

การศึกษาระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า
THE MONITORING TRACTION DRIVE SYSTEM OF THE ELECTRIC VEHICLE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปีการศึกษา 2563

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

THE MONITORING TRACTION DRIVE SYSTEM OF THE ELECTRIC VEHICLE



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR'S DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระโยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปีการศึกษา 2563

การศึกษาระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า
THE MONITORING TRACTION DRIVE SYSTEM OF THE ELECTRIC VEHICLE



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. สุรินทร์ คำฝอย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

ผู้จัดทำ

- 
1. นางสาวกุลนันท์ แก้วศรีงาม
 2. นายณัฐภัทร สารเพ็ญ
 3. นางสาวณิชาภัทร ศรีแก้ว
 4. นายธนพล บุญมาเลิศ



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ คำฝอย)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การศึกษาระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

นางสาวกุลนันท์ แก้วศรีงาม

นายณัฐภัทร สารเพ็ญ

นางสาวณิชชาภัทร ศรีแก้ว

นายธนพล บุญมาเลิศ

รศ.ดร. สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปัญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาระบบตรวจติดตามสำหรับระบบขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า เพื่อแสดงผลการทำงานของระบบขับเคลื่อนรถยนต์พลังงานไฟฟ้าขณะใช้งานจริง ประกอบด้วยระบบตรวจติดตามของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน และระบบตรวจติดตามของมอเตอร์ซึ่งได้รับการพัฒนาในวิทยานิพนธ์นี้ สามารถตรวจสอบระดับการอัดประจุแบตเตอรี่ แรงดันแบตเตอรี่รวมของระบบ แรงดันแบตเตอรี่ต่อเซลล์ กระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ อุณหภูมิเซลล์แบตเตอรี่ ความเร็วมอเตอร์ กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ อุณหภูมิของมอเตอร์และชุดควบคุมมอเตอร์ โดยการรับข้อมูลของแบตเตอรี่และมอเตอร์จะใช้การสื่อสารแบบ CAN ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการประมวลผล และนำข้อมูลที่ได้ไปปรับเทียบบน PLC และแสดงค่าผ่านทางหน้าจอ REAL Dashboard ค่าที่แสดงผลได้สามารถวัดเทียบค่าได้ใกล้เคียงกับอุปกรณ์วัดมาตรฐาน โดยการตรวจสอบความถูกต้องด้วยการสอบเทียบมาตรฐาน การทดลองแสดงผลผ่านทางหน้าจอ REAL Dashboard สามารถแสดงผลขณะใช้งานจริงได้และสามารถแจ้งเตือนเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในทั้งระบบตรวจติดตามของมอเตอร์และระบบตรวจติดตามของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน วิธีการนี้สามารถนำไปปรับใช้ได้จริงกับรถยนต์พลังงานไฟฟ้าเพื่อแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ขับเคลื่อนและสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดของระบบขับเคลื่อน นอกจากนี้ระบบตรวจติดตามสามารถเก็บข้อมูลการทำงานของระบบไว้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและสามารถใช้ข้อมูลในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในระบบขับเคลื่อนรถยนต์พลังงานไฟฟ้าในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

THE MONITORING TRACTION DRIVE SYSTEM OF THE ELECTRIC VEHICLE

Ms. Kullanan	Kaewsringam	
Mr. Nuttapat	Sarnpen	
Ms. Nichapat	Sirkaew	
Mr. Thanapon	Boonmalert	
Assoc. Prof. Dr. Surin	Khomfoi	Advisor
Mr. Chaitat	Maneeinn	Adivisor

ABSTRACT

The monitoring traction drive system of electric vehicle to monitor the performance of the traction drive unit in real-time, consisting of a monitoring system for lithium-ion batteries and a monitoring system for traction motor is developed in this thesis. The monitoring data are the parameters including state of charge (SOC) of battery, battery voltage in each cell, battery current, battery temperature, speed of motor, motor current, motor temperature and an inverter temperature. The CAN (Controlled Area Network) Communication is used to transfer all data between the microcontroller and proposed PLC system (Programable Logic Control) together with a display screen called REAL dashboard. The proposed measured values can be measured as close to the standard measuring equipment by validating with standard calibration. The REAL Dashboard can also display in real-time and able to notify when faults occur in both the traction drive and battery units. The proposed technique can be applied in electric vehicle to monitor the operation of the traction devices and can detect faults in the traction drive system. Additionally, the monitoring system can store data of the operation of the traction drive system for further analysis and can also use the data for preventive maintenance of the electric vehicle traction system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ คำฝอย และอาจารย์ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา และคุณภูมิพัฒน์ จำปีทอง ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาแนะนำแนวทาง ให้ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการมาด้วยดีตลอด รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ Renewable Energy Applications Laboratory ที่เอื้อเพื่อสถานที่ และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆ ในการทำโครงการอย่างครบครัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพล โพธิ์พงษ์ วิวัฒน์ และคุณปณณวัฒน์ เพียรจัด ที่ให้คำแนะนำในการทำโครงการและการใช้งานอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ใน Renewable Energy Applications Laboratory ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือจนแล้วจบโครงการ

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ คุณบุญวีร์ ฉายศิริได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี และคุณกมลวรรณ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกภายในโครงการ

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจ อีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญตาราง.....	IX
บทที่ 1.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ.....	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ.....	2
1.5 แผนการดำเนินโครงการ.....	3
บทที่ 2.....	6
2.1 บทนำ.....	6
2.2 รถยนต์พลังงานไฟฟ้า.....	6
2.3 ทฤษฎีและหลักการทำงานของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า.....	6
2.4 หลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ.....	6
2.5 โครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ.....	7
2.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ.....	10
2.7 หลักการทำงานของกล่องควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ.....	12
2.8 แบตเตอรี่ในยานยนต์.....	17
2.9 แบตเตอรี่และการจัดการแบตเตอรี่.....	21
2.10 การสื่อสารแบบ CAN (CONTROL AREA NETWORK : CAN BUS).....	23
2.11 การสื่อสารแบบ TTL (TRANSISTOR-TRANSISTOR LOGIC).....	25
2.12 การสื่อสารแบบ RS232 (RECOMMENDED STANDARD NO. 232).....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์นี้เป็นของเจ้าของเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3.....	6
3.1 บทนำ.....	6
3.2 การเชื่อมต่อวงจรชุดทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์.....	6
3.3 การออกแบบวงจรกำลัง.....	30
3.4 การออกแบบวงจรควบคุม.....	31
3.5 การออกแบบวงจรไฟเลี้ยง.....	33
3.6 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณการสื่อสาร.....	33
3.7 โปรแกรม CAN BUS ANALYZER.....	35
3.8 โปรแกรม PLC ของบริษัท SIEMENS.....	36
3.9 การใช้เซ็นเซอร์ในการวัดกระแสเพื่อหาSOC (STATE OF CHARGE).....	37
3.10 การทดลองเพื่อหาค่าทอร์คของมอเตอร์.....	38
3.11 โปรแกรม NODE-RED DASHBOARD.....	38
3.12 การแปลงความเร็วรอบมอเตอร์เป็นความเร็วขณะขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า.....	39
บทที่ 4.....	41
4.1 บทนำ.....	41
4.2 โปรแกรมการแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า.....	41
4.3 ผลการทดลอง.....	43
4.4 ผลการทดสอบการแสดงผลข้อมูลใน PLC.....	48
4.5 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่างๆและแจ้งเตือนผ่านไลน์.....	50
4.6 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า.....	50
บทที่ 5.....	41
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	41
5.2 ปัญหาและข้อจำกัดของโครงการ.....	41
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาการวิจัย.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใด **เอกสารอ้างอิง** เป็นให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก	56
ภาคผนวก ข	63
ภาคผนวก ค	64
ภาคผนวก ง	69



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	แผนผังการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้า	6
รูปที่ 2.2	มอเตอร์ชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้ในรถยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.3	ขดลวดในสล็อตของสเตเตอร์ใน Induction Motor	8
รูปที่ 2.4	โรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel cage Rotor)	9
รูปที่ 2.5	การเกิดแรงบิดที่ตัวนำของโรเตอร์	9
รูปที่ 2.6	รูปแบบสัญญาณของเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์	10
รูปที่ 2.7	ภาพตัดขวางของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ	11
รูปที่ 2.8	วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของสเตเตอร์ต่อเฟส	11
รูปที่ 2.9	วงจรสมมูลทางไฟฟ้าต่อเฟสของมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อพิจารณาทางด้านสเตเตอร์	12
รูปที่ 2.10	แบบจำลองการเดินสายไฟของคอนโทรลเลอร์	13
รูปที่ 2.11	แบบจำลองของคอนโทรลเลอร์	14
รูปที่ 2.12	คอนโทรลเลอร์	14
รูปที่ 2.13	แสดงการต่อวงจรคอนโทรลเลอร์ของมอเตอร์	15
รูปที่ 2.14	แบบจำลองของวงจรกำลัง	16
รูปที่ 2.15	แบบจำลองของการแปลงแกน	17
รูปที่ 2.16	ส่วนประกอบของแบตเตอรี่	18
รูปที่ 2.17	Region chart ของค่าความหนาแน่นพลังงานและพลังงานจำเพาะของแบตเตอรี่ประเภทต่างๆ	19
รูปที่ 2.18	การเปรียบเทียบองค์ประกอบของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่างๆ	21
รูปที่ 2.19	การรับส่งสัญญาณของคู่สายที่ใช้พันเป็นเกลียวและคู่สายเส้นตรง	25
รูปที่ 2.20	สัญญาณ TTL ระดับ 0-5 V และ 0-3.3 V	25
รูปที่ 2.21	คุณสมบัติการสื่อสาร RS232 เปรียบเทียบกับมาตรฐานการสื่อสารอนุกรมอื่นๆ	26
รูปที่ 2.22	การรับ-ส่งข้อมูลของ RS232	27
รูปที่ 3.1	แผนผังการเชื่อมต่อชุดทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์	29
รูปที่ 3.2	อุปกรณ์ในการทดสอบแบตเตอรี่	29
รูปที่ 3.3	แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลอง	30
รูปที่ 3.4	วงจร chipKIT Max 32	31
รูปที่ 3.5	แผนภาพการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC32MX795F512L	32
รูปที่ 3.6	โครงสร้างวงจรไฟเลี้ยง 3.3 V	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

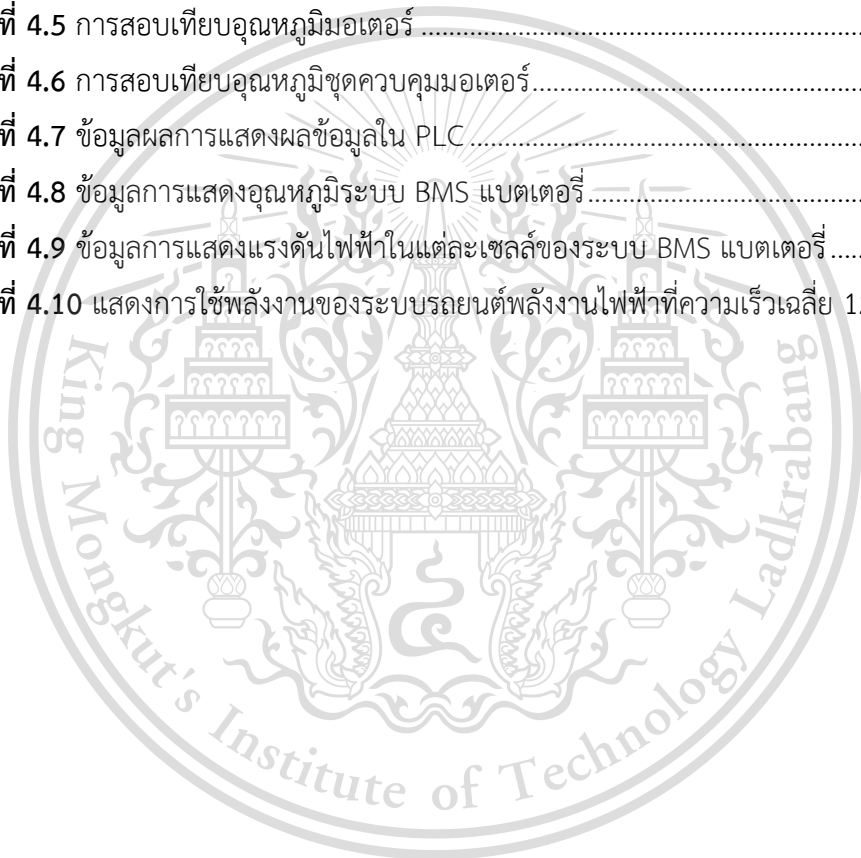
รูปที่ 3.7 โครงสร้างวงจรแปลงการสื่อสารแบบ CAN เป็นสัญญาณ TTL	33
รูปที่ 3.8 วงจรแปลงการสื่อสารแบบ CAN เป็นสัญญาณ TTL	34
รูปที่ 3.9 โครงสร้างวงจรแปลงสัญญาณ TTL เป็นการสื่อสารแบบ RS232	34
รูปที่ 3.10 วงจรแปลงสัญญาณ TTL เป็นการสื่อสารแบบ RS232	35
รูปที่ 3.11 CAN Bus Analyzer ของบริษัท MICROCHIP	36
รูปที่ 3.12 หน้าต่างโปรแกรม CAN Bus Analyzer	36
รูปที่ 3.13 หน่วยประมวลผล SIMATIC S7-1200 ของบริษัท Siemens	37
รูปที่ 3.14 เซนเซอร์วัดกระแส Honeywell CSNS200M-002S	37
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงค่าทอร์คของมอเตอร์ที่นำมาเทียบหาค่าเพื่อดูแนวโน้ม	38
รูปที่ 3.16 หน้าต่างโปรแกรม Node-red	39
รูปที่ 4.1 หน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งาน	41
รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผล BMS แบตเตอรี่	42
รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงผลความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าแต่ละเซลล์	50
รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลความผิดปกติของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	แผนการดำเนินงานโครงการ.....	4
ตารางที่ 2.1	สมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วอิเล็กโทรด.....	20
ตารางที่ 4.1	การสอบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่.....	43
ตารางที่ 4.2	การสอบเทียบระดับกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่.....	44
ตารางที่ 4.3	การสอบเทียบระดับกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์.....	45
ตารางที่ 4.4	การสอบเทียบความเร็วขณะขับเคลื่อนของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า.....	46
ตารางที่ 4.5	การสอบเทียบอุณหภูมิมอเตอร์.....	46
ตารางที่ 4.6	การสอบเทียบอุณหภูมิชุดควบคุมมอเตอร์.....	47
ตารางที่ 4.7	ข้อมูลผลการแสดงผลข้อมูลใน PLC.....	48
ตารางที่ 4.8	ข้อมูลการแสดงผลอุณหภูมิระบบ BMS แบตเตอรี่.....	49
ตารางที่ 4.9	ข้อมูลการแสดงผลแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ของระบบ BMS แบตเตอรี่.....	49
ตารางที่ 4.10	แสดงการใช้พลังงานของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วเฉลี่ย 120 km/h....	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากปัญหามลภาวะทางอากาศฝุ่นควัน PM 2.5 และสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกาย ทำให้ผู้คนตระหนักถึงสาเหตุ และวิธีการแก้ไขปัญหาฝุ่นควัน PM 2.5 ซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายประการ โดยมีหนึ่งสาเหตุมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มาจากรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในที่จดทะเบียนทั้งสิ้น 41 ล้านคัน ทำให้มีการปล่อยก๊าซพิษออกมาถึง 1,000 ตัน ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร (การขนส่งทางบก, 2563) ด้วยเหตุนี้ทำให้เทคโนโลยียานยนต์พลังงานไฟฟ้าเริ่มเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ จากแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มขึ้นทำให้บริษัทรถยนต์มีการผลิตรถยนต์ที่ใช้ระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าออกมาขายสู่ตลาด และรวมถึงงานวิจัยต่างๆ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์พลังงานไฟฟ้า แต่ภายในประเทศไทยนั้นยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากรถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ขายภายในประเทศต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงต้องมีการเสียภาษีนำเข้ารถยนต์ทำให้มีราคาสูง และอีกประการหนึ่งคือ ประชาชนยังไม่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรถยนต์พลังงานไฟฟ้า จึงมีความกังวลที่จะใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้า

รัฐบาลจึงร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) เสนอนโยบายในการส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นการมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยส่งเสริมให้เกิดการสร้างฐานการผลิตชิ้นส่วน และอุปกรณ์ รถยนต์พลังงานไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถทำการผลิตและประกอบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทย เพื่อเป็นการลดภาษีการนำเข้ารถยนต์พลังงานไฟฟ้า เป็นการกระตุ้นให้มีการผลิตและใช้งานรถยนต์พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย และนอกจากการใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้านั้นจะไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศเป็นการลดปัญหามลพิษทางอากาศอีกด้วย

ทางคณะวิจัยจึงได้เห็นถึงปัญหาสำคัญของการผลิตรถยนต์พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทย ซึ่งยังไม่สามารถที่จะทำการผลิตเองได้ตามนโยบายของรัฐบาลส่งเสริมให้เกิดการสร้างฐานการผลิตชิ้นส่วน และอุปกรณ์ รถยนต์พลังงานไฟฟ้า ปริญญาพนธ์นี้จึงนำเสนอระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบการควบคุมรถยนต์พลังงานไฟฟ้าต่างๆ ได้แก่ ระดับประจุของแบตเตอรี่ (SOC) แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ความเร็วขณะใช้งาน อุณหภูมิขณะใช้งานของมอเตอร์และชุดควบคุม และสามารถแจ้งเตือนสถานะ

ความผิดพลาดของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ให้ผู้ขับขี่สามารถดำเนินแก้ไขได้อย่างทันที เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบสถานะต่างๆของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าโดยแสดงข้อมูลผ่านหน้าจอแสดงผล
3. เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง และเพิ่มประสิทธิภาพของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ปัญหานี้เป็นการออกแบบและจัดสร้างอุปกรณ์แสดงผลสถานะต่างๆ ของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยสามารถแสดงค่าระดับประจุของแบตเตอรี่(SOC) แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ความเร็วขณะใช้งาน อุณหภูมิขณะใช้งานของมอเตอร์และชุดควบคุม และสามารถแจ้งเตือนสถานะความผิดพลาดของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยใช้PLCในการเขียนโปรแกรมการทำงานต่างๆ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลข้อมูล ซึ่งสื่อสารภายในของโปรแกรมระหว่างมอเตอร์และแบตเตอรี่ เป็นการสื่อสารในรูปแบบของ CAN Bus และยังได้จัดทำระบบตรวจสอบสถานะของระบบแบตเตอรี่และระบบขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า หากระบบดังกล่าวเกิดความผิดพลาดจะมีการแจ้งเตือนเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น แก่ระบบของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

1.4 วิธีการใช้ในโครงการ

1. ศึกษาระบบและองค์ประกอบของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า
2. ศึกษาความรู้เกี่ยวกับแบตเตอรี่ มอเตอร์ และระบบควบคุมของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า
3. ศึกษาโปรแกรมที่จะทำการใช้ในการประมวลผลของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า
4. จัดเตรียมเครื่องมือ และ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
5. ออกแบบระบบการแสดงผลข้อมูลของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า
6. ทดลองดึงข้อมูลจากมอเตอร์ และแบตเตอรี่ เพื่อนำมาประมวลผลในโปรแกรม PLC และทำการวิเคราะห์
7. จัดทำโปรแกรมแสดงผลข้อมูลต่างๆ ที่ได้ทำการประมวลผลเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

8. ทดสอบโปรแกรมแสดงผลข้อมูลต่างๆของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้น
9. บันทึกการทดลองเพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ระบบแสดงผลมีประสิทธิภาพ
10. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
11. รวบรวมข้อมูลการทดลอง และจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

คณะผู้จัดทำงานวิจัยได้มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และทำความเข้าใจในทฤษฎี ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศ พร้อมทั้งออกแบบและจัดสร้างชิ้นงาน โดยมีระยะเวลาดำเนินการ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2563 ถึง เดือนเมษายน 2564 รวมเป็นระยะเวลา 9 เดือน โดยมีการวางแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 1.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2563					พ.ศ. 2564			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์พลังงานไฟฟ้า									
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบแบตเตอรี่ และมอเตอร์ไฟฟ้า									
3. จัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์การวิจัย									
4. ออกแบบระบบการแสดงผลข้อมูลของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า									
5. ทดลองดึงข้อมูลจากมอเตอร์ และแบตเตอรี่ เพื่อนำมาประมวลผลในโปรแกรม PLC									
6. จัดทำโปรแกรมแสดงผลข้อมูลต่างๆ									
7. ทดสอบโปรแกรมแสดงผลข้อมูลต่างๆของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า									
8. วิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมแสดงผลข้อมูลของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า									
9. สรุปและเขียนผลโครงการ									
10. จัดทำและรวบรวมปริญญานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

บทนี้เป็นารรวมรวมข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำการทดลองทั้งมอเตอร์ คอนโทรลเลอร์ แบตเตอรี่ และการสื่อสารต่างๆ โดยจะเน้นการศึกษาข้อมูลของมอเตอร์ และยังได้มีหลักการทำงานของคอนโทรลเลอร์สำหรับใช้งานกับมอเตอร์กับตัวที่ทดลอง ข้อมูลของแบตเตอรี่ ลิเทียมเบื้องต้น นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการสื่อสารแบบ CAN (Controlled Area Network) การสื่อสารแบบ TTL (Transistor-Transistor Logic) และการสื่อสารแบบ RS232 (Recommended Standard 232) ซึ่งเป็นการสื่อสารที่ใช้ในการส่งข้อมูลของแบตเตอรี่ และมอเตอร์

2.2 รถยนต์พลังงานไฟฟ้า

รถยนต์พลังงานไฟฟ้าเป็นรูปแบบของพาหนะสี่ล้อที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้พลังงานไฟฟ้าที่เก็บที่แบตเตอรี่รถยนต์ มาใช้เป็นแหล่งพลังงานแทนน้ำมัน ดังนั้นระยะทางการวิ่งจึงขึ้นอยู่กับการออกแบบขนาด และชนิดของแบตเตอรี่ รวมทั้งน้ำหนักบรรทุก รถยนต์ไฟฟ้าจึงไม่มีการปล่อยมลพิษเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์สันดาปภายในที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง รถยนต์ไฟฟ้าได้ชื่อว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในอดีตรถพลังงานไฟฟ้าเคยได้รับความนิยม นั่นคือช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 19 ถึง 20 จนกระทั่งได้รับผลกระทบจากการที่มนุษย์สามารถประดิษฐ์เครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีประสิทธิภาพ บวกกับราคาของรถยนต์ที่ใช้พลังงานจากน้ำมันที่ลดลงเนื่องจากการผลิตในปริมาณมาก ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1970 ถึง 1980 เกิดวิกฤตการณ์ทางพลังงาน ทำให้รถพลังงานไฟฟ้ากลับมาได้รับความสนใจอีกครั้งในช่วงเวลาสั้นๆ จนกระทั่งต้นศตวรรษที่ 21 จึงได้กลับมาผลิตรถพลังงานไฟฟ้าอย่างจริงจังเนื่องจากแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น ระบบจัดการพลังงานที่ดีขึ้น ประกอบกับกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

2.3 ทฤษฎีและหลักการทำงานของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery electric vehicle, BEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังให้รถยนต์เคลื่อนที่ และใช้พลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่แทนการใช้ น้ำมันในการขับเคลื่อน ไม่มีเครื่องยนต์อื่นในยานยนต์ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์สันดาปภายในพบว่ารถยนต์ไฟฟ้ามีความซับซ้อนน้อยกว่า โดยหลักการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้าประกอบด้วยระบบต่างๆ ดังนี้

ระบบกำลัง หมายถึง รถยนต์ไฟฟ้าจะกักเก็บพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ โดยรูปแบบของพลังงานที่นำมาเก็บกักเก็บนั้นมาจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มาจากครีวเรือน และนำมาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์โดยมีเครื่องควบคุมชุดการทำงานของแบตเตอรี่ (Battery Management System : BMS)

ระบบพลังงาน หมายถึง การไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่ไปยังมีมอเตอร์จะถูกกำหนดด้วยเครื่องควบคุมมอเตอร์ (Motor Controller) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบพลังงาน

การขับเคลื่อน หมายถึง หลักการขับเคลื่อนพื้นฐานของยานยนต์ไฟฟ้าก็คือการขับเคลื่อนทางไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้แบตเตอรี่เป็นพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 แผนผังการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้า

2.4 หลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ

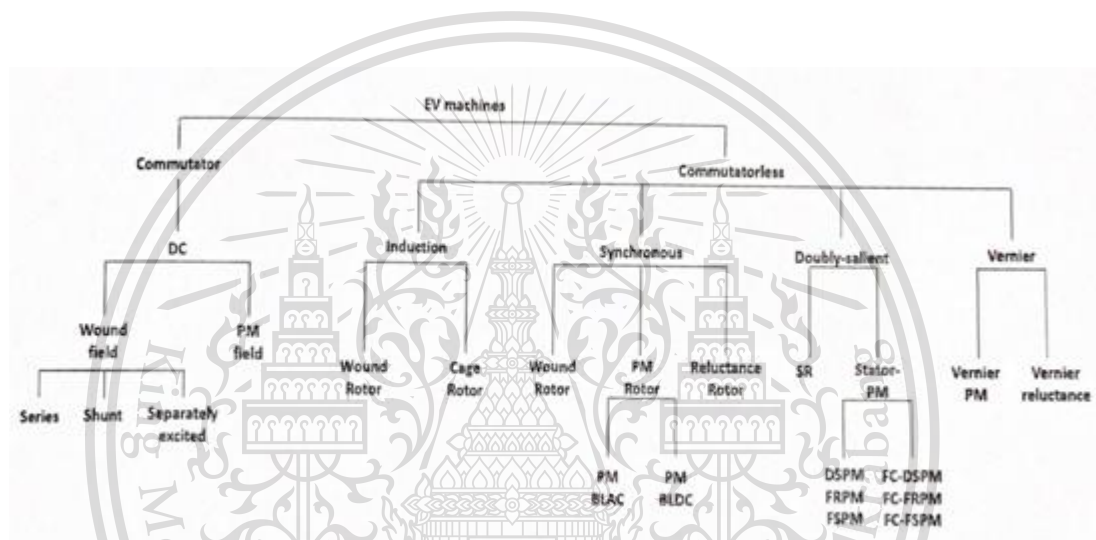
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ หรือเรียกว่า AC Induction Motor เป็นการอาศัยหลักการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ โดยใช้ไฟสามเฟสใน

การทำงาน เมื่อกระแสไหลเข้าไปยังขดลวดสเตเตอร์ จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และสนามแม่เหล็กนี้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ดังกล่าวจะหมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) ตามค่าความเร็วที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อมีสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induce emf) ขึ้นที่แท่งตัวนำของ โรเตอร์ จึงเกิดแรงบิดทำให้โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วโรเตอร์ (Rotor Speed) โดยขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับโดยถูกควบคุมผ่านคอนโทรลเลอร์ (Controller) สามารถควบคุมความเร็วได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้มี โครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) และแปรง ถ่าน (Carbon Brush) เหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด เหนี่ยวนำจึงถูกนำมาใช้ในการทำรถยนต์พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.2 มอเตอร์ชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้ในการรถยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า

2.5 โครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบที่มีตัวหมุนคล้าย กรงกระรอก (Squirrel Cage Motor) เป็นประเภทที่ไม่ต้องการใช้วงแหวนลื่น (Slip ring) ติดอยู่ที่ ตัวหมุน หรือเรียกว่า non-slip ring machines โดยได้รับความนิยมในการทำงานทั้งโรงงาน อุตสาหกรรม หรืองานทั่วไปที่ต้องการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสามเฟสโดยโรเตอร์ที่มีลักษณะเหมือน กรงกระรอก โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สเตเตอร์ (Stator), โรเตอร์ (Rotor), เซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall effect sensors)

2.5.1 สเตเตอร์ (Stator) ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ หรือส่วน

ที่อยู่กับที่ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กหลักที่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำกับโรเตอร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ขดลวดสเตเตอร์ (Stator Winding) และแกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator Core) โดยทำมาจากแผ่น เหล็กบางๆ อัดซ้อนเข้าด้วยกันและทำเป็นช่องสลอต (Slot) ไว้บรรจุขดลวด และจำนวนขั้วแม่เหล็ก

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เป็นตัวกำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กค่าคงที่หนึ่ง และสนามแม่เหล็กหมุนด้วยความเร็วที่เรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) เป็นการรับพลังงานไฟฟ้ามาแปลงเป็นพลังงานสนามแม่เหล็กเพื่อส่งต่อไปให้กับโรเตอร์และแปลงเป็นพลังงานกลต่อไป

ขดลวดสเตเตอร์ (Stator Winding) ซึ่งเป็นขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในสล็อตของแกนเหล็กสเตเตอร์ และเป็นลวดทองแดงที่เคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้าอย่างดี เมื่อพันเสร็จแล้วจะอาบด้วยน้ำมันวานิชและอบให้แห้งอีกครั้งหนึ่ง โดยจะมีขดลวดพันอยู่ 3 ชุด หรือ 3 เฟส ซึ่งแต่ละเฟสจะทำมุมห่างกัน 120 องศาไฟฟ้า และขดลวดแต่ละเฟสจะต่ออนุกรมกันเหมือนกับขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 2.3 ขดลวดในสล็อตของสเตเตอร์ใน Induction Motor

2.5.2 โรเตอร์ (Rotor) ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ หรือส่วนที่หมุน เป็นส่วนที่รับการถ่ายทอดพลังงานจากสเตเตอร์ โดยส่งผ่านทางช่องว่างอากาศ (Air Gap) แปลงให้เป็นพลังงานกล ซึ่งโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำมี 2 ประเภท คือ แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor) และแบบใช้ขดลวดพันรอบตัวหมุน (Wound Rotor) โดยมอเตอร์ที่นำมาใช้นี้เป็นแบบกรงกระรอก ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆ มีลักษณะกลมอัดซ้อนกันโดยมีเพลาร้อยทะลุเพื่อยึดให้แน่น ที่ผิวของโรเตอร์มีสล็อตไปตามทางยาวและในสล็อตมีแท่งตัวนำทองแดงหรืออะลูมิเนียมฝังอยู่โดยรอบ ที่ส่วนปลายของแท่งตัวนำเชื่อมต่อเข้าด้วยกันทางไฟฟ้า ทำให้โรเตอร์ถูกต่อลัดวงจรไว้อย่างถาวร ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะนำความต้านทานจากภายนอกมาต่ออนุกรมเข้ากับวงจรโรเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

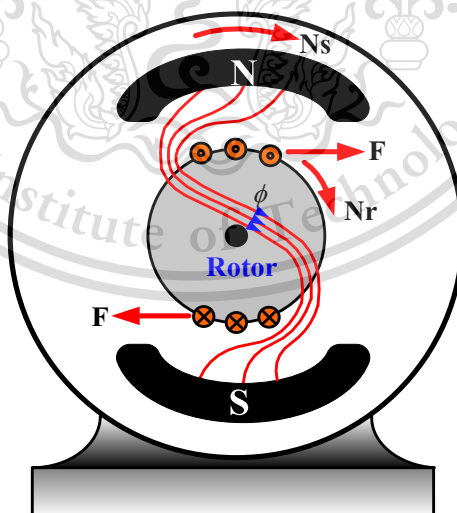
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4 โรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel cage Rotor)

เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นที่สเตเตอร์ด้วยความเร็วเชิงโคโรนัส สนามแม่เหล็กหมุนนี้จะเคลื่อนที่ตัดขดลวดที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำบนโรเตอร์แต่ตัวนำบนโรเตอร์นี้ได้ถูกลัดวงจรไว้ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลที่ตัวนำนี้ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์เกิดชั่วเหวี่ยงและชั่วไต้ขึ้นในโรเตอร์ เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่โรเตอร์และทำให้โรเตอร์หมุนไปได้และมีทิศทางตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์



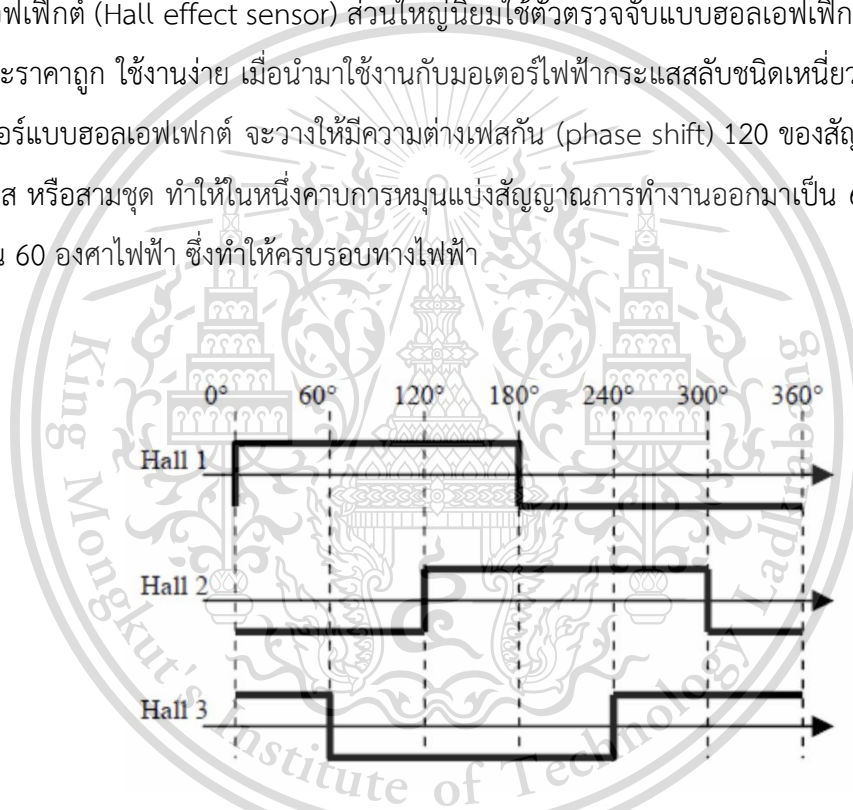
รูปที่ 2.5 การเกิดแรงบิดที่ตัวนำของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.3 เซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall effect sensors) ตรวจจับตำแหน่งของ โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่สเตเตอร์ (Stator) เพื่อทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ในการใช้ทั่วไปเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ 3 ตัวติดอยู่กับสเตเตอร์ เมื่อโรเตอร์หมุนไปนั้นจะหมุนผ่านตำแหน่งของเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ที่ติดตั้งไว้ และเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์จะทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์และส่งสัญญาณไฟฟ้า เพื่อควบคุมการเปิดปิดสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังเมื่อฮอลล์เซนเซอร์เจอขั้วเหนือของโรเตอร์จะส่งลอจิก 1 (High) และเมื่อเจอขั้วลบของโรเตอร์จะส่งลอจิก 0 (Low) เพื่อบอกลำดับในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ กระแสไฟฟ้าให้ถูกต้องโดยตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์มีหลายชนิด เช่น เอ็นโคเดอร์ (Encoder) รีโซลเวอร์ (Resolver) และ เซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall effect sensor) ส่วนใหญ่นิยมใช้ตัวตรวจจับแบบฮอลล์เอฟเฟกต์ เพราะมีขนาดเล็กและราคาถูก ใช้งานง่าย เมื่อนำมาใช้งานกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำวางตำแหน่งเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ จะวางให้มีความต่างเฟสกัน (phase shift) 120 องศาของสัญญาณขาออกทั้งสามเฟส หรือสามชุด ทำให้ในหนึ่งคาบการหมุนแบ่งสัญญาณการทำงานออกมาเป็น 6 ช่วง แต่ละช่วงห่างกัน 60 องศาไฟฟ้า ซึ่งทำให้ครบรอบทางไฟฟ้า



รูปที่ 2.6 รูปแบบสัญญาณของเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์

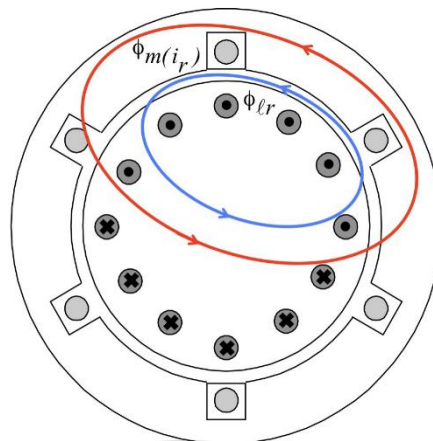
2.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ เริ่มต้นจากแบบจำลองการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำระหว่างสเตเตอร์ (Stator) และฝั่งโรเตอร์ (Rotor) โดยมีความเหนี่ยวนำตัวเอง (Self Inductance) และความเหนี่ยวนำร่วม (Mutual Inductance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

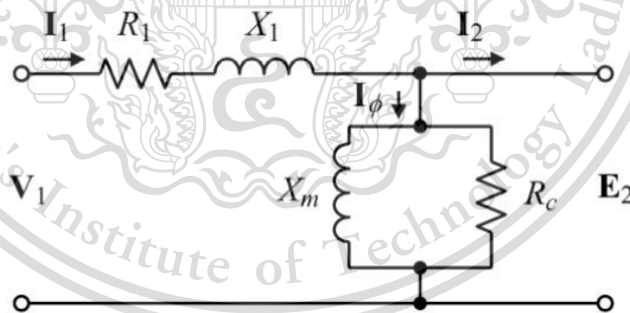
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.7 ภาพตัดขวางของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ

เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับมอเตอร์ โดยจะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่แสดงในมอเตอร์สามารถนำไปเขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของสเตเตอร์ต่อเฟส (Per Phase Stator Equivalent Circuit) ได้ดังรูปที่ 2.8 และเมื่อพิจารณาวงจรสมมูลทางไฟฟ้าต่อเฟสของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำทางด้านสเตเตอร์จะได้ดังรูปที่ 2.9

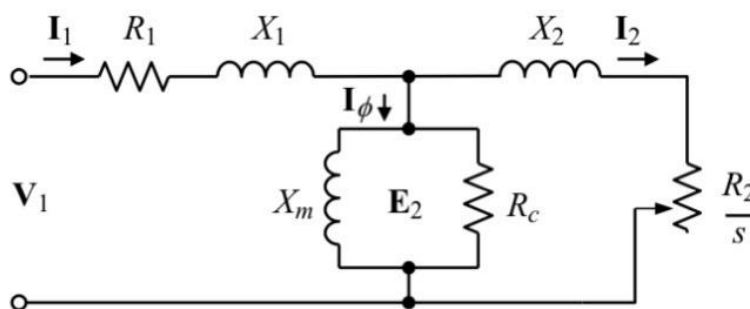


รูปที่ 2.8 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของสเตเตอร์ต่อเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.9 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าต่อเฟสของมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อพิจารณาทางด้านสเตเตอร์

โดยที่ V_1 คือค่าแรงดันไฟฟ้าพิกัด

I_1 คือค่ากระแส

R_1 คือค่าความต้านทานไฟฟ้า

X_1 คือค่าความต้านทานเสมือน

R_c คือค่าความต้านทานไฟฟ้าการสูญเสียในแกนเหล็ก

X_m คือค่าความต้านทานเสมือนการสร้างสนามแม่เหล็ก

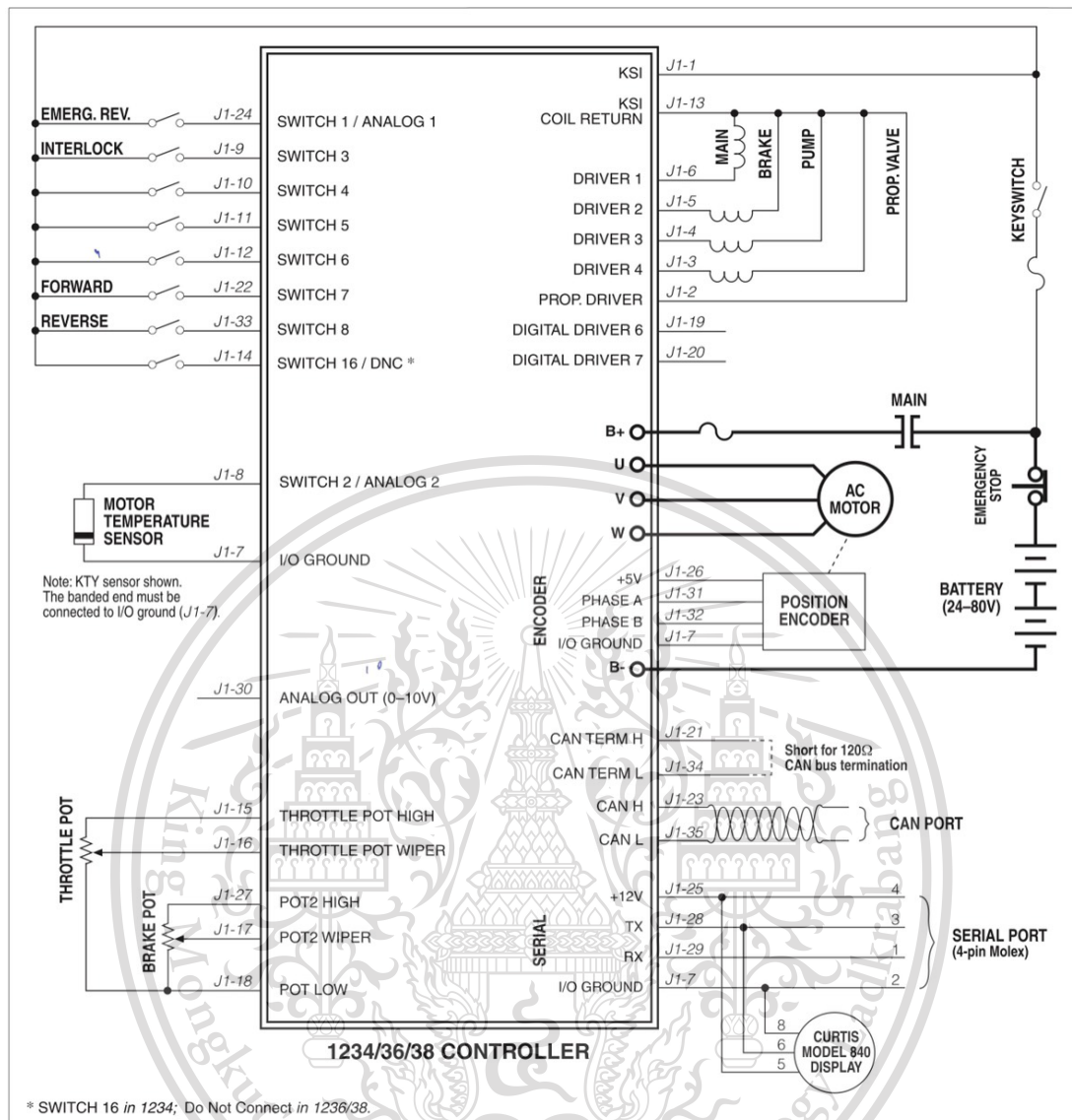
2.7 หลักการทำงานของกล่องควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ

กล่องควบคุมมอเตอร์ (Controller) เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมและให้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสแก่มอเตอร์ โดยรับพลังงานเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมาจากแบตเตอรี่ ซึ่งการส่งพลังงานของตัวควบคุมนี้ ประกอบ 2 แบบ คือ กระแสต่ำ (Low Current) สำหรับวงจรควบคุม และกระแสสูง (High Current) สำหรับวงจรกำลัง ซึ่งสามารถแสดงการเดินสายไฟจากคอนโทรลเลอร์ไปยังชิ้นส่วนต่างๆได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

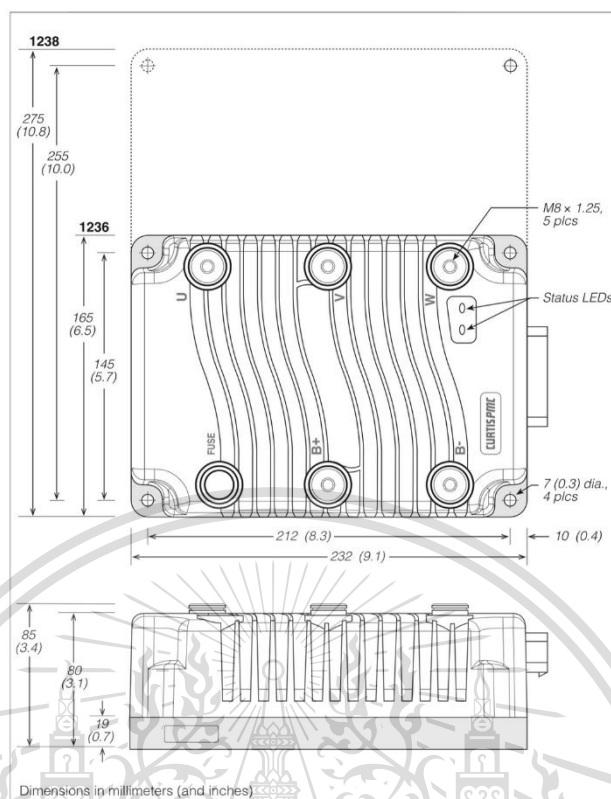


รูปที่ 2.10 แบบจำลองการเดินสายไฟของคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.11 แบบจำลองของคอนโทรลเลอร์



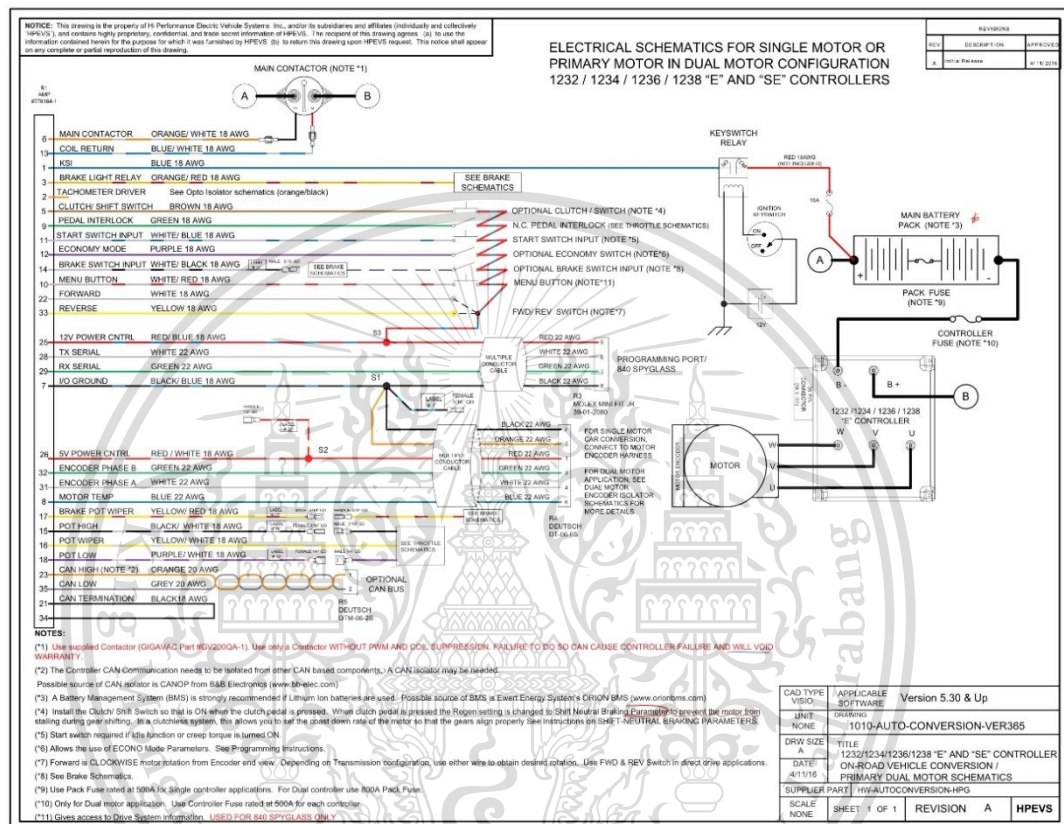
รูปที่ 2.12 คอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7.1 วงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานขององค์ประกอบของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีทั้งหมด 35 จุด ที่ถูกเชื่อมต่อไปยังชิ้นส่วนต่างๆ ของรถยนต์พลังงานไฟฟ้าตามคำสั่งของคอนโทรลเลอร์โดยใช้แรงดันเท่ากับ 12 โวลต์ และ 5 โวลต์ โดยมี Main contactor เป็นตัวเปิด-ปิด วงจรดังรูปที่ 2.13



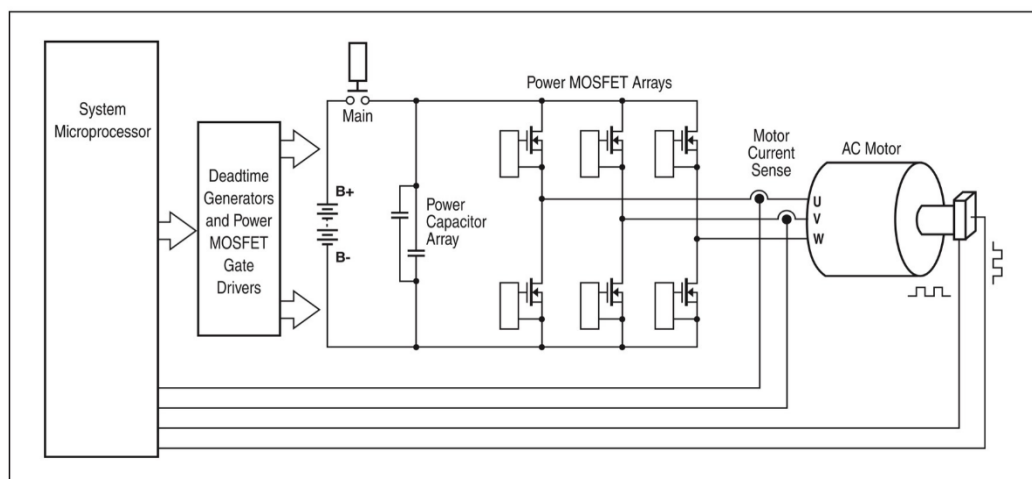
รูปที่ 2.13 แสดงการต่อวงจรคอนโทรลเลอร์ของมอเตอร์

2.7.2 วงจรกำลัง ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส จากแรงดันของแบตเตอรี่ ไปยังมอเตอร์ต้องใช้วิธีควบคุมมอเตอร์วงจรกำลังใช้ วงจร MOSFET half-bridge ความถี่สูงถูกควบคุมด้วยการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (pulse width modulation) 3 สัญญาณ โดยที่แต่ละวงจร half-bridge ถูกต่อขนานทางด้านแรงดันสูงและแรงดันต่ำบนวงจร IMS เทคโนโลยีนี้ถูกต่ออยู่กับความต้านทานต่ำและตัวระบายความร้อน (heatsink) ซึ่งมีความจุกำลังสูงในพื้นที่เล็ก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.14 แบบจำลองของวงจรกำลัง

บัสบาร์ (busbars) ถูกเชื่อมต่อกับโมเดล IMS ไปยังแกนของมอเตอร์ การเก็บประจุช่วยให้ระดับ DC บัสเสถียรระหว่างที่ MOSFET มีความถี่สวิตช์สูง และลด EMI ในสายทางด้านขาเข้าของ B+ และ B-

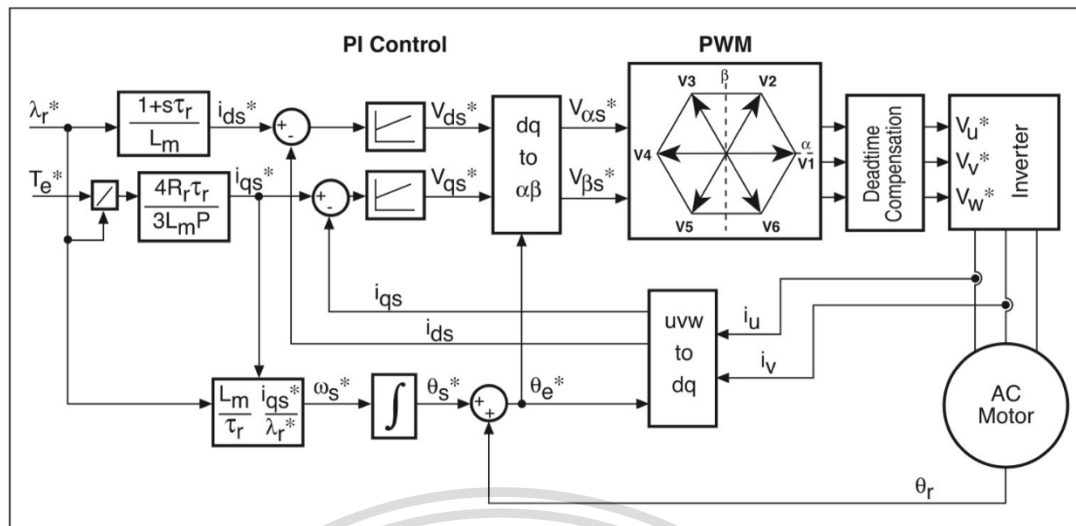
กระแส ความเร็ว และทิศทางของมอเตอร์เป็นสัญญาณส่งกลับขึ้นต้นใช้ในการควบคุมมอเตอร์ โดยมีตัวตรวจจับฮอลล์เซ็นเซอร์ตรวจจับการสร้างฟลักซ์ของมอเตอร์บนบัสบาร์ของเฟส U และ V ทางด้านขาออก ซึ่งผ่านไปยังวงจรตัวเก็บประจุที่เชื่อมต่อไปด้านขาออกสู่มอเตอร์ และความเร็ว ทิศทางของมอเตอร์ถูกตรวจจับพร้อมกัน โดยตัวเข้ารหัสความเร็วแบบ quadrature ติดบนเพลาของมอเตอร์

วิธีการควบคุมของมอเตอร์ประกอบด้วย 2 หลัก สำหรับใช้ในการควบคุมมอเตอร์คือ ควบคุมด้วยสเกลาร์ (scalar control) โดยสามารถควบคุมขนาดของความถี่ แรงดัน และกระแส แต่ขาดการตอบสนองในด้านไดนามิก อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานต่ำ ในอีกทางหนึ่งการควบคุมด้วยเวกเตอร์ (vector control) มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติการสูง เช่น การควบคุมฟลักซ์เกี่ยวกับของโรเตอร์และสเตเตอร์ ควบคุมขนาดของความถี่ เฟสที่ถูกควบคุมให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งรูปแบบการทำงานเหล่านี้มีความซับซ้อน โดยการใช้การแปลงกรอบอ้างอิง จะทำให้การควบคุมด้วยเวกเตอร์มีความแม่นยำในการปรับแรงบิดและฟลักซ์ของมอเตอร์ได้ โดยสามารถแสดงแผนภาพได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.15 แบบจำลองของการแปลงแกน

จากแบบจำลองสามารถอธิบายได้ว่า กระแส 3 เฟสชั่วขณะถูกแปลงไปยังกรอบอ้างอิงของฟลักซ์โรเตอร์ โดยใช้ความเร็วมอเตอร์และความถี่สลิป ซึ่งหมายถึงกระแสมอเตอร์ถูกสังเกตจากมุมมองของการหมุนด้วยฟลักซ์โรเตอร์ ดังนั้นการแปลงกระแสถูกเรียก กรอบอ้างอิง d/q เกิดการสูญเสียสัญญาณไซน์ทำให้ดูเหมือนสัญญาณ DC โดยที่ในกรอบอ้างอิง d/q จะมีกระแสในการ q ควบคุมแรงบิด และกระแสในแกน d ควบคุมฟลักซ์ ซึ่งแรงบิดและฟลักซ์จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพที่สูงและการตอบสนองด้านไดนามิกที่ดี

คอนโทรลเลอร์ใช้เทคนิคการมอดูเลตความกว้างพัลส์ขั้นสูง (pulse width modulation) สำหรับการใช้งานจากแรงดันแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มีการสูญเสียฮาร์โมนิกน้อย และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งวิธีนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในเชิงเส้นถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ของแรงดันแบตเตอรี่ และมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีมาตรฐาน PWM ที่แรงดันของแบตเตอรี่เดียวกัน

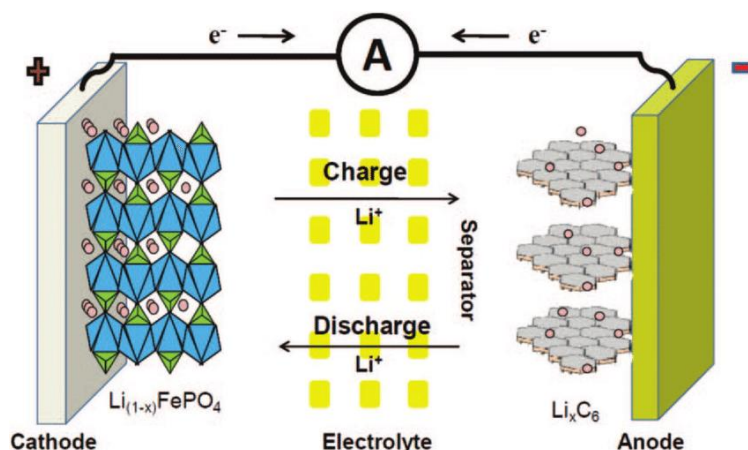
2.8 แบตเตอรี่ในยานยนต์

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักทางเคมีไฟฟ้าในการเก็บพลังงาน ส่วนประกอบที่สำคัญของแบตเตอรี่ประกอบด้วยขั้วแบตเตอรี่ (ขั้วแคโทด ขั้วแอโนด) และสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) แบตเตอรี่จะเป็นทั้งเซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) ในขณะใช้งาน และเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic cell) ในขณะประจุไฟฟ้า ในขณะใช้งานกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วแคโทดผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังขั้วแอโนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



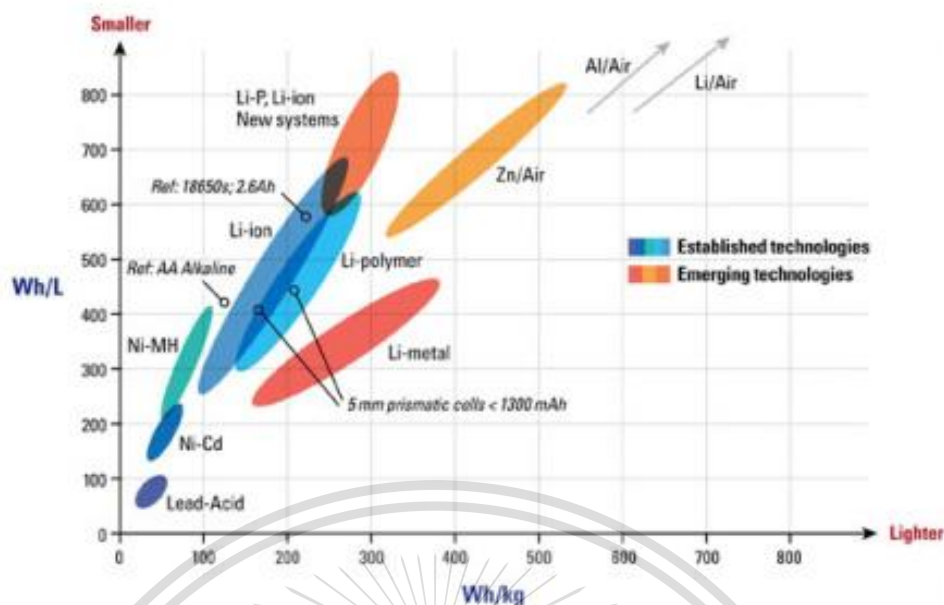
รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

การพัฒนาแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ที่ใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนในปัจจุบันมาจากการพัฒนาแบตเตอรี่ 2 ประเภทหลัก คือ แบตเตอรี่ตะกั่วกรด และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (รวมแบตเตอรี่ลิเทียมพอลิเมอร์) ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดจะมีองค์ประกอบของตะกั่วที่มีพิษ แต่เทคโนโลยีการรีไซเคิลแบตเตอรี่ประเภทนี้ก้าวหน้าไปมากจนสามารถรีไซเคิลทุกชิ้นส่วนของแบตเตอรี่ประเภทนี้ นอกจากนั้นแบตเตอรี่ตะกั่วกรดยังมีราคา และ Self Discharge Rate ต่ำกว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่นๆ การพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่วกรดจึงยังเป็นที่สนใจในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่วนแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนนั้นมีข้อดีที่สำคัญ คือค่าความจุพลังงานจำเพาะสูง ทำให้น้ำหนักแบตเตอรี่เบา นอกจากนี้ยังไม่มี Memory Effect ซึ่งมีผลต่อการประจุแบตเตอรี่ในครั้งต่อไป แต่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบบ Traditional ที่ใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เหลว มีข้อเสียที่ต้นทุนยังสูง และยังมีปัญหาเรื่อง การระเบิดเมื่ออุณหภูมิขึ้นสูง และเกิดการรั่วของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดังนั้นจึงมีการออกแบบแบตเตอรี่ลิเทียมพอลิเมอร์ (Li-Polymer Battery) ที่ใช้พอลิเมอร์เป็นอิเล็กโทรไลต์แบบแข็ง (Solid Electrolyte) แบตเตอรี่ประเภทนี้จะมีค่าพลังงานจำเพาะ และกำลังจำเพาะเทียบเคียงกับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน เพราะใช้วัสดุอิเล็กโทรดประเภทเดียวกัน แต่มีข้อดีคือ ไม่เกิดการรั่วของอิเล็กโทรไลต์ ทำให้โอกาสในการระเบิดต่ำกว่า และสามารถขึ้นรูปได้หลายรูปแบบรวมถึงในรูปทรงที่บาง และมีน้ำหนักเบา เพราะไม่ใช้โลหะเป็นวัสดุหุ้มอิเล็กโทรด (Case) ข้อเสียของแบตเตอรี่ประเภทนี้ คือ มีต้นทุนที่สูงกว่า ความทนทานต่อการชาร์จประจุเกินต่ำ และสามารถเสียรูปอันเนื่องมาจากความร้อน และความดันได้ง่ายกว่า นอกจากนี้ยังมีจำนวนรอบการชาร์จต่ำกว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.17 Region chart ของค่าความหนาแน่นพลังงานและพลังงานจำเพาะของแบตเตอรี่ประเภทต่างๆ

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเป็นแบตเตอรี่ที่มีค่าพลังงานจำเพาะสูง เนื่องจากลิเทียมมีน้ำหนักที่เบา สมรรถนะของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขึ้นกับวัสดุที่ใช้ทำขั้วแบตเตอรี่ และการออกแบบแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ประเภทนี้ประกอบด้วยขั้วบวกที่ทำจากลิเทียมเมทัลออกไซด์ (LiMO_2) และขั้วลบที่เป็นคาร์บอน และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นลิเทียมเฮกซะฟลูออโรฟอสเฟต (LiPF_6) ซึ่งปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการคายประจุเป็นดังนี้



จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขึ้นกับชนิดของวัสดุ การพัฒนาวัสดุสำหรับเป็นขั้วบวกของแบตเตอรี่เริ่มตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1972-1980 ซึ่งใช้วัสดุจากพวก Dichalcogenides เช่น LiTiS_2 , LiAl , LiVSe_2 และพัฒนาต่อมาเป็นวัสดุ Trichalcogenides เช่น Li_2NdSe_3 เป็นต้น แต่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนก็ยังไม่ถูกพัฒนาจนเป็นผลิตภัณฑ์ออกจำหน่ายได้ จนกระทั่งมีการพัฒนาขั้วอิเล็กโทรดจากออกไซด์ในช่วงปี ค.ศ. 1980-1990 โดยวัสดุที่ใช้จะเป็นสารประกอบของโลหะลิเทียมออกไซด์ที่มีธาตุทรานสิชันเป็นองค์ประกอบ เช่น แมงกานีส โคบอลต์ โครเมียม เป็นต้น การพัฒนาวัสดุขั้วอิเล็กโทรดมีความก้าวหน้าเป็นลำดับจากออกไซด์แบบ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ณ Interlayer เป็นออกไซด์ที่มีโครงสร้าง Spinel (LiMnO_3) จนกระทั่งสารประกอบออกไซด์ที่มีธาตุทรานสิชั่นมากกว่า 1 ธาตุเป็นองค์ประกอบ เช่น LiNiMnCoO_2 (NMC) หรือ LiNiMnAlO_3 จนกระทั่งมีการพัฒนาวัสดุลิเทียมฟอสเฟต เช่น LiFePO_4

ตารางที่ 2.1 สมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วอิเล็กโทรด

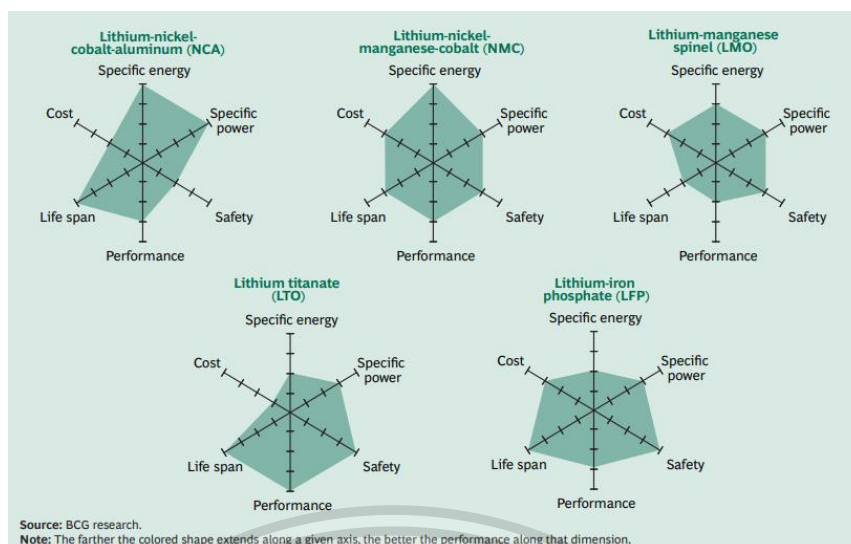
ประเภทของวัสดุ	Normal Volt limit	Charge Volt limit	Charge and Discharge C-rate	Specific Energy (Wh/kg)	Cycle Life	Safety	Cost
LiCoO_2	3.6	4.2	1C limit	110-190	500-1,000	น้อย	สูง
LiMn_2O_4	3.7-3.8	4.2	10C cont. 40C pulse	110-120	>500	มาก	ค่อนข้างสูง
LiNiMnCoO_2	3.7	4.1	5C cont. 30C pulse	95-130	500-1,000	น้อย	ค่อนข้างสูง
LiFePO_4	3.2-3.3	3.6	35C	95-140	>2,000	มากที่สุด	ถูก

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่า LiCoO_2 ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าเนื่องจากกำลังจำเพาะต่ำ (พิจารณาจาก C-rate) สำหรับแบตเตอรี่ประเภทอื่นต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นร่วมด้วย เช่น อายุการใช้งาน ความปลอดภัย และราคา Cadex Electronics Inc. และ Boston Consulting Group ได้เปรียบเทียบแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่าง ๆ ไว้ดังแสดงในรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.18 การเปรียบเทียบองค์ประกอบของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่างๆ

ในรูปที่ 2.18 องค์ประกอบเรื่องอายุการใช้งาน (Life span) พิจารณาจากจำนวนรอบในการเก็บและคายพลังงาน ส่วนด้านสมรรถนะ (Performance) หมายถึง ความสามารถในการใช้แบตเตอรี่ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น หนาวจัด หรือร้อนจัด ด้านความปลอดภัยพิจารณาเรื่องความร้อนขณะใช้งานและขณะ Overcharge รวมไปถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ แล้ว LiFePO_4 และ LiNiMnCoO_2 เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากมีกำลังจำเพาะ และอายุการใช้งานสูง ในขณะที่ราคาไม่สูงมากนัก ปัจจุบันการพัฒนาแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเพื่อให้มีสมรรถนะที่ดีขึ้นจึงยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ และเชิงพาณิชย์

2.9 แบตเตอรี่และการจัดการแบตเตอรี่

การออกแบบติดตั้งแบตเตอรี่และการจัดการแบตเตอรี่ เนื่องจากแบตเตอรี่มีน้ำหนักมากการจัดวางตำแหน่งจึงมีความสำคัญต่อสมรรถนะของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า จึงต้องคำนึงการจัดวางให้ได้สมดุลน้ำหนักที่เหมาะสมด้วย

2.9.1 แรงดันไฟฟ้า (Voltage: V) หมายถึง แบตเตอรี่ประกอบด้วยเซลล์แบตเตอรี่

หลาย ๆ เซลล์ต่อเข้าด้วยกัน แต่ละ เซลล์มีแรงดันไฟฟ้าคงที่ และแรงดันไฟฟ้าขึ้นกับส่วนประกอบของสารเคมี เช่น เซลล์แบบ NiCad/NiMH มีแรงดันไฟฟ้า 1.2 V, เซลล์แบบ Lead Acid มีแรงดันไฟฟ้า 1.2 V หรือเซลล์แบบ Li มีแรงดันไฟฟ้า 3.7 V โดยการนำมาใช้กับรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

นั้นจะนำแบตเตอรี่มาประกอบด้วยเซลล์ หลาย ๆ เซลล์ต่อกัน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9.2 แอมป์อาวัวร์ (Amp Hour: AH) หมายถึง เมื่อมีการใช้งานแบตเตอรี่ไปเรื่อย ๆ กระแสไฟฟ้าจะถูกดึงออกไปจาก แบตเตอรี่ แรงดันจะลดลงอย่างช้า ๆ จนแรงดันคงที่ และแรงดันจะลดลงอย่างรวดเร็ว ระยะเวลาที่ แรงดันสามารถใช้งานสุดท้ายขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ มีหน่วยเป็นแอมป์-ชั่วโมง (AH) ถ้า แบตเตอรี่มีความจุ 1 AH หมายความว่าแบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสได้ 1 แอมป์ต่อเนื่องเป็นระยะ 1 ชั่วโมง ซึ่งขนาด และราคาเป็นสัดส่วนกับความจุของแบตเตอรี่

2.9.3 วัตต์อาวัวร์ (Watt Hour: WH) หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่สะสมในแบตเตอรี่ โดยคำนวณจาก Voltage of Battery ถ้าแรงดันสูงขึ้นก็จะใช้กระแสน้อยลง ทำให้รถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แรงดันสูงไปได้ระยะทางไกลกว่ารถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แรงดันต่ำ

2.9.4 ความหนาแน่นพลังงาน หมายถึง เป็นค่าที่ใช้วัดความสามารถการจ่ายพลังงานตามระยะเวลาต่อน้ำหนักของ แบตเตอรี่หนึ่งกิโลกรัม เช่น แบตเตอรี่แบบ Lead Acid มีขนาดเป็น 20-30 WH/kg, แบตเตอรี่แบบ NiMH มีขนาดเป็น 50-60 WH/kg, แบตเตอรี่แบบ Li มีขนาดเป็น 110 WH/kg และแบตเตอรี่ Li Polymer มีขนาดเป็น 160 WH/kg ซึ่งจะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ Li Polymer น้ำหนักเท่ากับแบตเตอรี่ Lead acid สามารถจ่ายพลังงานได้มากกว่าสามเท่า

2.9.5 ซีเรต (C-Rate) หมายถึง เป็นค่าที่บอกสมรรถนะทางด้านความจุของ แบตเตอรี่เปรียบเทียบกับค่ากลาง เพื่ออธิบายถึงความจุที่มีค่าแตกต่างกัน เช่น ถ้าแบตเตอรี่ขนาด 8 AH คำว่า 1C คือ 8 AH, คำว่า 20 คือ 16 AH, คำว่า 0.25 C คือ 2 AH เป็นต้น ค่าซีเรตของ แบตเตอรี่สูง ๆ ยังเป็นการแสดงถึงความสามารถของแบตเตอรี่ที่สามารถจ่ายกระแสออกมามากกว่า ค่าปกติ

2.9.6 ระบบสำรองไฟฟ้า หรือแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงประกอบด้วย องค์ประกอบทั้งหมด 5 ส่วน ด้วยกัน คือ เซลล์แบตเตอรี่, โครงชุดแบตเตอรี่, อุปกรณ์ทางไฟฟ้า, การจัดการแบตเตอรี่ และการ ระบายความร้อน

2.9.7 ระดับเซลล์แบตเตอรี่ (Cell battery) หมายถึง การเลือกเซลล์ ซึ่งได้แก่ การเลือกชนิดเคมีของเซลล์แบตเตอรี่, รูปทรงของ แบตเตอรี่, ขนาดและความจุแบตเตอรี่

2.9.8 สถานะของการคายประจุ (Stage of Charge : SOC) หมายถึง ค่าที่บอก ความจุของ แบตเตอรี่ในแต่ละเวลาที่ใช้งาน มีค่าเป็นอัตราส่วนระหว่างความจุของแบตเตอรี่ใน ขณะนั้นต่อความจุของแบตเตอรี่เมื่อประจุเต็ม เช่น แบตเตอรี่มี SOC 100 % หมายความว่าแบตเตอรี่ อยู่ในสถานะประจุเต็ม และแบตเตอรี่มี SOC 50 % หมายความว่ามีความจุเหลืออยู่ 50 %

2.9.9 สถานะทางสุขภาพ (State Of Health : SOH) หมายถึง ค่าที่บ่งบอกการ เสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ โดยใช้การคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างค่าความจุสูงสุดแบตเตอรี่ที่ได้ใช้ งานแล้ว(ที่ประจุเต็ม) ณ เวลานี้ ต่อค่าความจุสูงสุดของแบตเตอรี่ ณ เริ่มต้นใช้งานครั้งแรก เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง SOH 100 % หมายความว่าแบตเตอรี่มีความจุสูงสุด และแบตเตอรี่มี SOH 80 % ซึ่งด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หมายความว่าแบตเตอรี่มีความจุสูงสุดเพียง 80 % ของความจุสูงสุด ซึ่งในปัจจุบันเมื่อแบตเตอรี่มี SOH 80 % ควรที่จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ก้อนใหม่ เพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ

2.9.10 ระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System : BMS) ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า หรือออกจากแบตเตอรี่ เพื่อให้แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์หรือแต่ละก้อนเท่าๆกันอยู่เสมอ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและเป็นการป้องกันการเกิดความเสียหายให้กับแบตเตอรี่

2.10 การสื่อสารแบบ CAN (Control Area Network : CAN Bus)

การสื่อสารแบบ CAN (Control Area Network) ถูกพัฒนาโดยบริษัท Bosch และได้รับมาตรฐาน ISO 11898 ในปี 1994 ระบบ Control Area Network (CAN) ถูกนำมาใช้ในการควบคุมและส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ใน เครื่องยนต์ นอกจากนี้ CAN (Control Area Network) สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยควบคุมระบบเครือข่ายในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมระบบปั๊ม (System Bus) ที่อยู่ในเครื่องจักรและอาจมีการควบคุมการทำงานของ เซ็นเซอร์ (Sensor) หรืออุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในระบบ CAN (Control Area Network) แต่ละข้อความ (Message) ที่ส่งออกมาจะมีความชัดเจนในการส่งข้อมูล ในมาตรฐานของ CAN (Control Area Network) จะมีการส่งข้อความ (Message) ออกมาครั้งละ 11 บิตซึ่งจะทำให้เกิดข้อความ (Message) หรือคำสั่งที่แตกต่างกันได้ถึง 2048 ข้อความ (Message) และนอกจากนี้ได้มีการขยายมาตรฐานของ CAN (Control Area Network) ออกมาอีกโดยมีการกำหนดข้อความ (Message) ครั้งละ 29 บิตซึ่งจะทำให้เกิดข้อความ (Message) หรือคำสั่งที่แตกต่างกันได้สูงสุดถึง 536 ล้านข้อความ (Message)

การสื่อสารแบบ CAN สามารถมีตัวควบคุมหลัก (Master) ได้มากกว่าหนึ่งตัว ในกรณีที่มีตัวควบคุมหลักมากกว่าหนึ่งตัว แต่ละตัวจะมีสิทธิเท่าเทียมกันและจะมีหน้าที่การทำงานเหมือนกัน ข้อดีที่สำคัญของการใช้การสื่อสารแบบ CAN แบบตัวควบคุมหลักหลายตัว(Multi-Master) คือ ตัวควบคุมหลักแต่ละตัวจะสามารถทำงานและควบคุมได้ด้วยตัวของมันเอง และสามารถส่งข้อความหรือรับการร้องขอ (Request) ได้ การที่ใช้การสื่อสารแบบ CAN แบบ Multi-Master มีข้อดีต่อระบบเครือข่ายคือในกรณีที่มีการเสียหรือเกิดข้อผิดพลาด (Error) ที่ตัวควบคุมหลักจะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบเครือข่ายและจะไม่ทำให้ระบบปั๊ม (System Bus) ล้มเหลวหรือทำงานไม่ได้

อุตสาหกรรมรถยนต์ใช้ CAN (Control Area Network) ช่วยเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้งานและเนื่องจาก CAN (Control Area Network) สามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความสามารถ ในปัจจุบัน CAN (Control Area Network) ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อใช้ควบคุมและเนื่องจากจุดเด่นของ CAN (Control Area Network) คือความเร็วในการสื่อสารประสิทธิภาพและความปลอดภัย ไม่ว่ากรณีใดก็ตามที่มีข้อผิดพลาดหรือข้อสงสัยใดๆ กรุณาแจ้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.10.1 หลักการทำงานของ CAN คือข้อมูลจะส่งออกมาจากทุกโหนด (node) บนการสื่อสารแบบ CAN และจะไม่มีตำแหน่ง (address) ทั้งโหนดส่งและโหนดรับ ซึ่งรายละเอียดของข้อความจะถูกกำหนดโดยตัวระบุ (Identifier) ที่มีลักษณะเฉพาะตัวในเครือข่าย และทุกๆโหนดบนเครือข่ายจะรับข้อความและคำสั่งการทำงานโดยดูจากตัวระบุ แต่ละโหนดจะตัดสินใจว่าจะรับข้อความหรือไม่ โดยดูจากตัวระบุ ถ้าข้อความนั้นตรงกับสิ่งที่โหนดนั้นๆต้องการ CAN จะรับข้อความนั้นมาประมวลผล ถ้าไม่ใช่ CAN ก็จะหลีกเลี่ยงโดยการไม่รับข้อความนั้นมา และถ้ามีหลายๆคำสั่งเข้ามาพร้อมๆกัน CAN จะตัดสินใจในการรับข้อความที่เข้ามาโดยการดูว่ามาก่อนหรือหลัง ในบางสถานการณ์ที่มีโหนดมากกว่าสองโหนดที่พยายามจะส่งข้อมูลในเวลาเดียวกัน การสื่อสารแบบ CAN ก็จะมีเทคนิคในการจัดการข้อมูล โดยมีการให้ลำดับก่อน-หลังอย่างชัดเจนซึ่งรับประกันได้ว่าไม่มีข้อมูลใดสูญหายขณะที่ส่งพร้อมกันในเวลาเดียวกัน

2.10.2 ข้อดีของระบบการสื่อสารแบบ CAN

- มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลทำให้การตอบสนองของแต่ละโมดูลมีประสิทธิภาพ สามารถจัดการกับอัตราการขนถ่ายข้อมูลได้สูงสุดถึง 1 เมกะบิตต่อวินาที
- สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆแบบทันทีทันใด (Real Time)
- รองรับวิดีโอสตรีมมิง (Video Streaming)
- สามารถใส่โมดูลต่างๆ เข้าไปได้มาก
- มีความสามารถในการตรวจจับข้อผิดพลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- มีสายไฟน้อยกว่า เพราะใช้ระบบสายเคเบิลเครือข่าย (Network Cable)

2.10.3 ข้อเสียของระบบการสื่อสารแบบ CAN

- จุดต่อของโหนดต่างๆ อาจหลวม หรือ เป็นสนิม ทำให้การติดต่อสื่อสารมีปัญหา
- หากโหนดหรือโมดูลมีการลัดวงจรลงกราวด์ก็อาจทำให้ระบบทั้งหมดล้มเหลวได้
- กรณีระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำการติดต่อสื่อสารอาจล้มเหลวได้
- กรณีแบตเตอรี่ไม่เพียงพอหรือมีการถอดออกอาจทำให้ต้องตั้งค่าโมดูลใหม่เพื่อให้ติดต่อกับเครือข่ายได้ หรือเรียกว่าการติดตั้งใหม่ (Re-establish)
- การถอดสายไฟหรืออุปกรณ์บางตัวไม่ทำงาน อาจทำให้ระบบนั้นล้มเหลวได้เช่น ระบบปรับอากาศจะไม่ทำงาน หากมอเตอร์ควบคุมการผสมอากาศเย็นกับเครื่องทำความร้อน (Heater) ไม่ทำงานพาหนะคันนั้นก็ใช้ระบบปรับอากาศไม่ได้เลย เป็นต้น

2.10.4 ความเสถียรภาพในการทำงานของ CAN (Control Area Network) คือ

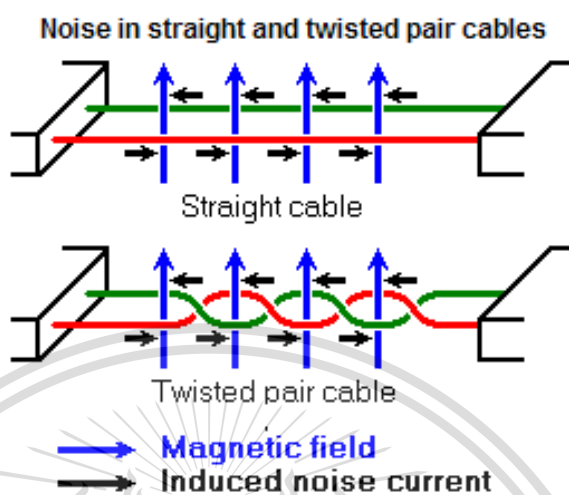
สามารถที่จะจัดการกับข้อมูลที่ส่งหรือรับในสถานะที่สถานะแวดล้อมไม่ปกติและมีการขยายการตรวจจับข้อผิดพลาด เพื่อให้แน่ใจว่า การสื่อสารข้อมูลนั้นๆ เสร็จสิ้นสมบูรณ์ ค่าความผิดพลาด

(Error) ถูกตรวจพบ ตามมาตรฐาน ISO 11898 ได้กล่าวสนับสนุนว่า Control Area Network ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

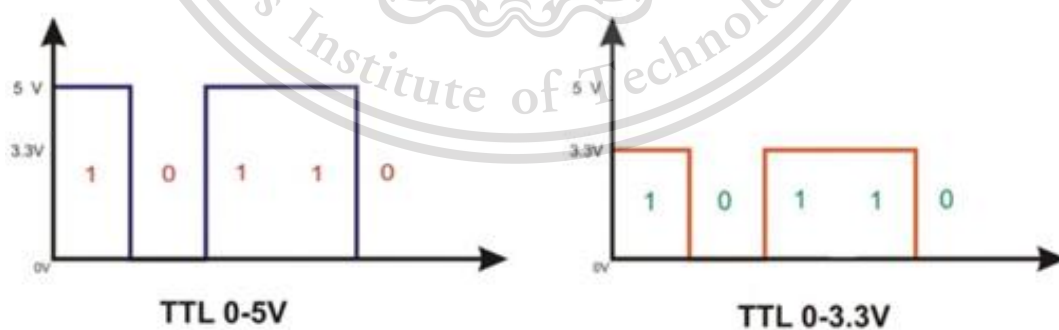
(CAN) ยังคงทำงานอยู่ได้เมื่อเกิดเหตุการณ์เหล่านี้คือ สายสื่อสารระหว่างกันมีปัญหาเกิดการเสียหาย สายสื่อสารมีการช็อตกับไฟชั๊วบวหรือสายสื่อสารมีการช็อตกันกับไฟชั๊วลบ



รูปที่ 2.19 การรับส่งสัญญาณของคู่สายที่ใช้พันเป็นเกลียวและคู่สายเส้นตรง

2.11 การสื่อสารแบบ TTL (Transistor-Transistor Logic)

TTL เป็นการสื่อสารในยุคแรกๆ และใช้มาจนถึงปัจจุบัน เพื่อใช้ระหว่าง Transistor กับ Transistor ภายในวงจรรวม (IC, MCU) ซึ่งจะใช้ระดับแรงดัน 0-5 V แต่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์บางตัวที่ใช้แรงดันที่ 0-3.3 V เรียกแรงดันระดับนี้ว่า LVTTTL ซึ่งผู้ใช้ควรตรวจสอบจาก Datasheet ของอุปกรณ์ที่ใช้เสียก่อนว่าเป็นระดับแรงดันแบบใด เพราะหากใช้ผิดประเภทจะทำให้อุปกรณ์เสียหาย



รูปที่ 2.20 สัญญาณ TTL ระดับ 0-5 V และ 0-3.3 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.12 การสื่อสารแบบ RS232 (Recommended Standard no. 232)

RS232 คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม (serial communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 โดย EIA (Electronic Industries Association) หรือ สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา เพื่อเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลแบบ Serial ให้สามารถส่งได้ระยะทางที่มากขึ้น และเป็นการสื่อสารที่รับ-ส่งข้อมูลแบบ Full duplex คือ สามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อมกันทั้งคู่ในเวลาเดียวกัน โดยมีการเปลี่ยนระดับแรงดัน ของ Logic จากเดิมที่จะอยู่ในช่วง 0-5 V หรือ 0-3.3 V เป็นช่วง -15 ถึง 15 V

	RS232	RS423	RS422	RS485
Differential	no	no	yes	yes
Max number of drivers	1	1	1	32
Max number of receivers	1	10	10	32
Modes of operation	half duplex full duplex	half duplex	half duplex	half duplex
Network topology	point-to-point	multidrop	multidrop	multipoint
Max distance (acc. standard)	15 m	1200 m	1200 m	1200 m
Max speed at 12 m	20 kbs	100 kbs	10 Mbs	35 Mbs
Max speed at 1200 m	(1 kbs)	1 kbs	100 kbs	100 kbs
Max slew rate	30 V/ μ s	adjustable	n/a	n/a
Receiver input resistance	$3.7\text{ k}\Omega$	$\geq 4\text{ k}\Omega$	$\geq 4\text{ k}\Omega$	$\geq 12\text{ k}\Omega$
Driver load impedance	$3.7\text{ k}\Omega$	$\geq 450\ \Omega$	$100\ \Omega$	$54\ \Omega$
Receiver input sensitivity	$\pm 3\text{ V}$	$\pm 200\text{ mV}$	$\pm 200\text{ mV}$	$\pm 200\text{ mV}$
Receiver input range	$\pm 15\text{ V}$	$\pm 12\text{ V}$	$\pm 10\text{ V}$	$-7..12\text{ V}$
Max driver output voltage	$\pm 25\text{ V}$	$\pm 6\text{ V}$	$\pm 6\text{ V}$	$-7..12\text{ V}$
Min driver output voltage (with load)	$\pm 5\text{ V}$	$\pm 3.6\text{ V}$	$\pm 2.0\text{ V}$	$\pm 1.5\text{ V}$

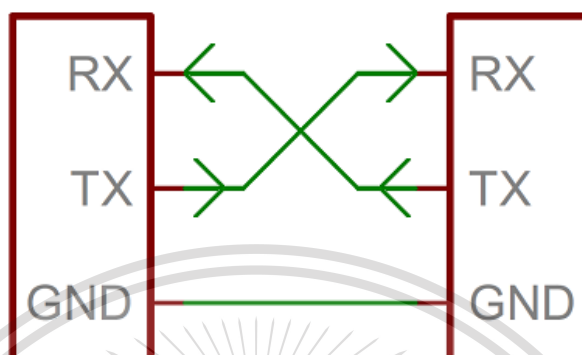
รูปที่ 2.21 คุณสมบัติการสื่อสาร RS232 เปรียบเทียบกับมาตรฐานการสื่อสารอนุกรมอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หลักการทำงานของ RS232 คือ การรับ-ส่งข้อมูลใช้สายไฟทั้งหมด 3 เส้น ได้แก่ Tx (Transmit data) คือ สายส่งข้อมูล Rx (Receive data) คือ สายรับข้อมูล และ GND (Signal ground) คือ สายกราวด์เป็นสายเทียบหรืออ้างอิงแรงดันไฟฟ้า 0V



รูปที่ 2.22 การรับ-ส่งข้อมูลของ RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

3.1 บทนำ

ในปัจจุบันนี้มีการใช้งานรถยนต์พลังงานไฟฟ้าอย่างแพร่หลาย นับได้ว่ารถยนต์พลังงานไฟฟ้าเริ่มเข้ามามีบทบาทอย่างมาก แต่ภายในประเทศไทยรถยนต์พลังงานไฟฟ้ามีราคาค่อนข้างแพงเนื่องจากต้องเสียภาษีนำเข้ารถยนต์ ดังนั้นการใช้งานรถยนต์พลังงานไฟฟ้าจึงยังไม่นิยม รัฐบาลจึงร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) เสนอนโยบายในการส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นการมุ่งเน้นการพัฒนารถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยส่งเสริมให้เกิดการสร้างฐานการผลิตชิ้นส่วน และอุปกรณ์ รถยนต์พลังงานไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถทำการผลิต และประกอบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทย ดังนั้นหากเราต้องการที่จะผลิตรถยนต์พลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้งานรถยนต์พลังงานไฟฟ้าควรมีระบบแสดงผลการระบบตรวจสอบติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบการควบคุมรถยนต์พลังงานไฟฟ้าต่างๆ ของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวงจรแสดงผลของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ วงจรระบบขับเคลื่อนรถยนต์พลังงานไฟฟ้า วงจรควบคุม วงจรการแปลงการสื่อสารแบบ CAN (Controlled Area Network) เป็นสัญญาณ TTL (Transistor-Transistor Logic) วงจรแปลงสัญญาณ TTL (Transistor-Transistor Logic) เป็นการสื่อสารแบบ RS232 (Recommended Standard 232) นอกจากนี้จะกล่าวถึงโปรแกรมที่ใช้ในการนำข้อมูลของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าออกมาแสดงผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์อีกด้วย

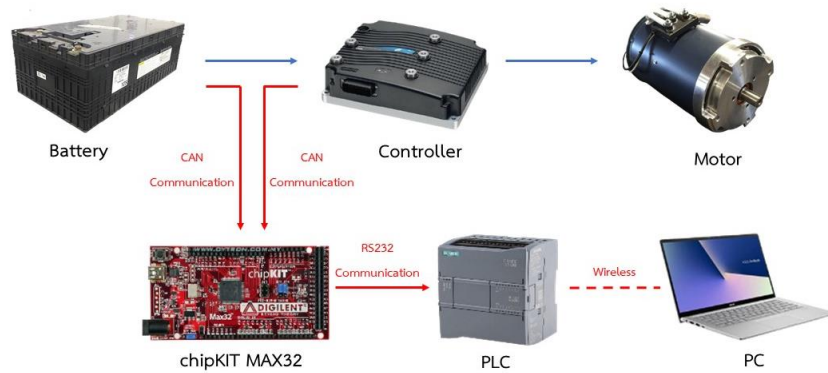
3.2 การเชื่อมต่อวงจรชุดทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์

การเชื่อมต่อชุดทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์ดังรูปที่ 3.1 โดยมีการเชื่อมต่อแบตเตอรี่กับคอนโทรลเลอร์ และคอนโทรลเลอร์ส่งกำลังให้กับมอเตอร์ ซึ่งต่อแบตเตอรี่แรงดันเท่ากับ 96V เพื่อให้ตรงกับค่าแรงดันการทำงานของคอนโทรลเลอร์ที่นำไปขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยมีวงจรควบคุมคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนโทรลเลอร์ ทั้งการเร่ง และการเบรคความเร็วของมอเตอร์ เพื่อตรวจสอบค่าความเร็วของมอเตอร์ ค่าแรงดัน ค่ากระแสที่แบตเตอรี่จ่ายให้กับมอเตอร์ และค่าพารามิเตอร์อื่น

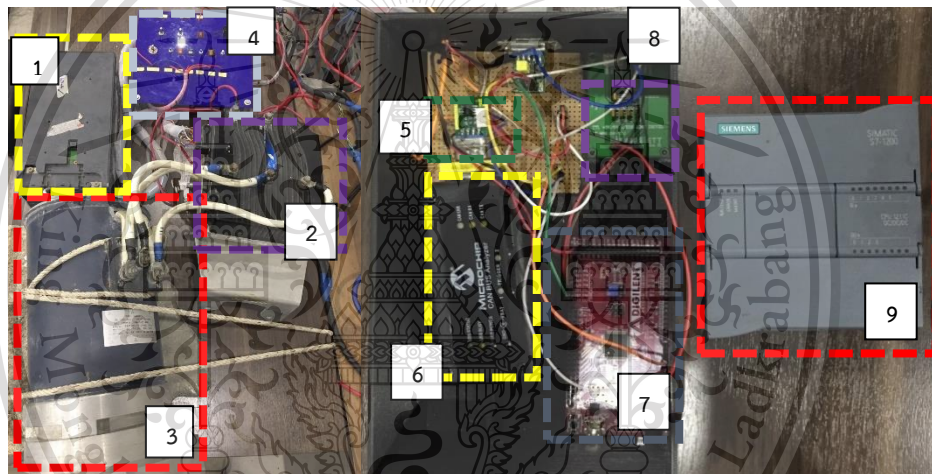
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.1 แผนผังการเชื่อมต่อชุดทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ในการทดสอบแบตเตอรี่

การส่งข้อมูลของแบตเตอรี่และมอเตอร์เพื่อแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Node-red ดังรูปที่ 3.1 ขณะที่ทำการทดสอบการขับเคลื่อนมอเตอร์ แบตเตอรี่และคอนโทรลเลอร์ดังกล่าวจะส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์แปลงสัญญาณการสื่อสารแบบ CAN (Controlled Area Network) เป็นสัญญาณ TTL (Transistor-Transistor Logic) เพื่อนำข้อมูลต่างๆของแบตเตอรี่และมอเตอร์ไปทำการประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเสร็จจะส่งสัญญาณไปยังวงจรแปลงสัญญาณ TTL (Transistor-Transistor Logic) เป็นการสื่อสารแบบ RS232 (Recommended Standard 232) ก่อนที่จะส่งข้อมูลแรงดันไฟฟ้าไปที่หน่วยประมวลผล PLC (Programmable Logic Controller) หลังจาก PLC (Programmable Logic Controller) ได้รับข้อมูลของแบตเตอรี่และมอเตอร์แล้วจะแสดงข้อมูลของต่างๆที่หน้า

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จอคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Node-red ได้ อุปกรณ์ในการทดสอบการขับเคลื่อนมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.2 มีส่วนประกอบดังนี้

- 1) แบตเตอรี่ชนิด Li-ion
- 2) คอนโทรลเลอร์
- 3) มอเตอร์
- 4) วงจรควบคุม
- 5) วงจรแปลงการสื่อสารแบบ CAN เป็นสัญญาณ TTL
- 6) CAN Bus Analyzer
- 7) ไมโครคอนโทรลเลอร์ chipKIT Max 32
- 8) วงจรแปลงสัญญาณ TTL เป็นการสื่อสารแบบ RS232
- 9) ชุดประมวลผล PLC และการสื่อสารแบบ RS232

3.3 การออกแบบวงจรกำลัง

ในวงจรกำลังนี้จะใช้แบตเตอรี่แรงดันปกติอยู่ที่ 27.6 V มาต่ออนุกรมกัน 3 ก้อน เพื่อให้ได้แรงดันปกติรวมเท่ากับ 97.2 V สำหรับย่านการทำงานของคอนโทรลเลอร์ที่ 72-96 V ซึ่งมีค่าความจุเท่ากับ 40 Ah จากนั้นคอนโทรลเลอร์ที่สามารถรับกระแสสูงสุดได้ถึง 650 A จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสสำหรับการทำงานของมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ โดยที่การทดสอบจะปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านวงจรควบคุม



รูปที่ 3.3 แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4 การออกแบบวงจรควบคุม

ส่วนของวงจรควบคุมใช้วงจร chipKIT Max 32 ในการควบคุมและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากแบตเตอรี่และมอเตอร์ที่ส่งออกมาในรูปแบบของการสื่อสารแบบ CAN โดยข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย แรงดันต่อเซลล์ อุณหภูมิภายในแบตเตอรี่ ความเร็ว ความถี่ อุณหภูมิภายในของมอเตอร์ และการบอกทิศทางการทำงานของมอเตอร์ ในการออกแบบวงจรควบคุมจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข PIC32MX795F512L ในการประมวลผลการทำงานของแบตเตอรี่ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้มีขนาด 32 บิต 100 ขา มีโมดูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

- Program Memory 512 kB
- Data Memory 128 kB
- USB 1 ช่อง
- Ethernet 1 ช่อง
- Timer 5 ช่อง
- DMA channels 8 ช่อง
- CAN 2 ช่อง
- UART 6 ช่อง
- SPI 4 ช่อง
- I²C 5 ช่อง
- ADC 10 บิต 16 ช่อง
- Comparator 2 ช่อง
- PMP/PSP
- JTAG
- Port I/O 7



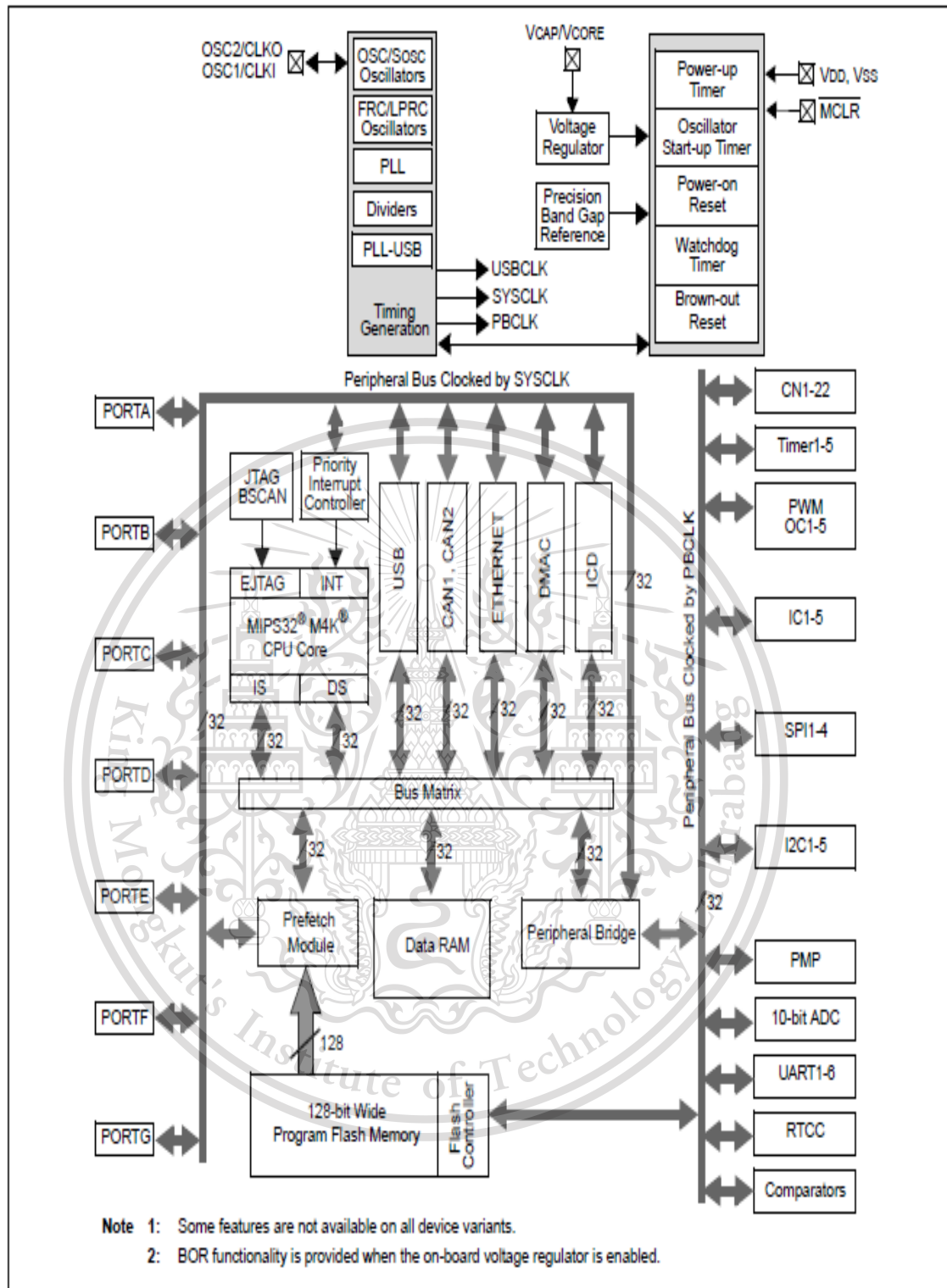
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.4 วงจร chipKIT Max 32

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.5 แผนภาพการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC32MX795F512L

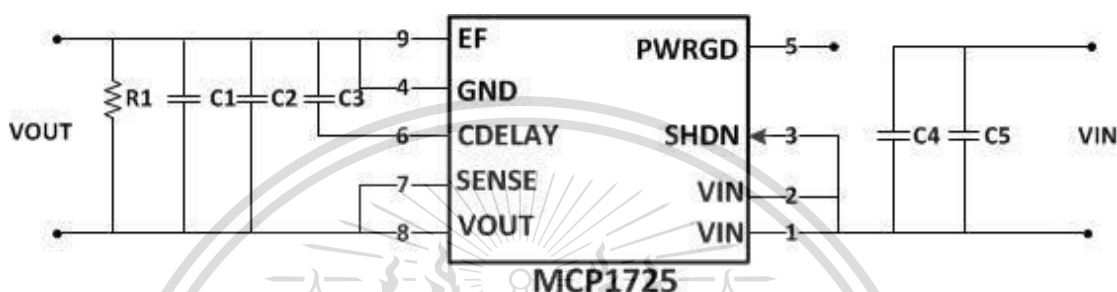
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 การออกแบบวงจรไฟเลี้ยง

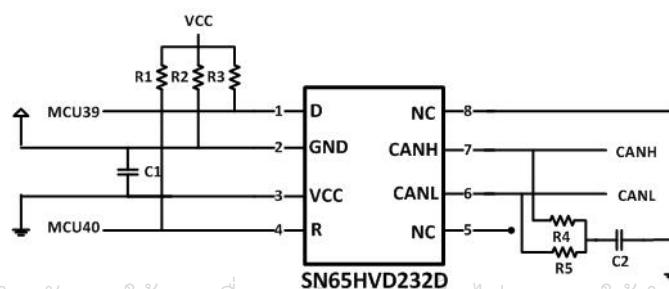
วงจรไฟเลี้ยงดังรูปที่ 3.6 มีหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์เพื่อใช้ในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC32MX795F512L รวมถึงวงจรแปลงการสื่อสารแบบ CAN เป็นสัญญาณ TTL และวงจรแปลงสัญญาณการสื่อสารผ่านพอร์ต USB โดยวงจรไฟเลี้ยงนี้จะใช้ไอซีหมายเลข MCP1725 ในการแปลงแรงดันเนื่องจากมีข้อดีคือ มีความเสถียร สัญญาณรบกวนน้อย และมีขนาดเล็ก



รูปที่ 3.6 โครงสร้างวงจรไฟเลี้ยง 3.3 V

3.6 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณการสื่อสาร

3.6.1 วงจรแปลงการสื่อสารแบบ CAN เป็นสัญญาณ TTL เนื่องจากการสื่อสารที่แบตเตอรี่และคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลออกมาเป็นการสื่อสารแบบ CAN แต่การประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC32MX795F512L นั้นจะใช้การสื่อสารแบบสัญญาณ TTL ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณการสื่อสารจากการสื่อสารแบบ CAN เป็นสัญญาณ TTL ดังรูปที่ 3.7 อุปกรณ์รับสัญญาณการสื่อสารแบบ CAN ที่ใช้คือไอซีหมายเลข SN65HVD232D ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่และคอนโทรลเลอร์เพื่อรับการสื่อสารแบบ CAN และแปลงสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณ TTL ก่อนส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลต่อไป



รูปที่ 3.7 โครงสร้างวงจรแปลงการสื่อสารแบบ CAN เป็นสัญญาณ TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

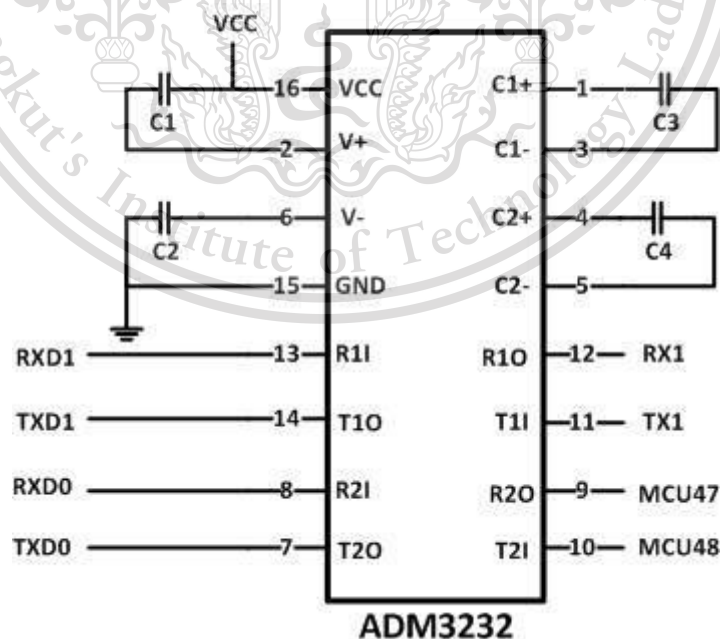
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.8 วงจรแปลงการสื่อสารแบบ CAN เป็นสัญญาณ TTL

3.6.2 วงจรแปลงสัญญาณ TTL เป็นการสื่อสารแบบ RS232 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC32MX795F512L ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากแบตเตอรี่และคอนโทรลเลอร์แล้ว จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล ในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC32MX795F512L จะใช้การสื่อสารแบบสัญญาณ TTL แต่ในการรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์จะใช้ระบบการสื่อสารแบบ RS232 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณการสื่อสาร ดังรูปที่ 3.9 โดยใช้อุปกรณ์รับสัญญาณ ADM3232 ดังรูปที่ 3.10 เพื่อใช้แปลงสัญญาณ TTL เป็นระบบการสื่อสารแบบ RS232 แล้วส่งไปยังคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.9 โครงสร้างวงจรแปลงสัญญาณ TTL เป็นการสื่อสารแบบ RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือดัดแปลงเนื้อหา หรือใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.10 วงจรแปลงสัญญาณ TTL เป็นการสื่อสารแบบ RS232

3.7 โปรแกรม CAN Bus Analyzer

โปรแกรม CAN Bus Analyzer เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแสดงข้อมูลของแบตเตอรี่และมอเตอร์ โดยจากข้อมูลที่ส่งออกมาจากแบตเตอรี่เป็นข้อมูลที่ใช้การสื่อสารแบบ CAN ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถรับสัญญาณการสื่อสารชนิดนี้ได้ โดยอุปกรณ์ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็น CAN Bus Analyzer ดังรูปที่ 3.11 เป็นอุปกรณ์ที่ถูกสร้างและพัฒนาโดยบริษัท MICROCHIP® ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

- รองรับ CAN 2.0b และมาตรฐาน ISO11898-2
- สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แล้วส่งหรือรับค่าข้อมูล
- มีคุณสมบัติในการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ของ MICROCHIP®
- เชื่อมต่อกับสัญญาณ CAN H และ CAN L, CAN TX และ CAN RX เพื่อแก้ไข

จุดบกพร่อง

- นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบสื่อสารอื่นได้ เช่น standard DB9
- มีซอฟต์แวร์ในการควบคุมรวมไปถึงไฟแสดงสถานะและไฟแสดงความผิดพลาดของอุปกรณ์

ในการดึงข้อมูลเราจะใช้ซอฟต์แวร์ของตัว CAN Bus Analyzer ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ให้มาพร้อมตัวอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.12 เป็นหน้าต่างแสดงโปรแกรมของ CAN Bus Analyzer ในการดึงข้อมูลจากแบตเตอรี่ แบตเตอรี่แต่ละตัวจะส่งข้อมูลออกมา 4 ชุด ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าแรงดันต่อเซลล์ภายในแบตเตอรี่ และอุณหภูมิภายในแบตเตอรี่ในรูปแบบเลขฐาน 16 (HEX)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.11 CAN Bus Analyzer ของบริษัท MICROCHIP

TX	TRACE	ID	DLC	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	TIME STAMP (sec)	TIME DELTA (sec)	COUNTER
RX	RX	0x250	8	0x00	0x01	0x19	0x64	0x11	0xEC	0x0B	0x85	2160.7992	0.020	107
RX	RX	0x251	8	0x00	0x00	0x0B	0xB8	0x05	0xA0	0x00	0x00	2160.8002	0.020	107
RX	RX	0x252	8	0xFF	0xFF	0x03	0xE8	0x00	0x00	0x01	0x90	2160.8012	0.020	107
RX	RX	0x253	8	0x7F	0xFF	0x7F	0xFF	0x7F	0xFF	0x7F	0xFF	2160.8022	0.020	107
RX	RX	0x602	8	0x00	0x02	0x27	0x00	0x03	0x02	0x02	0x00	2213.8222	0.104	50867
RX	RX	0x601	8	0x00	0x4E	0x1F	0x28	0x00	0x0C	0x03	0x81	2213.8213	0.104	50859
RX														
RX														
RX														
RX														
RX														

รูปที่ 3.12 หน้าต่างโปรแกรม CAN Bus Analyzer

3.8 โปรแกรม PLC ของบริษัท Siemens

หน่วยประมวลผล SIMATIC S7-1200 ของบริษัท Siemens ดังรูปที่ 3.13 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการนำข้อมูลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบการสื่อสารแบบ RS232 มาทำการแบ่งประเภทของข้อมูล เพื่อง่ายต่อการแสดงผลในโปรแกรม PLC

ในการทำงานส่วนของ PLC จะเป็นการรับข้อมูลจาก Microcontroller ออกมาเพื่อทำการประมวลผล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้แก่ แรงดันต่อเซลล์ภายในแบตเตอรี่ อุณหภูมิภายในแบตเตอรี่ กระแสขณะใช้งานของแบตเตอรี่ ค่าสถานะ SOC (State of Charge) ความเร็วมอเตอร์ อุณหภูมิมอเตอร์ อุณหภูมิcontroller กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ และแสดงการแจ้งเตือนเมื่อระบบเกิดความผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.13 หน่วยประมวลผล SIMATIC S7-1200 ของบริษัท Siemens

3.9 การใช้เซ็นเซอร์ในการวัดกระแสเพื่อหาSOC (State Of Charge)

การคำนวณหา SOC (State Of Charge) ใช้หลักการคำนวณโดยวิธีการทำงานของ Coulomb Counter เป็นการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า ออกจากแบตเตอรี่เพื่อนำไปเทียบกับค่ากระแสตั้งต้น

ในการคำนวณหาค่า SOC (State Of Charge) หาได้โดยการใช้เซ็นเซอร์ Honeywell CSNS200M-002S เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าและออกแบตเตอรี่ โดยจะต้องทำงานร่วมกับวงจรเรียงกระแส (Rectifier) และตัวต้านทานเพื่อเรียงกระแส จากนั้นทำการดึงข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าออกแบตเตอรี่ขณะที่การชาร์จและดิสชาร์จเพื่อนำข้อมูลการแสดดังกล่าวไปคำนวณหาค่า SOC (State Of Charge) เป็นการหารระดับการเก็บประจุหรือชาร์จไฟของแบตเตอรี่มีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ SOC (State Of Charge)



รูปที่ 3.14 เซนเซอร์วัดกระแส Honeywell CSNS200M-002S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

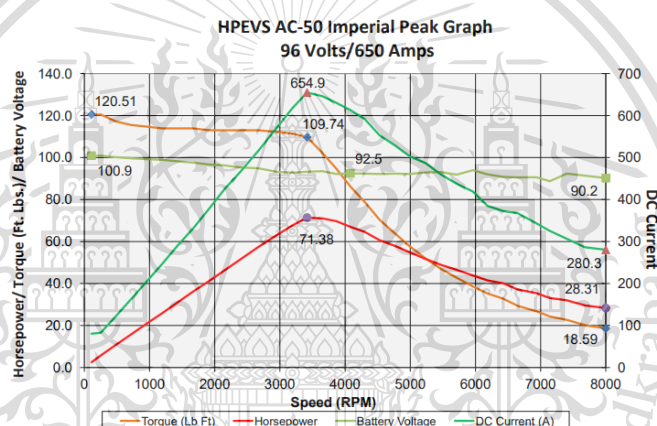
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.10 การทดลองเพื่อหาค่าทอร์กของมอเตอร์

การหาค่าทอร์กมอเตอร์ด้วยวิธีการใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักเพื่อหาค่าทอร์กขณะที่มอเตอร์หมุนเพื่อนำไปหาค่าประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์โดยจะทำการทดสอบหาค่าทอร์กที่ค่าความเร็วต่างๆและน้ำหนักลูกตุ้มที่แตกต่างกันเพื่อนำค่าทอร์กที่ได้มาพล็อตกราฟและนำมาเปรียบเทียบกับกราฟดังรูปที่ 3.15 เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลที่จะนำไปคำนวณเพื่อแสดงผล จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้ไปเปรียบเทียบหาค่าทอร์กใดๆ ขณะที่มอเตอร์หมุนที่ภาระทางกลใดๆ และนำค่าทอร์กที่เปรียบเทียบได้มาหาค่ากำลังการหมุนของมอเตอร์ จากสูตร

$$P_m = \tau \omega \quad (3.1)$$



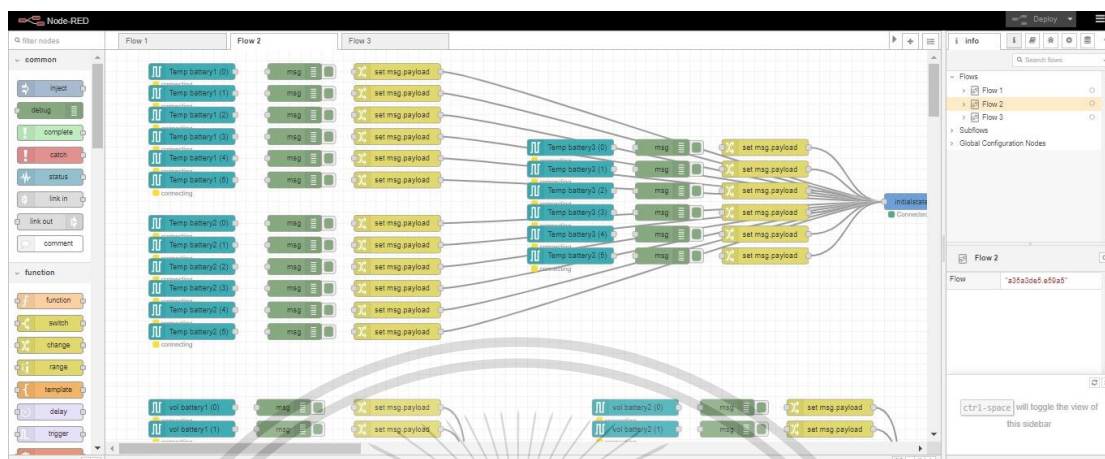
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงค่าทอร์กของมอเตอร์ที่นำมาเทียบหาค่าเพื่อคำนวณ

3.11 โปรแกรม Node-red dashboard

จุดเด่นของ Node-red คือ การทำ dashboard เพราะสามารถใช้งานได้สะดวก โดยมีการแสดงผลต่างๆออกมาในรูปแบบ graphic ได้อย่างสวยงามตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่ง Node-red มีแนวความคิดในการทำงานแบบ Flow-based programming for the Internet of Things เป็นเครื่องมือที่ช่วยนักพัฒนาโปรแกรมให้เชื่อมต่ออุปกรณ์ Hardware เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) โดยมี User Interface ให้เข้าใช้งานได้ผ่าน Web Browser ซึ่งข้อมูลแต่ละส่วนสามารถเชื่อมโยงเข้าถึงกันได้ง่าย

การใช้งาน PLC มี Web server ให้ใช้งานสำหรับการแสดงผลเป็น graphic เหมือนที่ Node-red สามารถทำได้ แต่ต้องใช้ความพยายามและความรู้ในการโปรแกรมอย่างมาก หากใช้ IOT2040 มาเป็นตัวกลางเพื่อแสดงค่าจาก PLC มาแสดงผลขึ้น dashboard ด้วย Node-red ตัว

ผลงานจะสามารถทำหน้าตา dashboard ได้โดยทันทีแม้ไม่มีความรู้ในการทำโปรแกรมบน website เลยก็ตาม



รูปที่ 3.16 หน้าต่างโปรแกรม Node-red

3.12 การแปลงความเร็วรอบมอเตอร์เป็นความเร็วขณะขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

การคำนวณหาความเร็วขณะขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า สามารถหาได้จากการคำนวณมาจากความเร็วรอบของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น รอบต่อวินาที จากนั้นนำมาเข้าสู่สูตรหาความเร็วขณะขับเคลื่อน โดยกำหนดให้รถยนต์พลังงานไฟฟ้ามีรัศมีล้อเป็น 0.318 เมตร

$$V = R\omega \quad (3.2)$$

โดย ω คำนวณได้จากสูตร

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะเสนอถึงผลการทดสอบระบบแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า เพื่อยืนยันว่าระบบแสดงผลเป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้หรือไม่และยืนยันว่าผลมีความแม่นยำ อีกทั้งเสนอรูปแบบการแสดงผลที่แตกต่างไปจากเดิม พร้อมทั้งวิเคราะห์สถานะความผิดพลาดของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า สามารถแจ้งเตือนสถานะ ให้ผู้ขับขี่ได้สามารถดำเนินแก้ไขได้อย่างทันที เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

4.2 โปรแกรมการแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

โปรแกรม REAL Dashboard นี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อการตรวจและแสดงผลสถานการณ์ทำงานของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยสามารถแสดงค่าความเร็วขณะขับขี่ ระดับการอัดประจุแบตเตอรี่ แรงดันแบตเตอรี่ ทอร์คมอเตอร์ อุณหภูมิแบตเตอรี่ อุณหภูมิของมอเตอร์ และอุณหภูมิของชุดควบคุม นอกจากนี้ยังสามารถแจ้งเตือนสถานะความผิดพลาดของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างโปรแกรมได้จากการดึงข้อมูลมาจากโปรแกรม PLC



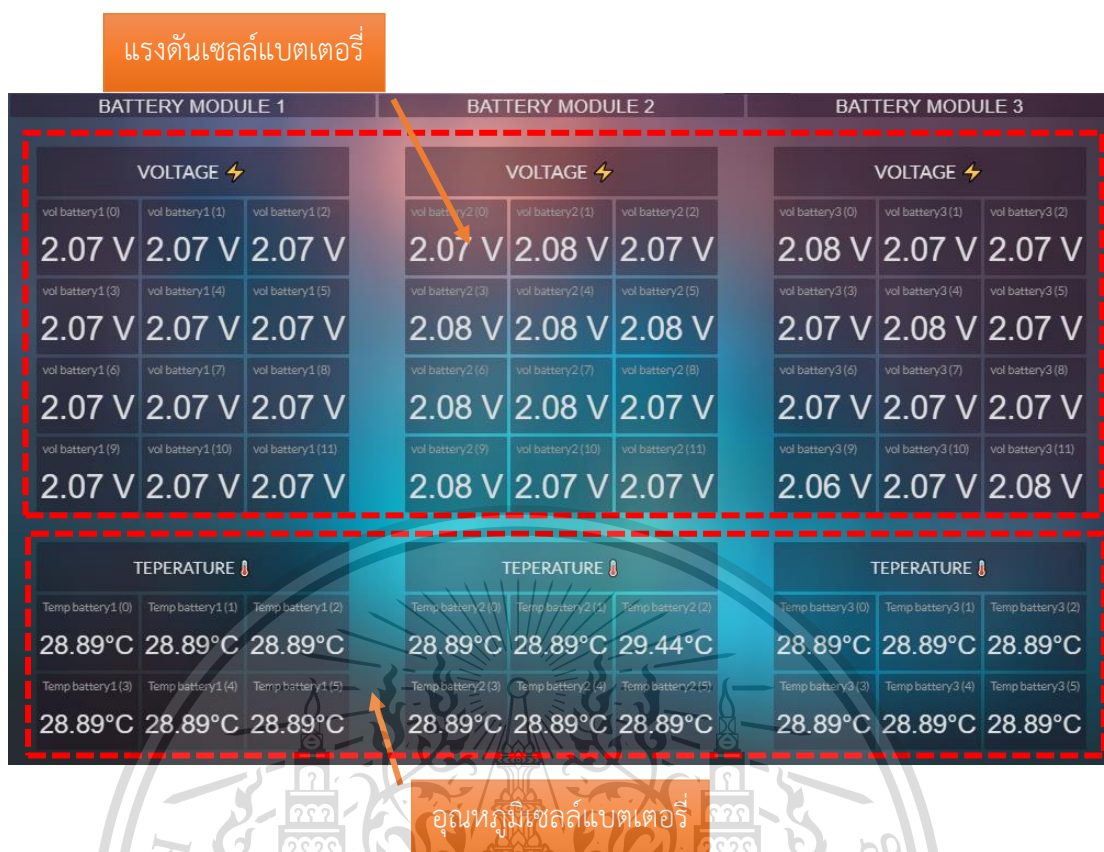
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.1 หน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งาน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผล BMS แบตเตอรี่

การใช้งานโปรแกรมระบบแสดงผลดังกล่าวต้องใช้ซอฟต์แวร์ของ REAL Dashboard ในการควบคุมการทำงาน เมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะแสดงหน้าจอหลักผู้ใช้งานดังรูป 4.1 โดยในหน้าจอหลักจะแสดงค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่ควรทราบและสิ่งอำนวยความสะดวกของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยค่าพารามิเตอร์พื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกที่นำมาแสดงในหน้าจอได้แก่

- วันที่ (Date)
- สภาพอากาศประจำวัน (Weather)
- ระบบนำทางรถยนต์ (Global Positioning System : GPS)
- เพลง (Music)
- ระดับการอัดประจุแบตเตอรี่ (State Of Charge) หน่วยเป็น %
- ความเร็วขณะขับขี่ (Speed) หน่วยเป็น km/hr
- แรงดันแบตเตอรี่ (Battery Voltage) หน่วยเป็น V
- ทอร์คมอเตอร์ (Torque Motor) หน่วยเป็น Nm
- อุณหภูมิมอเตอร์ (Motor Temperature) หน่วยเป็น °C
- อุณหภูมิชุดควบคุม (Controller Temperature) หน่วยเป็น °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ถือว่าผู้ใช้งานเป็นต้นตอของข้อผิดพลาด และต้องอ้างถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- สถานะมอเตอร์และชุดควบคุม (Motor and Controller Status)

หน้าจอแสดงผล BMS แบตเตอรี่จะแสดงผลค่าแรงดันและอุณหภูมิแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่แต่ละก้อน และมีการแจ้งเตือนเมื่อแรงดันหรืออุณหภูมิแต่ละเซลล์มีค่าเกินที่กำหนดเพื่อป้องกันอันตรายต่อระบบแบตเตอรี่

นอกจากนี้โปรแกรม REAL Dashboard ยังสามารถนำไปใช้งานผ่านมือถือ และแท็บเล็ตเพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้งานภายในรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 การสอบเทียบและผลการสอบเทียบระบบแบตเตอรี่

ในการทดสอบระบบแบตเตอรี่จะทดสอบการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่ โดยพิจารณาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบตเตอรี่ชนิด Li-ion ของบริษัท Toshiba ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 32.4 โวลต์ ขนาด 40 แอมแปร์-ชั่วโมง อุณหภูมิขณะทำงานอยู่ในช่วง -30 องศาเซลเซียส ถึง 55 องศาเซลเซียส ซึ่งจะนำมอดูล 3 ก้อน ทำให้ได้พิกัดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 97.2 โวลต์ ขนาด 40 แอมแปร์-ชั่วโมง

4.3.1.1 การสอบเทียบและผลการสอบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ผลการสอบเทียบวัดแรงดันของแบตเตอรี่ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่แท้จริงของแบตเตอรี่ขณะทำงาน โดยใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานคือ HIOKI PW6001 Power Analyzer ซึ่งได้ผลการสอบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การสอบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ค่าแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องมือวัด (V)	ค่าแรงดันไฟฟ้าจากโปรแกรม (V)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
95.26	95.4	0.147
92.06	92.5	0.478
90.43	90.7	0.298
89.46	89.3	0.179
84.73	85.1	0.437
83.41	83.9	0.587
80.12	80.5	0.474
78.19	78.3	0.141
76.53	76.6	0.091
73.17	73.4	0.314

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.1.2 การสอบเทียบและผลการสอบเทียบระดับกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ผลการสอบเทียบวัดกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่แท้จริงของแบตเตอรี่ขณะทำงาน โดยใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานคือ HIOKI PW6001 Power Analyzer ซึ่งได้ผลการสอบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การสอบเทียบระดับกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ค่ากระแสไฟฟ้าจากเครื่องมือวัด (A)	ค่ากระแสไฟฟ้าจากโปรแกรม (A)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
0.54	0.98	81.48148
6.72	7.31	87.79762
17.96	18.46	97.283964
25.04	26.14	95.792971
48.77	49.38	98.750769
54.27	55.95	97.005633
67.06	68.21	98.314882
81.35	84.36	96.430061
92.53	98.42	94.025503
105.67	109.61	96.40589

4.3.1.3 การสอบเทียบและผลการสอบเทียบระดับกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ ผลการสอบเทียบวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ที่แท้จริงขณะทำงาน โดยใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานคือ HIOKI PW6001 Power Analyzer ซึ่งได้ผลการสอบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.3 การสอบเทียบระดับกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์

ค่ากระแสไฟฟ้าจากเครื่องมือวัด (A)	ค่ากระแสไฟฟ้าจากโปรแกรม (A)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
9.21	9.64	4.668
17.42	17.72	1.722
23.14	24.91	7.649
32.69	33.45	2.325
46.47	48.03	3.357
62.47	63.25	1.248
82.94	84.42	1.784
94.17	95.91	1.847
122.75	124.26	1.230
170.84	173.67	1.656

4.3.1.4 การสอบเทียบและผลการสอบเทียบระดับการอัดประจุของแบตเตอรี่ (SOC) การทดสอบระดับการอัดประจุของแบตเตอรี่ (SOC) โดยการคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าออกแบตเตอรี่ เทียบกับกระแสตั้งต้น โดยระดับการอัดประจุของแบตเตอรี่จะเต็ม 100% เมื่อแบตเตอรี่มีการชาร์จแรงดันครบ 97.2 โวลต์ และจะเป็น 0% เมื่อแรงดันแบตเตอรี่เหลือ 75 โวลต์ จากการทดสอบระดับการอัดประจุแบตเตอรี่ (SOC) เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

4.3.2 การสอบเทียบและผลการสอบเทียบความเร็วรอบของมอเตอร์

ในการทดสอบความเร็วรอบของมอเตอร์ที่แท้จริงขณะทำงาน โดยใช้เซนเซอร์วัดความเร็วรอบมอเตอร์คือ HBM T40B ซึ่งได้ผลการสอบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.4 การสอบเทียบความเร็วขณะขับเคลื่อนของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

ค่าความเร็วรอบจากเครื่องมือวัด (rpm)	ค่าความเร็วรอบจากโปรแกรม (rpm)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
164	110	32.92683
370	310	16.21622
552	519	5.978261
746	717	3.887399
937	900	3.948773
1079	1042	3.429101
1289	1240	3.801396
1386	1337	3.535354
1597	1544	3.318723
1892	1865	1.427061

4.3.3 การสอบเทียบและผลการสอบเทียบอุณหภูมิมอเตอร์

การทดสอบวัดอุณหภูมิของมอเตอร์ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่าอุณหภูมิที่แท้จริงของมอเตอร์ขณะทำงาน โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิมาตรฐานคือ Fluke 62Max IR Thermometer ซึ่งได้ผลการสอบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การสอบเทียบอุณหภูมิมอเตอร์

ค่าอุณหภูมิจากเครื่องมือวัด (°C)	ค่าอุณหภูมิจากโปรแกรม (°C)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
29.2	28.4	2.739
34.8	31.5	9.483
42.3	33.3	21.277
48.4	38.4	20.661
52.7	44.7	15.180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.4 การสอบเทียบและผลการสอบเทียบอุณหภูมิชุดควบคุมมอเตอร์

การทดสอบวัดอุณหภูมิของชุดควบคุมมอเตอร์ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่าอุณหภูมิที่แท้จริงของมอเตอร์ขณะทำงาน โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิมาตรฐานคือ Fluke 62Max IR Thermometer ซึ่งได้ผลการสอบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การสอบเทียบอุณหภูมิชุดควบคุมมอเตอร์

ค่าอุณหภูมิจากเครื่องมือวัด (°C)	ค่าอุณหภูมิจากโปรแกรม (°C)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
32.4	29.4	9.259
38.3	32.1	16.188
42.5	34.2	19.529
54.3	41.1	24.309
65.2	42.5	34.816

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 ผลการทดสอบการแสดงผลข้อมูลใน PLC

ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ตรวจวัดได้ของระบบควบคุมรถยนต์พลังงานไฟฟ้า จะมีการนำข้อมูลมาประมวลผลผ่าน PLC ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลของระบบควบคุมรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลผลการแสดงผลข้อมูลใน PLC

Speed (RPM)	Motor Current (A)	Battery Current (A)	Battery Voltage (V)	Power Input (kW)	Motor Temp. (°C)	Controller Temp. (°C)
110	33.45	1.28	74.7	0.09	29.0	38.0
205	48.72	2.44	74.6	0.18	30.1	38.5
310	48.03	4.42	74.5	0.36	30.3	38.5
428	57.64	4.76	74.5	0.35	31.4	38.5
519	63.25	6.17	74.4	0.46	31.4	39.4
605	74.40	10.12	74.2	0.75	31.2	39.4
717	84.42	14.56	74.0	1.07	31.5	39.4
805	86.78	16.53	73.9	1.22	32.4	39.6
900	89.36	19.34	73.8	1.42	32.4	39.6
1042	95.91	24.76	73.5	1.82	32.4	39.6
1119	102.45	29.64	73.3	2.17	32.5	39.6
1240	108.64	36.04	73.0	2.63	32.5	40.1
1337	111.27	40.78	72.7	2.96	32.6	40.1
1434	109.41	42.77	72.6	3.10	32.6	40.1
1544	108.02	44.23	72.4	3.20	32.6	40.1
1654	108.46	45.52	72.3	3.29	32.7	40.4
1865	102.46	47.54	72.2	3.31	32.7	40.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการแสดงอุณหภูมิระบบ BMS แบตเตอรี่

อุณหภูมิแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (°C)		อุณหภูมิแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 (°C)		อุณหภูมิแบตเตอรี่ก้อนที่ 3 (°C)	
เซนเซอร์ตัวที่ 1	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 1	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 1	28.89
เซนเซอร์ตัวที่ 2	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 2	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 2	28.89
เซนเซอร์ตัวที่ 3	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 3	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 3	28.89
เซนเซอร์ตัวที่ 4	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 4	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 4	28.89
เซนเซอร์ตัวที่ 5	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 5	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 5	28.89
เซนเซอร์ตัวที่ 6	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 6	28.89	เซนเซอร์ตัวที่ 6	28.89

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลการแสดงแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ของระบบ BMS แบตเตอรี่

แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (V)		แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 (V)		แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ก้อนที่ 3 (V)	
Cell 1	2.07	Cell 1	2.07	Cell 1	2.08
Cell 2	2.07	Cell 2	2.08	Cell 2	2.07
Cell 3	2.07	Cell 3	2.07	Cell 3	2.07
Cell 4	2.07	Cell 4	2.08	Cell 4	2.07
Cell 5	2.07	Cell 5	2.08	Cell 5	2.08
Cell 6	2.07	Cell 6	2.08	Cell 6	2.07
Cell 7	2.07	Cell 7	2.08	Cell 7	2.07
Cell 8	2.07	Cell 8	2.08	Cell 8	2.07
Cell 9	2.07	Cell 9	2.07	Cell 9	2.07
Cell 10	2.07	Cell 10	2.08	Cell 10	2.06
Cell 11	2.07	Cell 11	2.07	Cell 11	2.07
Cell 12	2.07	Cell 12	2.07	Cell 12	2.08

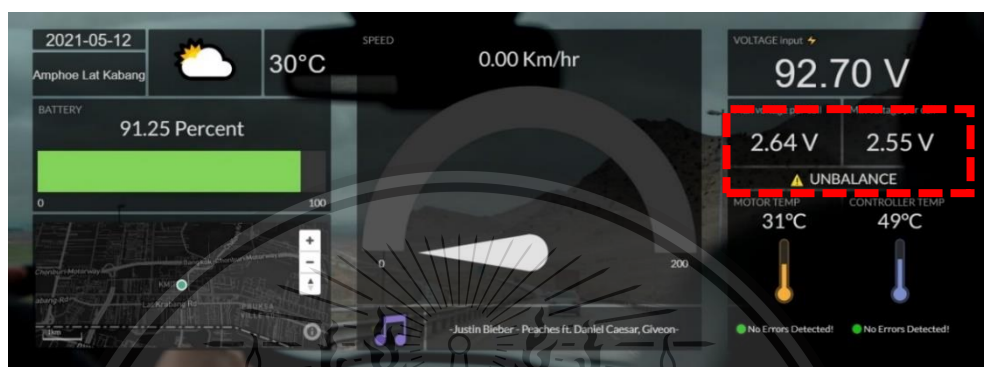
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

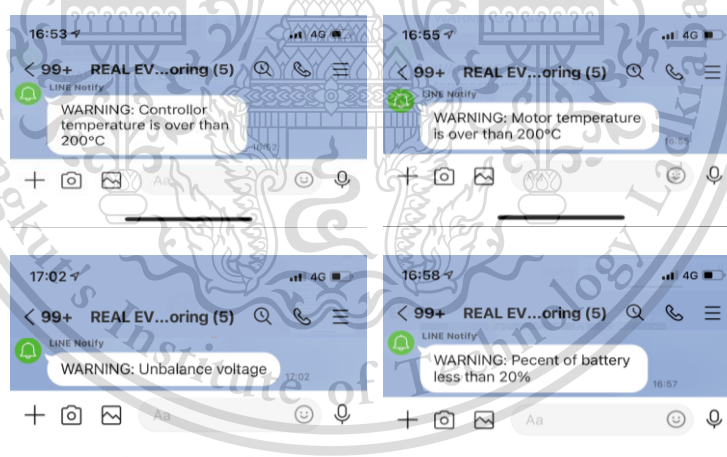
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่างๆและแจ้งเตือนผ่านไลน์

ผลการทดลองการแจ้งเตือนความผิดปกติของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย แรงดันแบตเตอรี่เมื่อแรงดันไฟฟ้าแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่มีค่าแตกต่างกันเกิน 5%, เปอร์เซ็นแบตเตอรี่น้อยกว่า 20% และอุณหภูมิมอเตอร์และชุดควบคุมมอเตอร์สูงเกิน 200°C



รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงผลความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าแต่ละเซลล์



รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลความผิดปกติของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

4.6 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

ทำการทดสอบการจำลองการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ค่าแรงบิดคงที่ 22 นิวตันเมตร โดยอ้างอิงน้ำหนักของรถยนต์ที่ 600 กิโลกรัม โดยใช้เครื่อง YOKOGAWA Test &

Measurement Electric Motor และเก็บค่าจากเครื่องมือวัดมาตรฐานคือ HIOKI PW6001 Power Analyzer ตามตารางที่ 4.10

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.10 แสดงการใช้พลังงานของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วเฉลี่ย 120 km/h

เวลา (s)	ความเร็ว (km/h)	ระยะทาง (m)	กำลังขาเข้าชุดควบคุม (kW)
1	112.0339	31.3036	2.91
2	110.8357	30.95412	2.90
3	110.2366	30.70449	2.91
4	110.3564	30.63792	2.91
5	110.9555	30.73777	2.92
6	111.7943	30.93748	2.93
7	112.8727	31.20375	2.93
8	113.8313	31.48666	2.95
9	114.9097	31.76958	2.95
10	115.7484	32.03585	2.95
11	116.707	32.28548	2.98
12	117.9052	32.58504	2.97
13	118.744	32.86795	2.99
14	119.5828	33.10094	3.00
15	120.1819	33.30064	2.99
16	120.781	33.46706	2.99
17	121.4999	33.65012	2.98
18	121.9792	33.81654	2.98
19	122.6981	33.98296	2.99
20	123.1774	34.14938	2.98
21	123.5369	34.26588	2.99
22	124.2558	34.41566	2.98
23	124.4955	34.54879	2.97
24	124.9748	34.64864	2.99
25	125.3342	34.76514	2.97
26	125.8135	34.88163	2.99
27	126.2928	35.01477	2.98
28	126.6523	35.13126	2.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงการใช้พลังงานของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วเฉลี่ย 120 km/

เวลา (s)	ความเร็ว (km/h)	ระยะทาง (m)	กำลังขาเข้าชุดควบคุม (kW)
29	127.0117	35.23111	2.99
30	127.2514	35.31432	2.97
31	127.6109	35.39753	2.97
32	127.7307	35.4641	2.99

จากการทดลองการจำลองการขับเคลื่อนพลังงานไฟฟ้าระยะทาง 1.064 กิโลเมตร ที่ความเร็วเฉลี่ย 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้พลังงานทั้งหมด 0.0263 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า วิเคราะห์สถานะความผิดพลาดของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า สามารถแจ้งเตือนสถานะ จากการทดสอบพบว่าระบบแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า สามารถทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ได้แก่

- สามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ ของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า และทำการส่งข้อมูลไปที่โปรแกรม REAL Dashboard

- สามารถแสดงข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในรูปแบบของหน้าปัดรถยนต์พลังงานไฟฟ้าซึ่งจะแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน บนโปรแกรม REAL Dashboard และแอปพลิเคชันใน แท็บเล็ต

- สามารถบันทึกข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ในโปรแกรม REAL Dashboard โดยบันทึกข้อมูลไว้ในรูปแบบกราฟของข้อมูลเทียบกับเวลา

- สามารถวิเคราะห์สถานะความผิดพลาดของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าได้

- สามารถแจ้งเตือนสถานะความผิดพลาดของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ และ REAL Dashboard

ระบบแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า สามารถนำไปใช้งานได้จริงการประมวลผลของโปรแกรมที่สร้างขึ้นมามีความแม่นยำในการประมวลและแสดงผลสถานะต่างๆของรถยนต์พลังงานไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งยังมีการแจ้งเตือนสถานะการทำงานของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า และความผิดพลาดของระบบว่าเกิดปัญหาที่ส่วนใดและมีความแม่นยำ เพื่อให้ผู้ขับขี่รถยนต์พลังงานไฟฟ้ามีความปลอดภัย และทำการแก้ไขระบบได้อย่างทันที เป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตรวจสอบระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

5.2 ปัญหาและข้อจำกัดของโครงการ

จากการดำเนินการออกแบบระบบแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า มีปัญหาและข้อจำกัดดังนี้

- ปัญหาการตรวจวัดอุณหภูมิของมอเตอร์ และชุดควบคุมมอเตอร์ โดยเซนเซอร์จากชุดควบคุมมอเตอร์มีความล่าช้ากว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ปัญหาความเสถียรและความพร้อมของอุปกรณ์ ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลต่อความล่าช้าในการทำงาน
- ปัญหาการตรวจสอบค่าเทอร์คไม่สามารถทำได้เนื่องจากตอนที่ทำการทดลองนั้นได้ทดลองที่ค่าเทอร์คต่ำทำให้เมื่อนำมาใช้งานจริงที่ค่าเทอร์คสูงจึงเกิดความผิดพลาด
- ข้อจำกัดในการรับข้อมูลของ PLC ที่ไม่สามารถทำการรับข้อมูลของ BMS แบบเตอร์หากทำการเชื่อมต่อมากกว่า 3 ก้อน เพราะจะทำให้ข้อมูลที่ได้รับเกิดความผิดพลาด
- ข้อจำกัดในการออกแบบหน้าจอแสดงผล เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ไม่มีรูปแบบที่ต้องการ จึงต้องทำการออกแบบในรูปแบบอื่น
- ข้อจำกัดในการติดตั้งระบบจำลองของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาการวิจัย

- 1) การทดสอบระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ควรนำไปใช้กับระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าจริงเพื่อทดสอบระบบให้มีความแม่นยำมากขึ้น
- 2) ทำการปรับปรุงให้ระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า มีความเสถียรมากขึ้นเพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน
- 3) เพิ่มหน้าจอการทดสอบแบบเตอร์ที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อรองรับการทดสอบระบบควบคุมรถยนต์พลังงานไฟฟ้าในหลายๆรูปแบบมากขึ้น
- 4) การติดตั้งวงจรกรองฮาร์โมนิกส์ ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อเพิ่มคุณภาพของสัญญาณไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ระบบประมวลผล
- 5) ควรติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่มีความแม่นยำให้กับมอเตอร์และชุดควบคุมมอเตอร์เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมการขนส่งทางบก, **จำนวนรถจดทะเบียนสะสม**, 2563, ค้นเมื่อ มกราคม 2564, จาก <http://web.dlt.go.th/statistics/>.
- [2] บริษัท สิชร จำกัด, **โครงการศึกษาวิจัยถอดแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า**, 2561.
- [3] ชนิกันต์ หอมมาลัย, ชวิน หฤหรรษพงศ์ และชัชชล กระต่ายทอง, “การศึกษาและพัฒนา ระบบตรวจวัดคุณภาพแบตเตอรี่ โดยสามารถตรวจสอบเซลล์แบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพได้” **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2557.
- [4] ดวงกมล เงินอนันต์, พิพัฒน์ พงษ์นาค และศรินญา กิจธนไพบูลย์, “การศึกษาจักรยานยนต์ พลังงานไฟฟ้าสาธารณะเพื่อลดมลภาวะทางอากาศ”, **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2561.
- [5] Xavier Mosquet, Aakash Arora, Alex Xie, and Matt Renner, **Who Will Drive Electric Cars to the Tipping Point?**, January 2020, page 2-18.
- [6] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Sebastien E. Gay, and Ali Emadi, **Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles**, 2005.
- [7] Seth Leitman and Bob Brant, **Build your own electric vehicle**, 2nd Ed., 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ก

บทความเชิงวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การศึกษาระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า THE MONITORING TRACTION DRIVE SYSTEM OF THE ELECTRIC VEHICLE

กุลนันท์ แก้วศรีงาม¹ ณิชภัทร สารเพ็ญ² นิชาภัทร ศรีแก้ว³ และธนพล บุญมาเลิศ⁴

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-739-2478 E-mail

บทคัดย่อ

ปัญหานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการศึกษาแบบตรวจติดตามสำหรับระบบขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า เพื่อแสดงผลการทำงานของระบบขับเคลื่อนรถยนต์พลังงานไฟฟ้าขณะใช้งานจริง ประกอบด้วยระบบตรวจติดตามของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน และระบบตรวจติดตามของมอเตอร์ซึ่งได้รับการพัฒนาในวิทยานิพนธ์นี้ สามารถตรวจสอบระดับการอัดประจุแบตเตอรี่ แรงดันแบตเตอรี่รวมของระบบ แรงดันแบตเตอรี่ต่อเซลล์ กระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ ความเร็วมอเตอร์ กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ อุณหภูมิของมอเตอร์และชุดควบคุมมอเตอร์ โดยการรับข้อมูลของแบตเตอรี่และมอเตอร์จะใช้การสื่อสารแบบ CAN ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการประมวลผล และนำข้อมูลที่ได้ไปปรับเทียบบน PLC และแสดงค่าผ่านทางหน้าจอ REAL Dashboard ค่าที่แสดงผลได้สามารถวัดเทียบค่าได้ใกล้เคียงกับอุปกรณ์วัดมาตรฐาน โดยการตรวจสอบความถูกต้องด้วยการสอบเทียบมาตรฐาน การทดลองแสดงผลผ่านทางหน้าจอ REAL Dashboard สามารถแสดงผลขณะใช้งานจริงได้และสามารถแจ้งเตือนเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในทั้งระบบตรวจติดตามของมอเตอร์และระบบตรวจติดตามของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน วิธีการนี้สามารถนำไปปรับใช้ได้จริงกับรถยนต์พลังงานไฟฟ้าเพื่อแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ขับเคลื่อน และสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดของระบบขับเคลื่อน นอกจากนี้ระบบตรวจติดตามสามารถเก็บข้อมูลการทำงานของระบบไว้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและสามารถใช้ข้อมูลในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในระบบขับเคลื่อนรถยนต์พลังงานไฟฟ้าในอนาคตได้

Abstract

The monitoring traction drive system of electric vehicle to monitor the performance of the traction drive unit in real-time, consisting of a monitoring system for lithium-ion batteries and a monitoring system for traction motor is developed in this thesis. The monitoring data are the parameters including state of charge (SOC) of battery, battery voltage in each cell, battery current, battery temperature, speed of motor, motor current, motor temperature and an inverter temperature. The CAN (Control Area Network) Communication is used to transfer all data between the microcontroller and proposed PLC system (Programmable Logic Control) together with a display screen called REAL dashboard.

The proposed measured values can be measured as close to the standard measuring equipment by validating with standard calibration. The REAL Dashboard can also display in real-time and able to notify when faults occur in both the traction drive and battery units. The proposed technique can be applied in electric vehicle to monitor the operation of the traction devices and can detect faults in the traction drive system. Additionally, the monitoring system can store data of the operation of the traction drive system for further analysis and can also use the data for preventive maintenance of the electric vehicle traction system..

1. บทนำ

จากปัญหาภาวะทางอากาศฝุ่นควัน PM 2.5 และสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพร่างกาย ทำให้ผู้คนตระหนักถึงสาเหตุ และวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว PM 2.5 ซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายประการ โดยมีหนึ่งสาเหตุมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มาจากเครื่องยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน ด้วยเหตุนี้ทำให้เทคโนโลยียานยนต์พลังงานไฟฟ้าเริ่มเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ จากแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มขึ้นทำให้บริษัทรถยนต์มีการผลิตรถยนต์ที่ใช้ระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าออกมาขายสู่ตลาด และรวมถึงงานวิจัยต่างๆ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์พลังงานไฟฟ้า แต่ภายในประเทศไทยนั้นยังไม่มีเป็นที่นิยม เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงต้องมีการเสียนำเข้ารถยนต์ทำให้มีราคาสูง

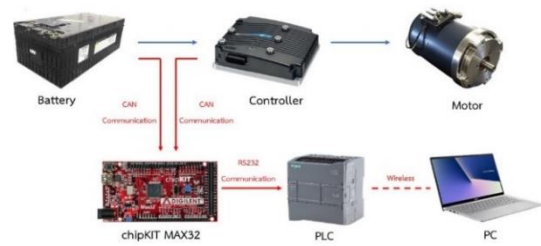
รัฐบาลจึงร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) เสนอนโยบายในการส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นการมุ่งเน้นการพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยส่งเสริมให้เกิดการสร้างฐานการผลิตชิ้นส่วน และอุปกรณ์ รถยนต์พลังงานไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถทำการผลิต และประกอบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทย เพื่อเป็นการลดการนำเข้ารถยนต์พลังงานไฟฟ้า เป็นการกระตุ้นให้มีการผลิตและใช้งานรถยนต์พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย และนอกจากการใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้านั้นจะไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศเป็นการลดปัญหามลพิษทางอากาศอีกด้วย

ทางคณะวิจัยจึงได้เห็นถึงปัญหาสำคัญของการผลิตรถยนต์พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทย ซึ่งยังไม่สามารถที่จะทำการผลิตเองได้ตามนโยบายของรัฐบาลส่งเสริมให้เกิดการสร้างฐานการผลิตชิ้นส่วน และอุปกรณ์ รถยนต์พลังงานไฟฟ้า ปัญหานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอระบบ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบการควบคุมรถยนต์พลังงานไฟฟ้าต่างๆ ได้แก่ ระดับประจุของแบตเตอรี่(SOC) แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ความเร็วขณะใช้งาน อุณหภูมิขณะใช้งานของมอเตอร์และชุดควบคุม และสามารถแจ้งเตือนสถานะความผิดปกติของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าให้ผู้ขับขี่ได้สามารถดำเนินแก้ไขได้อย่างทันทีเพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 แผนผังการเชื่อมต่อชุดทดสอบระบบขับเคลื่อนมอเตอร์

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

รถยนต์พลังงานไฟฟ้า (Electric Vehicle) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังให้รถยนต์เคลื่อนที่ และใช้พลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่แทนการใช้น้ำมันในการขับเคลื่อน ไม่มีเครื่องยนต์อื่นในยานยนต์ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับประกอบระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์สันดาปภายในพบว่ารถยนต์ไฟฟ้ามีความซับซ้อนน้อยกว่า โดยหลักการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้าประกอบด้วยระบบต่างๆ ดังนี้

ระบบกำลัง หมายถึง รถยนต์ไฟฟ้าจะกักเก็บพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ โดยรูปแบบของพลังงานที่นำมาเก็บนั้นมาจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มาจากครัวเรือน และนำมาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยมีเครื่องควบคุมชุดการทำงานของแบตเตอรี่ (Battery Management System : BMS)

ระบบพลังงาน หมายถึง การไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์จะถูกกำหนดด้วยเครื่องควบคุมมอเตอร์ (Motor Controller) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบพลังงาน

การขับเคลื่อน หมายถึง หลักการขับเคลื่อนพื้นฐานของยานยนต์ไฟฟ้าก็คือการขับเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยใช้แบตเตอรี่เป็นพลังงานไฟฟ้า

3. การออกแบบวงจร

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวงจรระบบติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ วงจรกำลัง วงจรควบคุม และวงจรแปลงการสื่อสาร

การเชื่อมต่อชุดทดสอบระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ เริ่มจากการเชื่อมต่อวงจรกำลังโดยแบตเตอรี่ที่แรงดันปกติอยู่ที่ 27.6 V มาต่ออนุกรมกัน 3 ก้อน เพื่อให้ได้แรงดันปกติรวมเท่ากับ 97.2 V สำหรับย่านการทำงานของคอนโทรลเลอร์ที่ 72-96 V ซึ่งมีค่าความจุเท่ากับ 40 Ah จากนั้นคอนโทรลเลอร์ที่สามารถรับกระแสสูงสุดได้ถึง 650 A จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสสำหรับการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ โดยที่การทดสอบจะ

การส่งข้อมูลของแบตเตอรี่และมอเตอร์เพื่อแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่าน โปรแกรม Node-red ขณะที่ทำการทดสอบการขับเคลื่อนมอเตอร์ แบตเตอรี่และคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์แปลงสัญญาณการสื่อสารแบบ CAN (Controlled Area Network) เป็นสัญญาณ TTL (Transistor-Transistor Logic) เพื่อนำข้อมูลของแบตเตอรี่และมอเตอร์ไปทำการประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเสร็จจะส่งสัญญาณไปยังวงจรแปลงสัญญาณ TTL (Transistor-Transistor Logic) เป็นการสื่อสารแบบ RS232 (Recommended Standard 232) ก่อนที่จะส่งข้อมูลแรงดันไฟฟ้าไปที่หน่วยประมวลผล PLC (Programmable Logic Controller) หลังจาก PLC ได้รับข้อมูลของแบตเตอรี่และมอเตอร์แล้ว จะแสดงข้อมูลของต่างๆที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่าน Node-red

4. ผลการทดลอง

การทดสอบระบบตรวจติดตามสำหรับระบบขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยการทดสอบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน เพื่อทดสอบความแม่นยำในการแสดงผลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงตามหน้าจอแสดงผล REAL Dashboard ตามรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 หน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผล BMS แบตเตอรี่

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาและการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้อง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1 ผลการสอบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ผลการสอบเทียบวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่แท้จริงของแบตเตอรี่ขณะทำงาน ระบบสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ความแม่นยำในทุกย่านการทำงานตาม รูปที่ 4.3

4.2 ผลการสอบเทียบระดับกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ผลการสอบเทียบวัดกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่แท้จริงของแบตเตอรี่ขณะทำงาน ระบบสามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าจะมีความคลาดเคลื่อนมากในย่านกระแสต่ำและมีความแม่นยำในย่านการทำงานกระแสสูงขึ้น ตามรูปที่ 4.4

4.3 ผลการสอบเทียบระดับกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์

ผลการสอบเทียบวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ที่แท้จริงขณะทำงาน ระบบสามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าจะมีความคลาดเคลื่อนมากในย่านกระแสต่ำและมีความแม่นยำในย่านการทำงานกระแสสูงขึ้นตามรูปที่ 4.5

4.4 ผลการสอบเทียบความเร็วรอบของมอเตอร์

ผลการสอบเทียบวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่แท้จริงขณะทำงาน ระบบสามารถวัดค่าความเร็วรอบจะมีความคลาดเคลื่อนมากในย่านค่าความเร็วรอบต่ำและมีความแม่นยำในย่านการทำงานค่าความเร็วรอบสูงขึ้น ตามรูปที่ 4.6

4.5 ผลการสอบเทียบอุณหภูมิของมอเตอร์

ผลการสอบเทียบวัดอุณหภูมิของมอเตอร์ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับอุณหภูมิของมอเตอร์ที่แท้จริงขณะทำงาน ระบบสามารถวัดอุณหภูมิจะมีความแม่นยำมากในย่านค่าอุณหภูมิต่ำและมีความคลาดเคลื่อนมากในย่านการทำงานค่าอุณหภูมิสูงขึ้น ตามรูปที่ 4.7

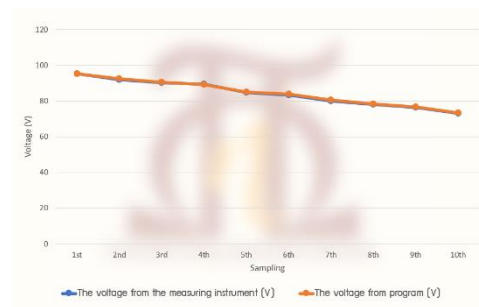
4.6 ผลการสอบเทียบอุณหภูมิชุดควบคุมมอเตอร์

ผลการสอบเทียบวัดอุณหภูมิชุดควบคุมมอเตอร์ที่แสดงผลเมื่อทำการวัดเทียบกับอุณหภูมิชุดควบคุมมอเตอร์ที่แท้จริงขณะทำงาน ระบบสามารถวัดอุณหภูมิจะมีความแม่นยำมากในย่านค่าอุณหภูมิต่ำและมีความคลาดเคลื่อนมากในย่านการทำงานค่าอุณหภูมิสูงขึ้น ตามรูปที่ 4.8

4.7 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่างๆและแจ้งเตือนผ่านไลน์

ผลการทดสอบการแจ้งเตือนความผิดปกติของระบบรถยนต์ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งนี้ ยานยนต์ที่มีระบบแจ้งเตือนนี้จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์ของแบตเตอรี่มีค่าแตกต่างกันเกิน 5%, เปอร์เซ็นแบตเตอรี่น้อยกว่า 20% และอุณหภูมิมอเตอร์และชุดควบคุมมอเตอร์สูงเกิน 200°C



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ที่วัดจากระบบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



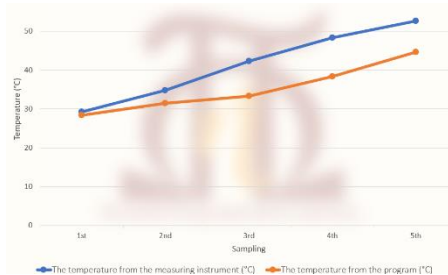
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ที่วัดจากระบบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



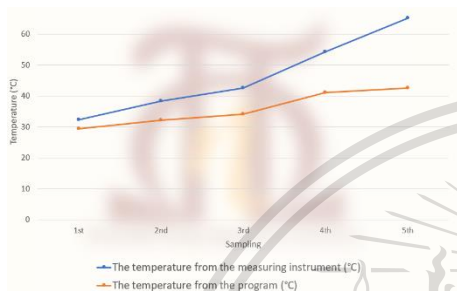
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้ามอเตอร์ที่วัดจากระบบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วรอบของมอเตอร์ที่วัดจากค่าระบบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของมอเตอร์ที่วัดจากระบบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิชุดควบคุมมอเตอร์ที่วัดจากระบบกับเครื่องวัดมาตรฐาน

4.8 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

ทำการทดสอบการจำลองการขับขี่ของรถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ค่าแรงบิดคงที่ 22 นิวตันเมตร โดยอ้างอิงน้ำหนักของรถยนต์ที่ 600 กิโลกรัม จากการทดลองการจำลองการขับขี่รถยนต์พลังงานไฟฟ้าระยะทาง 1.064 กิโลเมตร ที่ความเร็วเฉลี่ย 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้พลังงานทั้งหมด 0.0263 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร



รูปที่ 11 กราฟจำลองการขับขี่ของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า จากการทดสอบพบว่าระบบแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้าสามารถทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ได้แก่

- สามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ ของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า และทำการส่งข้อมูลไปที่โปรแกรม REAL Dashboard
- สามารถแสดงข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในรูปแบบของหน้าปัดรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน บนโปรแกรม REAL Dashboard และแอปพลิเคชันใน แท็บเล็ต
- สามารถบันทึกข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ในโปรแกรม REAL Dashboard โดยบันทึกข้อมูลไว้ในรูปแบบกราฟของข้อมูลเทียบกับเวลา
- สามารถวิเคราะห์สถานะความผิดปกติของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าได้
- สามารถแจ้งเตือนสถานะความผิดปกติของระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ และ REAL Dashboard

ระบบแสดงผลระบบตรวจติดตามการขับเคลื่อนของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า สามารถนำไปใช้งานได้จริงการประมวลผลของโปรแกรมที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำในการประมวลผลและแสดงผลสถานะต่างๆ ของรถยนต์พลังงานไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งยังมีการแจ้งเตือนสถานะการทำงานของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า และความผิดปกติของระบบว่าเกิดปัญหาที่ส่วนใดและมีความแม่นยำ เพื่อให้ผู้ขับขี่รถยนต์พลังงานไฟฟ้ามีความปลอดภัย และทำการแก้ไขระบบได้อย่างทันที เป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตรวจสอบระบบรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำผุย และอาจารย์ชัยศักดิ์ มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาและคุณภูมิพัฒน์ จำปีทอง ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาแนะนำแนวทาง ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาด้วยดีตลอด รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมการขนส่งทางบก, จำนวนรถทะเบียนสะสม, 2563, ค้นเมื่อ มกราคม 2564, จาก <http://web.dlt.go.th/statistics/>.
- [2] บริษัท ลิขร จำกัด, โครงการศึกษาวิจัยถอดแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า, 2561.
- [3] ชนิกันต์ หอมมาลัย, ชวิน หฤหรรษพงศ์ และชัชชด กระด่ายทอง, “การศึกษาและพัฒนากระบวนการตรวจวัดคุณภาพแบตเตอรี่ โดยสามารถตรวจสอบเซลล์แบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพได้”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2557.

- [4] คววมล เงินอนันต์, พิพัฒน์ พงษ์นาค และ ศรีนญา กิจธนไพบุลย์, “การศึกษาจกรยานยนต์พลังงานไฟฟ้าสาธารณะเพื่อลดมลภาวะทางอากาศ”, **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2561.
- [5] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Sebastien E. Gay, and AliEmadi, **Modern Electric, Hybrid Electric, and FuelCell Vehicles**, 2005.
- [6] Seth Leitman and Bob Brant, **Build your own electric vehicle**, 2nd Ed., 2009

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล นางสาว กุลนันทน์ แก้วศรีงาม
โทร: 095-7201655
E-mail: 60010093@kmitl.ac.th



ชื่อ-สกุล นาย ณัฐภัทร สารเพ็ญ
โทร: 080-1234159
E-mail: 60010326@kmitl.ac.th



ชื่อ-สกุล นางสาว ณิชาภัทร ศรีแก้ว
โทร: 086-4461424
E-mail: 60010341@kmitl.ac.th



ชื่อ-สกุล นาย ธนพล บุญมาเลิศ
โทร: 064-6515568
E-mail: 60010394@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข

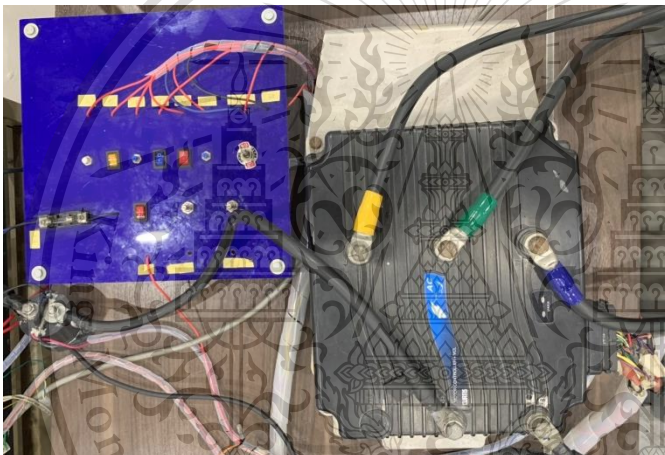
แบบจำลองชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และอุปกรณ์แปลงสัญญาณในปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แบบจำลองชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และอุปกรณ์แปลงสัญญาณในปริญญานิพนธ์

รูปถ่าย	รายละเอียด
	วงจรแบตเตอรี่
	ชุดควบคุมมอเตอร์
	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิดเหนี่ยวนำ

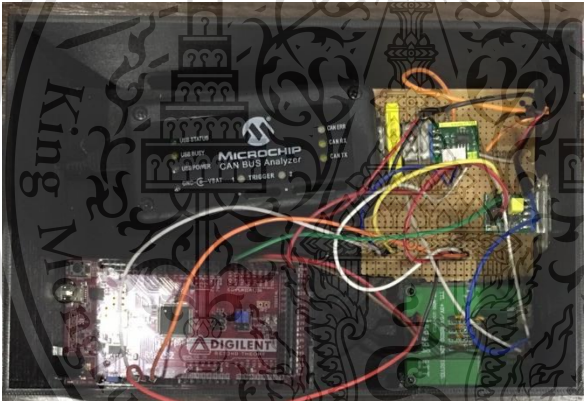
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แบบจำลองชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และอุปกรณ์แปลงสัญญาณในปริภูมิงาน (ต่อ)

รูปถ่าย	รายละเอียด
	วงจรจ่ายไฟฟ้า กระแสตรง
	วงจรแปลงสัญญาณ
	หน่วยประมวลผล SIMATIC S7-1200 ของ บริษัท Siemens

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

รูปถ่าย	รายละเอียด
	Infrared Thermometer FLUKE® 62 MAX
	HIOKI PW6001 Power Analyzer
	Digital Photo Tachometer TECPEL 1500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ (ต่อ)

รูปถ่าย	รายละเอียด
	AC/DC Clamp Power Meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

To King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Instruction manual of 27.6V-40Ah Secondary battery module on vehicle

Model number: AM01202CCA05A

23rd April, 2013

e Driving Systems Engineering Dept.
Automotive Systems Div.
Social Infrastructure Systems Company

Approved by	Reviewed by	Prepared by
H. Nirasawa.	M. Yamasaki	M. Suzuki

The information contained in this document is confidential and proprietary to TOSHIBA CORPORATION. Therefore, please kindly observe the followings.

It shall not be traced, otherwise copied, nor used for any other purpose, nor communicated to any other person without our written permission.

TOSHIBA CORPORATION
Social Infrastructure Systems Company

Confidential

Safety precautions

The sample and the Instruction Manual describe the important information to prevent the injury of users and other persons as well as property damage, and to use the sample safely and correctly.

Read the Instruction Manual and follow the instructions after thoroughly understanding the following (signal words and safety symbols).

● Signal words

 DANGER	Indicates an imminently hazardous situation that, if not avoided, will result in death or serious injury ⁽¹⁾ .
 WARNING	Indicates a potentially hazardous situation that, if not avoided, can result in death or serious injury ⁽¹⁾ .
 CAUTION	Indicates a potentially hazardous situation that, if not avoided, can result in minor or moderate injury ⁽²⁾ or property damage only ⁽³⁾ .

(Note)

1. Serious injury means loss of eyesight, injury, burns (high temperature burn, low temperature burn), electric shock, fracture, poisoning, etc., which causes after effects and requires hospitalization or long-term hospital visit for treatment.
2. Minor or moderate injury means to injury, burn and electric shock, etc., which does not require hospitalization or long-term hospital visit for treatment.
3. Property damage means the extended damage to property and material.

● Safety symbols

 PROHIBITED	Means "Prohibition" or "You must not do" . Prohibited action is shown in the circle or described near the circle.
 MANDATORY	Means "Mandatory Action" or "You must do" . Required action is shown in the circle or described near the circle.
 CAUTION	Means "Caution" . The kind of caution is shown in the triangle or described near the triangle.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

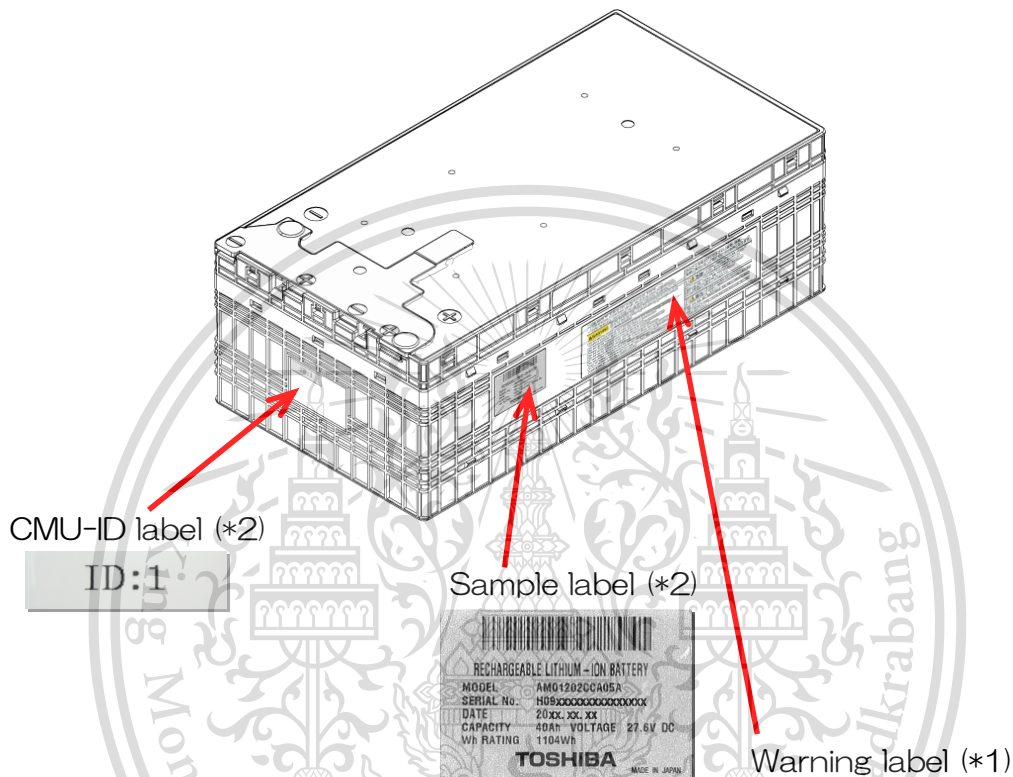
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. Confirmation of the warning label

Confirm the following warning label on side of the battery module. If there's not the label or it's not visible because of stain, wearing off or scratch, inform that to the contact address written at the end of this manual.



Be sure to follow the precautions below. Otherwise it causes death or injury due to leakage, overheating, bursting, or ignition of the battery.	
⚠ WARNING ☐ Do not short the battery. ☐ Confirm a positive terminal and a negative terminal, and connect wirings correctly. ☐ Do not disassemble, modify, or solder the battery, or throw into fire. ☐ Do not use the battery when it is dropped or impacted. ☐ Charge the battery under prescribed conditions by manufacturer before use. ☐ Do not install the battery on any vehicle other than specified. ☐ Do not use the battery in combination with different types of batteries. ☐ If the battery, leaks or emits an usual odor, remove it from the vicinity of any fire immediately. ☐ Do not use the battery if you find any defect in appearance such as deformation, tarnish, crack, rust, and leakage or abnormality such as odor and generation of heat. ☐ In case the leaked electrolyte gets into eyes, wash them with clean water thoroughly without rubbing eyes and immediately consult a doctor.	⚠ 危険 ☐ 高温になる場所、火の近くに放置しないこと。 ☐ 水、海水などの液体で濡らさないこと。 ☐ 指定車両以外での使用はしないこと。 ☐ ショートさせないこと、プラス端子、マイナス端子を正しく接続すること。 ☐ 製品を分解、改造、火中に投入、加熱、半田付けをしないこと。 ☐ 落下、衝撃が加えられた場合は使用しないこと。 ☐ 当社指定の充電条件で充電を行ってから使用すること。 ⚠ 警告 ☐ 異なる形式の電池と混ぜて使わないこと。 ☐ 漏液したり異常がしたりする時は直ちに火気から遠ざけること。 ☐ 変形、変色、割れ、漏液等の外観異常、異常、発熱などの異常がある場合は使用しないこと。 ☐ 漏液して液が目に入った時は、こすらずにきれいな水で充分洗った後、直ちに医師の診断を受けてください。

*1 “Positive terminal” and “Negative terminal” in the warning labels are hereinafter called as “charging and discharging terminal (+)” and “charging and discharging terminal (-)” in this document.

*2 Indication content is an example.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. For the Safe Use of the battery module

Read in advance and observe the contents and cautions to everyone involved in this document when handling.

Failure to observe cautions may damage the safety and result in an accident, device malfunction or failure due to leakage, heating, smoking, fire, rupture or electric shock.

 DANGER	
 PROHIBITED	Do not disassemble or modify the battery module. Disassembly or modification of the battery module may result in an accident or device failure due to leakage, heating, smoking, fire, rupture or electric shock.
 PROHIBITED	Do not throw the battery module into fire, hold it near a flame, or heat it. Heating the battery module may result in an accident or device failure due to leakage, heating, smoking, fire, rupture or electric shock. Do not use or store the battery module in a place with high temperature.
 PROHIBITED	Do not wet or immerse the batter module with liquid such as water or sea water. Wetting or immersing the battery module with liquid may result in an accident or device failure due to leakage, heating, smoking, fire, rupture or electric shock. Use and store the battery module in the place without water or in the water-proof environment.
 PROHIBITED	Do not drop the battery module, hit it on another object, press it with sharp objects, or apply strong pressure or any strong shock onto the battery module. Inside of the battery module (Approx. 14kg) will be damaged due to shock such as falling, and it may cause an accident or device failure due to leakage, heating, smoking, fire, rupture or electric shock. Make sure to hold it tightly and handle it carefully when carrying it.
 PROHIBITED	Do not use the damaged battery module due to falling etc. It may cause an accident or device failure due to leakage, heating, smoking, fire, rupture or electric shock.
 PROHIBITED	Do not touch the battery module' s charging and discharging terminals (+ and -) by hand. The battery module has potential difference of max. DC36V between positive terminal and negative terminal. Pay attention to electric shock, and wear insulation gloves when handling the battery module.
 PROHIBITED	Do not short the battery module' s charging and discharging terminal (+ and -). Short circuit of the battery module may cause device damage or burns due to sparks or overheated conductor caused by large current. Also, overheated battery may cause leakage, heating, rupture or fire. Mount the terminal cover to protect the charging and discharging terminals except when connecting/disconnecting the wiring.
 PROHIBITED	Do not connect the battery module to the terminals of the connected device (+ and - in reverse). Connecting positive and negative terminals in reverse will charge the battery module and cause abnormal reaction inside the battery, which may result in leakage, heating, rupture or fire. Make sure that positive/negative terminals are correct when connecting them.
 PROHIBITED	Do not solder directly on the battery module and connected device. The insulator may melt due to the heat, or the gas blow-down valve or protection mechanism may be damaged, which may result in leakage, heating, rupture, or fire. Use applicable connectors and conductors for connection.
 PROHIBITED	Do not wear conductive clothing in assembling, maintenance, or removal works. There is a risk of short circuit or electric shock when conducting assembling, maintenance, or removal works. Do not wear conductive clothing etc. such as rings, a necklace and a watch during the works.

 DANGER	
 Mandatory	When charging the battery, observe the specified charging conditions. Charging under inapplicable conditions (i.e. temperature/humidity/voltage/current exceeding the specifications, use of a modified charger) results in an excessive current and voltage on the battery, which may cause abnormal chemical reactions in the battery. It may also cause electrolyte leakage, abnormal heating, smoking, rupture, or fire.
 Mandatory	When malfunction or wrong use causes a blowout of gases, smoke, or fire, extinguish the fire and cool it down. Use carbon dioxide gas, ABC powder fire extinguisher, or dry sand for extinguishing and cooling down. Ventilate the site adequately and use a gas mask, a protective glasses, an insulated gloves and protective clothing as required.
 Mandatory	Assembling, maintenance, and removal works must be conducted by a specially trained operator. Assembling, maintenance, and removal works must be conducted by a specially trained operator (low-tension electricity handling education etc.) Charging and discharging terminals of the battery module are always live. When connecting two or more battery modules in serial, the system voltage may increase (it may exceed DC600V) in some applications.
 Mandatory	Take insulation measures before assembling, maintenance, and removal works. Use insulated tools (or tools with insulating measures) and protective equipment (antistatic shoes, insulated gloves, and protective glasses) before assembling, maintenance, and removal works. Inspect the tools and protective equipment before use for damage, tear, or scratch. A large current flows when the charging and discharging terminals are short-circuited. Be careful not to drop a conductive tool causing a short circuit during work.
 Mandatory	Interrupt the circuit of charge/discharge system before assembling, maintenance, and removal works. Make sure to stop charging and discharging operation of the battery module, and interrupt the circuit of charge/discharge system to be assembled before assembling, maintenance, and removal works. When connecting two or more battery modules, the system voltage and current may increase (it may exceed DC600V, 100A) in some applications. This may cause an accident due to arc and electric shock.
 Mandatory	When the operator receives an electric shock, a rescuer must wear insulating protective equipment and take first aid measures. If the rescuer touches the victim who is receiving an electric shock, a secondary accident may occur. The rescuer must touch the victim after wearing insulating protective equipment (antistatic shoes, insulated gloves etc.). Take appropriate first aid measures according to the severity of the accident, and take the person to a hospital.
 Mandatory	When the electrolyte leaks, Keep away the battery module from fire and stop use. The electrolyte is flammable liquid. When the electrolyte leaks and the abnormal odor happen, Keep away the battery module from fire. Otherwise, fire may be caused. In case of smoking or fire, extinguish it and cool it down. Use carbon dioxide gas, powder fire extinguisher, or dry sand as an extinguishing agent.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

 DANGER	
 Mandatory	When the electrolyte leaks, do not touch the electrolyte directly by hand. Wear rubber gloves and protective glasses. The electrolyte is liquid which is irritating to eyes, skin, and mucous membrane. See a doctor immediately in the following cases. • When the electrolyte gas is inhaled, move to a place with fresh air immediately and rest. • When the electrolyte adheres to your clothes, immediately change them. • When the electrolyte comes into contact with your skin, immediately wash it off with a sufficient amount of water and soap. • When the electrolyte enters your eyes, do not rub your eyes but rinse them with water for 15 minutes or longer immediately. • When the electrolyte is swallowed, rinse the mouth with water immediately, and see a doctor.
 Mandatory	When the electrolyte leaks, wipe it off immediately. Dispose of used cloths in a sealed dry container as industrial waste. The electrolyte components in the battery module are subject to the regulation of concentration when drained. Do not wash them off with water in the facilities without wastewater treatment equipment.

 WARNING	
 Prohibited	Avoid use or storage in the following environment. Use or storage of the battery module in the following environment may damage the safety and result in an accident, device malfunction or failure due to leakage, heating, smoking, fire, or electric shock. (1) A place with low/high temperature outside the environment conditions (2) A place with high humidity outside the environment conditions (3) A place with sudden temperature changes causing condensation (4) A place with a risk of splashes or submersion in water (5) A place with strong vibrations or shock (6) A place with a lot of dust (7) A place with corrosive gases (SO₂, H₂S), flammable gases, salt mist, iron mist, or oil mist (8) A place near a device generating heat or with direct sunlight (9) A place near a device generating strong radio waves or magnetic field
 Prohibited	Do not mix batteries of different types. Mixing different types of batteries may damage the safety and result in an accident, device malfunction or failure due to leakage, heating, smoking, fire, rupture or electric shock. Do not directly connect any other battery than the battery module.
 Mandatory	Protect charging and discharging terminals of the battery module for storage, return or disposal with insulating materials. Make sure to provide insulation protection with a terminal cover, insulating tape etc. If the terminals are not insulated but short-circuited, leakage, heating, smoking, fire, or rupture may be caused.
 Mandatory	When there are signs of electrolyte leakage (bad odor, discoloration etc.), keep it away from fire and stop use. The electrolyte is flammable liquid. Keep away the battery module from fire and stop use when noticing apparent damage (e.g. crack), deformation (e.g. expansion), discoloration, rusting, bad odor, or other abnormalities.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

 WARNING	
 Mandatory	Use the battery module in the destination agreed with the customer and Toshiba. When exporting the battery module or the customer's system incorporating the battery module to overseas, observe international transport regulations and national regulations of the destination based on PSDS (Product Safety Data Sheet) supplied from Toshiba and contact us at the address described at the end of this document.
 Mandatory	Export and re-export the battery module adequately in accordance with the related national and international transport regulations. When exporting and re-exporting the battery module or the customer's system incorporating the battery module, the customer and Toshiba need to agree with exporting and re-exporting in advance. And based on the information of each specification, each performance, each application, each destination and etc., observe "Foreign Exchange and Foreign Trade Act", "Export Trade Control Order", "Foreign Exchange Order", ministry order in accordance with these regulations, which is national registrations, "United States Export Administration Act and the same rule" and export control laws and regulations on the security in the exporting country and re-exporting country, and export and re-export adequately.
 Mandatory	Dispose the battery module adequately in accordance with the law of each destination. When disposing the battery module or the customer's system incorporating the battery module, observe local environmental laws and waste disposal regulations of each destination properly based on PSDS (Product Safety Data Sheet) supplied from Toshiba.

 CAUTION	
 Prohibited	Do not remove the terminal cover of the battery module except in assembly, maintenance, or removal works. If the terminal cover is removed, charging and discharging terminals are exposed and it may cause electric shock or a short circuit. Make sure to install the terminal cover on the battery module except when connecting cables (assembly work), removing cables (removal work), or checking connection (maintenance work).
 Mandatory	When touching the battery module and connecting device, take static electricity measures. Static electricity may cause device malfunction or failure. Before touching the battery module and connecting device, discharge the static electricity accumulated in the operator's body. Conduct the work in the environment where static electricity measures are taken.
 Mandatory	When connecting the charging and discharging terminals of the battery module, detach the dummy washer and use the conductor with specified thickness and specified screws. Keeping the dummy washer on the battery module and using other screws than specified M6 ones or tightening screws without the conductor with 2mm thickness may cause damage of charging and discharging terminals and failures due to insufficient screw connection strength.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

 CAUTION	
 Mandatory	When connecting the charging and discharging terminals of the battery module, use the conductor with specified dimensions. Tightening screws without the specified conductor on this document may cause damage of charging and discharging terminals and failures due to insufficient screw connection strength. And it may cause an electrically shock and a short circuit without installed the terminal cover correctly.
 Mandatory	When connecting the charging and discharging terminals of the battery module, use the conductor with specified thickness or use the dummy washer. Tightening screws without the specified conductor or the dummy washer may cause damage of charging and discharging terminals and short-circuit the main circuit.
 Caution	Install the battery module on a level and stable place and fix it. Conducting works in an inclined or unstable place and installing the module on such a place without fixing it may cause damage or injury due to falling. Make sure to install the module on a level and stable place, and fix it when assembling it. Also, conduct the works in such a place.
 Caution	Do not apply an excessive force on the terminal cover of the battery module when installing/removing it. Applying an excessive force may damage parts (terminal cover and housing) and cause electric shock or a short circuit.
 Caution	When tightening charging and discharging terminals of the battery module with screws, do not apply an excessive force. Tightening the terminals with an excessive force may damage a screw thread and cause injury. Make sure to tighten screws with a specified torque using a specified tool. In case screw tightening is not smooth or there is any obstruction, do not forcedly tighten but loosen it, and slowly tighten it again.

Usage restrictions

- This battery module can be installed on vehicle (Automobiles, Industry machineries and Driving devices for move). Use of this battery module is restricted by operating environment and/or conditions. Please use this battery module based on the agreement with the customer and Toshiba by necessity.
- Do not use this battery module for any other purpose.
- When operating environment or conditions are changed, use of the battery module may be restricted even if an operating method based on this document is adopted. Whether this module can be used or not will be decided after discussions.
- This module is trial products for verification under control of the customer, and use this module within the scope of both agreements.
- Do not conduct the abuse tests of this module without agreement between the customer and Toshiba in advance in order to avoid an accident due to mistake of the testing condition or the procedures.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Disclaimer

- Toshiba doesn't take any responsibility for damages that have been caused by a natural disaster, an earthquake, an act of a third party, other accidents, an intentionally use or an error, a misuse and an use under abnormal conditions.
- Toshiba doesn't take any responsibility for an additional loss caused by use or unusable status. (A loss of business interests, a business interruption and a loss of memory content and a variation of memory content)
- Toshiba doesn't take any responsibility for a loss caused by not following information in this document.
- Toshiba doesn't take any responsibility for any damage arising from the malfunction due to the operation out of specification performed by the user.
- Toshiba doesn't take any responsibility for any accident caused by misuse in violation with the handling compliance items.
- Toshiba doesn't take any responsibility for any failure of the battery module caused by the influence of the customer's system such as the Upper system.
- The technical information described in this document is for the explanation of the battery module. It shall not be construed that Toshiba or third party will guarantee to use the intellectual property or other rights concerning the said information or grant the license.
- This module does not guarantee specifications and the same performance under all conditions included the condition of the customer's use in this document and the specification of this module.
- The specifications and the technical data of this module described in this document are tentative. These are not guaranteed in the end product. As for the guarantee of the end product, separately the customer and Toshiba need to agree with the contract of the mass production supply.

Note

- (1) Unauthorized reproduction of this Instruction Manual fully or partly is prohibited.
- (2) The contents of this document are subject to change without prior notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Contents

1. INTRODUCTION.....	1
1.1 ACRONYMS SYMBOLS AND ABBREVIATIONS	1
1.2 THE SPECIFICATIONS OF THIS MODULE	2
1.3 APPEARANCE/DIMENSIONS.....	4
1.4 PART NAMES.....	5
1.5 CAN COMMUNICATION CONNECTOR.....	6
1.6 COMMUNICATION CABLE FOR CHECKING OF OPERATION (INCLUDING)	6
2. SYSTEM CONFIGURATION EXAMPLE.....	8
2.1 SYSTEM CONFIGURATION DIAGRAM	8
2.2 CONNECTION EXAMPLE.....	10
3. CONFIRMATION OF THIS MODULE.....	13
3.1 PACKAGING TYPE.....	13
3.2 BEFORE UNPACKING.....	14
3.3 UNPACKING.....	14
3.3.1 Japan domestic land transport packaging	15
3.3.2 Air transport packaging.....	16
3.3.3 Ship transport.....	17
4. CONFIRMATION BEFORE ASSEMBLY.....	18
4.1 INSTALLATION CONDITIONS OF THIS MODULE.....	18
4.2 BEFORE ASSEMBLY	19
5. ASSEMBLY AND REMOVAL.....	20
5.1 ASSEMBLY PROCEDURE.....	20
5.1.1 Procedure for main circuit connection.....	21
5.1.2 Procedure for communication connection.....	22
5.2 PROCEDURE FOR REMOVAL.....	23
5.3 PRECAUTIONS ON WORKING.....	23
5.4 PROCEDURE FOR REMOVAL OF TERMINAL COVER ON THIS MODULE	24
5.5 PROCEDURE FOR ATTACHMENT OF THE TERMINAL COVER.....	25
5.6 PROCEDURE FOR ATTACHMENT OF THE COMMUNICATION CABLE.....	26
6. OPERATION METHOD.....	27
6.1 OPERATION PROCEDURE	27
6.2 INITIAL CHARGE	27
6.3 RECOVERY FROM A DECREASED CAPACITY DUE TO THE VOLTAGES DIFFERENCE BETWEEN EACH CELL IN THIS MODULE (CELL BALANCING OPERATION)	28
6.4 REQUESTS AND CAUTIONS ON USE.....	28
6.5 STORAGE.....	29
6.6 HOW TO DEAL WITH ABNORMALITIES	30
7. OTHER.....	31
7.1 DISPOSAL OF BATTERY MODULE.....	31
7.2 TRANSPORTATION OF BATTERY MODULE.....	31
7.2.1 Transportation of the battery module only	31
7.2.2 Transportation of this module implemented in application.....	31
7.3 MAIN RAW MATERIALS OF THIS MODULE.....	32
7.4 CONTACT ON OCCURRENCE OF ABNORMALITIES.....	32

1. Introduction

This document describes how to handle the (SCiB™) 27.6V-40Ah secondary battery module on vehicle (hereafter called "This module"). The installation method of this module is mainly described in this document.

As for necessary detailed specifications on the use of this module (charge/discharge operation and etc.), refer to the technical specifications and etc. which is provided as the technical material. And as for controlling requests to upper system such as BMU (Battery Management Unit) and a controlling system of charge/discharge equipment and etc. which is required to use this module, also refer to the technical specifications.

1.1 Acronyms symbols and abbreviations

Table 1-1 indicates the definition of terms used in this document.

Table 1-1 The definition of terms

Terms	Definition
2P12S	Cell arrangement that 2 cells are connected in parallel, and 12 of which are connected in series.
BMU	Battery Management Unit. BMU is a circuit board. It receives signals from CMU. BMU controls this module.
CAN	Controller Area Network: Communication network used in data transmitting between interconnected electrical devices
CMU	Cell Monitoring Unit: CMU is Electric circuit board. It is mounted in this module, equipped with CPU and cell monitoring IC. It monitors cell voltages and module temperatures and transmits these information to upper system.
CMU-ID	Unique ID, which is installed in the battery module, is numbered from the upper system, such as BMU. CMU generates a CAN-ID from the numbered CMU-ID. CMU sends the module information named by the CAN-ID through CAN communication. It can be automatically numbered by the serial communication (UART) interface as well.
SOC	State Of Charge: Charging capacity ratio of cell capacity, Unit is %
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter: The asynchronous serial communication.
Cell	Smallest battery structural unit arranged in this module
Battery module	The assembled battery is consisted of SCiB 20Ah cells arranged 2 in parallel / 12 in serial (2P12S). CMU is internally-mounted on this module.
Battery unit	A building block of battery is consisted of some battery modules connected in series (Max 22pcs) and peripheral equipment such as safety equipment.
Cell balancing operation	If cell voltage is higher than the prescribed voltage (target cell voltage), Cell balancer operates to balance cell voltage.
Hexalobular	The shape of a driving hole on the head of the screw used on main circuit terminal in this module. The shape of Hexalobular is 6 radial grooves
Recess	Driving hole on the head of the screw

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 The specifications of this module

Table 1-2 of the next page indicates the specifications of this module.

This module is an assembled battery module with SCiB™ 20Ah cells arranged 2 in parallel / 12 in serial (2P12S).

This module has CMU which measures voltage of cells and module temperature inside, operates cell balancing and communicate with the upper system such as BMU or controlling systems. It is necessary to control this module by BMU or controlling systems as the specifications of this module when charging/discharging this module. And this module needs to be supplied DC12V power supply provided from outside.

Before using this module, BMU needs to assign ID No. to this module by means of UART communication (ID No. of the battery module can be assigned automatically from BMU and controlling systems designed based on the specification of this module) in order to communicate by CAN after system assembly.

If necessary, it is possible to number ID No. to this module in advance before shipping.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Specifications, technical data of 2P12S module are tentative, not for the final product. Those are subject to change without prior notice.

Table 1-2 The module specifications (AM01202CCA05A)

Item		Specifications	Remarks
Nominal voltage *1		27.6V DC	-
Nominal capacity *1		40Ah	Discharging@25deg.C 0.2 C (8A) *2
Max allowed current *1		120A (Charge/discharge)	@25 deg.C
Operating voltage *1		18.0V~32.4V	-
Cell composition		2 in parallel and 12 in serial (2P12S)	Use of SCiB™ 20Ah cell
Function		-Measuring of cell voltages and module temperatures -Cell balancing operation -External notification through CAN -Automatically numbered CMU-ID by UART	-The notification of cell voltages and module temperatures through CAN -Cell balancer can be operated through CAN -CAN 2.0B: 500kbps -UART: 1200bps
Number of connections		Below 22 modules in series	(22 modules in series, Nominal voltage: 607.2V)
Charge/discharge terminal		Specified M6 screw	Tool: T20 Hexalobular wrench
Dimensions		187.3(H) x 358.5(D) x 122.65(W)	Unit: mm (Excluding protrusions) (Tolerance refers to “1.3 Appearance/Dimensions”)
Weight		14kg (Approx.)	-
External interface		CAN 2.0B 1ch UART (ISO9141 Equivalent) 1ch	CAN communication connector (8 poles) SMO8B-CPTK-1A-TB (Manufactured by JST)
CMU operating power supply		Voltage: DC12V (10.2~13.2V) Rated consumption current: 17mA	Supplied from external power source Instantaneous interruption: less than 10msec Rush current: Approx. 7A (Only 1 in series), ~Approx. 11A (22 in series)
Environmental condition	Operating temperature range	-30~+55deg.C	No condensation *3
	Storage temperature range	-30~+55deg.C	Recommended: -10~+25deg.C No condensation *3
	Humidity	15~85%RH	No condensation *3
	Operating altitude range	Below 1,000m	When this module is used in an area over 1,000m, please contact us at the address described at the end of this document.

Note *1. Initial characteristics in manufacturing.

*2. Charge/discharge condition

• Charge: 40A, 20A, 8A, 4A, 2A/cell 2.7V cut Step charge

• Discharge: 8A/cell 1.5V cut Constant current discharge

*3. This module may be damaged and become unusable due to condensation.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The battery module will deteriorate their characteristics as charge/discharge operation is repeated. Even if they are stored, they will also be deteriorated as time passes. Deteriorated characteristics vary depending on ambient temperature, SOC status, charge/discharge conditions etc.

Refer to the recommendations are described in “6.5 Storage” in order to use the battery module as long as possible.

1.3 Appearance/Dimensions

Below is the appearance and dimensions of this module.

(Communication cable for checking of operation is detached from this module.)

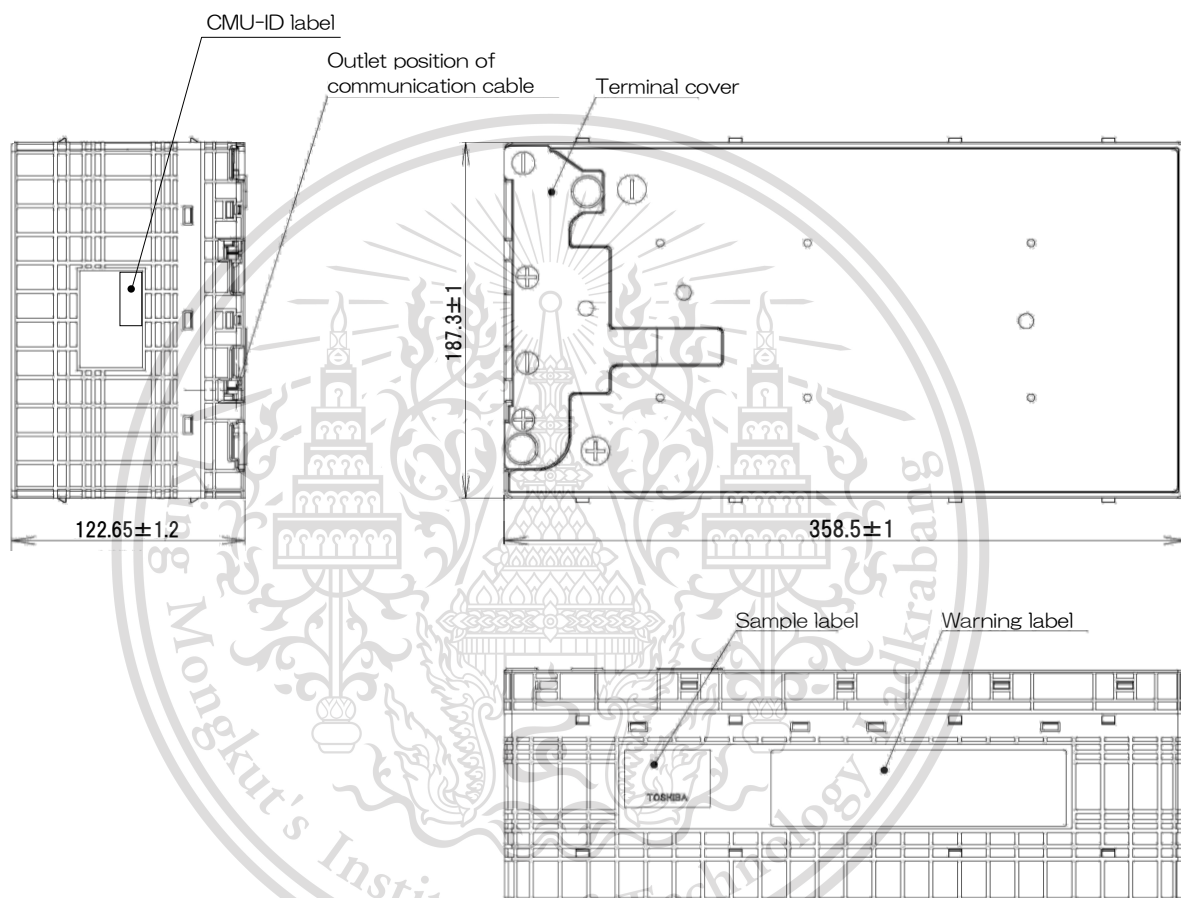


Fig.1-1 The appearance and dimensions of this module

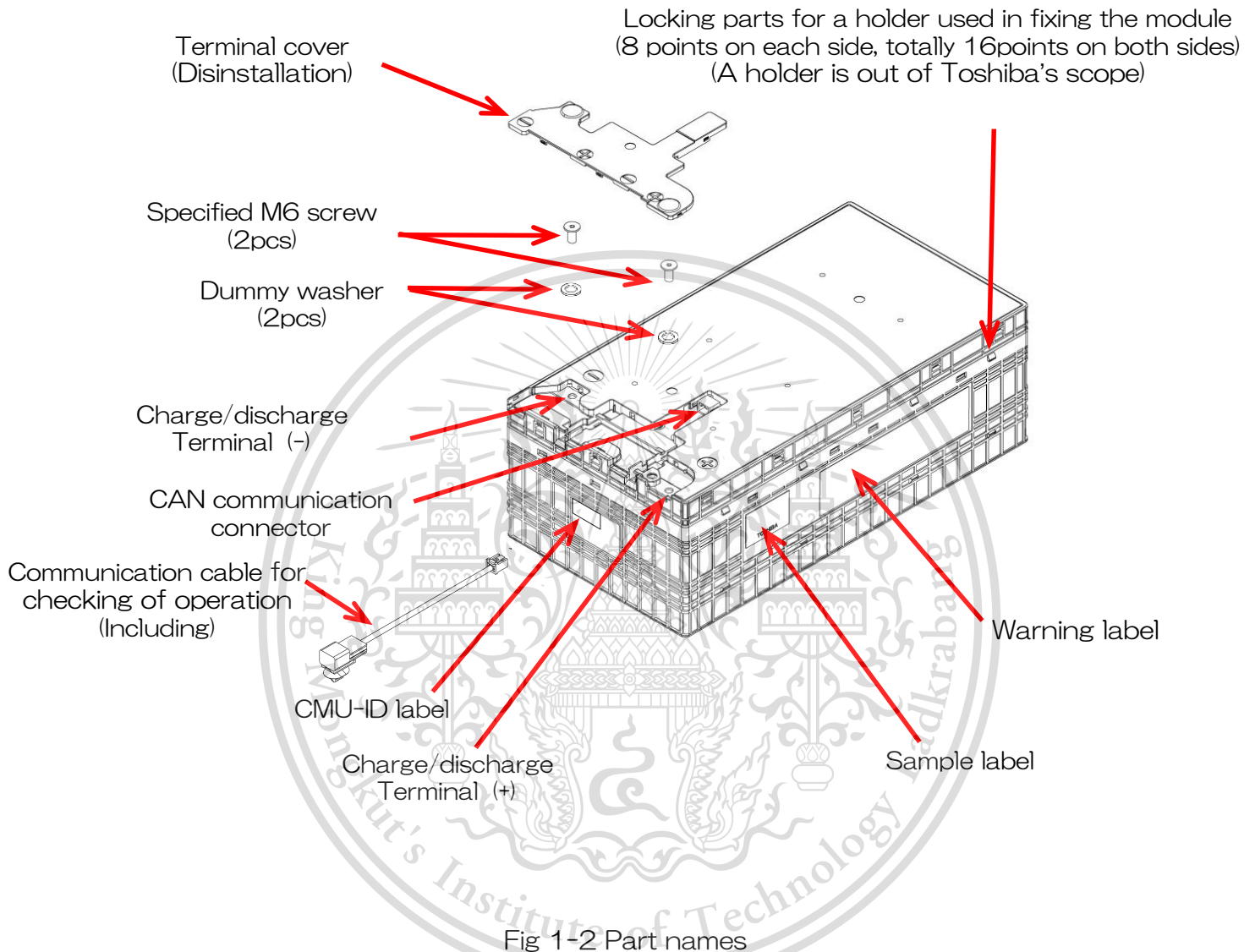
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 Part names

Below are the part names of this module.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.5 CAN communication connector

Below is information on the terminal arrangement of CAN communication connector and applicable connectors.

CAN communication connector terminal arrangement

Terminal No.	Terminal Name	I/O	Remarks
1	CANL	I/O	CAN Low line I/O
2	NC	-	No connection
3	ANOI	Input	UART input (For CMU-ID automatic numbering)
4	IGCT	Input	CMU starting power supply (DC12V)
5	CANH	I/O	CAN High line I/O
6	GND	GND	-
7	ANOO	Output	UART output (For CMU-ID automatic numbering)
8	NC	-	No connection

Terminal layout (Fitting side)

4	3	2	1
8	7	6	5

The model number of CAN communication connector is SM08B-CPTK-1A-TB (Male terminal) manufactured by JST

1.6 Communication cable for checking of operation (Including)

When included communication cable is connected with CAN communication connector on this module, it becomes possible to send a signal of CAN communication. As for connecting with the upper system, confirm the specification with regard to the connection in customer's own, design and manufacture a communication cable adequately.

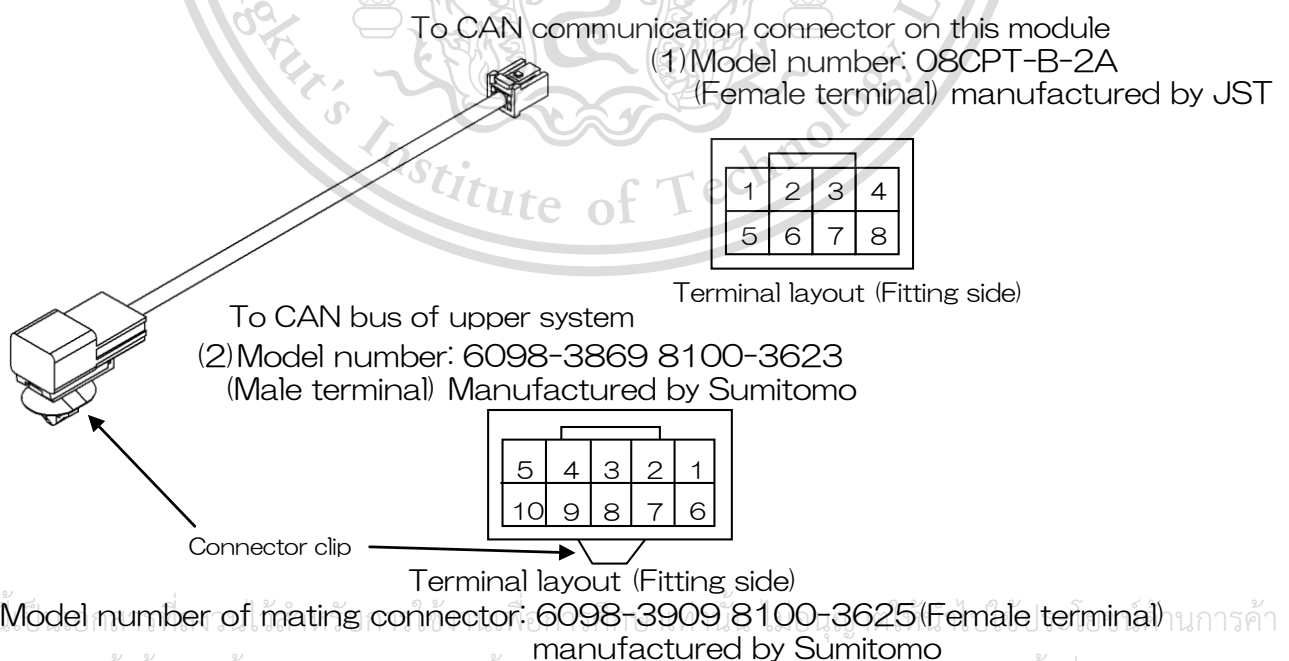


Fig.1-3 Communication cable for checking of operation

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Below is connecting diagram shown in Fig.1-3 in previous page.

Connecting diagram in communication cable for checking of operation

(1) Terminal No.		(2) Terminal No.	Terminal name	I/O	Remarks
1	●	1	CANL	I/O	CAN Low line I/O
2		2	NC	-	No connection
3	●	3	ANOI	Input	UART input (For CMU-ID automatic numbering)
4	●	4	IGCT	Input	CMU starting power supply (DC12V)
5	●	5	NC	-	No connection
6	●	6	CANH	I/O	CAN High line I/O
7	●	7	GND	GND	-
8	●	8	ANOO	Output	UART output (For CMU-ID automatic numbering)
		9	NC	-	No connection
		10	NC	-	No connection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. System configuration example

2.1 System configuration diagram

Fig.2-1 and Fig.2-2 are the examples of system configuration containing this module.

These figures are the examples of this module arranged 1 in parallel, and 22 in serial. Fig.2-1 is an example of the battery system consisting of parallel-combined two or more battery units. Fig.2-2 is an example of the battery system consisting of one battery unit.

Each battery unit can consist of any number of series between 1P1S and 1P22S.

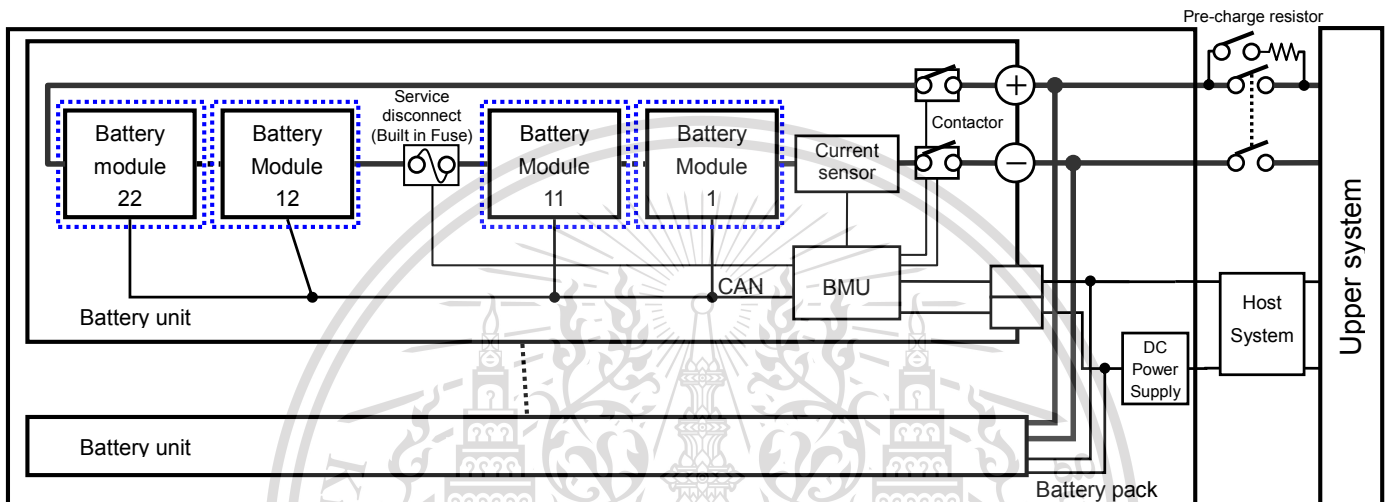


Fig.2-1 Battery system configuration diagram (Ex.1)

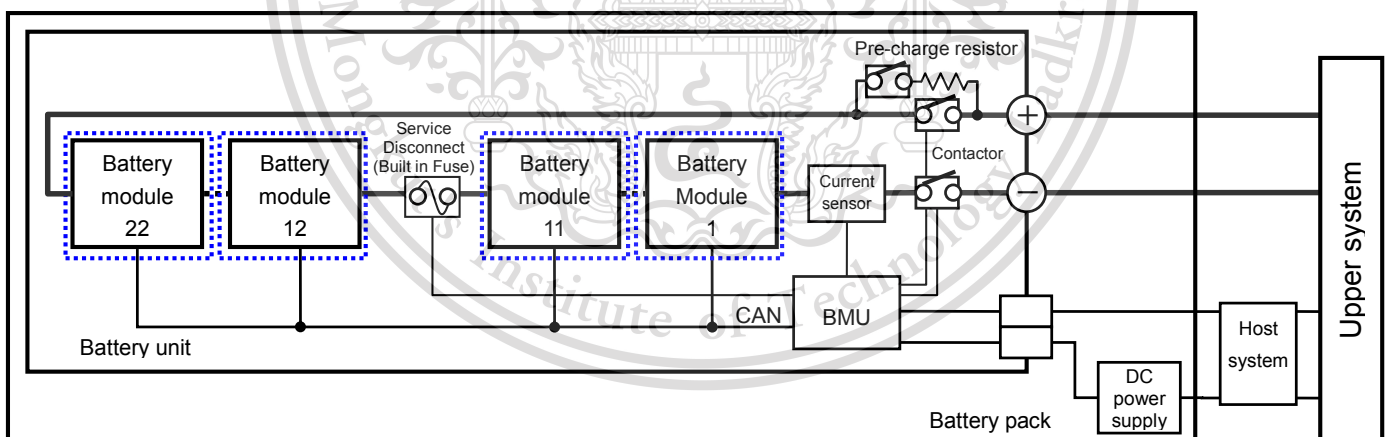


Fig.2-2 Battery system configuration diagram (Ex.2)

Equipment within is the scope of this module.

Prepare peripheral equipment out of (safety device etc.) and wiring cables which are applicable to this module in advance, and connect them properly before using this module. Required peripheral equipment depends on the system to be configured.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Following is the recommended additional components which need to be prepared to configure the battery unit shown in the above Battery System Configuration Diagram.

The recommended additional components

BMU	An upper system has battery management function which is applicable to this module. The system that can supply DC12V power for CMU operation is recommended.
DC12V power unit	Stabilized power supply with output voltage: DC12V and output current: 20mA x number of series. This unit is required if BMU cannot supply power. ON/OFF of the unit should be controllable from BMU.
BMU communication cable	Communication cable connecting between BMU and this module in serial. This is used for connecting BMU and CMU.
Terminal resistance	Resistor with resistance value: 120Ω, precision: 5%, and rated power: 1/2W This is used for the terminal of CAN signal. It is connected to this module which is the most distant from BMU.
Contactor	Active safety device to control start/stop of charging and discharging operation. Contactors for positive, negative and pre-charge are required separately. Pre-charge contactor is to protect the main circuit from a rush current. ON/OFF of the contactor should be controllable from BMU.
Current sensor	Current meter to measure charge and discharge current of the configured battery unit. Pass one of the main circuit cables or busbars through a clamp-on current sensor. Measurement values should be reported to BMU.
Service disconnect	Safety device to disconnect the main circuit in the assembly, maintenance, and removal works. The service disconnect also serving as an over-current interrupter in which fuses are built is recommended in a short circuit.
Over-current interrupter	Passive safety device to disconnect the main circuit and protect it from a short circuit. This should be connected in case fuses are not built in the service disconnect.
Busbar and main circuit cable	Conductor which is connecting some kinds of safety devices, between battery modules and charge/discharge terminals of the battery unit and constructing a main circuit with flowing charge/discharge current. Use insulated busbar and wire which has electrical strength and which max current can be flowed in the system. Conductor which can attach to charge/discharge terminals by specified M6 screws.
Pre-charge resistor	Resistor which protect the upper system from rush current on the main circuit of the battery unit.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Electric wire used to connect	• CAN signal line: 2-core twisted pair shield wire 0.3sq each (cable for data transmission) • Other line: 0.33sq to 1.3sq each twisted wire (for internal wiring in the electrical and electric equipment) • Charge/Discharge cable: 22sq each twisted wire (cable for wiring with heat resistance and fire resistance) • Busbar: Conductor is a width of 15mm or less and a thickness of 2 ± 0.1mm. Conductor can attach to charge/discharge terminals by specified M6 screws. Refer to the specifications of this module about the material and dimensions.
-------------------------------	---

Attach connectors and connecting terminals suitable for each connecting part to the connecting cable before wiring.

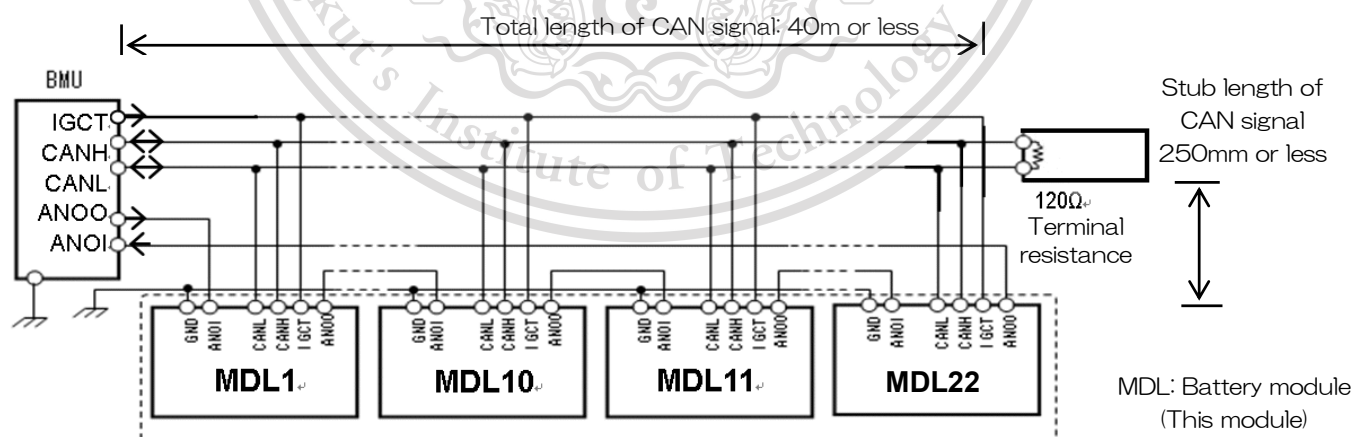
2.2 Connection example

To connect this module, both the connection of communication and main circuit need to be connected properly. The former connects the CAN communication connector, while the latter connects the charging and discharging terminals. Both ways of wiring are required to operate this module. Following is a connection example that assumes building of the battery unit shown in the Battery System Configuration Diagram.

(1) Example of communication connection of CAN communication connector

The figure below is an example of configuring a battery unit by connecting 22 modules in series (MDL1 to MDL22). DC12V power required to operate CMU of this module is supplied from BMU in the example.

To identify each module in series, CMU-ID No. is assigned to the modules by UART communication. The UART communication line is connected via daisy chaining. In case of BMU designed according to the specifications of this module, CMU-ID is automatically assigned in order from the nearest module to BMU, like MDL1 → MDL2 → ... → MDL22.

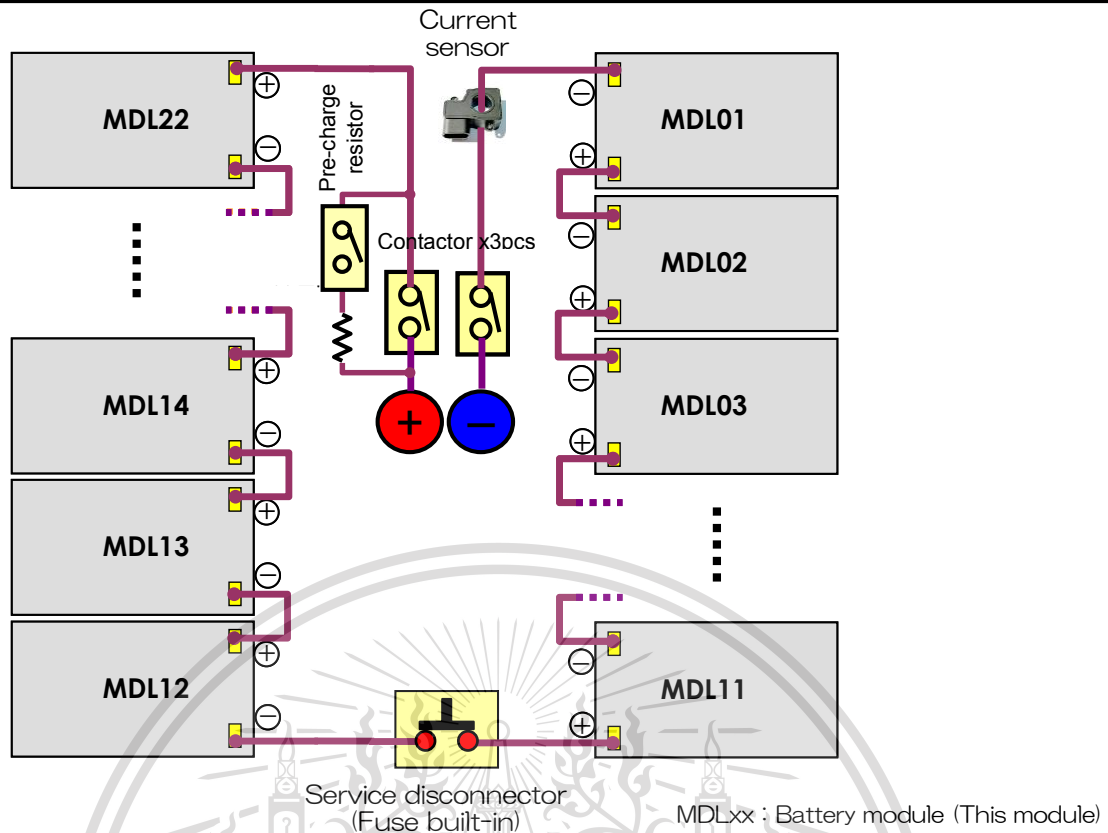


(2) Example of main circuit connection of charging and discharging terminals

The figure below is an example of configuring a battery unit by connecting 22 modules in series (MDL1 to MDL22). This module can configure a battery unit by connecting the charging and discharging terminals of maximum 22 modules in serial.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Pay attention to the following when connecting these modules to build a system.

- This module can configure a battery unit by connecting the charging and discharging terminals of maximum 22 modules in serial. Do not connect more than the maximum 22 modules.
- Do not connect the charging and discharging terminals of the same modules in parallel. When operating the module by parallel connection, use the same configuration of battery unit, which consists of the modules in serial connection to connect in parallel. However, there are other cautions to operate this module by parallel connection. Refer to “Cautions on parallel connection” on page 12.
- Select and use the busbar and the main circuit cable which is based on the recommendation indicated in “2.1 System configuration diagram” and the specifications of this module
- Connect two switches or contactors (error protection relays) to the main circuit in serial and open/close them separately to avoid welding of the contactors in the open/close operation.
- Select switches or contactors resistant to the rush current or consider adopting the pre-charge system.
- Equip an over-current interrupter such as a fuse on the main circuit for each battery unit. Select that with 5kA or more breaking ability (not fusing current) in preparation for a short circuit.
- On the host system, measure the current passing through the main circuit and take control to avoid an over-current on this module.
- If the main circuit is insulated, consider the necessity of a leakage sensor (a ground short circuit detector) depending on the system required specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ที่มีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา โดยไม่另行通知
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

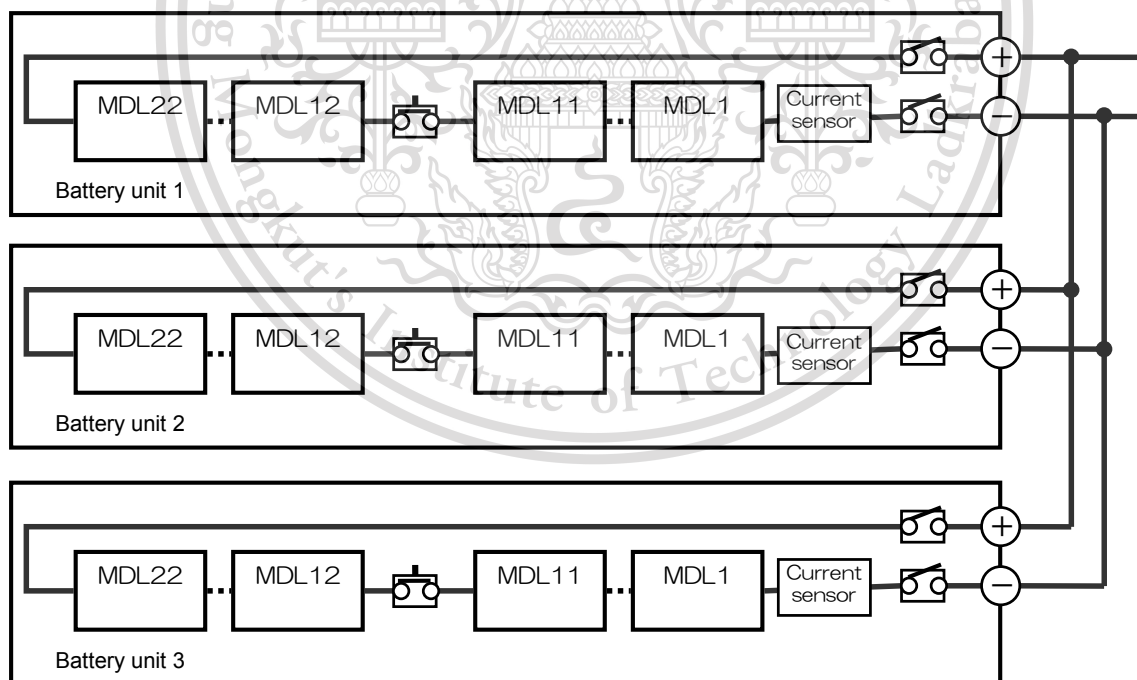
[Cautions on parallel connection]

When operating this module by parallel connection, pay attention to the following:

- When operating the units connected in parallel, use the same configuration of battery unit which consists of the modules in series connection.
- Decrease the difference of wiring resistance between battery units connected in parallel as small as possible. For example, it is possible to use the same type of cables for the charge/discharge cables connecting with the main circuit, make the length equal between the battery units, or make connection in the same method.
- When conducting partial replacement of occupied modules or additional installation of battery units (number of parallels), rearrange the order so that the difference of the number of new modules between parallel battery units will be one or less. However, in case of the system consisting of 8 or less modules in serial, which does not have mechanism to limit the charge/discharge current by monitoring the current value of each battery unit, do not make parallel connection mixing new modules with old modules.
- When using the battery units, do not exchange any new modules partially within these units which consist of the modules in series connection.

Example of successful parallel connection

Below is an example assuming the system consisting of 22 modules in serial with 3 battery units in parallel.



MDLxx : This module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. Confirmation of this module

3.1 Packaging type

This package is packed with included a battery module and a CAN communication cable for checking of operation (Including), and delivered.

This module falls under Lithium Ion Batteries which are the “Class 9” dangerous article stipulated by “United Nations (UN) Recommendations on the Transport of Dangerous Goods” . This module is subject to the transport regulation.

Therefore, we prepare the following ways of packaging depending on the transport method in our shipping stage.

- (1) Japan domestic land transport packaging
- (2) Air transport packaging
- (3) Ship transport packaging

Figure 3-1 shows the packaging specification according to the appearance of the packing box.

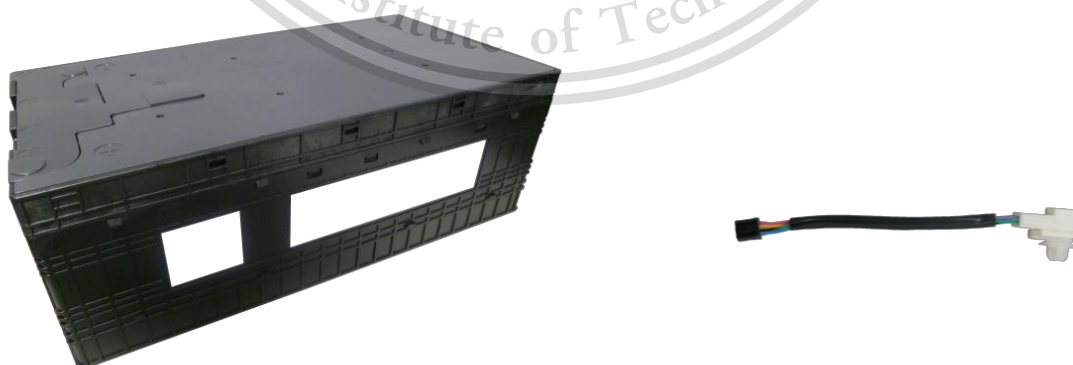


- (1) Japan domestic land transport
- (2) Air transport
- (3) Ship transport

Fig.3-1 The packaging specifications

★Package list

- (1) Battery module
- (2) Communication cable for checking of operation



(1) Battery module

(2) Communication cable for checking of operation

Fig.3-2 The appearance of Battery module and communication cable

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 Before unpacking

On receipt of this module, Keep in mind the following matters and immediately confirm if there is any damage to the module. In case either the module or its package is damaged, contact the carrier and us at the address described at the end of this document.

- (1) Confirm that there is no bad odor. If any, there is a possibility of electrolyte leakage.
- (2) Check whether there are any defects such as parts shortage or damage to the module.
- (3) The label is attached on the short side of the packing box.

If any failure is found in the package, let us know Serial No. on the label.

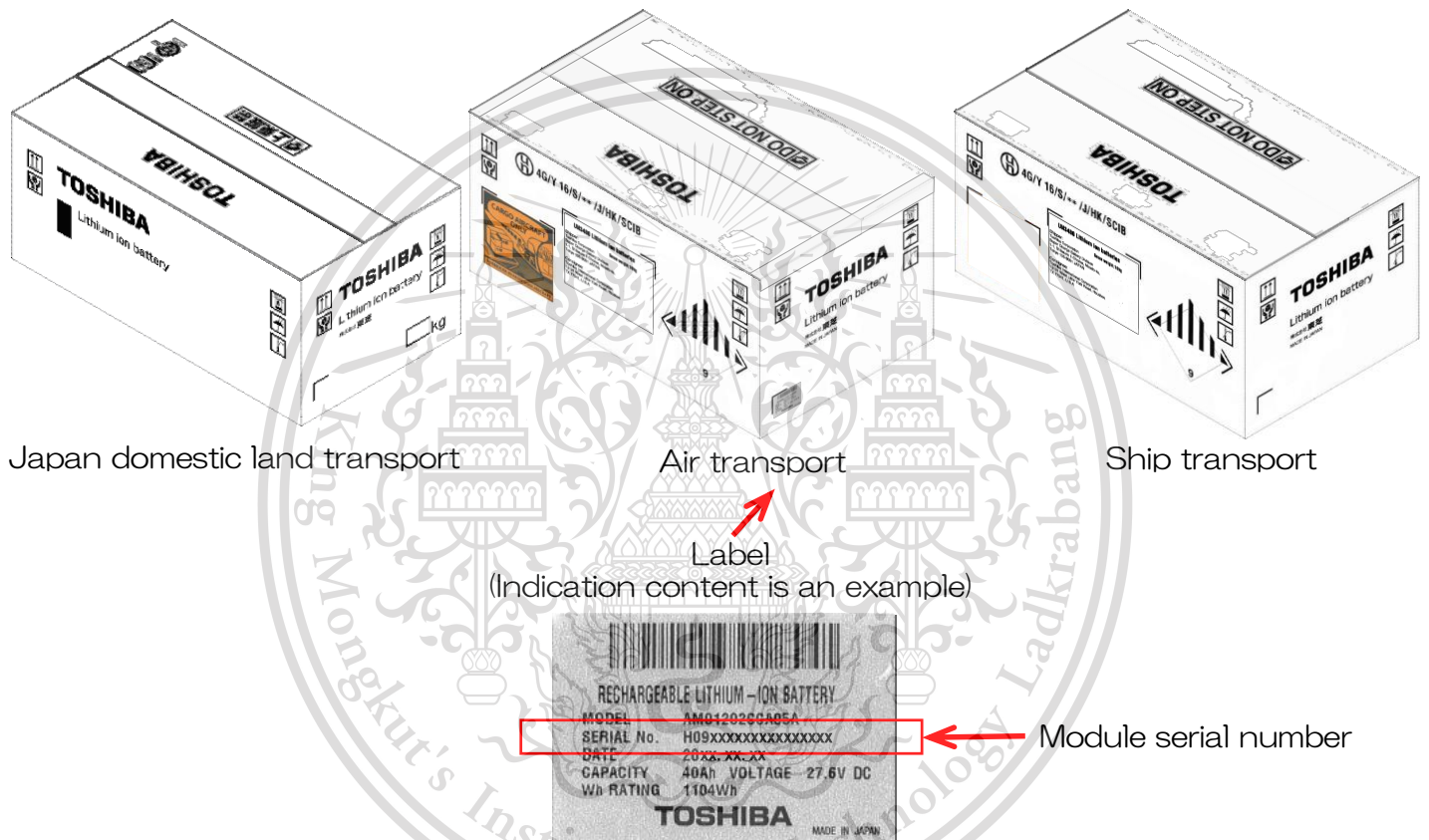


Fig.3-3 The attached position of the label
and the position of module serial number

3.3 Unpacking

Open the packing box and take out this module.

On the occasion of taking out module, please be careful not to lose communication cable for checking of operation.

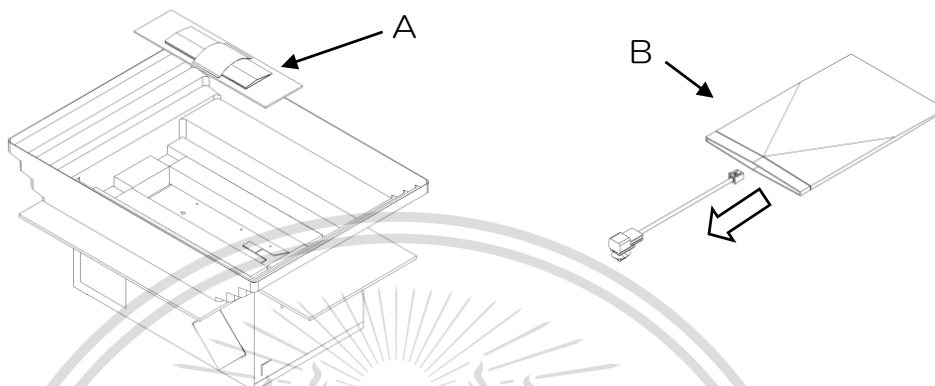
On unpacking, be careful not to drop the module.

- Hold the module securely and handle it carefully. Otherwise, injury or damage of the module may be caused.
- Conduct unpacking in a leveled and stable place.
- This module is about 14kg in weight.

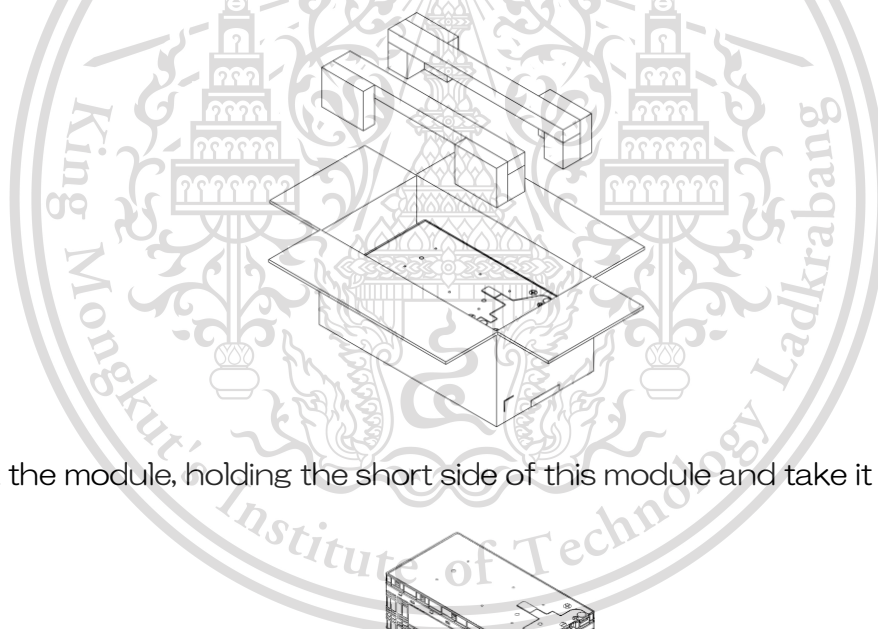
3.3.1 Japan domestic land transport packaging

Following is the procedure for unpacking.

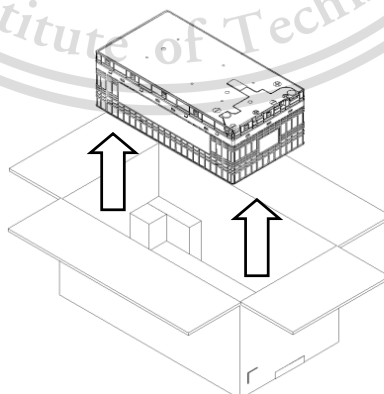
- (1) Open the top of the plastic bag. The communication cable for checking of operation is included in a central part. And remove the communication cable which has been packaging. (Below A) The communication cable is removed from the plastic bag with a zipper.(Below B)



- (2) Remove the two buffer materials attached to the above of this module.



- (3) Lift the module, holding the short side of this module and take it out of the box.



Confirm that no crack, scratch, or damage on this module is found, if there is any abnormality, stop using this module.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

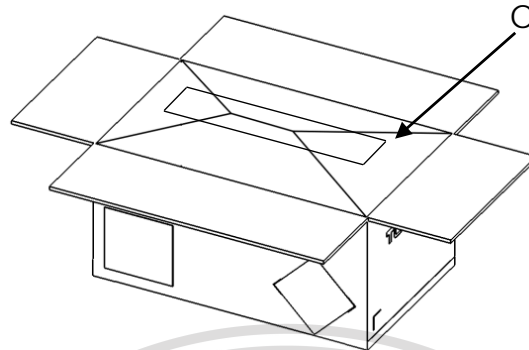
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

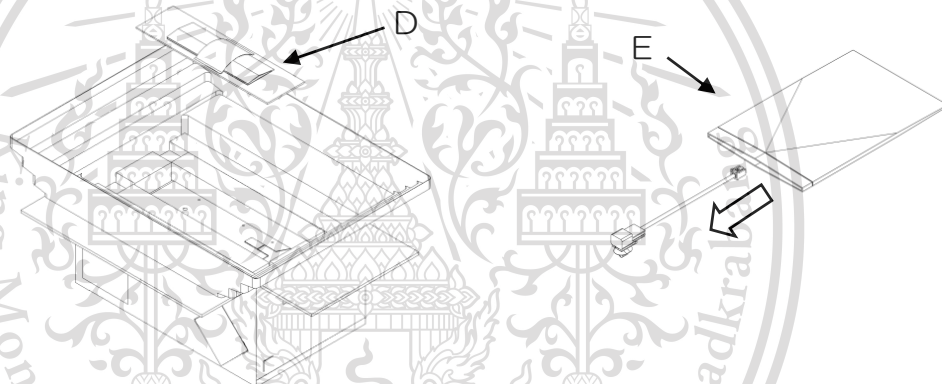
3.3.2 Air transport packaging

Following is the procedure for unpacking.

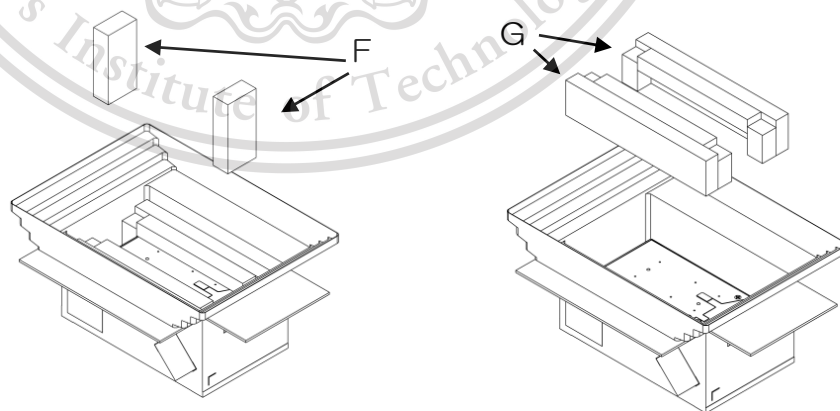
- (1) Slit the top cover sealing tape with a cutter or a similar tool to open the cardboard box. This module has been wrapped in a plastic bag. (Below C)



- (2) Open the top of the plastic bag. The communication cable for checking of operation is included in a central part. And remove the communication cable which has been packaging. (Below D) The communication cable is removed from the plastic bag with a zipper. (Below E)



- (3) Remove the two buffer materials attached to the side of the module. (Below E) Remove the two buffer materials attached to the top of the module. (Below G)

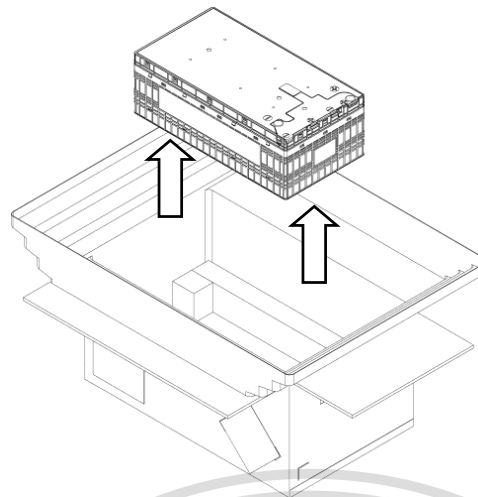


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

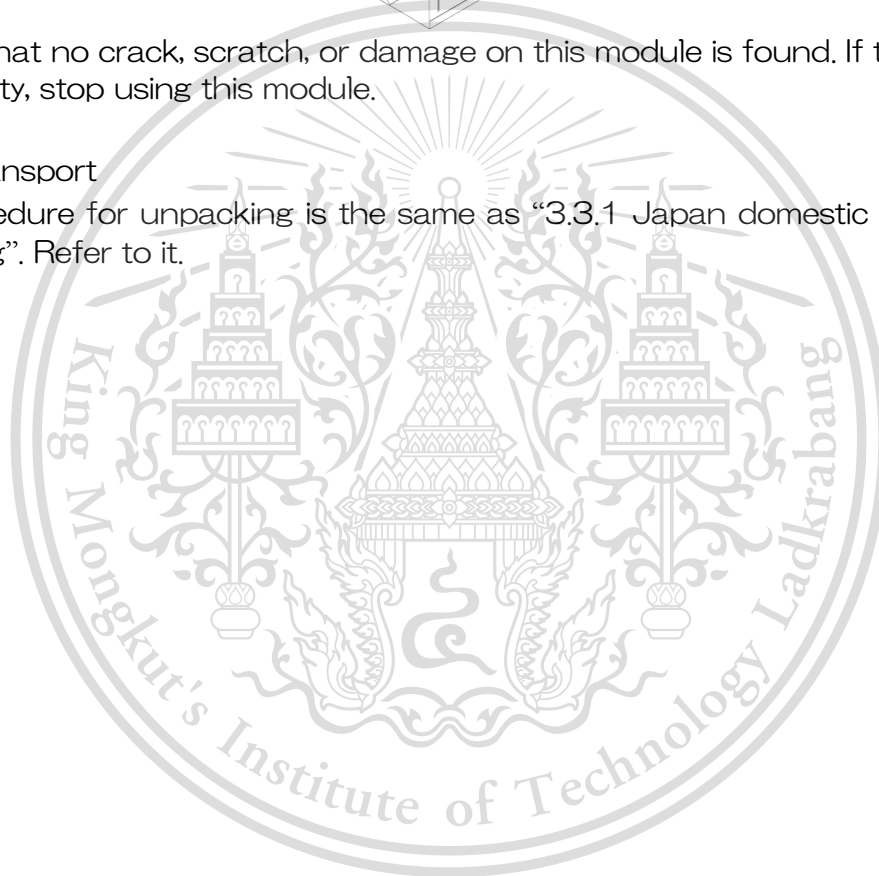
- (4) Lift the module, holding the short side of this module and take it out of the box.



Confirm that no crack, scratch, or damage on this module is found. If there is any abnormality, stop using this module.

3.3.3 Ship transport

The procedure for unpacking is the same as “3.3.1 Japan domestic land transport packaging”. Refer to it.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4. Confirmation before assembly

4.1 Installation conditions of this module

When connecting two or more modules in serial, the string of modules would have high voltage (it can exceed DC600V) in some applications. In such a case, the risk of accidents caused by electric shock may increase. Therefore, install this module in a container such as a battery pack case to keep this module away from operators. Also, protect and insulate the external equipment of which this module is installed to prevent the high voltage parts from exposure.

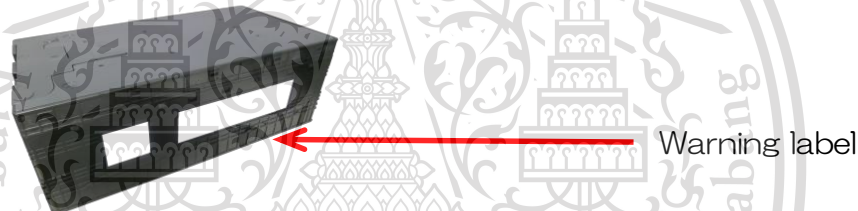
Below describes general cautions on installing this module.

(1) Position of battery module in the equipment

Keep away the battery module from heat source of any equipment. Placing it near heat source may cause temperature rise which results in function degradation of the battery module.

(2) Orientation of battery module in the equipment

When installing the battery module in the equipment, set "Warning label" on viewable position.



(3) Space around battery module

Ensure airflow space around the battery module to avoid temperature rise. Also, mount a cooling device such as a fan depending on the situation to prevent operating ambient temperature from exceeding its upper limit. Build-up of the heat released from the battery may cause temperature rise of the battery, which results in function degrading of the battery module.

(4) Prevention of equipment connection mistakes

Use connectors applicable to the connectors linked to the battery module. When connecting cables, confirm that (+) (-) direction and signal destination are correct.

(5) Prevention of short circuit by metal chain

When storing or moving the battery module or the equipment which battery modules are installed in, do not short circuit it with a conductive material such as a necklace.

(6) Attention to recycling

Disposal of battery modules or any equipment installing them shall be restricted by laws, regulations, and ordinance of the ministry or local government, etc.

Pay attention not to dispose of this module without discretion.
The battery module should be removed from the equipment easily.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 Before assembly

Confirm the following before installation and assembly of this module.

- (1) Confirm that there is no crack, scratch, or damage in the appearance of this module.
If there is any abnormality, do not use this module.
- (2) Confirm that there is no unusual odor coming from this module.
If any, there is a possibility of electrolyte leakage. Do not use this module.
- (3) Confirm that this module is installed on a level and stable place.
Do not install it on an inclined or unstable place.
- (4) Make sure that this module is not installed on the place under the following environment.
 - A place with low/high temperature outside the required environment conditions
 - A place with high humidity outside the requires conditions
 - A place with sudden temperature changes causing condensation
 - A place with a risk of splashes or submersion in water
 - A place with strong vibrations or shock
 - A place with a lot of dust
 - A place with corrosive gases, flammable gases, salt mist, iron powder, or oil mist
 - A place near a device generating heat or with direct sunlight
 - A place near a device generating strong radio waves or magnetic field
- (5) In case of installing the battery module, consider the event of fire or gas jet, and check that there is no surrounding flammable gas or liquid such as large amounts of combustible material around the battery module and that a ventilation equipment, a fire detector and a fire extinguish equipment are installed.
- (6) Make sure that insulation measures are taken for operators and tools to be used.
A hot-line work is included in the assembly of this module. The operators should wear not conductive clothes but insulation protective equipment. Use insulated tools or tools with insulating measures.
- (7) Make sure to interrupt the circuit of charge/discharge system to be assembled.
When connecting two or more modules, make sure to interrupt the circuit to prevent an accident due to arc or electric shock, since the system may operate with high voltage and large current.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. Assembly and Removal

5.1 Assembly procedure

Before assembly:

- Use specified M6 screws attached for connecting charging and discharging terminals.
- Use a T20 Hexalobular wrench.
- Tightening torque is 4 to 10Nm (5.0 to 6.8Nm is recommended)
- Use the busbar with a width of 15mm or less and a thickness of 2 ± 0.1 mm.
- When using the busbar, detach the dummy washer from this module.
- When not using the busbar, attach the dummy washer to this module.

Below is the assembly procedure of this module.

The equipment configuring the system to be assembled (installation and connection of peripherals which connect this module) should be assembled separately.

(7) can be conducted before (2).

Refer to “5.1.1 Procedure for main circuit connection” for connection procedure related to (3) and (4).

Refer to “5.1.2 Procedure for communication connection” for connection procedure related to (5).

- Place the battery module on a stable table.
- Remove the terminal cover.
Refer to “5.4 Procedure for removal of terminal cover on this module” .
- Loosen the specified M6 screws and detach the dummy washer, then attach the busbar to the charge/discharge terminals (-), and connect them with specified M6 screws.
Use T20 Hexalobular wrench.
- Loosen the specified M6 screws and detach the dummy washer, then attach the busbar to the charge/discharge terminals (+), and connect them with specified M6 screws.
Use T20 Hexalobular wrench.
- Connect the CMU connection cable to CAN communication connector ant the host. Refer to “5.6 Procedure for attachment of the communication cable” .
- Fit the terminal cover. Refer to “5.5 Procedure for attachment of the terminal cover” .
- Mechanical connection method with this module will be determined with the customer.

Put removed dummy washer into a plastic bag, store it to keep from losing.

Specified M6 screw is built in plain washer. Don't confuse this screw with the dummy washer.



The appearance of
specified M6 screw



The appearance of
dummy washer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

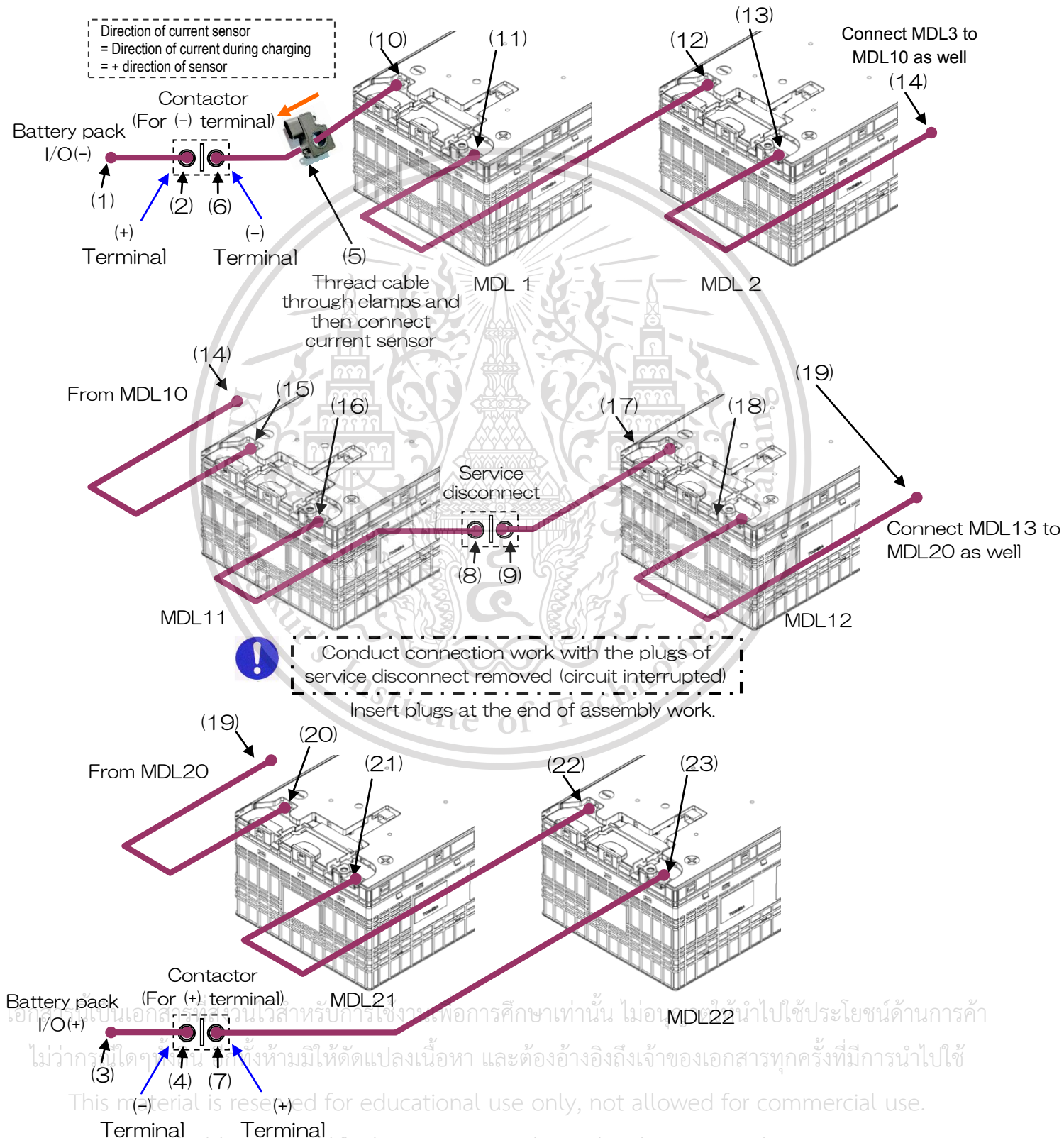
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.1.1 Procedure for main circuit connection

Below is the procedure for main circuit connection which is illustrated in “2.2 (1) Example of communication connection of CAN communication connector” .

Initially, connect equipment in order of the following (Number) except this module, then connect each cable with the battery modules.

Do not bind the cable together with the communication cables to prevent contact with each other.

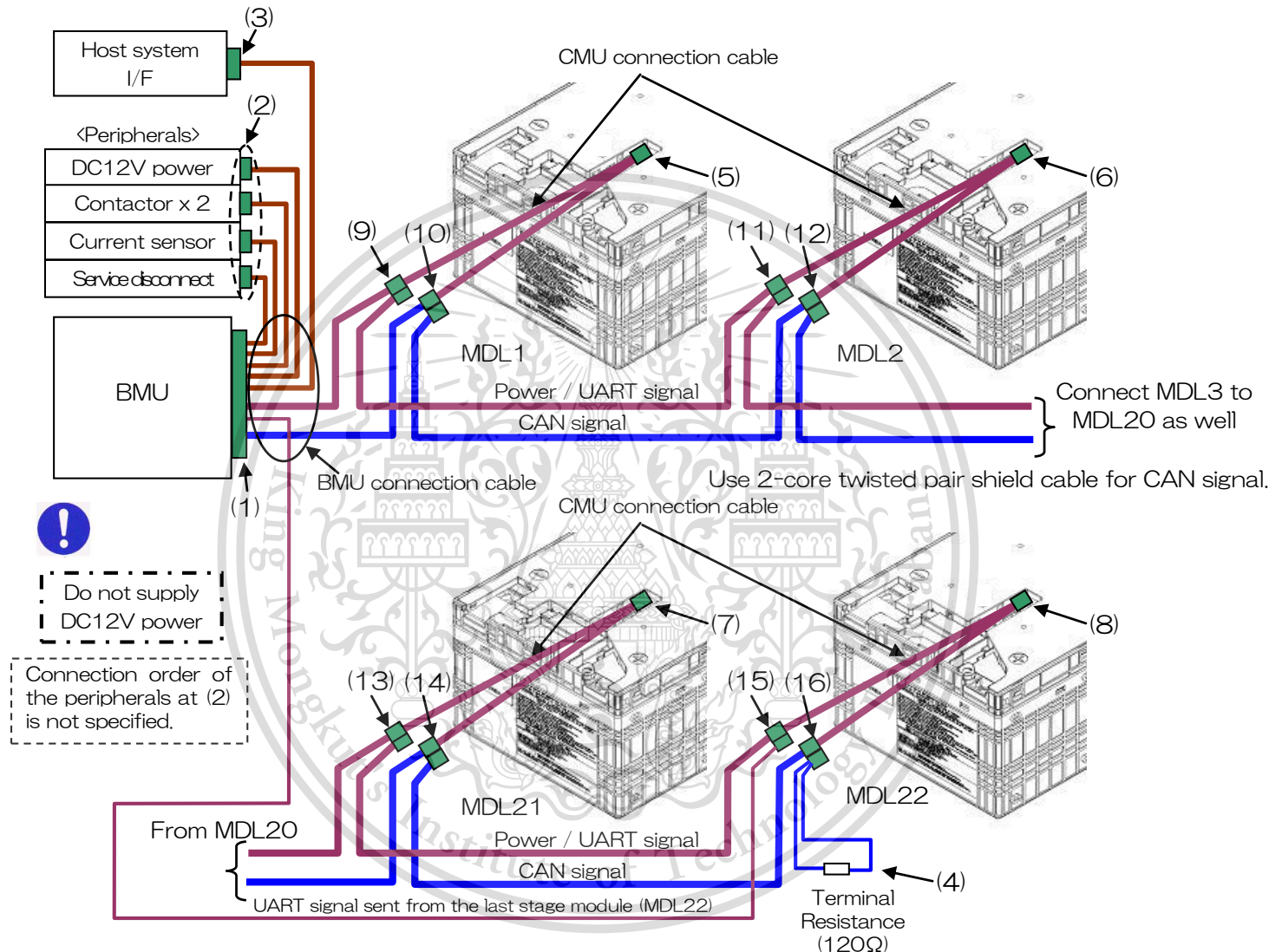


5.1.2 Procedure for communication connection

Below is the procedure for main circuit connection which is illustrated in “2.2 (1) Example of communication connection of CAN communication connector”.

First, connect equipment in order of the following (Number) except this module so that connection with this module comes later.

Do not bind the cable or the busbar together with the communication cables to prevent contact with each other.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 Procedure for removal

Below is the procedure for removal of this module.

The equipment configuring the system to be assembled (removal of peripherals which connect this module) should be removed separately depending on the situation.

Procedure for removal (1) can be done with the battery module fixed to the installation place.

- (1) Remove the battery module from its installation place.
- (2) Remove the terminal cover. Refer to “5.4 Procedure for removal of terminal cover on this module” .
- (3) Disconnect the CMU connection cable from the CAN communication connector.
- (4) Remove specified M6 screws from the charge/discharge terminals (+) and dismount the busbar.
Use T20 Hexalobular wrench.
- (5) Remove specified M6 screws from the charge/discharge terminals (-) and dismount the busbar.
Use T20 Hexalobular wrench.
- (6) Fit the terminal cover.
Refer to “5.5 Procedure for attachment of the terminal cover” .

Put the removed M6 screws in a bag and store them carefully.

5.3 Precautions on working

- (1) Make sure that insulation measures are taken for operators and tools to be used. The operators should wear not conductive clothes but insulation protective equipment. Use insulated tools or tools with insulating measures.
- (2) Make sure to interrupt the circuit of the charge/discharge system before work. Before work, interrupt the circuit of charge/discharge system to be assembled. Also, remove the plugs (interrupt the circuit) before work in the system using service disconnect.
- (3) Do not supply DC12V power before work. Switch off DC12V power before work to prevent BMU and CMU from operating without discretion.
- (4) Take preventive measures against a short circuit during work. On assembling, protect the terminals of the connected cables by insulating tape to prevent a short circuit caused by unexpected contacts until just before connection. Also, on removing, do the same immediately after removal. The live part should not remain exposed on the connection or removal of the main circuit.
- (5) Do not mistake destination in wiring. Do not mistake destination equipment or terminals when connecting. Also, do not mistake the direction for the equipment with polarity.
- (6) Take preventive measures against static electricity before touching the equipment. Discharge the static electricity accumulated in the operator's body before work. Conduct the work in the environment where static electricity measures are taken.
- (7) Observe “4. Confirmation before assembly” as well as the above.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

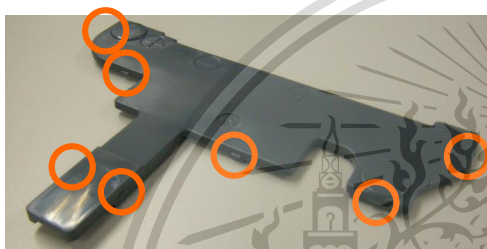
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- (8) Do not use a tool such as a slotted screwdriver to remove the terminal cover. This module may be damaged and short-circuited.
- (9) Do not remove other than the terminal cover in this module. This module may be damaged internally and short-circuited.
- (10) Remove the terminal cover with caution so as not to damage the locking parts.
- (11) Charge/discharge the module or the battery unit individually to decrease voltage differences between modules or between battery units in parallel in advance.
Because the rush current in the main circuit may be flowed when connecting between modules or between battery units (in parallel).

5.4 Procedure for removal of terminal cover on this module

Below is the procedure for removal of terminal cover on this module. The communication cable is connected with this module in the following picture. But even if the communication cable is not connected, the procedure is same.



Terminal cover, described in the left picture 5-1 and attached 7 locking parts (surrounded orange circles), is inserted in this module.

Picture 5-1 The position of locking parts on terminal cover



Put a finger on the terminal (+) side face on the terminal cover to lift the terminal cover.

(Picture 5-2, 5-3)

Picture 5-2 Procedure for removal of terminal cover 1



Detach the terminal cover from this module while flipping over the terminal cover and detaching locking parts gradually

(Picture 5-4)

Picture 5-3 Procedure for removal of terminal cover 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นทำแบบต้นฉบับเพื่อแจกจ่าย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Picture 5-4 Procedure for removal of terminal cover 3

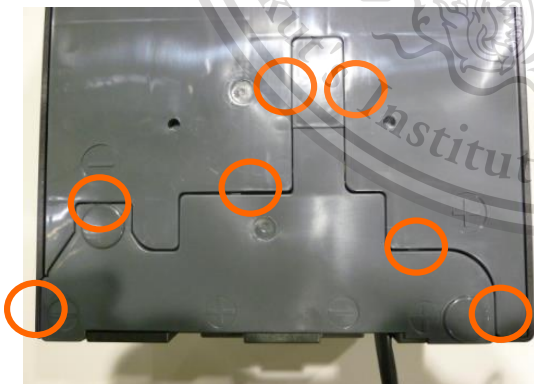
5.5 Procedure for attachment of the terminal cover

Below is the procedure for attachment of the terminal cover



If the communication cable is connected with this module, check that the communication cable is inserted under 2 retainers (surrounded orange circles) on the top cover to hold like the left picture. (Picture 5-5)

Picture 5-5 The procedure for attachment of the t



Attach the terminal cover to fit the shape of the top cover. Push the position of the locking parts (7pcs) like the left picture. (surrounded orange circles) (Picture 5-6)

Picture 5-6 The procedure for attachment of the terminal cover 2

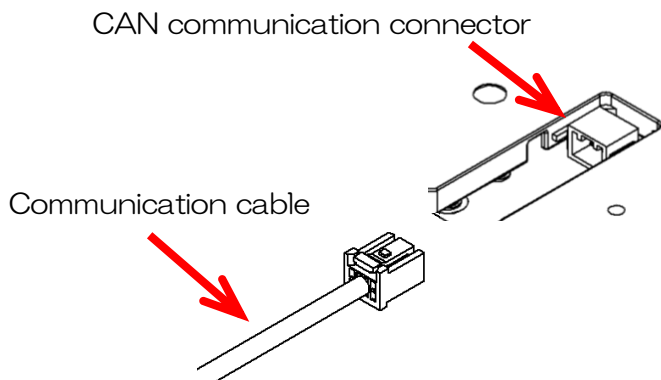
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.6 Procedure for attachment of the communication cable

Below is the procedure for attachment of the communication cable.



Connect the communication cable with the CAN communication connector like the left picture.

Check that the communication cable is locked and it doesn't come off easily.

Fig. 5-1 The procedure for attachment of the communication cable



The communication cable is inserted under 2 retainers (Surrounded orange circle) on the top cover to hold like the left picture. (Picture 5-7)

Picture 5-7 Attachment of the communication cable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. Operation method

Below describes the basic operation method on hardware of this module. For the functions required to the host system and precautions on control or how to use software such as the content of information-communication and processing sequence, refer to the specifications of this module.

6.1 Operation procedure

Below describes the operation procedure of this module. Make sure to operate the battery module, after the system assembly and the programming of BMU or a controlling system are completed.

When operating this module, observe the following - “6.4 Requests and cautions on use.”

- (1) Supply CMU starting power with DC12V.
- (2) Auto numbering permission signal and auto numbering pattern switch are transmitted to all CMUs simultaneously by CAN communication, and CMU-ID is numbered by U-ART communication. CMU-ID No. is automatically assigned and registered in CMU.
- (3) Start information communication by CAN.
After that, normal operation (charge, discharge, cell balance operation, etc.) becomes available depending on the situation.
However, when using this module for the first time, or using it after a long interval, make sure to conduct initial charge before use.
- (4) Stop DC12V supply to CMU starting power to stop operation of this module.
Make sure to stop normal operation (charge, discharge, cell balance operation, etc.) before stopping the supply.

6.2 Initial charge

At the time of manufacture, this module has 27.0V open-circuit voltage and approx. 40% SOC. However, initial charge is required before use because of decreasing SOC due to self-discharge. Make sure to conduct initial charge within about 3 months of manufacturing from Toshiba, including transportation period.

When using this module for the first time, assemble the system, fully charge this module with 40A (1C) or less, and leave it for more than 30 minutes without any charge or discharge before use.

Make sure to conduct initial charge also when using this module after a long time in storage or transportation, or when this module is replaced.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6.3 Recovery from a decreased capacity due to the voltages difference between each cell in this module (Cell balancing operation)

The module capacity decreases due to the voltage differences between each cell in this module as time goes on.

If the module capacity decreases for the above reasons, BMU or a controlling system controls this module adequately and this module operates cell balancing to average each cell voltage in this module.

When operating cell balancing, charge this module at low current such as 8A CC-CV 2.7V cut from external power supply in advance to protect over-discharging.

Depending on the specifications of the system and the operating condition, test results in specific condition in Toshiba indicate that operating time of cell balancing needs about 5 hours/month (Reference).

6.4 Requests and cautions on use

SCiB™ 20Ah cell, which composes this module, is safer than conventional Lithium Ion Battery. But if this module is misused and particularly if this module is strongly overcharged, abnormal occurrences such as a gas blowout, smoking and ignition in the heated cell may happen. So read the notes described below in advance and observe it to use this module in safety.

- CMU transmits cell voltages, measured temperatures status signals and each error information and etc. in this module to the upper system. BMU, a control device or charge/discharge system, which is the upper system, need to be completed the operation check based on the specification of this module so as to perform a protection operation to a safe and secure charge/discharge control and each error.
- Control charge/discharge operation automatically to prevent overcharge, overdischarge or over temperature in accordance with the information on voltage and temperature of the cell, which is notified by CMU.
- When charge/discharge this module, Monitor cell voltages and temperatures transmitted from CMU, control and protect automatically based on thresholds described below table.

	State name	Setting voltage	Controlling /protecting operation
Normal operation	Charge stop voltage	2.7V (maximum cell voltage)	Stop charge/discharge.
	Discharge stop voltage	1.5V (minimum cell voltage)	
	High-temperature protection	55° C (maximum cell temperature)	
Protecting operation	Overcharge voltage	3.0V (maximum cell voltage)	Stop charge/discharge. Cut off the main circuit between the upper system or a charge/discharge system
	Overdischarge voltage	1.3V (maximum cell voltage)	
	Over temperature protection	75° C (maximum cell temperature)	

To prevent overdischarge by power consumption of CMU, be sure to charge after stopping of discharge.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The battery module voltage, when charging/discharging, increases/decreases sharply just before finishing charge/discharge. To prevent overcharge/overdischarge due to delay of stopping charging/discharging, regardless of the amplitude of the current, the stop operation is not performed manually, control automatically by using BMU, a control system, an upper system or charge/discharge system surely.

Or if protecting operation, described above table, is working, stop using this module, contact us at the address noted at the end of this document.

- When charging/discharging this module, witness these operations to prevent the equipment failure or runaway not to work the protection operation.
- If the battery module is overcharged/overdischarged by any chance, Cut off the main circuit at once and stop charging/discharging by compulsion. In case of overcharging, follow the instructions in “6.6 How to deal with abnormalities”.
- As for stopping charge/discharge by compulsion in overcharging/overdischarging, Consider the impact range and operability of abnormal and etc. in advance well so as not to work the cooling system of the battery module, the fire detector of charge/discharge equipment, the fire extinguishing equipment and etc..
- To prevent overcharge/overdischarge in some cells due to the voltages difference between each cell in this module, do not charge/discharge based on the battery module voltage or the battery unit voltage. When charging/discharging, monitor all cell voltages individually, which is transmitted from CMU, in the battery module, control and protect the battery system.
- Check the connection state of the device before turning on the system power.
- Use a cellular phone in the place 1m or more away from the operating battery module. Otherwise, CMU and the connected device (BMU etc.) in the module may malfunction.

6.5 Storage

- (1) Charge this module up to approx. 50% SOC after discharge completion and store it at the recommended ambient temperature from -10 to +25deg.C without direct sunlight.
- (2) SOC will decrease because of self-discharge if the battery is not used. Once in 3 months, perform additional charging up to approx. 50% SOC.
- (3) Self-discharge capacity depends on the specification of the system or operating condition, test results in specific condition in Toshiba indicate that self-discharge capacity is $\Delta 13\% \text{SOC} / 3 \text{months}$ (Reference).
- (4) Attach the terminal cover while in storage.
- (5) Be careful to avoid condensation in storage when moving this module from the storage place.

This module may be damaged and can't be used due to condensation.

Avoid storing this module under the following conditions to prolong its life.

- This module is fully charged

- Battery is fully discharged

- Ambient temperature outside the specified range

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6.6 How to deal with abnormalities

In case any abnormality occurs during the use of this module, stop the charging and discharging operation immediately and interrupt the circuit of the charging and discharging system.

- The battery module is electrically alive even if the circuit of the charging and discharging system is interrupted. Make sure to take insulation measures to prevent electric shock when confirming the current path.

<Overcharged>

- When the battery module is overcharged, the cell may be heated, and the safety valve on the cell may be opened. If it is opened, it may cause abnormal odor and electrolyte leakage from the safety valve, do not touch the system and the battery module. Ventilate the site adequately and use a gas mask, a protective glasses, a protective clothing as required.
- When overcharging excessively, hot gas jet, smoke and fire may happen after above phenomena. Use carbon dioxide gas, ABC powder fire extinguisher, or dry sand for extinguishing and cooling down.
- Once a cell causes hot gas jet, smoke and fire, because the approximate cells may also occur the same phenomena for a long time and continuously, extinguish a fire and cool the battery module rapidly, then judge a fire extinguishment carefully.
- If any of the above situation occurs, depending on the situation, contact the nearest fire department and us at the address described at the end of this document.

<Unable to charge>

- Check if this module is securely connected with the battery pack and etc. in which this module is built.
- If it is unable to charge this module despite the secure connection above, contact us at the address noted at the end of this document.

<The equipment is not operating>

- Conduct initial charge when using this module for the first time. Also, check if this module is connected securely.
- If this module does not operate despite the work above, contact us at the address noted at the end of this document.
- In case any error occurs (e.g. This module is unusable), contact us at the address noted at the end of this document.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7. Other

7.1 Disposal of battery module

- (1) Do not dispose of the battery module without discretion but outsource the work to a specialized industrial waste disposer. For details, contact us at the address described at the end of this document.
- (2) To prevent overheat caused by short circuit of the battery, full discharge of the battery and insulation of terminals with insulating tape are recommended before disposal.

7.2 Transportation of battery module

This module falls under Lithium Batteries which are the “Class 9” dangerous article stipulated by “United Nations (UN) Recommendations on the Transport of Dangerous Goods.” This module is subject to the transport regulation.

Therefore, packing in Japan domestic transportation other than land transport (air transport, ship transport, etc.) is required to comply with UN Recommendations No. 3480 in transportation other than domestic land transport (e.g. air transport, ship transport).

Packing Group II in UN Recommendations is required in transportation.

In case of air transport, gross mass requires to be 35kg or less (including packing materials) in cargo transport.

7.2.1 Transportation of the battery module only

The packing materials used for transportation from Toshiba are certified to comply with UN Recommendations by the certificate authority. However, reuse (repacking) of this module by customer is not allowed.

Therefore, customer needs to prepare a packing box complying with UN Recommendations and pack the module in accordance with the handling criteria of the box when transporting the module. On transportation, contact us at the address described at the end of this document.

7.2.2 Transportation of this module implemented in application

The UN Recommendation is also applied to transportation of the battery module implemented in each application.

The transport method is different depending on the application type. For details, contact us at the address described at the end of this document. The customer will need to support it.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7.3 Main raw materials of this module

Main raw materials of resin

Item	Component
Housing etc.	Modified PPE resin
PCB(CMU)	EP(epoxy resin)

Main raw materials of packing materials

Item	Component
Packing box	Corrugated cardboard
Buffer materials	Expanded polyethylene

7.4 Contact on occurrence of abnormalities

In case any error occurs (e.g. this module is unusable), contact us at the following address.

<Contact address>

Automotive Systems Overseas Sales & Marketing Dept.
Automotive Systems Div.
Social Infrastructure Systems Company
TOSHIBA CORPORATION
1-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo 105-8001, JAPAN
TEL: +81-3-3457-4997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Hi Performance Electric Vehicle Systems

1551 S. Vineyard Avenue
Ontario, CA 91761
(909) 923-1973

Electrical Schematics and **Documentation**

**FOR CURTIS 1232-1238 “E” AND “SE”
VERSION CONTROLLERS**

SOFTWARE VERSIONS 5.30 AND HIGHER

**FOR SINGLE AND DUAL MOTOR
APPLICATIONS**

REVISION: A

Date 10/5/2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Table of Contents

Quick Start Electrical Schematics.....	Clickable link ...3
Full Electrical Schematics 1232-1238 “E” and “SE” Controllers.....	Clickable link ...8
Throttle Configuration.....	Clickable link ...13
Type 2 Electronic.....	Clickable link ...14
Type 2 Curtis Electronic Throttle Model ET-126 or ET-134.....	Clickable link ...15
Type 3 2-Wire Pot.....	Clickable link ...16
Type 2 3-Wire Pot.....	Clickable link ...17
Type 2 Curtis PB-8 Throttle Assembly.....	Clickable link ...18
Type 4 3-Wire Wigwag.....	Clickable link ...19
Throttle Interlock Connection.....	Clickable link ...20
Brake Input Configuration.....	Clickable link ...21
Type 2 Pressure Transducer or Electronic or 3-Wire Pot.....	Clickable link ...22
Type 3 2-Wire Pot.....	Clickable link ...23
Brake Light Configurations.....	Clickable link ...24
CAN-OP Isolator Modules.....	Clickable link ...28
Program Entries (Parameters).....	Clickable link ...30
Additional Notes.....	Clickable link ...33
Monitor Items.....	Clickable link ...34
Fault Codes	Clickable link ...35
Glossary of Terms.....	Clickable link ...54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. 2

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

QUICK START GENERIC ELECTRICAL SCHEMATICS

1232-1238 “E” and “SE” CONTROLLERS

The following quick start electrical schematics for both single and dual motor configurations have been generated to assist in quickly getting the drive system connected and running.

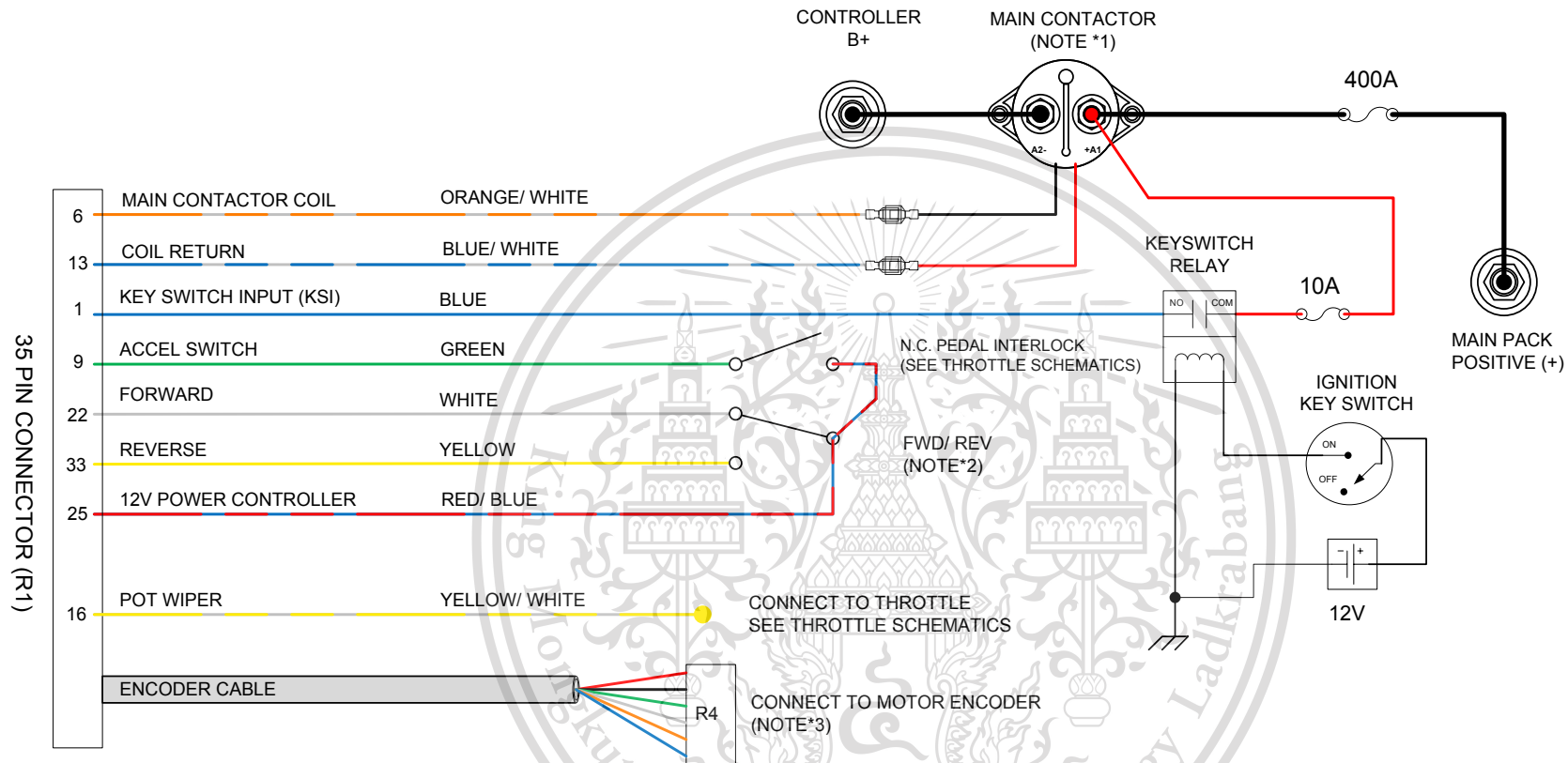
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. 3

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	Initial Release	4/18/2016

QUICK START SCHEMATIC FOR SINGLE MOTOR OR PRIMARY MOTOR IN DUAL MOTOR CONFIGURATION CURTIS 1232/1234/1236/1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS



NOTES:

(*1) Use supplied contactor.

(*2) Forward is CLOCKWISE motor rotation from **encoder end view**. Depending on transmission configuration, use either wire to obtain desired rotation. Use FWD & REV switch in direct drive applications.

(*3) For dual motor application, see dual motor Encoder Isolator schematics for more details.

CAD TYPE VISIO	APPLICABLE SOFTWARE VERSION 5.30 & UP		
UNIT NONE	DRAWING 1010-1232_38-QS-E-GEN- 36505		
DRW SIZE A	TITLE QUICK START SCHEMATIC FOR 1232-1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS		
DATE 4/18/16			
SUPPLIER PART			
SCALE NONE	SHEET 1 OF 1	REVISION A	HPEVS

Quick Start Electrical Schematic Generic 530 Software Pin Out Specific for 1232-1238 "E" AND "SE" Controllers Single Motor or Primary in Dual Motor Applications

116

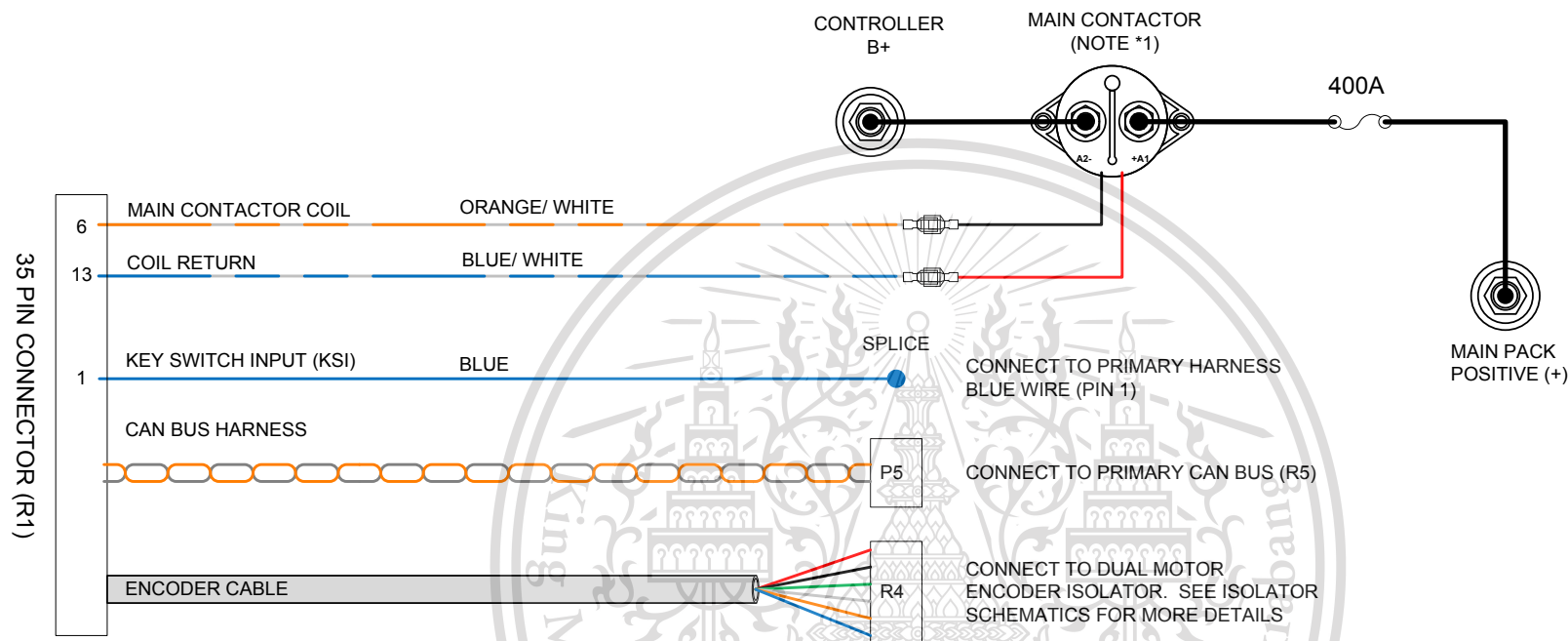
Pin #	Name	Function	Terminations	Wire color	Detailed Description
1	KSI	Keyswitch_Input		Blue	Keyswitch input. Provides logic power for the controller and power for the coil drivers.
6	Driver 1	Main_Contactor		Orange/White	Main Contactor Coil Driver.
9	Switch 3	Accel_Switch_Input	Active high, connect to 12 volts. See schematic	Green	Used as safety interlock; switch is open when throttle switch is released. Type 2 & 3 throttle only.
13	Coil Return	Coil Return	Common to all relay coils	Blue/White	This is the coil return pin (at B+ potential) for all the contactor and relay coils.
16	Throttle Pot Wiper	Pot Wiper		Yellow/White	Wiper or throttle input.
22	Switch 7	Forward_Switch_Input	Active high, connect to KSI to activate.	White	Used by the Motor Control to select forward direction
25	+12V Out			Red/Blue	Unregulated low power +12V output.
33	Switch 8	Reverse_Switch_Input	Active high, connect to KSI to activate.	Yellow	Used by the Motor Control to select reverse direction

[Return To Table Of Contents](#)

5

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVE
A	Initial Release	4/ 18/ 201

QUICK START SCHEMATIC FOR SECONDARY MOTOR CONFIGURATION CURTIS 1232/1234/1236/1238 “E” AND “SE” CONTROLLERS



(*1) Use supplied contactor.

CAD TYPE VISIO	APPLICABLE SOFTWARE VERSION 5.30 & UP		
UNIT NONE	DRAWING 1010-1232_38-QS-SEC-E-GEN- 36505		
DRW SIZE A	TITLE QUICK START SCHEMATIC FOR SECONDARY 1232-1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS		
DATE 4/18/16			
SUPPLIER PART			
SCALE NONE	SHEET 1 OF 1	REVISION A	HPEVS

Quick Start Electrical Schematic Generic Software Pin Out Specific for 1232-1238 "E" AND "SE" Secondary Controller in Dual Motor Applications

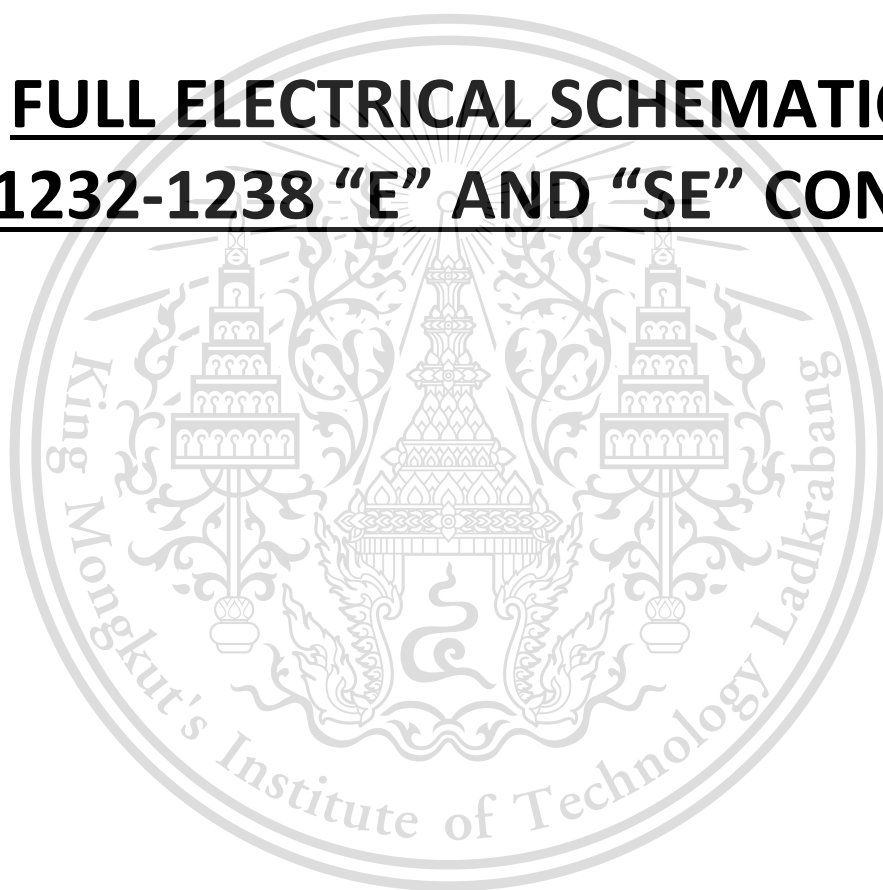
Pin #	Name	Function	Terminations	Wire color	Detailed Description
1	KSI	Keyswitch_Input		Blue	Keyswitch input. Provides logic power for the controller and power for the coil drivers. Connect to primary harness at the Blue KSI wire.
6	Driver 1	Main_Contactor		Orange/White	Main Contactor Coil Driver.
13	Coil Return	Coil Return	Common to all relay coils	Blue/White	This is the coil return pin (at B+ potential) for all the contactor and relay coils.

[Return To Table Of Contents](#)

7

FULL ELECTRICAL SCHEMATICS

CURTIS 1232-1238 “E” AND “SE” CONTROLLERS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

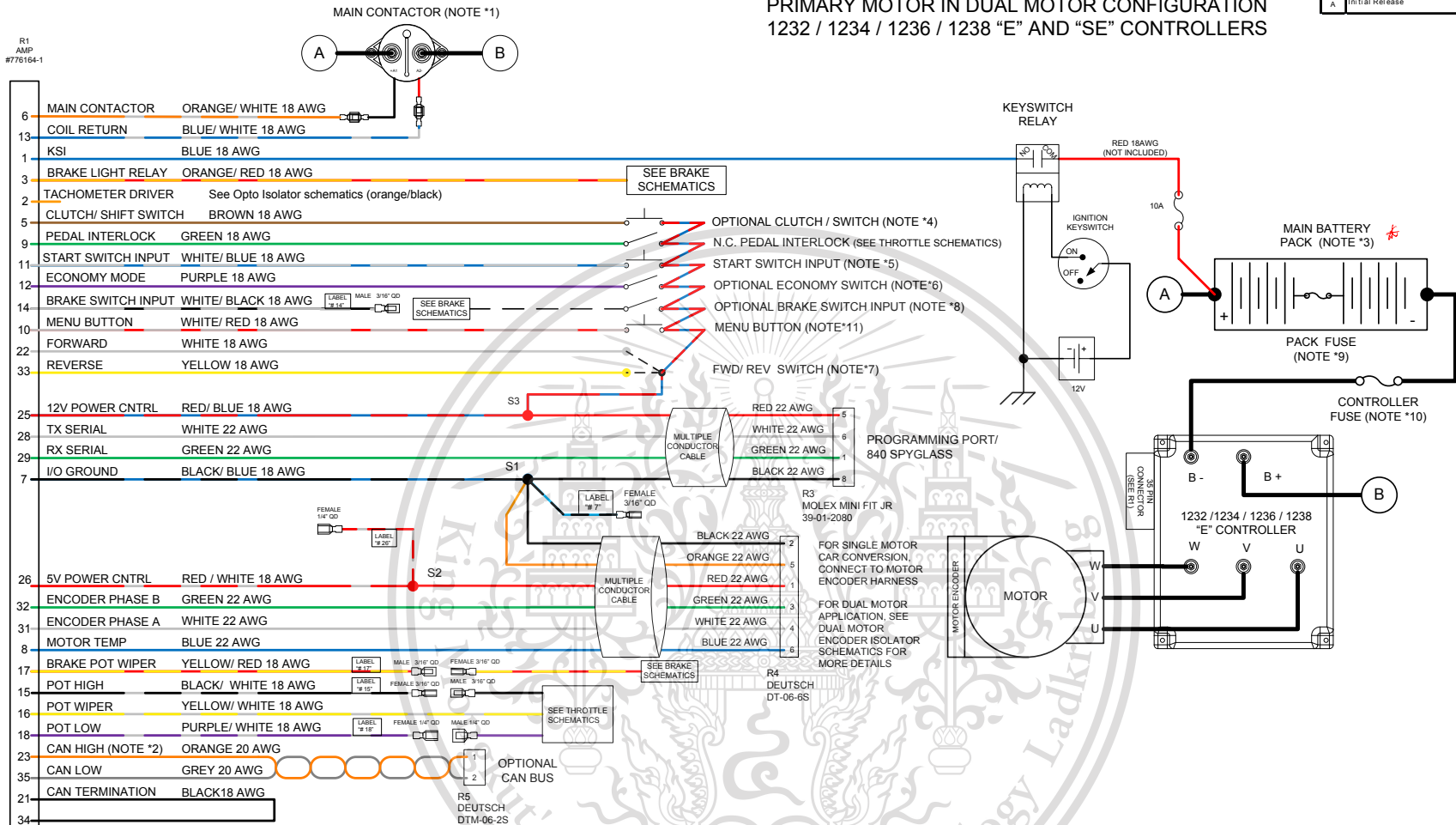
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

ELECTRICAL SCHEMATICS FOR SINGLE MOTOR OR
PRIMARY MOTOR IN DUAL MOTOR CONFIGURATION
1232 / 1234 / 1236 / 1238 “E” AND “SE” CONTROLLERS

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	Initial Release	4/ 11/ 2016



NOTES:

(*) Use supplied Contactor (GIGAVAC Part #GV200QA-1). Use only a Contactor WITHOUT PWM AND COIL SUPPRESSION. FAILURE TO DO SO CAN CAUSE CONTROLLER FAILURE AND WILL VOID WARRANTY.

(*2) The Controller CAN Communication needs to be isolated from other CAN based components. A CAN isolator may be needed.

Possible source of CAN isolator is CANOP from B&B Electronics (www.bb-elec.com)

(*3) A Battery Management System (BMS) is strongly recommended if Lithium Ion batteries are used. Possible source of BMS is Ewert Energy System's ORION BMS (www.orionbms.com)

(*4) Install the Clutch/ Shift Switch so that is ON when the clutch pedal is pressed. When clutch pedal is pressed the Regen setting is changed to Shift Neutral Braking Parameter to prevent the motor from stalling during gear shifting. In a clutchless system, this allows you to set the coast down rate of the motor so that the gears align properly See Instructions on SHIFT-NEUTRAL BRAKING PARAMETERS.

(*5) Start switch required if Idle function or creep torque is turned ON.

(*6) Allows the use of ECONO Mode Parameters. See Programming Instructions.

(*7) Forward is CLOCKWISE motor rotation from Encoder end view. Depending on Transmission configuration, use either wire to obtain desired rotation. Use FWD & REV Switch in direct drive applications.

(*8) See Brake Schematics.

(*9) Use Pack Fuse rated at 500A for Single controller applications. For Dual controller use 800A Pack Fuse.

(*10) Only for Dual motor application. Use Controller Fuse rated at 500A for each controller.

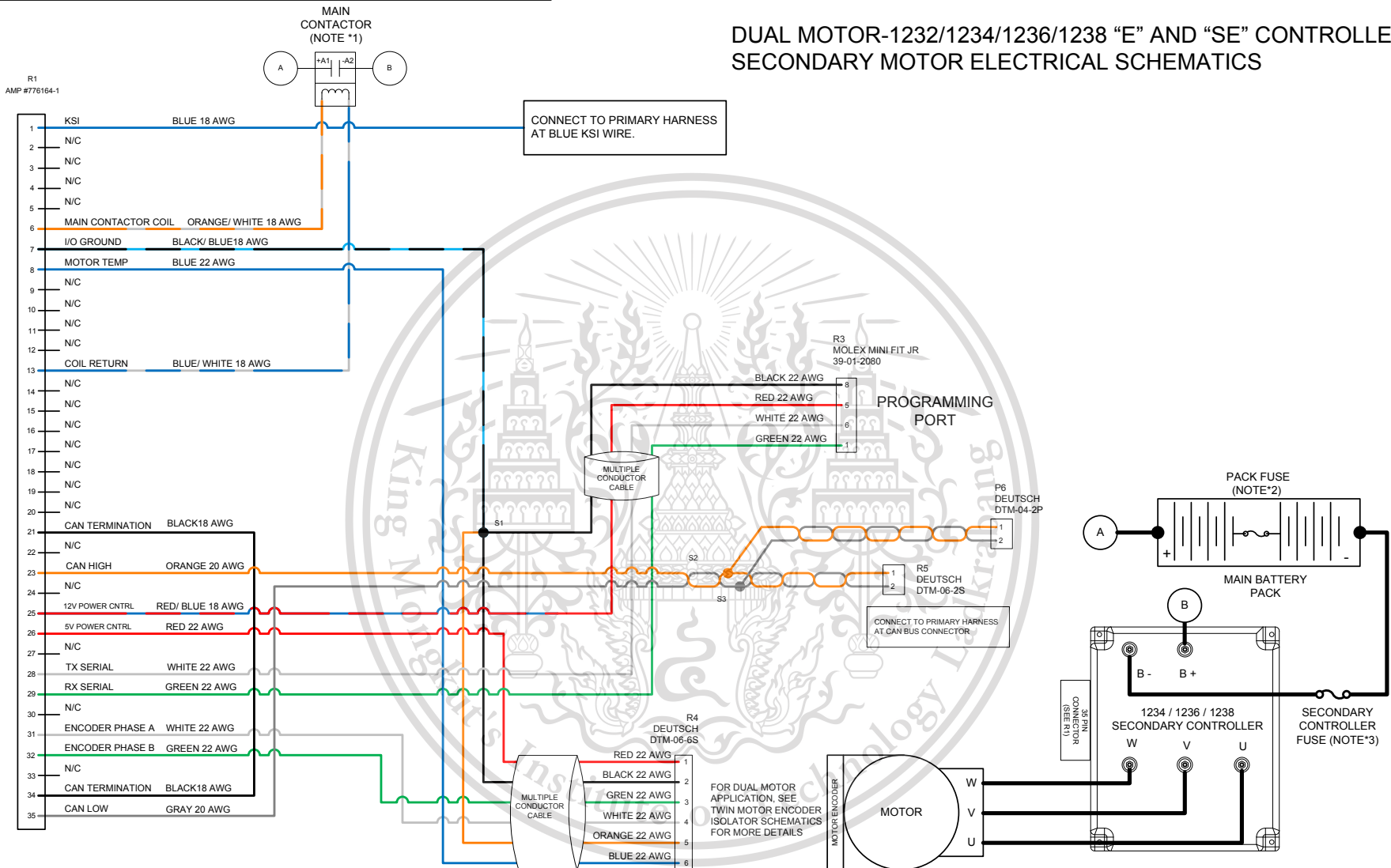
(*11) Gives access to Drive System information. **USED FOR 840 SPYGLASS ONLY**

CAD TYPE VISO	APPLICABLE SOFTWARE Version 5.30 & Up		
UNIT NONE	DRAWING 1010-AUTO-CONVERSION-VER365		
DRW SIZE A	TITLE 1232/1234/1236/1238 "E" AND "SE" CONTROLLER		
DATE 4/11/16	ON-ROAD VEHICLE CONVERSION / PRIMARY DUAL MOTOR SCHEMATICS		
SUPPLIER PART		HW-AUTOCONVERSION-HPG	
SCALE NONE	SHEET 1 of 1	REVISION A	HPEVS

Generic Software 530 Switch Pin Out Specific for for 1232-1238 "E" AND "SE" Single Motor or Primary in Dual Motor Applications					
Pin #	Name	Function	Terminations	Wire color	Detailed Description
1	KSI	Keyswitch_Input		Blue	Keyswitch input. Provides logic power for the controller and power for the coil drivers.
2	Prop. Driver	Tachometer Driver		Orange/Black	Digital output used to drive a tachometer
3	Driver 4	Brake Light Relay		Orange/Red	Brake light relay driver
4	N/C				
5	Switch 10	Clutch/Shift Switch		Brown	Switch input is used to reduce neutral braking while shifting
6	Driver 1	Main_Contactor		Orange/White	Main Contactor Coil Driver.
7	I/O Ground			Black/Blue	Input and output ground reference.
8	Analog 2	Motor_Temperature_Sensor		Blue	Used as the motor temperature analog input
9	Switch 3	Accel_Switch_Input	Active high, connect to 12 volts. See schematic	Green	Used as safety interlock; switch is open when throttle switch is released. Type 2 & 3 throttle only.
10	Menu	Menu_Button	Active high, connect to 12 volts. See schematic	White/Red	Momentary switch; used to scroll through 840 spyglass display
11	Switch 5	Start_Switch_Input	Active high, connect to 12 volts. See schematic	White/Blue	Momentary switch; Enables drive system when Idle function is turned ON.
12	Switch 6	Economy_Mode_Switch_Input		Purple	Switch input used to activate Economy Mode.
13	Coil Return	Coil Return	Common to all relay coils	Blue/White	This is the coil return pin (at B+ potential) for all the contactor and relay coils.
14	Brake Switch Input	Brake_Sw		White/Black	Switch input used for brake rate. USED IN VER 36506 AND UP
15	Throttle Pot High	Pot High		Black/White	Pot high connection for a 3-wire throttle pot.
16	Throttle Pot Wiper	Pot Wiper		Yellow/White	Wiper or throttle input.
17	Pot2 Wiper	Brake Pot Wiper		Yellow/Red	Brake input.
18	Pot Low	Pot Low		Purple/White	Pot low connection for brake and throttle.
19	N/C				
20	N/C				
21	CAN Term H	CAN Termination		Black	CAN termination jumper.
22	Switch 7	Forward_Switch_Input	Active high, connect to KSI to activate.	White	Used by the Motor Control to select forward direction
23	CANH	CAN High		Orange	CAN bus high.
24	N/C				
25	+12V Out			Red/Blue	Unregulated low power +12V output.
26	+5V Out			Red/White	Regulated low power +5V output.
27	N/C				
28	Serial TX			White	Serial transmit line for display or flash update.
29	Serial RX			Green	Serial receive line for display or flash update.
30	N/C				
31	Encoder Phase A	MotorspeedA_Input		White	Quadrature encoder input phase A
32	Encoder Phase B	MotorspeedB_Input		Green	Quadrature encoder input phase B
33	Switch 8	Reverse_Switch_Input	Active high, connect to KSI to activate.	Yellow	Used by the Motor Control to select reverse direction
34	CAN Term L	CAN Termination		Black	CAN bus termination jumper.
35	CANL	CAN Low		Grey	CAN bus low.

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems, Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS") and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

DUAL MOTOR-1232/1234/1236/1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS SECONDARY MOTOR ELECTRICAL SCHEMATICS



NOTES:

(*1) USE SUPPLIED CONTACTOR

(*2) Use Pack Fuse rated at 500A for single controller applications. For dual controller use 800A Pack fuse.

(*3) Only for dual motor application. Use Controller Fuse rated at 500A for each controller.

CAD TYPE	VISIO	APPLICABLE SOFTWARE	Version 5.30 & UP
UNIT	NONE	DRAWING	1010-AUTO-CONVERSION-SEC-VER365.000
DRW SIZE	A	TITLE	1232-1238 "E" AND "SE" CONTROLLER SECONDARY MOTOR SCHEMATICS
DATE	4/11/16		
SUPPLIER PART	HW-1010AUTO-HPG		
SCALE	none	SHEET	1 OF 1
REVISION	A	HPEVS	

[Return To Table Of Contents](#)

Generic Software 530 Switch Pin Out Specific for for 1232-1238 "E" AND "SE" Secondary Controller in Dual Motor Applications

Pin #	Name	Function	Terminations	Wire color	Detailed Description
1	KSI	Keyswitch_Input		Blue	Keyswitch input. Provides logic power for the controller and power for the coil drivers. Connect to primary harness at the Blue KSI wire.
2	N/C				
3	N/C				
4	N/C				
5	N/C				
6	Driver 1	Main_Contactor		Orange/White	Main Contactor Coil Driver.
7	I/O Ground			Black	Input and output ground reference.
8	Analog 2	Motor_Temperature_Sensor		Blue	Used as the motor temperature analog input
9	N/C				
10	N/C				
11	N/C				
12	N/C				
13	Coil Return	Coil Return	Common to all relay coils	Blue/White	This is the coil return pin (at B+ potential) for all the contactor and relay coils.
14	N/C				
15	N/C				
16	N/C				
17	N/C				
18	N/C				
19	N/C				
20	N/C				
21	CAN Term H	CAN Termination		Black	CAN termination jumper.
22	N/C				
23	CANH	CAN High		Orange	CAN bus high.
24	N/C				
25	+12V Out			Red/Blue	Unregulated low power +12V output.
26	+5V Out			Red	Regulated low power +5V output.
27	N/C				
28	Serial TX			White	Serial transmit line for display or flash update.
29	Serial RX			Green	Serial receive line for display or flash update.
30	N/C				
31	Encoder Phase A	MotorspeedA_Input		White	Quadrature encoder input phase A
32	Encoder Phase B	MotorspeedB_Input		Green	Quadrature encoder input phase B
33	N/C				
34	CAN Term L	CAN Termination		Black	CAN bus termination jumper.
35	CANL	CAN Low		Grey	CAN bus low.

Return To Table Of Contents

THROTTLE CONFIGURATION

Depending on the type of throttle used for the application, the different types of throttle configurations are listed within the table below. Electrical schematics are also included within the following pages.

THROTTLE CONFIGURATION	TYPE
ELECTRONIC without SWITCH Curtis ET-126/ET-134 ELECTRONIC THROTTLE ASSEMBLY	TYPE 2
2 WIRE with SWITCH 0-5k Ω	TYPE 3
3 WIRE with SWITCH 0-5k Ω	TYPE 2 Default
CURTIS PB8 THROTTLE ASSEMBLY	TYPE 2
WIG WAG 3 WIRE	TYPE 4

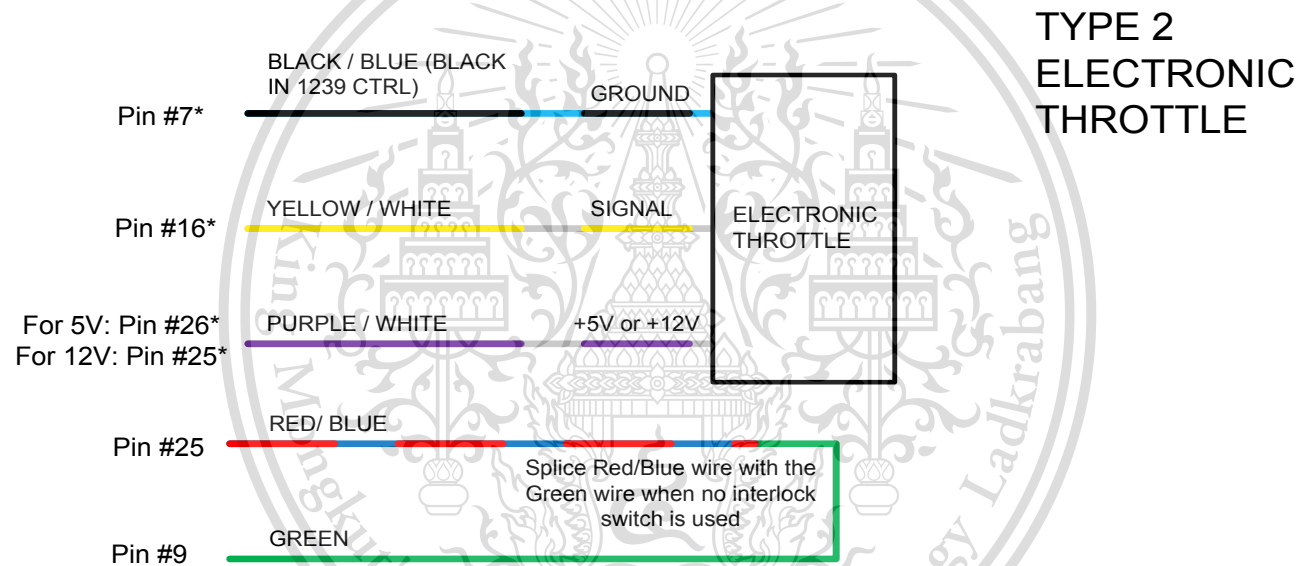
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use¹³

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	1/22/2013



* Typical connection, verify correct voltage and connection in throttle documents or instructions.

Not all Electronic Throttles supported

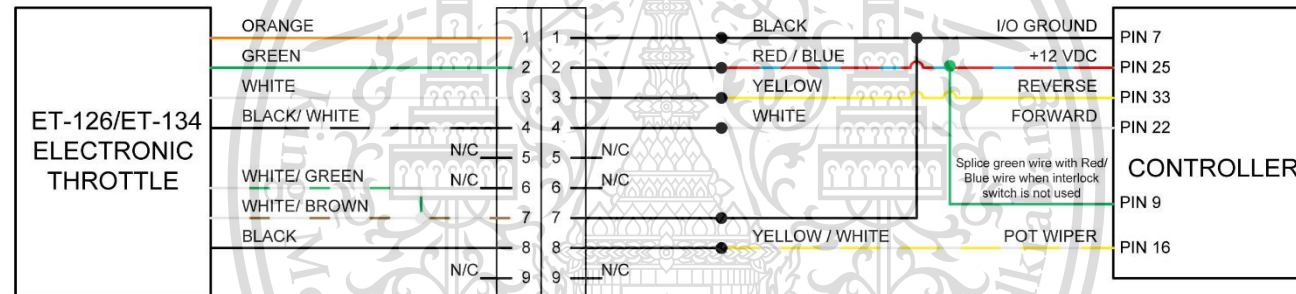
CAD TYPE VISIO	APPLICABLE SOFTWARE		
UNIT NONE	DRAWING 1010-THROTTLE-001		
DRW SIZE A	TITLE ELECTRONIC THROTTLE		
DATE 1/22/13			
SUPPLIER PART			
SCALE NONE	SHEET 1 OF 1	REVISION A	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#) 14

NOTICE: This drawing is the property of HI Performance Electric Vehicle Systems, Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	Initial Release	11/17/2015

**CURTIS ELECTRONIC THROTTLE
MODEL NUMBERS ET-126 OR ET-134
TYPE 2 ELECTRONIC THROTTLE**



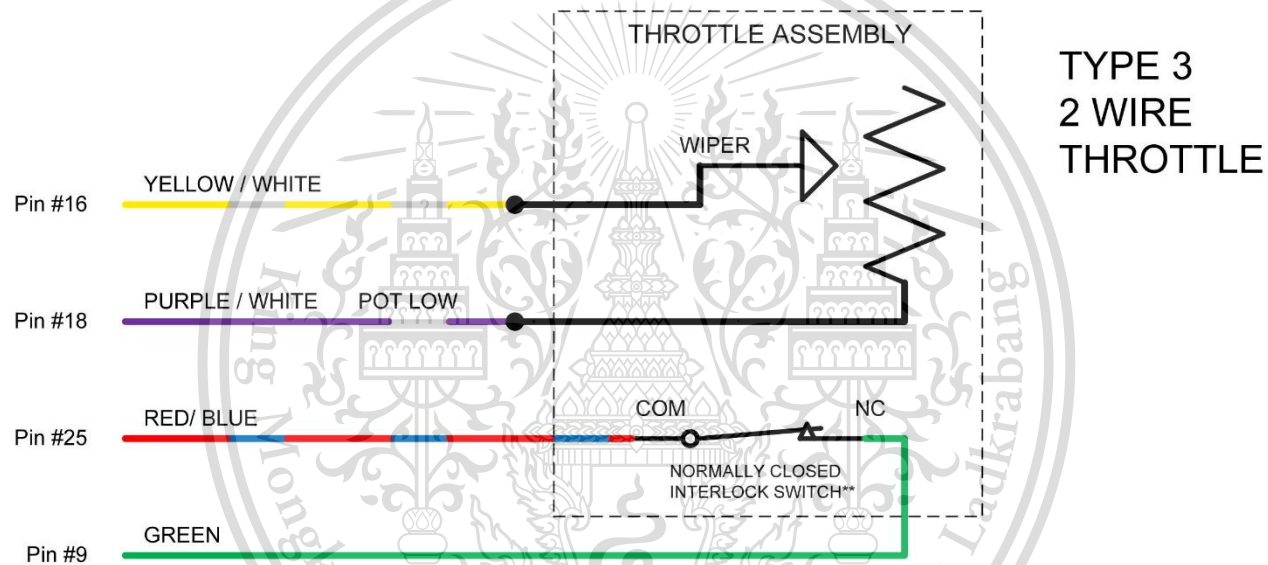
ET-126 HAS A SPRING RETURN SO THAT THE THROTTLE RETURNS TO NEUTRAL POSITION

ET-134 DOES NOT HAVE A SPRING RETURN

CAD TYPE VISO	APPLICABLE SOFTWARE VER 2.5			
UNIT NONE	DRAWING 1010-EThorttle			
DRW SIZE A	TITLE Curtis Electronic Throttle Part ET-126 OR ET-134			
DATE 11/17/ 15				
SUPPLIER PART				
SCALE none	SHEET 1 OF 1	REVISION A		HPEVS

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	2/3/2015



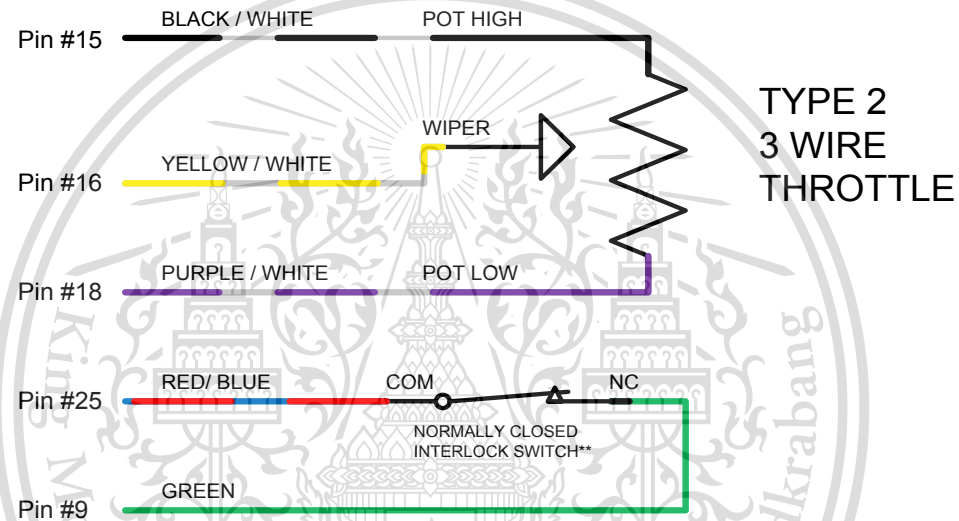
** When accelerator pedal IS PRESSED the interlock switch is released to its NORMAL position (switch not activated) thus completing the circuit since its green wire is connected to the normally closed (NC) connection.

CAD TYPE VISIO	APPLICABLE SOFTWARE
UNIT NONE	DRAWING 1010-THROTTLE-001
DRW SIZE A	TITLE TYPE 3 2 WIRE THROTTLE
DATE 2/3/15	
SUPPLIER PART	
SCALE NONE	SHEET 6 OF 8
REVISION A	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#)

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	1/22/2013



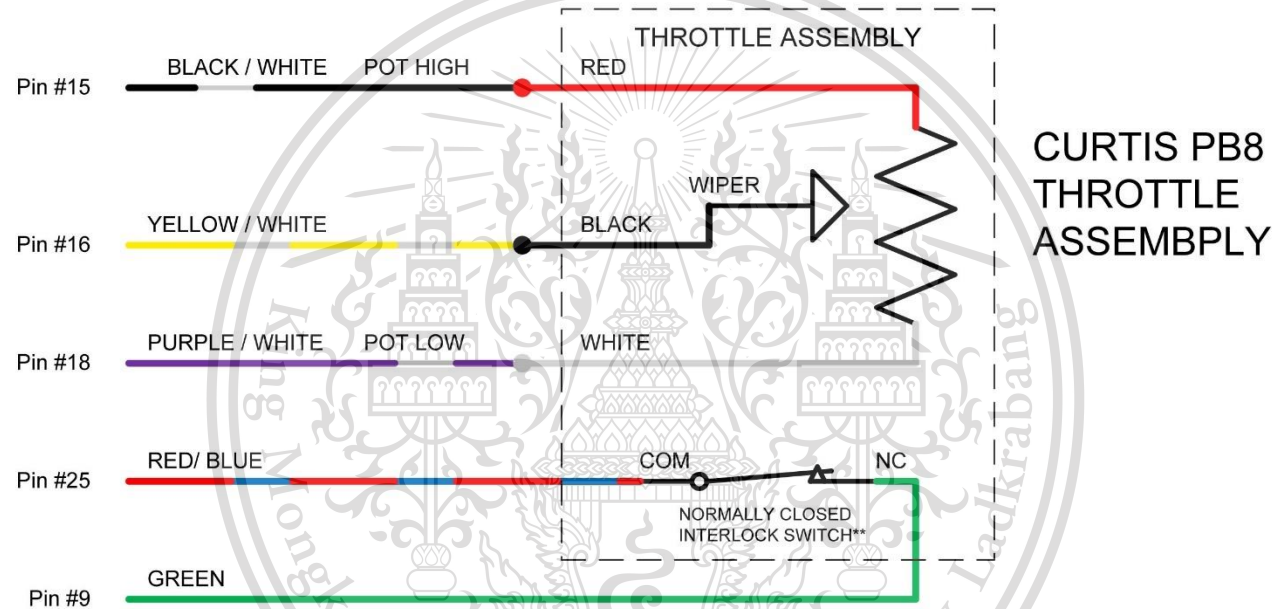
** When the accelerator pedal IS PRESSED the interlock switch is released to its **NORMAL** position (switch not activated) thus completing the circuit since its green wire is connected to the normally closed (NC) connection.

CAD TYPE VISIO	CAD LOC.	CAD FILE	DRW SIZE A
OPER. NO.	UNIT	DRAWING 1010-THROTTLE-001	
DESIGN	DETAIL	TITLE TYPE 2 3 WIRE THROTTLE	
CHECKED	SAFETY		
SCALE NONE	DATE 1/22/13	REVISION A SHEET 1 OF 1	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#)

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	11/27/2013



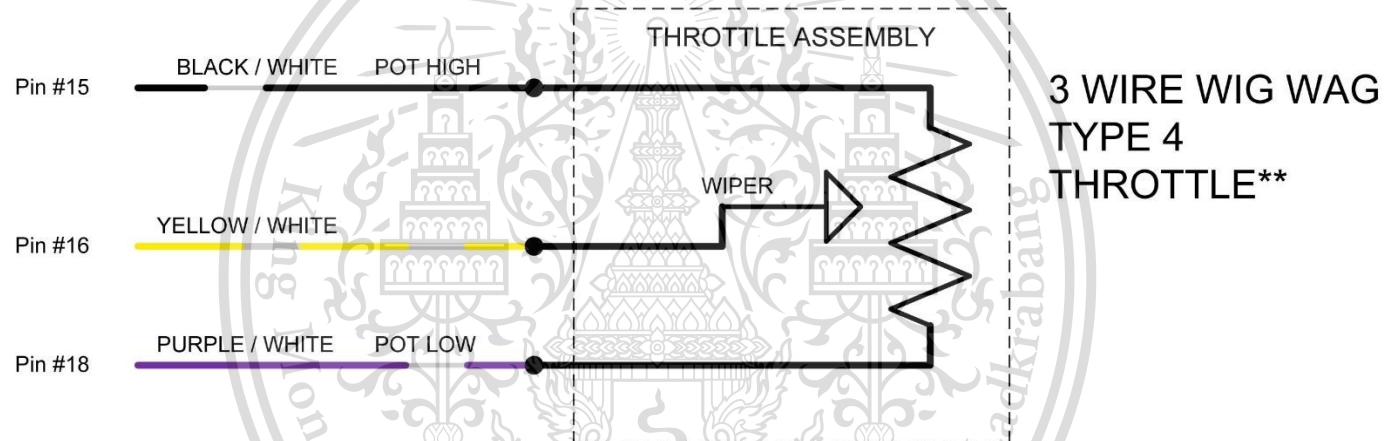
** When accelerator pedal IS PRESSED the interlock switch is released to its NORMAL position (switch not activated) thus completing the circuit since its green wire is connected to the normally closed (NC) connection.

CAD TYPE VISIO	APPLICABLE SOFTWARE		
UNIT NONE	DRAWING 1010-THROTTLE-001		
DRW SIZE A	TITLE CURTIS PB8 THROTTLE		
DATE 1/22/13			
SUPPLIER PART			
SCALE NONE	SHEET 3 OF 8	REVISION A	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#)

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	2/3/2015



** No Forward or Reverse input used. No Interlock Switch used.

CAD TYPE VISO	APPLICABLE SOFTWARE			
UNIT NONE	DRAWING	1010-THROTTLE-001		
DRW SIZE A	TITLE 3 WIRE TYPE 4 WIG WAG			
DATE 2/3/15				
SUPPLIER PART				
SCALE NONE	SHEET 8 OF 8		REVISION A	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#)

THROTTLE INTERLOCK CONNECTION

The throttle interlock connection is required for both 2 and 3 wire throttle pot assemblies. The Green wire is connected to the Normally Closed tab. The red/blue wire is connected to the common tab. See picture below.

NOTE: when the throttle IS ENGAGED the interlock switch is released to its NORMAL position (switch not activated) thus completing the circuit since its green wire is connected to the normally closed (NC) connection.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use 20

Return To Table Of Contents

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

BRAKE INPUT CONFIGURATION

Depending on the type of brake input used for the application, the different types of brake input configurations are listed in the table below. Electrical schematics are also included within the following pages.

BRAKE INPUT CONFIGURATION	TYPE
PRESSURE TRANSDUCER/ ELECTRONIC 0-5V INPUT or 3-WIRE POT	TYPE 2
2 WIRE 0-5k Ω POT	TYPE 3
SWITCH	TYPE 5

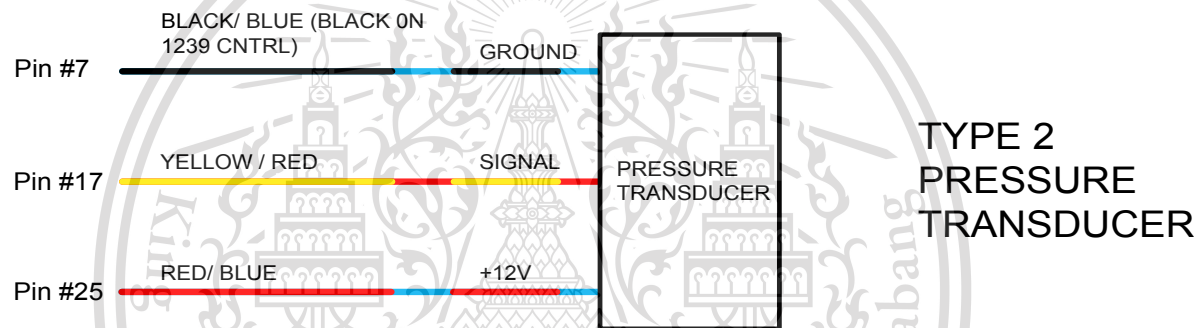
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use²¹

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	2/19/2013



**** Typical Pressure Transducer Ratings**
 8-30 Volt Input
 1-5 Volt Output
 2500 PSI

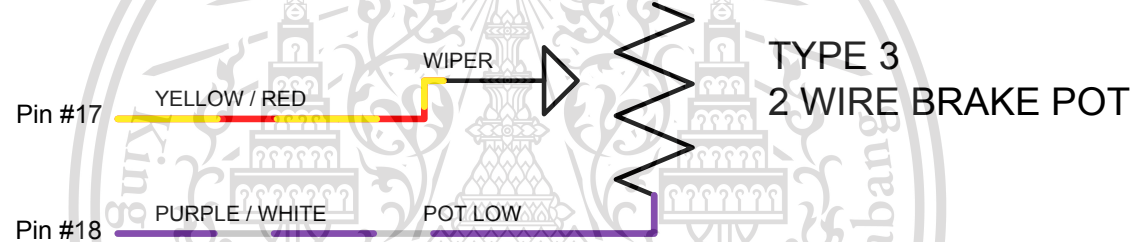
Website Link: www.digikey.com
Part Number: M3041-000005-2K5PG-ND
Manufacturer Part #: M3041-000005-2K5PG

CAD TYPE VISO	CAD LOC.	CAD FILE	DRW SIZE A
OPER. NO.	UNIT	DRAWING 1010-BRAKE	
DESIGN	DETAIL	TITLE PRESSURE TRANSDUCER	
CHECKED	SAFETY		
SCALE NONE	DATE 2/19/13	REVISION A SHEET 2 OF 2	HPEVS

Return To Table Of Contents

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	2/19/2013

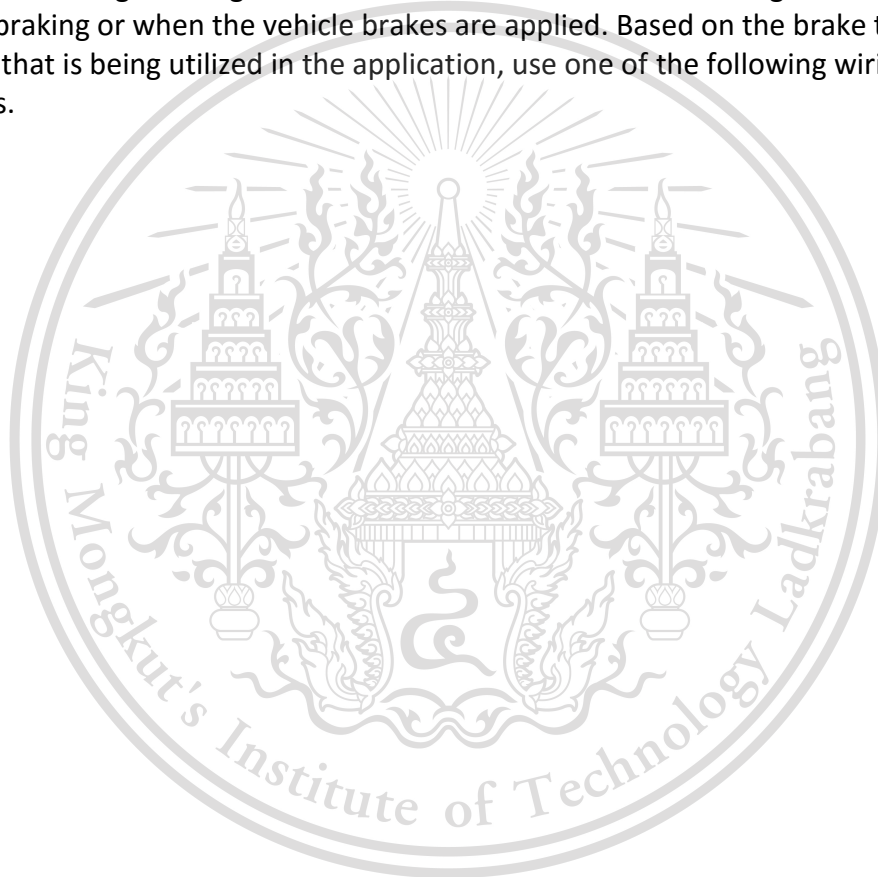


CAD TYPE VISIO	CAD LOC.	CAD FILE	DRW SIZE A
OPER. NO.	UNIT	DRAWING 1010-BRAKE	
DESIGN	DETAIL	TITLE 2 WIRE BRAKE POT	
CHECKED	SAFETY		
SCALE NONE	DATE 2/19/13	REVISION A SHEET 1 OF 1	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#)

OPTIONAL ACTIVE BRAKE LIGHT CONFIGURATIONS

These optional brake light configurations are used to activate the brake lights during regenerative braking or when the vehicle brakes are applied. Based on the brake type configuration that is being utilized in the application, use one of the following wiring configurations.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

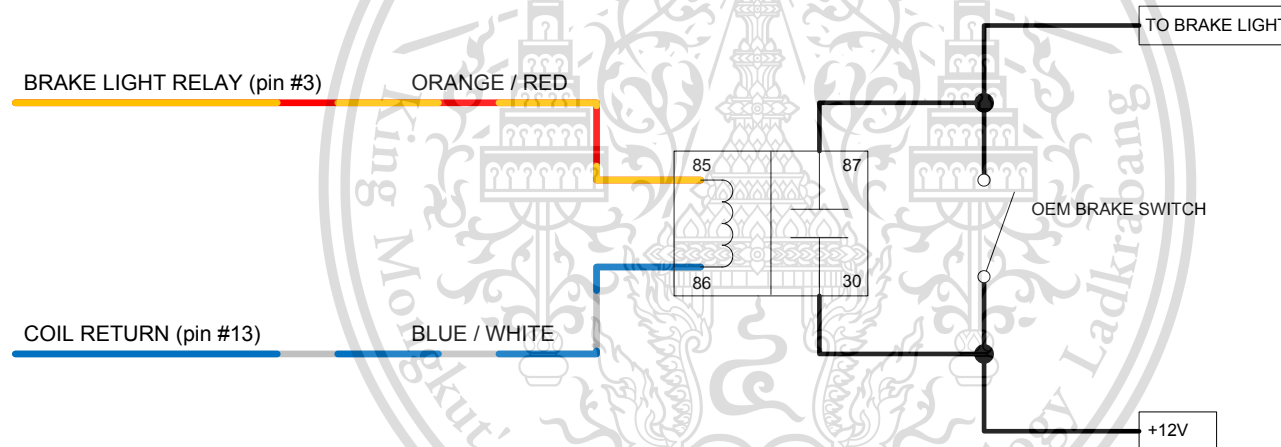
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	2/19/2013

**OPTION 1
FOR BRAKE TYPE 5 CONFIGURATION
1232-1234-1236-1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS**



****** This option turns the brake lights ON during REGEN. Brake TYPE 5 allows for NEUTRAL BRAKING AND/OR BOOSTED REGEN while pressing the brake pedal. Brake TYPE 2 & 3 uses a variable input for BOOSTED REGEN.

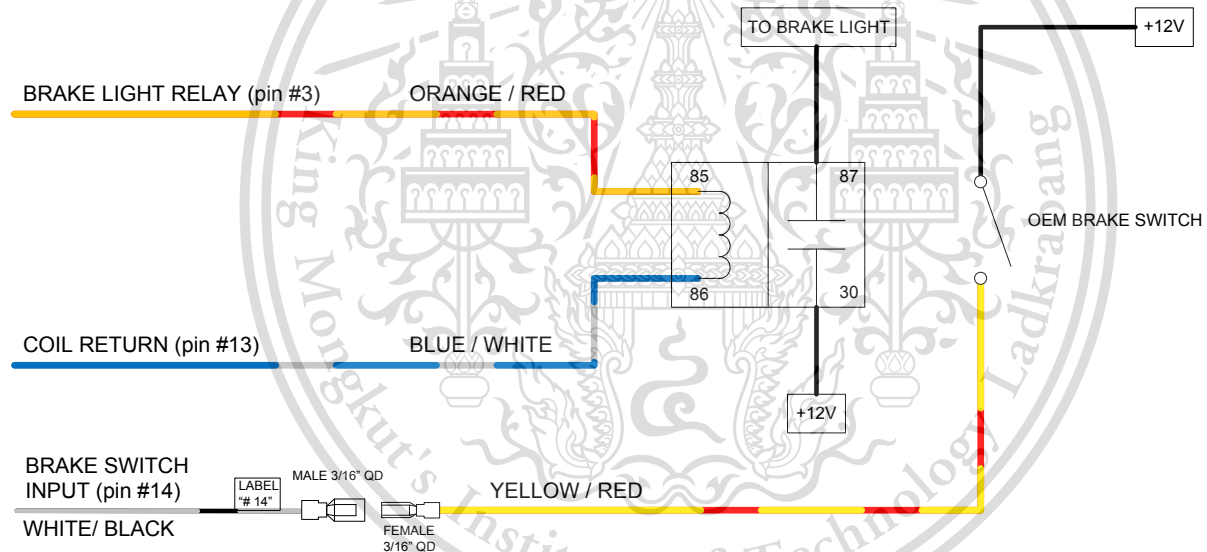
CAD TYPE VISIO	CAD LOC.	CAD FILE	DRW SIZE A
OPER. NO.	UNIT	DRAWING 1010-BRAKE	
DESIGN	DETAIL	TITLE OPTION 1 BRAKE SWITCH INPUT 1232-1234-1236-1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS	
CHECKED	SAFETY		
SCALE NONE	DATE 12/5/13	REVISION A SHEET 3 OF 4	HPEVS

Return To Table Of Contents

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	2/19/2013

**OPTION 2
FOR BRAKE TYPE 5 CONFIGURATION
1232-1234-1236-1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS**



**** This option will turn ON the brake lights when either of two conditions are satisfied:**

1. No throttle input. If neutral braking or boosted regen is active.
2. Pressure to the brake pedal is applied and the OEM brake switch is active.

CAD TYPE VISIO	CAD LOC.	CAD FILE	DRW SIZE A
OPER. NO.	UNIT	DRAWING 1010-BRAKE	
DESIGN	DETAIL	TITLE OPTION 2 BRAKE SWITCH INPUT 1232-1234-1236-1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS	
CHECKED	SAFETY		
SCALE NONE	DATE 12/5/13	REVISION A SHEET 3 OF 4	HPEVS

Return To Table Of Contents

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	2/19/2013

OPTION 3 FOR BRAKE TYPE 5 CONFIGURATION 1232-1234-1236-1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS



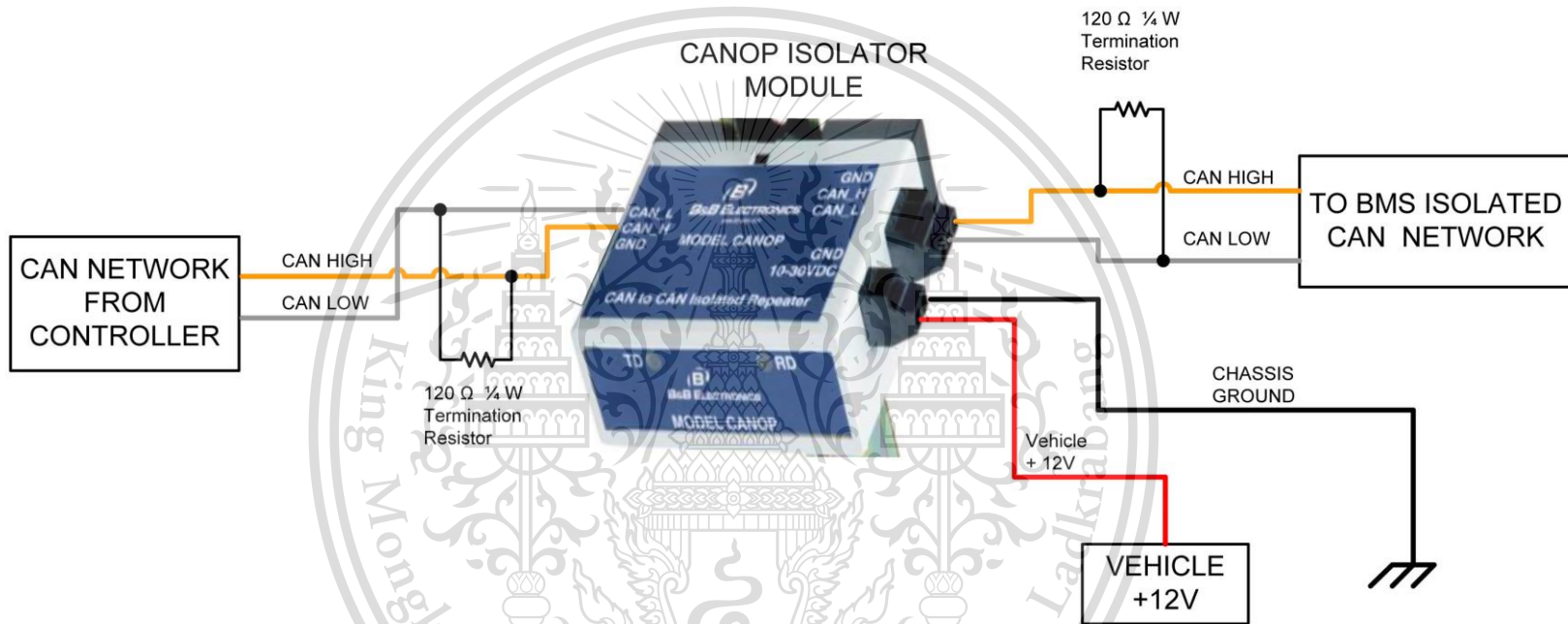
** This option will provide single level BOOSTED REGEN when brake pedal pressure is applied.
** Brake lights will not turn on during REGEN.

CAD TYPE VISO	CAD LOC.	CAD FILE	DRW SIZE A
OPER. NO.	UNIT	DRAWING 1010-BRAKE	
DESIGN	DETAIL	TITLE OPTION 3 BRAKE SWITCH INPUT 1232-1234-1236-1238 "E" AND "SE" CONTROLLERS	
CHECKED	SAFETY		
SCALE NONE	DATE 2/19/13	REVISION A SHEET 4 OF 4	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#)

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	3/11/2013
B	Revision for clarification	10/30/2013

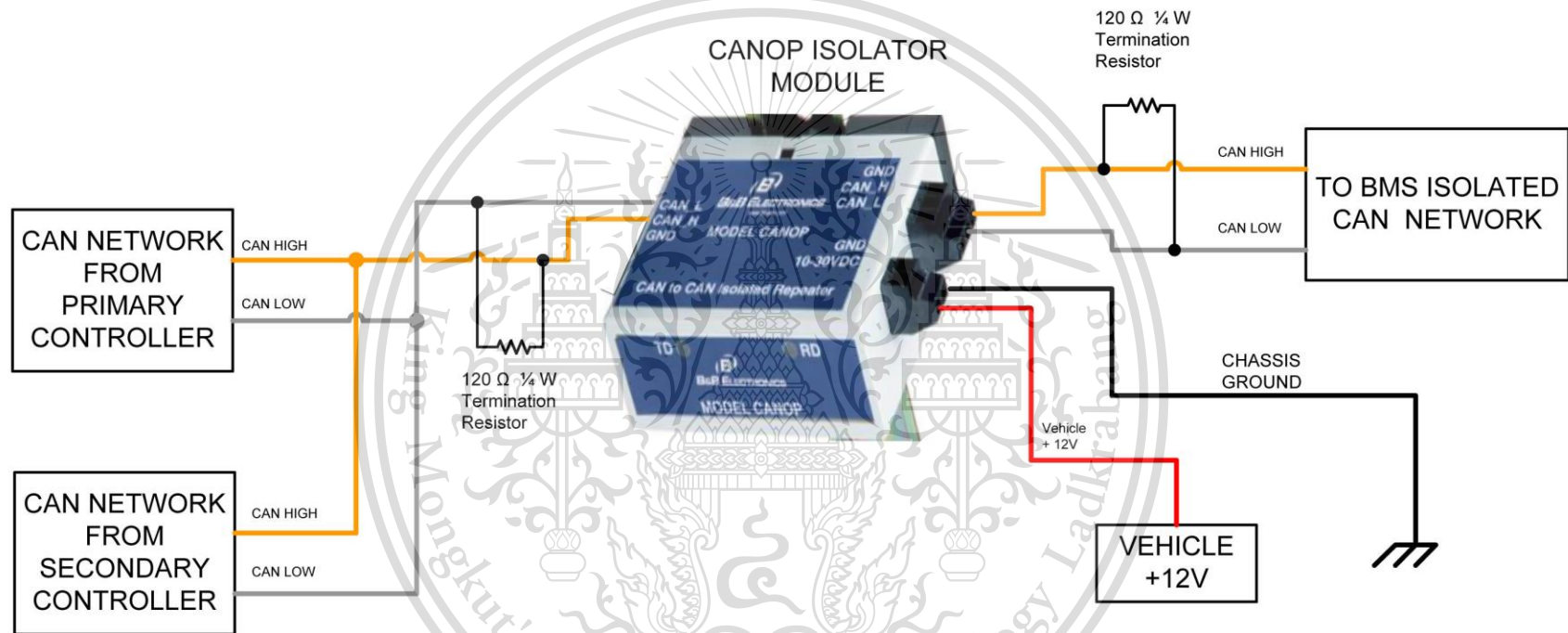


CAD TYPE VISIO	CAD LOC.	CAD FILE	DRW SIZE A
OPER. NO.	UNIT	DRAWING 1010-CAN-OP-ISOLATOR	
DESIGN	DETAIL	TITLE	
CHECKED	SAFETY	CAN ISOLATOR	
SCALE NONE	DATE 4/17/13	REVISION B SHEET 1 OF 1	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#)

NOTICE: This drawing is the property of Hi Performance Electric Vehicle Systems Inc., and/or its subsidiaries and affiliates (individually and collectively "HPEVS"), and contains highly proprietary, confidential, and trade secret information of HPEVS. The recipient of this drawing agrees (a) to use the information contained herein for the purpose for which it was furnished by HPEVS (b) to return this drawing upon HPEVS request. This notice shall appear on any complete or partial reproduction of this drawing.

REVISIONS		
REV	DESCRIPTION	APPROVED
A	INITIAL RELEASE	3/11/2013
B	Revision for clarification	10/30/2013



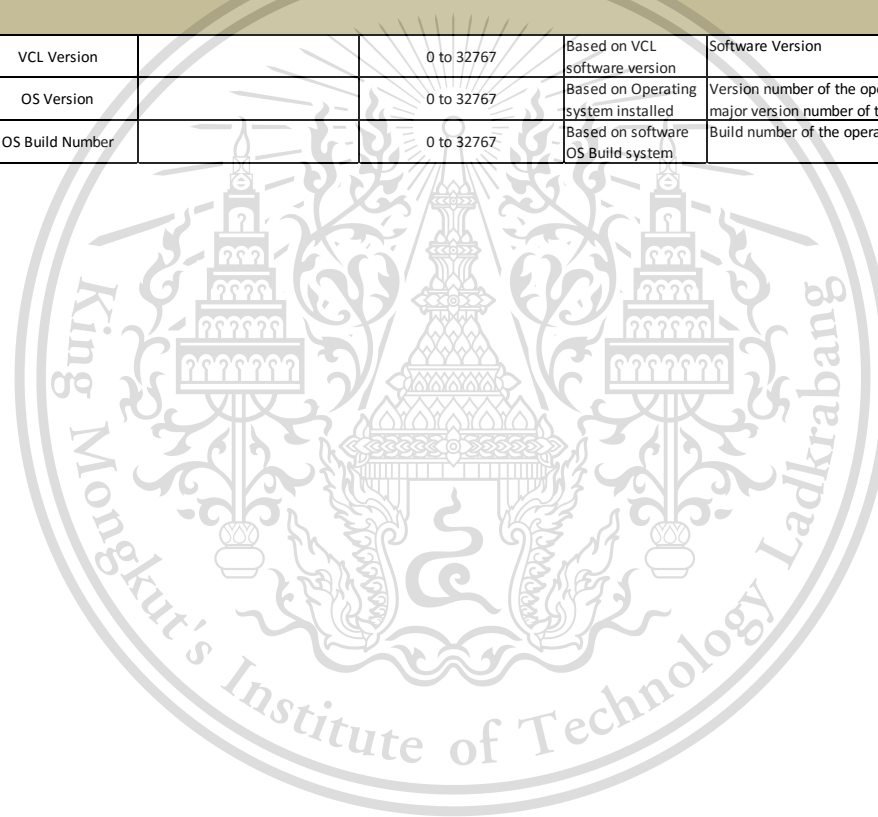
CAD TYPE VISIO	CAD LOC.	CAD FILE	DRW SIZE A
OPER. NO.	UNIT	DRAWING 1010-CAN-OP-ISOLATOR	
DESIGN	DETAIL	TITLE CAN ISOLATOR DUAL 1238 CONTROLLER	
CHECKED	SAFETY		
SCALE NONE	DATE 4/17/13	REVISION B SHEET 1 OF 1	HPEVS

[Return To Table Of Contents](#)

Program Entries Generic 530 (Parameters)							
Level 1	Parameter	Level 2	Parameter	Units	Parameter Range	Default Setting	Notes
User Settings							
		Speed Settings					
			Forward Speed	RPM	200 to 8500	6500	Defines the maximum requested motor rpm at full throttle with forward selected.
			Reverse Speed	RPM	200 to 8500	6500	Defines the maximum requested motor rpm at full throttle with reverse selected.
			Econo Speed	RPM	200 to 8500	6500	Defines the maximum requested motor rpm at full throttle with econo mode on.
		Accel Rates					
			Normal Accel Rate	Seconds	0.1 to 5.0	0.4	Sets the rate (in seconds) at which the speed command increases when throttle is applied. Larger values represent slower response.
			Econo Accel Rate	Seconds	0.1 to 5.0	0.5	Sets the rate (in seconds) at which the speed command increases in econo mode when throttle is applied. Larger values represent slower response.
		Throttle Settings					
			Throttle Type	N/A	1 to 4	2	The Curtis controllers accept a variety of throttle inputs. The throttle type parameter can be programmed as follows: 1= Electronic throttle (NO switch, 0-5 volt). 2: single-ended 3-wire 0-5kΩ potentiometer, or 0-5V voltage source (Default) 3: 2-wire rheostat, 0-5kΩ input 4: wigwag 3-wire 0-5kΩ potentiometer, or 0-5V voltage source CLICK HERE TO SEE ADDITIONAL NOTES Note: Do not change this parameter while the controller is powering the motor. Any time this parameter is changed a Parameter Change Fault (fault code 49) is set and must be cleared by cycling power; this protects the controller and the operator.
			Deadband	Volt	0.00 to 5.00	.30	Defines the wiper voltage at the throttle deadband threshold. Increasing the throttle deadband setting will increase the neutral range.
			Throttle Max	Volt	0.00 to 5.00	3.5	Defines the wiper voltage required to produce 100% controller output. Decreasing the throttle max setting reduces the wiper voltage and therefore the full stroke necessary to produce full controller output.
			Mapped Throttle	%	0 to 100	50	Modifies the vehicle's response to the throttle input. Setting the throttle map at 50% provides a linear output response to throttle position. Values below 50% reduce the controller output at low throttle settings, providing enhanced slow speed maneuverability. Values above 50% give the vehicle a faster, more responsive feel at low throttle settings.
		Brake Pedal Settings					
			Brake Type		0 to 3	0	Select the brake type that is being utilized for the application being installed. The selection availability is as follows: a) Type 0= No Brake input used (Default) b) Type 1= 3-wire pot or an electronic (includes transducer or hall sensor.) c) Type 2= 2 wire 0 to 5k pot. d) Type 3= Switch
			Brake Deadband	Volt	0.00 to 5.00	0.30	Defines the wiper voltage at the brake deadband threshold. Increasing the brake deadband setting will increase the neutral range.
			Brake Max	Volt	0.00 to 5.00	3.50	Defines the wiper voltage required to produce 100% controller output. Decreasing the brake max setting reduces the wiper voltage and therefore the full stroke necessary to produce full controller output.
			Regen Brake Light Threshold	AMP	0 to 400	50	Allows for turning on the brake lamp based on the amount of regenerative braking that is taking place when off of the throttle. A higher number to this parameter means that there has to be a high amount of regen to be taking place to turn on the brake lamp
		Current Limits					
			Normal Neutral Braking	%	0 to 100	15	This parameter will allow for adjustment to Neutral Braking.
			Econo Neutral Braking	%	0 to 100	25	This parameter will allow for adjustment to Neutral Braking in economy mode.
			Shift Neutral Braking	%	0 to 100	7	Adjustment to neutral braking while pressing the clutch to shift a manual transmission
			Normal Drive Current Limit	%	5 to 100	100	Normal Drive Current Limit sets the maximum RMS current the controller will supply to the motor during drive operation, as a percentage of the controller's full rated current in normal operating mode. Reducing this value will reduce the maximum drive torque.
			Econo Drive Current Limit	%	5 to 100	60	Sets the maximum RMS current the controller will supply to the motor during drive operation, as a percentage of the controller's full rated current in economy operating mode. Reducing this value will reduce the maximum drive torque.
			Brake Current Limit	%	5 to 100	10	Sets the maximum RMS regen current during braking when a brake command is given, as a percentage of the controller's full rated current. Typically the brake current limit is set equal to the regen current limit. The brake current limit overrides the regen current limit when the brake input is active.

Level 1	Parameter	Level 2	Parameter	Units	Parameter Range	Default Setting	Notes
		Idle Setup					
			Idle Enable		On/Off	Off	on = motor idle will be turned on
			Clutch Start Enable		On/Off	Off	Enables clutch switch so that clutch needs to be depressed to start vehicle
			Idle Speed	RPM	300 to 1000	600	motor idle speed
			Idle Torque	%	0 to 100	50	percentage of available torque at idle speed
			Creep Torque	%	0 to 100	0	Creep torque available when Idle is set to OFF. Allows for the amount of torque applied when the vehicle when at a stop and no throttle input
		Motor Tuning					
			Motor Type		9 to 77	Based on motor type	Input motor type
			Base Speed	RPM	200 to 6000	3500	The speed set point for which the motor goes into field weakening.
			Field Weakening	%	0 to 100	50	Determines the amount of high speed power the controller will allow, while still maintaining maximum efficiency at the allowed power. Reducing this parameter effectively reduces controller current at high speeds, which can reduce energy consumption and motor heating, but at the expense of reduced available torque from the motor.
			Econo Field Weakening	%	0 to 100	0	Determines the amount of high speed power the controller will allow while in econo mode, while still maintaining maximum efficiency at the allowed power. Reducing this parameter effectively reduces controller current at high speeds, which can reduce energy consumption and motor heating, but at the expense of reduced available torque from the motor.
			Weakening Rate	%	0 to 100	36	Determines the control loop gains for field weakening. Setting the rate too low may create surging in the vehicle as it accelerates at mid to high speeds. Setting the rate too high may create high frequency oscillations (usually audible) when the vehicle accelerates at mid to high speeds.
		Main Contactor					
			Main Contactor Voltage	Volt	12 to 96	24	Main contactor voltage that is used in the system
			Main Holding %	%	0 to 100	80	The main contactor holding voltage parameter allows a reduced average voltage to be applied to the contactor coil once it has closed. This parameter must be set high enough to hold the contactor closed
		Display Menu Items					
			Auto Scroll	N/A	On/Off	Off	Turn on auto scroll function on 840 display to show monitored items listed below
			Scroll Delay Time	Seconds	1 to 10	4	Time that delays scroll function displaying the menu items below on the Spyglass 840
			Display SOC	N/A	On/Off	Off	When turned on the State Of Charge (SOC) of battery pack will be displayed. Acuity required.
			Display Motor RPM	N/A	On/Off	On	When turned on the Motor RPM will be displayed
			Display Battery Amps	N/A	On/Off	On	When turned on, battery pack current will be displayed
			Display Voltage	N/A	On/Off	On	When turned on, battery pack voltage will be displayed
			Display Motor Temp	N/A	On/Off	On	When turned on, motor temperature will be displayed
			Display Controller Temp	N/A	On/Off	On	When turned on, controller temperature will be displayed
			Display Minimum Voltage	N/A	On/Off	On	When turned on, minimum voltage during operation will be displayed
			Display Maximum Current	N/A	On/Off	On	When turned on, maximum current during operation will be displayed
		BMS					
			BMS Installed		On/Off	Off	When on can be used with Orion BMS. BMS must have CAN messages configured.
			BMS Address		768 to 1536	768	BMS Address range in decimal. Hex range = 0x300 to 0x600
			User Undervoltage	%	50 to 90	80	The value of this parameter is a percentage of the Nominal Voltage setting. The User Undervoltage parameter can be used to adjust the undervoltage threshold, which is the voltage at which the controller will cut back drive current to prevent damage to the electrical system.
			Low Cell Begin Cutback	Volt	0.000 to 4.000	2.800	Low cell cutback begin sets the voltage of the lowest cell where current limiting will begin
			Low Cell Full Cutback	Volt	0.000 to 4.000	2.300	Low Cell Full Cutback parameter sets the voltage of the lowest cell where full current limiting is in force
			Max Current at Full Cutback	%	0 to 100	50	Maximum Current Full Cutback parameter sets the maximum current allowed when low voltage full cutback is in force
			Maximum Cell Voltage	Volt	2.000 to 4.000	3.700	Maximum cell voltage parameter sets the voltage at which regen is turned off to prevent overcharging
			Low SOC Cutback	%	0 to 100	20	Low SOC (State of Charge) Cutback parameter sets the SOC at which current limiting is in force
			Max Current at Low SOC	%	0 to 100	30	Maximum Current Low SOC (State of Charge) parameter sets the maximum current allowed when SOC is lower than Low SOC Cutback

Level 1	Parameter	Level 2	Parameter	Units	Parameter Range	Default Setting	Notes
		Dual Drive					
			Dual Drive Mode		On/Off	Based on using either single motor or dual motor	This parameter turns dual drive off or on. Turn on for a dual motor.
			Response Timeout	ms	50 to 1000	200	Time allotted for the secondary controller(s) to respond to the primary controller
		Misc					
			Max Output Frequency	Hz	0 to 4000	266	Tachometer frequency allows the user to set-up the vehicles tachometer to work correctly based on the number of cylinders the original internal combustion engine had that was removed from the vehicle
			Prg Mode Step Timer	Seconds	1.0 to 10.0	4.0	The time in seconds that the program steps through program mode.
			Generic CAN Message ID Dec		1537 to 1616	1537	CAN ID that the controller transmits. Hex range = 0x601 to 0x650
		Software Version					
			VCL Version		0 to 32767	Based on VCL software version	Software Version
			OS Version		0 to 32767	Based on Operating system installed	Version number of the operating system software that is loaded into the controller. This variable specifies the major version number of the controller's operating system.
			OS Build Number		0 to 32767	Based on software OS Build system	Build number of the operating system software that is loaded into the controller.



ADDITIONAL NOTES

Setup for Type 4 WigWag Throttle

- 1: Using a handheld Programmer or the 1314 Programming Station, Go to "Monitor", then "Inputs" and note at the Throttle Pot Voltage reading with the throttle in the neutral, full forward and full reverse positions. If the Throttle voltage is lower in the forward direction than in the reverse direction, swap the outer two legs of the throttle pot.
- 2: Set the Forward Deadband parameter to .1 volts higher than the value noted.
- 3: Set the Reverse Deadband parameter to .1 volt less than the value noted.
- 4: Set the Forward Max parameter to .1 volt less than the full forward throttle voltage noted.
- 5: Set the Reverse Max parameter to .1 volt higher than the full reverse voltage noted.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, [Return To Table Of Contents](#)

Generic 530 Software Monitor Items

Level 1	Parameter	Level 2	Parameter	Units	Parameter Range	Notes
Dual Drive						
	Dual Drive State				On/Off	On = A secondary controller has been detected in a dual drive system
CAN Communication						
	BMS Communicating				On/Off	On = BMS is communicating to the controller through the CAN Bus
	Charger Communicating				On/Off	On = Charger is communicating to the controller through the CAN Bus
Battery Information						
		Peak I&E				
			Peak RMS Current	AMP	0 to 1000	Peak RMS current reported while the system is under load
			Minimum Voltage	Volt	0 to 170.0	Minimum voltage reported while the system is under load
		General				
			Keyswitch Voltage	Volt	0 to 150	Voltage at KSI (Pin 1)
			Measured Current	AMP	-600 to 600	The Measured System Current During Operation
			Remaining Amphours	AMP	0 to 500	Remaining Battery Amphours
			BDI Percentage	%	0 to 100	Battery state of charge.
			Aux Battery Voltage	Volt	0 to 20	Auxiliary battery voltage
		Charging Info				
			Charger Output Current	Ampere	0 to 100	Battery charger output current to the battery pack
			Charger Output Voltage	Volt	0 to 1400	Battery charger output voltage to the battery pack
			Charger Status	N/A	0 to 32	Status of the charger.
		Cell Monitor				
			Highest Cell			Identification of the battery with the highest voltage
			Highest Cells Voltage	Volt	0 to 4.500	Highest battery cell voltage
			Lowest Cell			Identification of the battery with the lowest voltage
			Lowest Cells Voltage	Volt	0 to 4.500	lowest battery cell voltage
			Highest Temperature	°C		Highest battery temperature within the battery pack
			Lowest Temperature	°C		Lowest battery temperature within the battery pack

Generic Software "E" Controller Faults

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
12	Controller Overcurrent <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) External short of phase U, V, or W motor connections 2) Motor parameters are mis-tuned 3) Controller defective 4) Speed encoder noise problems.	Set: Phase current exceeded the current measurement limit Clear: Cycle KSI
13	Current Sensor Fault <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Leakage to vehicle frame from phase U, V, or W (short in motor stator) 2) Controller defective	Set: Controller current sensors have invalid reading Clear: Cycle KSI
14	Precharge Failed <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) External load on capacitor bank (B+ connection terminal) that prevents the capacitor bank from charging	Set: Precharge failed to charge the capacitor bank to KSI voltage Clear: Cycle Interlock input or use VCL function <i>Enable_Precharge()</i>
15	Controller Severe Undertemp <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) See Monitor menu » Controller: Temperature. 2) Controller is operating in an extreme environment.	Set: Heatsink temperature below -40°C. Clear: Bring heatsink temperature above -40°C, and cycle interlock or KSI.

[Return To Table Of Contents](#)

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
16	Controller Severe Overtemp <i>ShutdownMotor; ShutdownMainContactor; ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; FullBrake; ShutdownPump.</i>	1) See Monitor menu » Controller: Temperature. 2) Controller is operating in an extreme environment. 3) Excessive load on vehicle. 4) Improper mounting of controller.	Set: Heatsink temperature above +95°C. Clear: Bring heatsink temperature below +95°C, and cycle interlock or KSI.
17	Severe B+ Undervoltage <i>Reduced drive torque.</i>	1) Battery Menu parameters are misadjusted 2) Non-controller system drain on battery 3) Battery resistance 4) Battery disconnected while driving 5) See Monitor Menu >> Battery: Capacitor voltage 6) Blown B+ fuse or main contactor did not close	Set: Capacitor bank voltage dropped below the Severe Undervoltage limit with FET bridge enabled Clear: Bring capacitor voltage above Severe Undervoltage limit
18	Severe B+ Overvoltage <i>ShutdownMotor; ShutdownMainContactor; ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; FullBrake; ShutdownPump.</i>	1) See Monitor menu >> Battery: Capacitor Voltage 2) Battery menu parameters are misadjusted 3) Battery resistance too high for given regen current 4) Battery disconnected while regen braking	Set: Capacitor bank voltage exceeded the Severe Overvoltage limit with FET bridge enabled Clear: Bring capacitor voltage below Severe Overvoltage limit and then cycle KSI
22	Controller Overtemp Cutback <i>Reduced drive and brake torque.</i>	1) See Monitor menu >> Controller: Temperature 2) Controller is performance-limited at this temperature 3) Controller is operating in an extreme environment 4) Excessive load on vehicle 5) Improper mounting of controller	Set: Heatsink temperature exceeded by 85°C Clear: Bring heatsink temperature below 85°C

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
23	B+ Undervoltage Cutback <i>Reduced drive torque.</i>	1) Normal operation. Fault shows that the batteries need recharging. Controller performance is limited at this voltage. 2) Battery parameters are misadjusted 3) Non-controller system drain on battery 4) Battery resistance too high 5) Battery disconnected while driving 6) See Monitor Menu >> Battery: Capacitor voltage 7) Blown B+ fuse or main contactor did not close	Set: Capacitor bank voltage dropped below the Undervoltage limit with the FET bridge enabled Clear: Bring capacitor voltage below the undervoltage limit
24	B+ Overvoltage Cutback <i>Reduced brake torque .</i>	1) Normal operation. Fault shows that regen braking currents elevated the battery voltage during regen braking. Controller is performance limited at this voltage. 2) Battery parameters are misadjusted 3) Battery resistance too high for given regen current 4) Battery disconnected while regen braking 5) See Monitor Menu >> Battery: Capacitor voltage	Set: Capacitor bank voltage exceeded the Overvoltage limit with the FET bridge enabled Clear: Bring capacitor voltage below the Overvoltage limit
25	5V Supply Failure <i>None, unless a fault action is programmed in VCL.</i>	1) External load impedance on the +5V supply (pin 26) is too low 2) See Monitor menu >> outputs: 5 Volts and Ext Supply Current	Set: +5V supply (pin 26) outside the +5V +/- 10% range Clear: Bring voltage within range

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
26	Digital Out 6 Overcurrent <i>Digital Output 6 driver will not turn on.</i>	1. External load impedance on Digital Output 6 driver (pin 19) is too low.	Set: Digital Output 6 (pin 19) current exceeded 15 mA. Clear: Remedy the overcurrent cause and use the VCL function Set_DigOut() to turn the driver on again.
27	Digital Out 7 Overcurrent <i>Digital Output 7 driver will not turn on.</i>	1) External load impedance on Digital Output 7 driver (pin 20) is too low.	Set: Digital Output 7 (pin 20) current exceeded 15 mA. Clear: Remedy the overcurrent cause and use the VCL function Set_DigOut() to turn the driver on again.
28	Motor Temp Hot Cutback <i>Reduced drive torque.</i>	1) Motor temperature is at or above the programmed Temperature Hot setting, and the requested current is being cut back 2) Motor Temperature Control Menu parameters are mis-tuned 3) See Monitor Menu >> Motor: Temperature and >> Inputs: Analog2 4) If the application doesn't use a motor thermistor, Temp Compensation and Temp Cutback should be programmed Off.	Set: Motor temperature is at or above the Temperature Hot parameter setting. Clear: Bring the motor temperature within range
29	Motor Temp Sensor Fault <i>MaxSpeed reduced (LOS, Limited Operating Strategy), and motor temperature cutback disabled.</i>	1) Motor thermistor is not connected properly 2) If the application doesn't use a motor thermistor. Motor Temp Sensor Enable should be programmed OFF 3) See Monitor Menu >> Motor: Temperature and >> Inputs: Analog2	Set: Motor thermistor input (pin 8) is at the voltage rail (0 or 10V) Clear: Bring the motor thermistor input voltage within range

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
31	Coil1 Driver Open/Short <i>ShutdownDriver1.</i>	1) Open or short on driver load 2) Dirty connector pins 3) Bad crimps or faulty wiring	Set: Driver 1 (pin 6) is either open or shorted. This fault can be set only when Main Enable = OFF Clear: Correct open or short and cycle driver
31	Main Open/Short <i>ShutdownMotor; ShutdownMainContactor; ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; FullBrake; ShutdownPump.</i>	1) Open or short on driver load 2) Dirty connector pins 3) Bad crimps or faulty wiring	Set: Main contactor driver (pin 6) is either open or shorted. This fault can be set only when Main Enable = ON Clear: Correct open or short, and cycle driver
32	Coil2 Driver Open/Short <i>ShutdownDriver2.</i>	1) Open or short on driver load. 2) Dirty connector pins. 3) Bad crimps or faulty wiring.	Set: Driver 2 (pin 5) is either open or shorted. This fault can be set only when EM Brake Type = 0. Clear: Correct open or short, and cycle driver.
32	EMBrake Open/Short <i>ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; FullBrake.</i>	1) Open or short on driver load. 2) Dirty connector pins. 3) Bad crimps or faulty wiring.	Set: Electromagnetic brake driver (pin 5) is either open or shorted. This fault can be set only when EM Brake Type > 0. Clear: Correct open or short, and cycle driver.

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
33	Coil3 Driver Open/Short <i>ShutdownDriver3.</i>	1) Open or short on driver load. 2) Dirty connector pins. 3) Bad crimps or faulty wiring.	Set: Driver 3 (pin 4) is either open or shorted. Clear: Correct open or short, and cycle driver.
34	Coil4 Driver Open/Short <i>ShutdownDriver4.</i>	1) Open or short on driver load. 2) Dirty connector pins. 3) Bad crimps or faulty wiring.	Set: Driver 4 (pin 3) is either open or shorted. Clear: Correct open or short, and cycle driver.
35	PD Open/Short <i>ShutdownPD.</i>	1) Open or short on driver load. 2) Dirty connector pins. 3) Bad crimps or faulty wiring.	Set: Proportional driver (pin 2) is either open or shorted. Clear: Correct open or short, and cycle driver.
36	Encoder Fault <i>ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle.</i>	1) Motor encoder failure 2) Bad crimps or faulty wiring 3) See Monitor menu >> Motor: Motor RPM	Set: Motor encoder phase failure detected. Clear: Cycle KSI
36	Sin/Cos Sensor Fault <i>ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle.</i>	1) SPMSM motor characterization not completed or poorly matched to motor. 2) Sin/cos feedback sensor failure. 3) Bad crimps or faulty wiring. 4) See Monitor menu » Motor: Sin Input A and Sin Input B. 5) See Monitor menu » Motor: Motor RPM.	Set: Sin/cos sensor output failure detected. Clear: Cycle KSI.
37	Motor Open <i>ShutdownMotor; ShutdownMainContactor; ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; FullBrake; ShutdownPump.</i>	1) Motor phase is open 2) Bad crimps or faulty wiring	Set: Motor phase U, V or W detected open Clear: Cycle KSI

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
38	Main Contactor Welded <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Main contactor tips are welded closed 2) Motor phase U or V is disconnected or open 3) An alternative voltage path (such as an external precharge resistor) is providing a current to the capacitor bank (B+ connection terminal)	Set: Just prior to the main contactor closing, the capacitor bank voltage (B+ connection terminal) was loaded for a short time and the voltage did not discharge Clear: Cycle KSI
39	Main Contactor Did Not Close <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Main contactor did not close 2) Main contactor tips are oxidized, burned, or not making good contact 3) External load on capacitor bank (B+ connection terminal) that prevents capacitor bank from charging 4) Blown B+ fuse	Set: With the main contactor commanded closed, the capacitor bank voltage (B+ connection terminal) did not charge to B+ Clear: Cycle KSI
41	Throttle Wiper High <i>ShutdownThrottle.</i>	1) See Monitor Menu >> Inputs: Throttle Pot 2) Throttle pot wiper voltage too high	Set: Throttle pot wiper (pin 16) voltage is higher than the high fault threshold (can be changed with the VCL function <i>Setup_Pot_Faults()</i>) Clear: Bring throttle pot wiper voltage below the fault threshold
42	Throttle Wiper Low <i>ShutdownThrottle.</i>	1) See Monitor Menu >> Inputs: Throttle Pot 2) Throttle pot wiper voltage too low	Set: Throttle pot wiper (pin 16) voltage is lower than the low fault threshold (can be changed with the VCL function <i>Setup_Pot_Faults()</i>) Clear: Bring throttle pot wipervoltage above the fault threshold

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
43	Pot2 Wiper High <i>FullBrake.</i>	1) See Monitor Menu >> Inputs: Pot2 Raw 2) Pot2 wiper voltage too high	Set: Pot2 wiper (pin 17) voltage is higher than the high fault threshold (can be changed with the VCL function <i>Setup_Pot_Faults()</i>) Clear: Bring Pot2 wiper voltage below the fault threshold
44	Pot2 Wiper Low <i>FullBrake.</i>	1) See Monitor Menu >> Inputs: Pot2 Raw 2) Pot2 wiper voltage too low	Set: Pot2 wiper (pin 17) voltage is lower than the low fault threshold (can be changed with the VCL function <i>Setup_Pot_Faults()</i>) Clear: Bring Pot2 wiper voltage above the fault threshold
45	Pot Low Overcurrent <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake.</i>	1) See Monitor Menu >> Outputs: Pot Low 2) Combined pot resistance connected to pot low is too low	Set: Pot low (pin 18) current exceeds 10mA Clear: Clear pot low overcurrent condition and cycle KSI

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
46	EEPROM Failure <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>ShutdownInterlock;</i> <i>ShutdownDriver1;</i> <i>ShutdownDriver2;</i> <i>ShutdownDriver3;</i> <i>ShutdownDriver4;</i> <i>ShutdownPD;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Failure to write to EEPROM memory. This can be caused by EEPROM memory writes initiated by VCL, by the CAN bus, by adjusting parameters with the programmer, or by loading new software into the controller	Set: Controller operating system tried to write to EEPROM memory and failed. Clear: Download the correct software (OS) and matching parameter default settings into the controller and cycle KSI
47	HPD/Sequencing Fault <i>ShutdownThrottle.</i>	1. KSI, interlock, direction, and throttle inputs applied in incorrect sequence. 2. Faulty wiring, crimps, or switches KSI, interlock, direction, or throttle inputs.	Set: HPD (High Pedal Disable) or sequencing fault caused by incorrect sequence of KSI, interlock, direction, and throttle inputs. Clear: Reapply inputs in correct sequence.
47	Emer Rev HPD <i>ShutdownThrottle;</i> <i>ShutdownEMBrake.</i>	1) Emergency Reverse operation has concluded, but the throttle, forward and reverse inputs, and interlock have not been returned to neutral.	Set: At the conclusion of Emergency Reverse, the fault was set because various inputs were not returned to neutral. Clear: If EMR_Interlock = On, clear the interlock, throttle, and direction inputs. If EMR_Interlock = Off, clear the throttle and direction inputs.

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
49	Parameter Change Fault <i>ShutdownMotor; ShutdownMainContactor; ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; FullBrake; ShutdownPump.</i>	1) This is a safely fault caused by a change in certain parameter settings so that the vehicle will not operate until KSI is cycled. For example, if a user changes the Throttle Type this fault will appear and require cycling KSI before the vehicle can operate.	Set: Adjustment of a parameter setting that requires cycling of KSI Clear: Cycle KSI
51	Motor Type Parameter Change <i>ShutdownMotor; ShutdownMainContactor; ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; FullBrake; ShutdownPump.</i>	1) Motor Type was changed when the system was up and running.	Set: Motor Type Change Clear: Cycle KSI
52	Fault from Secondary	1) The secondary controller that is used in a dual motor configuration has a fault.	Set: Fault from Secondary Clear: Check and clear fault that exists on secondary controller; Cycle KSI
53	Software License Violation	1) The software that has been installed violates the license agreement between the software and the controller	Set: The license of the installed software package does not match the license of the controller. Clear: Contact HPEVS
54	Secondary Communication Error	1) No power to secondary controller. 2) Broken wire in the CAN BUS wiring. 3) Faulty secondary controller.	Set: Secondary controller not powered. Broken wire within the CAN BUS wiring harness. Faulty secondary controller. Clear: Check wiring and make sure that controller is powering up. Check the CAN BUS wiring to secondary controller for continuity. Replace the secondary controller.
55	Program Mode	1) Primary controller in program mode	Set: Primary controller in program mode by user Clear: Complete program functions in primary controller and cycle KSI

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
56	Diagnostic Mode	1) Primary controller in diagnostic mode	Set: Primary controller in diagnostic mode by user Clear: Complete diagnostic mode functions in primary controller and cycle KSI
57	BMS Fault	1) BMS has reported a fault	Set: BMS fault detected Clear: Determine and fix BMS fault; cycle KSI
58	Charger plugged in	1) The charger is plugged into the vehicle. This code is set to advise and is not an actual controller fault.	Set: The charger is plugged into the vehicle. Clear: Remove plug.

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
68	VCL Run Time Error <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>ShutdownInterlock;</i> <i>ShutdownDriver1;</i> <i>ShutdownDriver2;</i> <i>ShutdownDriver3;</i> <i>ShutdownDriver4;</i> <i>ShutdownPD;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) VCL code encountered a runtime VCL error 2) See Monitor Menu >> Controller: VCL Error Module and VCL Error. This error can then be compared to the runtime VCL module ID and error code definitions found in the specific OS system information file.	Set: Runtime VCL code error condition Clear: Edit VCL application software to fix this error condition; flash the new complied software and matching parameter defaults; cycle KSI
69	External Supply Out of Range	1) External load on the 5V and 12V supplies draws either too much or too little current 2) Fault Checking Menu parameters Ext Supply Max and Ext Supply Min are mis-tuned 3) See Monitor Menu >> Options: Ext Supply Current	Set: The external supply current (combined current used by the 5V supply [pin 26] and the 12V supply [pin 25]) is either greater than the upper current threshold or lower than the lower current threshold. The two thresholds are defined by the External Supply Max and External Supply Min parameter settings. Clear: Bring the external supply current within range

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
71	OS General <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>ShutdownInterlock;</i> <i>ShutdownDriver1;</i> <i>ShutdownDriver2;</i> <i>ShutdownDriver3;</i> <i>ShutdownDriver4;</i> <i>ShutdownPD;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Internal controller fault.	Set: Internal controller fault detected. Clear: Cycle KSI.
72	PDO Timeout <i>ShutdownThrottle;</i> <i>CAN NMT State set to Pre-operational.</i>	1) Time between CAN PDO messages received exceeded the PDO Timeout Period.	Set: Time between CAN PDO messages received exceeded the PDO Timeout Period. Clear: Cycle KSI or receive CAN NMT message.
73	Stall Detected <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>Control Mode changed to LOS (Limited Operating Strategy).</i>	1) Stalled Motor 2) Motor encoder failure 3) Bad crimps or faulty wiring 4) Problems with power supply for the motor encoder 5) See Monitor Menu >> Motor: Motor RPM	Set: No motor encoder movement detected Clear: Either cycle KSI or detect valid motor encoder signals while operating in LOS mode and return Throttle Command = 0 and Motor RPM = 0

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
77	Supervisor Fault <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>ShutdownInterlock;</i> <i>ShutdownDriver1;</i> <i>ShutdownDriver2;</i> <i>ShutdownDriver3;</i> <i>ShutdownDriver4;</i> <i>ShutdownPD;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) The Supervisor has detected a mismatch in redundant readings. 2) Internal damage to Supervisor microprocessor. 3) Switch inputs allowed to be within upper and lower thresholds for over over 100 milliseconds.	Set: Mismatched redundant readings; damaged Supervisor; illegal switch inputs. Clear: Check for noise or voltage drift in all switch inputs; check connections; cycle KSI.
78	Supervisor Incompatible <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>ShutdownInterlock;</i> <i>ShutdownDriver1;</i> <i>ShutdownDriver2;</i> <i>ShutdownDriver3;</i> <i>ShutdownDriver4;</i> <i>ShutdownPD;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) The main OS is not compatible with the Supervisor OS.	Set: Incompatible software. Clear: Load properly matched OS code or update the Supervisor code; cycle KSI.
82	Bad Calibrations <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Internal controller fault.	Set: Internal controller fault detected. Clear: Correct fault; cycle KSI.

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
83	Driver Supply Fault <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Internal controller fault in the voltage supply for the driver circuits.	Set: Internal controller fault detected. Clear: Cycle KSI.
84	Following Error Fault <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Motor speed was detected not following the commanded speed trajectory within the programmed limits. 2) See Program menu » 1-Speed Mode » Speed Controller » Following Error Limit and Following Error Time. 3) See Monitor menu » Motor Tuning » Speed Error.	Set: With Control Mode Select = 0 or 1 Speed Mode Express or Speed Mode), motor speed error detected outside the the programmed limits. Clear: Cycle KSI.

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
87	Motor Characterization Fault <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1.) Motor characterization failed during characterization process. See Monitormenu » Controller: Motor Characterization Error for cause: 0=none 1=encoder signal seen, but step size not determined; set Encoder Step Size manually 2=motor temp sensor fault 3=motor temp hot cutback fault 4= controller overtemp cutback fault 5=controller undertemp cutback fault 6=undervoltage cutback fault 7=severe overvoltage fault 8=encoder signal not seen, or one or both channels missing 9=motor parameters out of characterization range. 20=sin/cos sensor not found. 21=phasing not detected. 22=sin/cos sensor characterization failure. 23=started characterization procedure while motor rotating.	Set: Motor characterization failed during the motor characterization process. Clear: Correct fault; cycle KSI. Notes: Errors 1 and 8 apply to ACIM motors only. Errors 20, 21, and 23 apply to SPMSM motors only. Errors indicate the motor characterization data is invalid, except in the case of Error 1.

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
88	Encoder Steps Count Fault <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>ShutdownInterlock;</i> <i>ShutdownDriver1;</i> <i>ShutdownDriver2;</i> <i>ShutdownDriver3;</i> <i>ShutdownDriver4;</i> <i>ShutdownPD;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Encoder Steps parameter does not match the actual motor encoder.	Set: Motor lost IFO control and accelerated without throttle command. Clear: Ensure the Encoder Steps parameter matches the actual encoder; cycle KSI.
89	Motor Type Fault <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) The Motor_Type parameter value is out of range.	Set: Motor_Type parameter is set to an illegal value. Clear: Set Motor_Type to correct value and cycle KSI.
91	VCL/OS Mismatch <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>ShutdownInterlock;</i> <i>ShutdownDriver1;</i> <i>ShutdownDriver2;</i> <i>ShutdownDriver3;</i> <i>ShutdownDriver4;</i> <i>ShutdownPD;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) The VCL software in the controller does not match the OS software in the controller.	Set: VCL and OS software do not match; when KSI cycles, a check is made to verify that they match and a fault is issued when they do not. Clear: Download the correct VCL and OS software into the controller.

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
92	EM Brake Failed to Set <i>ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; Position Hold is engaged when Interlock=On.</i>	1) Vehicle movement sensed after the EM Brake has been commanded to set. 2) EM Brake will not hold the motor from rotating.	Set: After the EM Brake was commanded to set and time has elapsed to allow the brake to fully engage, vehicle movement has been sensed. Clear: Activate the throttle.
93	Encoder LOS (Limited Operating Strategy) <i>Enter LOS control mode.</i>	1) Limited Operating Strategy (LOS) control mode has been activated, as a result of either an Encoder Fault (Code 36) or a Stall Detect Fault (Code 73). 2) Motor encoder failure. 3) Bad crimps or faulty wiring. 4) Vehicle is stalled.	Set: Encoder Fault (Code 36) or Stall Detect Fault (Code 73) was activated, and Brake or Interlock has been applied to activate LOS control mode, allowing limited motor control. Clear: Cycle KSI or, if LOS mode was activated by the Stall Fault, clear by ensuring encoder senses proper operation, Motor RPM = 0, and Throttle Command = 0.
94	EMR Rev Timeout <i>ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle;</i>	1) Emergency Reverse was activated and concluded because the EMR Timeout timer has expired. 2) The emergency reverse input is stuck On.	Set: Emergency Reverse was activated and ran until the EMR Timeout timer expired. Clear: Turn the emergency reverse input Off.
98	Illegal Model Number <i>ShutdownMotor; ShutdownMainContactor; ShutdownEMBrake; ShutdownThrottle; FullBrake; ShutdownPump.</i>	1) Model_Number variable contains illegal value. For 1234E/36E/38E models, a value other than 1234, 1236, 1238, or 1298 is illegal. For 1232E models, a value other than 1232 is illegal. 2) Software and hardware do not match. 3) Controller defective.	Set: Illegal Model_Number variable; when KSI cycles, a check is made to confirm a legal Model_Number, and a fault is issued if one is not found. Clear: Download appropriate software for your controller model.

Code	PROGRAMMER LCD DISPLAY EFFECT OF FAULT	POSSIBLE CAUSE	SET/CLEAR CONDITIONS
99	Parameter Mismatch Fault <i>ShutdownMotor;</i> <i>ShutdownMainContactor;</i> <i>ShutdownEMBrake;</i> <i>ShutdownThrottle;</i> <i>FullBrake;</i> <i>ShutdownPump.</i>	1) Dual Motor Enable parameter set On and Control Mode Select parameter not set to 1 (Speed Mode Express) or 2 (Speed Mode). 2) Motor Technology and Feedback Type parameters do not match.	Set: When the Dual Drive software is enabled, the controller must be set to either Speed Mode Express or Speed Mode; otherwise this fault is set. Motor Technology=0 must be paired with Feedback Type=1, and Motor Technology=1 must be paired with Feedback Type=2; otherwise this fault is set. Clear: Adjust parameters to appropriate values and cycle KSI.

GLOSSARY OF TERMS

1. **Accel Rate:** sets the rate (in seconds) at which the motor torque increases to full when full throttle is applied. Larger values represent slower response.
2. **Baud rate:** a unit used to measure the speed of electronic code transmission, equal to one-unit interval per second.
3. **BMS:** Battery Management System
4. **Brake Current Limit:** Sets the maximum RMS regen current during braking when a brake command is given, as a percentage of the controller's full rated current. The full rated current depends on the controller model.
5. **Brake Input Rate:** Sets the rate (in seconds) at which the vehicle slows down when brake is applied or when throttle is applied in the opposite direction. Larger values represent slower response.
6. **Brake Maximum:** Defines the input voltage required to produce 100% braking torque. Decreasing the brake max setting reduces the amount of voltage necessary to produce full braking torque.
7. **Brake Type:** Defines the brake input for the controller:
 - a. **Type 2**= 3 wire 0 to 5kohm pot or electronic 0-5v input or pressure transducer.
 - b. **Type 3**= 2 wire with switch; 0 to 5kohm.
 - c. **Type 5**= switch.
8. **CAN:** Controller Area Network. A vehicle bus standard designed to allow microcontrollers and devices to communicate with each other within a vehicle. All controllers on the CAN bus need to have the Baud Rate set the same.
9. **Creep Torque:** Determines the amount of torque applied to the vehicle at a stop with no throttle input, to emulate the feel of an automatic transmission automobile. **WARNING!** When interlock is engaged, creep torque allows vehicle propulsion if a direction is selected even though no throttle is applied. Care should be taken when setting up this parameter. If pedal braking is enabled, creep torque is progressively disabled as brake is applied so as to prevent the motor from driving into the brakes and thus wasting energy.
10. **Deadband:** is an area of a signal range or band where no action occurs (the system is dead).
11. **EncA & B:** two signals from the encoder for which the controller determines direction of rotation and speed of the motor.
12. **Field Weakening Rate:** Determines the control loop gains for field weakening. Setting the rate too low may create surging in the vehicle as it accelerates at mid to high speeds. Setting the rate too high may create high frequency oscillations (usually audible) when the vehicle accelerates at mid to high speeds.
13. **Generic CAN Message:** CAN message containing general information regarding the status of the motor and controller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. **Idle Torque:** Torque load delivered by the motor at idle. If the Idle for the motor is enabled, idle torque will equal creep torque.
15. **Load Meter:** The LED lights that are located on the bottom of the Spyglass represent how much of a load is exerted on the system.
16. **Neutral Braking:** Neutral braking occurs progressively when the throttle is reduced toward the neutral position or when no direction is selected. The neutral braking parameter is adjustable from 0 to 100% of the regen current limit.
17. **Nominal Voltage:** Battery pack voltage; not to exceed controller voltage ratings.
18. **Regenerative Braking:** Regenerative braking is used on electric vehicles to recoup some of the energy lost during stopping. This energy is saved to the batteries and used later to power the motor to put the car in motion.
19. **Shift Neutral Braking:** Adjustment to neutral braking while pressing the clutch to shift a manual transmission
20. **SOC:** State of charge.
21. **Spyglass:** Name given by Curtis Instruments to the 8 segment LCD, 5-LED display.
22. **Throttle Maximum:** Defines the wiper input voltage required to produce 100% controller output. Decreasing the throttle max setting reduces the amount of voltage necessary to produce full controller output.
23. **Throttle Type:** Defines the throttle input for the controller:
 - a. **Type 2**= 0-5K ohm 3 wire pot with switch.
 - b. **Type 2**= Electronic
 - c. **Type 3**= 0-5K ohm 2-wire pot with switch.
 - d. **Type 4**= wigwag 3-wire 0-5K ohm, or 0-5v voltage source.

[Return To Table Of Contents](#)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

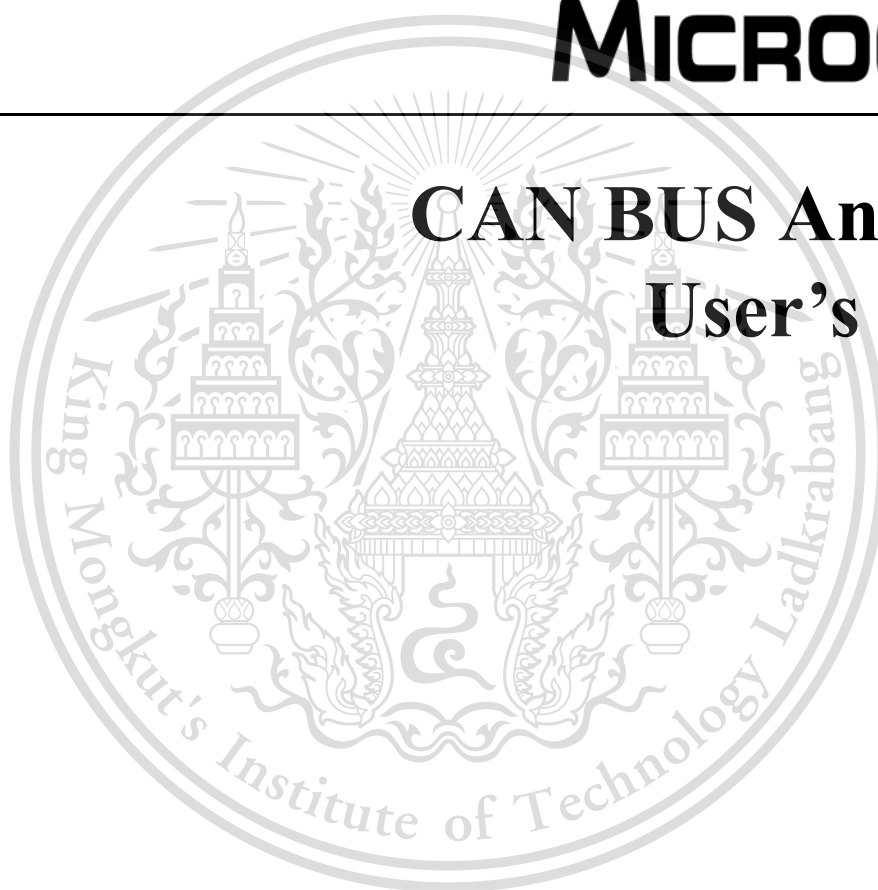
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



MICROCHIP

CAN BUS Analyzer User's Guide



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. MICROCHIP MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES OF ANY KIND WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, WRITTEN OR ORAL, STATUTORY OR OTHERWISE, RELATED TO THE INFORMATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ITS CONDITION, QUALITY, PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR PURPOSE. Microchip disclaims all liability arising from this information and its use. Use of Microchip devices in life support and/or safety applications is entirely at the buyer's risk, and the buyer agrees to defend, indemnify and hold harmless Microchip from any and all damages, claims, suits, or expenses resulting from such use. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any Microchip intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, dsPIC, KEELOQ, KEELOQ logo, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PIC³² logo, rPIC and UNI/O are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

FilterLab, Hampshire, HI-TECH C, Linear Active Thermistor, MXDEV, MXLAB, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, chipKIT, chipKIT logo, CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, dsSPEAK, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, HI-TIDE, In-Circuit Serial Programming, ICSP, Mindi, MiWi, MPASM, MPLAB Certified logo, MPLIB, MPLINK, mTouch, Omniscient Code Generation, PICC, PICC-18, PICDEM, PICDEM.net, PICKIT, PICtail, REAL ICE, rLAB, Select Mode, Total Endurance, TSHARC, UniWinDriver, WiperLock and ZENA are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2011, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.

ISBN: 978-1-61341-749-2

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

CERTIFIED BY DNV

== ISO/TS 16949:2009 ==

Microchip received ISO/TS-16949:2009 certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona; Gresham, Oregon and design centers in California and India. The Company's quality system processes and procedures are for its PIC® MCUs and dsPIC® DSCs, KEELOQ® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



CAN BUS ANALYZER USER'S GUIDE

Table of Contents

Preface	5
Introduction	5
Document Layout	5
Conventions Used in this Guide	6
Warranty Registration	7
Recommended Reading	7
The Microchip Web Site	8
Development Systems Customer Change Notification Service	8
Customer Support	9
Document Revision History	9
Chapter 1. Introduction	
1.1 Introduction	11
1.2 Can BUS Analyzer Kit Contents	11
1.3 Overview Of The CAN BUS Analyzer	11
1.4 CAN BUS Analyzer Hardware Features	12
1.5 CAN BUS Analyzer Software	14
Chapter 2. Installation	
2.1 Introduction	15
2.2 Software Installation	15
2.3 Hardware Installation	16
Chapter 3. Using the PC GUI	
3.1 Getting Started With a Quick Setup	19
3.2 Trace Feature	20
3.3 Transmit Feature	21
3.4 Future Feature – Group Transmit Feature	22
3.5 Future Feature –Trace Filter Setup Feature	23
3.6 Log File Setup Feature	24
3.7 Hardware Setup Feature	25
3.8 Future Feature – Saving and Retrieving the Tool Configurations	26
Appendix A. Error Messages	
Worldwide Sales and Service	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

NOTES:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

Preface

NOTICE TO CUSTOMERS

All documentation becomes dated, and this manual is no exception. Microchip tools and documentation are constantly evolving to meet customer needs, so some actual dialogs and/or tool descriptions may differ from those in this document. Please refer to our web site (www.microchip.com) to obtain the latest documentation available.

Documents are identified with a “DS” number. This number is located on the bottom of each page, in front of the page number. The numbering convention for the DS number is “DSXXXXA”, where “XXXX” is the document number and “A” is the revision level of the document.

For the most up-to-date information on development tools, see the MPLAB® IDE on-line help. Select the Help menu, and then Topics to open a list of available on-line help files.

INTRODUCTION

This chapter contains general information that will be useful to know before using the Chapter Name. Items discussed in this chapter include:

- Document Layout
- Conventions Used in this Guide
- Warranty Registration
- Recommended Reading
- The Microchip Web Site
- Development Systems Customer Change Notification Service
- Customer Support
- Document Revision History

DOCUMENT LAYOUT

This document describes how to use the Chapter Name as a development tool to emulate and debug firmware on a target board. The manual layout is as follows:

- **Chapter 1. “Introduction”**
- **Chapter 2. “Installation”**
- **Chapter 3. “Using the PC GUI”**
- **Appendix A. “Error Messages”**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

CONVENTIONS USED IN THIS GUIDE

This manual uses the following documentation conventions:

DOCUMENTATION CONVENTIONS

Description	Represents	Examples
Arial font:		
Italic characters	Referenced books	<i>MPLAB® IDE User's Guide</i>
	Emphasized text	...is the <i>only</i> compiler...
Initial caps	A window	the Output window
	A dialog	the Settings dialog
	A menu selection	select Enable Programmer
Quotes	A field name in a window or dialog	"Save project before build"
Underlined, italic text with right angle bracket	A menu path	<u>File>Save</u>
Bold characters	A dialog button	Click OK
	A tab	Click the Power tab
N'Rnnnn	A number in verilog format, where N is the total number of digits, R is the radix and n is a digit.	4'b0010, 2'hF1
Text in angle brackets < >	A key on the keyboard	Press <Enter>, <F1>
Courier New font:		
Plain Courier New	Sample source code	#define START
	Filenames	autoexec.bat
	File paths	c:\mcc18\h
	Keywords	_asm, _endasm, static
	Command-line options	-Opa+, -Opa-
	Bit values	0, 1
	Constants	0xFF, 'A'
Italic Courier New	A variable argument	<i>file.o</i> , where <i>file</i> can be any valid filename
Square brackets []	Optional arguments	mcc18 [options] <i>file</i> [options]
Curly brackets and pipe character: { }	Choice of mutually exclusive arguments; an OR selection	errorlevel {0 1}
Ellipses...	Replaces repeated text	var_name [, var_name...]
	Represents code supplied by user	void main (void) { ... }

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

WARRANTY REGISTRATION

Please complete the enclosed Warranty Registration Card and mail it promptly. Sending in the Warranty Registration Card entitles users to receive new product updates. Interim software releases are available at the Microchip web site.

RECOMMENDED READING

This user's guide describes how to use the CAN Bus Analyzer on a CAN network. The following Microchip documents are available on www.microchip.com and are recommended as supplemental reference resources to understand CAN (Controller Area Network) more thoroughly.

AN713, Controller Area Network (CAN) Basics

This application note describes the basics and key features of the CAN protocol.

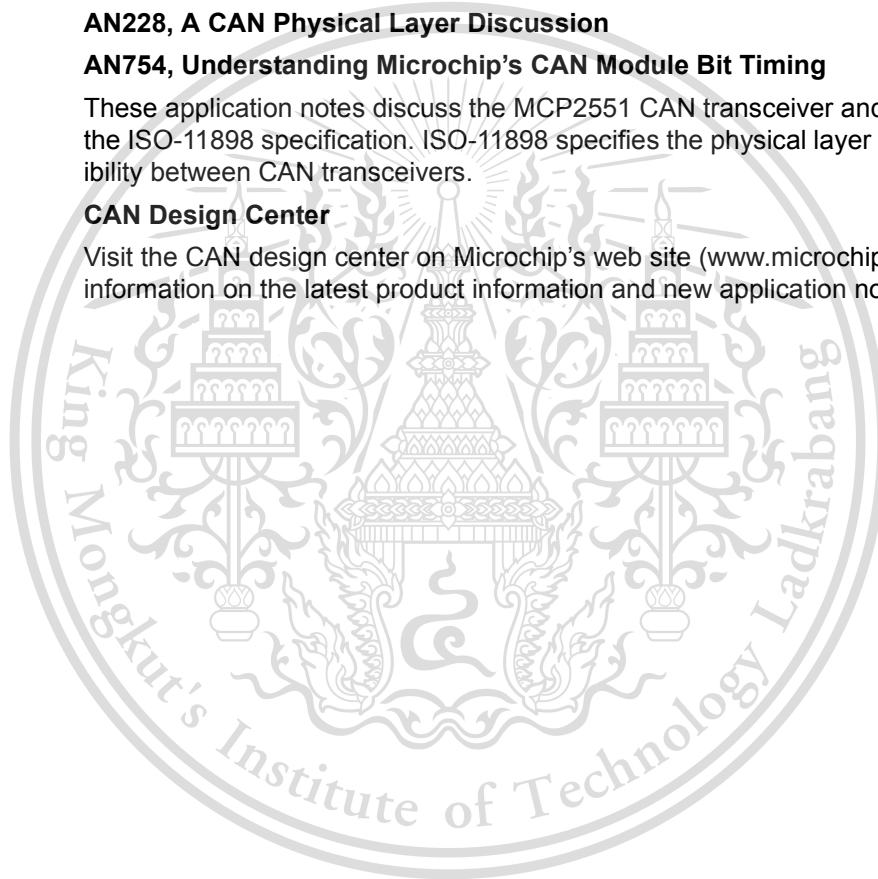
AN228, A CAN Physical Layer Discussion

AN754, Understanding Microchip's CAN Module Bit Timing

These application notes discuss the MCP2551 CAN transceiver and how it fits within the ISO-11898 specification. ISO-11898 specifies the physical layer to ensure compatibility between CAN transceivers.

CAN Design Center

Visit the CAN design center on Microchip's web site (www.microchip.com/CAN) for information on the latest product information and new application notes.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

THE MICROCHIP WEB SITE

Microchip provides online support via our web site at www.microchip.com. This web site is used as a means to make files and information easily available to customers. Accessible by using your favorite Internet browser, the web site contains the following information:

- **Product Support** – Data sheets and errata, application notes and sample programs, design resources, user's guides and hardware support documents, latest software releases and archived software
- **General Technical Support** – Frequently Asked Questions (FAQs), technical support requests, online discussion groups, Microchip consultant program member listing
- **Business of Microchip** – Product selector and ordering guides, latest Microchip press releases, listing of seminars and events, listings of Microchip sales offices, distributors and factory representatives

DEVELOPMENT SYSTEMS CUSTOMER CHANGE NOTIFICATION SERVICE

Microchip's customer notification service helps keep customers current on Microchip products. Subscribers will receive e-mail notification whenever there are changes, updates, revisions or errata related to a specified product family or development tool of interest.

To register, access the Microchip web site at www.microchip.com, click on Customer Change Notification and follow the registration instructions.

The Development Systems product group categories are:

- **Compilers** – The latest information on Microchip C compilers and other language tools. These include the MPLAB C18 and MPLAB C30 C compilers; MPASM™ and MPLAB ASM30 assemblers; MPLINK™ and MPLAB LINK30 object linkers; and MPLIB™ and MPLAB LIB30 object librarians.
- **Emulators** – The latest information on Microchip in-circuit emulators. This includes the MPLAB ICE 2000 and MPLAB ICE 4000.
- **In-Circuit Debuggers** – The latest information on the Microchip in-circuit debugger, MPLAB ICD 2.
- **MPLAB® IDE** – The latest information on Microchip MPLAB IDE, the Windows® Integrated Development Environment for development systems tools. This list is focused on the MPLAB IDE, MPLAB SIM simulator, MPLAB IDE Project Manager and general editing and debugging features.
- **Programmers** – The latest information on Microchip programmers. These include the MPLAB PM3 and PRO MATE II device programmers and the PICSTART® Plus and PICKit™ 2 and 3 development programmers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

CUSTOMER SUPPORT

Users of Microchip products can receive assistance through several channels:

- Distributor or Representative
- Local Sales Office
- Field Application Engineer (FAE)
- Technical Support

Customers should contact their distributor, representative or field application engineer (FAE) for support. Local sales offices are also available to help customers. A listing of sales offices and locations is included in the back of this document.

Technical support is available through the web site at: <http://support.microchip.com>

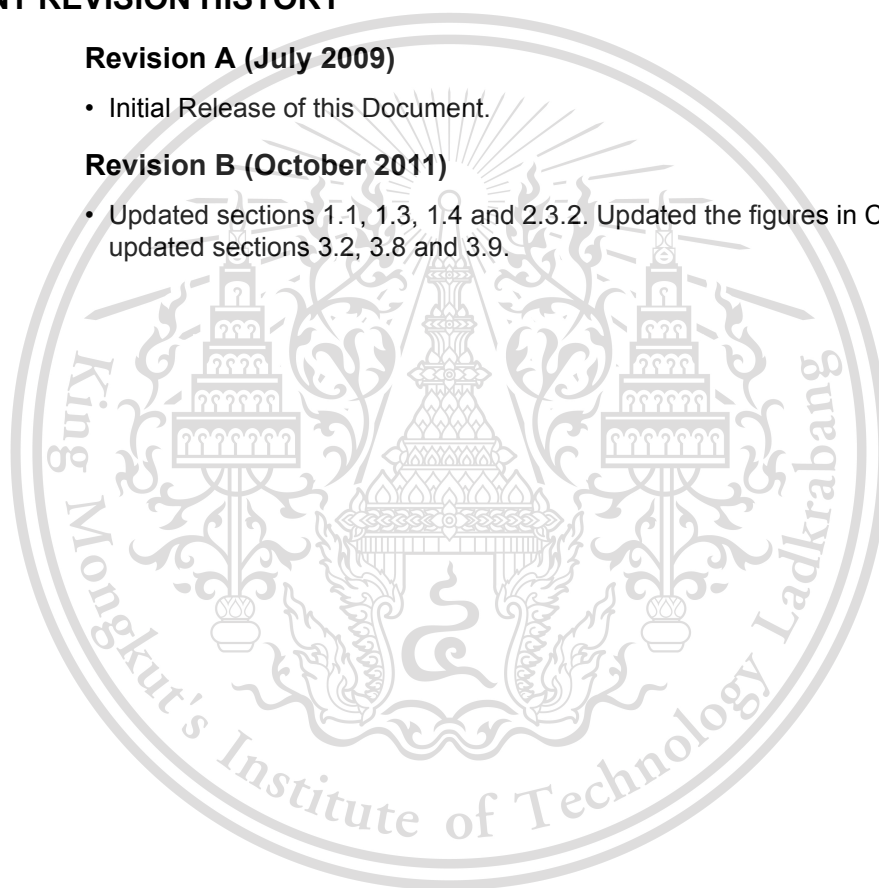
DOCUMENT REVISION HISTORY

Revision A (July 2009)

- Initial Release of this Document.

Revision B (October 2011)

- Updated sections 1.1, 1.3, 1.4 and 2.3.2. Updated the figures in Chapter 3, and updated sections 3.2, 3.8 and 3.9.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

NOTES:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

Chapter 1. Introduction

1.1 INTRODUCTION

The CAN BUS Analyzer Tool is intended to be a simple-to-use, low-cost CAN Bus monitor which can be used to develop and debug a high-speed CAN network. The tool features a broad range of functions which allow it to be used across various market segments including automotive, marine, industrial and medical.

The CAN Analyzer tool supports CAN 2.0b and ISO 11898-2 (high-speed CAN with transmission rates of up to 1 Mbit/s). The tool can be connected to the CAN network using the DB9 connector or through a screw terminal interface.

The CAN BUS Analyzer has the standard functionality expected in an industry tool such as trace, transmit, trace filter, log file capability, and group CAN message transmit. All of these features make it a very versatile tool, allowing fast and simple debugging in any high-speed CAN network.

The chapter contains the following information:

- CAN BUS Analyzer Kit Contents
- Overview of CAN BUS Analyzer
- CAN BUS Analyzer Hardware Features
- CAN BUS Analyzer Software

1.2 CAN BUS ANALYZER KIT CONTENTS

1. CAN BUS Analyzer Hardware
2. CAN BUS Analyzer Software
 - The CAN BUS Analyzer software CD includes three components:
 - Firmware for the PIC18F2550 (Hex File)
 - Firmware for the PIC18F2680 (Hex File)
 - The CAN BUS Analyzer PC GUI
3. USB mini cable to connect the CAN BUS Analyzer to the PC

1.3 OVERVIEW OF THE CAN BUS ANALYZER

The CAN BUS Analyzer provides similar features available in a high-end CAN network analyzer tool at a fraction of the cost. The CAN BUS Analyzer tool can be used to monitor and debug a CAN network with an easy-to-use graphical user interface. The tool allows the user to view and log received and transmitted messages from the CAN BUS. The user is also able to transmit single or periodic CAN messages onto a CAN BUS, which is useful during development or testing of a CAN network.

Using this CAN BUS Analyzer tool has many advantages over the traditional debugging methods embedded engineers typically rely on. For example, the tool trace window will show the user the received and transmitting CAN messages in an easy to read format (ID, DLC, data bytes and timestamp).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

1.4 CAN BUS ANALYZER HARDWARE FEATURES

The CAN BUS Analyzer hardware is a compact tool that includes the following hardware features. Refer to **Section 1.5 “CAN BUS Analyzer Software”** for more information about the software features.

FIGURE 1-1: CAN BUS ANALYZER

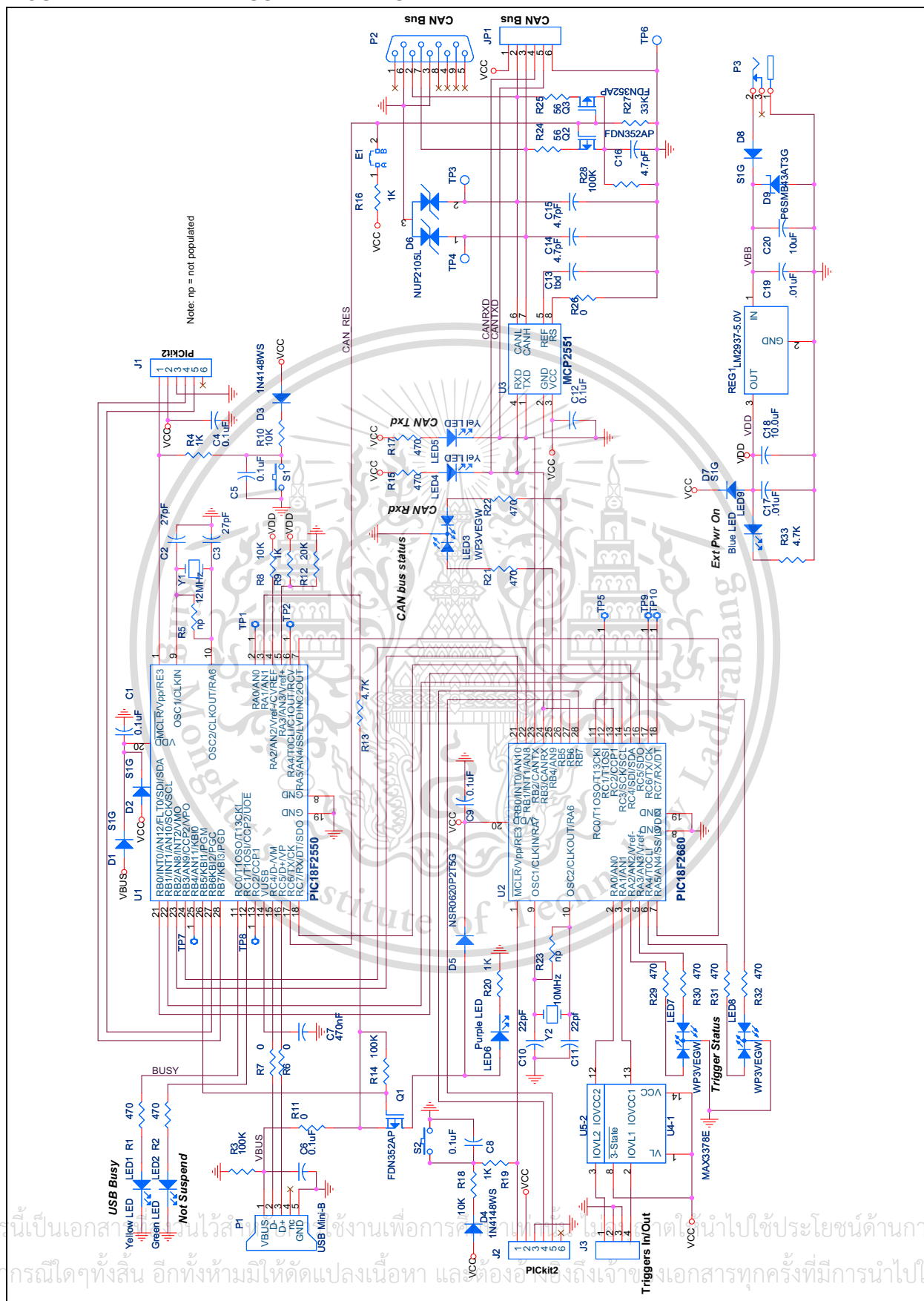


- **Mini USB Connector**
This connector provides the CAN BUS Analyzer a communication medium to the PC, but it can also provide a power supply if the external power supply is not plugged into the CAN BUS Analyzer.
- **9-24 Volt power supply connector**
When powered by the external power supply, the tool can be set up to disconnect from the PC to act as a periodic transmitter for CAN BUS messages. The tool can also be set up to send out a pulse upon reception of certain CAN messages, which is useful during development or debugging issues with an oscilloscope.
- **DB9 connector for the CAN BUS**
- **Termination Resistor (software controllable)**
The user can turn ON or OFF the 120 ohm CAN bus termination through the PC GUI.
- **Status LEDs**
Displays the USB status.
- **Trigger LED**
Future functionality.
- **CAN Traffic LEDs**
Shows the actual RX CAN BUS traffic from the high speed transceiver.
Shows the actual TX CAN BUS traffic from the high speed transceiver.
- **CAN BUS Error LED**
Shows the Error Active (Green), Error Passive (Yellow), Bus Off (Red) state of the CAN BUS Analyzer.
- **Direct access to the CAN H and CAN L pin through a screw terminal**
Allows the user access to the CAN bus for connecting an oscilloscope without having to modify the CAN BUS wire harness.
- **Direct access to the CAN TX and CAN RX pins through a screw terminal**
Allows the user access to the digital side of the CAN BUS transceiver.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

FIGURE 1-2: CAN BUS ANALYZER SCHEMATIC



1.5 CAN BUS ANALYZER SOFTWARE

The CAN BUS Analyzer comes with two firmware hex files and PC software which provides the user with a graphical interface to configure the tool and analyze a CAN network. It has the following software tool features:

1. Trace: Monitor the CAN bus traffic.
2. Transmit: Transmit single shot, periodic, or periodic messages with a limited repeat onto the CAN bus.
3. Group Transmit: Transmit a list of CAN messages, in order, onto the CAN bus.
4. Trace Filter Setup: Configure which CAN messages from the CAN bus traffic are visible on the Trace Window.
5. Log File Setup: Save CAN bus traffic.
6. Hardware Setup: Configure the CAN BUS Analyzer for the CAN network.

Note: Some features will be implemented in future releases.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

Chapter 2. Installation

2.1 INTRODUCTION

The following chapter describes the procedures for installing the CAN Analyzer hardware and software.

The chapter contains the following information:

- Installing CAN BUS Analyzer Software
- Installing CAN BUS Analyzer Hardware

2.2 SOFTWARE INSTALLATION

2.2.1 Installing the GUI

Install .NET framework version 3.5 before installing the CAN BUS Analyzer.

1. Run "CANAnalyzer_verXYZ.exe", where "XYZ" is the version number of the software. By default this will install the files to: C:\Program Files\Microchip Technology Inc\CANAnalyzer_verXYZ
2. Run the setup.exe from folder: C:\Program Files\Microchip Technology Inc\CANAnalyzer_verXYZ\GUI
3. The setup will create a shortcut in the Programs Menu under "Microchip Technology Inc" as Microchip CAN Tool ver XYZ.
4. If the CAN BUS Analyzer PC software is being upgraded to a newer version, the firmware should be updated to match the revision level of the PC software. When updating the firmware, ensure that the hex files are programmed into their respective PIC18F microcontrollers on the CAN BUS Analyzer hardware.

2.2.2 Upgrading the Firmware

If upgrading the firmware in the CAN BUS Analyzer, the user will need to import the HEX files into MBLAB[®] IDE and program the PIC[®] MCUs. When programming the PIC18F2680, the user may power the CAN BUS Analyzer by external power supply or by the mini USB cable. When programming the PIC18F550, the user needs to power the CAN BUS Analyzer by external power supply. Additionally, when programming HEX files into PIC MCUs, it is recommended to check the firmware version from the GUI. This can be done by clicking on the "Help > About" menu option.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2.3 HARDWARE INSTALLATION

2.3.1 System Requirements

- Windows® XP
- .NET framework version 3.5
- USB Serial Port

2.3.2 Power Requirements

- A power supply (9 to 24 Volt) is needed when operating without the PC and when updating firmware in the USB PIC MCU
- The CAN BUS Analyzer tool can also be powered using the USB port

2.3.3 Cable Requirements

- Mini USB cable – for communicating with the PC Software
- The CAN Analyzer tool can be connected to a CAN network using the following:
 - Via the DB9 connector
 - Via screw-in terminals

2.3.4 Connecting the CAN BUS Analyzer to the PC and CAN BUS

1. Connect the CAN Analyzer via the USB connector to the PC. You will be prompted to install the USB drivers for the tool. The drivers can be found in this location:
C:\Program Files\Microchip Technology Inc\CANAnalyzer_verXYZ
2. Connect the tool to the CAN network using the DB9 connector or the screw in terminals. Please refer to Figure 2-1 and Figure 2-2 for the DB9 connector and the screw terminals for connecting the network to the tool.

TABLE 2-1: 9-PIN (MALE) D-SUB CAN BUS PINOUT

Pin Number	Signal Name	Signal Description
1	No Connect	N/A
2	CAN_L	Dominant Low
3	GND	Ground
4	No Connect	N/A
5	No Connect	N/A
6	GND	Ground
7	CAN_H	Dominant High
8	No Connect	N/A
9	No Connect	N/A

FIGURE 2-1: PINOUT FOR THE DB9 CONNECTOR

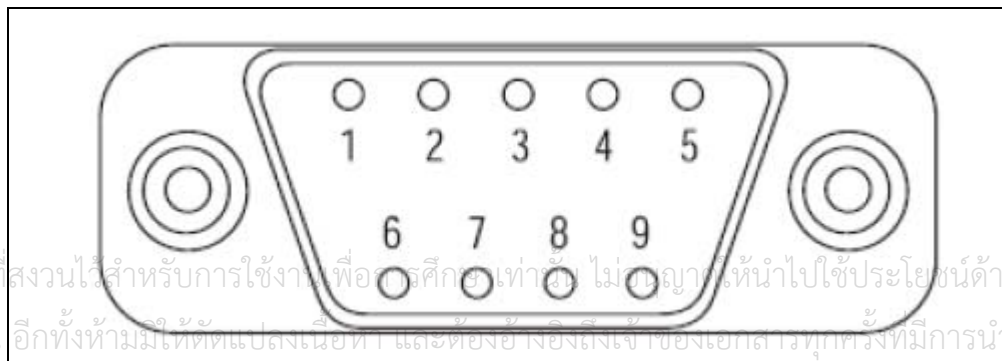
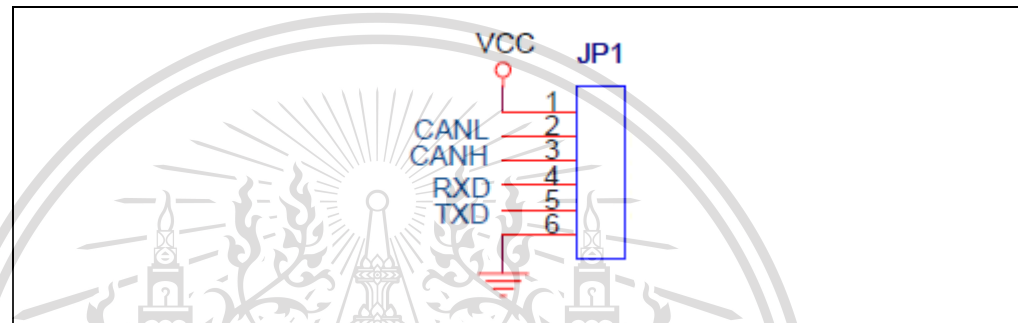


TABLE 2-2: 6-PIN SCREW CONNECTOR PINOUT

Pin Number	Signal Names	Signal Description
1	Vcc	PIC® MCU Power Supply
2	CAN_L	Dominant Low
3	CAN_H	Dominant High
4	RXD	CAN Digital Signal from Transceiver
5	TXD	CAN Digital Signal from PIC18F2680
6	GND	Ground

FIGURE 2-2: PINOUT FOR THE SCREW-IN TERMINALS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

NOTES:



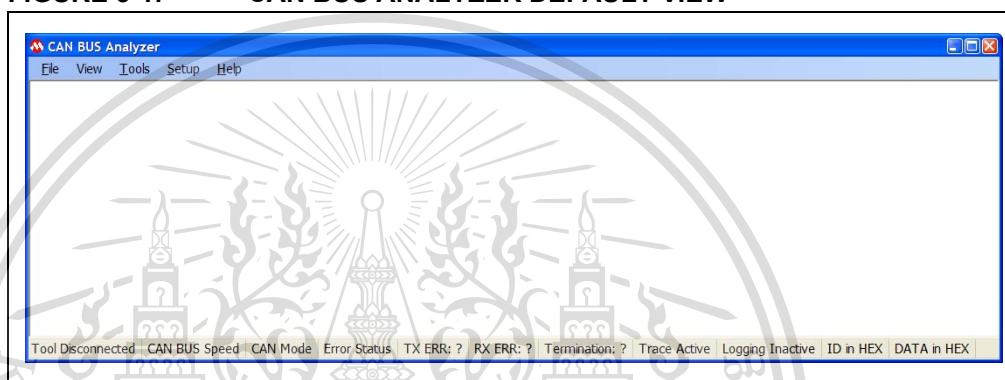
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

Chapter 3. Using the PC GUI

Once the hardware is connected and the software is installed, open the PC GUI using the shortcut in the Programs Menu under “Microchip Technology Inc” labeled as Microchip CAN Tool ver XYZ. Figure 3-1 is a screen shot of the default view for the CAN BUS Analyzer.

FIGURE 3-1: CAN BUS ANALYZER DEFAULT VIEW



3.1 GETTING STARTED WITH A QUICK SETUP

The following are setup steps to quickly start transmitting and receiving on the CAN BUS. For more details, refer to the individual sections for the different PC GUI features.

1. Connect the CAN BUS Analyzer to the PC with the mini USB cable
2. Open the CAN BUS Analyzer PC GUI
3. Open the Hardware Setup and select the CAN BUS bitrate on the CAN BUS
4. Connect the CAN BUS Analyzer to the CAN BUS
5. Open the Trace window
6. Open the Transmit Window

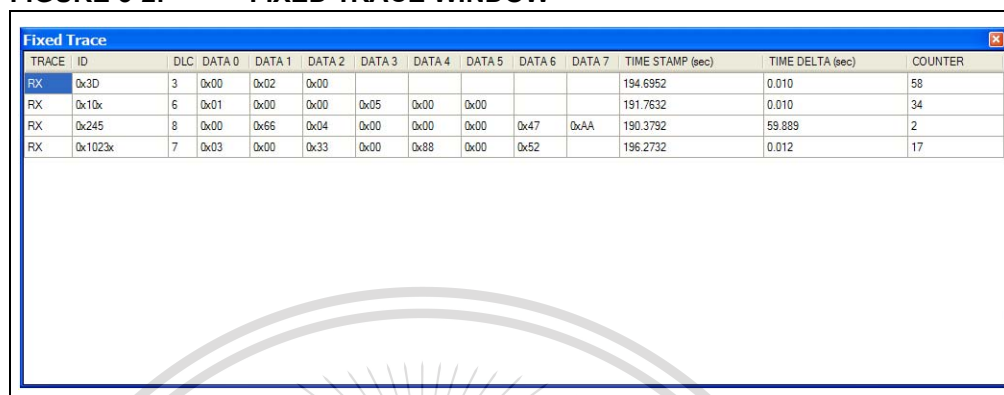
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

3.2 TRACE FEATURE

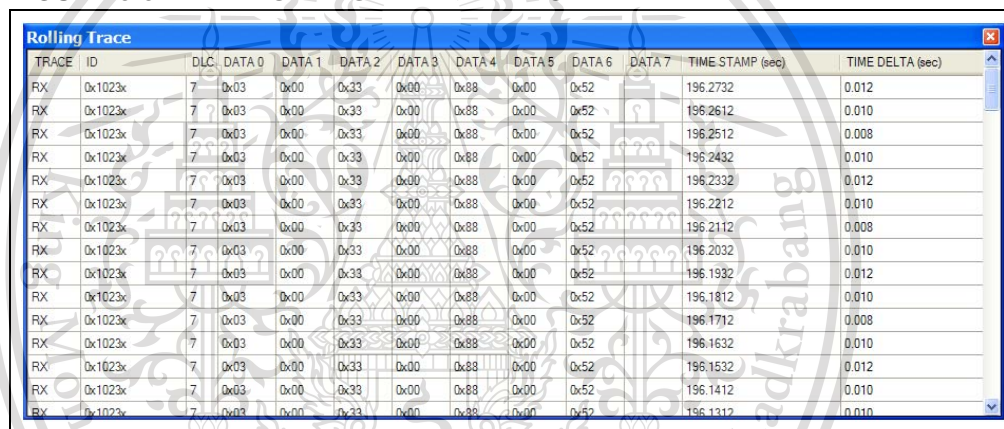
There are two types of Trace windows: Fixed and Rolling. To activate either Trace window, select the option from the main Tools menu.

FIGURE 3-2: FIXED TRACE WINDOW



TRACE	ID	DLC	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	TIME STAMP (sec)	TIME DELTA (sec)	COUNTER
RX	0x3D	3	0x00	0x02	0x00						194.6952	0.010	58
RX	0x10x	6	0x01	0x00	0x00	0x05	0x00	0x00			191.7632	0.010	34
RX	0x245	8	0x00	0x66	0x04	0x00	0x00	0x00	0x47	0xAA	190.3792	59.889	2
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2732	0.012	17

FIGURE 3-3: ROLLING TRACE WINDOW



TRACE	ID	DLC	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	TIME STAMP (sec)	TIME DELTA (sec)	COUNTER
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2732	0.012	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2612	0.010	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2512	0.008	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2432	0.010	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2332	0.012	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2212	0.010	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2112	0.008	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.2032	0.010	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.1932	0.012	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.1812	0.010	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.1712	0.008	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.1632	0.010	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.1532	0.012	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.1412	0.010	
RX	0x1023x	7	0x03	0x00	0x33	0x00	0x88	0x00	0x52		196.1312	0.010	

The Trace window displays the CAN BUS traffic in a readable form. This window will list the ID (Extended is signified with an preceding 'x' or Standard), DLC, DATA Bytes, the Time stamp and the time difference from the last CAN BUS message on the BUS. The Rolling Trace window will show the CAN messages sequentially as they appear on the CAN BUS. The time delta between messages will be based on the last received message regardless of CAN ID.

The Fixed Trace window will show the CAN messages in a fixed position on the trace window. The message will still be updated, but the time delta between messages will be based on the previous message with the same CAN ID.

The Trace window can also be configured with filters to show only certain IDs. This can be configured in the Trace Filter Setup (refer to **Section 3.5 “Future Feature –Trace Filter Setup Feature”**).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

3.3 TRANSMIT FEATURE

To activate the Transmit window, select “TRANSMIT” from the main Tools menu.

FIGURE 3-4: TRANSMIT WINDOW

FORMAT	ID	DLC	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	PERIOD (msec)	REPEAT	TRANSMIT
HEX											0	0	Send
HEX											0	0	Send
HEX											0	0	Send
HEX											0	0	Send
HEX											0	0	Send
HEX											0	0	Send
HEX											0	0	Send
HEX											0	0	Send

The Transmit window allows the user to interact with other nodes on the CAN BUS by transmitting messages. The user is able to enter any ID (Extended or Standard), DLC or DATA Bytes combination for single message transmittal. The transmit window also allows the user to transmit a maximum of nine separate and unique messages either periodically or periodically with a limited “repeat” mode. When using the limited repeat mode, the message will be sent out at the periodic rate for a number of “repeat” times.

3.3.1 Steps to Transmit a Single-Shot Message

1. Populate the CAN message fields, which include the ID, DLC and DATA
2. Populate the Periodic and Repeat fields with “0”
3. Click on the **Send** button for that row

3.3.2 Steps to Transmit a Periodic Message

1. Populate the CAN message fields, which include the ID, DLC and DATA
2. Populate the Periodic field (50 ms to 5000 ms)
3. Populate the Repeat field with “0” (which translates to “repeat forever”)
4. Click on the **Send** button for that row

3.3.3 Steps to Transmit a Periodic Message with Limited Repeats

1. Populate the CAN message fields, which include the ID, DLC and DATA
2. Populate the Periodic field (50 ms to 5000 ms)
3. Populate the Repeat field (with a value from 1 to 10)
4. Click on the **Send** button for that row

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

3.4 FUTURE FEATURE – GROUP TRANSMIT FEATURE

To activate the Group Transmit window, select “GROUP TRANSMIT” from the main Tools menu.

FIGURE 3-5: GROUP TRANSMIT WINDOW

The screenshot shows a window titled "Group Transmit 1". It contains a table with the following columns: ID In Decimal, FORMAT, DLC, DATA 0, DATA 1, DATA 2, DATA 3, DATA 4, DATA 5, DATA 6, DATA 7, TIME DELTA (msec), and ADD TO GROUP. The first row is highlighted in blue. At the bottom of the window, there is a checkbox labeled "Repeat" and a button labeled "Transmit".

ID In Decimal	FORMAT	DLC	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	TIME DELTA (msec)	ADD TO GROUP
												☐
												☐
												☐
												☐
												☐
												☐
												☐
												☐

The Group Transmit window allows the user to interact with other nodes on the CAN BUS by transmitting messages. The user is able to transmit a limited group of messages in sequential order spaced out by user-defined timing in the Period field. All messages can be unique to each other in terms of ID, DLC, Data bytes and time between messages.

3.4.1 Steps to Transmit a Group of CAN Messages

1. Fill in the CAN message fields which include the ID, DLC and DATA for all messages that will be transmitted
2. Ensure that the Periodic field is populated for each message (50 ms to 5000 ms). This field represents the time between messages
3. Click on the **Send** button for that row. The row will be highlighted for the current transmitted message

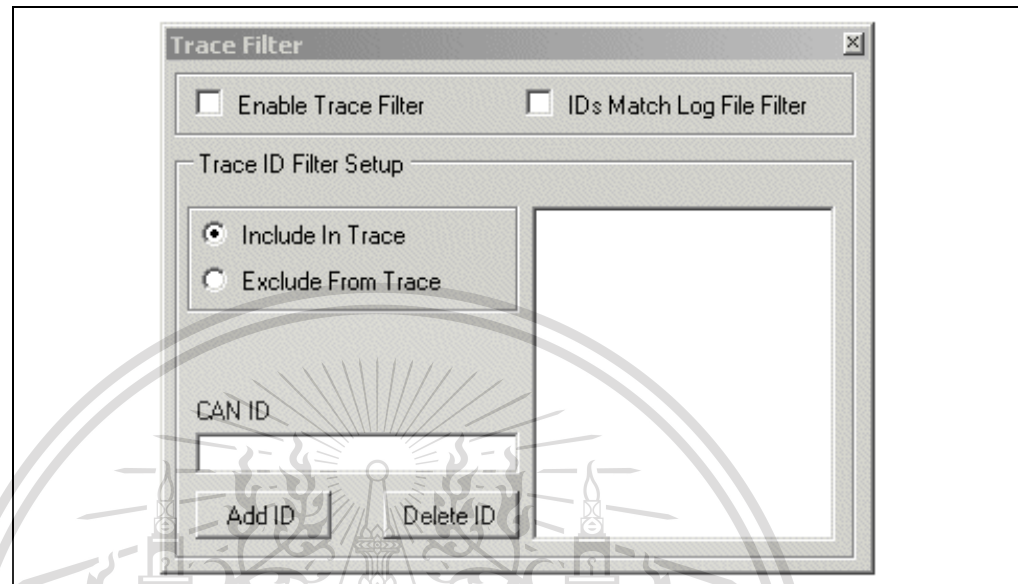
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

3.5 FUTURE FEATURE –TRACE FILTER SETUP FEATURE

To activate the Trace Filter Setup window, select “TRACE FILTER SETUP” from the main Tools menu.

FIGURE 3-6: TRACE FILTER SETUP WINDOW



The Trace Filter Setup window allows the user to filter the Trace window for only the required IDs the user wants to view. The trace filter can match the log file filter or it can contain a completely different set of IDs.

Steps to setup the trace filter to match the log file filter

1. Make sure the Log File Filter is “Turned On”
2. Click on the “IDs Match Log File Filter” checkbox. The Trace ID Filter Setup options will become disabled
3. Click on the “Enable Trace Filter” checkbox to enable the filter
4. Confirm on the Trace window that the status of the trace filter changes from “Trace Filter Inactive” to “Trace Filter Active” (highlighted green)

Steps to setup the trace filter to be independent of the log file filter

1. Determine if the filter will work as an include or an exclude filter
2. Enter CAN IDs into the CAN ID text field and click on the “Add ID” button. Repeat this process until all CAN IDs for the filter are entered
3. Click on the “Enable Trace Filter” checkbox to enable the filter
4. Confirm on the Trace window that the status of the trace filter changes from “Trace Filter Inactive” to “Trace Filter Active (highlighted green)”

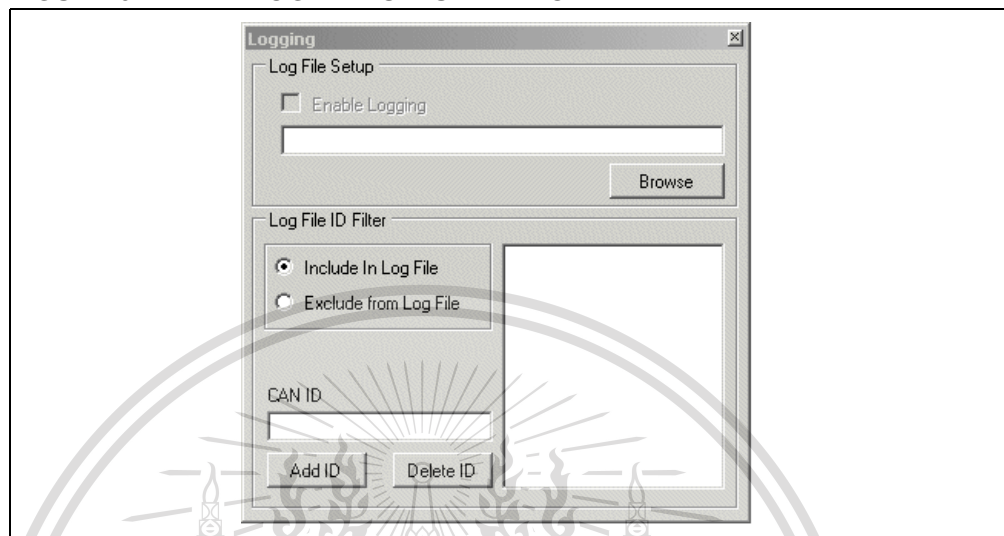
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

3.6 LOG FILE SETUP FEATURE

To activate the Log File Setup window select “LOG FILE SETUP” from the main Tools menu.

FIGURE 3-7: LOG FILE SETUP WINDOW



The Log File Setup window allows the user to setup a log file of the CAN BUS traffic. This feature helps gather more information when debugging design issues, by capturing the BUS traffic when an event occurs.

Log File Setup also allows the user to setup a filter to either include or exclude user-defined IDs.

Steps to setup a log file

1. Browse to a folder to which you want to save your log file
2. Click on the “Enable Logging” checkbox to enable writing

Steps to setup a log file with a filter

1. Determine if the log file filter should work as an include or an exclude filter
2. Enter CAN IDs into the CAN ID text field and click on the “Add ID” button. Repeat this process until all of the CAN IDs for the filter are entered
3. Browse to a folder to which you want to save your log file
4. Click on the “Enable Logging” checkbox to enable writing
5. Confirm on the Trace window that the status of the trace filter changes from “Logging Inactive” to “Logging Active” (highlighted green)

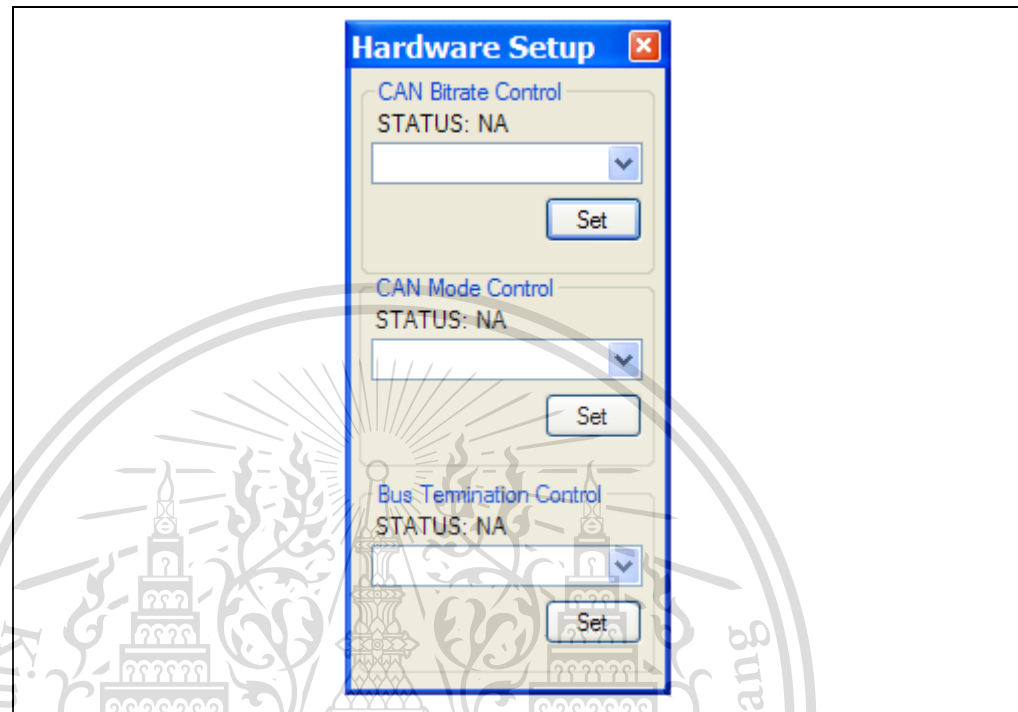
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

3.7 HARDWARE SETUP FEATURE

To activate the Hardware Setup window, select “HARDWARE SETUP” from the main Tools menu.

FIGURE 3-8: HARDWARE SETUP WINDOW



The HARDWARE SETUP window allows the user to setup the CAN BUS Analyzer for communication on the CAN BUS. This feature also gives the user the ability to quickly test the hardware on the CAN BUS Analyzer.

To set up the tool to communicate on the CAN BUS:

1. Select the CAN bitrate from the drop-down combo box.
2. Click the “Set” button. Confirm bitrate has changed by viewing the bitrate setting on the bottom of the main CAN BUS Analyzer window.
3. If the CAN BUS needs the termination resistor active, then turn it ON by clicking the “Turn On” button for the Bus Termination.

Test the CAN BUS analyzer hardware:

1. Ensure that the CAN BUS analyzer is connected. You can confirm this by viewing the tool connection status on the status strip on the bottom of the main CAN BUS Analyzer window.
2. To confirm that the communication is working between the USB PIC MCU and the CAN PIC MCU, click on the “Help->About” main menu option to view the version numbers of the firmware loaded into each PIC MCU.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

3.8 FUTURE FEATURE – SAVING AND RETRIEVING THE TOOL CONFIGURATIONS

3.8.1 Saving Tool Configurations

The CAN BUS Analyzer tool allows the user to save various configuration setups by the user in a particular session. The GUI will save the transmit window settings, log file settings, and screen positions of the various windows of the tool.

By choosing “Save Configuration” under the File menu, the file is saved in a default Temp folder under the default name “config.ini”.

By choosing “Save As” under the file menu, the user can define the path and name for the configuration file.

3.8.2 Retrieving Tool Configurations

Under the File menu, select “Open Configuration” and then select the desired “.ini” file to retrieve the configuration saved by the user.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use



CAN BUS ANALYZER USER'S GUIDE

Appendix A. Error Messages

In this section, the various “pop-up” errors that are found in the GUI will be discussed in detail as to why they may occur, and the possible solutions for correcting the errors.

TABLE A-1: ERROR MESSAGES

Error Number	Error	Possible Solution
1.00.x	Trouble reading the USB firmware version	Unplug/plug the tool into the PC. Also make sure that the PIC18F2550 is programmed with the proper HEX file.
2.00.x	Trouble reading the CAN firmware version	Unplug/plug the tool into the PC. Also make sure that the PIC18F2680 is programmed with the proper HEX file.
3.00.x	ID field is empty	The value in the ID field can not be empty for a message that a user is requesting to be transmitted. Enter a valid value.
3.10.x	DLC field is empty	The value in the DLC field can not be empty for a message that a user is requesting to be transmitted. Enter a valid value.
3.20.x	DATA field is empty	The value in the Data field can not be empty for a message that a user is requesting to be transmitted. Enter a valid value. Remember, the DLC value drives how many data bytes will be sent.
3.30.x	PERIOD field is empty	The value in the Period field can not be empty for a message that a user is requesting to be transmitted. Enter a valid value.
3.40.x	REPEAT field is empty	The value in the Repeat field can not be empty for a message that a user is requesting to be transmitted. Enter a valid value.
4.00.x	Enter the Extended ID within the following range (0x-1FFFFFFFx)	Enter a valid ID into the text field. The tool is expecting a hexadecimal value for an extended ID in the range of “0x-1FFFFFFFx”. When entering an extended ID, make sure to append ‘x’ onto the ID.
4.02.x	Enter the Extended ID within the following range (0x-536870911x)	Enter a valid ID into the text field. The tool is expecting a decimal value for an extended ID in the range of “0x-536870911x”. When entering an extended ID, make sure to append ‘x’ onto the ID.
4.04.x	Enter the Standard ID within the following range (0-7FF)	Enter a valid ID into the text field. The tool is expecting a hexadecimal value for a standard ID in the range of “0-7FF”. When entering an extended ID, make sure to append ‘x’ onto the ID.
4.06.x	Enter the Standard ID within the following range (0-2047)	Enter a valid ID into the text field. The tool is expecting a decimal value for a standard ID in the range of “0-2048”. When entering an extended ID, make sure to append ‘x’ onto the ID.

Error Number	Error	Possible Solution
4.10.x	Enter DLC within the following range (0-8)	Enter a valid DLC into the text field. The tool is expecting a value in the range of "0-8".
4.20.x	Enter DATA within the following range (0-FF)	Enter valid Data into the text field. The tool is expecting a hexadecimal value in the range of "0-FF".
4.25.x	Enter DATA within the following range (0-255)	Enter valid Data into the text field. The tool is expecting a decimal value in the range of "0-255".
4.30.x	Enter a valid PERIOD within the following range (100-5000)\nOr (0) for a one shot message	Enter a valid Period into the text field. The tool is expecting a decimal value in the range of "0 or 100-5000".
4.40.x	Enter a valid REPEAT within the following range (1-99)\nOr (0) for a one shot message	Enter a valid Repeat into the text field. The tool is expecting a decimal value in the range of "0-99".
4.70.x	Unknown error caused by user input	Check that the text field only has no special characters or spaces.
4.75.x	Required input for CAN Message is empty	Check that the ID, DLC, DATA, PERIOD, and REPEAT fields contain valid data.
5.00.x	Reserved for Message Received Errors	Reserved for Message Received errors.
6.00.x	Unable to Log Data	Tool is unable to write CAN traffic to Log File. Possible cause may be that the drive is either full, write protected, or does not exist.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

NOTES:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



Worldwide Sales and Service

AMERICAS

Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200
Fax: 480-792-7277
Technical Support:
<http://www.microchip.com/support>
Web Address:
www.microchip.com

Atlanta
Duluth, GA
Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

Boston
Westborough, MA
Tel: 774-760-0087
Fax: 774-760-0088

Chicago
Itasca, IL
Tel: 630-285-0071
Fax: 630-285-0075

Cleveland
Independence, OH
Tel: 216-447-0464
Fax: 216-447-0643

Dallas
Addison, TX
Tel: 972-818-7423
Fax: 972-818-2924

Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 248-538-2250
Fax: 248-538-2260

Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 317-773-8323
Fax: 317-773-5453

Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 949-462-9523
Fax: 949-462-9608

Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 408-961-6445

Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 905-673-0699
Fax: 905-673-6509

ASIA/PACIFIC

Asia Pacific Office
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

China - Beijing
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

China - Chengdu
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

China - Chongqing
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

China - Hangzhou
Tel: 86-571-2819-3187
Fax: 86-571-2819-3189

China - Hong Kong SAR
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

China - Nanjing
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

China - Qingdao
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

China - Shanghai
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

China - Shenyang
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

China - Shenzhen
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

China - Wuhan
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

China - Xian
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

China - Xiamen
Tel: 86-592-2388138
Fax: 86-592-2388130

China - Zhuhai
Tel: 86-756-3210040
Fax: 86-756-3210049

ASIA/PACIFIC

India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 or
82-2-558-5934

Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

Taiwan - Hsin Chu
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

Taiwan - Kaohsiung
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-330-9305

Taiwan - Taipei
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

EUROPE

Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

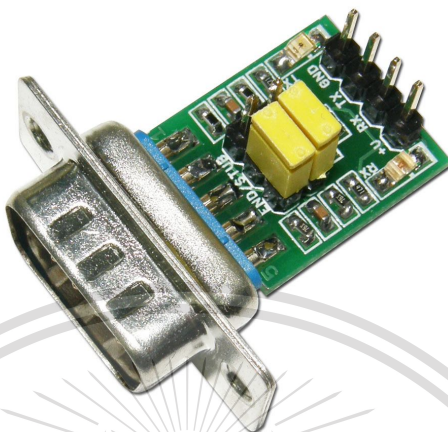
Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

08/02/11

ET-CAN DRIVER



ET-CAN DRIVER เป็นบอร์ด CAN TRANSCEIVERS สำหรับการสื่อสาร CAN BUS โดยเลือกใช้ CAN TRANSCEIVERS เบอร์ SN65HVD232D ของ Texas Instruments รองรับสัญญาณการสื่อสารแบบ CAN ตามมาตรฐาน “ISO-11898” ใช้สำหรับทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าของ CAN Logic ให้เป็นสัญญาณ Differential CAN Bus($\pm 25V$) ซึ่งบอร์ด ET-CAN DRIVER ต้องนำไปใช้งานร่วมกับ MCU ที่มีวงจร CAN Controller บรรจุไว้ภายใน หรือ เชื่อมต่อกับชิพ CAN Controller

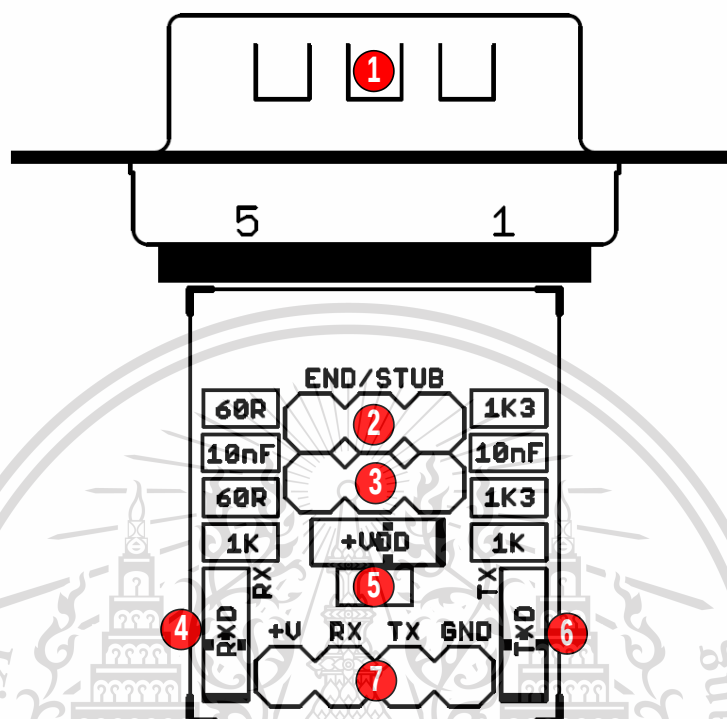
คุณสมบัติของบอร์ด ET-CAN DRIVER

1. ใช้ CAN TRANSCEIVERS เบอร์ SN65HVD232D ของ Texas Instruments
2. รองรับการทำงานร่วมกับ CAN Controller Logic ทั้งระบบ 5V และ 3.3V
3. รองรับข้อกำหนดตามมาตรฐานสัญญาณ CAN ISO-11898 (standard physical layer)
4. มีวงจร Termination แบบ Split Termination ภายในบอร์ด สามารถเลือกกำหนดจาก Jumper ได้ทั้งแบบ End Node($120\ \Omega$) และ Stub Node($2.6K\Omega$)
5. รองรับความเร็ว Bus ระหว่าง 62.5Kb/s(ระยะทาง 1000 เมตร) – 1Mb/s(ระยะทาง 30 เมตร)
6. สัญญาณเชื่อมต่อด้าน Logic ใช้หัวต่อ Pin Header ขนาด 1 x 4 ระยะ Pitch 2.54mm
7. สัญญาณเชื่อมต่อด้าน CAN BUS ใช้ Connector DB9 Male จัดเรียงขาสัญญาณตามข้อกำหนดของ J1939, CAN-CIA Standard Connector (Pin2:CANL, Pin7:CANH, Pin3:CAN-GND)
8. ขนาด PCB Size 1.6 mm x 1.8 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

โครงสร้างบอร์ด ET-CAN DRIVER

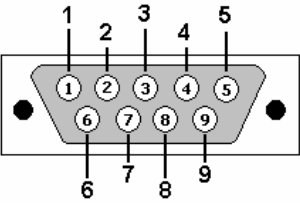


รูปแสดง ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆในบอร์ด ET-CAN DRIVER

- หมายเลข 1 คือ ขั้วต่อ CAN BUS เป็นแบบ DB9 Male จัดหาสัญญาณแบบ J1939,CAN-CIA
- หมายเลข 2,3 คือ Jumper สำหรับเลือกกำหนดรูปแบบของวงจร Termination ให้กับวงจร
- หมายเลข 4 คือ LED RX แสดงสถานะของการรับข้อมูลจาก CAN BUS
- หมายเลข 5 คือ LED +V แสดงสถานะของ แหล่งจ่ายไฟ
- หมายเลข 6 คือ LED TX แสดงสถานะของการส่งข้อมูลให้ CAN BUS
- หมายเลข 7 คือ ขั้วต่อ CAN Logic
 - +V เป็นไฟเลี้ยงวงจรให้บอร์ด สามารถใช้ได้กับแรงดัน 3-6V ซึ่งปรกติควรต่อกับแหล่งจ่ายของวงจร CAN Controller โดยตรง
 - RX เป็นขารับข้อมูล CAN Logic ที่ทำการแปลงระดับสัญญาณมาจาก CAN BUS
 - TX เป็นขาส่งข้อมูล CAN Logic เพื่อนำไปแปลงเป็นสัญญาณส่งออก CAN BUS
 - GND เป็นจุดอ้างอิงระดับสัญญาณ Logic และแหล่งจ่ายไฟ ของบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

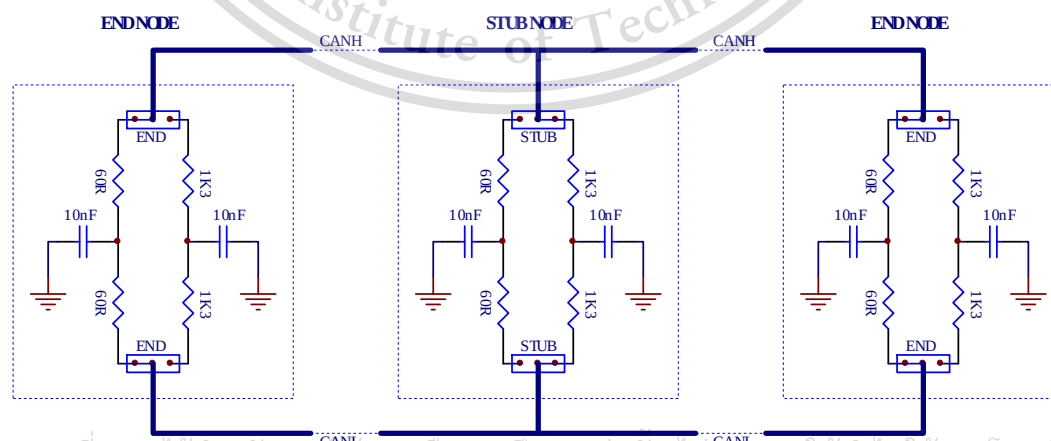
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

 DB9 Male	Pin	J1939,CAN-CIA	ET-CAN DRIVER	Description
	1	Reserved	-	Upgrade Path
	2	CAN_L	CANL	Dominant Low
	3	CAN_GND	CAN GND	Ground
	4	Reserved	-	Upgrade Path
	5	CAN_SHIELD	-	Shield, Optional
	6	GND	-	Ground, Optional
	7	CAN_H	CANH	Dominant High
	8	Reserved	-	Upgrade Path
	9	CAN_V+	-	Power, Optional

ตารางแสดง การจัดเรียงสัญญาณ CAN BUS ของ ET-CAN DRIVER

การเลือก Node สำหรับ CAN BUS

ในระบบ CAN BUS นั้นจำเป็นต้องมีการกำหนดการทำงานของวงจร Termination เพื่อชดเชยความผิดเพี้ยนของสัญญาณซึ่งเกิดจากความต้านทานในสายสัญญาณให้กับวงจร CAN Transceiver โดยถ้าเป็น CAN Transceiver ที่อยู่ตำแหน่ง ต้นสาย และ ปลายสาย ต้องกำหนดเป็น END Node แต่ถ้าเป็นวงจรของ CAN Transceiver ชุดที่อยู่ระหว่าง ต้นทาง กับ ปลายทาง จะกำหนดเป็น STUB Node ซึ่งในบอร์ด ET-CAN DRIVER เองจะใช้ Jumper (END/STUB) เป็นตัวกำหนด Node ดังตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก ETT CO.,LTD. ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

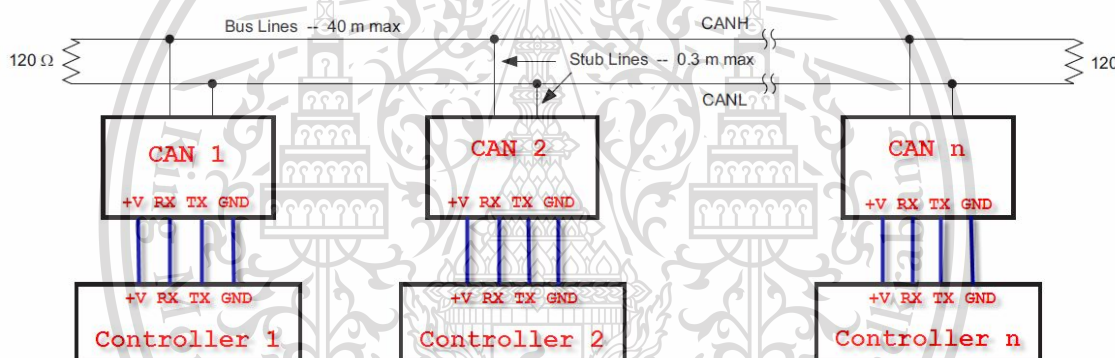
รูปแสดง การเลือก Termination และผังการเชื่อมต่อ CAN BUS

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use

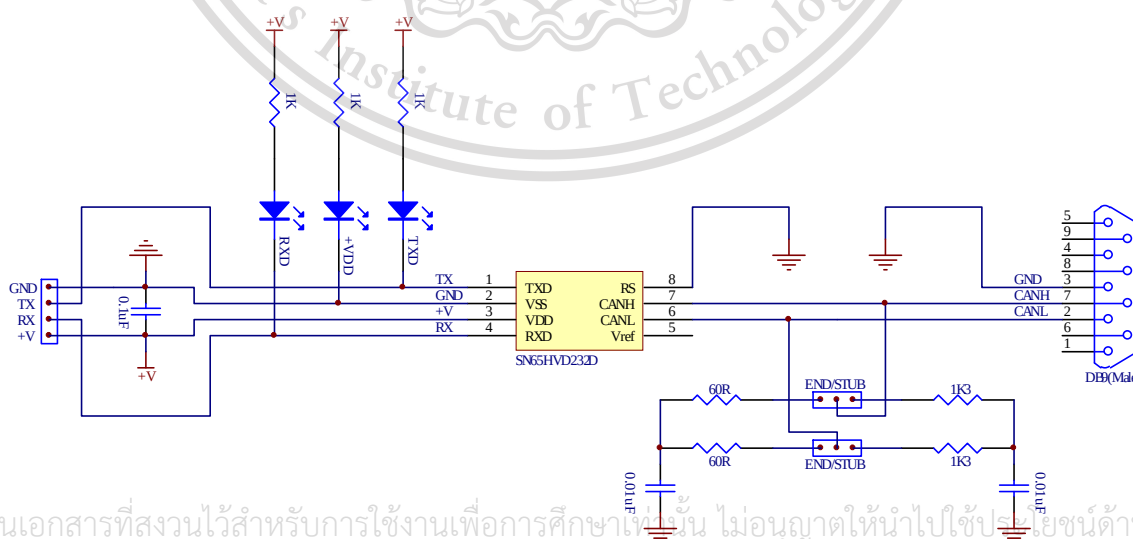
ระบบ CAN BUS รองรับการเชื่อมต่อ CAB BUS ได้จำนวนสูงสุด 120 Node และมีระยะทางไกลสุดประมาณ 30 เมตร ถึง 1000 เมตร ขึ้นอยู่กับความเร็วที่เลือกใช้ โดยใช้สายสัญญาณแบบ STP หรือ UTP โดยระยะทางของการสื่อสารจะแปรผกผันกับความเร็วในการรับส่งข้อมูล ดังข้อมูลใน ตาราง

Bit Rate (kb/s)	Bus Length (เมตร)
1000	30
500	100
250	250
125	500
62.5	1000

ตาราง เปรียบเทียบความเร็วและระยะทางของการสื่อสาร CAN BUS



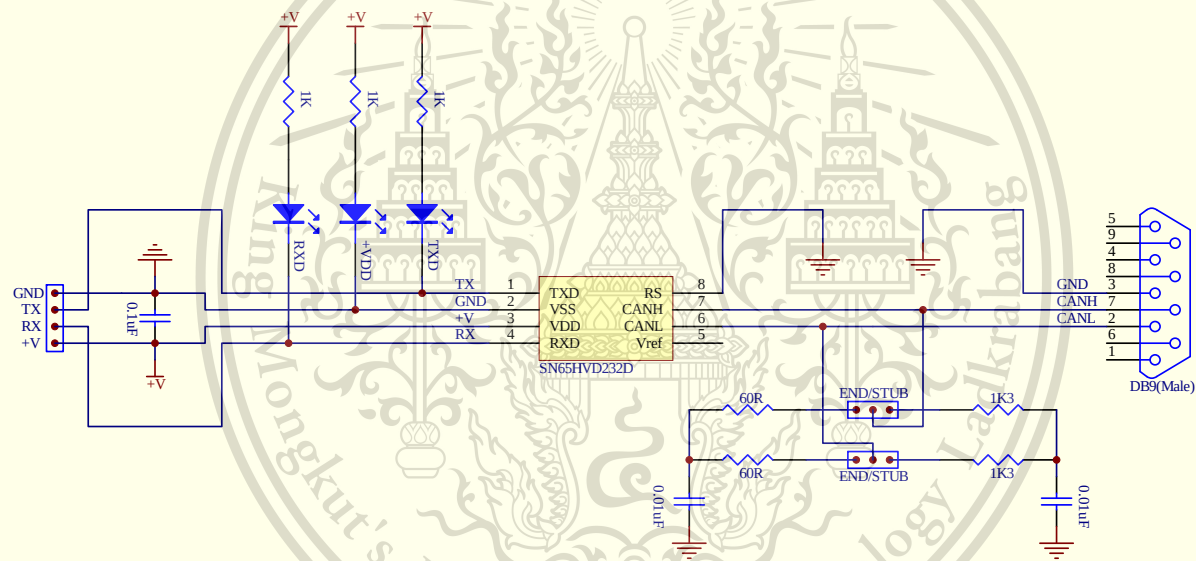
แผนผัง แสดง ตัวอย่าง การต่อ CAN BUS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปเผยแพร่หรือแจกจ่ายแก่บุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

รูปแสดงวงจรของบอร์ด ET-CAN BUS DRIVER

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



Title			
ET-CAN DRIVER			
Size	Number	Revision	
A4	WWW.ETT.CO.TH	1.0	
Date:	18-May-2011	Sheet 1 of 1	
File:	G:\My Circuit\can-driver.Ddb	Drawn By:	



High-Speed, 5 V, 0.1 μ F CMOS RS-232 Drivers/Receivers

ADM222/ADM232A/ADM242

FEATURES

- 200 kB/s Transmission Rate
- Small (0.1 μ F) Charge Pump Capacitors
- Single 5 V Power Supply
- Meets All EIA-232-E and V.28 Specifications
- Two Drivers and Two Receivers
- On-Board DC-DC Converters
- ± 9 V Output Swing with 5 V Supply
- ± 30 V Receiver Input Levels
- Pin Compatible with MAX222/MAX232A/MAX242

APPLICATIONS

- Computers
- Peripherals
- Modems
- Printers
- Instruments

GENERAL DESCRIPTION

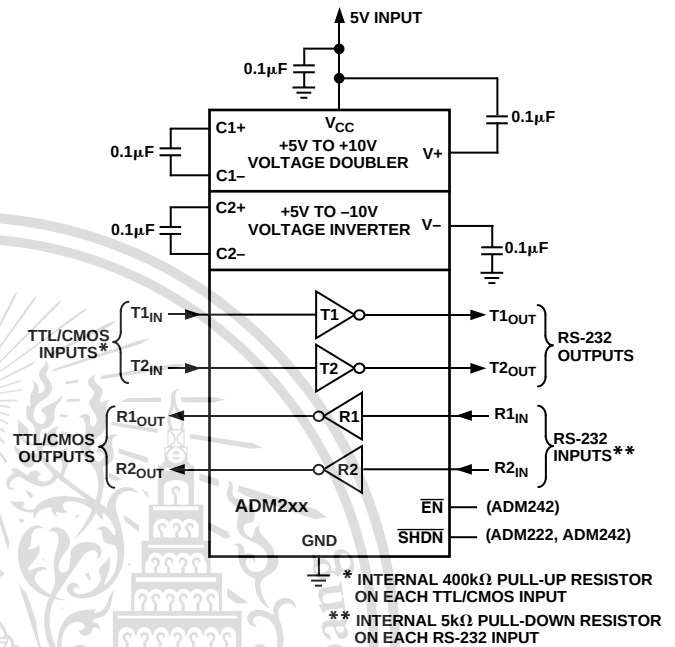
The ADM222, ADM232A, ADM242 are a family of high-speed RS-232 line drivers/receivers offering transmission rates up to 200 kB/s. Operating from a single 5 V power supply, a highly efficient on-chip charge pump using small (0.1 μ F) external capacitors allows RS-232 bipolar levels to be developed. Two RS-232 drivers and two RS-232 receivers are provided on each device.

The devices are fabricated on BiCMOS, an advanced mixed technology process that combines low power CMOS with high-speed bipolar circuitry. This allows for transmission rates up to 200 kB/s, yet minimizes the quiescent power supply current to under 5 mA.

The ADM232A is a pin-compatible, high-speed upgrade for the AD232 and for the ADM232L. It is available in 16-lead DIP and in both narrow and wide surface-mount (SOIC) packages.

The ADM222 contains an additional shutdown ($\overline{\text{SHDN}}$) function that may be used to disable the device, thereby reducing the supply current to 0.1 μ A. During shutdown, all transmit/receive

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



functions are disabled. The ADM222 is available in 18-lead DIP and in a wide surface-mount (SOIC) package.

The ADM242 combines both shutdown ($\overline{\text{SHDN}}$) and enable ($\overline{\text{EN}}$) functions. The shutdown function reduces the supply current to 0.1 mA. During shutdown, the transmitters are disabled but the receivers continue to operate normally. The enable function allows the receiver outputs to be disabled thereby facilitating sharing a common bus. The ADM242 is available in 18-lead DIP and in a wide surface-mount (SOIC) package.

REV. B

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781/329-4700 World Wide Web Site: <http://www.analog.com>
Fax: 781/461-3113 © Analog Devices, Inc., 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ADM222/ADM232A/ADM242—SPECIFICATIONS ($V_{CC} = 5\text{ V} \pm 10\%$. C1–C4 = 0.1 μF ; all specifications T_{MIN} to T_{MAX} unless otherwise noted.)

Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions/Comments
RS-232 TRANSMITTERS					
Output Voltage Swing	± 5	± 9		V	All Transmitter Outputs Loaded with 3 k Ω to Ground
Input Logic Threshold Low, V_{INL}		1.7	0.8	V	T_{IN}
Input Logic Threshold High, V_{INH}	2.4	1.7		V	T_{IN}
Logic Pull-Up Current		12	40	μA	$T_{IN} = 0\text{ V}$
Data Rate	200			kB/s	
Output Resistance	300			Ω	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0\text{ V}$, $V_{OUT} = \pm 2\text{ V}$
Output Short Circuit Current (Instantaneous)		± 10		mA	
RS-232 RECEIVERS					
RS-232 Input Voltage Range	-30		+30	V	
RS-232 Input Threshold Low	0.8	1.2		V	
RS-232 Input Threshold High		1.6	2.4	V	
RS-232 Input Hysteresis	0.2	0.4	1.0	V	$V_{CC} = 5\text{ V}$
RS-232 Input Resistance	3	5	7	k Ω	$T_A = 0^\circ\text{C}$ to 85°C
TTL/CMOS Output Voltage Low, V_{OL}		0.05	0.4	V	$I_{OUT} = 3.2\text{ mA}$
TTL/CMOS Output Voltage High, V_{OH}	3.5			V	$I_{OUT} = -1.0\text{ mA}$
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	-2	-85		mA	Source Current ($V_{OUT} = \text{GND}$)*
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	10	35		mA	Sink Current ($V_{OUT} = V_{CC}$)*
TTL/CMOS Output Leakage Current		± 0.05	± 10	μA	$\overline{\text{SHDN}} = \text{GND}/\overline{\text{EN}} = V_{CC}$ $0\text{ V} \leq V_{OUT} \leq V_{CC}$
$\overline{\text{EN}}$ Input Threshold Low, V_{INL}		1.4	0.8	V	
$\overline{\text{EN}}$ Input Threshold High, V_{INH}	2.0	1.4		V	
POWER SUPPLY					
Power Supply Current		4	8	mA	No Load
		13		mA	3 k Ω Load on Both Outputs
Shutdown Power Supply Current		0.1	10	μA	
$\overline{\text{SHDN}}$ Input Leakage Current			± 1	μA	
$\overline{\text{SHDN}}$ Input Threshold Low, V_{INL}		1.4	0.8	V	
$\overline{\text{SHDN}}$ Input Threshold High, V_{INH}	2.0	1.4		V	
AC CHARACTERISTICS					
Transition Region Slew Rate	3	8	30	V/ μs	$C_L = 50\text{ pF}$ to 1000 pF , $R_L = 3\text{ k}\Omega$ to $7\text{ k}\Omega$ Measured from +3 V to -3 V or -3 V to +3 V
Transmitter Propagation Delay TTL to RS-232		0.85	3.5	μs	t_{PHLT}
		1.0	3.5	μs	t_{PLHT}
Receiver Propagation Delay RS-232 to TTL		0.1	0.5	μs	t_{PHLR}
		0.3	0.5	μs	t_{PLHR}
Receiver Output Enable Time		125	500	ns	t_{ER}
Receiver Output Disable Time		160	500	ns	t_{DR}
Transmitter Output Enable Time		250		μs	$\overline{\text{SHDN}}$ Goes High
Transmitter Output Disable Time		3.5		μs	$\overline{\text{SHDN}}$ Goes Low
Transmitter + to - Propagation Delay Difference		150		ns	
Receiver + to - Propagation Delay Difference		200		ns	

*Guaranteed by design, not production tested.

Specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*(T_A = 25°C unless otherwise noted)

V_{CC} 6 V
 V₊ (V_{CC} - 0.3 V) to +13 V
 V₋ +0.3 V to -13 V

Input Voltages

T_{IN} -0.3 V to (V_{CC} + 0.3 V)
 R_{IN} ±30 V

Output Voltages

T_{OUT} (V₊, +0.3 V) to (V₋, -0.3 V)
 R_{OUT} -0.3 V to (V_{CC} + 0.3 V)

Short Circuit Duration

T_{OUT} Continuous

Power Dissipation N-16 400 mW

(Derate 7.5 mW/°C above 70°C)

θ_{JA}, Thermal Impedance 80°C/W

Power Dissipation R-16N 400 mW

(Derate 7 mW/°C above 70°C)

θ_{JA}, Thermal Impedance 80°C/W

Power Dissipation R-16W 400 mW

(Derate 7 mW/°C above 70°C)

θ_{JA}, Thermal Impedance 80°C/W

Power Dissipation N-18 400 mW

(Derate 7 mW/°C above 70°C)

θ_{JA}, Thermal Impedance 80°C/W

Power Dissipation R-18W 400 mW

(Derate 7 mW/°C above 70°C)

θ_{JA}, Thermal Impedance 80°C/W

Operating Temperature Range

Industrial (A Version) -40°C to +85°C

Storage Temperature Range -65°C to +150°C

Lead Temperature (Soldering, 10 sec) 300°C

Vapor Phase (60 sec) 215°C

Infrared (15 sec) 220°C

*This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

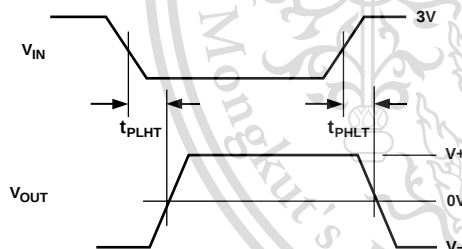
Test Circuits

Figure 1. Transmitter Propagation Delay Timing

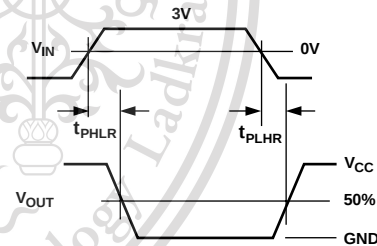


Figure 3. Receiver Propagation Delay Timing

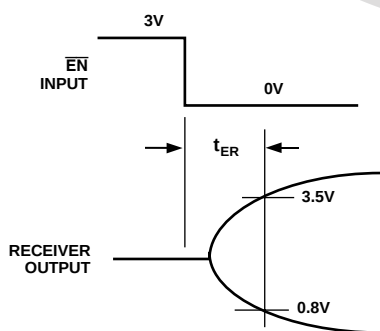


Figure 2. Receiver Enable Timing

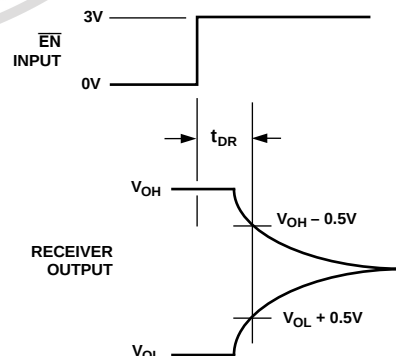


Figure 4. Receiver Disable Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ADM222/ADM232A/ADM242

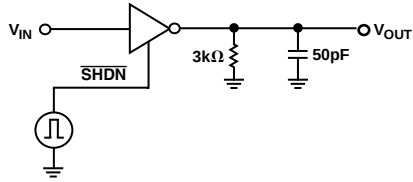


Figure 5. Shutdown Test Circuit

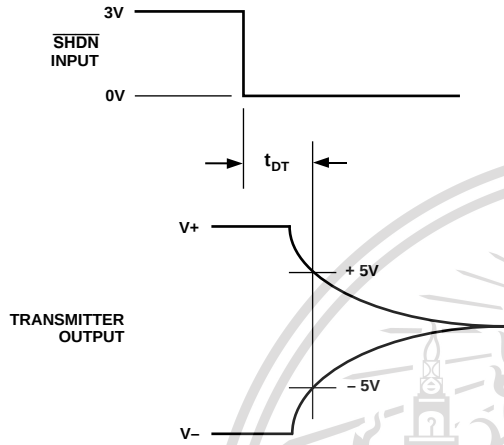


Figure 6. Transmitter Shutdown Disable Timing

PIN FUNCTION DESCRIPTION

Mnemonic	Function
V _{CC}	Power Supply Input, 5 V ± 10%.
V+	Internally generated positive supply (+10 V nominal).
V-	Internally generated negative supply (-10 V nominal).
GND	Ground Pin. Must be connected to 0 V.
C1+	External capacitor 1, (+ terminal) is connected to this pin.
C1-	External capacitor 1, (- terminal) is connected to this pin.
C2+	External capacitor 2, (+ terminal) is connected to this pin.
C2-	External capacitor 2, (- terminal) is connected to this pin.
T _{IN}	Transmitter (Driver) Inputs. These inputs accept TTL/CMOS levels. An internal 400 kΩ pull-up resistor to V _{CC} is connected on each input.
T _{OUT}	Transmitter (Driver) Outputs. These are RS-232 levels (typically ±9 V).
R _{IN}	Receiver Inputs. These inputs accept RS-232 signal levels. An internal 5 kΩ pull-down resistor to GND is connected on each of these inputs.
R _{OUT}	Receiver Outputs. These are TTL/CMOS levels.
NC	No Connect. No connections are required to this pin.
EN	(ADM242 Only) Active Low Digital Input. May be used to enable or disable (three-state) both receiver outputs.
SHDN	(ADM222 and ADM242) Active Low Digital Input. May be used to disable the device so that the power consumption is minimized. On the ADM222 all drivers and receivers are disabled. On the ADM242 the drivers are disabled but the receivers remain enabled.

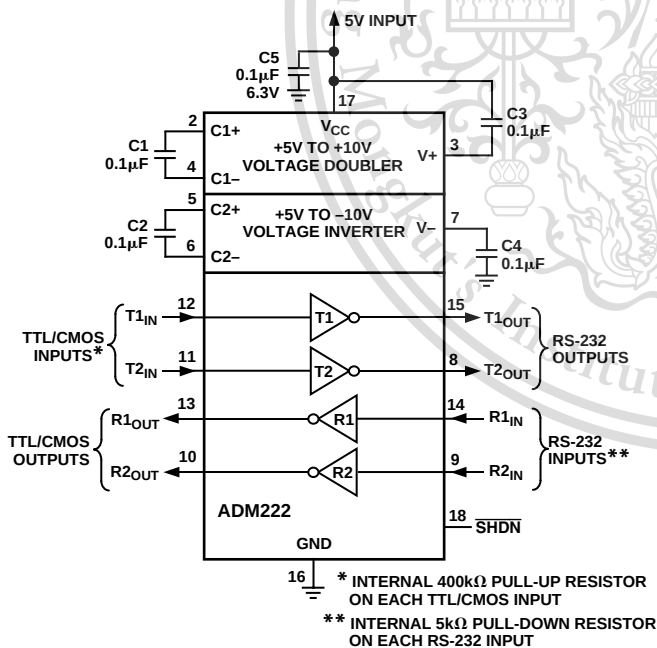


Figure 7. ADM222 Typical Operating Circuit

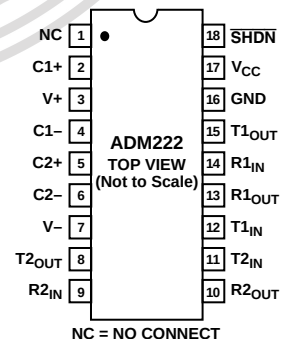


Figure 8. ADM222 DIP and SOIC Pin Configurations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

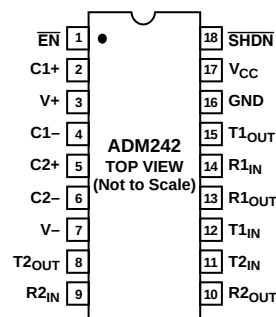


Figure 11. ADM242 DIP/SOIC Pin Configuration

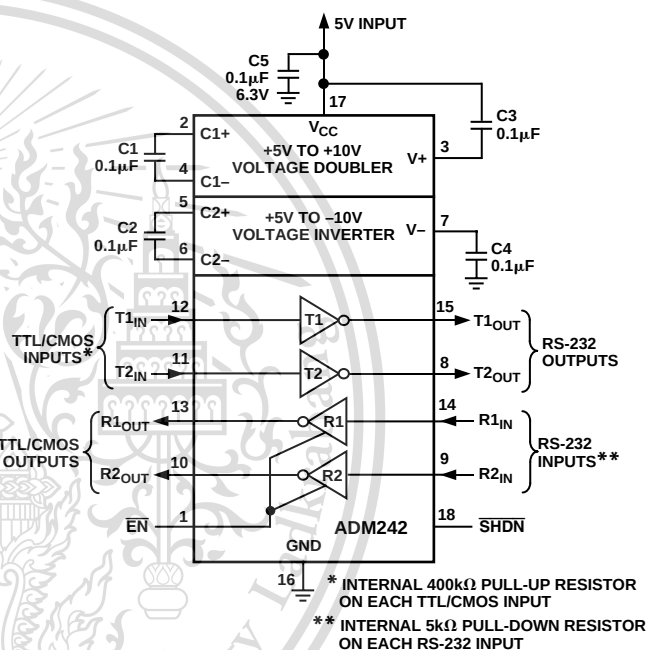
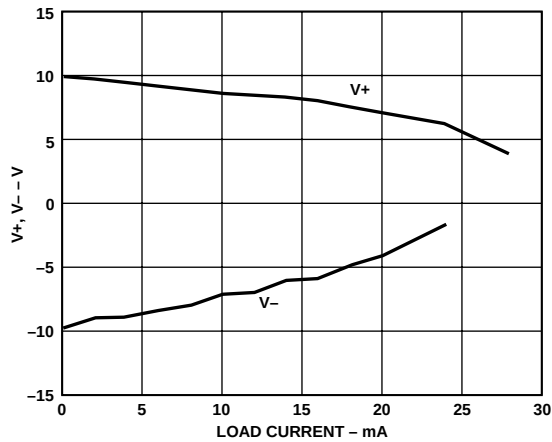
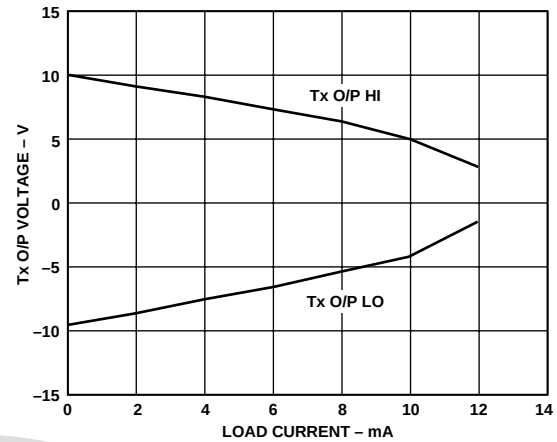


Figure 12. ADM242 Typical Operating Circuit

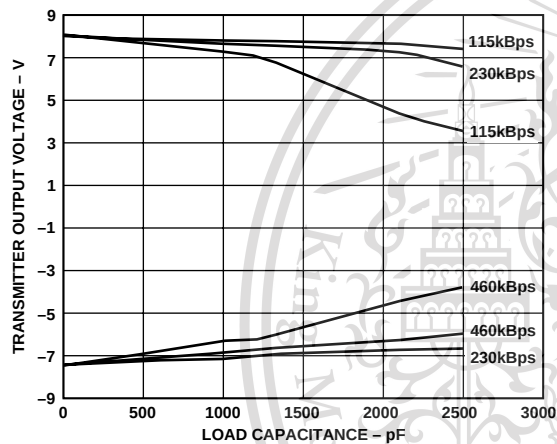
ADM222/ADM232A/ADM242 – Typical Performance Characteristics



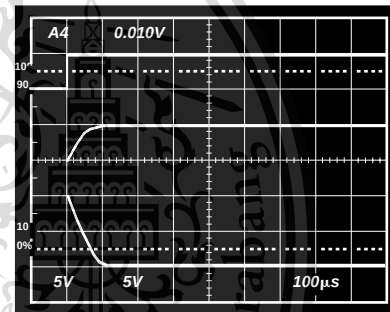
TPC 1. Charge Pump V_+ , V_- vs. Current



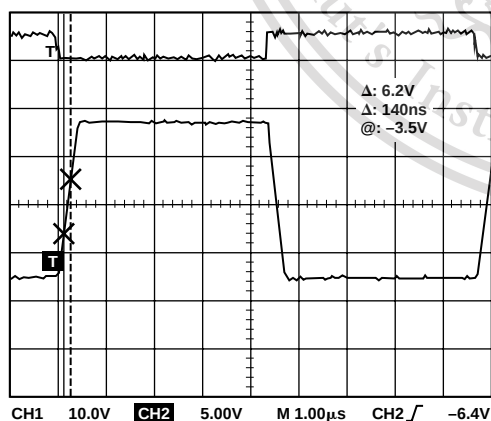
TPC 4. Transmitter Output Voltage vs. Current



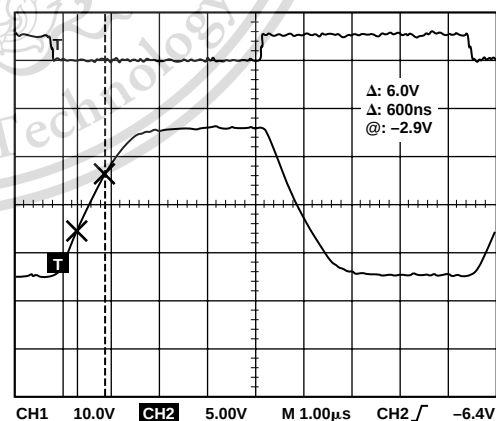
TPC 2. Transmitter Baud Rate vs. Load Capacitance



TPC 5. Charge Pump V_+ , V_- Exiting Shutdown



TPC 3. Transmitter Unloaded Slew Rate



TPC 6. Transmitter Fully Loaded Slew Rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

GENERAL INFORMATION

The ADM222/ADM232A/ADM242 are high-speed RS-232 drivers/receivers requiring a single digital 5 V supply. The RS-232 standard requires transmitters that will deliver ± 5 V minimum on the transmission channel and receivers that can accept signal levels down to ± 3 V. The parts achieve this by integrating step-up voltage converters and level-shifting transmitters and receivers onto the same chip. CMOS technology is used to keep the power dissipation to an absolute minimum. All devices contain an internal charge pump voltage doubler and a voltage inverter that generates ± 10 V from the 5 V input. Four external 0.1 μ F capacitors are required for the internal charge pump voltage converter.

The ADM222/ADM232A/ADM242 is a modification, enhancement and improvement to the AD230-AD241 family and derivatives thereof. It is essentially plug-in-compatible and does not have materially different applications.

CIRCUIT DESCRIPTION

The internal circuitry consists of four main sections. These are:

- Charge Pump Voltage Converter
- TTL/CMOS to RS-232 Transmitters
- RS-232 to TTL/CMOS Receivers
- Enable and Shutdown Functions.

Charge Pump DC-DC Voltage Converter

The Charge Pump Voltage converter consists of an oscillator and a switching matrix. The converter generates a ± 10 V supply from the input 5 V level. This is done in two stages using a switched capacitor technique. The 5 V input supply is doubled to 10 V using capacitor C1 as the charge storage element. The -10 V level is also generated from the input 5 V supply using C1 and C2 as the storage elements.

Capacitors C3 and C4 are used to reduce the output ripple. Their values are not critical and can be reduced if higher levels of ripple are acceptable. The charge pump capacitors C1 and C2 may also be reduced at the expense of higher output impedance on the V+ and V- supplies.

The V+ and V- supplies may also be used to power external circuitry if the current requirements are small. Please refer to the typical performance characteristics which shows the V+, V- output voltage vs. current.

In the shutdown mode the charge pump is disabled and V+ decays to V_{CC} while V- decays to 0 V.

Transmitter (Driver) Section

The Drivers convert TTL/CMOS input levels into RS-232 output levels. With $V_{CC} = 5$ V and driving a typical RS-232 load, the output voltage swing is ± 9 V. Even under worst-case conditions the drivers are guaranteed to meet the ± 5 V RS-232 minimum requirement.

The input threshold levels are both TTL- and CMOS-compatible with the switching threshold set at $V_{CC}/4$. With a nominal $V_{CC} = 5$ V, the switching threshold is 1.25 V typical. Unused inputs may be left unconnected, as an internal 400 k Ω pull-up resistor pulls them high forcing the outputs into a low state.

As required by the RS-232 standard, the slew rate is limited to less than 30 V/ μ s without the need for an external slew limiting capacitor, and the output impedance in the power-off state is greater than 300 Ω .

Receiver Section

The receivers are inverting level-shifters that accept RS-232 input levels (± 3 V to ± 15 V) and translate them into 5 V TTL/CMOS levels. The inputs have internal 5 k Ω pull-down resistors to ground and are also protected against overvoltages of up to ± 30 V. The guaranteed switching thresholds are 0.8 V minimum and 2.4 V maximum, which are well within the ± 3 V RS-232 requirement. The low level threshold is deliberately positive as it ensures that an unconnected input will be interpreted as a low level.

The receivers have Schmitt trigger input with a hysteresis level of 0.5 V. This ensures error-free reception for both noisy inputs and for inputs with slow transition times

Enable and Shutdown Functions

On the ADM222, both receivers are fully disabled during shutdown.

On the ADM242, both receivers continue to operate normally. This function is useful for monitoring activity so that when it occurs, the device can be taken out of the shutdown mode.

The ADM242 also contains a receiver enable function ($\overline{EN}$) which can be used to fully disable the receivers, independent of SHDN.

APPLICATIONS INFORMATION

A selection of typical operating circuits is shown in TPCs 1-6 and Figure 13.

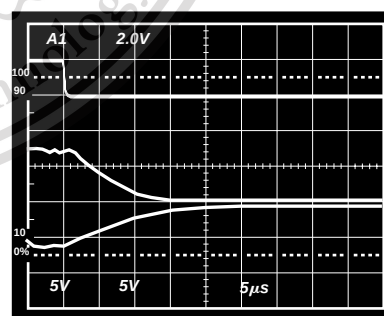


Figure 13. Transmitter Output Disable Timing

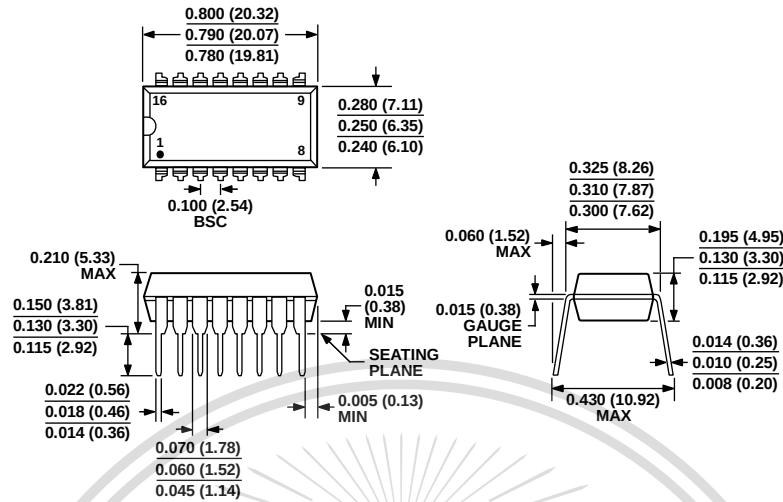
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ADM222/ADM232A/ADM242

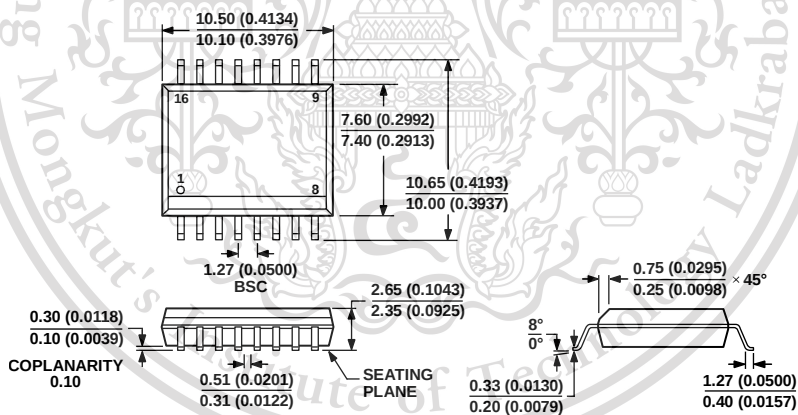
OUTLINE DIMENSIONS



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-001-AB
CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN INCHES; MILLIMETER DIMENSIONS
(IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF INCH EQUIVALENTS FOR
REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.
CORNER LEADS MAY BE CONFIGURED AS WHOLE OR HALF LEADS.

Figure 14. 16-Lead Plastic Dual In-Line Package [PDIP]
Narrow Body
(N-16)

Dimensions shown in inches and (millimeters)



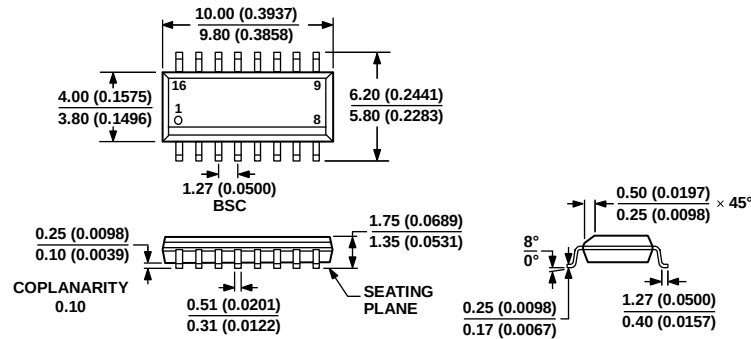
COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-013-AA
CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS
(IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR
REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

Figure 15. 16-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_W]
Wide Body
(RW-16)

Dimensions shown in millimeters and (inches)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



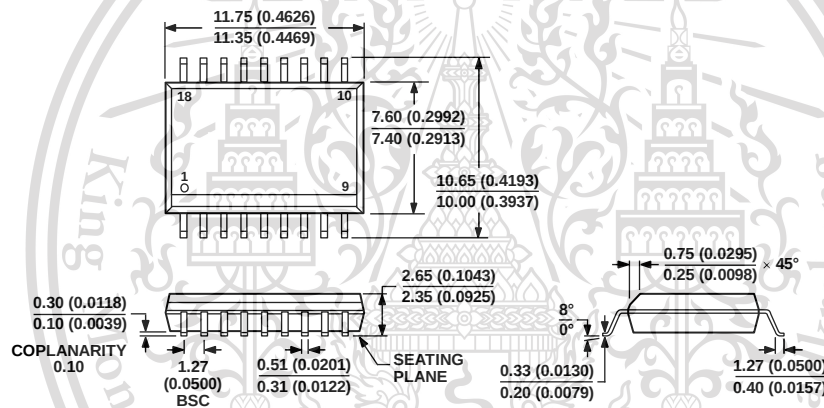
COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AC

CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

Figure 16. 16-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N]

Narrow Body
(R-16)

Dimensions shown in millimeters and (inches)



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-013-AB

CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

Figure 17. 18-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_W]

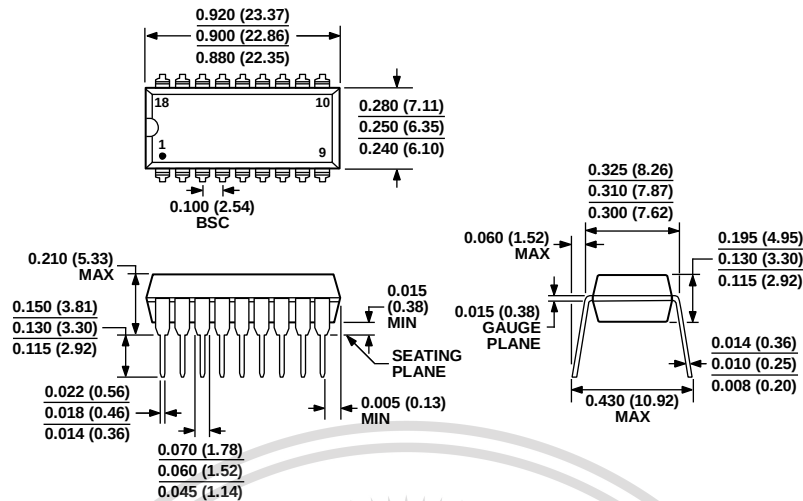
Wide Body
(RW-18)

Dimensions shown in millimeters and (inches)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ADM222/ADM232A/ADM242



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-001
CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN INCHES; MILLIMETER DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF INCH EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN. CORNER LEADS MAY BE CONFIGURED AS WHOLE OR HALF LEADS.

Figure 18. 18-Lead Plastic Dual In-Line Package (PDIP)
Narrow Body
(N-18)
Dimensions shown in inches and (millimeters)

ORDERING GUIDE

Model ¹	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADM222AN	-40°C to +85°C	18-Lead PDIP	N-18
ADM222ANZ	-40°C to +85°C	18-Lead PDIP	N-18
ADM222AR	-40°C to +85°C	18-Lead SOIC_W	RW-18
ADM222ARZ	-40°C to +85°C	18-Lead SOIC_W	RW-18
ADM222ARZ-REEL	-40°C to +85°C	18-Lead SOIC_W	RW-18
ADM232AAN	-40°C to +85°C	16-Lead PDIP	N-16
ADM232AANZ	-40°C to +85°C	16-Lead PDIP	N-16
ADM232AARN	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_N	R-16
ADM232AARN-REEL	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_N	R-16
ADM232AARN-REEL7	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_N	R-16
ADM232AARNZ	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_N	R-16
ADM232AARNZ-REEL	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_N	R-16
ADM232AARNZ-REEL7	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_N	R-16
ADM232AARW	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_W	RW-16
ADM232AARW-REEL	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_W	RW-16
ADM232AARWZ	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_W	RW-16
ADM232AARWZ-REEL	-40°C to +85°C	16-Lead SOIC_W	RW-16
ADM242AN	-40°C to +85°C	18-Lead PDIP	N-18
ADM242ANZ	-40°C to +85°C	18-Lead PDIP	N-18
ADM242AR	-40°C to +85°C	18-Lead SOIC_W	RW-18
ADM242AR-REEL	-40°C to +85°C	18-Lead SOIC_W	RW-18
ADM242ARZ	-40°C to +85°C	18-Lead SOIC_W	RW-18
ADM242ARZ-REEL	-40°C to +85°C	18-Lead SOIC_W	RW-18

¹ Z = RoHS Compliant Part.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

REVISION HISTORY

11/10—Rev. A to Rev. B

Updated Outline Dimensions 9

Changes to Ordering Guide 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
D01213-0-11/10(B)



**ANALOG
DEVICES**

www.analog.com

REV. B

-11-

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

chipKIT™ Max32™ Board Reference Manual

Revision: July 25, 2011



1300 NE Henley Court, Suite 3
Pullman, WA 99163
(509) 334 6306 Voice | (509) 334 6300 Fax

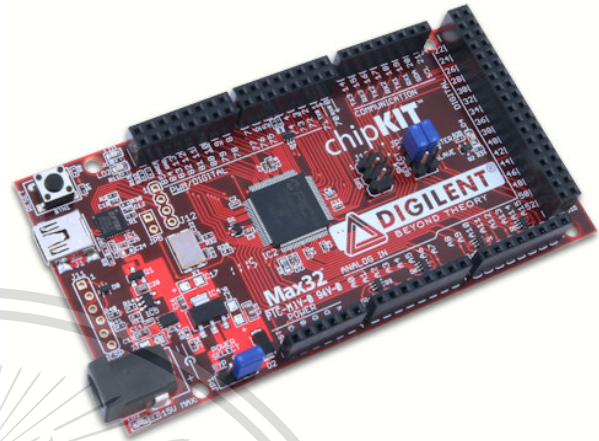
Overview

The chipKIT Max32 is a microcontroller board based on the Microchip PIC32MX795F512L, a member of the 32-bit PIC32 microcontroller family. The chipKIT boards are compatible with the popular Arduino™ microcontroller board shields.

The Max32 is designed to be easy to use and suitable for use by anyone from beginners to advanced users for experimenting with electronics and embedded control systems. The Max32 is intended to be used with the Multi-Platform IDE, (modified Arduino IDE), MPIDE, and contains everything needed to start developing embedded applications.

The Max32 provides 83 I/O pins that support a number of peripheral functions, such as UART, SPI and I²C™ ports and pulse width modulated outputs. Sixteen of the I/O pins can be used as analog inputs or as digital inputs and outputs. The PIC32 microcontroller on the Max32 also provides a 10/100 Ethernet MAC, USB 2.0 Full Speed OTG controller, and two CAN controllers. Use of these advanced peripherals requires an add-on board (for example the Digilent Network Shield) to provide the additional hardware required.

The Max32 can be powered via USB, an external AC-DC power adapter, or batteries.



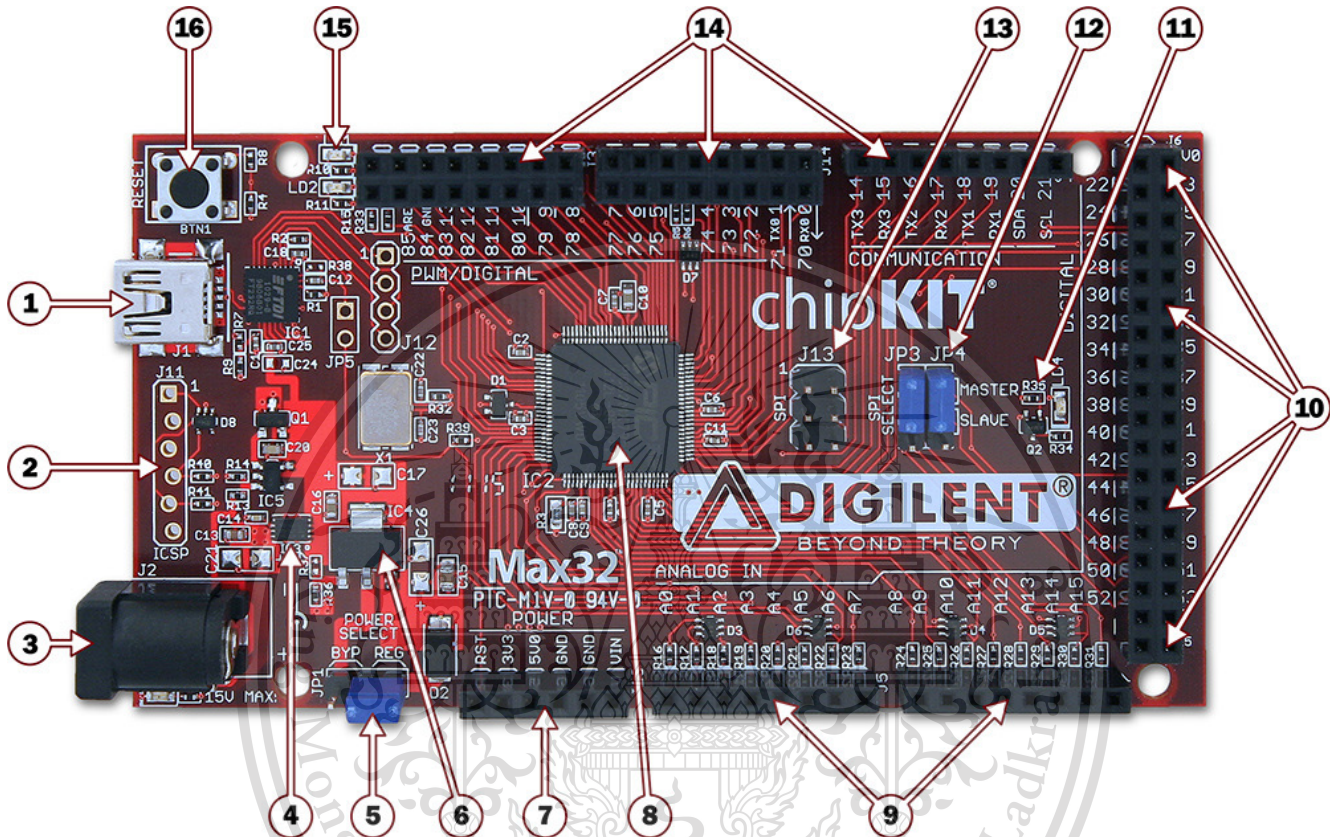
Specifications:

Microcontroller: PIC32MX795F512L
Flash Memory: 512K
RAM Memory: 128K
Operating Voltage: 3.3V
Operating Frequency: 80Mhz
Typical operating current: 90mA
Input Voltage (recommended): 7V to 15V
Input Voltage (maximum): 20V
I/O Pins: 83 total
Analog Inputs: 16
Analog input voltage range: 0V to 3.3V
DC Current per pin: +/-18mA
Advanced peripherals:
10/100 Ethernet MAC
USB 2.0 Full Speed OTG controller
2 CAN controllers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chipKIT Max32 Hardware Overview

The Max32 board provides the following hardware features:



1) USB Connector for USB Serial Converter

This connects to a USB port on the PC to provide the communications port used by the MPIDE to talk to the Max32 board. This can also be used to power the Max32 board when connected to the PC.

2) J11 – Microchip Debug Tool Connector

This connector is used to connect Microchip programmer/debugger tools, such as the PICkit™3. This allows the Max32 board to be used as a traditional microcontroller development board using the Microchip MPLAB® IDE.

3) J2 – External Power Connector

This is used to power the Max32 board from an external power supply. This is a 5.5mm x 2.1mm barrel connector. It is wired with the center terminal as the positive supply voltage. The power supply voltage must be in the range 7V to 15V.

4) Power Supply – 3.3V regulator

Voltage regulator for the 3.3V power supply. This power supply can provide up to 500mA of current.

5) JP1 – Power Select Jumper

This jumper is used to route power from the external power connector through the on-board 5V voltage regulator or to bypass the 5V regulator. The REG position routes power through the 5V regulator. The BYP position bypasses the on-board 5V regulator. With this jumper in the BYP position the maximum input voltage that can be applied at the external power connector is 6V.

6) Power Supply – 5V regulator

On-Board 5V voltage regulator. This regulates the input voltage applied at the external power connector to 5V. This is used to power the 3.3V regulator and to provide 5V power to shields. This regulator can provide up to 800mA of current.

7) J2 – Shield Power Connector

This connector provides power to I/O expansion shields connected to the board.

8) PIC32 Microcontroller

This is the PIC32MX795F512L microcontroller that is the main processor for the board.

9) J5, J7 – Analog Signal Connectors

These connectors provides access to analog/digital I/O pins on the microcontroller.

10) J6, J8, J9, J15 – Digital Signal and Power Connectors

These are shown as four connectors in the Max32 schematic. There is a single connector loaded across all four when the board is assembled. These provide 5V power, ground, and access to digital I/O pins on the microcontroller to shields connected to the board.

11) User LED

An LED connected to digital signal pin 13.

12) JP3/JP4 – SPI Master/Slave Select Jumpers

These jumpers are used to switch the SPI signals for use of the Max32 board as an SPI master device or as an SPI slave device. Both jumpers should be switched together. Place the shorting blocks in the MASTER position for master operation and in the SLAVE position for slave operation. Normally, these jumpers are in the MASTER position.

13) J13 – SPI Signal Connector

This connector provides alternative access to the SPI signals. This is used by some shields for access to the SPI bus.

14) J3, J4, J14 – Digital Signal Connectors

These connectors provides access to digital I/O pins on the microcontroller.

15) Communications Status LEDs

These LEDs indicate activity on the USB serial interface.

16) Reset Button

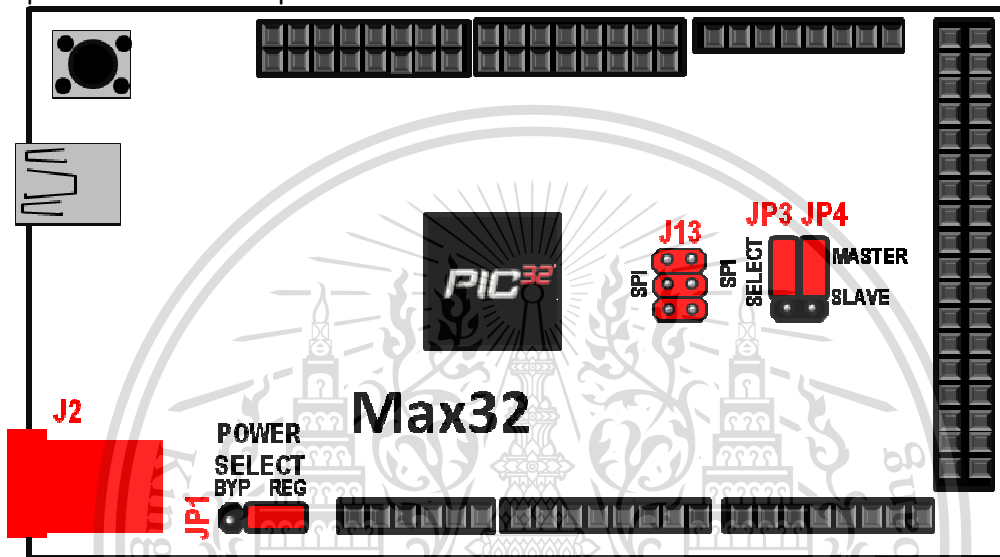
This button can be used to reset the microcontroller, restarting operation from the boot loader.

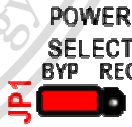
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chipKIT Max32 Jumper Settings

The chipKIT™ Development Platforms use a Microchip PIC32 Microcontroller. These are 32-bit products that bring unprecedented features to the Arduino™ community. In order to maintain compatibility with existing hardware/software while maintaining user accessibility to these advanced features, additional jumpers and row headers are provided. This document describes the functionality of the jumpers listed in figure 1.

Figure 1: chipKIT™ Max32 Jumpers



Jumper	Function
JP1	POWER SELECT: Used to connect/bypass on-board 5V regulator when using a power supply connected to J2
	 POWER SELECT BYP REG J4 supply is regulated (i.e. 5V will be present on 5V pin)  POWER SELECT BYP REG J4 supply bypasses regulator (i.e. Supply voltage will be present on 5V pin)

Note: A 3.3V on-board regulator will always be enabled regardless of JP1 settings to protect the PIC32 MCU

Not sure what this does? Play it safe and keep JP1 on the two right-most pins. (i.e. J2 supply is regulated)

JP3/JP4	SPI SELECT: Used to configure the chipKIT™ as either a Master or Slave when using the SPI (Serial Peripheral Interface). The chipKIT™ board can be connected to another device or even another chipKIT™ through the SPI connector (J13).
---------	--



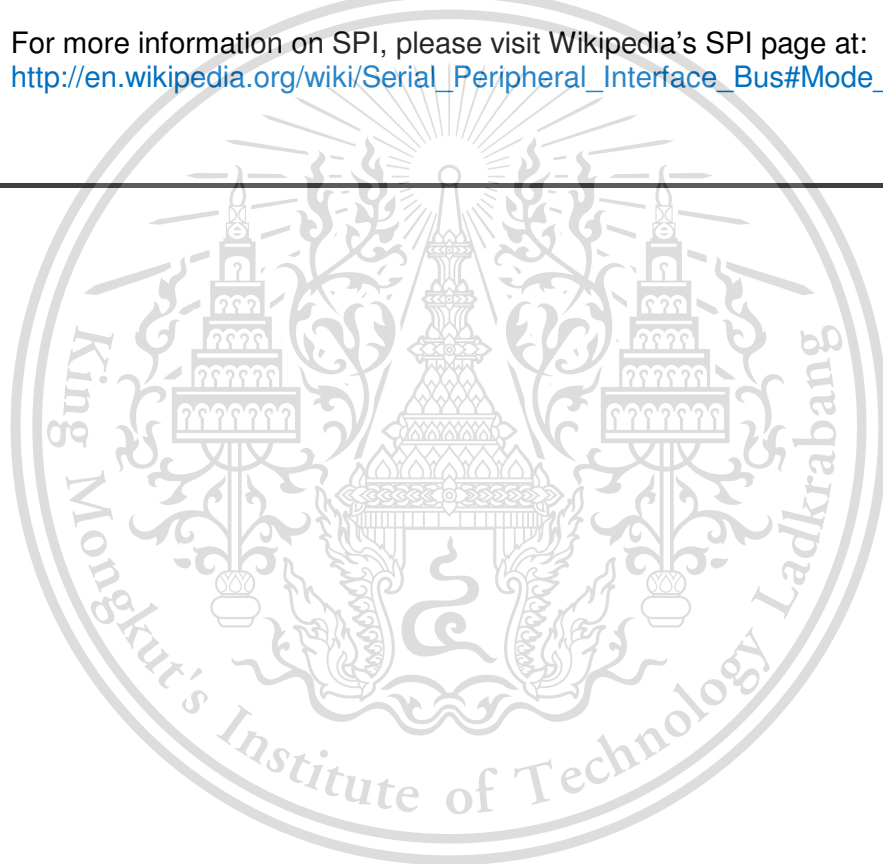
chipKIT™ configured as a SPI Master



chipKIT™ configured as a SPI Slave



For more information on SPI, please visit Wikipedia's SPI page at:
http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus#Mode_Numbers



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chipKIT Max32 Hardware Description

MPIDE and USB Serial Communications

The Max32 board is designed to be used with the Multi-Platform IDE (MPIDE). The MPIDE development platform was produced by modifying the Arduino™ IDE and is fully backward compatible with the Arduino IDE.

The MPIDE uses a serial communications port to communicate with a boot loader running in the Max32 board. The serial port on the Max32 board is implemented using an FTDI FT232R USB serial converter. Before attempting to use the MPIDE to communicate with the Max32, the appropriate USB device driver must be installed.

The Max32 board uses a standard mini-USB connector for connection to a USB port on the PC.

When the MPIDE needs to communicate with the Max32 board, the board is reset and starts running the boot loader. The MPIDE then establishes communications with the boot loader and downloads the program to the board.

When the MPIDE opens the serial communications connection on the PC, the DTR pin on the FT232R chip is driven low. This pin is coupled through a capacitor to the MCLR pin on the PIC32 microcontroller. Driving the MCLR line low resets the microcontroller, restarting execution with the boot loader.

This automatic reset action when the serial communications connection is opened can be disabled. To disable this operation, there is a cut-able trace on the bottom of the board between the pins of JP5. JP5 is normally not loaded. If the trace between the pins on JP5 has been cut, the automatic reset operation can be restored by loading JP5 and inserting a shorting block across it.

Two red LEDs (LD1 and LD2) will blink when data is being sent or received between the Max32 and the PC over the serial connection.

The header connector J12 provides access to the other serial handshaking signals provided by the FT232R. Connector J12 is not loaded at the factory and can be loaded by the user to access these signals.

Power Supply

The Max32 is designed to be powered either from USB or from an external power supply. There is an automatic switchover circuit that causes the external supply to be used if both supplies are present.

The power supply section in the Max32 uses two voltage regulators. The first regulates the external voltage to 5V to power the VCC5V0 bus. The second regulates the VCC5V0 bus to 3.3V to provide power to the VCC3V3 bus that powers the PIC32 microcontroller.

The 5V voltage regulator is normally an NCP1117. The board is designed to be able to also use an LM1117, but the NCP1117 is the part normally used. The NCP1117 is rated for an output current of 1A (the LM1117 is rated for 800mA). The dropout voltage of the NCP1117 is a maximum of 1.2V at the rated output current (1.3V for the LM1117). There is a reverse polarity protection diode in the external power supply circuit. Considering the diode drop plus the forward drop across the regulator, the minimum input voltage to the regulator should be 7V to produce a reliable 5V output. The absolute maximum input voltage of both the NCP1117 and the LM1117 is 20V. The recommended maximum operating voltage is 15V. For input voltages above 9V, the regulator will get extremely hot when drawing high currents. Both the NCP1117 and the LM1117 have output short circuit protection and internal thermal protection and will shut down automatically to prevent damage.

The 3.3V regulator is a Microchip MCP1725. This regulator is rated for a maximum output current of 500mA. The absolute maximum input voltage for the MCP1725 is 6V. This regulator has internal short circuit protection and thermal protection. It will get noticeably warm when the current consumed by the VCC3V3 bus is close to the 500mA maximum.

The 5V power bus, VCC5V0 can be powered from one of three sources: 1) The USB5V0 bus when the board is operating under USB power; 2) The output of the on-board 5V regulator when operating from an external 7V – 15V supply; or 3) Directly from the external supply when operating from a regulated 5V external supply and jumper JP1 is in the BYP position.

Switchover from USB power to external power is done automatically and the external supply will be used if both are present.

Jumper JP1 is used to route the external power supply voltage through the on-board 5V regulator or directly to the VCC5V0 bus, bypassing the on-board 5V regulator. Normally, JP1 should be in the REG position. This routes the external supply through the 5V regulator. Operation from an externally regulated 5V supply is provided by placing the jumper in the BYP position.

The forward drop across the MCP1725 is typically 210mV (350mV max) at 500mA output. With JP1 in the BYP position, this will allow correct operation of the 3.3V power supply from an input voltage down to 3.5V. This allows powering the board from batteries and other lower voltage power sources. In this case, the VCC5V0 power bus will not be powered at 5V.

NOTE: It is extremely important to observe the MCP1725 maximum input voltage rating of 6V when JP1 is in the BYP position. Applying more than 6V to the external power input with the jumper in the BYP position can destroy the 3.3V regulator and possibly the PIC32 microcontroller as well.

The PIC32 microcontroller is rated to use a maximum of 98mA of current when operating at 80Mhz. This allows up to ~400mA from the VCC3V3 bus and up to 700mA from the VCC5V0 bus to power external devices.

The POWER connector, J10, is used to provide power to shields connected to the Max32 board. The following pins are provided on this connector:

P32_MCLR (pin 1): This connects to the MCLR pin on the PIC32 microcontroller and can be used to reset the PIC32.

VCC3V3 (pin 2): This routes the 3.3V power bus to shields. This pin can provide ~400mA.

VCC5V0 (pin 3): This routes the 5V power bus to shields. This pin can provide up to ~700mA to shields, however the total provided by pins 2 and 3 shouldn't exceed 800mA.

GND (pin 4, 5): This provides a common ground connection between the Max32 and the shields.

VIN (pin 6): This connects to the voltage provided at the external power supply connector. This can be used to provide unregulated input power to the shield. It can also be used to power the Max32 board from the shield instead of from the external power connector.

5V Compatibility

The PIC32 microcontroller operates at 3.3V. The original Arduino boards operate at 5V, and many Arduino shields are designed to operate at 5V.

There are two issues to consider when dealing with 5V compatibility for 3.3V logic. The first is protection of 3.3V inputs from damage caused by 5V signals. The second is whether the 3.3V output is high enough to be recognized as a logic high value by a 5V input.

The digital I/O pins on the PIC32 microcontroller are 5V tolerant. The analog capable I/O pins are not 5V tolerant. To

provide 5V tolerance on those pins, the Max32 contains clamp diodes and current limiting resistors to protect them from 5V input voltages.

The fact that all I/O pins are 5V tolerant means that it is safe to apply 5V logic levels to any pins on the board without risk of damaging the PIC32 microcontroller.

The minimum output high voltage of the PIC32 microcontroller is rated at 2.4V when sourcing 12mA of current. When driving a high impedance input (typical of CMOS logic) the output high voltage will be close to 3.3V. Some 5V devices will recognize this voltage as a logic high input, and some won't. Many 5V logic devices will work reliably with 3.3V inputs.

Input/Output Connections

The Max32 board provides 83 of the I/O pins from the PIC32 microcontroller to pins on the input/output connectors, J3, J4, J5, J7, J8, J9, and J14.

The PIC32 microcontroller can source or sink a maximum of 18mA on all digital I/O pins. However, to keep the output voltage within the specified voltage range (V_{OL} 0.4V, V_{OH} 2.4V) the pin current must be restricted to ± 7 -12mA. The maximum current that can be sourced or sunk across all I/O pins simultaneously is ± 200 mA. The maximum voltage that can be applied to any I/O pin is 5.5V. For more detailed specifications, refer to the PIC32MX5XX/6XX/7XX Data Sheet available from the Microchip web site.

Connectors J3, J8, J9, and J14 are 2x8 female pin header connectors that provide digital I/O signals. Connector J4 is a 1x8 female pin header that provides digital I/O signals. Connectors J5 and J7 are 1x8 female pin headers that provide analog inputs as well as digital I/O signals.

Connectors J6 and J15 are two-pin headers that provide power and ground to shield boards. J6 provides two pins connected to the

VCC5V0 bus and J15 provides two pins connected to GND.

Note, that although J6, J8, J9 and J15 are shown as separate connectors on the schematic, a single connector part is loaded across all of them when the board is manufactured.

On connectors J3 and J14, the outer row (closer to the board edge) of pins corresponds to the I/O connector pins on an Arduino Mega or Mega 2560 board. The inner row of pins provides access to the extra I/O signals provided by the PIC32 microcontroller.

The chipKIT/Arduino system uses logical pin numbers to identify digital I/O pins on the connectors. The logical pin numbers for the I/O pins on the Max32 are 0 – 85. These pin numbers are labeled in the silk screen on the board.

The analog inputs on connectors J5 and J7 are also assigned digital pin numbers. Pins A0 – A7 on connector J5 are digital pins 54 – 61, and pins A8 – A15 on connector J5 are digital pins 62 – 69.

Pin numbers 70 – 85 are on the inner rows of connectors J14 and J3.

Peripheral I/O Functions

The PIC32 microcontroller on the Max32 board provides a number of peripheral functions. The following peripherals are provided:

UART port 0: Asynchronous serial port. Pin 0 (RX0), Pin 1 (TX0). These pins are connected to I/O connector J14 and are also connected to the FT232R USB serial converter. It is possible to use these pins to connect to an external serial device when not using the USB serial interface. This uses UART1A (U1ARX, U1ATX) in the PIC32 microcontroller.

UART port 1: Asynchronous serial port. Pin 19 (RX1), Pin 18 (TX1). This uses UART1B (U1BRX, U1BTX) in the PIC32 microcontroller.

UART port 2: Asynchronous serial port. Pin 17 (RX2), Pin 16 (TX2). This uses UART3A (U3ARX, U3ATX) in the PIC32 microcontroller.

UART port 3: Asynchronous serial port. Pin 15 (RX3), Pin 14 (TX3). This uses UART3B (U3BRX, U3BTx) in the PIC32 microcontroller.

SPI: Synchronous serial port. Pin 53 (SS), Pin 51 (MOSI), Pin 50 (MISO), Pin 52 (SCK). These signals also appear on connector J13. Jumpers JP3 and JP4 are used to select whether the Max32 operates as a Master (transmit on MOSI, receive on MISO) or a Slave (transmit on MISO, receive on MOSI) device. The shorting blocks on JP3 and JP4 are normally placed in the Master position for the Max32 to function as an SPI master. This uses SPI2A (SS2A, SDI2A, SDO2A, SCK2A) in the PIC32 microcontroller.

I²C: Synchronous serial interface. Pin 21 (SCL), Pin 20 (SDA). This uses I2C1 (SDA1, SCL1) in the PIC32 microcontroller.

Note: The I²C bus uses open collector drivers to allow multiple devices to drive the bus signals. This means that pull-up resistors must be provided to supply the logic high state for the signals. These pull-up resistors are not on the Max32 board and must be provided externally. The resistance of the pull-up resistor to use depends on the total number of devices on the bus, the length of wire, and the clock speed being used. It essentially depends on distributed capacitance on the bus. The higher the distributed capacitance and the faster the clock speed, the smaller the resistance should be. Values typically used are in the range of 2K to 10K ohms.

PWM: Pulse width modulated output. Pins 3 (OC1), 5 (OC2), 6 (OC3), 9 (OC4), and 10 (OC5).

External Interrupts: Pin 3 (INT0), Pin 2 (INT1), Pin 7 (INT2), Pin 21 (INT3), Pin 20 (INT4)

User LED: Pin 13 (LD4). Pin 13 is shared between a connector pin and the LED. Driving the pin high turns the LED on, driving it low turns it off.

A/D Converter Reference: Labeled A, the left-most outer pin on connector J3. This is used to provide an external voltage reference to determine the input voltage range of the analog pins. The maximum voltage that can be applied to this pin is 3.3V. Note that this signal is duplicated on connector J8 and corresponds to digital I/O pin 44. If the A pin is being used as an analog reference, then pin 44 is not useable.

RTCC: Real Time Clock Calendar. The PIC32 microcontroller contains an RTCC circuit that can be used to maintain time and date information. The operation of the RTCC requires a 32.768Khz frequency source. Pin 75 (SOSCI) is the clock input for the RTCC. A 32.768Khz oscillator should be connected to this pin to allow use of the RTCC.

RESET: A reset button is at the upper left corner of the board. Pressing this button will reset the PIC32 microcontroller.

Advanced Peripheral Devices

The PIC32MX795F512L microcontroller on the Max32 board has several peripheral devices for advanced communications capabilities. These peripheral devices require additional hardware that isn't provided on the Max32 board in order to function. This additional hardware must be provided by a shield board (such as the Digilent chipKIT Network Shield) connected to the Max32.

These advanced peripheral functions make use of various I/O pins for their operation. Most of the I/O pins used by the advanced peripheral devices are located on connectors J8 and J9. When these pins are being used by the advanced peripheral functions they are not available for other uses.

USB: The USB OTG controller allows using the Max32 board to implement a USB device, USB host or USB OTG host/device. The following pins are used by the USB interface: Pin 27 (D+), Pin 26 (D-), Pin 25 (USBID), Pin 24 (VBUS).

Pin 24 (VBUS) can be used by a self powered USB device to monitor the presence of bus voltage on the USB bus. This pin on the PIC32 microcontroller is an analog input pin used by the USB controller, and is not useable as a user I/O pin even when not using the USB controller.

10/100 Ethernet MAC: The Ethernet MAC requires an external PHY to complete the implementation of an Ethernet network port. The Ethernet MAC constructs the digital format of packets being sent and performs the checking and buffering of packets being received. The PHY provides the physical interface and translates the digital signals used by the MAC into the analog voltages used on the Ethernet cable.

There are two common interfaces used between an Ethernet MAC and the PHY: MII and RMII. The MAC in the PIC32 supports either interface, but the Max32 board is designed to use the RMII interface.

The RMII Ethernet PHY interface uses the following pins: Pin 53 (EREFCLK), Pin 49 (EMDC), Pin 48 (EMDIO), Pin 47 (ETXEN), Pin 46 (ETXD0), 45 (ETXD1), Pin 43 (ECRSRV), Pin 42 (ERXD0), Pin 41 (ERXD1), Pin 40 (ERXERR), and Pin 7 (NRST).

CAN1, CAN2: The CAN controllers allow the Max32 to participate in one or two CAN (Controller Area Network) networks. CAN is a networking standard that was developed for use in the automotive industry and is now also use in building automation and other industrial applications. The CAN controllers in the PIC32 microcontroller require external CAN transceivers to connect to the network wiring.

The CAN1 interface uses the following pins: Pin 15 (AC1RX), Pin 14 (AC1TX). Note that these pins are also used by UART3.

The CAN2 interface uses the following pins: Pin 23 (AC2RX), Pin 21 (AC2TX).

The PIC32 microcontroller is designed to allow one of two sets of pins to be used by the CAN controllers to connect to the transceivers. The Max32 board is designed to use the alternate sets of pins.

Microchip Development Tool Compatibility

In addition to being used with the MPIDE, the Max32 board can be used as a more traditional microcontroller development board using Microchip Development Tools.

Unloaded connector J11 on the left side of the board is used to connect to a Microchip development tool, such as the PICkit™3. The holes for JP3 are staggered so that a standard, 100mil spaced, 6-pin header can be press fit to the board without the need to solder it in place. Any Microchip development tool that supports the PIC32 microcontroller family, and can be connected via the same 6-pin interface as the PICkit3 can be used.

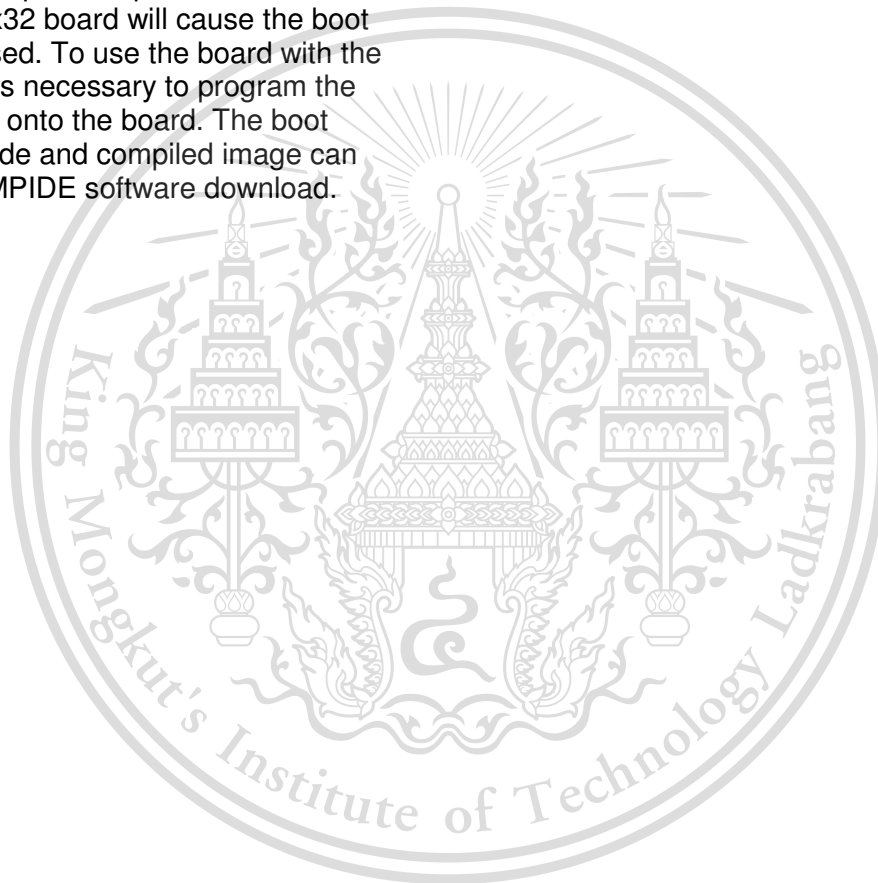
Typically, a right angle male connector will be used in J11 so that a PICkit3 can be attached coplanar with the Max32 board. If the connector is loaded from the top, the PICkit3 will be upright (button and LEDs visible). Alternatively, the connector can be loaded from the bottom. In this case, the PICkit3 will be upside down.

If J11 is loaded from the top, the PICkit3 will interfere with the USB connector and the external power connector. A short six-wire cable can be used between the PICkit3 and the Max32. If J11 is loaded from the bottom, the PICkit3 won't interfere with the USB and external power connectors.

Digilent has a kit available (PICKit3 Programming Cable Kit) that includes all necessary connectors and cable for connecting a PICKit3 to the Max32.

The Microchip MPLAB® IDE or the MPLAB® X IDE can be used to program and debug code running on the Max32 board. These programs can be downloaded from the Microchip web site.

Using the Microchip development tools to program the Max32 board will cause the boot loader to be erased. To use the board with the MPIDE again, it is necessary to program the boot loader back onto the board. The boot loader source code and compiled image can be found in the MPIDE software download.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chipKIT™ Max32™ Board Reference Manual

Revision: July 25, 2011



1300 NE Henley Court, Suite 3
Pullman, WA 99163
(509) 334 6306 Voice | (509) 334 6300 Fax

Pinout Table by Logical Pin Number

chipKIT Pin #	Connector Pin #	PIC32 Pin	PIC32 Signal	Notes
0	J14-01	52	SDA1A/SDI1A/U1ARX/RF2	
1	J14-03	53	SCL1A/SDO1A/U1ATX/RF8	
2	J14-05	18	AERXD0/INT1/RE8	
3	J14-07	72	SDO1/OC1/INT0/RD0	
4	J14-09	74	SOSCO/T1CK/CN0/RC14	
5	J14-11	76	OC2/RD1	
6	J14-13	77	OC3/RD2	
7	J14-15	19	AERXD1/INT2/RE9	
8	J3-01	79	ETXD2/IC5/PM12/RD12	
9	J3-03	78	OC4/RD3	
10	J3-05	81	OC5/PMWR/CN13/RD4	
11	J3-07	9	T5CK/SDI1/RC4	
12	J3-09	58	SCL2/RA2	
13	J3-11	59	SDA2/RA3	
14	J4-08	39	AC1TX/SCK3A/U3BTX/U3ARTS/RF13	
15	J4-07	40	AC1RX/SS3A/U3BRX/U3ACTS/RF12	
16	J4-06	50	SCL3A/SDO3A/U3ATX/PMA8/CN18/RF5	
17	J4-05	49	SDA3A/SDI3A/U3ARX/PMA9/CN17/RF4	
18	J4-04	48	AETXD1/SCK1A/U1BTX/U1ARTS/CN21/RD15	
19	J4-03	47	AETXD0/SS1A/U1BRX/U1ACTS/CN20/RD14	
20	J4-02	67	AETXEN/SDA1/INT4/RA15	
21	J4-01	66	AETXCLK/SCL1/INT3/RA14	
22	J9-16	7	T3CK/AC2TX/RC2	

23	J9-15	8	T4CK/AC2RX/RC3	
24	J9-14	54	VBUS	
25	J9-13	51	USBID/RF3	
26	J9-12	56	D-/RG3	
27	J9-11	57	D+/RG2	
28	J9-10	1	AERXERR/RG15	
29	J9-09	11	ECRX/SDA2/SDI2A/U2ARX/PMA4/CN9/RG7	
30	J9-08	5	PMD7/RE7	
31	J9-07	4	PMD6/RE6	
32	J9-06	3	PMD5/RE5	
33	J9-05	100	PMD4/RE4	
34	J9-04	99	PMD3/RE3	
35	J9-03	98	PMD2/RE2	
36	J9-02	94	PMD1/RE1	
37	J9-01	93	PMD0/RE0	
38	J8-16	70	SCK1/IC3/PMCS2/PMA15/RD10	
39	J8-15	82	PMRD/CN14/RD5	
40	J8-14	35	AN11/EREXERR/AETXERR/PMA12/RB11	Also J7-04(65)
41	J8-13	42	AN13/ERXD1/AECOL/PMA10/RB13	Also J7-06(66)
42	J8-12	41	AN12/ERXD0/AECRS/PMA11/RB12	Also J7-05(67)
43	J8-11	12	ERXDV/AERXDV/ECRSDV/AECRSDV/SCL2A/SDO2A/U2ATX/PMA3/CN10/RG8	Also JP3,JP4
44	J8-10	29	VREF+/CVREF+/AERXD3/PMA6/RA10	also J3-15
45	J8-09	87	C1RX/ETXD1/PMD11/RF0	
46	J8-08	88	C1TX/ETXD0/RMD10/RF1	
47	J8-07	83	ETXEN/PMD14/CN15/RD6	
48	J8-06	68	RTCC/EMDIO/AEMDIO/IC1/RD8	
49	J8-05	71	EMDC/AEMDC/IC4/PMCS1/PMA14/RD11	
50	J8-04	11	ECRX/SDA2/SDI2A/U2ARX/PMA4/CN9/RG7	Also JP3,JP4
51	J8-03	12	ERXDV/AERXDV/ECRSDV/AECRSDV/SCL2A/SDO2A/U2ATX/PMA3/CN10/RG8	Also JP3,JP4
52	J8-02	10	ECOL/SCK2A/U2BTX/U2ARTS/PMA5/CN8/RG6	Also J13-03

53	J8-01	14	ERXCLK/AERXCLK/EREFCLK/AEREFCLK/SS2A/U2BRX/U2ACTS/PMA2/CN11/RG9	Also J13-05
54	J5-01	25	PGED1/AN0/CN2/RB0	Also A0
55	J5-02	24	PGEC1/AN1/CN3/RB1	Also A1
56	J5-03	23	AN2/C2IN-/CN4/RB2	Also A2
57	J5-04	22	AN3/C2IN+/CN5/RB3	Also A3
58	J5-05	21	AN4/C1IN-/CN6/RB4	Also A4
59	J5-06	20	AN5/C1IN+/VBUSON/CN7/RB5	Also A5
60	J5-7	26	PGEC2/AN6/OCFA/RB6	Also A6
61	J5-8	27	PGED2/AN7/RB7	Also A7
62	J7-01	32	AN8/C1OUT/RB8	Also A8
63	J7-02	33	AN9/C2OUT/RB9	Also A9
64	J7-03	34	AN10/CVREFOUT/PMA13/RB10	Also A10
65	J7-04	35	AN11/EREXERR/AETXERR/PMA12/RB11	Also A11,J8-14(40)
66	J7-06	42	AN13/ERXD1/AECOL/PMA10/RB13	Also A12,J8-13(41)
67	J7-05	41	AN12/ERXD0/AECRS/PMA11/RB12	Also A13,J8-12(42)
68	J7-07	43	AN14/ERXD2/AETXD3/PMALH/PMA1/RB14	Also A14
69	J7-08	44	AN15/ERXD3/AETXD2/OCFB/PMALL/PMA0/CN12/RB15	Also A15
70	J14-02	17	TMS/RA0	
71	J14-04	38	TCK/RA1	
72	J14-06	60	TDI/RA4	
73	J14-08	61	TDO/RA5	
74	J14-10	69	SS1/IC2/RD9	
75	J14-12	73	SOSCI/CN1/RC13	
76	J14-14	80	ETXD3/PMD13/CN19/RD13	
77	J14-16	84	ETXCLK/PMD15/CN16/RD7	
78	J3-02	89	C2TX/ETXERR/PMD9/RG1	
79	J3-04	90	C2RX/PMD8/RG0	
80	J3-06	91	TRCLK/RA6	
81	J3-08	92	TRD3/RA7	
82	J3-10	95	TRD2/RG14	

83	J3-12	96	TRD1/RG12	
84	J3-14	97	TRD0/RG13	
85	J3-16	28	VREF-/CVREF0/AERXD2/PMA7/RA9	



Pinout Table by Connector Pin

Connector Pin #	chipKIT Pin #	PIC32 Pin	PIC32 Signal	Notes
J03-01	8	79	ETXD2/IC5/PMD12/RD12	AREF
J03-02	78	89	C2TX/ETXERR/PMD9/RG1	
J03-03	9	78	OC4/RD3	
J03-04	79	90	C2RX/PMD8/RG0	
J03-05	10	81	OC5/PMWR/CN13/RD4	
J03-06	80	91	TRCLK/RA6	
J03-07	11	9	T5CK/SDI1/RC4	
J03-08	81	92	TRD3/RA7	
J03-09	12	58	SCL2/RA2	
J03-10	82	95	TRD2/RG14	
J03-11	13	59	SDA2/RA3	
J03-12	83	96	TRD1/RG12	
J03-13			GND	
J03-14	84	97	TRD0/RG13	
J03-15	44	29	VREF+/CVREF+/AERXD3/PMA6/RA10	
J03-16	85	28	VREF-/CVREF0/AERXD2/PMA7/RA9	
J04-01	21	66	AETXCLK/SCL1/INT3/RA14	
J04-02	20	67	AETXEN/SDA1/INT4/RA15	
J04-03	19	47	AETXD0/SS1A/U1BRX/U1ACTS/CN20/RD14	
J04-04	18	48	AETXD1/SCK1A/U1BTX/U1ARTS/CN21/RD15	
J04-05	17	49	SDA3A/SDI3A/U3ARX/PMA9/CN17/RF4	
J04-06	16	50	SCL3A/SDO3A/U3ATX/PMA8/CN18/RF5	
J04-07	15	40	AC1RX/SS3A/U3BRX/U3ACTS/RF12	
J04-08	14	39	AC1TX/SCK3A/U3BTX/U3ARTS/RF13	
J05-01	54	25	PGED1/AN0/CN2/RB0	Also A0
J05-02	55	24	PGEC1/AN1/CN3/RB1	Also A1
J05-03	56	23	AN2/C2IN-/CN4/RB2	Also A2

J05-04	57	22	AN3/C2IN+/CN5/RB3	Also A3
J05-05	58	21	AN4/C1IN-/CN6/RB4	Also A4
J05-06	59	20	AN5/C1IN+/VBUSON/CN7/RB5	Also A5
J05-07	60	26	PGEC2/AN6/OCFA/RB6	Also A6
J05-08	61	27	PGED2/AN7/RB7	Also A7
J07-01	62	32	AN8/C1OUT/RB8	Also A8
J07-02	63	33	AN9/C2OUT/RB9	Also A9
J07-03	64	34	AN10/CVREFOUT/PMA13/RB10	Also A10
J07-04	65	35	AN11/EREXERR/AETXERR/PMA12/RB11	Also A11, J08-14
J07-05	67	41	AN12/ERXD0/AECRS/PMA11/RB12	Also A12,42,J08-12
J07-06	66	42	AN13/ERXD1/AECOL/PMA10/RB13	Also A13, J08-13
J07-07	68	43	AN14/ERXD2/AETXD3/PMALH/PMA1/RB14	Also A14
J07-08	69	44	AN15/ERXD3/AETXD2/OCFB/PMALL/PMA0/CN12/RB15	Also A15
J08-01	53	14	ERXCLK/AERXCLK/EREFCLK/AEREFCLK/SS2A/U2BRX/U2ACTS/PMA2/CN11/RG9	Also J13-05
J08-02	52	10	ECOL/SCK2A/U2BTX/U2ARTS/PMA5/CN8/RG6	Also J13-03
J08-03	51	11	ECRX/SDA2/SDI2A/U2ARX/PMA4/CN9/RG7	Also JP3,JP4
J08-04	50	12	ERXDV/AERXDV/ECRS DV/AECRS DV/SCL2A/SDO2A/U2ATX/PMA3/CN10/RG8	Also JP3, JP4, J08-11
J08-05	49	71	EMDC/AEMDC/IC4/PMCS1/PMA14/RD11	
J08-06	48	68	RTCC/EMDIO/AEMDIO/IC1/RD8	
J08-07	47	83	ETXEN/PMD14/CN15/RD6	
J08-08	46	88	C1TX/ETXD0/RMD10/RF1	
J08-09	45	87	C1RX/ETXD1/PMD11/RF0	
J08-10	44	29	VREF+/CVREF+/AERXD3/PMA6/RA10	
J08-11	43	12	ERXDV/AERXDV/ECRS DV/AECRS DV/SCL2A/SDO2A/U2ATX/PMA3/CN10/RG8	Also JP3, JP4, J03-15
J08-15	39	82	PMRD/CN14/RD5	
J08-16	38	70	SCK1/IC3/PMCS2/PMA15/RD10	
J09-01	37	93	PMD0/RE0	
J09-02	36	94	PMD1/RE1	
J09-03	35	98	PMD2/RE2	
J09-04	34	99	PMD3/RE3	

J09-05	33	100	PMD4/RE4	
J09-06	32	3	PMD5/RE5	
J09-07	31	4	PMD6/RE6	
J09-08	30	5	PMD7/RE7	
J09-09	29	11	ECRX/SDA2/SDI2A/U2ARX/PMA4/CN9/RG7	Also JP3, JP4
J09-10	28	1	AERXERR/RG15	
J09-11	27	57	D+/RG2	
J09-12	26	56	D-/RG3	
J09-13	25	51	USBID/RF3	
J09-14	24	54	VBUS (note useable as I/O)	
J09-15	23	8	T4CK/AC2RX/RC3	
J09-16	22	7	T3CK/AC2TX/RC2	
J10-01		13	MCLR	
J10-02			VCC3V3	
J10-03			VCC5V0	
J10-04			GND	
J10-05			GND	
J10-06			VIN (external supply voltage)	
J14-01	0	52	SDA1A/SDI1A/U1ARX/RF2	
J14-02	70	17	TMS/RA0	
J14-03	1	53	SCL1A/SDO1A/U1ATX/RF8	
J14-04	71	38	TCK/RA1	
J14-05	2	18	AERXD0/INT1/RE8	
J14-06	72	60	TDI/RA4	
J14-07	3	72	SDO1/OC1/INT0/RD0	
J14-08	73	61	TDO/RA5	
J14-09	4	74	SOSCO/T1CK/CN0/RC14	
J14-10	74	69	SS1/IC2/RD9	
J14-11	5	76	OC2/RD1	
J14-12	75	73	SOSCI/CN1/RC13	

J14-13	6	77	OC3/RD2	
J14-14	76	80	ETXD3/PMD13/CN19/RD13	
J14-15	7	19	AERXD1/INT2/RE9	
J14-16	77	84	ETXCLK/PMD15/CN16/RD7	



Pinout Table by Microcontroller Pin

PIC32 Pin	Connector Pin #	chipKIT Pin #	PIC32 Signal	Notes
1	J9-10	28	AERXERR/RG15	
2			VDD	
3	J9-06	32	PMD5/RE5	
4	J9-07	31	PMD6/RE6	
5	J9-08	30	PMD7/RE7	
6	n/c	n/c	T2CK/RC1	
7	J9-16	22	T3CK/AC2TX/RC2	
8	J9-15	23	T4CK/AC2RX/RC3	
9	J3-07	11	T5CK/SDI1/RC4	
10	J8-02	52	ECOL/SCK2A/U2BTX/U2ARTS/PMA5/CN8/RG6	Also J13-03
11	J9-09	29	ECRS/SDA2/SDI2A/U2ARX/PMA4/CN9/RG7	Also JP3, JP4
12	J8-11	43	ERXDV/AERXDV/ECRSDV/AECRSDV/SCL2A/SDO2A/U2ATX/PMA3/CN10/RG8	Also JP3, JP4
13	J10-01		MCLR	
14	J8-01	53	ERXCLK/AERXCLK/EREFCLK/AEREFCLK/SS2A/U2BRX/U2ACTS/PMA2/CN11/RG9	Also J13-05
15			VSS	
16			VDD	
17	J14-02	70	TMS/RA0	
18	J14-05	2	AERXD0/INT1/RE8	
19	J14-15	7	AERXD1/INT2/RE9	
20	J5-06	59	AN5/C1IN+/VBUSON/CN7/RB5	Also A5
21	J5-05	58	AN4/C1IN-/CN6/RB4	Also A4
22	J5-04	57	AN3/C2IN+/CN5/RB3	Also A3
23	J5-03	56	AN2/C2IN-/CN4/RB2	Also A2
24	J5-02	55	PGEC1/AN1/CN3/RB1	Also A1
25	J5-01	54	PGED1/AN0/CN2/RB0	Also A0
26	J5-7	60	PGEC2/AN6/OCFA/RB6	Also A6

27	J5-8	61	PGED2/AN7/RB7	Also A7
28	J3-16	85	VREF-/CVREF-/AERXD2/PMA7/RA9	
29	J8-10	44	VREF+/CVREF+/AERXD3/PMA6/RA10	Also J3-15
30			AVDD	
31			AVSS	
32	J7-01	62	AN8/C1OUT/RB8	Also A8
33	J7-02	63	AN9/C2OUT/RB9	Also A9
34	J7-03	64	AN10/CVREFOUT/PMA13/RB10	Also A10
35	J7-04	65	AN11/EREXERR/AETXERR/PMA12/RB11	Also A11, J8-14(40)
36			VSS	
37			VDD	
38	J14-04	71	TCK/RA1	
39	J4-08	14	AC1TX/SCK3A/U3BTX/U3ARTS/RF13	
40	J4-07	15	AC1RX/SS3A/U3BRX/U3ACTS/RF12	
41	J7-05	67	AN12/ERXD0/AECRS/PMA11/RB12	Also A12, J8-12(42)
42	J7-06	66	AN13/ERXD1/AECOL/PMA10/RB13	Also A13, J8-13(41)
43	J7-07	68	AN14/ERXD2/AETXD3/PMALH/PMA1/RB14	Also A14
44	J7-08	69	AN15/ERXD3/AETXD2/OCFB/PMALL/PMA0/CN12/RB15	Also A15
45			VSS	
46			VDD	
47	J4-03	19	AETXD0/SS1A/U1BRX/U1ACTS/CN20/RD14	
48	J4-04	18	AETXD1/SCK1A/U1BTX/U1ARTS/CN21/RD15	
49	J4-05	17	SDA3A/SDI3A/U3ARX/PMA9/CN17/RF4	
50	J4-06	16	SCL3A/SDO3A/U3ATX/PMA8/CN18/RF5	
51	J9-13	25	USBID/RF3	
52	J14-01	0	SDA1A/SDI1A/U1ARX/RF2	
53	J14-03	1	SCL1A/SDO1A/U1ATX/RF8	
54	J9-14	24	VBUS	
55			VUSB	
56	J9-12	26	D-/RG3	

57	J9-11	27	D+/RG2	
58	J3-09	12	SCL2/RA2	
59	J3-11	13	SDA2/RA3	
60	J14-06	72	TDI/RA4	
61	J14-08	73	TDO/RA5	
62			VDD	
63			OSC1/CLKI/RC12	X1, system clock oscillator
64			OSC2/CLKO/RC15	X1, system clock oscillator
65			VSS	
66	J4-01	21	AETXCLK/SCL1/INT3/RA14	
67	J4-02	20	AETXEN/SDA1/INT4/RA15	
68	J8-06	48	RTCC/EMDIO/AEMDIO/IC1/RD8	
69	J14-10	74	SS1/IC2/RD9	
70	J8-16	38	SCK1/IC3/PMCS2/PMA15/RD10	
71	J8-05	49	EMDC/AEMDC/IC4/PMCS1/PMA14/RD11	
72	J14-07	3	SDO1/OC1/INT0/RD0	
73	J14-12	75	SOSCI/CN1/RC13	RTCC clock input
74	J14-09	4	SOSCO/T1CK/CN0/RC14	
75			VSS	
76	J14-11	5	OC2/RD1	
77	J14-13	6	OC3/RD2	
78	J3-03	9	OC4/RD3	
79	J3-01	8	ETXD2/IC5/PMD12/RD12	
80	J14-14	76	ETXD3/PMD13/CN19/RD13	
81	J3-05	10	OC5/PMWR/CN13/RD4	
82	J8-15	39	PMRD/CN14/RD5	
83	J8-07	47	ETXEN/PMD14/CN15/RD6	
84	J14-16	77	ETXCLK/PMD15/CN16/RD7	
85			VCAP/VDDCORE	

86			VDD
87	J8-09	45	C1RX/ETXD1/PMD11/RF0
88	J8-08	46	C1TX/ETXD0/RMD10/RF1
89	J3-02	78	C2TX/ETXERR/PMD9/RG1
90	J3-04	79	C2RX/PMD8/RG0
91	J3-06	80	TRCLK/RA6
92	J3-08	81	TRD3/RA7
93	J9-01	37	PMD0/RE0
94	J9-02	36	PMD1/RE1
95	J3-10	82	TRD2/RG14
96	J3-12	83	TRD1/RG12
97	J3-14	84	TRD0/RG13
98	J9-03	35	PMD2/RE2
99	J9-04	34	PMD3/RE3
100	J9-05	33	PMD4/RE4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Necessities

Acquiring measurement of the power and efficiency of motors with the highest fidelity possible requires a high-precision power analyzer with an appropriate number of input elements. For example, six elements allow for the inputs and outputs of a three-phase AC drive system, with two more required to measure torque and speed outputs from the motor. Yokogawa's solution to this challenge is the WT series of power analyzers.

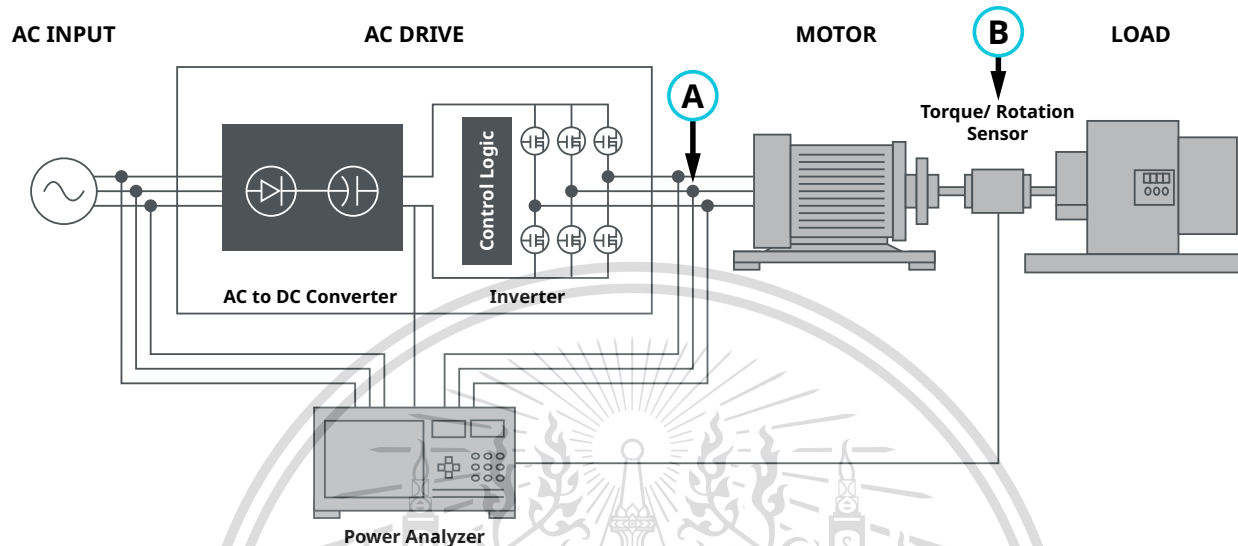


Figure 1. Motor power and efficiency measurements are taken at measurement points A and B.

Keys to Proper Setup

When setting up a motor test, choose the following settings to ensure accurate initial measurements:

1 Wiring – 3V3A

Most motors do not have a neutral connection. Therefore, they require voltmeters to be connected in the delta configuration (3V3A). This means phase voltage cannot be directly measured and voltmeters are instead connected line-to-line (delta). Follow the guidelines below for connecting the power analyzer to the motor in this configuration.

Input (Basic)				Input (Advanced/Options)				Input (Basic)			
Element 1	30A	Element 2	30A	Element 3	30A	Element 4	5A	Element 1	30A	Element 2	30A
Wiring	1P2W	Wiring	1P2W	Wiring	1P2W	Wiring	1P2W	Wiring	3V3A	Wiring	3V3A

Figure 3. Wiring configurations are displayed beneath each element in the Setup menu.

2 Voltage Range – Auto

The power analyzer has 12 range settings. Configuring the range improperly can significantly impact the accuracy of the voltage and power readings. The Auto Range setting will automatically determine the most appropriate measurement limits to ensure the entire signal is read with optimal accuracy. This includes automatically adjusting the crest factor setting to account for the shape of the input signal (PWM vs. sinusoid, noisy vs. clean, etc.). In order to change the range setting, return to the Setup menu and press the field for Voltage Range under the elements to find the menu shown below.

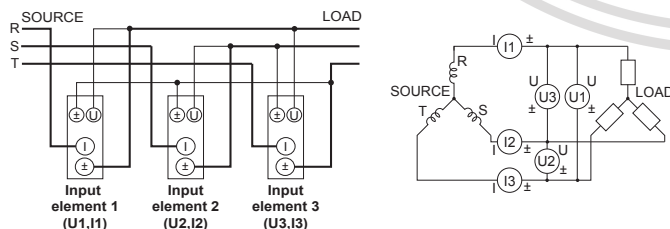


Figure 2. This wiring diagram is specific to the WT5000 precision power analyzer. Users of other instruments need to consult the appropriate manuals for proper configuration.

Once connections are made, users must configure the wiring system in the power analyzer setup menu. In the case of the WT5000, this is done by tapping the Setup icon or pressing Menu under Setup (Figure 3). Changing Element 1 to 3V3A will change Element 2 and Element 3 to 3V3A as well. Click [here](#) for more information on three-phase motor connections.



Figure 4. Users can toggle the Auto button to ON for each of the elements.

3 Current Range – Auto

Motor curves are usually developed on a dynamometer by sweeping the motor's speed and torque. Motor current is roughly proportional to the torque delivered. As the torque load on the motor is varied, the Auto Range feature can be used to decide the optimal measurement range. This is typically a wide range when sweeping from no-load conditions to full-load conditions.

Like with voltage range, current range is accessible from the Setup menu by pressing the field labeled Current Range.

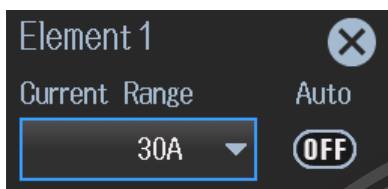


Figure 5. Users can toggle the Auto button to ON for each of the elements.

4 Scaling – Current Transformer (CT) scaling if CTs are used, Voltage Transformer (VT) scaling if VTs are used

For motor currents greater than 50A, it is common to use a CT for safe, galvanically isolated measurement of high currents. Although not as common, VTs or dividers are also used to step-down a higher voltage to a range that is compatible with the power analyzer. If the measurement setup uses CTs or VTs for this purpose, it is necessary to set the scaling ratio on the power analyzer accordingly. Unless the scaling is set properly in the element menu, power readings will not be accurate. Users can find scaling in the Setup menu under the field labeled Scaling, directly below the Current Range field.

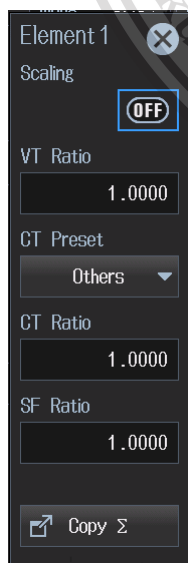


Figure 6. Users can copy the VT and CT ratios to all elements in the selected element's wiring system by pressing Copy Σ, then Copy Exec.

5 Line Filter – Starting at 1MHz

Unwanted, conducted, or radiated electrical noise in signals feeding the power analyzer can be a nuisance to obtaining accurate power readings. One method for determining the presence of these signals and mitigating them is to use the internal line filter of the power analyzer. Since this filter is in series with both the voltage and current measurements, experimenting with its cutoff frequency can help to identify sources of noise in the input signal and remove them.

The ideal cutoff frequency also depends on other factors for a test's specific measurement conditions. For example, when measuring a DC bus, it may be appropriate to set a low cutoff frequency that is close to that of an expected DC ripple (or lower if the ripple's impact is being excluded). Likewise, when using an external current measurement device, it makes sense to set a line filter close to the cutoff frequency for that device, since any power delivered above that frequency would be noise (e.g., LEM CT's have a bandwidth in the 100kHz's region). The filter menu can be found by navigating to the Setup menu and pressing the Filter icon.



Figure 7. In the Filter menu, line filters and frequency filters for each element can be enabled and adjusted.

6 Frequency Filter

For the best possible power accuracy, the power analyzer requires a precise measurement of the waveform's cycle period. The power analyzer uses the current and voltage measurements over this measurement period to calculate power, rms values, harmonic distortion, and many other values that depend on a time integration or frequency reading. For instance, in the case of synchronous permanent magnet motors, the frequency measurement is proportional to the speed of the motor.

In order to accurately identify the cycle period's zero-crossing events, the signal measurement should be clean enough to avoid crossing zero more than once per rising/falling edge. The frequency filter ensures that noise will not affect the zero-crossing detection of the period measurement process.

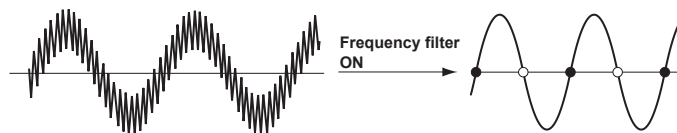


Figure 8. Enabling the frequency filter removes any high-frequency noise that could affect your period measurement.

The frequency filter should be set according to the following table:

Input Signal Frequency	Cutoff Frequency
100 Hz or less	0.1 kHz
1 kHz or less	1 kHz
100 kHz or less	100 kHz

Figure 9. To enable the frequency filter, press the Filter icon from the Setup menu and toggle the ON button under the input elements.

7 Sync Source – I1 (or the first element's current of the multi-phase motor connection)

The signal on which the measurement period is made is referred to as the sync source. This signal is generally chosen to be the cleanest sinusoidal waveform available in the motor system. In the case of sinusoidally-wound and commutated PWM motors, the inductance of the stator windings smooths out the modulated voltage signals to produce a sinusoidal current waveform.

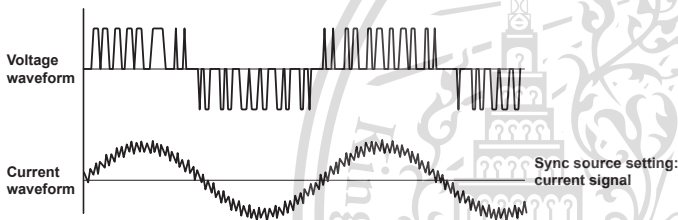


Figure 10. The motor's inductive behavior creates a mostly sinusoidal current waveform in response to the PWM voltage input.

Using the current waveform for the synchronization source provides a relatively clean sinusoidal signal that makes it easier to precisely identify zero-crossings and obtain an accurate period measurement.



Figure 11. To change the sync source, navigate to the Setup menu and press the Sync Source button under the elements in the motor's wiring group, then choose the proper signal from the drop-down.

What to Expect

The specifics of an application determine what to expect from the measurement results. In order to determine what is acceptable on a test, use the expected performance curves to look at anticipated torque, speed, power factor, and current and voltage efficiency. From there, investigate an operating point to test against.

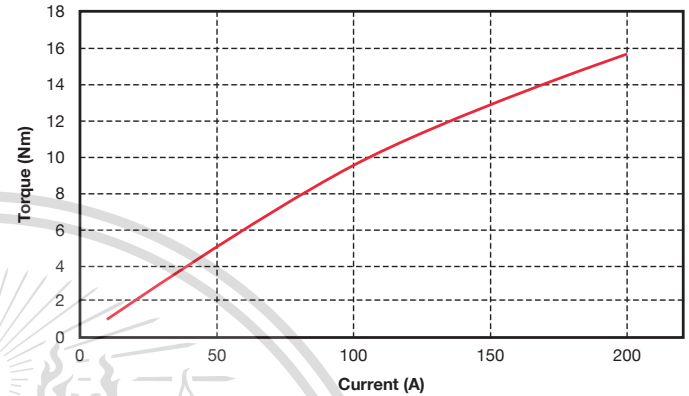


Figure 12. This torque-current curve represents one example for which a test of proper operation could be performed.

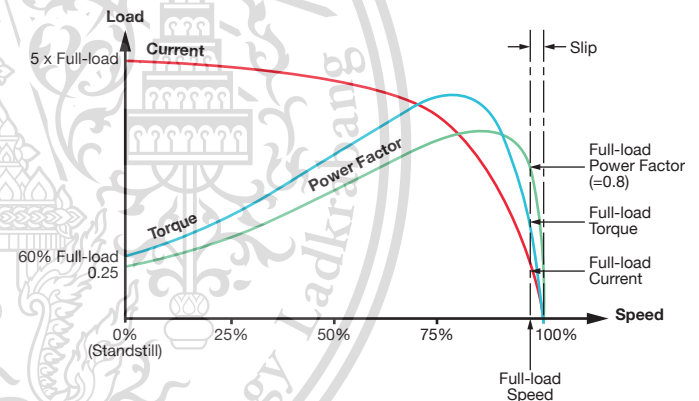


Figure 13. This torque-speed curve represents the expected behavior of current, torque, and power factor as motor speed is adjusted.

Be sure to drive the motor with sufficient load such that it is well within its designed steady-state operating region. This is important so that the true power, apparent power, reactive power, vector diagram, power factor, and efficiency numbers are sufficiently high enough to reasonably fit expected performance curves. Typically, a 30-80% load point will result in a power factor of 0.4-0.8 and greater than 80% efficiencies.

	Element 1	Element 2	Element 3	ΣA (3V3A)
Urms [V]	11.8689	11.8637	11.8468	11.8598
Irms [A]	293.706 m	287.835 m	274.814 m	285.452 m
P [W]	1.8159	1.6906	0.0364	3.5065
S [VA]	3.4860	3.4148	3.2557	5.8638
Q [var]	-2.9757	2.9669	-3.2555	-0.0088
λ []	0.52091	0.49509	0.01118	0.59799
φ [°]	D58.607	D60.324	D89.359	53.274
rU [Hz]	66.380	66.380	66.378	
fI [Hz]	66.391	66.404	66.400	

Figure 14. The numeric display values anticipated in a low-power motor example.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The three-phase readings in the rows in Figure 14 for power (P), power factor (λ), and current frequency (fl) are critical for comparison with the desired motor performance curves. When observing the individual phase powers in 3V3A configuration, a low or even negative power reading on Element 3, and similar power readings on Element 1 and Element 2, would be expected. This tends to deviate at lower power factors, but a negative power reading on Element 3 should not be cause for alarm, as it is not included in the calculation of total power. The current waveforms are expected to be roughly sinusoidal and phase-shifted by approximately 120° , while the voltage waveforms appear as PWM signals. However, since the voltage inputs are line-to-line, they will have a phase shift of roughly 60° between them, instead of 120 degrees for the current signals.

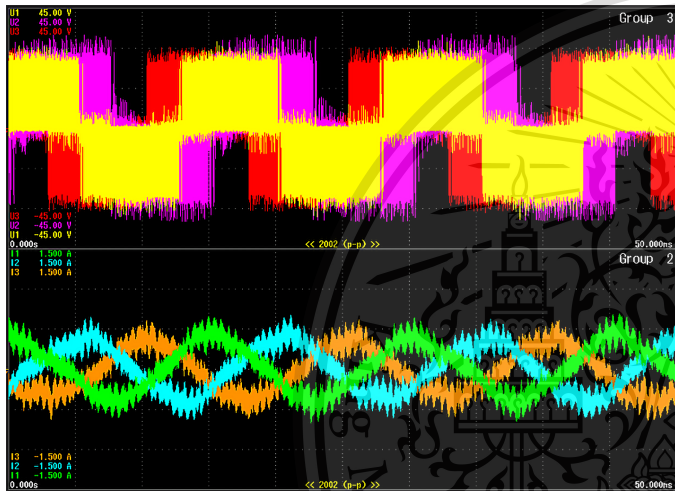


Figure 15. An example of the waveform display of the motor input voltage and current.

The power analyzer includes a vector display form to show relative phase angles and magnitudes for the wiring system's voltage and current inputs. In a 3V3A configuration, the delta is formed by the line-to-line voltages while the star is formed by phase currents. Due to the motor's behavior as an inductive load, a counterclockwise rotation of the delta at lower power factors is expected.

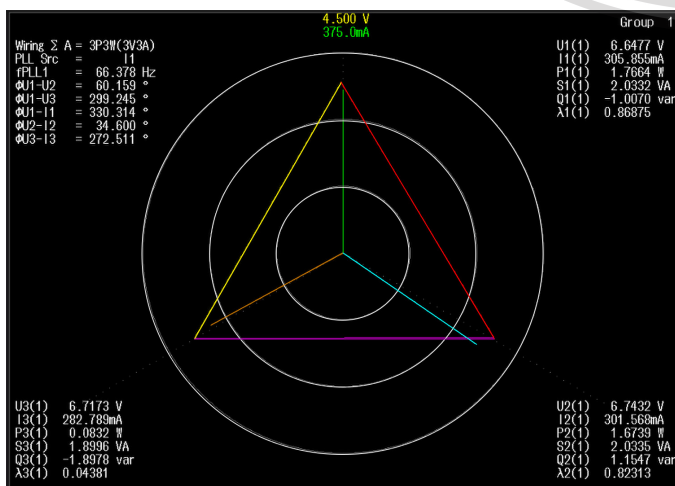


Figure 16. When the 3V3A wiring is properly connected, the vector graph should appear similar to this image.

Troubleshooting

If there is significant error in power readings, check the following:

- Check the current transformer settings
 - Work through the CT ratios and effective measurement range of the meter itself to understand the expected performance.
 - Ensure CT ratings are not sized too large for the actual current being measured.
 - Match an input element to the output of the CT signal. Since most CTs output less than five amps, a lower-rated element will provide more accuracy.
 - For more information, please see the Yokogawa Test&Measurement [High Current Measurement Guide](#).
- Observe the vector diagram to verify wiring is correct and phases are matched. If the diagram is significantly different from the expected form, a wiring error may be present.

If there is negative total power, check the following:

- P1 and P2 will probably be negative. The wiring for current is likely swapped on the current measurement. Negative power can also mean the motor is in generation mode (sending energy back to the source vs. motoring and consuming power). This is normal operation, and power factor will also indicate a negative value.

For more troubleshooting, please visit the [Yokogawa Test&Measurement FAQ](#) page or [contact a member of the Yokogawa support team](#).

Learn more about [Yokogawa Test&Measurement power analyzer solutions](#).

การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Yokogawa instruments are renowned for maintaining high levels of precision and for continuing to deliver

Yokogawa takes pride in its reputation for quality, both in the products it delivers - often adding new features in response to specific client requests - and the level of service and advice provided to clients, helping to devise measurement strategies for even the most challenging environments.

Meet the Precision Makers at
tmi.yokogawa.com

YOKOGAWA  ทุกการตัดสินใจนี้ ล้วนมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

tmi.yokogawa.com

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาว กุลนันท์ แก้วศรีงาม
วัน เดือน ปีเกิด 30 ธันวาคม 2541
ที่อยู่ 186 หมู่ 7 ตำบลสันนาเม็ง อำเภอสันทราย
จังหวัดเชียงใหม่ 50210

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนวัดโนทัยพายัพ

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน ห้องปฏิบัติการ อาคารระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นาย ณัฐภัทร สารเพ็ญ
วัน เดือน ปีเกิด 15 มิถุนายน 2541
ที่อยู่ 163 หมู่ 8 ตำบลตำหนักธรรม อำเภอหนองม่วงไข่
จังหวัดแพร่ 54170

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน ห้องปฏิบัติการ อาคารระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นางสาว ณิชาภัทร ศรีแก้ว
วัน เดือน ปีเกิด 14 มีนาคม 2542
ที่อยู่ 66 หมู่ 1 ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง
52190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน ห้องปฏิบัติการ อาคารระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา

วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นาย ธนพล บุญมาเลิศ

วัน เดือน ปีเกิด 16 พฤศจิกายน 2541

ที่อยู่ 267 หมู่ 2 ตำบลแม่สะเรียง อำเภอแม่สะเรียง
จังหวัดแม่ฮ่องสอน 58110

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนแม่สะเรียง“บริพัตรศึกษา”

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน ห้องปฏิบัติการ อาคารระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา

วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.