล**. [Online].Available : <http://th.wikipedia.org/wiki/เดซีเบล>
- [10] GEOFFREY BLEWITT Nevada Bureau of Mines and Geology, and Seismological Laboratory, University of Nevada, Reno, Nevada 89557 Mapping . 2006. **Dilution of Precision (MDOP) and map-matched GPS Computers, Environment and Urban Systems 30** (2006) 757–772
- [11] George Taylor a,\* , Chris Brunsdon b, Jing Li a, Andrew Olden a, Do rte Steup a, Marylin Winter a. 2006. **GPS accuracy estimation using map matching techniques: Applied to vehicle positioning and odometer calibration Computers, Environment and Urban Systems 30: 757–772**
- [12] Global 05., LTD. 2006. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ GPS**. [Online].Available : <http://www.global5thailand.com/thai/gps.htm>
- [13] Intersoft Engineering., LTD. 2010. **หลักการทํางาน GPS**. [Online].Available : <http://www.intersoft.co.th/gps1.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Glenn Baddelay. 2001. **GPS - NMEA sentence information**. [Online].Available : <http://aprs.gids.nl/nmea/>
- [15] Web and Software Develop Gang. 2013. **แปลงหน่วยในระบบพิกัด DMS และ DD**. [Online].Available : <http://softganz.com/paper/372>
- [16] มูลนิธิวิกิมีเดีย. 2556. **เลขาคณิตวิเคราะห์**. [Online].Available : <http://th.wikipedia.org/wiki/เลขาคณิตวิเคราะห์>
- [17] มูลนิธิวิกิมีเดีย. 2556. **อัตราเร็ว**. [Online].Available : <http://th.wikipedia.org/wiki/อัตราเร็ว>
- [18] Li-Sian Teya,d, Guy Wallisb, Steven Cloetec, Luis Ferreiraa. 2013. **Modelling driver behaviour towards innovative warning devices at railway level crossings Accident Analysis and Prevention 51:104–111**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

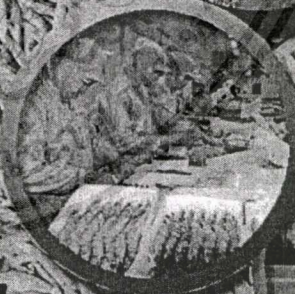
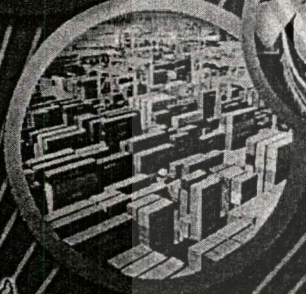
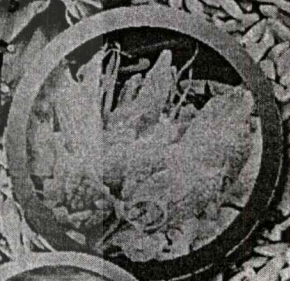
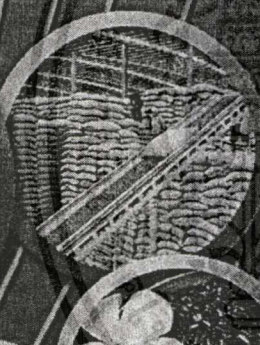


# มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 53

The 53<sup>rd</sup> Kasetsart University Annual Conference

วันที่ 3 - 6 กุมภาพันธ์ 2558



ISBN 978-616-278-234-3

**Smart Agriculture : "The Future of Thailand"**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 53 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



กลุ่มที่ 2

# KU



72 ปี

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ท. 2486-2558

## 53<sup>rd</sup> KASETSART UNIVERSITY ANNUAL CONFERENCE Book of Abstracts



Science

Natural Resources and Environment

Architecture and Engineering

Agro-Industry

Genetic Engineering

### Smart Agriculture 'The future of Thailand'

11. สด.วศ.15/O83 การประเมินการยอมรับการรับน้องใหม่ของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีไวโกร์และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์..... 71  
Assessment of Fresh Student Orientation Behaviors in Rajamangala University of Technology Tawan-Ok by Using VIKOR and AHP  
โดย เทอดธิดา ทิพย์รัตน์ สุนันทา ศรีโสภา และณรงค์ ชัยสงเคราะห์
12. สด.วศ.16/O92 การบริหารโครงการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค.....72  
The Water Loss Control Project in Provincial of Waterworks Authority  
โดย นันทวุฒิ ศรีปัดดา และสิรวงศ์ กลั่นคำสอน
13. สด.วศ.17/O96 ระบบเตือนภัยทางข้ามแยกรถไฟอัจฉริยะด้วย GPS.....73  
Intelligent Rail Crossing Warning System Using GPS  
โดย วชิรวิทย์ โกมลพิสิฐ และทิวฬ ชื้อสตัย
14. สด.วศ.18/O120 การออกแบบและพัฒนาแปรงจากยางธรรมชาติเพื่อลดความเสียหายจากอุบัติเหตุแผ่นดินไหว.....74  
Design and Development of Natural Rubber Bearings for the Earthquake Disaster Relief  
โดย พีรวัส สุดใจ ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และสมเจตน์ พชรพันธ์
15. สด.วศ.19/O121 การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการวิจัยศูนย์วิจัยบรรพชีวินวิทยาและศูนย์นวัตกรรมใหม่ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม..... 75  
Investigation of Indoor Environmental Quality of the Laboratory Rooms of Paleontological Research and Silk Innovation Centers, Mahasarakham University  
โดย ธนากร รัตนพันธุ์ และมณีรัตน์ องค์กรวรรณดี
16. สด.วศ.21/O128 อิทธิพลของวัฏจักรทางความร้อนต่อโครงสร้างและคุณสมบัติงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ AISI 2205 แบบหลายแนว..... 76  
Influenced of Heat Treatment Cycle on Microstructures and Properties in Multi Bead Weld of Duplex Stainless Steel AISI 2205  
โดย ดารารัตน์ อำพรรัตน์ และสันติรัฐ นันสะอาจ

ระบบเตือนภัยทางข้ามแยกรถไฟอัจฉริยะด้วย GPS  
Intelligent Rail Crossing Warning System Using GPS

วชิรวิทย์ โกมลพิสิฐ<sup>1</sup> และ ทวีพล ชือสตัย<sup>1</sup>  
Washirawit Gomonpisit<sup>1</sup> and Taweepol Suesut<sup>1</sup>

บทคัดย่อ

บทความนี้จะนำเสนอระบบเตือนภัยสำหรับใช้ร่วมกับหัวตรวจไฟแบบใหม่ที่มีการประยุกต์ใช้โมดูล GPS (Global Positioning System) เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM 7 เพื่อใช้ในการคำนวณรัศมีพิกัดของทางแยกข้ามทางรถไฟ จากการศึกษาาระบบเตือนภัยรถไฟของประเทศในปัจจุบันใช้มนุษย์ควบคุมเป็นหลัก โดยมีระบบเดดแมน (Dead man system) ทำหน้าที่ช่วยเตือนเป็นช่วงเวลาเพื่อให้ผู้ขับรถไฟนั้นอยู่ในสภาพที่มีความพร้อมจะควบคุมรถไฟตลอดเวลา อย่างไรก็ตามพบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งจากจุดข้ามทางแยกที่ไม่มีอุปกรณ์กันทางรถไฟเนื่องจากผู้ควบคุมรถไฟเปิดหวูดเตือนรถยนต์ในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงออกแบบระบบการแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปยังผู้ควบคุมหรือหวูดอย่างสัมพันธ์กับความเร็วและระยะทางที่จะถึงจุดทางแยกข้ามรถไฟ ในการทดลองได้ทำการทดลองกับรถไฟจริงระบบแจ้งเตือนนี้สามารถตอบสนองการทำงานเป็นอย่างดี สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบแจ้งเตือนรถไฟสำหรับประเทศไทยได้

ABSTRACT

This paper presents the novel warning system for controlling the whistle in the train using a GPS module connected to the microcontroller ARM 7 in order to calculate the radius of the coordinates of the intersection over the tracks. A study of the current train warning system is essentially human manipulation. The dead man system acts as a warning to the driver as the train is in a state that is ready to take control of the train all the time. It was found that the accident occurred frequently across the junction point of no device rail train control because the switching on the whistle in the alarm time is not suitable. Therefore, this research develops an automated warning system to reduce the risk of accidents. The microcontroller sends a signal to the control of whistle relate to the speed and the distance to reach the railway crossing junction. In experiments, the simulation were performed. This warning system can be applied with a warning system to train for Thailand as well.

Key words : GPS , Train , Warning system

\*Corresponding author : email address : heatencluse@hotmail.co.th

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ , 10520

<sup>1</sup>Department of Instrumentation Engineering , Faculty of Engineering , King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Bangkok , 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

รถไฟนั้นเป็นพาหนะที่ได้มีการคิดค้นขึ้นตั้งแต่สมัยสงครามโลก ซึ่งในขณะนั้นรถไฟมีหน้าที่สำคัญในการลำเลียงทหาร อาวุธและเสบียงอาหารที่ใช้ในการสงคราม ด้วยการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้รถไฟนั้นได้ถูกนำมาพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมาถึงทุกวันนี้ ส่วนในประเทศไทยนั้นได้มีการนำรถไฟเข้ามาใช้งานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2398 (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ) และในปัจจุบันรถไฟนั้นยังคงเป็นพาหนะที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานที่ดีอยู่ ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานทางด้านการคมนาคมขนส่งที่คุ้มค่าในการลงทุนแล้ว รถไฟยังรักษาสิ่งแวดล้อมและสามารถพัฒนากลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวได้อีกด้วย จากเหตุที่กล่าวข้างต้น นั้นจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้รถไฟได้รับความสนใจและจะถูกนำไปพัฒนาต่อไปในอนาคต แต่ในขณะเดียวกันนอกจากรถไฟจะมีคุณประโยชน์ที่มากแล้ว รถไฟนั้นก็ยังสามารถทำให้เกิดผลกระทบเสียที่รุนแรงได้เช่นกัน เพราะถ้าเมื่อใดที่รถไฟนั้นเกิดอุบัติเหตุขึ้น นอกจากจะเกิดการสูญเสียทางด้านชีวิตและทรัพย์สินแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมเป็นวงกว้างอีกด้วย (Andrew W. Evans, 2011) ในกรณีตัวอย่างเช่น รถไฟตกรางที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พ.ศ. 2552 ทำให้ตู้โดยสารทั้งหมด 15 ตู้ พลิกคว่ำเสีย 6 ตู้ มีผู้เสียชีวิต 7 ราย บาดเจ็บ 88 ราย และทำให้วันนั้นทั้งวันรถไฟสายใต้ทุกขบวนต้องหยุดให้บริการทั้งหมด จากเหตุการณ์ดังกล่าวได้ประเมินค่าเสียหายได้ 229 ล้านบาทเลยทีเดียว และจากการศึกษาการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยกทางร่วมรถไฟพบว่า การเกิดอุบัติเหตุขึ้นนั้นยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน และไม่มีที่ท่าว่าจะลดลงจนอยู่ในระดับที่สามารถวางใจได้ดังตารางข้อมูลด้านล่าง

ตารางสถิติขบวนรถชนกับรถยนต์ ปี 2545 – 2552 (ผศ.ดร.วิชุดา เสถียรนาม ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556)

Table 1 Stat accident of car and train versus year.

| Year | Accident (Time) | Injured (Person) | Dead (Person) |
|------|-----------------|------------------|---------------|
| 2545 | 210             | 92               | 47            |
| 2546 | 199             | 150              | 54            |
| 2547 | 201             | 188              | 54            |
| 2548 | 185             | 221              | 63            |
| 2549 | 140             | 178              | 60            |
| 2550 | 159             | 133              | 37            |
| 2551 | 165             | 176              | 71            |
| 2552 | 119             | 138              | 57            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะสามารถแสดงให้เห็นถึงความเสียหายทั้งทางด้านชีวิตและทรัพย์สินที่เกิดขึ้นจากการเกิดอุบัติเหตุของรถไฟ โดยอาจจะเกิดจากฝีมือมนุษย์ก็ดีหรือเกิดจากภัยธรรมชาติก็ดี ล้วนแล้วแต่สร้างความเสียหายร้ายแรงทั้งนั้น ดังนั้น การลดและการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของรถไฟนั้นจึงเป็นสิ่งที่จำและมีความสำคัญต่อสังคมไปและการพัฒนาในอนาคตอย่างยิ่ง

จากการศึกษาปัญหาและปัจจัยของความเสี่ยงต่างๆ ในปัจจุบันได้มีระบบที่ใช้ในการจัดการปัญหานี้อยู่แล้ว ไม่ว่าจะเป็นการจัดการอบรมหรือการจัดป้ายสัญญาณเตือนที่มีมาตรฐานและที่สำคัญคือระบบเตือนภัยรถไฟที่เรียกว่า ระบบเดดแมน (Deadman) (กฤษณ์ สุระเรืองชัย , พันณวิศา ไชยมงคลคุณาสิน,2554) ระบบเดดแมนเป็นระบบเตือนผู้ขับขี่รถไฟที่ออกแบบมาเพื่อเตือนคนขับรถไฟให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะตัดสินใจและควบคุมรถไฟทุกๆ 8 นาที ดังนั้นระบบเดดแมนจึงไม่สามารถทำให้ผู้ขับขี่รถไฟนั้นสามารถจะทำการตัดสินใจหรือพร้อมในการควบคุมรถไฟตลอดเส้นทาง 4,043 กม.หรือตลอดบริเวณทางแยกทางร่วม 2,460 ทางแยกทางร่วมที่รถไฟเคลื่อนที่ผ่านได้ ดังนั้นจากความสำคัญดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและออกแบบระบบเตือนภัยรูปแบบใหม่ที่มีการนำเอาเทคโนโลยี GPS ที่มีในปัจจุบันมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบเตือนภัยรถไฟ ซึ่งจากผลที่ได้รับจากการทดลองนั้นถือว่าสามารถที่จะนำมาใช้เตือนภัยได้จริง และถึงแม้ว่าจะยังมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ก็เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยที่สามารถยอมรับได้

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### การออกแบบระบบเตือนภัยรถไฟ

ระบบเตือนภัยรถไฟนี้จะเริ่มทำการเตือนภัยก่อนที่รถไฟจะเคลื่อนที่มาถึงทางแยกทางร่วมเป็นเวลา 30 วินาที (Li-Sian Teya,b, Luis Ferreira, Angela Wallace a,2011;Li-Sian Teya,d, Guy Wallisb, Steven Cloetec, Luis,2013; Michael G. Lenné\*, Christina M. Rudin-Brown, Jordan Navarro, Jessica Edquist, Margaret Trotter, Nebojsa Tomasevic,2011)โดยรูปแบบของการเตือนภัยจะเป็นการเตือนภัยโดยใช้เสียงจากรถไฟในการเตือนผู้ใช้ทางแยกทางร่วม และใช้เสียงกริ่งในการเตือนผู้ขับขี่รถไฟให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะตัดสินใจก่อนที่รถไฟจะเคลื่อนที่ไปถึงทางแยกทางร่วมดังกล่าว

#### อุปกรณ์และการประมวลผล

ชุดอุปกรณ์รับค่าพิกัดดาวเทียมผ่านทางผู้วิจัยใช้ ET-GPS START KIT V2 ของบริษัท ETT การประมวลผลนั้นจะประมวลผลผ่านโน้ตบุ๊ก Dell

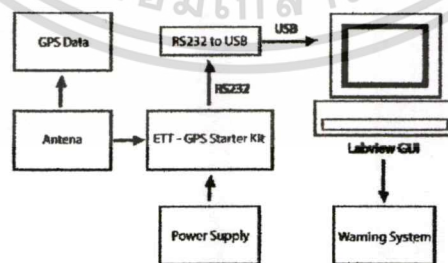


Figure 1 Diagram

โดยโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลคือ Labview 2012 ซึ่งมีแผนผังการทำงานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

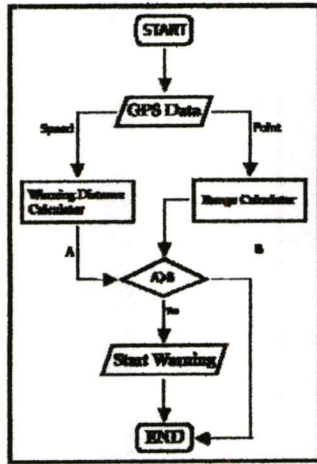


Figure 2 Flowchart

การประมวลผลจะเริ่มทำงานตั้งแต่การรับข้อมูลจากดาวเทียม (GPS Data) (George Taylor a,Chris Brunsdon,Jing Li ,Andrew Olden,Steup,Marilyn Winter,2006;GEOFFREY BLEWITT Nevada Bureau of Mines and Geology, and Seismological Laboratory, University of Nevada, Reno, Nevada 89557,2006) โดยประเภทของข้อมูลจะมีด้วยกัน 2 ประเภท คือ ข้อมูลตำแหน่งของรถไฟ ที่จะส่งมาในรูปแบบค่าแลตติจูด (Latitude) และค่าลองติจูด (Longitude) ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ ค่าความเร็วของรถไฟ ในอัตรา Knot หรือ ไมล์ ต่อ 1 ชั่วโมง

ในขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอน (Worning Distance Calculator) ซึ่งจะเป็นการคำนวณหาระยะห่างระหว่างรถไฟและทางแยกทางร่วมผ่านสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$S = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \quad (1)$$

โดย S คือค่าระยะห่างที่ได้จากการคำนวณ หน่วยเป็นเมตร (M) ตัวแปร X<sub>1</sub> คือค่าแลตติจูด (Latitude) ของตำแหน่งรถไฟ X<sub>2</sub> คือค่าแลตติจูด (Latitude) ของตำแหน่งทางแยกทางร่วม ส่วนตัวแปร Y<sub>1</sub> คือค่าลองติจูด (Longitude) ของตำแหน่งรถไฟ Y<sub>2</sub> คือค่าลองติจูด (Longitude) ของตำแหน่งทางแยกทางร่วม

อีกขั้นตอนหนึ่งคือ (Range Calculator) ซึ่งเป็นขั้นตอนการคำนวณหาระยะในการเตือนภัยรถไฟที่แปรผันตามความเร็วของรถไฟในขณะนั้นๆ ผ่านสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$R = V_r * T \quad (2)$$

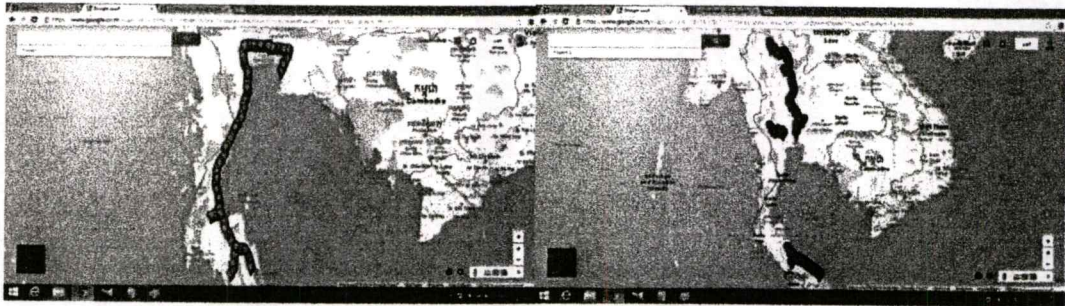
โดยค่า R คือค่าระยะการเตือนภัยที่ได้จากการคำนวณในสมการ หน่วยเป็นเมตร (M) ตัวแปร V<sub>r</sub> คือความเร็วในช่วงเวลานั้นๆที่มีหน่วยเมตรต่อวินาที (m/s) ส่วนตัวแปร T คือเวลาและเวลาในที่นี้ทางผู้วิจัยนั้นจะแทนด้วยเวลา 30 วินาทีเพื่อที่จะคำนวณหาระยะทางเมื่อรถไฟเคลื่อนที่ไปภายในเวลา 30 วินาที

และเมื่อนำค่า S และค่า R ที่ได้จากสมการที่ (1) และ (2) เปรียบเทียบกัน ถ้าค่า S มีค่ามากกว่าค่า R ระบบจะเริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าค่า R นั้นมีค่ามากกว่าค่า S ระบบจะทำการเตือนภัยรถไฟในทันที

#### การทดลอง

การทดลองนั้นจะเป็นการทดสอบความแม่นยำในการเตือนภัยรถไฟ ว่าระบบเตือนภัยนี้สามารถทำการเตือนภัย 30 วินาทีก่อนที่รถไฟจะเคลื่อนที่ผ่านทางแยกทางร่วมได้จริงหรือไม่ และมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่าไร โดยผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลเป็นจำนวน 15 พิกัดทางแยกทางร่วม ซึ่งในแต่ละพิกัดทางแยกทางร่วมผู้วิจัยจะทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มการเตือนภัยจนรถไฟนั้นเคลื่อนที่ไปถึงพิกัดทางแยกทางร่วมดังกล่าว

และจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลทางแยกทางร่วมบนเส้นทางรถไฟนั้น สามารถแสดงได้ดังนี้ ข้อมูลทั้งหมดอ้างอิงมาจาก (Google Map;กระทรวงคมนาคม , การรถไฟแห่งประเทศไทย , สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร,2556;สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ,2537 )



(A) Southern and Eastern

(B) Northern and southern

Figure 3 Rail way closing

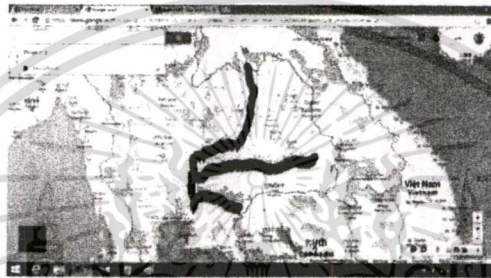


Figure 4 Northeast railway closing

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับขบวนรถไฟจริงบนเส้นทางรถไฟสายตะวันออกที่มีเส้นทางยาวกว่า 190 กิโลเมตรและมีทางแยกทางร่วมกว่า 120 ทางแยก เฉลี่ยแล้วต่อ 1.58 กิโลเมตรจะมี 1 ทางแยกทางร่วม



Figure 5 Eastern railway closing

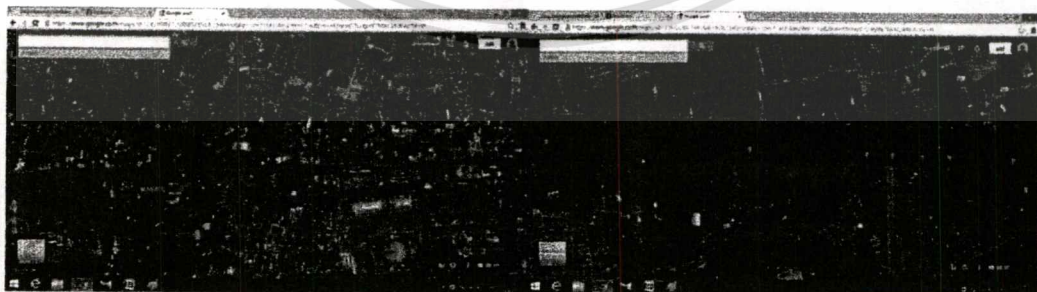


Figure 6 Closing railway

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

ชุดข้อมูลด้านล่าง แสดงผลการจับเวลาการเตือนภัยรถไฟกับทางแยกทางร่วมบนเส้นทางรถไฟสาย  
ตะวันออกจำนวน 15 ทางแยกทางร่วม

Table 2 Measurement resource

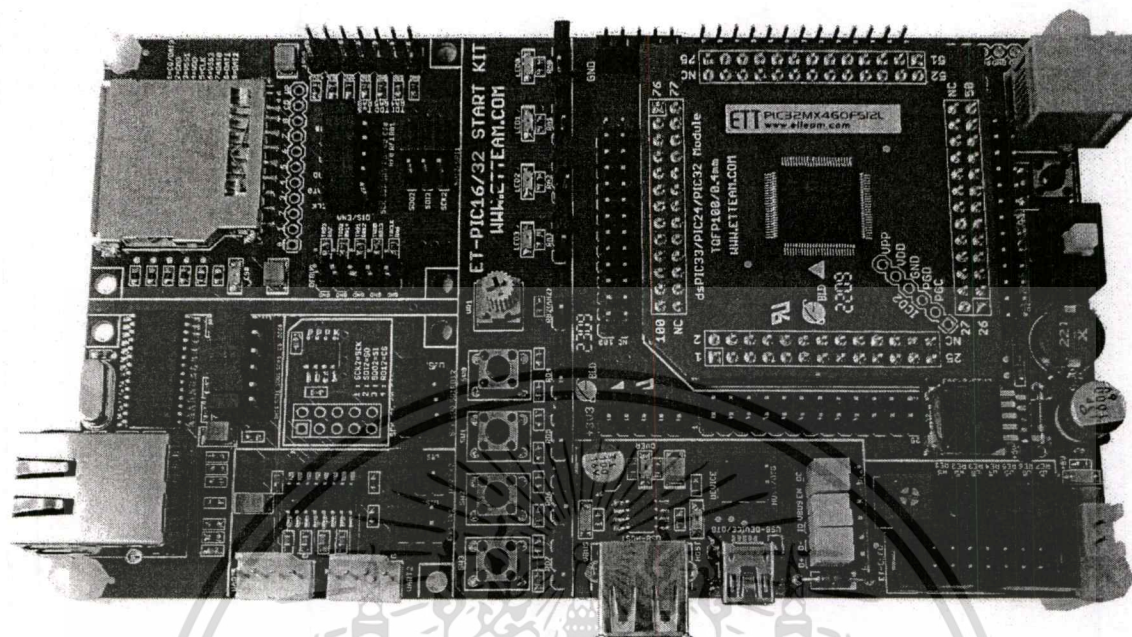
| Time record (s) | Reference (s) | Error (%) |
|-----------------|---------------|-----------|
| 28.14           | 30            | 6.2       |
| 28.54           | 30            | 4.866667  |
| 28.5            | 30            | 5         |
| 27.7            | 30            | 7.666667  |
| 27.74           | 30            | 7.533333  |
| 28.5            | 30            | 5         |
| 27.6            | 30            | 8         |
| 27.21           | 30            | 9.3       |
| 27.66           | 30            | 7.8       |
| 28.37           | 30            | 5.433333  |
| 27.47           | 30            | 8.433333  |
| 28.4            | 30            | 5.333333  |
| 27.92           | 30            | 6.933333  |
| 27.9            | 30            | 7         |
| 27.97           | 30            | 6.766667  |
| Time record (s) | Reference (s) | Error (%) |

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาในการเตือนภัยได้ดังนี้  
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 27.21 วินาทีหรือ 9.3% และค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดอยู่ที่ 28.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ET-PIC16/32 START KIT



ET-PIC16/32 START KIT เป็นชุดบอร์ดสำหรับใช้ในการเรียนรู้และพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ของค่าย Microchips รองรับการใช้งานกับชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 16/32 Bit ขนาด 100Pin ตระกูล PIC24F/PIC24H/dsPIC33 และ PIC32 ได้ โดยตัวบอร์ดได้รับการออกแบบให้มีความสะดวกและอ่อนตัวในการใช้งาน สามารถปรับเปลี่ยนตัว MCU เบอร์ต่างๆเพื่อติดตั้งใช้งานกับบอร์ดได้เองตามต้องการ ทำให้การเรียนรู้ไม่ถูกจำกัดอยู่ที่ MCU เบอร์ใดเบอร์หนึ่ง เพียงเบอร์เดียว

โดยโครงสร้างของบอร์ดได้จัดให้มีวงจรใช้งานสำคัญๆ และ พื้นฐาน I/O แบบต่างๆ สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ ประกอบการศึกษา เรียนรู้ และทดลองใช้งาน ในเบื้องต้นไว้อย่างครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็น LED สำหรับทดสอบ Output, SW สำหรับทดสอบ Input, VR ปรับค่าแรงดัน สำหรับทดสอบ ADC, จอแสดงผล LCD Display, RS232, SD Card, Ethernet LAN และ USB ซึ่งการออกแบบวงจร จะเน้นความสะดวกและง่ายต่อการดัดแปลงเพื่อปรับเปลี่ยน I/O สำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานได้เองตามความเหมาะสม การจัดวางอุปกรณ์บนแผงวงจร PCB ได้ถูกจัดวางอย่างเป็นหมวดหมู่ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และตรวจสอบสัญญาณต่างๆในวงจรได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยหลักการออกแบบวงจรจะมุ่งเน้นให้ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานร่วมกับการใช้งาน Library และ Function ต่างๆ โดยอ้างอิงจากตัวอย่างโปรแกรมของ Microchips ได้โดยสะดวก ไม่ว่าจะเป็นส่วนของตัวอย่างของ SD Card Interface, USB Interface หรือ Ethernet LAN Interface ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ทำได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น เพราะสามารถนำตัวอย่าง Source Code และ Library ต่างๆ ของ Microchips มาเป็นต้นแบบในการศึกษาทดลอง เพื่อแก้ไขดัดแปลงให้เหมาะสมกับลักษณะงานแบบต่างๆได้อย่างเหมาะสม

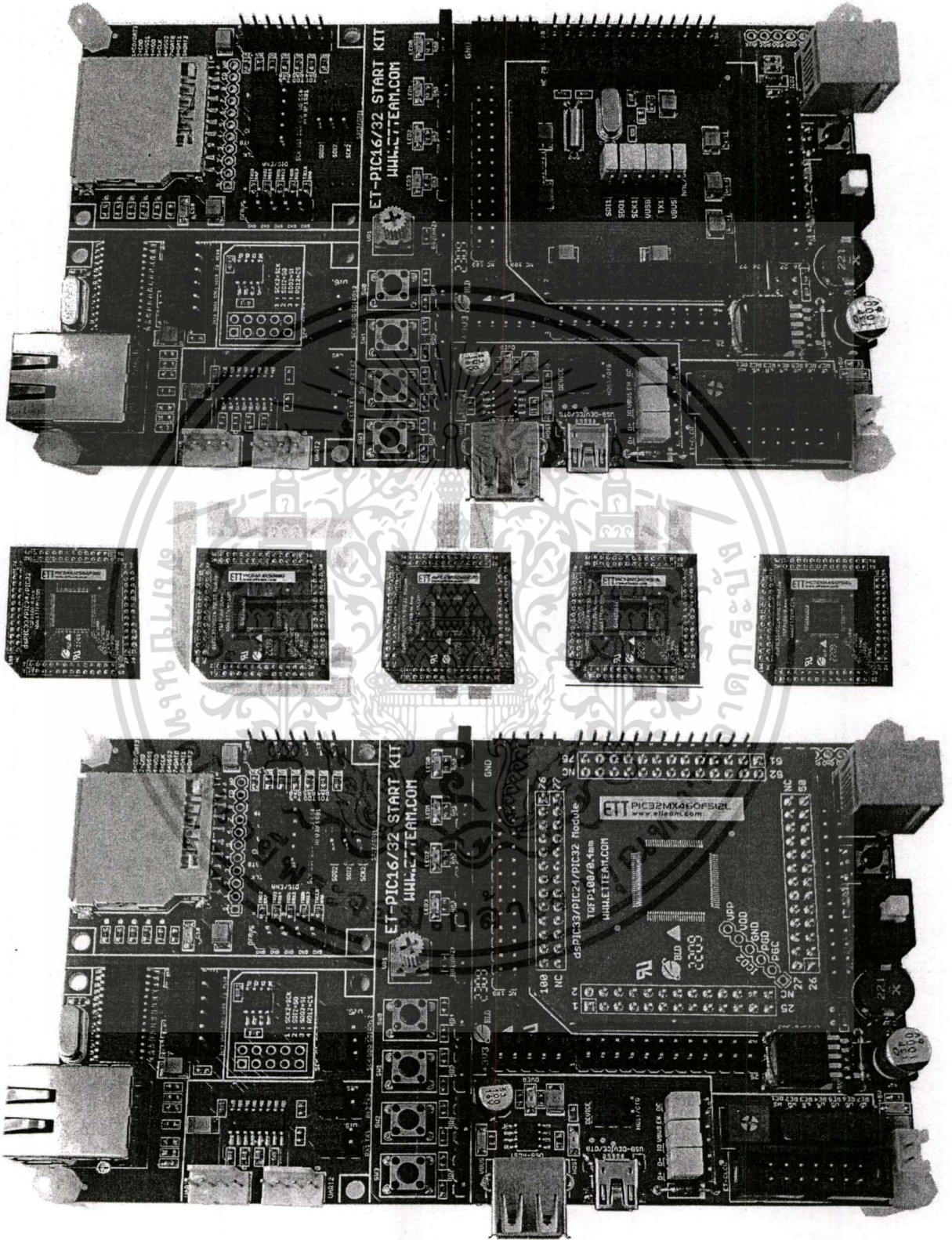
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## คุณสมบัติของบอร์ด

- รองรับการใช้งาน MCU 16Bit และ 32Bit ของ Microchips ขนาด 100Pin สามารถใช้ได้กับ MCU ตระกูล PIC24F/PIC24H/dsPIC33 และ PIC32 ได้ ตามการติดตั้ง MCU ไมค์ดูให้กับบอร์ด อาทิ เช่น PIC24FJ128GB110, PIC24HJ256GP210, dsPIC33FJ256MC710, PIC32MX360F512L และ PIC32MX460F512L เป็นต้น
- XTAL ความถี่ 8.00 MHz สำหรับ System Clock Source
- XTAL ความถี่ 32.768 KHz สำหรับ RTCC Clock Source
- Ethernet LAN Driver เบอร์ ENC28J60 พร้อม RJ45 Ethernet LAN Port จำนวน 1 พอร์ต
- SPI EEPROM เบอร์ 25LC256 สำหรับใช้งาน และ เก็บ Web Page Code ในการทดลองใช้งาน Ethernet LAN ตามตัวอย่าง Application Note จาก Microchips TCP/IP Stack
- SD Card Interface มาตรฐาน พร้อมสัญญาณ Card Detect และ Write Protect จำนวน 1 ชุด
- UART Driver แบบ RS232 พร้อมหัวต่อแบบ CPA-4 มาตรฐานอีทีที จำนวน 2 ช่อง
- USB Interface รองรับการใช้งาน USB ทั้งแบบ Device/OTG และ Host สามารถใช้งานได้กับ PIC32MX460F512 และ PIC24FJ128GB110
- 14Pin Header สำหรับ Character Dot-Matrix LCD Interface จำนวน 1 ชุด
- LED Indicator สำหรับทดสอบการทำงานของ Output Logic จำนวน 4 ชุด
- SW Push Button สำหรับทดสอบการทำงานของ Input Logic จำนวน 4 ชุด
- Volume (VR) ปรับค่า ใช้รับแรงดัน 0-3.3V สำหรับทดสอบการทำงานของ ADC จำนวน 1 ช่อง
- ICD2 Port แบบ RJ11 มาตรฐาน ICD2 Microchips รองรับการใช้งาน In-Circuit Program และ Debug พร้อมสวิทช์ ตัดต่อสัญญาณสำหรับ Program/Debug และ ใช้งานปกติ พร้อม LED แสดงสถานะ
- หัวต่อ JTAG Port แบบ IDE Header 14 Pin สำหรับใช้ Program/Debug ร่วมกับ JTAG Tools ของ Microchips
- หัวต่อ DEBUG Part(Debug Trace Port) แบบ IDE Header 10 Pin สำหรับใช้ Debug ร่วมกับ Debug Tools(MPLAB REAL ICE In-Circuit Emulator) ของ Microchips
- Regulate 3.3V/3A แบบ Switching ลดปัญหาความร้อนจาก Regulate พร้อม LED แสดงสถานะ ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ +5V แบบ Type-B

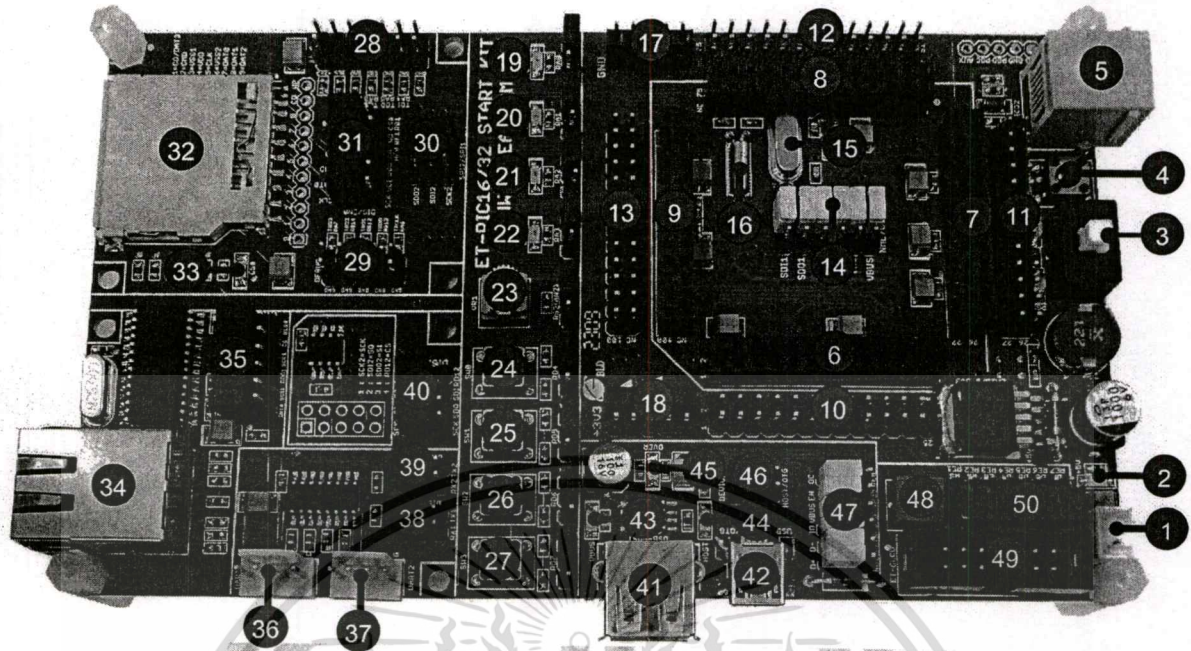
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โครงสร้างบอร์ด ET-PIC16/32 START KIT



รูปแสดง โครงสร้างของบอร์ด ET-PIC16/32 START KIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปแสดง ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆในบอร์ด ET-PIC16/32 STAT KIT

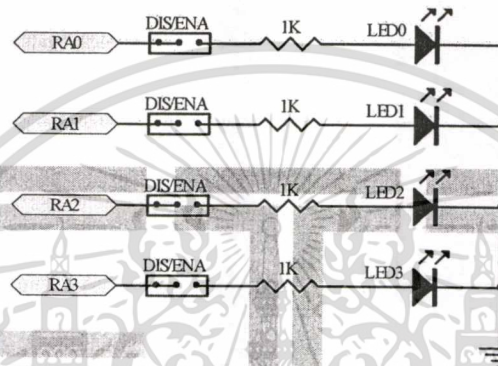
- หมายเลข 1 คือ ขั้วต่อไฟเลี้ยงวงจร +5V จากภายนอก ใช้กับ Adapter จ่ายไฟ +5V Type-B
- หมายเลข 2 คือ LED Power(สีแดง) สำหรับแสดงสถานะของ Power Supply +5V
- หมายเลข 3 คือ Switch Mode และ LED PGM/RUN ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานของบอร์ด ระหว่าง Run Mode และ Program Mode โดยจะมี LED PGM(สีแดง) และ RUN(สีเขียว) ติดสว่าง เพื่อแสดงสถานะของโหมดที่เลือกให้เห็นตลอดเวลา
- หมายเลข 4 คือ Switch Reset ใช้ Reset การทำงานของ MCU ในขณะที่ อยู่ใน Run Mode
- หมายเลข 5 คือ ขั้วต่อ ICD2 สำหรับใช้ Program และ Debug การทำงานของบอร์ด โดยต้องเลือกกำหนด Switch Mode ให้เป็น Program Mode ด้วย ซึ่งขั้วต่อนี้สามารถใช้เชื่อมต่อได้กับเครื่องมือต่างๆที่รองรับการทำงานกับ MCU ที่ใช้ในบอร์ดและใช้ขั้วต่อสัญญาณมาตรฐานเดียวกันกับ ICD2 ของ Microchips เช่น Pickit2, Pickit3, ICD2, ICD3 หรือ เทียบเท่า เช่น เครื่องโปรแกรมรุ่น ET-PGMPIC USB(เทียบเท่ากับ Pickit2) และ ET-ICDX(เทียบเท่ากับ ICD2)
- หมายเลข 6,7,8,9 คือ Pin Header ตัวเมีย สำหรับติดตั้งโมดูล MCU
- หมายเลข 10,11,12,13 คือ Pin Header ตัวผู้ สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณจาก Pin ของ MCU ออกไปใช้งานภายนอกตามต้องการ
- หมายเลข 14 คือ ชุด Jumper สำหรับเลือกโมดูล MCU แบบมี USB(USB) และ ไม่มี USB(NML)
- หมายเลข 15 คือ Crystal ค่า 8.00MHz สำหรับใช้เป็นตัวความถี่หลักของ MCU
- หมายเลข 16 คือ Crystal ค่าความถี่ 32.768KHz สำหรับวงจร RTCC

- หมายเลข 17 คือ Pin Header สำหรับต่อ GND ออกไปใช้งาน
- หมายเลข 18 คือ Pin Header สำหรับต่อ +3.3V ออกไปใช้งาน
- หมายเลข 19,20,21,22 คือ LED และ Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณ ใช้สำหรับทดสอบการทำงาน ของ Output Logic จำนวน 4 ชุด
- หมายเลข 23 คือ VR ปรับค่าได้ สำหรับปรับแรงดัน 0-3V3 สำหรับทดสอบการทำงาน ของ ADC
- หมายเลข 24,25,26,27 คือ Switch Push Button และ Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณ ใช้ทดสอบการทำงาน ของ Input Logic จำนวน 4 ชุด
- หมายเลข 28 คือ ขั้วต่อ JTAG สำหรับ Microchips JTAG Tools
- หมายเลข 29 คือ ขั้วต่อ DEBUG สำหรับ Microchips DEBUG Trace Tools
- หมายเลข 30 คือ ชุด Jumper สำหรับเลือกสัญญาณ SPI (SDI,SDO และ SCK)เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับ SD Card โดยเลือกได้ระหว่าง SPI1 และ SPI2
- หมายเลข 31 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ SD Card
- หมายเลข 32 คือ Socket SD Card
- หมายเลข 33 คือ LED CS# ใช้แสดงสถานะของการติดต่อกับ SD Card
- หมายเลข 34 คือ ขั้วต่อ RJ45 สำหรับเชื่อมต่อกับ Ethernet LAN 10/100 Base-T
- หมายเลข 35 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ Ethernet LAN
- หมายเลข 36,37 คือ ขั้วต่อ UART1 และ UART2 สำหรับเชื่อมต่อกับ RS232
- หมายเลข 38,39 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ UART1 และ UART2
- หมายเลข 40 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ EEPROM 25LC256
- หมายเลข 41 คือ ขั้วต่อ USB แบบ HOST ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB Device
- หมายเลข 42 คือ ขั้วต่อ USB แบบ DEVICE และ OTG สำหรับต่อกับ USB Host หรือ OTG
- หมายเลข 43 คือ LED VBUS แสดงสถานะของ +VBUS ของ USB Port
- หมายเลข 44 คือ LED HOST แสดงสถานะของ USB เมื่อทำงานเป็น Host
- หมายเลข 45 คือ LED OVER แสดงสถานะของ VBUS แบบ Host เมื่อถูกดึงกระแสเกิน
- หมายเลข 46 คือ ชุด Jumper สำหรับเลือกโหมด USB ระหว่าง DEVICE และ HOST หรือ OTG
- หมายเลข 47 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ USB
- หมายเลข 48 คือ VR สำหรับปรับค่าความสว่างให้ Character LCD
- หมายเลข 49 คือ ขั้วต่อ Character LCD โดยใช้กับ LCD แบบ +5V Supply
- หมายเลข 50 คือ ชุด Jumper สำหรับตัดต่อสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## การใช้งานวงจร LED แสดงผล

ชุด LED แสดงผลของบอร์ด ET-PIC16/32 START KIT จะมีทั้งหมด 4 ดวง โดยวงจรขับ LED จะต่อวงจรแบบซัพกระแส (Source Current) ให้กับ LED โดยใช้สัญญาณการควบคุมจากพอร์ต RA[0..3] ทำงานด้วยลอจิก "1" และหยุดทำงานด้วยลอจิก "0" โดยสามารถเลือก เปิด-ปิด การเชื่อมต่อสัญญาณการควบคุม LED ทั้ง 4 ดวง ได้จาก Jumper อย่างอิสระ โดยถ้าต้องการเลือกใช้สัญญาณ RA[0..3] ในการควบคุมการทำงานของ LED ก็ให้เลือก Jumper ไว้ทางด้าน ENA(Enable) หรือ เลือกเป็น DIS(Disable) เพื่อปลดสัญญาณ RA[0..3] ออกจากการควบคุม LED ได้ตามต้องการ ดังรูป



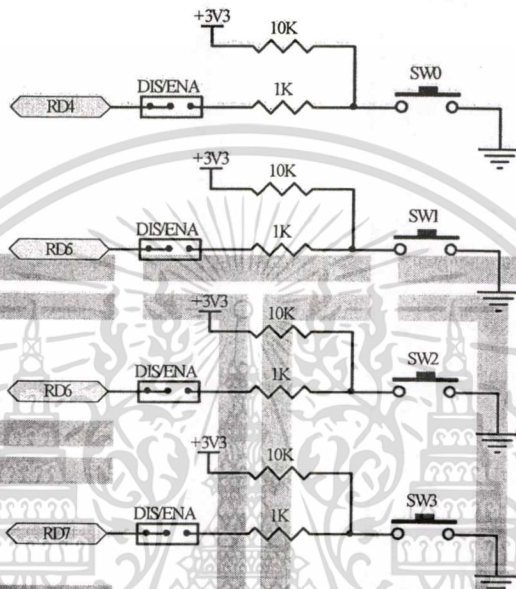
หมายเหตุ เนื่องจาก RA0 และ RA1 เป็นขาสัญญาณ ที่มีฟังก์ชันการทำงานซ้อนทับกับ JTAG Port อยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อจะใช้งาน LED0(RA0) และ LED1(RA1) ควรต้องทำการ สับปิดการทำงานของ JTAG Port เสียก่อน จึงจะสามารถใช้ RA0 และ RA1 มาทำหน้าที่เป็น GPIO Output สำหรับขับ LED ได้ ซึ่งในกรณีที่ใช้ PIC32 สามารถใช้ฟังก์ชันคำสั่งใน plib ได้ดังตัวอย่าง

```
#include <plib.h>
```

```
mJTAGPortEnable(DEBUG_JTAGPORT_OFF); //Disable JTAG Port Function
```

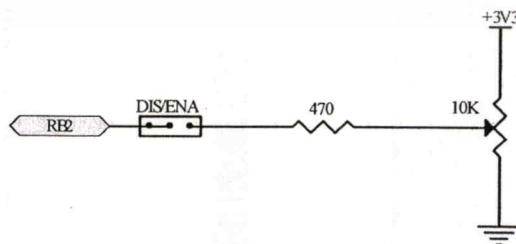
## การใช้งานวงจร Push Button Switch

วงจร Push Button Switch จะใช้วงจร Switch แบบ กดติด-ปล่อยดับ (Push Button) พร้อมวงจร Pull-Up ใช้กับแหล่งจ่าย +3.3V โดยในขณะที่สวิตช์ยังไม่ถูกกดจะให้ค่าสถานะเป็นลอจิก "1" แต่เมื่อสวิตช์ถูกกดอยู่จะให้สถานะเป็นลอจิก "0" ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของ Input Logic โดยวงจรส่วนนี้จะมียูต์ด้วยกัน 4 ชุด คือ RD[4...7] โดยผู้ใช้สามารถตัดการเชื่อมต่อสัญญาณ RD[4...7] กับวงจร Push Button SW ทั้ง 4 ชุด ได้อิสระจาก Jumper ดังวงจร



## การใช้งานวงจรปรับแรงดัน (0-3V3)

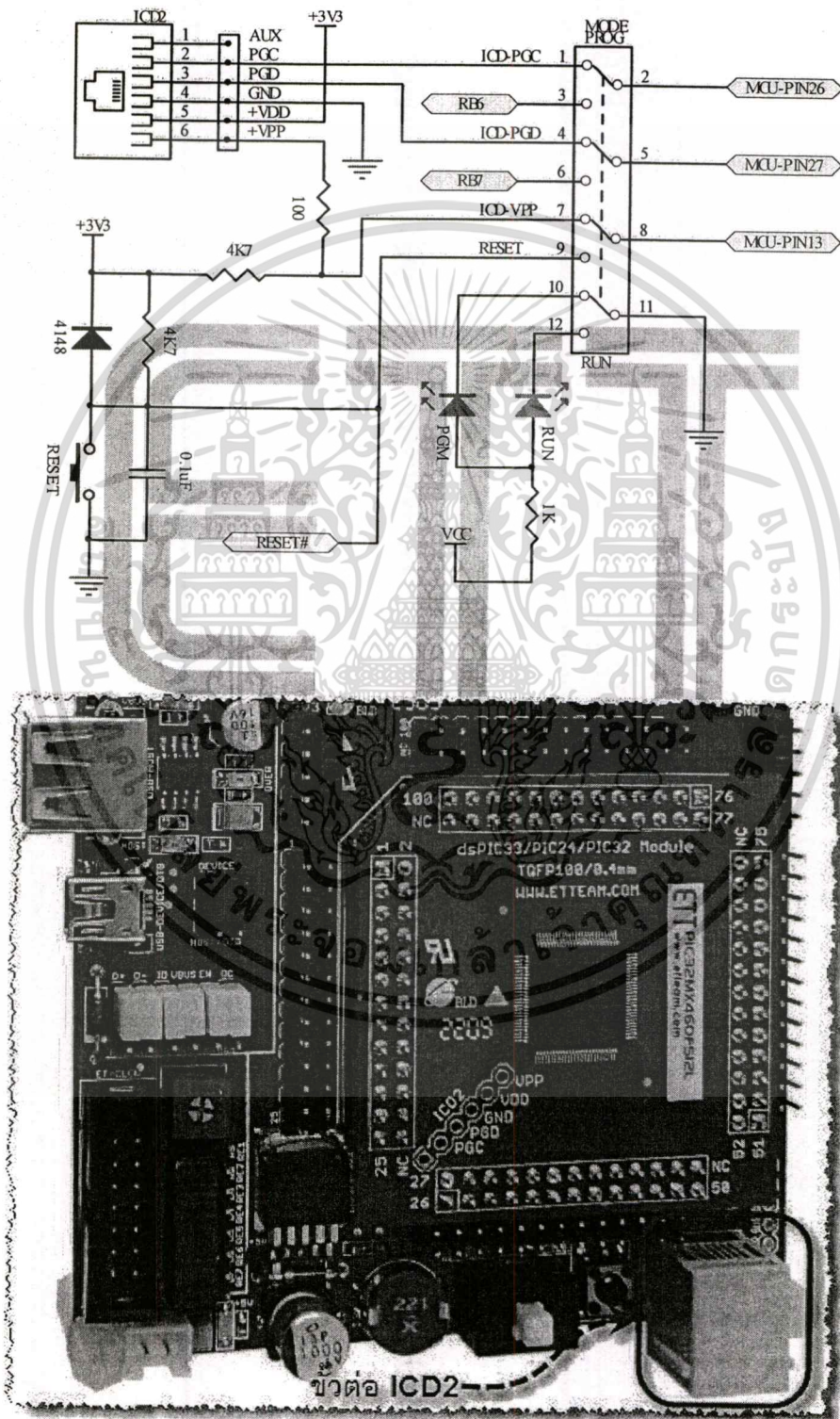
วงจรปรับแรงดันจะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกอ๊กมา ชนิดมีแกนหมุนสำหรับปรับค่า โดยวงจรนี้ใช้กับแหล่งจ่าย +3.3V โดยจะให้ Output เป็นแรงดันซึ่งมีค่าระหว่าง 0V ถึง +3.3V ตามการปรับค่าของตัวต้านทาน จำนวน 1 ชุด โดย Output ที่ได้จะป้อนให้กับขาสัญญาณ RB2 สำหรับใช้สร้างแรงดัน Input เพื่อทดสอบการทำงานของวงจร A/D (RA[2]) โดยผู้ใช้สามารถตัดการเชื่อมต่อสัญญาณ RA[2] กับวงจรปรับแรงดันนี้ได้จาก Jumper ดังวงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## การใช้งาน ICD2

ICD2 จะเป็น Connector แบบ RJ11 และ Header 1x6 Pin สำหรับ Interface กับเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมตระกูล PIC ที่มีการจัดขั้วตามมาตรฐาน ICD2 ของ Microchips ซึ่งสามารถใช้งานได้กับเครื่องมือพัฒนาของ Microchips หรือ เทียบเท่า โดยมีการจัดวงจรและสัญญาณตามมาตรฐานของ ICD2 ดังนี้



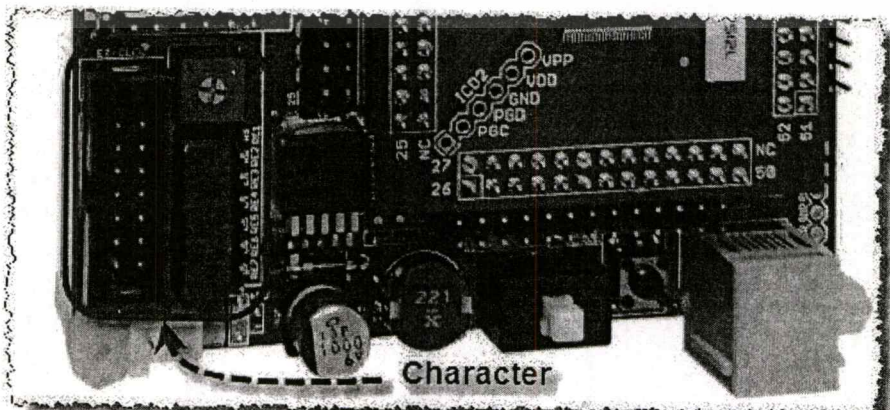
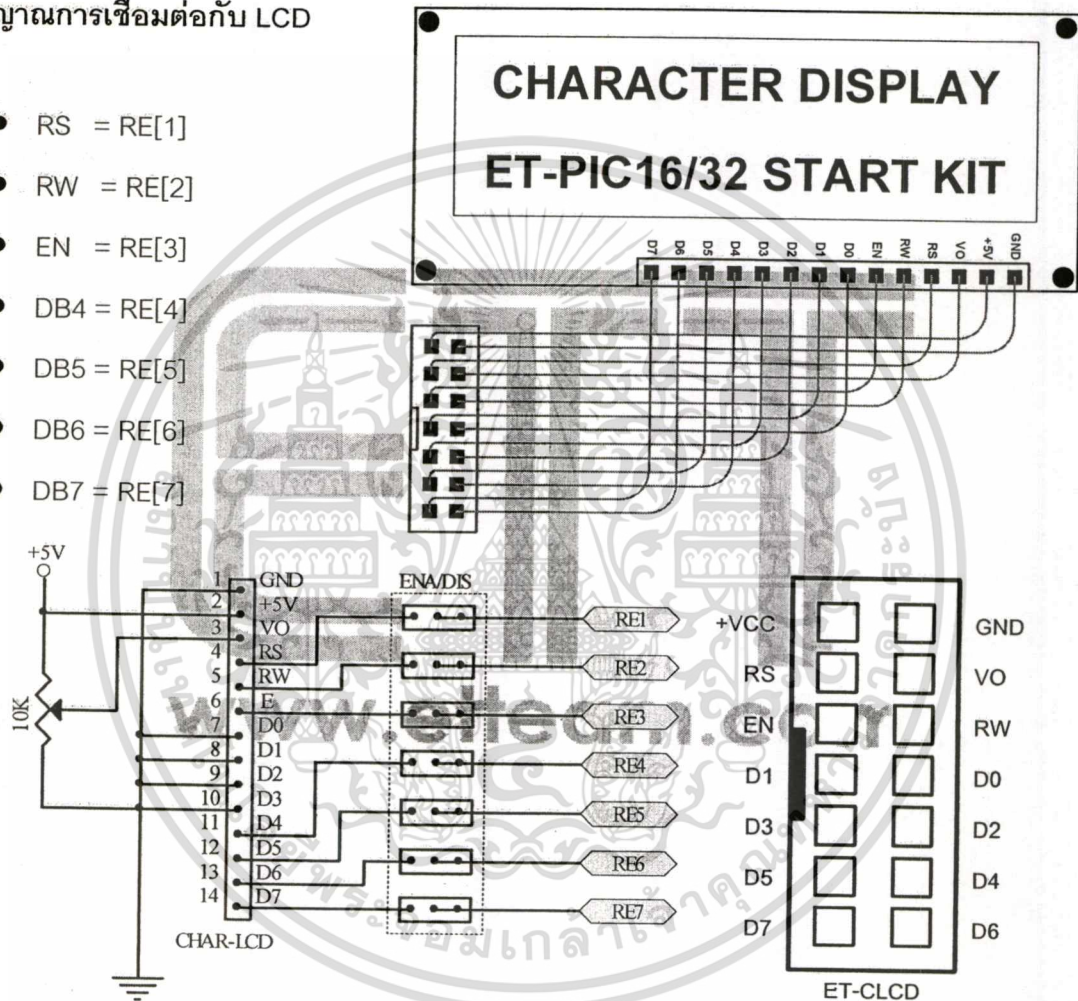
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ETT CO.,LTD. ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร WWW.ETT.CO.TH ใช้

## การใช้งาน Character LCD

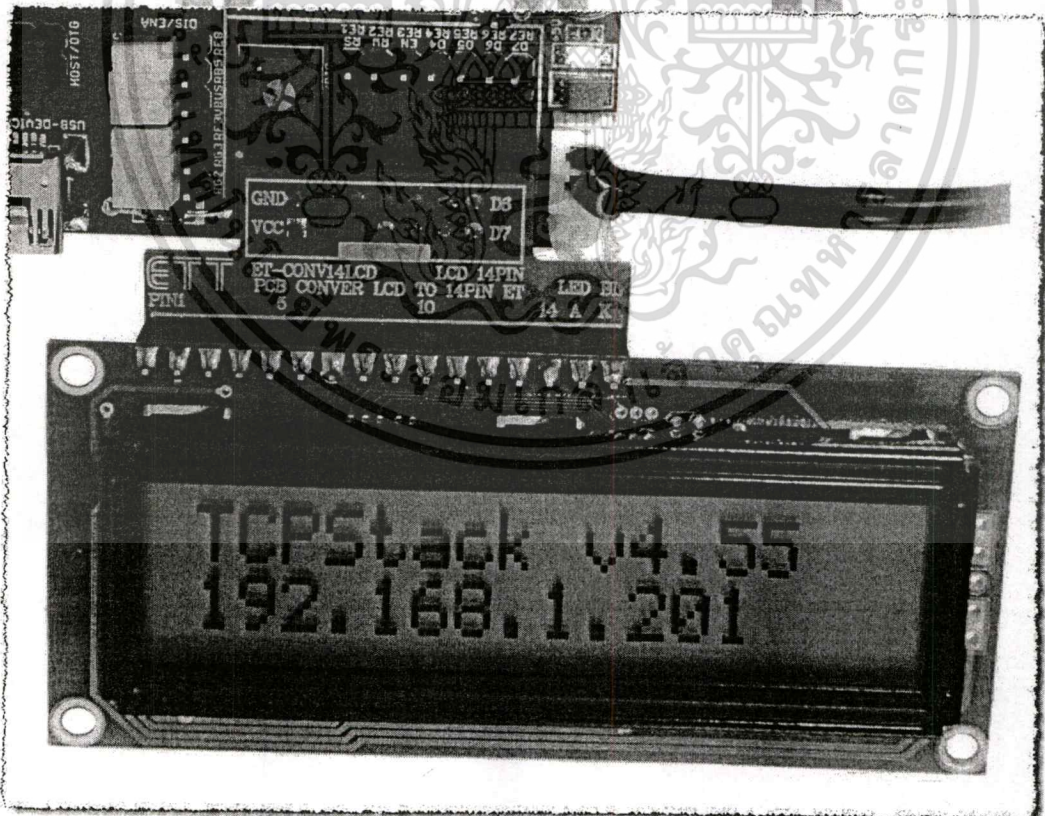
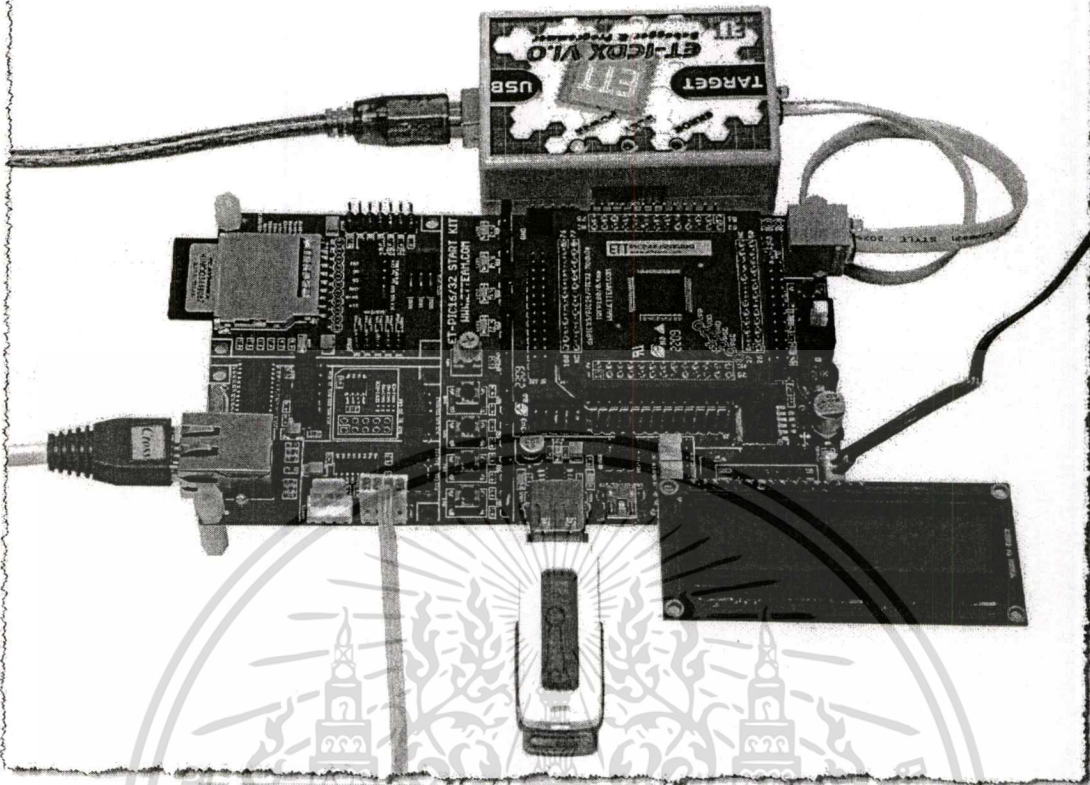
สำหรับการเชื่อมต่อ LCD นั้นจะสามารถใช้ได้กับ LCD แบบ Character Dot-Matrix เท่านั้น โดยเชื่อมต่อแบบ 4 บิต Data โดยสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ LCD จะเป็นสัญญาณจาก RE[1..7] จำนวน 7บิต โดยในการเชื่อมต่อสายสัญญาณจากขั้วต่อของ พอร์ต LCD ไปยังจอแสดงผล LCD นั้น ให้ยึดชื่อสัญญาณเป็นจุดอ้างอิง โดยให้ต่อสัญญาณที่มีชื่อตรงกันเข้าด้วยกันให้ครบทั้ง 14 เส้น ดังรูป

### สัญญาณการเชื่อมต่อกับ LCD

- RS = RE[1]
- RW = RE[2]
- EN = RE[3]
- DB4 = RE[4]
- DB5 = RE[5]
- DB6 = RE[6]
- DB7 = RE[7]



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

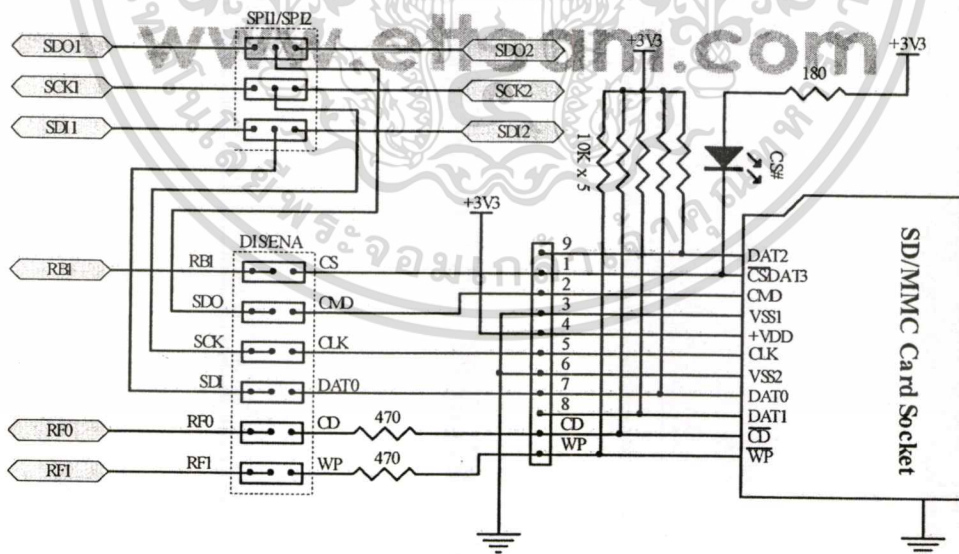


รูปแสดง การต่อใช้งาน LCD ด้วยชุด ET-CONV14LCD

## การ์ดหน่วยความจำ SD Card

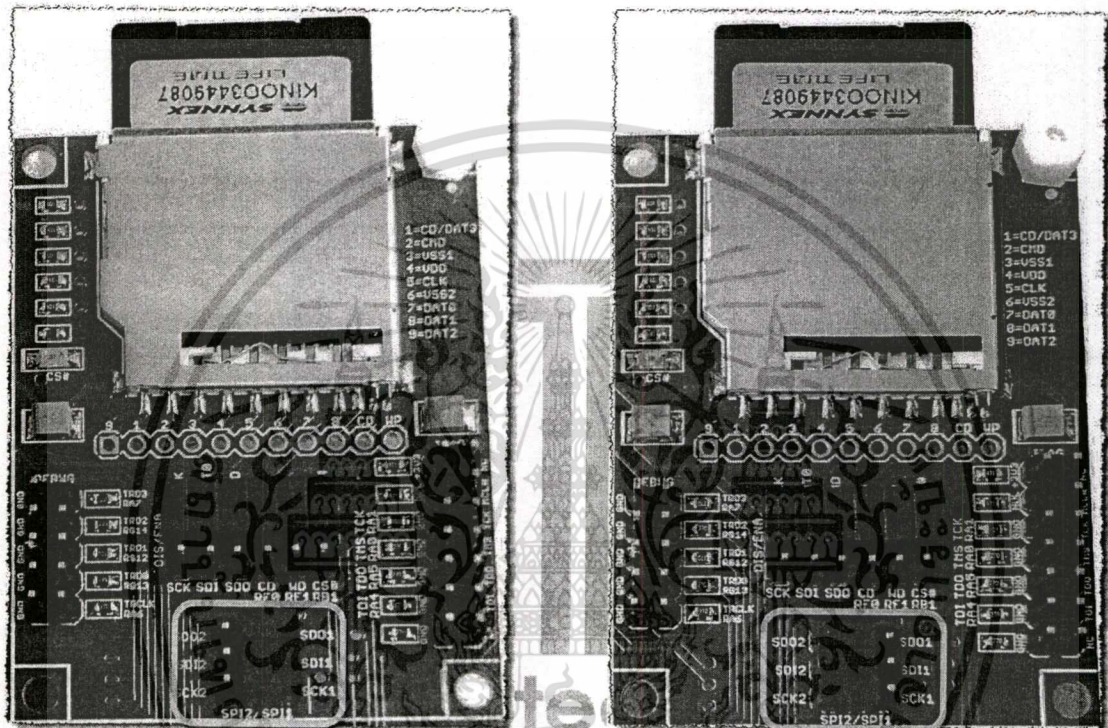
บอร์ด ET-PIC16/32 START KIT รองรับการเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำ SD Card โดยใช้วงจรการเชื่อมต่อในแบบ SPI Mode โดยวงจรสำหรับเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำทั้งหมดจะเลือกใช้ขาสัญญาณ GPIO และ SPI ของชุดฟังก์ชัน SPI1 หรือ SPI2 ก็ได้ โดยเลือกกำหนดจาก Jumper โดยสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ SD Card มีดังนี้

- CS/DAT3 ใช้ RB1(GPIO) เป็น Output จาก MCU สำหรับเลือกการทำงานของ SD Card
- CLK ใช้ SCK1 หรือ SCK2 ของ SPI ที่เลือก โดยขานี้เป็น Output จาก MCU ไปยัง SD Card
- DAT0 ใช้ SDI1 หรือ SDI2 ของ SPI ที่เลือก โดยขานี้เป็น Input จาก SD Card เข้ามายัง MCU
- CMD ใช้ SDO1 หรือ SDO2 ของ SPI ที่เลือก โดยขานี้เป็น Output จาก MCU ไปยัง SD Card
- CD ใช้ RF0(GPIO) สำหรับตรวจสอบการ Insert Card การ์ดหน่วยความจำ โดยขานี้เป็น Input จาก SD Card มายัง MCU ซึ่งถ้าไม่ต้องการใช้งานขานี้ สามารถเลือก Jumper ไว้ทางด้าน DIS เพื่อตัดการเชื่อมต่อขา RF0 กับขา CD(Card Detect) ของ SD Card ได้ด้วย
- WP ใช้ RF1(GPIO) สำหรับตรวจสอบการกำหนด Write Protect ของการ์ดหน่วยความจำ โดยขานี้เป็น Input จาก SD Card มายัง MCU ซึ่งถ้าไม่ต้องการใช้งานขานี้ สามารถเลือก Jumper ไว้ทางด้าน DIS เพื่อตัดการเชื่อมต่อขา RF1 กับขา WP(Write Protect) ของ SD Card ได้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สำหรับการกำหนด Jumper สำหรับเลือกการเชื่อมต่อสัญญาณกับ SD Card นั้น จะสามารถเลือกใช้สัญญาณ SPI จาก MCU ได้ 2 ชุด คือ SPI1 หรือ SPI2 โดยในกรณีที่เลือกกำหนด SPI เป็น SPI2 นั้น ไม่ว่าจะใช้กับ MCU เบอร์ใด ก็จะมีสัญญาณที่ตรงกัน แต่ในกรณีของ SPI1 นั้น ขาสัญญาณของ SPI จะมีความแตกต่างกัน ระหว่าง MCU เบอร์ที่มี USB และ ไม่มี USB ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อใช้งาน SD Card ด้วย SPI1 นั้น ผู้ใช้ต้องพิจารณา และกำหนดเงื่อนไขในโปรแกรมให้ตรงกันด้วย



เลือกใช้ SPI1

เลือกใช้ SPI2

| สัญญาณเชื่อมต่อ SD Card     | SPI1(ไม่มี USB) | SPI1(USB)      | SPI2           |
|-----------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| CD(SD Card : Card Detect)   | GPIO-In : RF0   | GPIO-In : RF0  | GPIO-In : RF0  |
| WP(SD Card : Write Protect) | GPIO-In : RF1   | GPIO-In : RF1  | GPIO-In : RF1  |
| CS(SD Card : Card Select)   | GPIO-Out : RB1  | GPIO-Out : RB1 | GPIO-Out : RB1 |
| SCK(SD Card : CLK)          | SCK1 : RF6      | SCK1 : RD10    | SCK2 : RG6     |
| SDI(SD Card : DAT0)         | SDI1 : RF7      | SDI1 : RC4     | SDI2 : RG7     |
| SDO(SD Card : CMD)          | SDO1 : RF8      | SDO1 : RD0     | SDO2 : RG8     |

ตาราง แสดง สัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ SD Card ของบอร์ด ET-PIC16/32 START KIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

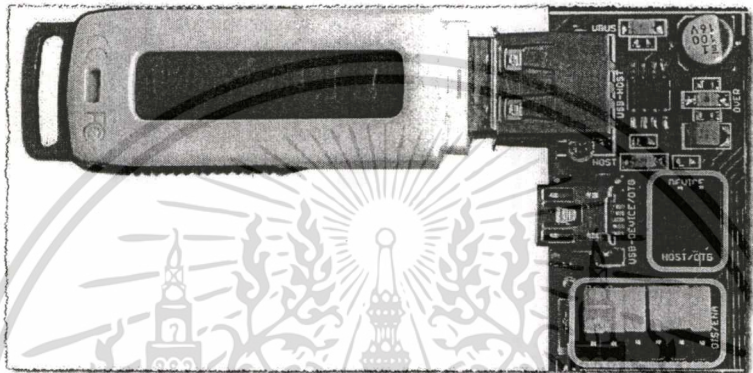
ETT CO.,LTD. พังงัน อีเมล: [info@ett.co.th](mailto:info@ett.co.th) โทร: 075-5111111 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร [WWW.ETT.CO.TH](http://WWW.ETT.CO.TH) ใช้



## การใช้งาน USB เป็น Host

ในการใช้งาน USB เป็น Host นั้นนอกเหนือจากเรื่องของโปรแกรม Firmware ที่ต้องเขียนรองรับการทำงานแล้ว ในทาง Hardware นั้น ผู้ใช้ต้องทำการเลือกกำหนด Jumper สำหรับกำหนดการทำงานของวงจรในบอร์ดให้รองรับการทำงานเป็น Host Function ด้วย ดังนี้

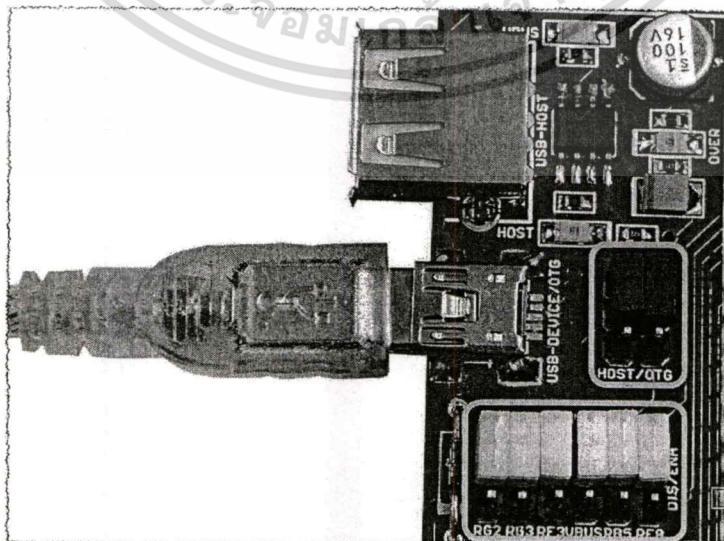
- เลือก Jumper สำหรับเลือก Device/Host-OTG ไว้ทางด้าน Host/OTG
- เลือก Jumper สำหรับสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจร USB (ENA/DIS) ไว้ทางด้าน ENA



## การใช้งาน USB เป็น Device

ในการใช้งาน USB เป็น Device นั้นนอกเหนือจากเรื่องของโปรแกรม Firmware ที่ต้องเขียนรองรับการทำงานแล้ว ในทาง Hardware นั้น ผู้ใช้ต้องทำการเลือกกำหนด Jumper สำหรับกำหนดการทำงานของวงจรในบอร์ดให้รองรับการทำงานเป็น Device Function ด้วย ดังนี้

- เลือก Jumper สำหรับเลือก Device/Host-OTG ไว้ทางด้าน Device
- เลือก Jumper สำหรับสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจร USB (ENA/DIS) ไว้ทางด้าน ENA

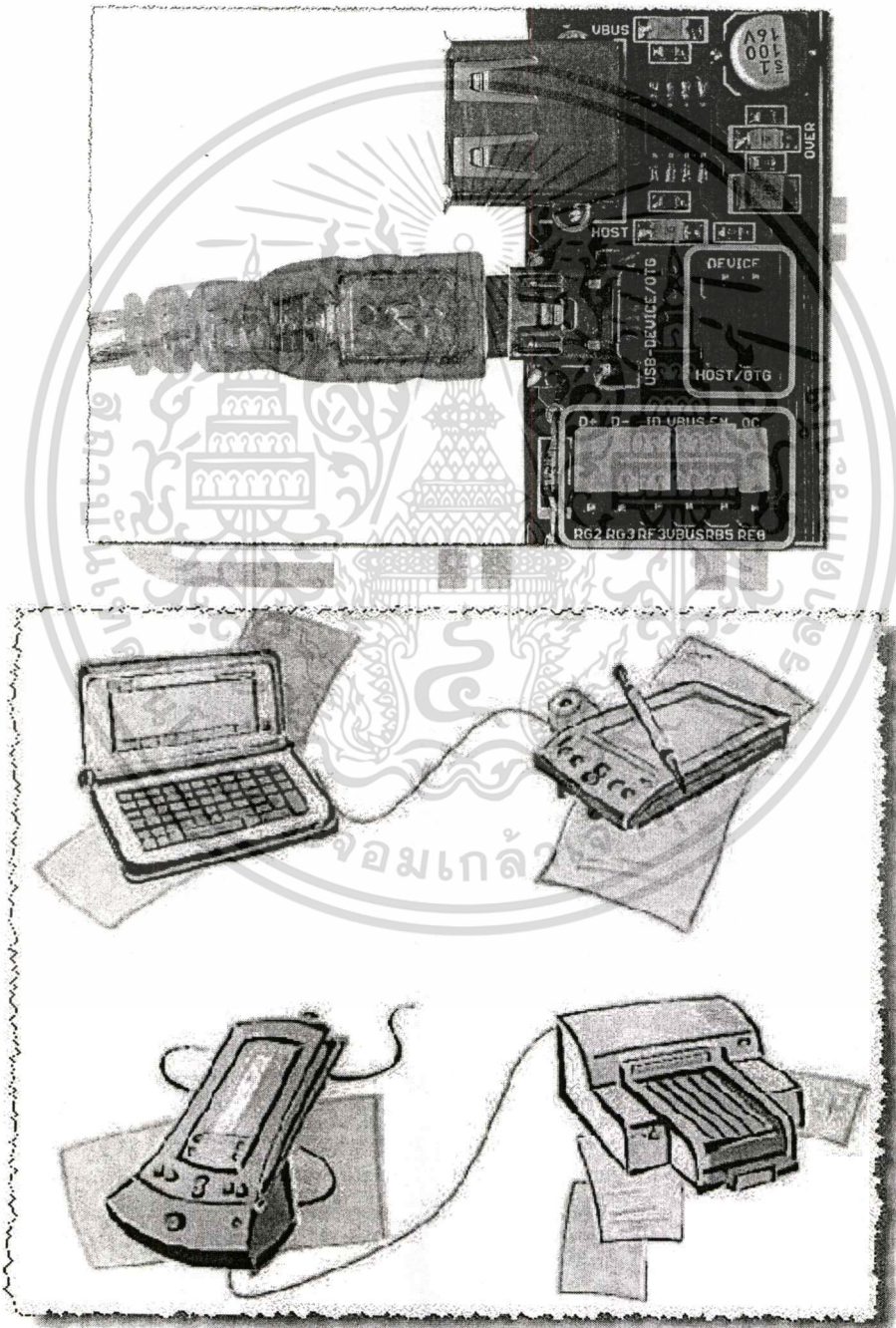


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## การใช้งาน USB เป็น OTG (On-The-Go)

ในการใช้งาน USB เป็น OTG นั้นนอกเหนือจากเรื่องของโปรแกรม Firmware ที่ต้องเขียนรองรับการทำงานแล้ว ในทาง Hardware นั้น ผู้ใช้ต้องทำการเลือกกำหนด Jumper สำหรับกำหนดการทำงานของวงจรในบอร์ดให้รองรับการทำงานเป็น OTG Function ด้วย ดังนี้

- เลือก Jumper สำหรับเลือก Device/Host-OTG ไว้ทางด้าน Host/OTG
- เลือก Jumper สำหรับสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจร USB (ENA/DIS) ไว้ทางด้าน ENA

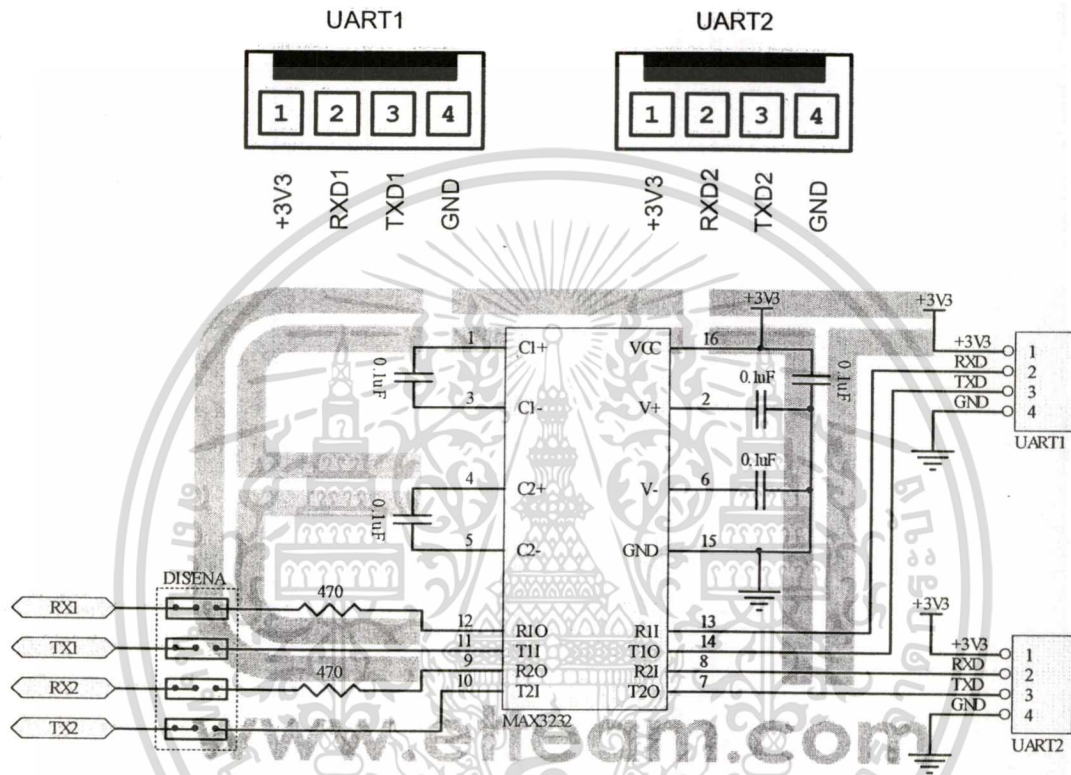


ตัวอย่าง ลักษณะการทำงานของ USB On-The-Go(OTG)

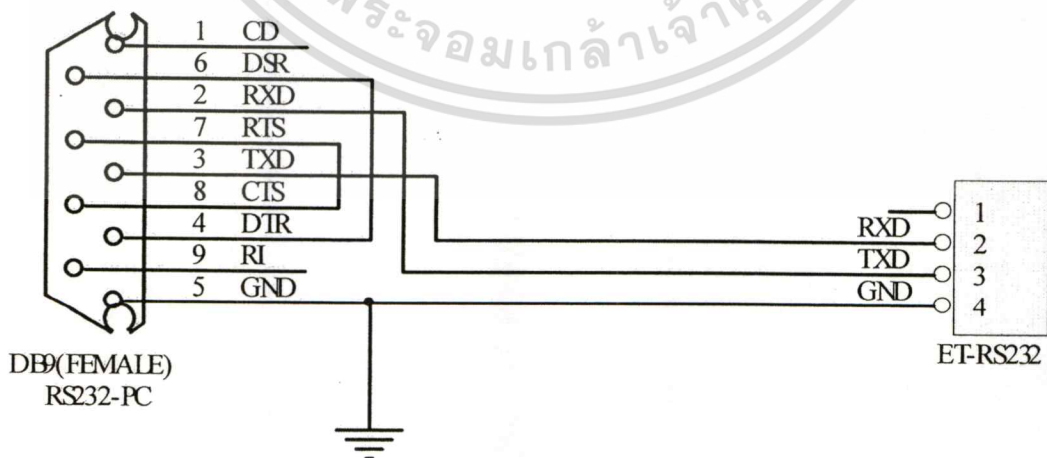
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## การใช้งาน RS232

พอร์ต RS232 เป็นสัญญาณ RS232 ซึ่งผ่านวงจรแปลงระดับสัญญาณ MAX3232 เรียบร้อยแล้ว โดยมีจำนวน 2 ช่อง ด้วยกันคือ UART1 และ UART2 โดยทั้ง 2 ช่องสามารถใช้เชื่อมต่อกับสัญญาณ RS232 เพื่อรับส่งข้อมูลได้



สำหรับ Cable ที่จะใช้ในการเชื่อมต่อ RS232 ระหว่าง Comport ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC เข้ากับหัวต่อ UART1 และ UART2 ของบอร์ด ET-PIC16/32 START KIT นั้น เป็นดังนี้

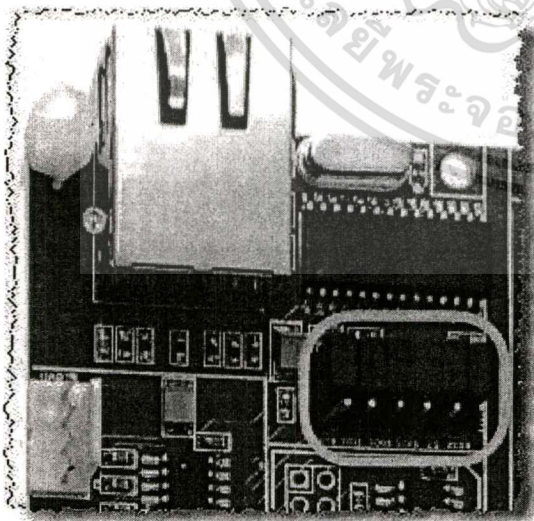
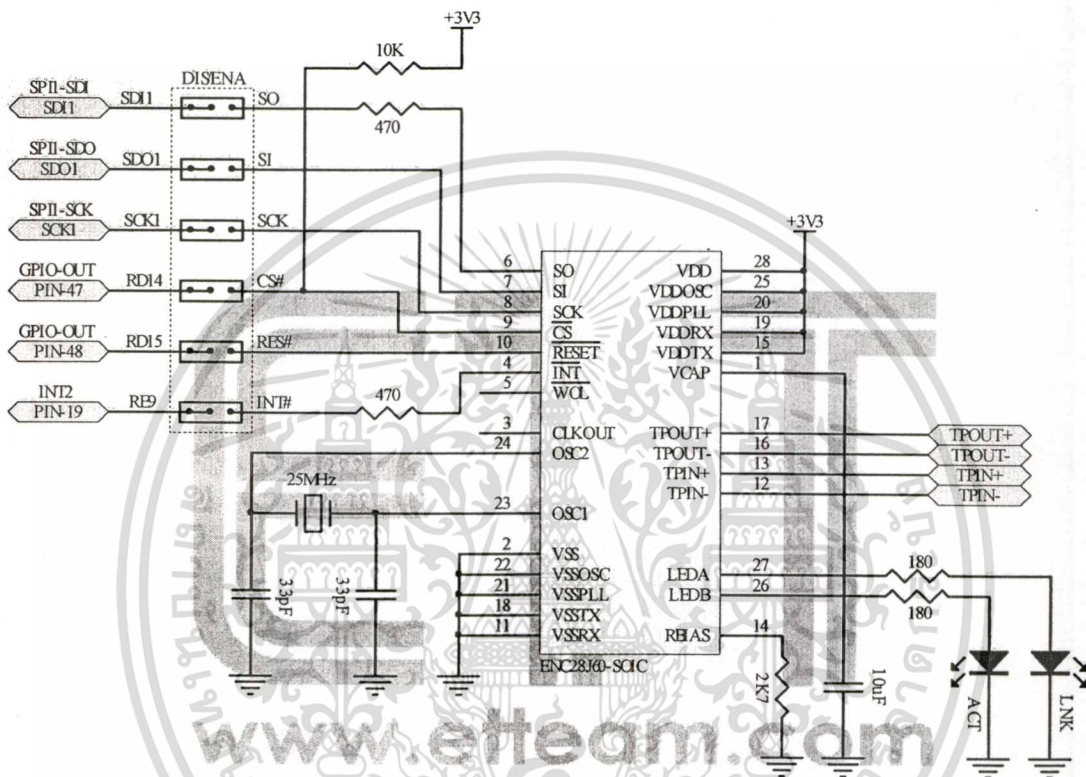


รูป แสดงวงจรสาย Cable สำหรับ RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## วงจร Ethernet LAN

วงจร Ethernet LAN ของบอร์ดจะใช้ ENC28J60 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ รองรับการใช้งานกับเครือข่าย Ethernet แบบ 10/100 Base-T โดยในส่วนของวงจรรวมที่เชื่อมต่อกับ ENC28J60 จะใช้ SPI1 ร่วมกับ GPIO Port ในการเชื่อมต่อ โดยมี Jumper สำหรับเลือกตัดต่อสัญญาณให้ด้วยวงจร

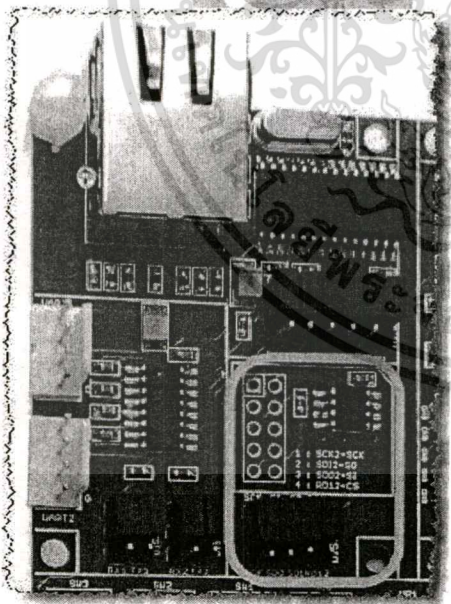
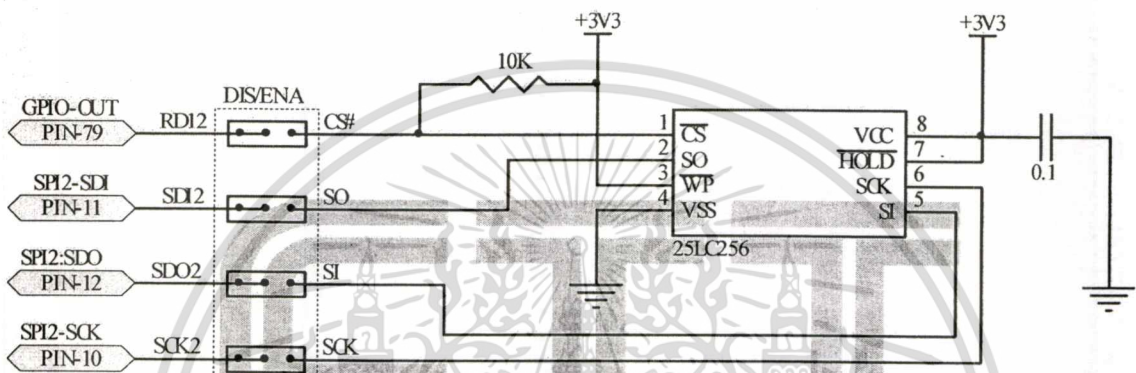


- ENC28J60-SO จะใช้ SPI-SDI1 ของ MCU
- ENC28J60-SI จะใช้ SPI-SDO1 ของ MCU
- ENC28J60-SCK จะใช้ SPI-SCK1 ของ MCU
- ENC28J60-CS จะใช้ GPIO-RD14 ของ MCU
- ENC28J60-RES จะใช้ GPIO-RD15 ของ MCU
- ENC28J60-INT จะใช้ INT2(RE9) ของ MCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## SPI EEPROM 25LC256

วงจร SPI EEPROM 25LC256 จะใช้สัญญาณ SPI2 ของ MCU ในการเชื่อมต่อ ซึ่ง 25LC256 จะเป็นหน่วยความจำ ที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ SPI สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ได้ตามต้องการ โดยสำหรับตัวอย่าง Application ของ Microchips นั้น EEPROM 25LC256 จะใช้งานร่วมกับ TCP/IP Stack ในการเก็บข้อมูล Webpage ต่างๆ ด้วย โดยมีวงจรการเชื่อมต่อดังนี้



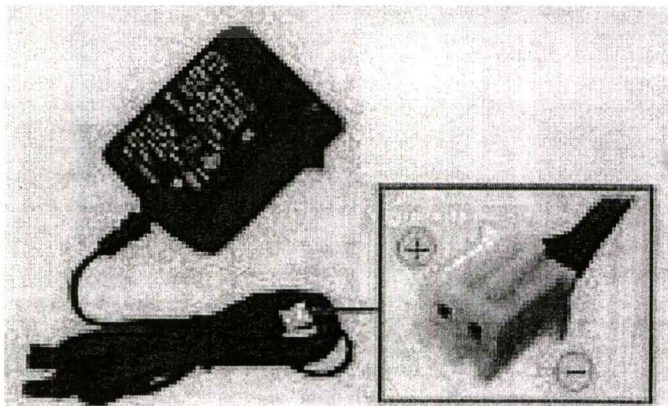
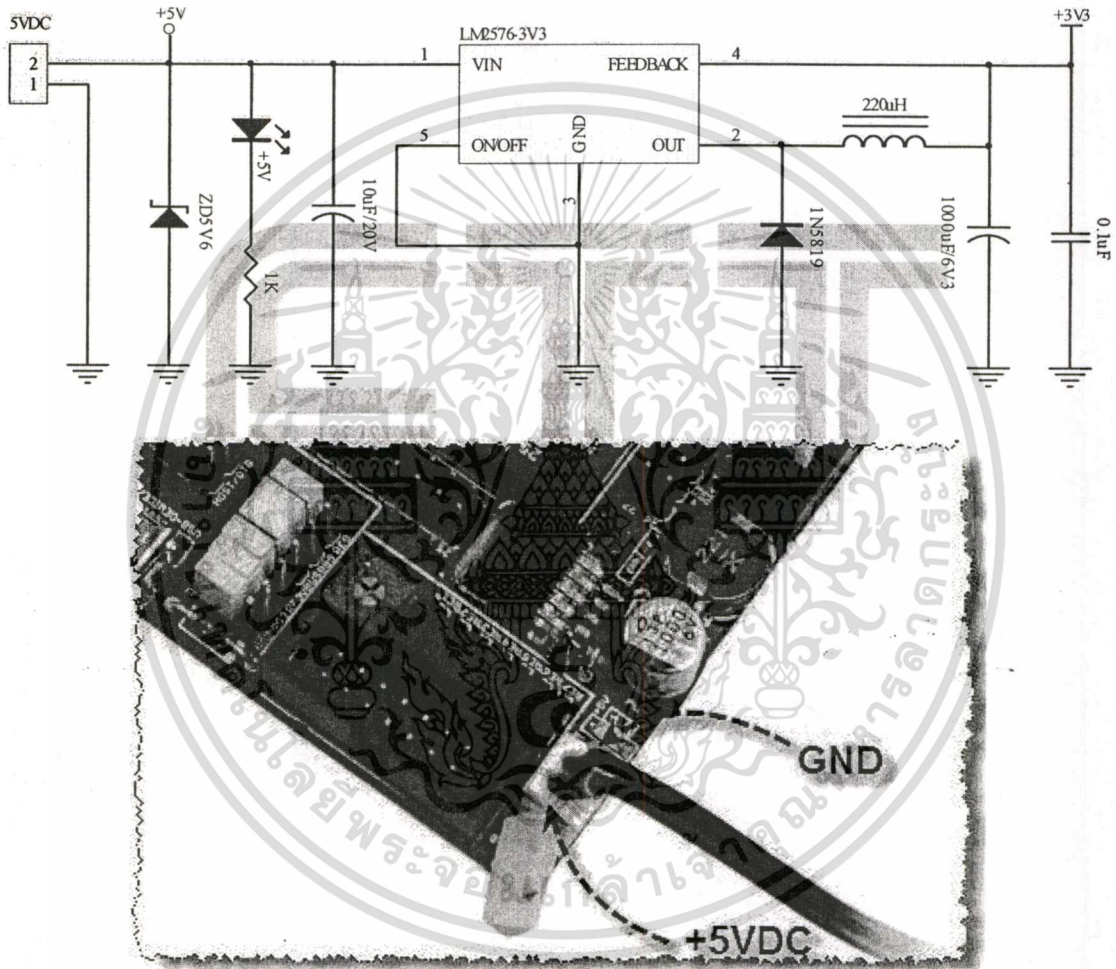
- 25LC256 CS ใช้ GPIO-RD12 ในการเชื่อมต่อ
- 25LC256 SO ใช้ SPI-SDI2 ในการเชื่อมต่อ
- 25LC256 SI ใช้ SPI-SDO2 ในการเชื่อมต่อ
- 25LC256 SCK ใช้ SPI-SCK2 ในการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## วงจรแหล่งจ่ายไฟ

วงจรแหล่งจ่ายไฟสามารถใช้งานได้กับไฟ +5VDC จาก ขั้วต่อ Block 2 PIN ภายนอก โดยไฟที่ต่อให้นี้จะถูกส่งต่อไปเข้าวงจร Regulate ขนาด +3V3 ซึ่งสามารถใช้ได้กับ Adapter จ่ายไฟขนาดแรงดัน +5V ของ อีทีที รุ่น ET-SWITCHING ADAPTER 5V 1.2A TYPE-B ได้ทันที

โดยวงจรภาคแหล่งจ่ายไฟในส่วนที่เป็นวงจร Regulate ขนาด 3.3V นั้นจะจ่ายให้กับ CPU และ วงจร I/O ของบอร์ดทั้งหมด

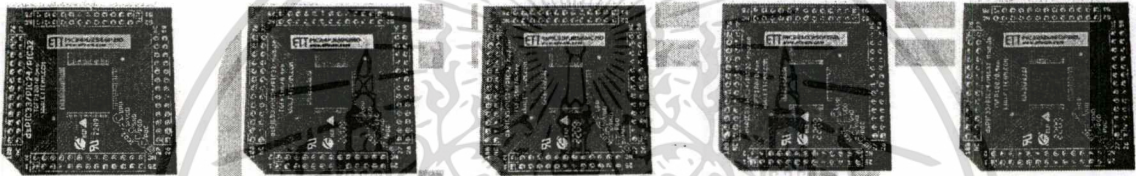
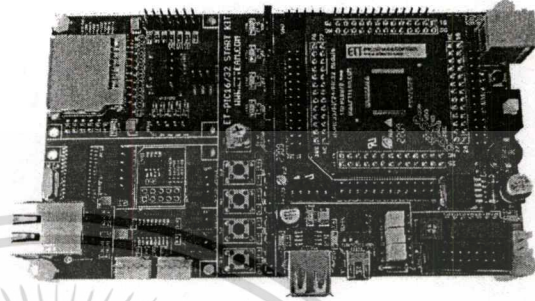


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

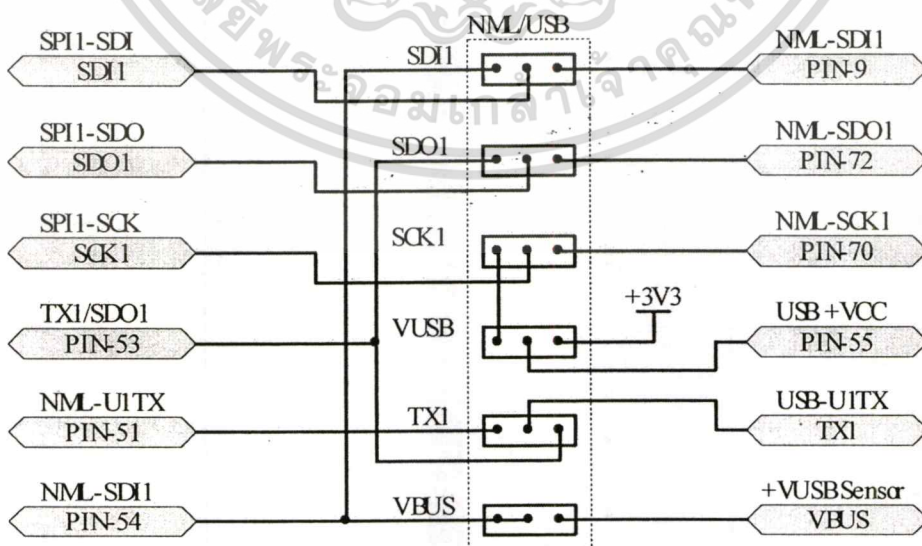
## การติดตั้งใช้งานโมดูล MCU

บอร์ด ET-PIC16/32 START KIT สามารถเลือกติดตั้งใช้งาน MCU 16/32 Bit ขนาด 100PIN ได้หลายตระกูล เช่น PIC24F/PIC24H/dsPIC33 และ PIC32 ซึ่งได้แก่

- PIC24FJ128GB110(USB)
- PIC24HJ256GP210
- dsPIC33FJ256MC710
- PIC32MX360F512L
- PIC32MX460F512L(USB)



ซึ่งในการเลือกติดตั้งโมดูล MCU ให้กับบอร์ดนั้น จำเป็นต้องทำการเลือกกำหนด Jumper สำหรับเลือกกลุ่มของ MCU ให้ถูกต้องก่อนด้วย โดยจะแบ่ง MCU ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มี USB และ ไม่มี USB โดยจะใช้ Jumper (USB/NML) จำนวน 6 ชุด สำหรับเลือกติดตั้ง MCU โดยในการเลือก Jumper ต้องกำหนดให้ให้ตรงกับ MCU เบอร์ที่จะติดตั้งใช้งานกับบอร์ดจริงๆด้วย ซึ่งต้องเลือกไว้ด้านใดด้านหนึ่ง พร้อมๆกัน ทั้ง 6 ชุด ระหว่าง USB หรือ NML ดังวงจรว



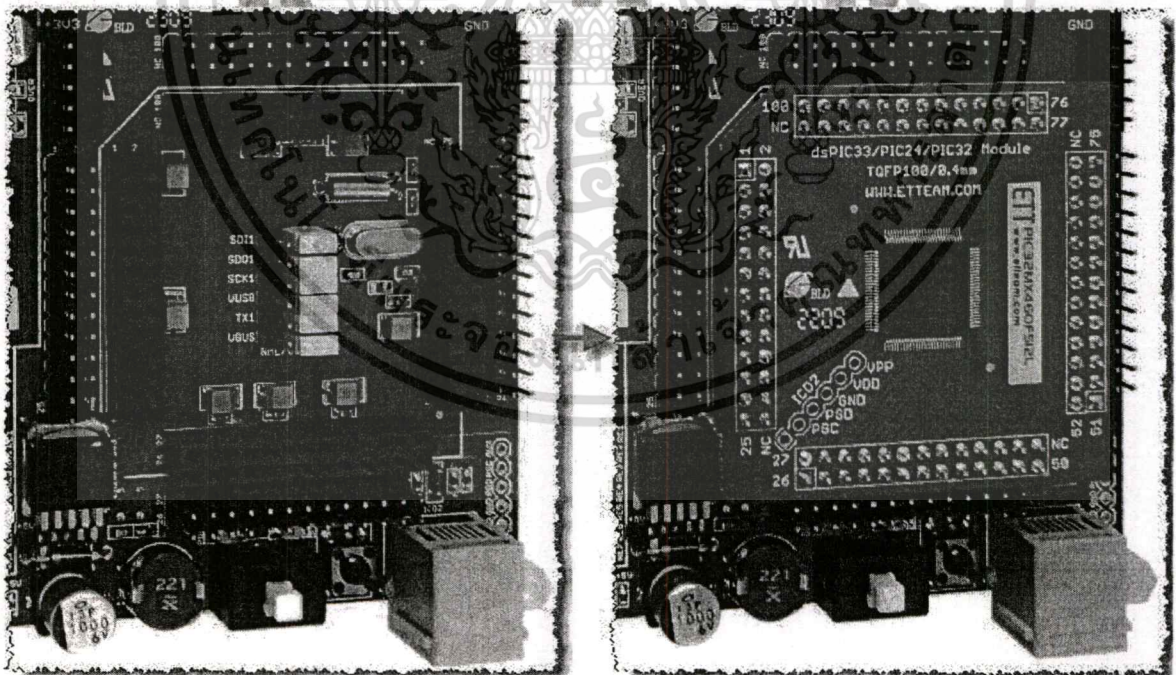
รูปแสดง วงจร Jumper สำหรับเลือกโมดูล MCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

จะเห็นได้ว่าหน้าที่ของ Jumper สำหรับทำหน้าที่เลือกโมดูล MCU ของบอร์ดนั้น จะทำหน้าที่สำหรับเลือกสลับสัญญาณของชุดสัญญาณ SPI1 และ UART-TX1 ให้ตรงกับขาสัญญาณ ของ MCU เบอร์ที่มี USB และ ไม่มี USB เนื่องจาก ขาสัญญาณของชุดสัญญาณ SPI1 และ UART-TX1 ของ MCU เบอร์ที่มี USB ฟังก์ชันนั้น จะมีตำแหน่งไม่ตรงกันกับ MCU เบอร์ที่ไม่มี USB ฟังก์ชันในตัว

| NML (ไม่มี USB )      | USB (มี USB)           |
|-----------------------|------------------------|
| PIN54 = RF7(SPI-SDI1) | PIN9 = RC4(SPI-SDI1)   |
| PIN53 = RF8(SPI-SDO1) | PIN72 = RD0(SPI-SDO1)  |
| PIN55 = RF6(SPI-SCK1) | PIN70 = RD10(SPI-SCK1) |
| -                     | PIN55 = +3.3V(VUSB)    |
| PIN51 = RF3(UART-TX1) | PIN53 = RF8(URT-TX1)   |
| -                     | PIN54 = +VBUS Sensor   |

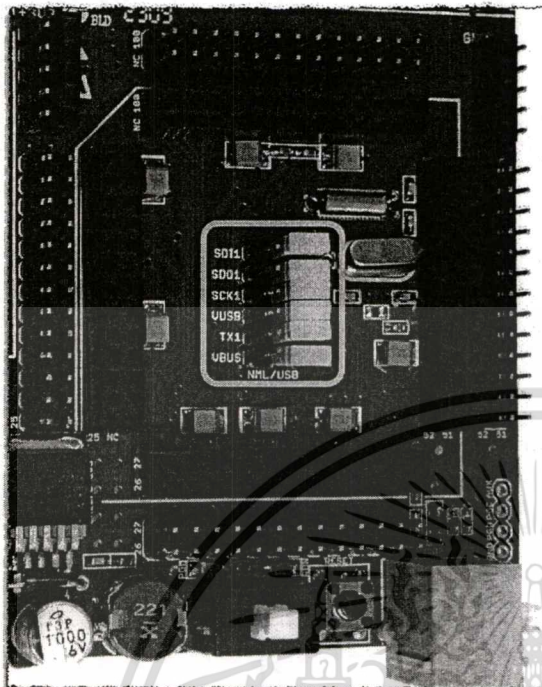
ตาราง แสดงสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามการเลือก Jumper



รูปแสดง ลักษณะการติดตั้งโมดูล MCU ให้กับบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

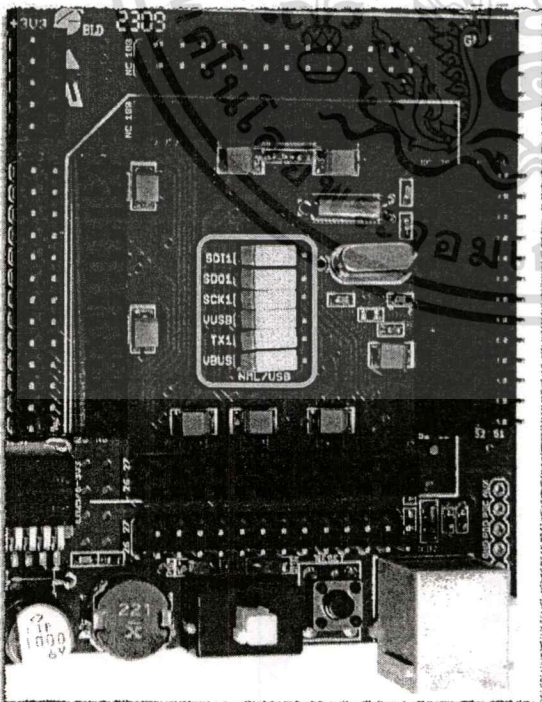
ETT.CO.,LTD. บังสิณ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเป็น-21- และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร WWW.ETT.CO.TH ซ์



- ถ้าต้องการติดตั้งใช้งาน โมดูล MCU ที่จัดอยู่ในกลุ่มเบอร์ที่มี USB ฟังก์ชันบรรจุไว้ในตัวอยู่ด้วย เช่น PIC24FJ128GB110 หรือ PIC32MX460F512L จะต้องทำการเลือก Jumper(NML/USB) ทั้ง 6 ชุด ไว้ทางด้าน USB ทั้งหมดก่อนติดตั้งโมดูล

○ PIC32MX460F512L(USB)

○ PIC24FJ128GB110(USB)



- ถ้าต้องการติดตั้งใช้งาน โมดูล MCU ที่จัดอยู่ในกลุ่มเบอร์ที่ไม่มี USB ฟังก์ชันบรรจุไว้ในตัว เช่น เบอร์ PIC24HJ128GP210 หรือ dsPIC33FJ256MC710 หรือ MCU ตระกูล PIC32 เบอร์ PIC32MX360F512L จะต้องเลือก Jumper(NML/USB) ทั้ง 6 ชุด ไว้ทางด้าน NML ทั้งหมดก่อนติดตั้งโมดูล

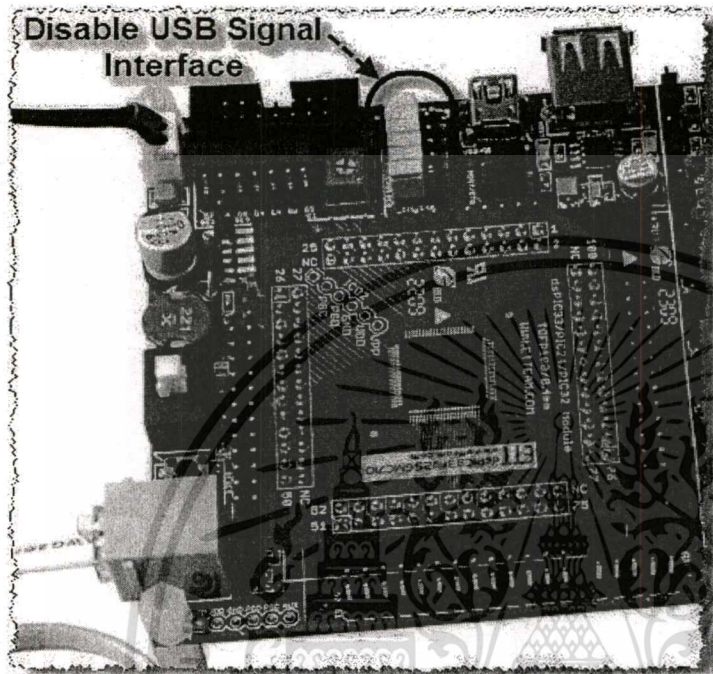
○ PIC32MX360F512(NML)

○ PIC24HJ128GP210(NML)

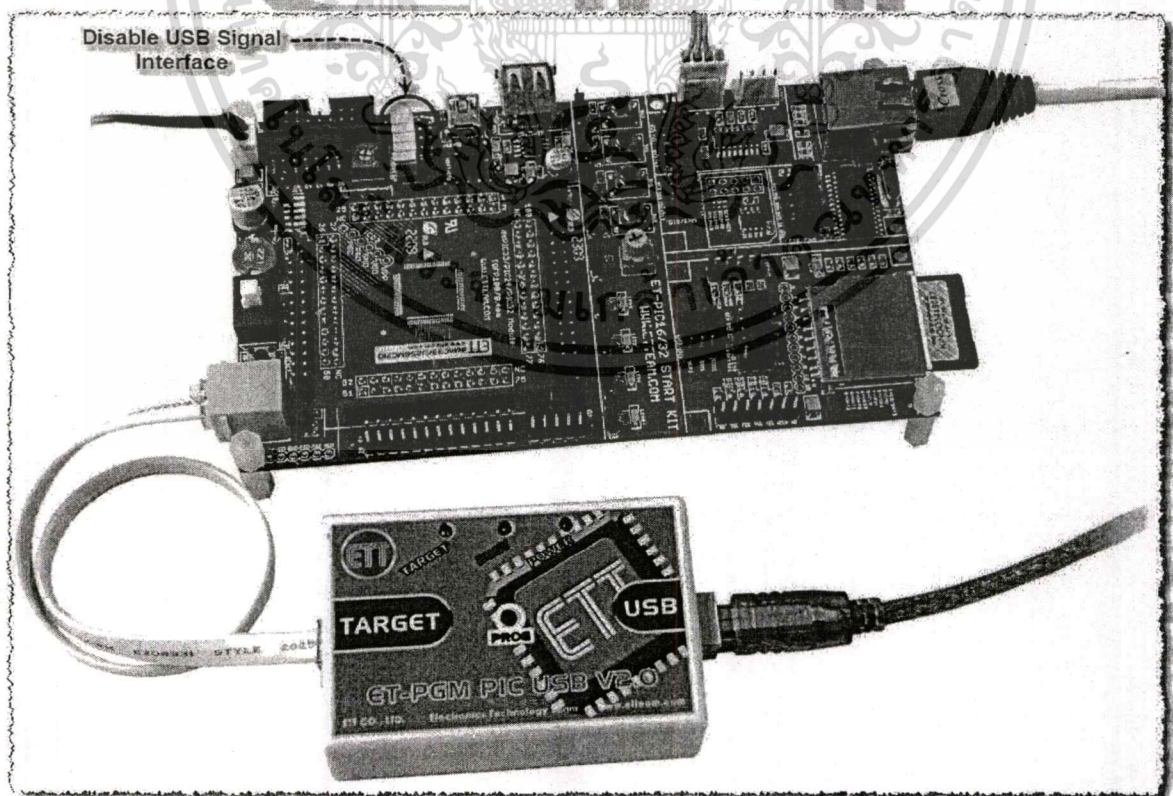
○ dsPIC33FJ256MC710(NML)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้ทำการติดตั้ง ไมครูล MCU เบอร์ที่ไม่มี USB Function ให้กับบอร์ดนั้น สามารถที่จะทำการ Disable สัญญาณเชื่อมต่อกับวงจร USB เพื่อนำสัญญาณส่วนนี้ไปใช้งานอื่นๆได้ตามความต้องการ ด้วย ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณ เพิ่มขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้อีก 6 เส้นด้วยกันคือ



- Pin18 (RE8)
- Pin20 (RB5)
- Pin51 (RF3)
- Pin55 (RF6)
- Pin56 (RG3)
- Pin57 (RG2)



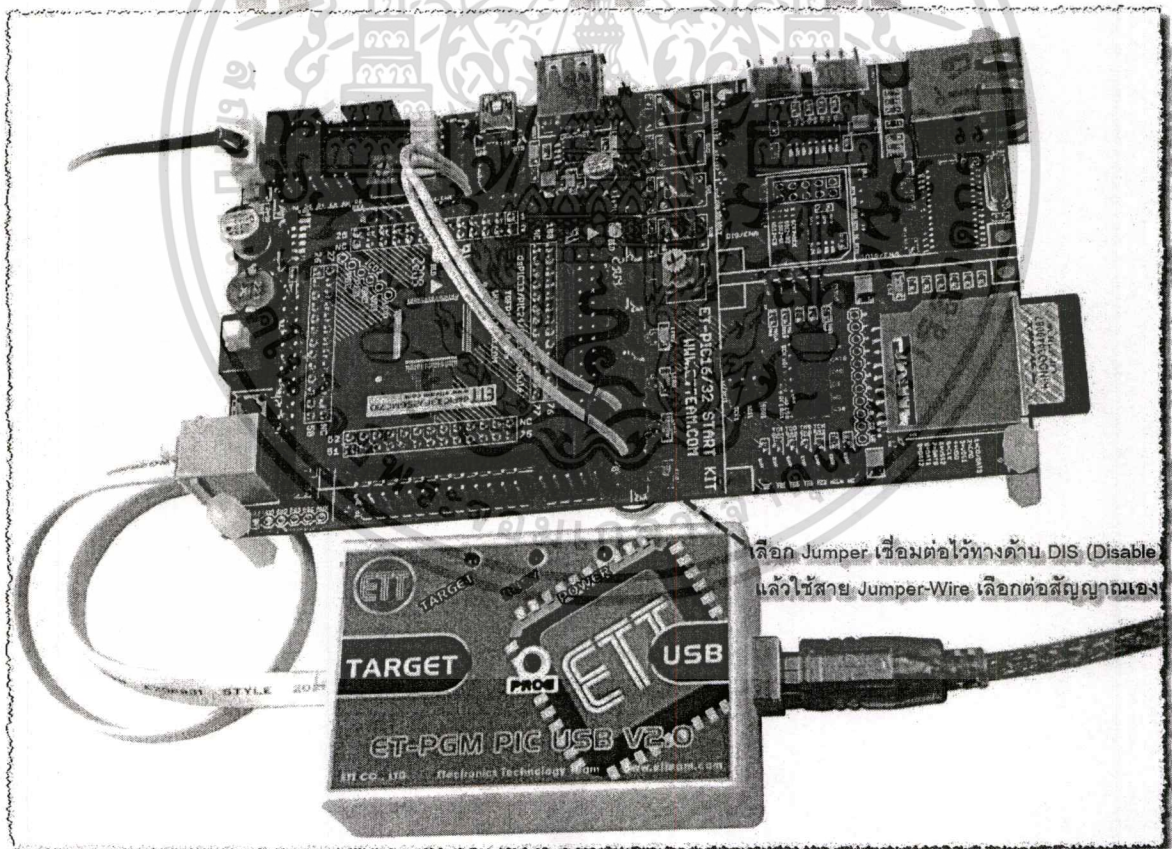
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



## การดัดแปลงสัญญาณเชื่อมต่อของวงจร I/O ต่างๆ

สำหรับวงจร I/O ส่วนต่างๆของบอร์ด ET-PIC16/32 START KIT นั้น ทางอีทีที ได้ออกแบบและเลือกสรร สัญญาณในการเชื่อมต่อไว้ให้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ผู้ใช้งาน ไม่ต้องการใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อวงจร I/O ของบอร์ด ตามที่ทางอีทีที ได้ออกแบบไว้ให้ ก็สามารถดัดแปลงแก้ไขได้โดยง่าย ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า วงจรเชื่อมต่อสัญญาณของวงจร I/O ทุกส่วน ในบอร์ดนั้น ถูกออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนได้ โดยใช้ Jumper ในการตัดต่อสัญญาณ

โดยถ้าผู้ใช้ต้องการใช้สัญญาณการเชื่อมต่อ ตามวงจรที่ทาง อีทีที กำหนดไว้ ก็ให้เลือก Jumper สำหรับกำหนดการเชื่อมต่อสัญญาณของวงจรส่วนนั้น ไว้ทางด้าน ENA(Enable) แต่ถ้าหากว่าผู้ใช้ไม่ต้องการใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อวงจร ตามวงจรที่ทาง อีทีที ออกแบบไว้ให้ ก็สามารถทำได้โดยการเลือก Jumper สำหรับกำหนดการเชื่อมต่อสัญญาณของวงจรส่วนนั้น ไว้ทางด้าน DIS(Disable) แล้วใช้สาย Jumper Wire ทำการเชื่อมต่อสัญญาณจาก Pin ของ MCU มายังวงจรที่ต้องการเอง ดังตัวอย่าง



เลือก Jumper เชื่อมต่อไว้ทางด้าน DIS (Disable) แล้วใช้สาย Jumper-Wire เลือกต่อสัญญาณเอง

รูปแสดง ตัวอย่างการดัดแปลงสัญญาณเชื่อมต่อวงจร I/O ของ LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## การพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด

ในการพัฒนาโปรแกรมของบอร์ดนั้นจะแยกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ เครื่องมือที่เป็น Software และเครื่องมือที่เป็น Hardware ซึ่งในส่วนของ Software นั้นขอแนะนำให้ใช้ MPLAB และ C-Compiler ของ Microchips เพราะสามารถใช้ Code ตัวอย่าง และ Library ต่างๆ ที่ทาง Microchips แจกจ่ายให้ใช้กันได้ฟรี โดย โปรแกรมต่างๆ สามารถ Download มาใช้งานได้ฟรีจากเว็บไซต์ของ Microchips

ถ้าใช้ MCU ตระกูล PIC24F หรือ PIC24H หรือ dsPIC33 นั้น ขอแนะนำให้ใช้ชุดโปรแกรมพัฒนา MPLAB C-Compiler สำหรับ PIC24 และ dsPIC (MPLAB\_C\_PIC24Studentv3\_11B.EXE)

ถ้าใช้ MCU ตระกูล PIC32 นั้นขอแนะนำให้ใช้ ชุดโปรแกรมพัฒนาโปรแกรมภาษาซีของ Microchips คือ MPLAB C-Compiler สำหรับ PIC32 (MPLABC32-v105-Evaluation.EXE)

สำหรับในส่วนของเครื่องมือพัฒนาที่เป็น Hardware นั้น ผู้ใช้สามารถเลือกใช้เครื่องมือพัฒนาที่สนับสนุนและรองรับการใช้งานกับ MCU ตระกูล PIC16/32 ของ Microchips เบอร์ที่ต้องการจะใช้งาน และสามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรม MPLAB ของ Microchips ได้ ซึ่งอาจใช้ Hardware ของทาง Microchips โดยตรง หรือ Hardware จากผู้ผลิตรายอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับของ Microchips ที่มีการจัดซื้อสัญญาผูกมัดต่อตรงตามมาตรฐาน ICD2 ของ Microchips ได้ทันที อาทิเช่น

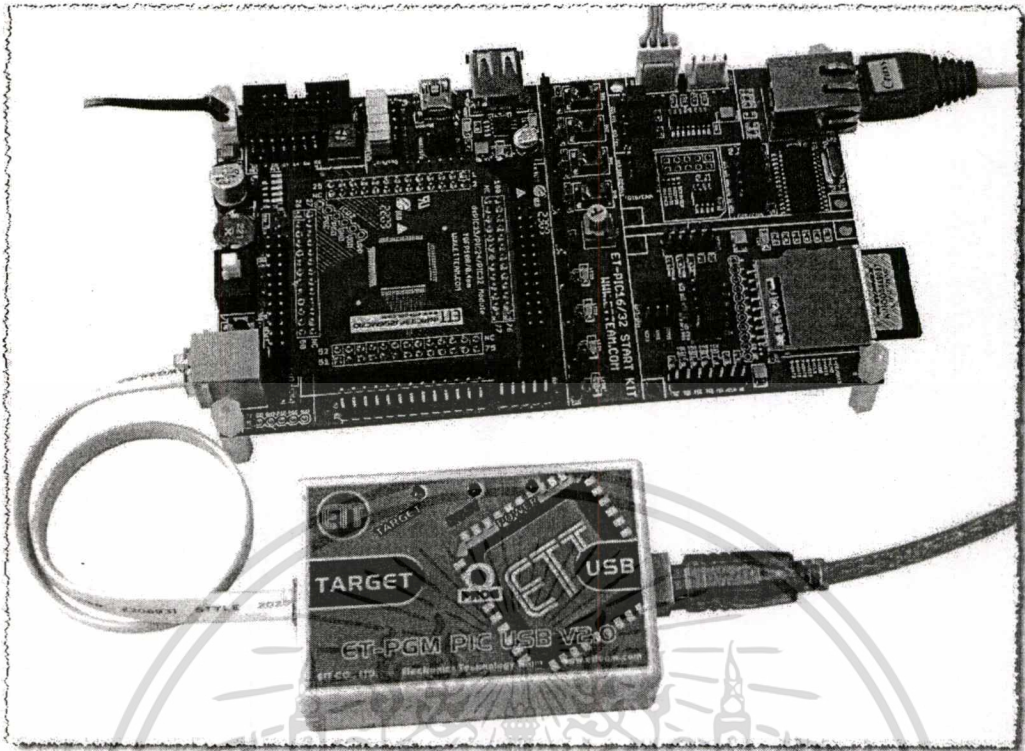
- REAL ICE ของ Microchips หรือ เทียบเท่า
- PICKIT2 ของ Microchips หรือ ET-PGM PIC USB ของ อีทีที หรือเทียบเท่า
- PICKIT3 ของ Microchips หรือ เทียบเท่า
- ICD2 ของ Microchips หรือ ET-ICDX ของ อีทีที หรือ เทียบเท่า
- ICD3 ของ Microchips หรือ เทียบเท่า

| Microchips Tools | PIC24FJ128GB110 |       | PIC24HJ256GP210 |       | dsPIC33FJ256MC710 |       | PIC32MX360F512L |       | PIC32MX460F512L |       |
|------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|                  | Program         | Debug | Program         | Debug | Program           | Debug | Program         | Debug | Program         | Debug |
| Real ICE         | √               | √     | √               | √     | √                 | √     | √               | √     | √               | √     |
| PICKit2          | √               | √     | √               | √     | √                 | √     | -               | -     | -               | -     |
| PICKit3          | √               | √     | √               | √     | √                 | √     | -               | -     | -               | -     |
| ICD2             | √               | √     | √               | √     | √                 | √     | √               | √     | √               | √     |
| ICD3             | √               | √     | √               | √     | √                 | √     | √               | √     | √               | √     |

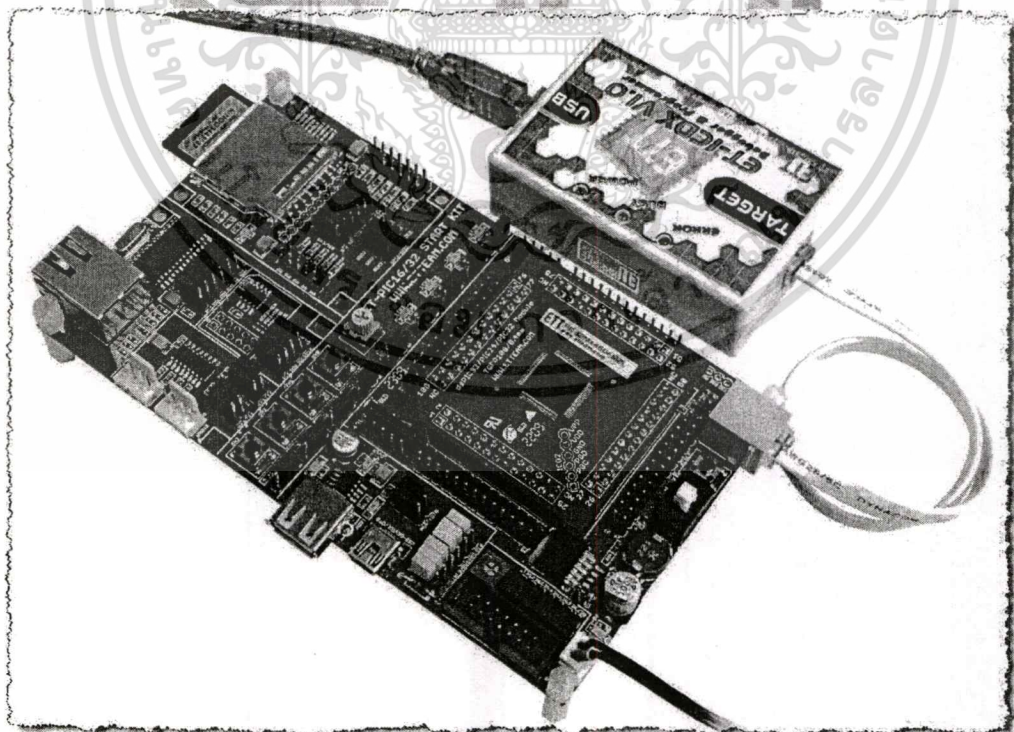
ตาราง แสดง คุณสมบัติของเครื่องมือ รุ่นต่างๆที่สามารถใช้งานร่วมกับบอร์ดด้วย MPLAB V8.30 ได้

**\*\*\*หมายเหตุ\*\*\*** PICKit2 ของ Microchips สามารถใช้ ET-PGM PIC USB ของ อีทีที ทดแทนได้ และ ICD2 ของ Microchips สามารถใช้ ET-ICDX ของ อีทีที ทดแทนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

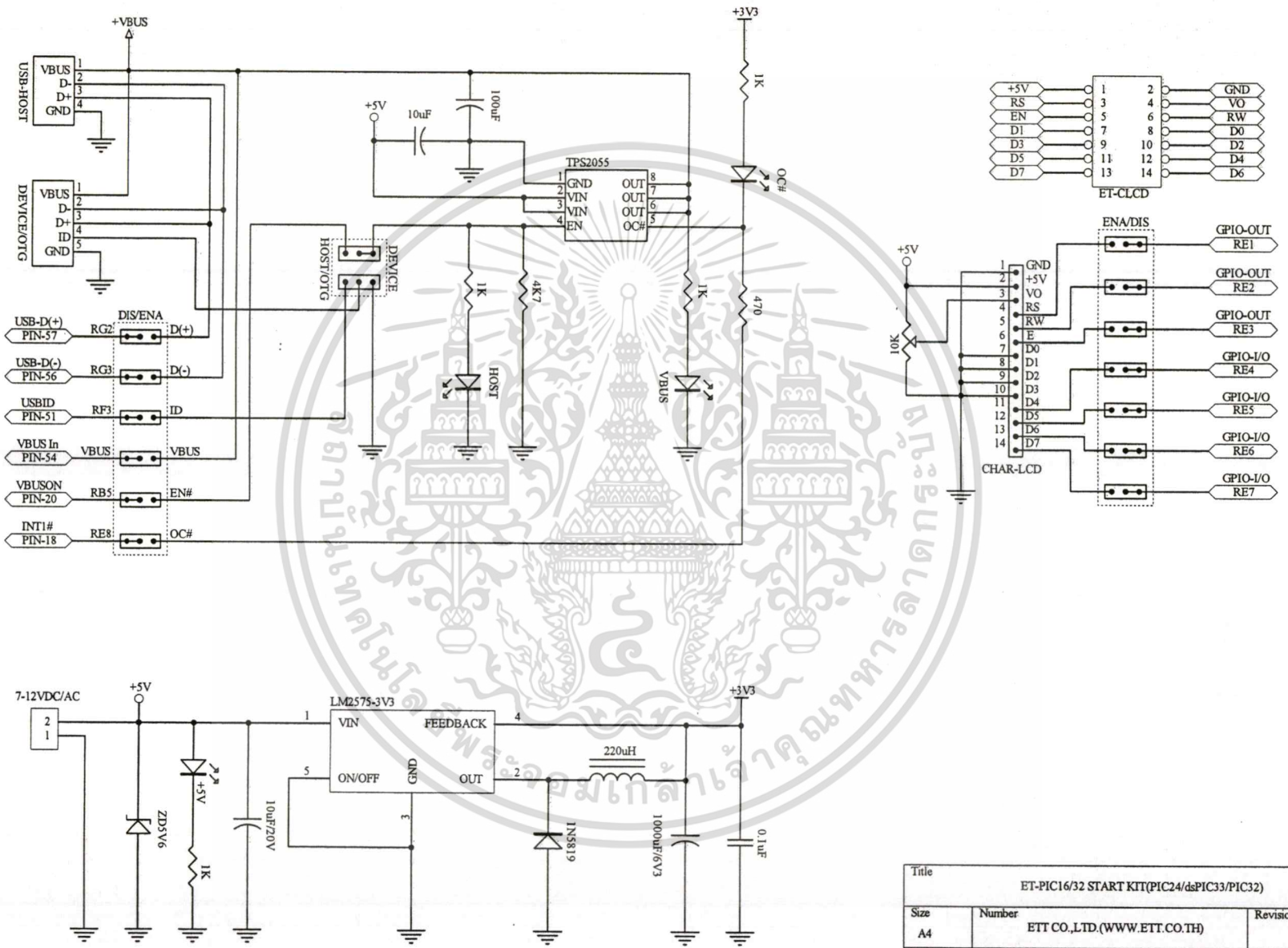


รูปแสดงตัวอย่างการพัฒนาโปรแกรมร่วมกับชุด ET-PGM PIC USB V2.0 (เทียบเท่า Pickit2) สามารถใช้ได้กับ โมดูล MCU ตระกูล PIC24F, PIC24H และ dsPIC33 (ไม่รองรับ PIC32)

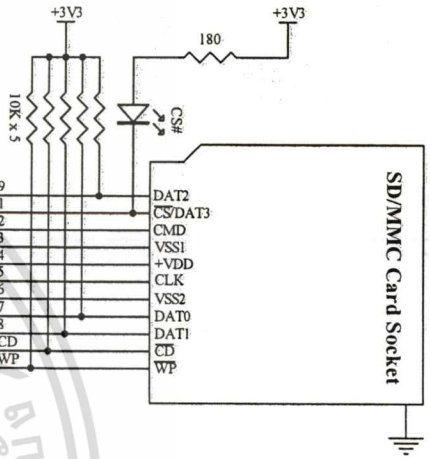
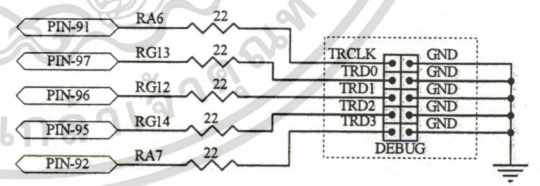
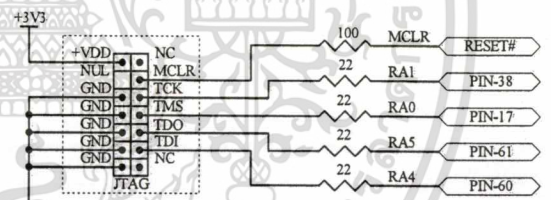
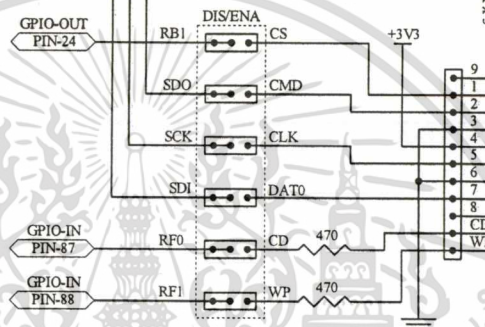
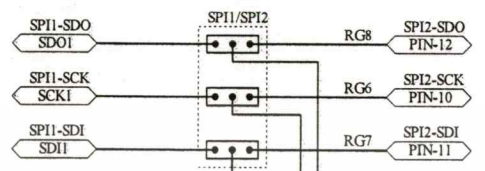
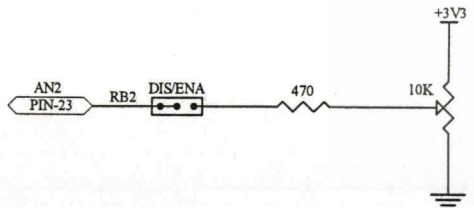
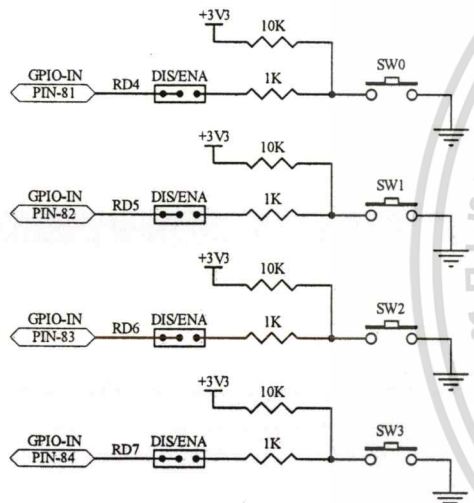
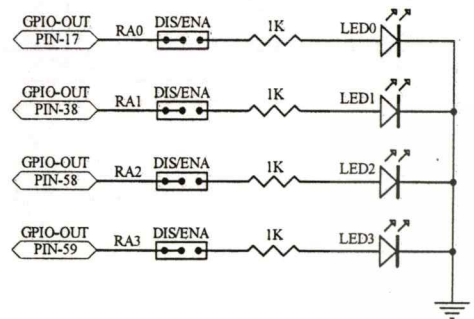


รูปแสดงตัวอย่างการพัฒนาโปรแกรมร่วมกับชุด ET-ICDX V1.0 (เทียบเท่า ICD2) สามารถใช้ได้กับ โมดูล MCU ตระกูล PIC24F, PIC24H, dsPIC33 และ PIC32

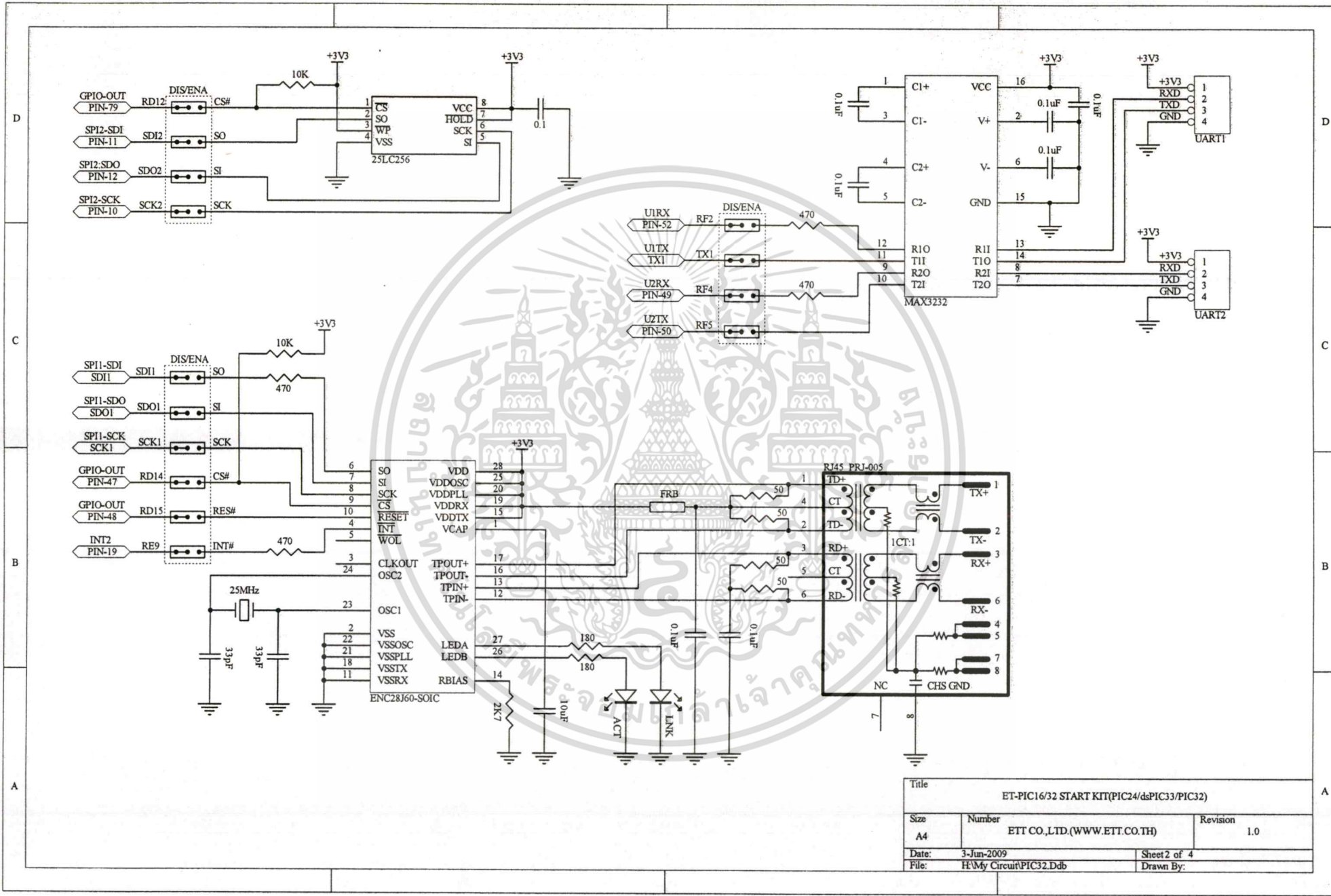
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



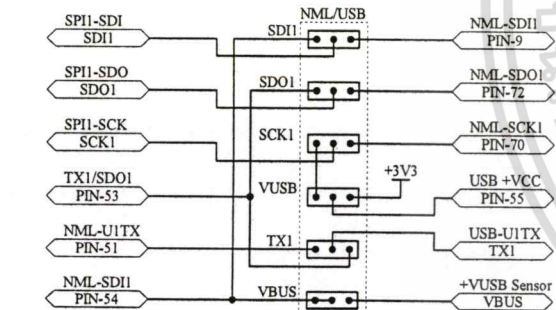
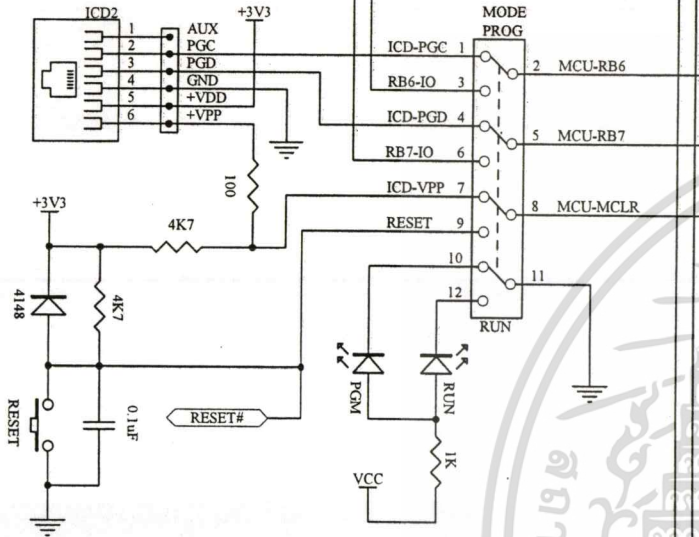
|  |                             |              |
|--|-----------------------------|--------------|
| Title                                      |                             |              |
| ET-PIC16/32 START KIT(PIC24/dsPIC33/PIC32) |                             |              |
| Size                                       | Number                      | Revision     |
| A4   | ETT CO.,LTD.(WWW.ETT.CO.TH) | 1.0          |
| Date:                                      | 3-Jun-2009                  | Sheet 4 of 4 |
| File:                                      | H:\My Circuit\PIC32.Ddb     | Drawn By:    |



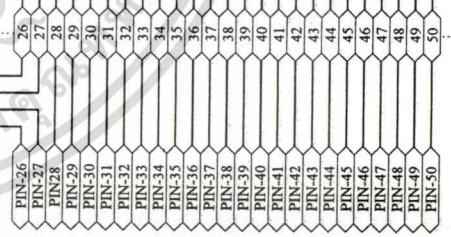
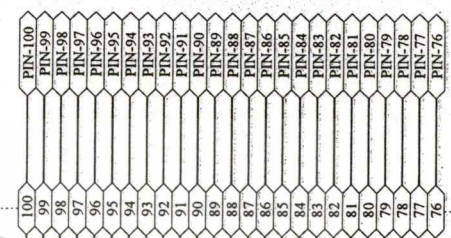
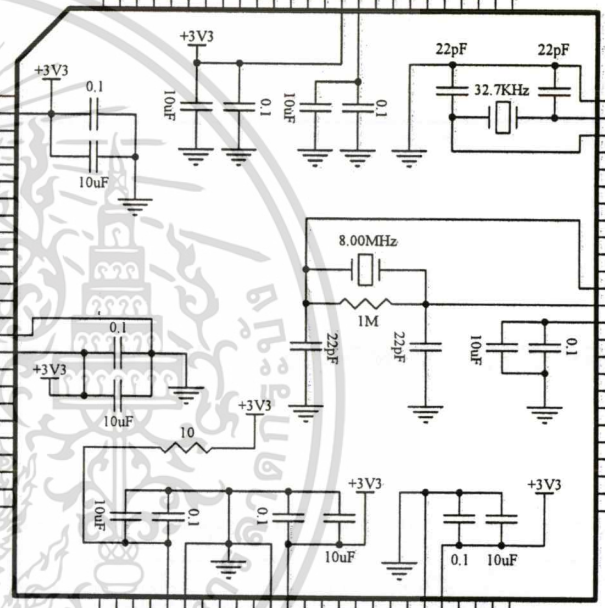
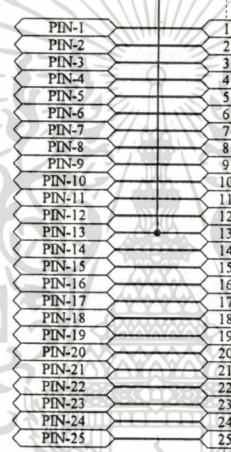
|  |                             |              |
|--|-----------------------------|--------------|
| Title                                      |                             |              |
| ET-PIC16/32 START KIT(PIC24/dsPIC33/PIC32) |                             |              |
| Size                                       | Number                      | Revision     |
| A4   | ETT CO.,LTD.(WWW.ETT.CO.TH) | 1.0          |
| Date:                                      | 3-Jun-2009                  | Sheet 3 of 4 |
| File:                                      | H:\My Circuit\PIC32.Ddb     | Drawn By:    |



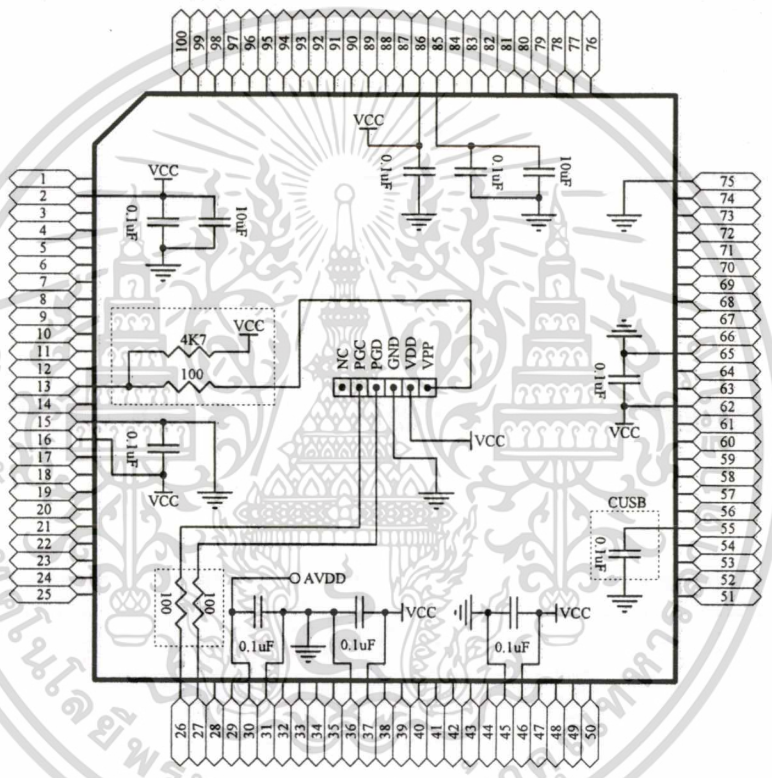
|       |                             |              |  |  |  |
|-------|-----------------------------|--------------|--|--|--|
| Title |                             |              | ET-PIC16/32 START KIT(PIC24/dsPIC33/PIC32) |  |  |
| Size  | Number                      | Revision     |  |  |  |
| A4    | ETT CO.,LTD.(WWW.ETT.CO.TH) | 1.0          |  |  |  |
| Date: | 3-Jun-2009                  | Sheet 2 of 4 |  |  |  |
| File: | H\My Circuit\PIC32.Ddb      | Drawn By:    |  |  |  |



| NML Select    | USB Select    |
|---------------|---------------|
| PIN-54 = SDI1 | PIN-9 = SDI1  |
| PIN-53 = SDO1 | PIN-72 = SDO1 |
| PIN-55 = SCK1 | PIN-70 = SCK1 |
| —             | PIN55 = +3V3  |
| PIN-51 = TX1  | PIN-53 = TX1  |
| —             | PIN54 = VBUS  |



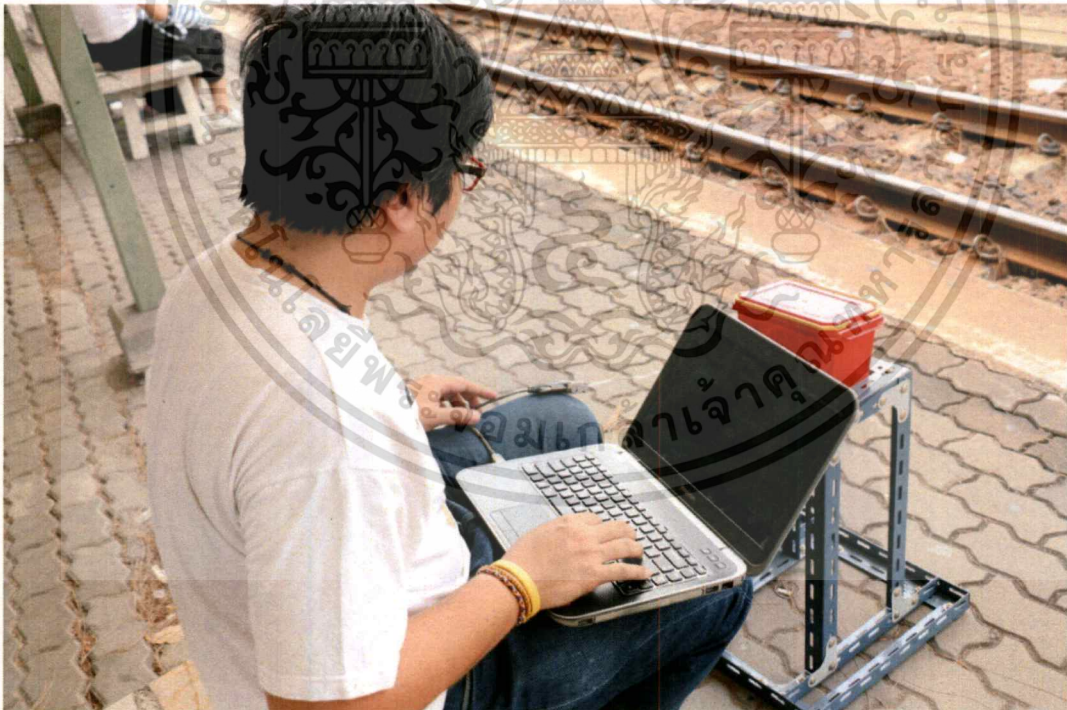
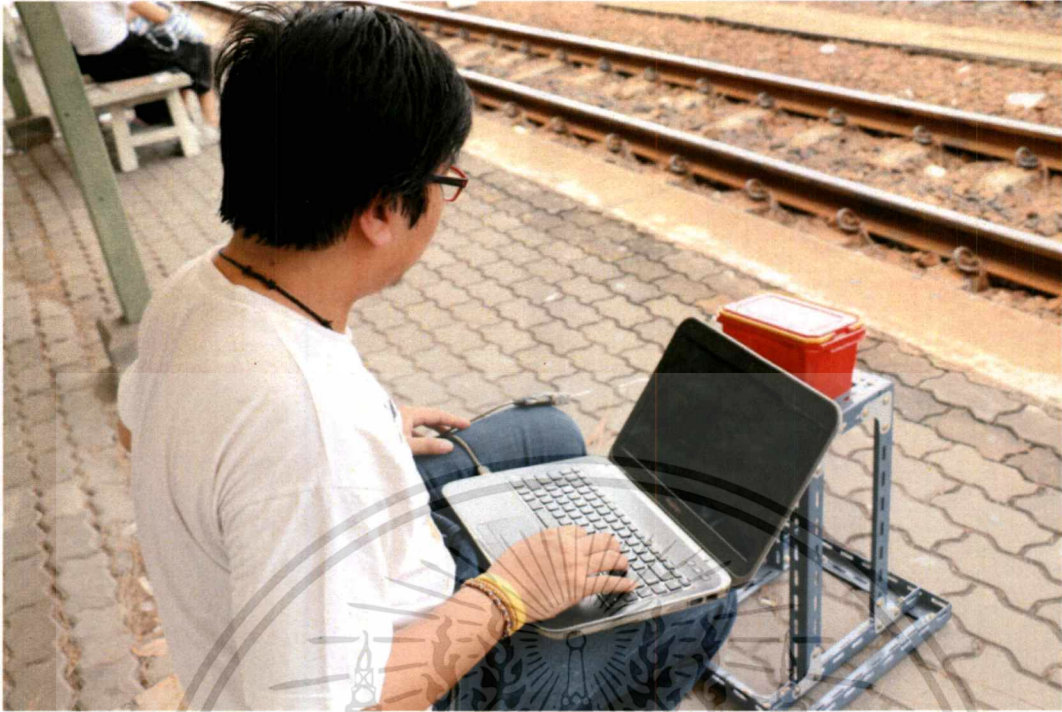
|   |                                       |                 |
|---|---------------------------------------|-----------------|
| Title<br>ET-PIC16/32 START KIT(PIC24/dsPIC33/PIC32) |                                       |                 |
| Size<br>A4  | Number<br>ETT CO.,LTD.(WWW.ETT.CO.TH) | Revision<br>1.0 |
| Date:<br>13-Jun-2009                                | Sheet1 of 4                           |                 |
| File:<br>H\My Circuit\PIC32.Ddb                     | Drawn By:                             |                 |



|       |                             |              |                            |  |  |
|-------|-----------------------------|--------------|----------------------------|--|--|
| Title |                             |              | ET-PIC16/32 100 PIN MODULE |  |  |
| Size  | Number                      | Revision     |                            |  |  |
| A4    | ETT CO.,LTD.(WWW.ETT.CO.TH) | 1.0          |                            |  |  |
| Date: | 14-Jul-2009                 | Sheet 1 of 1 |                            |  |  |
| File: | H:\My Circuit\PIC32.Ddb     | Drawn By:    |                            |  |  |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



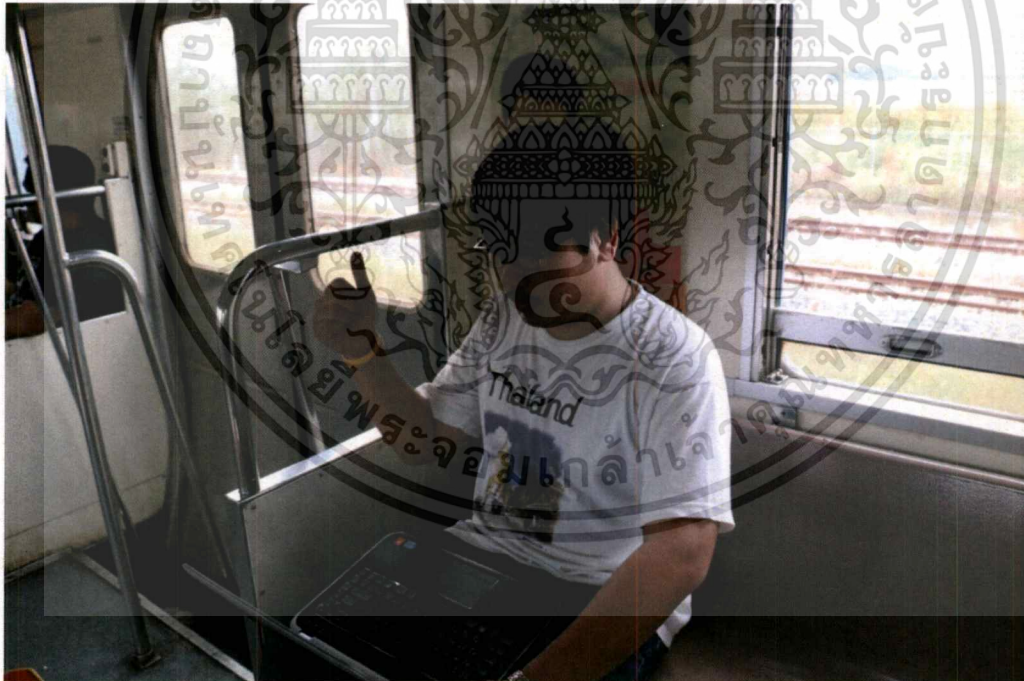
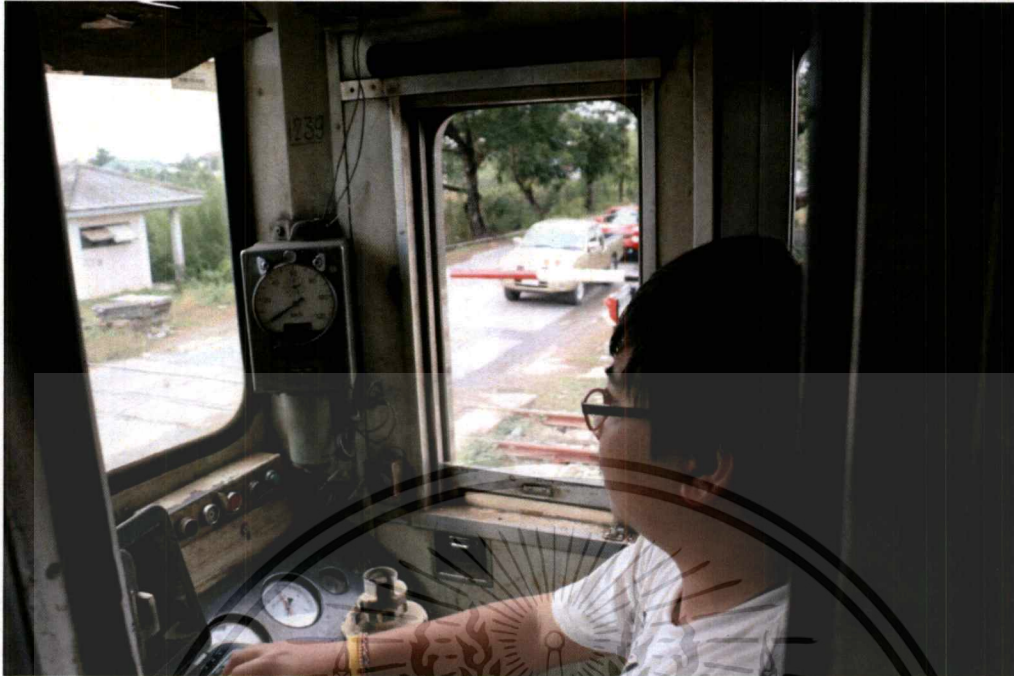
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



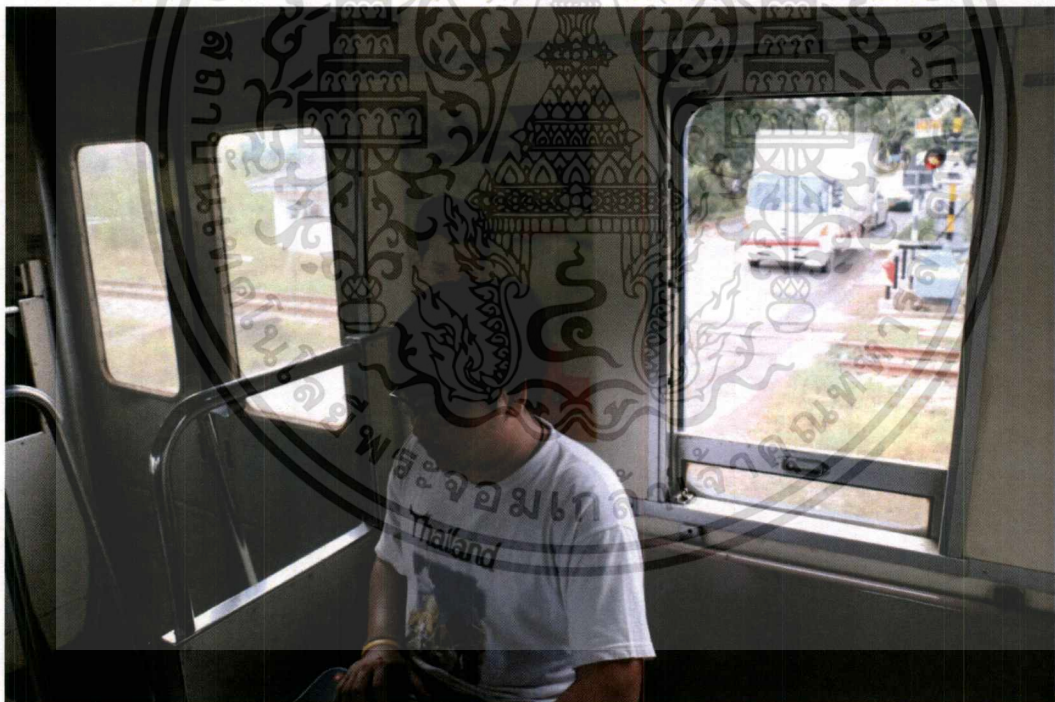
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



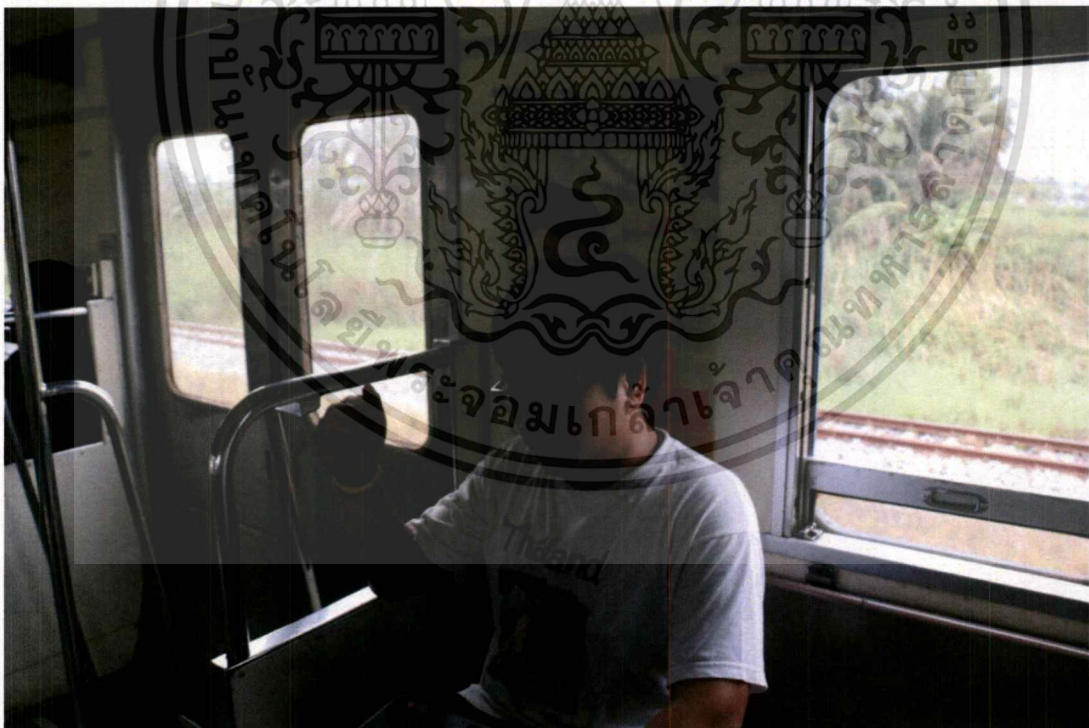
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

|                    |  |
|--------------------|--|
| ชื่อ - นามสกุล     | นาย วชิรวิทย์ โกมลพิสิฐ  |
| วัน เดือน ปี เกิด  | 9 กันยายน 2532   |
| ที่อยู่            | 32/3 หมู่ 1 ต.ห้วยกะปิ อ.เมือง จ.ชลบุรี  |
| ประวัติการศึกษา    | 2555 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการวัดคุม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ความชำนาญเฉพาะด้าน | 1.)ออกแบบระบบการควบคุม<br>2.)ออกแบบระบบวิชั่น  |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้