

พื้นฐานระบบ อิเล็กทรอนิกส์ ในยานยนต์สมัยใหม่

โครงการยกระดับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย
เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของ
อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่
(PARTS TRANSFORMATION)



02-712-2414



www.thaiauto.or.th



@thaiauto



THAILAND
AUTOMOTIVE
INSTITUTE
สถาบันยานยนต์

หลักสูตร

พื้นฐานระบบ อิเล็กทรอนิกส์ใน ยานยนต์สมัยใหม่

วิชาระบบอิเล็กทรอนิกส์ใน ยานยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่เบื้องต้น

โครงการยกระดับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย
เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของ
อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่
(Parts Transformation)



02-712-2414



www.thaiauto.or.th



@thaiauto

สารบัญ

บทที่ 1 พื้นฐานเบื้องต้นระบบอิเล็กทรอนิกส์	1
1.1 หน่วยมาตรฐานสากล หรือ SI Unit.....	1
1.2 คำอุปสรรค (Prefix)	1
1.3 กระแสไฟฟ้า และการวัดกระแสไฟฟ้า	2
1.4 แรงดันไฟฟ้า และการวัดแรงดันไฟฟ้า	2
1.5 กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า	3
บทที่ 2 อุปกรณ์ในระบบอิเล็กทรอนิกส์	4
2.1 ตัวต้านทาน (Resistor).....	4
2.2 Linear Resistor	5
2.3 Nonlinear Resistor.....	5
2.4 แนวทางการอ่านค่าตัวต้านทาน.....	5
2.5 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)	7
2.5.1 วิธีการเลือกตัวเก็บประจุให้เหมาะกับงาน.....	8
2.6 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors)	8
2.6.1 วิธีการเลือกตัวเหนี่ยวนำให้เหมาะกับงาน.....	9
2.7 อุปกรณ์ Operational Amplifier.....	10
2.7.1 การประยุกต์ใช้ Operational Amplifier สำหรับการออกแบบวงจร.....	11
2.8 อุปกรณ์ Logic Gate.....	14
2.8.1 OR Gate	14
2.8.2 AND Gate.....	15
2.8.3 NOR Gate.....	15
2.8.4 NAND Gate	16
2.8.5 NOT Gate.....	16
2.9 อุปกรณ์ Microcontroller boards.....	17
2.10 อุปกรณ์ FPGA boards	17
2.11 อุปกรณ์ Protoboard, Breadboard หรือ Wish Board.....	18

สารบัญ (ต่อ)

2.11.1	ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope).....	19
2.11.2	Voltage meter	21
2.11.3	Ampere meter	21
2.11.4	Multi meter.....	22
2.11.5	อินเวอร์เตอร์ (DC to AC Converters or Inverter)	23
2.11.6	วงจรแปลงผันกำลังไฟตรง-ไฟตรง (Dc to Dc Converters).....	23
บทที่ 3	การประยุกต์ใช้อิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่	25
3.1	แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	25
3.1.1	เทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า.....	27
3.1.2	ข้อดีของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	28
3.1.3	ข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน.....	29
3.1.4	หน่วยความจำแบตเตอรี่ (Memory Effect)	30
3.1.5	การยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า.....	31
3.1.6	Thermal Runaway	32
3.2	ระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System)	33
3.3	หน่วยควบคุมยานพาหนะของยานยนต์สมัยใหม่ (Vehicle Control Unit)	34
3.4	ชนิดของมอเตอร์ที่ใช้ในงานยานยนต์ไฟฟ้า.....	36
3.4.1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (DC Series Motor).....	36
3.4.2	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor หรือ BDLC).....	36
3.4.3	มอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัสแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Synchronous Motor หรือ PMSM).....	37
3.4.4	มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส (Three Phase AC Induction Motors).....	38
3.4.5	มอเตอร์สวิตซ์รีลัคแตนซ์ (Switched Reluctance Motors)	39
บทที่ 4	มาตรฐานและการทดสอบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์.....	41
4.1	ความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้า.....	41
4.2	ระบบการประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	41
4.2.1	4.2.1 การชาร์จประจุยานยนต์ไฟฟ้าผ่านตัวนำ (Conductive Charging).....	41

สารบัญ (ต่อ)

4.2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อสำหรับการชาร์จประจุไฟฟ้า	43
4.2.3 ชนิดของหัวชาร์จ.....	44
4.3 เปรียบเทียบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่สอดคล้องกับมาตรฐาน IEC.....	46
4.4 ข้อควรทราบเกี่ยวกับมาตรฐาน มอก.....	47

บทที่ 1 พื้นฐานเบื้องต้นระบบอิเล็กทรอนิกส์

1.1 หน่วยมาตรฐานสากล หรือ SI Unit

หน่วยมาตรฐานสากล หรือ SI Unit ที่จำเป็นต้องทราบในทางไฟฟ้าคือ แรงดันหรือประจุไฟฟ้า (Volt) กระแสไฟฟ้า (Current) ความนำไฟฟ้า (Conductance) ความต้านทาน (Resistance) โดยเราจำเป็นต้องทราบเพื่อ สามารถทำความเข้าใจเลขที่แสดงบนอุปกรณ์ต่างๆมีความหมายว่าอย่างไรเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อ มีจุดสังเกตในการเปรียบเทียบให้คือ กำหนดให้แรงดันไฟฟ้า (Volt) เปรียบเสมือนแรงดันน้ำที่ไหลในท่อน้ำ โดยถ้ายิ่งแรงดันเยอะทำให้กระแสน้ำที่ไหลไปรุนแรง เปรียบเสมือนกระแสไฟฟ้า (Current) แต่ถ้าท่อน้ำของเรามีขนาดเล็ก เปรียบเสมือนมีความต้านทานที่มาก (Resistance) ทำให้น้ำไหลได้ยากขึ้น ดังนั้นจึงความเลือกความเหมาะสมของค่าต่างๆที่จะนำมาใช้ ในการแสดงความหมายและสัญลักษณ์จะแสดงในรูปที่ 1

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	ตัวย่อ	การอนุพัทธ์
ความถี่ (Frequency)	f	เฮิรตซ์ (Hertz)	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
แรง (Force)	F	นิวตัน (Newton)	N	$1 \text{ N} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
พลังงาน (Energy) หรือ งาน	W	จูล (Joule)	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$
กำลังไฟฟ้า (Electric Power)	P	วัตต์ (Watt)	W	$1 \text{ W} = \frac{\text{J}}{\text{s}}$
แรงดันไฟฟ้า (Potential)	E	โวลต์ (Volt)	V	$1 \text{ V} = \frac{\text{J}}{\text{A}}$
ความต้านทาน (Resistance)	R	โอห์ม (Ohm)	Ω	$1 \Omega = \frac{\text{V}}{\text{A}}$
ความนำไฟฟ้า (Conductance)	G	ซีเมนส์ (Siemens)	S	$1 \text{ S} = \frac{\text{A}}{\text{V}}$

รูปที่ 1 หน่วยมาตรฐานสากล

ที่มา: <https://unitmeasurement.blogspot.com/2013/11/unit-si-international-system-of-unit-si.html>

1.2 คำอุปสรรค (Prefix)

สิ่งที่เราจะต้องทราบต่อไปคือคำอุปสรรค เพราะในทางวิศวกรรมไฟฟ้านิยมใช้หน่วยของตัวเลขต่างๆ เพื่อระบุขนาดของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะนำมาใช้ เช่นตัวต้านทาน $1 \text{ M}\Omega$ แปลความหมายได้ว่า ตัวต้านทานนี้มีค่า 1 ล้านโอห์ม เป็นต้น โดยการเขียนข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์จะแสดงในรูปที่ 2

Symbol	Prefix	Multiplication Factor	
T	tera	10^{12}	1,000,000,000,000
G	giga	10^9	1,000,000,000
M	mega	10^6	1,000,000
k	kilo	10^3	1,000
h	hecto	10^2	100
da	deka	10^1	10
d	deci	10^{-1}	0.1
c	centi	10^{-2}	0.01
m	milli	10^{-3}	0.001
μ	micro	10^{-6}	0.000,001
n	nano	10^{-9}	0.000,000,001
p	pico	10^{-12}	0.000,000,000,001

รูปที่ 2 การแปลงค่าของคำอุปสรรค

ที่มา: https://goodtitevs.best/product_details/25944406.html

1.3 กระแสไฟฟ้า และการวัดกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า คืออัตราการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยกระแสนี้นั้นจำเป็นที่จะต้องมีการทิศทางและขนาดโดยต้องกำหนดทิศทางการไหลของกระแสให้ชัดเจน เช่นไหลขึ้นบน หรือลงล่าง ไหลไปทางซ้ายหรือทางขวา รวมถึงต้องมีการกำหนดปริมาณของกระแสให้ชัดเจนว่ามีปริมาณบวกหรือลบ โดยเครื่องมือที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าจะใช้ Ammeter ในการวัด และมีข้อควรระวังในการใช้เครื่องวัด Ammeter ที่เป็นลักษณะเป็นเข็มควรตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะวัด

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt(t)}$$

โดยที่ I = กระแสไฟฟ้าในตัวกลาง (A)

Q = ปริมาณประจุไฟฟ้าที่ผ่าน

T = เวลาที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน

1.4 แรงดันไฟฟ้า และการวัดแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของงานเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของประจุ โดยการระบุขนาดของแรงดัน เราจำเป็นต้องมีการระบุคือจะต้องมีการกำหนดจั่วแรงดันที่ส่วนประกอบทางไฟฟ้าให้ชัดเจน เช่นมี

ข้าวบวกอยู่ด้านบนและลบบอยู่ด้านล่าง รวมถึงต้องมีการกำหนดปริมาณหรือขนาดแรงดันให้ชัดเจนว่ามีค่าเป็นบวกหรือลบ โดยเครื่องมือที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าจะใช้ Voltmeter ในการวัด

$$v = \frac{dw}{dq}$$

โดยที่ v = แรงดันไฟฟ้า

W = พลังงานไฟฟ้า

Q = ประจุไฟฟ้า

1.5 กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าคืออัตราการเปลี่ยนแปลงงานเทียบกับเวลา ซึ่งในทางไฟฟ้ากำลังไฟฟ้านั้นสามารถเขียนได้ในหลายรูปแบบหน่วย เช่นในหน่วยแรงม้า (horsepower) หรือ BTU/hr. โดย 1hp มีค่าเท่ากับ 746 watts หรือเท่ากับ 2545 BTU/hr.

$$p = \frac{dw}{dt}$$

โดยที่ p = กำลังไฟฟ้า

W = พลังงานไฟฟ้า

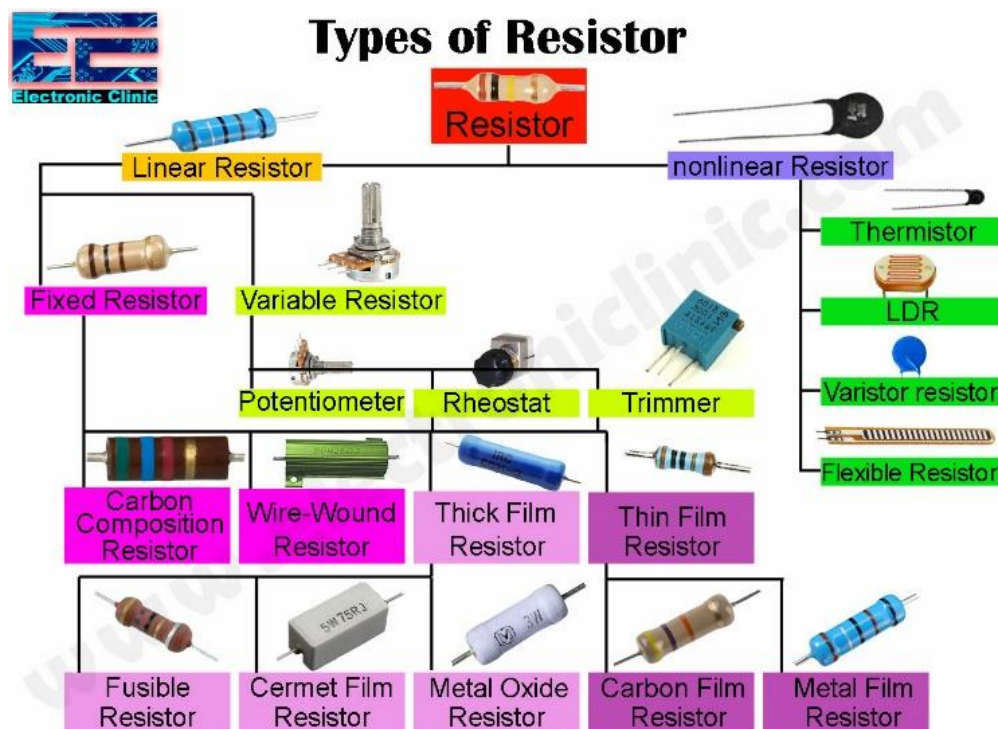
T = เวลาที่ใช้

บทที่ 2 อุปกรณ์ในระบบอิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics) เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้า ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นส่วนประกอบที่เป็นอุปกรณ์ที่มีการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า โดยมีชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบ จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะสามารถใช้งานได้ก็ต่อเมื่อมีการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แล้ว ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางใดทางหนึ่ง เช่น มีขนาดของกระแสไฟฟ้าลดลง หรือมีขนาดความต่างศักย์เปลี่ยนแปลงไป

2.1 ตัวต้านทาน (Resistor)

ตัวต้านทาน (Resistor) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่ลดค่าแรงดันไฟฟ้า และควบคุมปริมาณอัตราการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวต้านทานในท้องตลาดมีรูปแบบ และขนาดนั้นจะแตกต่างกันตามลักษณะของการใช้งาน ซึ่งปัจจุบันได้นำตัวต้านทานมาใช้ในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ตัวอย่างเช่น เครื่องรับวิทยุ เครื่องขยายเสียง โทรศัพท์ พาวเวอร์ซัพพลาย เป็นต้น ซึ่งตัวต้านทานนั้น แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ Linear Resistor และ Nonlinear Resistor แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชนิดของตัวต้านทาน

ที่มา: <https://www.electronicclinic.com/what-is-a-resistor-different-types-of-resistors-applications/>

2.2 Linear Resistor

Linear Resistor เป็นตัวต้านทานที่มีค่า electrical resistance (ความต้านทาน) คงที่ตลอดทั้งช่วงการทำงานของมัน โดยความต้านทานของ linear resistor นั้นไม่ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพหรือแรงดันที่มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลง และไม่ขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านมันด้วย Linear Resistor สามารถใช้งานในการควบคุมแรงดันหรือกระแสได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมักจะใช้ในงานที่ต้องการควบคุมแรงดันหรือกระแสให้อยู่ในระดับที่แน่นอน

2.3 Nonlinear Resistor

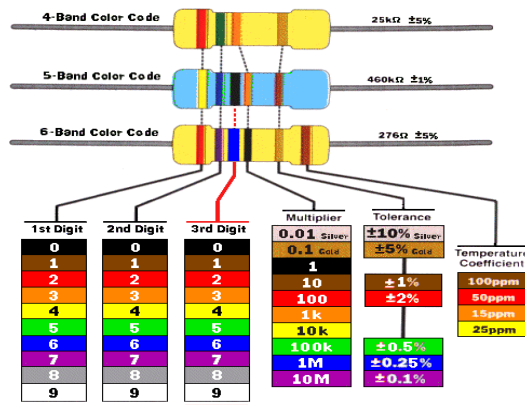
Nonlinear Resistor เป็นตัวต้านทานที่มีค่า electrical resistance (ความต้านทาน) ที่เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับแรงดันหรือกระแส โดยมีการเปลี่ยนแปลง เช่นการเพิ่มค่าความต้านทานเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้น (Varistor) หรือลดค่าความต้านทานเมื่อกระแสเพิ่มขึ้น (Thermistor) โดยตัวต้านทานเหล่านี้มักถูกใช้ในการป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือการควบคุมกระแสและแรงดันในงานต่าง ๆ ที่ต้องการการปรับค่าความต้านทานโดยอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

2.4 แนวทางการอ่านค่าตัวต้านทาน

ในการเลือกใช้งานตัวต้านทานถือว่าเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานที่จะทำ โดยวิธีการเลือกให้เหมาะสมนั้นเราจำเป็นต้องอ่านค่าตัวต้านทานให้ถูกต้อง โดยจะต้องแยกชนิดของตัวต้านทานตามแถบสีที่แสดง จุดสังเกตคือลักษณะที่แสดงบนตัวต้านทานในปัจจุบันแบ่งได้ 3 รูปแบบ คือ

1. 4-Band color code เป็นตัวต้านทานที่มีแถบสี 4 แถบ
2. 5-Band color code เป็นตัวต้านทานที่มีแถบสี 5 แถบ
3. 6-Band color code เป็นตัวต้านทานที่มีแถบสี 6 แถบ

โดย ในการอ่านค่าตัวต้านทานนั้น จะเริ่มนับจากทางซ้ายไปขวา และตรวจสอบสีตามตารางมาตรฐาน กล่าวคือแถบที่ 1 คือตัวเลขหลักที่ 1, แถบที่ 2 คือตัวเลขหลักที่ 2 , แถบที่ 3 คือตัวเลขยกกำลัง (คล้ายกับค่าอุปสรรค), แถบที่ 4 คือแถบสีแสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด และแถบที่ 5 คือแถบสีแสดงค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบและอ่านค่าตัวต้านทาน

ที่มา: <https://www.circuitspecialists.com/blog/resistor-color-codes/>

2.1.4 วิธีการเลือกตัวต้านทานให้เหมาะกับงาน

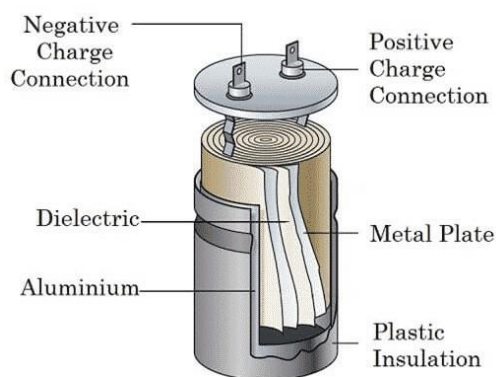
ในการเลือกตัวต้านทานมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องควรระวัง โดยในหัวข้อนี้จะเป็นการแนะนำสิ่งที่ควรทราบก่อนที่จะเลือกใช้

- **ค่าความคลาดเคลื่อน (Tolerance)** คือค่าความคลาดเคลื่อนความต้านทานของตัวต้านทานระบุไว้ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงจากค่าเป้าหมายได้ ตัวต้านทานส่วนใหญ่มีความคลาดเคลื่อน 1% และ 5% โดยตัวต้านทานที่สามารถรองรับกำลังไฟฟ้าได้สูงๆ มักจะมีค่าความคลาดเคลื่อน 10% หรือ 20% ทั้งนี้ก็มีตัวต้านทานความแม่นยำสูงที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.1% และ 0.01% อย่างไรก็ตาม ตัวต้านทานที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำจะมีราคาแพงกว่าตัวต้านทานสูง โดยตัวต้านทานที่มีค่าความคลาดเคลื่อน 5% ส่วนใหญ่เหมาะสำหรับงานเครื่องมือวัดอุปกรณ์วัดที่มีความแม่นยำ
- **รูปแบบทางกายภาพที่ส่งผลต่อการติดตั้งใช้งาน (Package and mounting)** คือตัวต้านทานรูปร่างทางกายภาพที่ส่งผลต่อการติดตั้งใช้งาน ซึ่งมีผลกระทบต่อการออกแบบ Printed-Circuit-Board (PCB) ทั้งในส่วนของขนาดและแนวทางการเชื่อมต่อวงจร
- **ขนาดกำลังไฟฟ้า (Power Dissipation Rating)** คือตัวต้านทานที่ขีดขวางการไหลของกระแสไฟฟ้า จึงเป็นเรื่องที่เลี่ยงไม่ได้ที่จะเกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในรูปของความร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานขนาดของอุปกรณ์ที่วางไว้และความทนทานต่อความร้อนของอุปกรณ์
- **ระดับแรงดันไฟฟ้า (Rated Voltage)** ในอุปกรณ์ขนาดเล็ก พิกัดแรงดันไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะต่ำ ในระบบไฟฟ้าแรงสูงขนาดใหญ่โดยทั่วไปจะดีกว่าและปลอดภัยกว่าในการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าของวงจร โดยการเชื่อมต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรม แทนที่จะใช้ตัวต้านทานตัวเดียวที่แรงดันไฟฟ้าสูงสุด

- **ชนิดวัสดุที่ใช้ผลิตตัวต้านทาน (Resistive Material)** ถ้าไม่นับรวมวัสดุชนิดเซมิคอนดักเตอร์วัสดุต้านทานมี 3 ประเภทพื้นฐาน คือส่วนประกอบ ฟิล์มโลหะและลวดพัน แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ของตัวเองตัวอย่างเช่น ตัวต้านทานแบบฟิล์มทำจากโลหะออกไซด์ที่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้าบนพื้นผิวเซรามิกและถูกตัดด้วยเลเซอร์เนื่องจาก สัญญาณรบกวนต่ำและมีเสถียรภาพด้านอุณหภูมิตัวต้านทานแบบฟิล์มจึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานความถี่วิทยุหรือความถี่สูง
- **ช่วงอุณหภูมิการใช้งาน (Temperature Range)** ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ การสูญเสียพลังงานของตัวต้านทานเป็นเรื่องปกติ แต่หากตัวต้านทานทำงานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างมากรุนแรง สิ่งที่สำคัญ คือ ตรวจสอบจาก Datasheet ว่าเมื่อตัวต้านทานเข้าใกล้อุณหภูมิสูงสุดที่รองรับ อาจจะเสี่ยงที่ทำให้ตัวต้านทานเกิดความเสียหาย
- **สัญญาณรบกวน (Noise)** โดยทั่วไปแล้วตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานต่ำจะสร้างสัญญาณรบกวนน้อยกว่าตัวต้านทานที่มีค่าสูง ถ้าต้องการลดสัญญาณรบกวนควรใช้ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานต่ำ

2.5 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

กล่าวคือ ตัวต้านทานทำหน้าที่เพาพลังงาน แต่สำหรับตัวเก็บประจุนั้นเป็นจะทำหน้าที่เป็นตัวสะสมพลังงานที่สะสมอยู่ในรูปของสนามไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 5 โดยมีชนิดและโครงสร้างภายในที่ต่างกันตามเทคโนโลยี หรือยี่ห้อที่ผลิต โดยในทางอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมใช้งานคือ แบบมีขั้ว และในระบบอิเล็กทรอนิกส์อุปกรณ์นี้มักจะเป็นอุปกรณ์ที่เกิดความเสียหายเป็นอันดับแรก



Electrolytic Capacitor

รูปที่ 5 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ

ที่มา: <https://www.linquip.com/blog/what-is-electrolytic-capacitor/>

2.5.1 วิธีการเลือกตัวเก็บประจุให้เหมาะกับงาน

ในการเลือกตัวเก็บประจุมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องควรระวัง โดยในหัวข้อนี้จะเป็นการแนะนำสิ่งที่ควรทราบก่อนที่จะเลือกใช้

- **ค่าความจุ (ฟารัด F)** เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการเก็บสะสมพลังงานของตัวเก็บประจุ ทั้งนี้ค่าความจุขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการสร้างตัวเก็บประจุด้วย
- **วัสดุอิเล็กทริก (Dielectric Material)** ส่งผลต่อประสิทธิภาพของตัวเก็บประจุ วัสดุทั่วไป ได้แก่ เซรามิก พลาสติก และกระดาษ
- **ความต้านทานอนกรมที่เทียบเท่า (ESR)** คือความต้านทานภายในแฝงอยู่ในตัวเก็บประจุ โดย ESR ต่ำกว่าจะดีกว่า
- **ปัจจัยการกระจาย (Dissipation Factor)** เป็นหนึ่งตัวชี้วัดค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บประจุ โดยทั่วไปการกระจายตัวที่ต่ำจะดีกว่า
- **อุณหภูมิ (Temperature)** ตัวเก็บประจุควรทำงานภายใต้ช่วงอุณหภูมิการใช้งาน
- **ขนาดและรูปร่าง (Size and Shape)** ขนาดของตัวเก็บประจุควรพอดีกับการออกแบบวงจร
- **การตอบสนองความถี่ (Frequency Response)** ตัวเก็บประจุควรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ความถี่ที่เหมาะสมกับวงจร
- **ประเภทของตัวเก็บประจุ (Types of Capacitor)** ตัวเก็บประจุมีหลายประเภท การเลือกขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบวงจร

2.6 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors)

ตัวเหนี่ยวนำเป็นอุปกรณ์อีกหนึ่งชนิดที่เก็บสะสมพลังงานในรูปของสนามแม่เหล็ก แสดงในรูปที่ 6 และอุปกรณ์ตัวนี้เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้วงจรไฟฟ้ามีน้ำหนักมากที่สุด เนื่องจากเป็นขดลวด โดยมักจะมีการออกแบบวงจรให้มีพลังงานความถี่สูงๆ เพื่อให้ตัวเหนี่ยวนำมีขนาดเล็กลง



รูปที่ 6 ตัวเหนี่ยวนำต่างๆ

ที่มา: <https://circuitdigest.com/article/what-is-an-inductor-construction-and-working>

2.6.1 วิธีการเลือกตัวเหนี่ยวนำให้เหมาะกับงาน

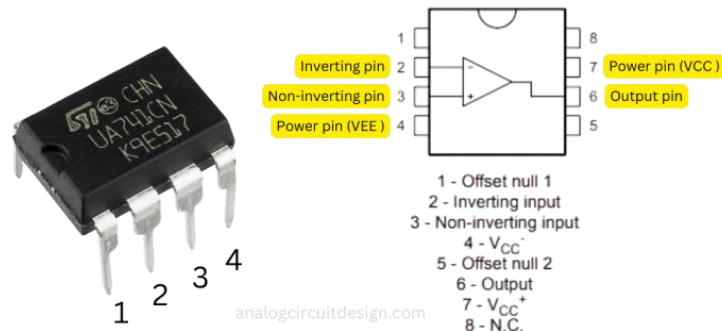
ในการเลือกตัวเหนี่ยวนำปัจจัยหลายอย่างที่ต้องควรระวัง โดยในหัวข้อนี้จะเป็นการแนะนำสิ่งที่ควรทราบก่อนที่จะเลือกใช้

- **ค่าเหนี่ยวนำ (Inductance value)** เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการสะสมพลังงานในรูปของสนามแม่เหล็ก
- **ค่าความคลาดเคลื่อน (Tolerance)** โดยควรตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพ และการทำงานของวงจร
- **กระแสอิ่มตัว (Saturation Current)** กระแสอิ่มตัวของตัวเหนี่ยวนำที่เลือกควรมีอย่างน้อย 1.5-2 เท่าของระดับกระแส DC หรือ RMS ที่ตัวเหนี่ยวนำในวงจร
- **ประเภทของกระแสของตัวเหนี่ยวนำ (Type of Inductor)** ตัวเหนี่ยวนำประเภทต่างๆได้รับการออกแบบเพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน สำหรับการใช้งานทั่วไปส่วนใหญ่นั้นแนะนำให้ใช้ขดลวดโซลินอยด์หรือแกนแบบ Pot core
- **การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI)** ปัญหาของ EMI สามารถจัดการได้เกือบตลอดเวลาโดยการเลือกประเภทตัวเหนี่ยวนำที่เหมาะสม เช่น ทอรอยด์หรือแกนหม้อ หากต้องการหลีกเลี่ยงการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า
- **แฟกเตอร์ Q (Q-Factor)** ปัจจัย Q หรือปัจจัยด้านคุณภาพ หมายถึงอัตราส่วนค่าตัวเหนี่ยวนำต่อค่าความต้านทานประสิทธิผล คำนี้นับอยู่กับความถี่และความถี่ไรการทดสอบมักระบุไว้ใน Datasheet

- **ความถี่เรโซแนนซ์ในตัวเอง (Self-Resonant Frequency SRF)** คือค่าความถี่ที่ตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 0 สำหรับการใช้งานในงานที่มีย่านความถี่วิทยุ (Radio Frequency RF) ควรเลือกความถี่เรโซแนนซ์ในตัวเองให้เกินความถี่การทำงานของวงจร
- **ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรง (DC Resistance DCR)** คือความต้านทานที่มีอยู่ในตัวนำโลหะของตัวเหนี่ยวนำ และสามารถจำลองเป็นตัวต้านทานแบบอนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ

2.7 อุปกรณ์ Operational Amplifier

Operational Amplifier (Op-amp) เป็นวงจรที่มีหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณไฟฟ้า (amplifier) โดยที่มีคุณสมบัติที่สำคัญคือมีการขยายสัญญาณได้มาก (high gain) และมีความแม่นยำสูงในการทำงาน (high accuracy) โดยทั่วไป Op-amp มีหน้าที่เพิ่มแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณเข้าสู่ระดับที่ต้องการ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟที่สูงขึ้นหรือต่ำลง โดยในปัจจุบันเบอร์ที่นิยมใช้คือ IC741 โดยจะมีลักษณะมีขาเป็นคู่ 4 หรือ 5 คู่ จำนวน 8 หรือ 10 ขา แล้วแต่เทคโนโลยีของผู้ผลิต โดยเมื่อจะใช้อุปกรณ์ชนิดนี้จำเป็นที่จะต้องรู้ข้อมูล โดยหาได้จาก Datasheet และสิ่งที่พึงระวังคือการนับขาที่ 1 ซึ่งในความเป็นจริงเราจะมองที่หัวบากของอุปกรณ์ และนับเริ่มต้นที่ขาซ้ายสุด และนับลงมา แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 อุปกรณ์ Operational Amplifier

ที่มา: <https://analogcircuitdesign.com/ic-741-op-amp/>

โดยออปแอมป์ประกอบไปด้วยขาอินพุต 2 ขั้ว และขาเอาต์พุต 1 ขั้ว ขาอินพุตที่มีเครื่องหมายลบกำกับ เรียกว่า Inverting input เมื่อป้อนสัญญาณไฟตรงหรือไฟสลับเข้าไป โดยขาอินพุตอีกขาหนึ่งต่อกับจุดอ้างอิงจุดหนึ่ง สัญญาณที่ออกมาที่ขาเอาต์พุตจะกลับเฟส (phase) กับสัญญาณขาอินพุต 180 องศา ส่วนขาอินพุตอีกขาหนึ่งที่มีเครื่องหมายบวกกำกับ เรียกว่า Noninverting input สัญญาณที่ออกมาจากขาเอาต์พุตมีเฟสเดียวกับสัญญาณที่ป้อนที่ขาอินพุตนี้

นอกจากขาอินพุตและเอาต์พุตดังกล่าวแล้ว การใช้งานจริงของออปแอมป์ยังมีขาสำหรับจ่ายไฟ 2 ขั้ว และขาสำหรับปรับออฟเซตหรือการชดเชยความถี่อีก 2 ขั้ว

2.7.1 การประยุกต์ใช้ Operational Amplifier สำหรับการออกแบบวงจร

2.7.1.1 วงจรขยายกลับเฟส (Inverting amplifier)

เป็นวงจรที่เปลี่ยนสัญญาณอินพุตปริมาณน้อยๆ แล้วขยายให้สัญญาณเอาต์พุตมีปริมาณที่สูงขึ้นกว่าเดิม โดยสัญญาณเอาต์พุตจะมีเฟสต่างจากสัญญาณอินพุต 180 องศา วงจรขยายกลับเฟส แสดงดังรูปที่ 8 จะเห็นว่าสัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้าที่ขั้วลบของออปแอมป์ แล้วส่วนหนึ่งของสัญญาณเอาต์พุตที่กลับเฟสกับสัญญาณอินพุตจะถูกป้อนกลับที่จุดอินพุตอีกทีโดยผ่านตัวต้านทาน

อัตราขยายของออปแอมป์ คือ

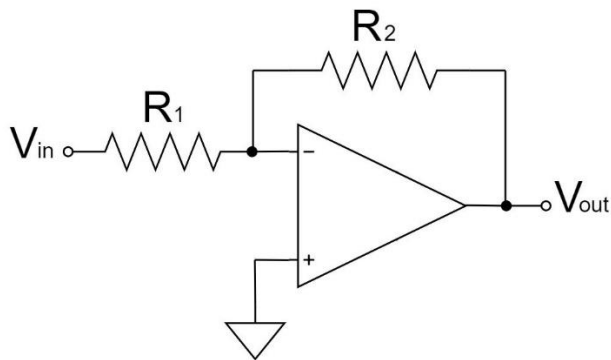
$$A_v = V_{out}/V_{in}$$

หรือ

$$A_v = -R_f/R_{in}$$

ดังนั้น การหา V_{out} ของวงจรออปแอมป์ จะได้

$$V_{out} = A_v \cdot V_{in} = -V_{in} \cdot R_f/R_{in}$$



รูปที่ 8 วงจรขยายกลับเฟส

ที่มา: https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2533/tchem0633tt_ch2.pdf

2.7.1.2 วงจรขยายไม่กลับเฟส (Noninverting amplifier)

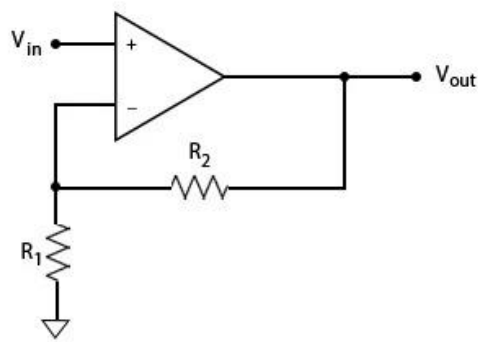
วงจรไม่กลับเฟสจะแตกต่างกับวงจรขยายกลับเฟสในแง่อัตราขยายและเฟสของเอาต์พุตดังแสดงในรูปที่ 9 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส โดยสัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้าที่ขั้วบวกของออปแอมป์ แล้วให้สัญญาณเอาต์พุตที่มีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต แล้วมีการป้อนกลับสัญญาณเอาต์พุตผ่านตัวต้านทาน R_i ลงดิน

อัตราขยายของออปแอมป์ คือ

$$A_v = \frac{R_f}{R_i} + 1$$

และการหา V_{out} ของออปแอมป์ จะได้

$$V_{out} = A_v \cdot V_{in} = \left(\frac{R_f}{R_{in}} + 1 \right) V_{in}$$

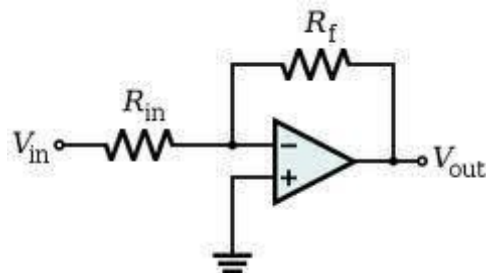


รูปที่ 9 วงจรขยายไม่กลับเฟส

ที่มา: <https://www.analog.com/en/resources/glossary/non-inverting-op-amp.html>

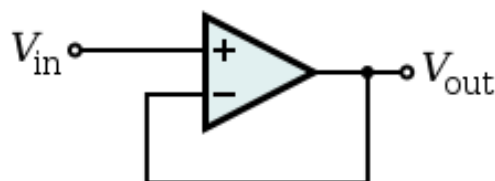
2.7.1.3 วงจรตามแรงดัน (Voltage follower)

เป็นการใช้งานวงจรรวมออปแอมป์ที่มีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง สามารถใช้เป็นทั้งวงจรขยายแบบกลับเฟสหรือขยายแบบไม่กลับเฟสได้ แสดงในรูปที่ 10 และรูปที่ 11 ตามลำดับ วัตถุประสงค์ของการใช้งานในกรณีนี้เพื่อใช้เป็นวงจรมัฟเฟอร์ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้มากที่ขั้วเอาต์พุตในขณะที่กระแสที่ขั้วอินพุตมีค่าเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 10 วงจรตามแรงดันแบบกลับเฟส

ที่มา: https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2533/tchem0633tt_ch2.pdf

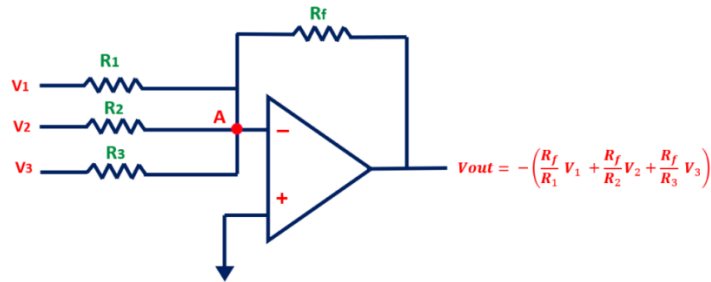


รูปที่ 11 วงจรตามแรงดันแบบไม่กลับเฟส

ที่มา: https://hmong.in.th/wiki/Buffer_amplifier

2.7.1.4 วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ (Summing Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ คือ วงจรออปแอมป์ที่รวมอินพุต ตั้งแต่ 2 อินพุตขึ้นไปมารวมกัน และแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับผลรวมของแรงดันอินพุต คูณกับอัตราขยายของวงจร ดังแสดงในรูปที่ 12 เป็นตัวอย่างวงจรขยายรวมสัญญาณแบบ 3 อินพุต



รูปที่ 12 วงจรขยายแบบรวมสัญญาณ

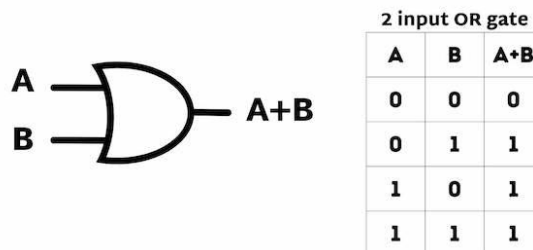
ที่มา: <https://www.allaboutelectronics.org/op-amp-as-summing-amplifier/>

2.8 อุปกรณ์ Logic Gate

อุปกรณ์ลอจิกเกตเป็นอุปกรณ์พื้นฐานของวงจรดิจิทัล ซึ่งประกอบไปด้วย OR Gate, AND Gate, NOR Gate, NAND Gate และ NOT Gate

2.8.1 OR Gate

เป็นเกตที่ให้ค่าเป็น 1 เสมอ (ค่า 1 หมายถึง 5 Volt) โดยถ้ามีอินพุตใดๆเป็น 1 และให้ค่า 0 ถ้าไม่มีตัวใดเป็น 1 เลย ดังแสดงรูปที่ 13



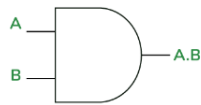
รูปที่ 13 Logic ของ OR Gate

ที่มา: <https://computerengineeringforbabies.com/blogs/engineering/or-gate>

2.8.2 AND Gate

เป็นเกตที่ให้ค่า bit 0 ถ้ามีค่า input ใดๆเป็น 0 และให้ค่า 1 ถ้า input ทั้งหมดเป็น 1 ดังรูปที่ 14

2- Input AND Gate



Truth Table

A (Input 1)	B (Input 2)	X = (A.B)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

รูปที่ 14 Logic ของ AND Gate

ที่มา: <https://www.geeksforgeeks.org/and-gate/>

2.8.3 NOR Gate

เป็นเกตที่ตรงกันข้ามกับ OR คือ ถ้ามี Input ใดๆเป็น 1 จะให้ค่า 0 และถ้า input เป็น 0 ทั้งหมดจะให้ค่า 1 ดังรูปที่ 15

2- Input NOR Gate



Truth Table

Input A	Input B	0 = (A + B)'
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

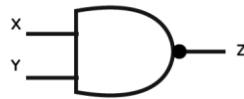
รูปที่ 15 Logic ของ NOR Gate

ที่มา: <https://www.geeksforgeeks.org/nor-gate/>

2.8.4 NAND Gate

เป็นเกตที่ตรงกันข้ามกับ AND คือ ถ้ามี Input ใดๆเป็น 0 จะให้ค่า 1 และถ้า input เป็น 1 ทั้งหมดจะให้ค่า 0 ดังรูปที่ 16

NAND Gate



Input (X)	Input (Y)	Output (Z)
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

รูปที่ 16 Logic ของ NAND Gate

ที่มา: <https://www.geeksforgeeks.org/implementation-and-from-nand/>

2.8.5 NOT Gate

เป็นเกตที่ให้ค่าตรงกันข้ามกับค่า input ที่ใส่เข้าไปเสมอ ดังรูปที่ 17

NOT Gate



Truth Table

A (Input)	$Y = \bar{A}$ (Output)
0	1
1	0

รูปที่ 17 Logic ของ NOT Gate

ที่มา: <https://www.geeksforgeeks.org/not-gate/>

2.9 อุปกรณ์ Microcontroller boards

Micro Controller คือระบบคอนโทรลขนาดเล็ก เรียกอีกอย่างหนึ่งคือเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานนั้นๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input หรือ Output เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งก็นับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดย Micro Controller ในยุคปัจจุบันนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบ Network ของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้อีกด้วย และในปัจจุบันได้มีหลากหลายบริษัทผลิต Micro controller ออกมา เช่น Raspberry Pi, Arduino, STM หรือ Microchip ดังรูปที่ 18

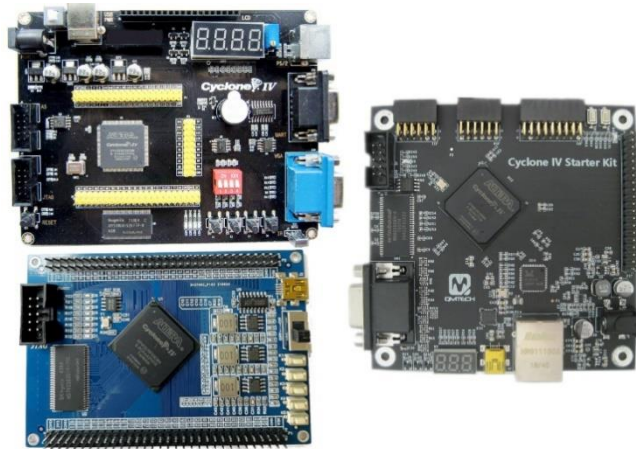


รูปที่ 18 Microcontroller แบบต่างๆ

ที่มา: <https://all3dp.com/2/what-is-arduino-simply-explained/>

2.10 อุปกรณ์ FPGA boards

FPGA ก็คือชิปอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รูปแบบหนึ่ง ดังรูปที่ 19 ซึ่งภายในนั้นจะมี Logic Gate จำนวนมากมาย โดยสามารถที่จะลงโปรแกรมเพื่อกำหนดการเชื่อมต่อของ Logic Gate ต่างๆ ซึ่งในทางทฤษฎีนั้นสามารถกำหนดการต่อ Logic Gate ได้ตามต้องการ และสามารถสร้างวงจรทางด้านดิจิตอลอะไรก็ได้ ไม่เว้นแม้กระทั่ง Micro Controller Unit เพราะวงจรทางด้านดิจิตอลทั้งหลายก็คือการเอา Logic Gate มาต่อกัน และการที่สามารถ reprogram ได้ทำให้ถึงแม้ว่าจะออกแบบวงจรมาผิดพลาด แต่ก็ยังสามารถที่จะแก้ไขใหม่ได้ นอกจากนี้เนื่องด้วย FPGA เป็นวงจร Logic gate ที่มาต่อกันเรื่อย ไม่ใช่เป็นการบวกจำนวนคำสั่งแบบ CPU ดังนั้นวงจรของ FPGA นั้นทุกวงจรจะทำงานพร้อมกันหมด ทำให้วงจร FPGA นั้นมีการทำงานที่เร็วกว่า อีกข้อหนึ่งที่จะเห็นได้ก็คือการที่สามารถโปรแกรมเพื่อออกแบบวงจรอะไรก็ได้ สามารถออกแบบบอร์ด FPGA ให้สามารถไปทำงานร่วมกับหลายๆงานได้ จะทำให้ FPGA นั้น Flexible มากขึ้น



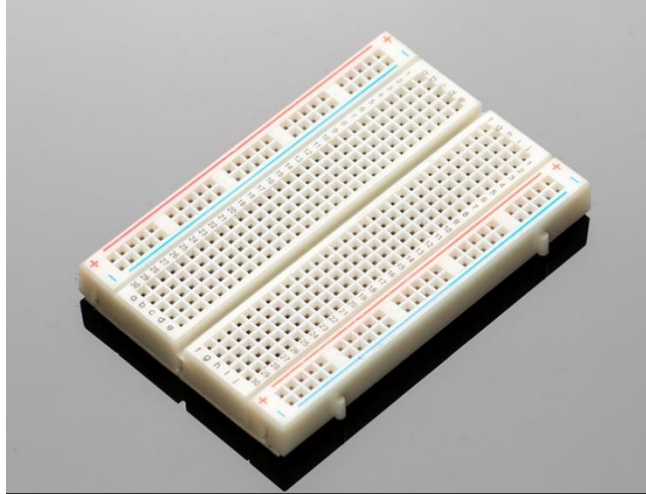
รูปที่ 19 FPGA boards

ที่มา: https://iot-kmutnb.github.io/blogs/fpga/intel_prime_lite_cyc4/

2.11 อุปกรณ์ Protoboard, Breadboard หรือ Wish Board

โปรโทบอร์ด (Protoboard) หรืออาจจะเรียกทับศัพท์ว่า เบรตบอร์ด (Breadboard) เป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลองง่ายขึ้น ลักษณะของบอร์ดจะเป็นพลาสติกมีรูจำนวนมาก ภายใต้รูเหล่านั้นจะมีการเชื่อมต่อถึงกันอย่างมีรูปแบบ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 20 เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเสียบ จะทำให้พลังงานไฟฟ้าสามารถไหลจากอุปกรณ์หนึ่ง ไปยังอุปกรณ์หนึ่งได้ ผ่านรูที่มีการเชื่อมต่อกันด้านล่าง พื้นที่การเชื่อมต่อกันของโปรโทบอร์ด จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

- กลุ่มแนวตั้ง เป็นกลุ่มที่เป็นพื้นที่สำหรับการเชื่อมต่อวงจร วางอุปกรณ์ จะมีช่องเว้นกลางกลุ่มสำหรับเสียบไอซีตัวถังแบบ DIP และบ่งบอกการแบ่งเขตเชื่อมต่อ
- กลุ่มแนวนอน เป็นกลุ่มที่มีการเชื่อมต่อกันในแนวนอน ใช้สำหรับพักไฟที่มาจากแหล่งจ่าย เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่อไฟจากแหล่งจ่ายเลี้ยงให้วงจรต่อไป และจะมีสี สัญลักษณ์สกรีนเพื่อบอกขั้วที่ของแหล่งจ่ายที่ควรนำมาพักไว้ โดยสีแดง จะหมายถึงขั้วบวก และสีดำ หรือสีน้ำเงิน จะหมายถึงขั้วลบ



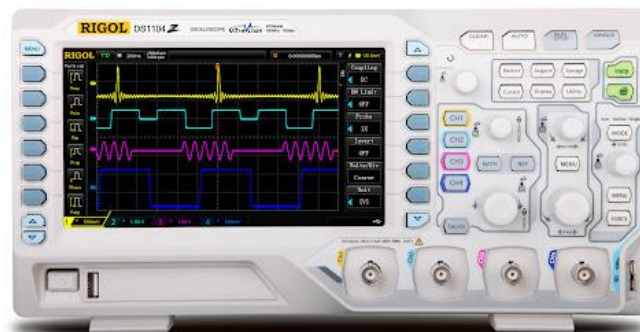
รูปที่ 20 Protoboard หรือ Breadboard

ที่มา: <https://www.tido.tech/index.php/product/photoboard400/>

2.11 อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์

2.11.1 ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

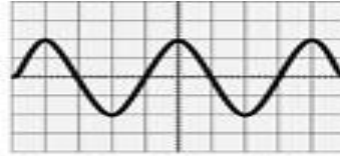
Oscilloscope เป็นเครื่องมือทดสอบอิเล็กทรอนิกส์ที่แสดงแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณ (แกนตั้ง y) ตั้งแต่หนึ่งสัญญาณขึ้นไปเป็นฟังก์ชันของเวลา (แกนนอน x) ในรูปแบบกราฟ ใช้สำหรับจับข้อมูลเกี่ยวกับสัญญาณไฟฟ้าเพื่อการ Debug การวิเคราะห์ จากนั้นรูปคลื่นที่แสดงจะถูกนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆ เช่น แอมพลิจูด ความถี่ เวลาที่เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาการบิดเบือน และอื่นๆ โดยมีลักษณะดังรูปที่ 21 และค่าที่อ่านจากหน้าจอ Oscilloscope นั้น จะได้คลื่นที่อยู่ในรูปแบบกราฟ ดังรูปที่ 22



รูปที่ 21 Oscilloscope

ที่มา: <http://www.siamtriogroup.com/>

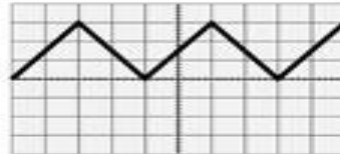
Sine wave



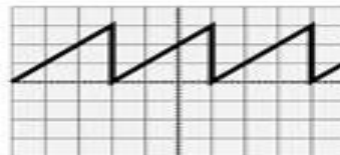
Square wave



Triangle wave



Sawtooth wave



รูปที่ 22 คลื่นที่อยู่ในรูปแบบกราฟ เมื่ออ่านจาก Oscilloscope

ที่มา: <https://www.dummies.com/article/technology/electronics/general-electronics/measure-electronic-waves-waveforms-seen-on-an-oscilloscope-180161/>

ทั้งนี้ การใช้งาน Oscilloscope นั้นต้องใช้ควบคู่กับอุปกรณ์อื่นๆ คือ

- **ตัววัดกระแส (Current probe)** เป็นอุปกรณ์วัดสัญญาณ โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นรอบๆตัวนำนั้นซึ่ง Current Probe จะถูกออกแบบให้ตรวจจับสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั้นและแปลงให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าที่สัมพันธ์กัน ก่อนจะส่งไปที่ออสซิลโลสโคป ซึ่งสโคปจะสามารถแสดงผลและทำการวิเคราะห์รูปสัญญาณกระแสไฟฟ้าได้ และเมื่อใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าพร้อมๆ กันก็จะสามารถดูลักษณะของสัญญาณกำลังไฟฟ้าได้โดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ภายในสโคป โดยสามารถที่จะทำการวัดสัญญาณของกำลังไฟฟ้าได้หลายรูปแบบประกอบด้วย กำลังไฟฟ้าชั่วขณะ , กำลังไฟฟ้าจริง , กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ และเฟส
- **ตัววัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage probe)** คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแรงดัน ของระบบไฟฟ้าหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยมักใช้เพื่อวัดแรงดันที่ต่างชั้นหรือตรวจสอบการทำงานของวงจรต่างๆ โดยไม่ต้องสัมผัสกับวงจรเอง มักจะติดกับ Oscilloscope เพื่อให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นค่าแรงดันที่ถูกวัดได้ผ่านหน้าจอหรือเครื่องวัดค่า

- **ตัววัดคนละระดับ (Differential voltage probe)** เป็นอุปกรณ์ที่วัดสัญญาณอ้างอิงถึงกันแทนที่จะเป็นกราวด์ และดูสัญญาณขนาดเล็กเมื่อมีออฟเซต DC ขนาดใหญ่หรือสัญญาณโหมดทั่วไปอื่นๆ เช่น สัญญาณรบกวนจากสายไฟ เพื่อใช้ต่อกับ Oscilloscope

2.11.2 Voltage meter

โวลต์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุดในวงจรไฟฟ้าภายในโวลต์มิเตอร์มีค่าความต้านทานสูง ใช้วิธีการต่อแบบขนานกับวงจรที่ต้องการวัด โดยการต่อแบบอนุกรม (Rx) กับแกลวนอมิเตอร์ เมื่อใช้วัดค่าความต่างศักย์ในวงจร โวลต์มิเตอร์จะแสดงผลเป็นหน่วยโวลต์ (V) ตัวอย่างโวลต์มิเตอร์แสดงในรูปที่ 23



รูปที่ 23 Voltage meter

ที่มา: <https://www.reichelt.com/de/en/voltage-meter-analogue-benchtop-0-3-v-15-v-dc-peaktech-205-05-p288845.html>

2.11.3 Ampere meter

แอมป์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้า ซึ่งทำได้ 2 แบบ คือแบบต่ออนุกรมกับวงจรไฟฟ้า กับการวัดแบบใช้หม้อแปลงกระแส หรือ CT (Current Transformer) โดยกระแสไฟฟ้าที่สามารถวัดได้นั้นจะมีอยู่ 2 แบบ คือ กระแสเอซี AC และกระแสดีซี DC มีหน่วยการวัดเป็นแอมป์ (A) ตัวอย่างแอมป์มิเตอร์แสดงในรูปที่ 24



รูปที่ 24 Ampere meter

ที่มา: <https://measurementkmutt.blogspot.com/2013/11/s-i-m-2-1.html>

2.11.4 Multi meter

มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับทดสอบอุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้าต่างๆ ชนิดหนึ่งที่สามารถวัดปริมาณไฟฟ้าได้หลากหลายปริมาณ โดยสามารถตั้งเป็นโวลต์มิเตอร์, แอมป์มิเตอร์หรือโอห์มมิเตอร์ได้ และสามารถเลือกใช้ได้ว่าจะใช้กับไฟกระแสดตรง (DC) หรือ ไฟกระแสสลับ (AC) การแสดงผลของมัลติมิเตอร์จะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter) และมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter) ตัวอย่างมัลติมิเตอร์ แสดงในรูปที่ 25



รูปที่ 25 Multi meter

ที่มา: <https://www.tic.co.th/th/news/detail/1693/2>

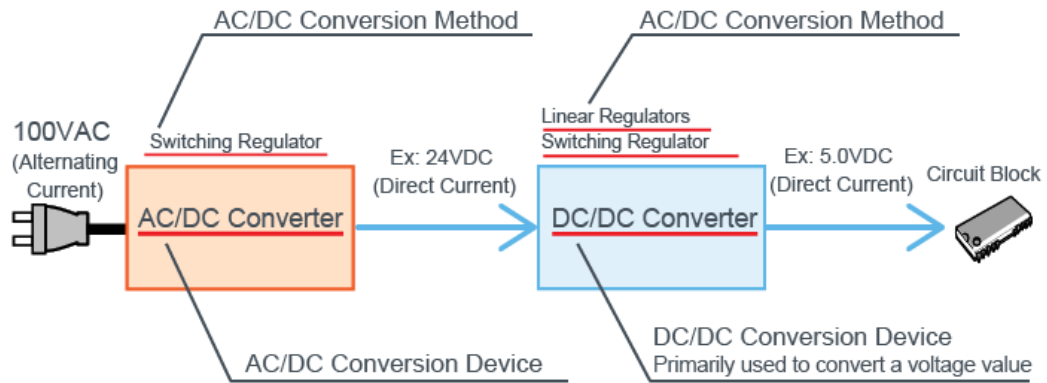
2.11.5 อินเวอร์เตอร์ (DC to AC Converters or Inverter)

อินเวอร์เตอร์หรือที่เรียกว่าตัวแปลง DC เป็น AC เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยแหล่งจ่ายพลังงาน DC เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าประเภทหนึ่งที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าคงที่ และใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ TV ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ชาร์จ USB แบบมาตรฐานใช้พลังงาน DC ซึ่งแรงดันไฟฟ้าคงที่ และกระแสจะไหลไปในทิศทางเดียวกัน จากบวกไปลบ ในทางกลับกันแหล่งจ่ายพลังงาน AC คือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าประเภทหนึ่งที่อยู่ใกล้ตัวเรามาก (ใช้อยู่ตามบ้านและสำนักงาน) โดยมีการส่งถ่ายพลังงาน Power network ของการไฟฟ้า เป็นแหล่งพลังงานที่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลของกระแสไฟระหว่างขั้วบวกและขั้วลบอยู่ตลอดเวลา โดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์มี 3 ประเภท แบ่งตามรูปแบบคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตออกมาได้

- **อินเวอร์เตอร์คลื่นสี่เหลี่ยม** เป็นอินเวอร์เตอร์ประเภทหนึ่งที่สร้างเอาต์พุตคลื่นสี่เหลี่ยมเป็นอินเวอร์เตอร์ที่มีราคาถูกที่สุดแต่ให้พลังงานต่ำที่สุด
- **อินเวอร์เตอร์คลื่นสี่เหลี่ยมดัดแปลง** รูปคลื่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และไม่ใช้สัญญาณไซน์ตามที่จำเป็นต้องมี AC คลื่นไซน์บริสุทธิ์ ใช้งานกับโหลดล้วนๆ เช่น โคมไฟหรือเครื่องทำความร้อน มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่าคลื่นสี่เหลี่ยม
- **อินเวอร์เตอร์คลื่น True/Pure Sine** อินเวอร์เตอร์เหล่านี้เป็นรูปแบบที่มีราคาแพงที่สุด ผลิตภัณฑ์ AC ส่วนใหญ่ทำงานบนอินเวอร์เตอร์คลื่นไซน์ดัดแปลง เนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่า อินเวอร์เตอร์ถูกนำมาใช้ในการใช้งานที่หลากหลาย รวมถึงการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ หรือเซลล์เชื้อเพลิงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ไมโครอินเวอร์เตอร์สำหรับแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซลาร์เซลล์เป็นกระแสสลับสำหรับโครงข่ายไฟฟ้า UPS ใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อจ่ายไฟ AC เมื่อไฟหลักไม่สามารถใช้ได้และการทำความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

2.11.6 วงจรแปลงผันกำลังไฟตรง-ไฟตรง (Dc to Dc Converters)

วงจรแปลงผันกำลังไฟตรง-ไฟตรง (DC to DC Converters) คือการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังมาจัดวงจรร่วมกับอุปกรณ์สะสมพลังงานทั้งตัวเหนี่ยวนำ (Inductors) และตัวเก็บประจุ (Capacitors) เพื่อให้ได้มาซึ่งความสามารถในการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากทางด้านอินพุตไฟตรงไฟสู่เอาต์พุตไฟตรง โดยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านเอาต์พุตที่ได้อาจจะมียกระดับแรงดันที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าด้านอินพุต โดยโครงสร้างโดยทั่วไปของวงจรแสดงในรูปที่ 26



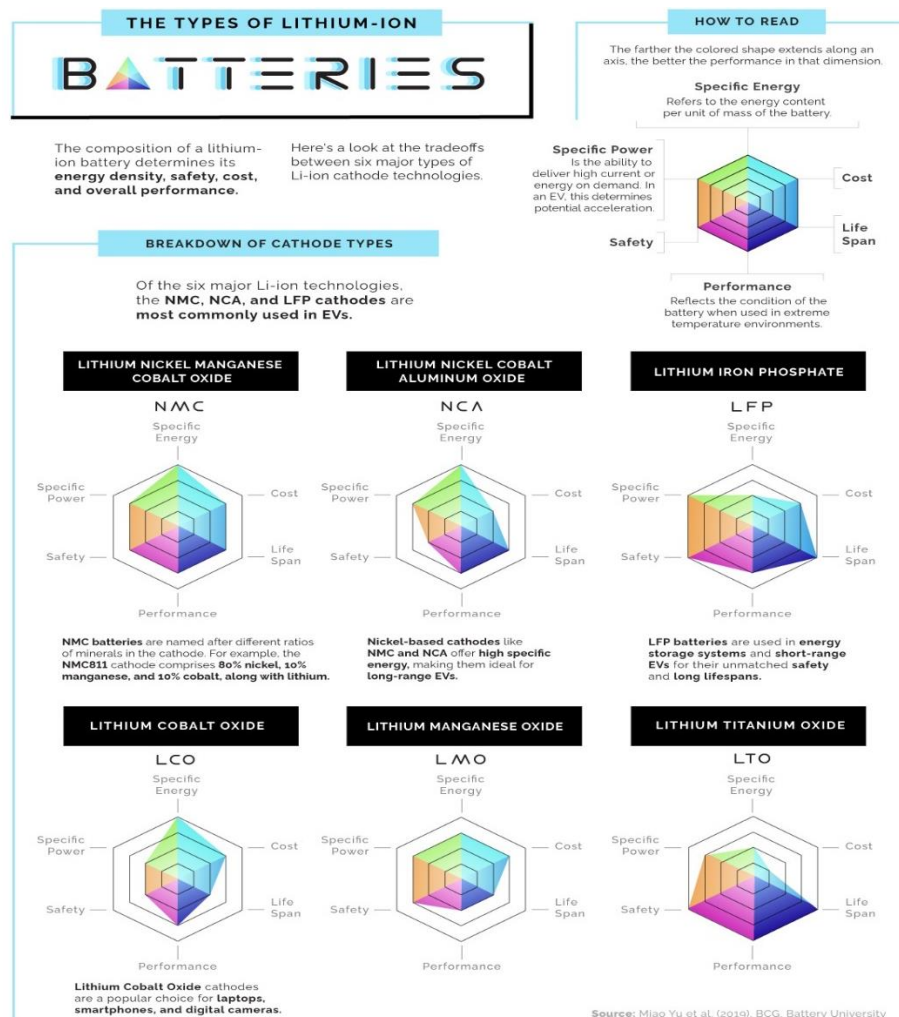
รูปที่ 26 วงจรแปลงผันกำลังไฟตรง-ไฟตรง

ที่มา: https://www.rohm.com/electronics-basics/dc-dc-converters/dcdc_what1

บทที่ 3 การประยุกต์ใช้อิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่

3.1 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนถือเป็นจุดเปลี่ยนที่สำคัญที่จะเป็นพลังงานสะอาดของโลก เนื่องจากว่าเป็นเทคโนโลยีหลักที่สามารถขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า และเป็นระบบที่สามารถจัดเก็บพลังงานได้ อย่างไรก็ตาม มีแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนหลายประเภท แต่ละประเภทมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน โดยเทคโนโลยีแคโทดลิเทียมไอออนหลัก 6 ประเภท แสดงในรูปที่ 27



รูปที่ 27 ลิเทียมไอออนทั้ง 6 ชนิด

ที่มา: <https://elements.visualcapitalist.com/the-six-major-types-of-lithium-ion-batteries/>

- **Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC)** โดยทั่วไปแล้วแคโทด NMC จะมีนิเกิลในปริมาณมาก ซึ่งจะเพิ่มความหนาแน่นของพลังงานในแบตเตอรี่และทำให้ EV สามารถวิ่งได้ไกลขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณนิเกิลที่สูงอาจทำให้แบตเตอรี่ไม่เสถียร ซึ่งเป็นเหตุผลว่าทำไมจึงใช้แมงกานีสและโคบอลต์เพื่อปรับปรุงเสถียรภาพทางความร้อนและความปลอดภัย การผสม NMC หลายแบบประสบความสำเร็จในเชิงพาณิชย์ เช่น NMC811 (ประกอบด้วยนิเกิล 80% แมงกานีส 10% และโคบอลต์ 10%) NMC532 และ NMC622
- **Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (NCA)** แบตเตอรี่ NCA มีข้อได้เปรียบในเรื่องของนิเกิลเช่นเดียวกับ NMC ซึ่งรวมถึงมีความหนาแน่นของพลังงานสูง และแทนที่จะใช้แมงกานีส NCA จะใช้อลูมิเนียมเพื่อเพิ่มเสถียรภาพ อย่างไรก็ตาม แคโทด NCA มีความปลอดภัยน้อยกว่าเทคโนโลยีลิเทียมไอออนอื่นๆ ค่อนข้างมาก และมีราคาแพงกว่า ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้เฉพาะในรถยนต์ไฟฟ้าสมรรถนะสูงเท่านั้น
- **Lithium Iron Phosphate (LFP)** เนื่องจากใช้เหล็กและฟอสเฟตแทนนิเกิลและโคบอลต์ แบตเตอรี่ LFP จึงมีต้นทุนการผลิตถูกกว่าแบตเตอรี่แบบนิเกิล อย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่ประเภทนี้ให้พลังงานจำเพาะน้อยกว่าและเหมาะสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าแบบมาตรฐานหรือขนาดเล็กมากกว่า นอกจากนี้ แบตเตอรี่ LFP ยังถือเป็นสารเคมีที่ปลอดภัยที่สุดชนิดหนึ่งและมีอายุการใช้งานยาวนาน จึงสามารถใช้ในระบบกักเก็บพลังงานได้ดี
- **Lithium Cobalt Oxide (LCO)** แม้ว่าแบตเตอรี่ LCO จะมีความหนาแน่นของพลังงานสูง แต่ก็มีข้อเสียคือมีอายุการใช้งานค่อนข้างสั้น และมีเสถียรภาพทางความร้อนต่ำ รวมถึงพลังงานจำเพาะที่จำกัด ดังนั้นแบตเตอรี่เหล่านี้จึงเป็นตัวเลือกยอดนิยมสำหรับ สมาร์ทโฟนและแล็ปท็อป ซึ่งสามารถจ่ายพลังงานได้ในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยในระยะเวลาสั้น
- **Lithium Manganese Oxide (LMO)** แบตเตอรี่ LMO หรือที่เรียกอีกอย่างว่าแบตเตอรี่สปีเนลแมงกานีส ให้ความปลอดภัยที่มากขึ้น และมีความสามารถในการชาร์จและปล่อยประจุที่รวดเร็ว ในยานยนต์ไฟฟ้า โดยวัสดุแคโทด LMO มักผสมกับ NMC เพราะ LMO จะให้กระแสไฟสูงเมื่อเร่งความเร็ว และ NMC ช่วยให้ขับขึ้นได้ไกลขึ้น
- **Lithium Titanate (LTO)** แบตเตอรี่ LTO จะมีขั้วบวกที่เป็นเอกลักษณ์ซึ่งทำจากลิเทียมออกไซด์และไททาเนียม ซึ่งต่างจากแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ ข้างต้น โดยที่องค์ประกอบของแคโทดจะแตกต่างกัน

แบตเตอรี่เหล่านี้มีความปลอดภัยและประสิทธิภาพที่ยอดเยี่ยมภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่สูง แต่มีความจุต่ำและมีราคาค่อนข้างแพง

3.1.1 เทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ปัจจุบันความท้าทายและข้อกำหนดเฉพาะบางประการสำหรับการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า เช่น ความหนาแน่นของพลังงานสูง (High energy density) ความหนาแน่นของกำลังสูง (High power density) อายุการใช้งานยาวนาน (Long-life) การชาร์จที่รวดเร็ว (Quick charge) ความปลอดภัย (Safety) และต้นทุน (Low cost) เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้การพัฒนาแบตเตอรี่นั้นจำเป็นต้องพัฒนาให้ดีกว่าในอดีต

โดยส่วนประกอบหลักของแบตเตอรี่คืออิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเป็นตัวกลางที่ช่วยให้ลิเทียมไอออนเคลื่อนที่ระหว่างอิเล็กโทรดบวกหรือแคโทด โดยวัสดุแคโทดที่พบบ่อยที่สุดคือลิเทียมโลหะออกไซด์ เช่น ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (LCO), ลิเทียมนิเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ (NMC), ลิเทียมนิเกิลโคบอลต์อลูมิเนียมออกไซด์ (NCA), และลิเทียมเหล็กฟอสเฟต (LFP) แสดงดังรูปที่ 28 ซึ่งในการกำหนดแรงดันไฟฟ้าและความจุของแบตเตอรี่ เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกันในแง่ของความหนาแน่นของพลังงาน ความปลอดภัย ต้นทุน รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น

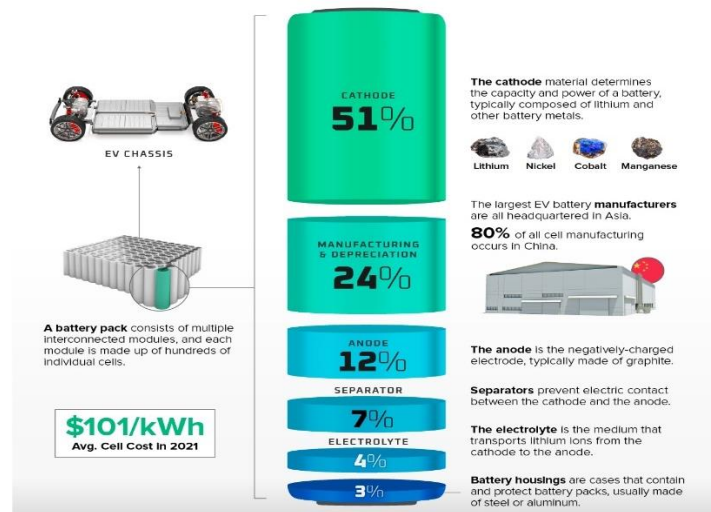
- LCO มีความหนาแน่นของพลังงานสูง แต่มีความหนาแน่นของกำลังต่ำ และมีราคาสูง
- NMC และ NCA มีพลังงานและความหนาแน่นของกำลังสูง แต่มีความปลอดภัยต่ำรวมถึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง
- LFP มีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ แต่มีความหนาแน่นของกำลังสูง มีความปลอดภัยสูง และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ

โดยนักวิจัยบางกลุ่มจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาแบตเตอรี่โซลิดสเตต ซึ่งใช้อิเล็กโทรดที่เป็นของแข็งแทนของเหลว เนื่องจากมีความเสถียรกว่า ปลอดภัยกว่า และสามารถใส่โลหะลิเทียมเปแอ็งอิเล็กโทรดลบ ซึ่งมีความจุสูงกว่ากราฟไฟท์มาก อย่างไรก็ตาม ค่าการนำไฟฟ้าไอออนิกต่ำ ความต้านทานต่อพื้นผิวสูง และไม่สามารถเข้ากันได้กับอิเล็กโทรด

EV BATTERY CELL

The average cost of lithium-ion batteries has declined by 89% since 2010.

What makes up the cost of lithium-ion cells?



รูปที่ 28 การลดต้นทุนในการผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

ที่มา: <https://elements.visualcapitalist.com/breaking-down-the-cost-of-an-ev-battery-cell/>

3.1.2 ข้อดีของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน มีข้อดีหลายประการซึ่งทำให้เป็นตัวเลือกยอดนิยมสำหรับการใช้งานที่หลากหลาย รวมถึงยานยนต์ไฟฟ้าด้วย โดยข้อได้เปรียบนี้มีส่วนทำให้มีการใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนอย่างกว้างขวางในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภค เครื่องมือไฟฟ้า และที่โดดเด่นที่สุดคือในการขนส่งด้วยไฟฟ้า เนื่องจากเทคโนโลยีก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงเพิ่มเติมในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนจึงคาดว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและการทำงานได้ โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

- **ความหนาแน่นพลังงานสูง (High Energy Density)** หมายความว่าสามารถเก็บพลังงานที่มากกว่าด้วยปริมาตรเท่าๆ กัน ซึ่งปัจจัยสำคัญที่แบตเตอรี่ชนิดนี้ถูกเลือกมาใช้สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า โดยมีแนวโน้มในการพัฒนาให้มีค่าพลังงานที่สูงมากขึ้น เพื่อการเพิ่มระยะทางให้สูงสุด
- **การคายประจุต่ำ (Low self-discharge)** หมายความว่าแบตเตอรี่จะคงประจุไว้ได้นานกว่าเมื่อไม่ได้ใช้งาน เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่นๆ
- **สามารถอัดประจุได้อย่างรวดเร็ว (Quick Charging)** หมายความว่าสามารถลดช่วงเวลาการอัดประจุและลดจำนวนครั้งของการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

- **การบำรุงรักษาต่ำ (Low Maintenance)** แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนต้องการบำรุงรักษาเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ
- **น้ำหนักเบาและกะทัดรัด (Lightweight and Compact)** แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีขนาดค่อนข้างเล็กและเบา ทำให้มีส่วนช่วยลดน้ำหนักโดยรวมของยานยนต์ไฟฟ้า
- **ไม่มีผลกระทบจากความจำของแบตเตอรี่ (No Memory Effect)** แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนไม่ได้รับผลกระทบจากหน่วยความจำ ซึ่งสามารถลดความจุที่มีประสิทธิภาพของแบตเตอรี่แบบชาร์จได้เมื่อเวลาผ่านไป
- **ระดับแรงดันต่อเซลล์สูง (High Cell Voltage)** มีแรงดันไฟฟ้าขณะทำงานสูงถึง 3-5 โวลต์ (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมเฉพาะทางเคมี) ซึ่งช่วยดำเนินการด้านพลังงานได้เทียบเท่าที่กระแสไฟต่ำกว่า

3.1.3 ข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

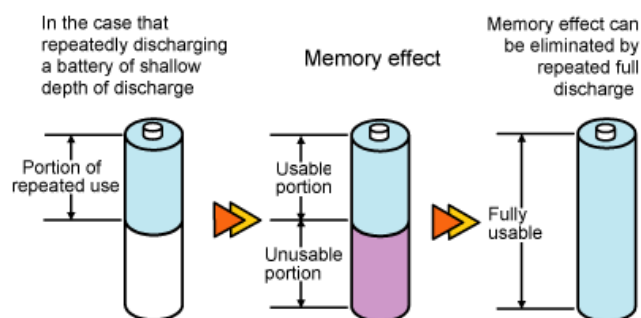
แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน มีข้อเสียที่สำคัญหลายประการที่ต้องพิจารณา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของแหล่งพลังงานของยานยนต์ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามแม้จะมีข้อเสียเหล่านี้ แต่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนยังคงเป็นตัวเลือกยอดนิยมสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากประสิทธิภาพและประสิทธิภาพโดยรวม ทั้งนี้งานวิจัยที่กำลังดำเนินอยู่มีเป้าหมายเพื่อแก้ไขข้อเสียเหล่านี้ และปรับปรุงเทคโนโลยีสำหรับการใช้งานในอนาคต

- **ต้นทุนการผลิตสูง (High Production Cost)** ปัจจุบันกล่าวกันว่าส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนและราคาขายของยานยนต์ไฟฟ้า เมื่อเทียบกับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินแบบดั้งเดิม
- **ไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Sensitivity to High Temperature)** ปัจจุบันส่งผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งาน โดยเฉพาะขณะทำการอัดประจุ และการคายประจุที่กระแสสูงๆ ดังนั้นระบบระบายความร้อนที่มีสมรรถนะและประสิทธิภาพสูงจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากสำหรับแบตเตอรี่
- **ความท้าทายในการทำรีไซเคิล (Recycling Challenges)** การรีไซเคิลแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูง กระบวนการนำวัสดุอันมีค่ากลับมาใช้ใหม่ยังไม่มีประสิทธิภาพเต็มที่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม
- **ความหนาแน่นของพลังงาน (Energy Density)** แม้ว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนจะมีความหนาแน่นของพลังงานสูงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ แต่ก็ยังต่ำกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิง สิ่งนี้ส่งผลกระทบต่อระยะและประสิทธิภาพของยานยนต์ไฟฟ้า
- **อายุการใช้งานสั้น (Short Service Life)** โดยทั่วไปแล้วแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่าเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่นๆ โดยจะเสื่อมสภาพเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งอาจจะส่งผลให้ความจุพลังงานลดลงและจำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่

- **เสี่ยงต่อการชาร์จไฟเกินและการคายประจุมากเกินไป (Risk of Overcharge and Over Discharge)**
แบตเตอรี่ชนิดนี้เสี่ยงต่อความเสียหายจากการชาร์จไฟเกินและการคายประจุมากเกินไป ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาด้านความปลอดภัยได้
- **ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environment Impact)** การสกัดและการแปรรูปลิเทียมและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3.1.4 หน่วยความจำแบตเตอรี่ (Memory Effect)

หน่วยความจำแบตเตอรี่ (Memory Effect) บางครั้งเรียกว่า Lazy Battery Effect เป็นปรากฏการณ์ที่มักพบในแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียม (NiCd) แบบชาร์จได้ โดยเกิดขึ้นเมื่อแบตเตอรี่เหล่านี้ได้รับการชาร์จซ้ำๆ กันหลังจากที่แบตเตอรี่หมดไปเพียงบางส่วน ส่งผลให้สูญเสียความจุพลังงานสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไป กล่าวคือแบตเตอรี่จะจดจำความจุที่น้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมลดลง ดังนั้นเพื่อป้องกันผลกระทบของหน่วยความจำ มีข้อเสนอแนะว่าให้คายประจุแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมจนหมด และชาร์จแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมให้เต็มเป็นระยะๆ ซึ่งจะช่วยรักษากำลังการผลิตและยืดอายุการใช้งาน แสดงในรูปที่ 29 และสำหรับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนปกติแล้วจะไม่พบปัญหานี้ แต่อาจจะพบปัญหาอื่นๆ เช่น แรงดันไฟฟ้าตกเนื่องจากการชาร์จไฟเกินเป็นเวลานาน ซึ่งอาจจะทำให้ระบบควบคุมแบตเตอรี่ (BMS) ได้รับข้อมูลการลดลงเสมือนของการรับรู้ความจุ ส่งผลให้การอัดประจุมีประสิทธิภาพลดลง

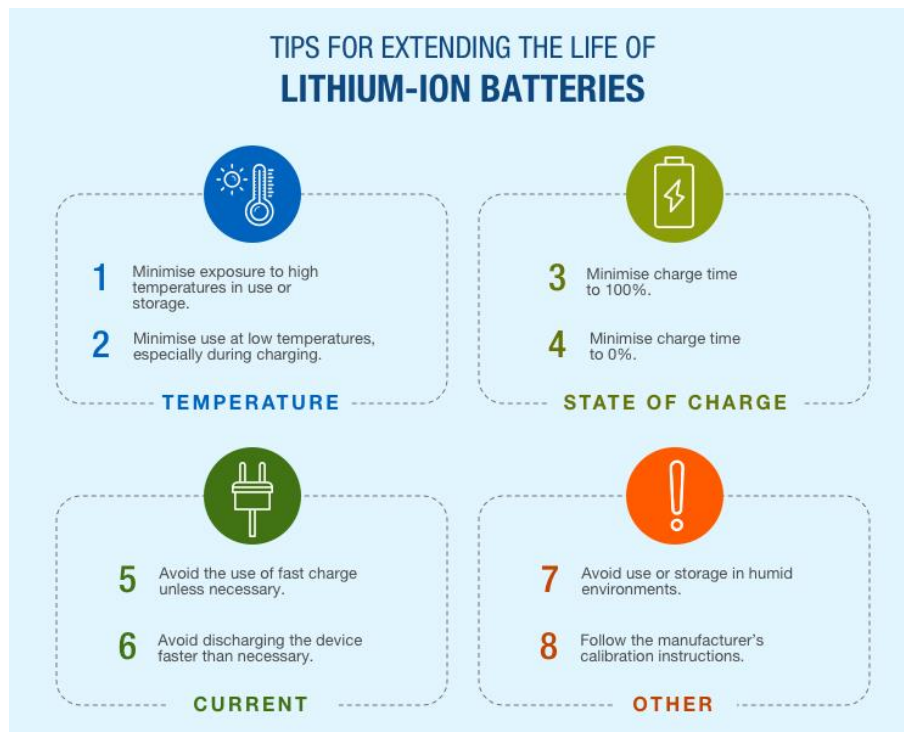


รูปที่ 29 หน่วยความจำของแบตเตอรี่

ที่มา: https://www.nipron.co.jp/english/product_info/encyclopedia/5_3.htm

3.1.5 การยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

แนวทางปฏิบัติหลักบางประการที่สามารถช่วยยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า อีกทั้งยังเป็นการช่วยรักษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ได้ ดังรูปที่ 30



รูปที่ 30 วิธีการรักษาแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

ที่มา: <https://www.iberdrola.com/innovation/lithium-ion-batteries>

- **ช่วงการชาร์จที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Charging Range)** ควรพยายามรักษาระดับประจุแบตเตอรี่ให้อยู่ระหว่าง 20% ถึง 80% อีกทั้งควรหลีกเลี่ยงการปล่อยทิ้งไว้ให้ระดับประจุแบตเตอรี่ต่ำกว่า 20% หรือหลีกเลี่ยงการชาร์จเกิน 80% ทุกครั้งที่เป็นไปได้
- **หลีกเลี่ยงการชาร์จอย่างรวดเร็ว (Avoid Fast Charge)** ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่แบบเร็ว (Dc-Fast Charge) เนื่องจากจะทำให้อุณหภูมิของแบตเตอรี่เพิ่มสูงขึ้น และอาจส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง ดังนั้นควรเลือกใช้วิธีการชาร์จแบบมาตรฐาน (AC-Charging)
- **การจัดการอุณหภูมิ (Temperature Management)** ควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีอุณหภูมิที่สูงเกินไป เช่น ควรจอดรถในร่มในวันที่มีอากาศร้อน และปล่อยให้แบตเตอรี่เย็นก่อนที่จะอัดประจุใหม่

- การชาร์จและการคายประจุแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradual Charging and Discharging) ควรหลีกเลี่ยงการเร่งกระบวนการการอัดประจุ และการคายประจุ ทั้งนี้การชาร์จที่ช้าและสม่ำเสมอช่วยรักษาสุขภาพของแบตเตอรี่
- ระบบจัดการแบตเตอรี่ที่มีคุณภาพ (Smart Battery Management) ยานยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่มาพร้อมกับระบบจัดการแบตเตอรี่ ส่งผลให้การจัดการรอบการอัดประจุและการรักษาสุขภาพของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าเป็นไปอย่างเหมาะสม รวมถึงช่วยปรับสภาพแบตเตอรี่ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น

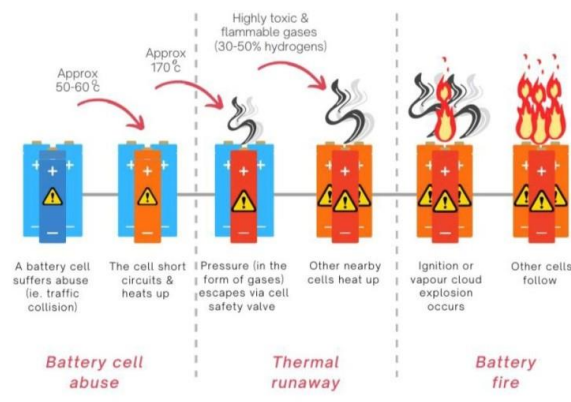
3.1.6 Thermal Runaway

Thermal Runaway เป็นสาเหตุหลักของไฟไหม้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน เนื่องจากแบตเตอรี่มีความร้อนสะสมมากเกินไป มักเกิดขึ้นระหว่างการชาร์จและการคายประจุแบตเตอรี่ด้วยค่ากระแสที่สูงมากๆ ทั้งนี้เนื่องจากลิเทียมไอออนนั้นมีความต้านทานภายในที่แน่นอนจึงสร้างความร้อนได้ในระดับหนึ่ง เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ส่งจ่ายออกอย่างต่อเนื่องไปยังยานยนต์ไฟฟ้า ก็จะส่งผลให้เกิดความร้อนสะสมอย่างต่อเนื่อง (อุณหภูมิของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสูงขึ้น) ซึ่งโดยปกติแล้วแบตเตอรี่จะถูกแพ็คเกจมอยู่ภายในกล่องที่มีพื้นที่จำกัด ดังนั้นจึงเกิดพลังงานความร้อนสะสมที่สูงมากขึ้นเรื่อยๆ ระหว่างการอัดประจุไฟฟ้า โดย Thermal Runaway ถือเป็นปัญหาด้านความปลอดภัยส่วนหนึ่งของการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า โดยกระบวนการการเกิด Thermal Runaway นั้นแสดงในรูปที่

31

Thermal runaway

Thermal runaway occurs when a battery cell suffers abuse, short circuits, heats up & bursts.



รูปที่ 31 ปรากฏการณ์ Thermal Runaway

ที่มา: <https://www.linkedin.com/pulse/revolutionize-battery-safety-eliminating-thermal-runaway-hybrid>

3.2 ระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System)

ระบบจัดการแบตเตอรี่ หรือ Battery Management System (BMS) เป็นบอร์ดวงจรไฟฟ้าสำหรับการควบคุมดูแลชุดแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 32 โดยมีหน้าที่ดังนี้

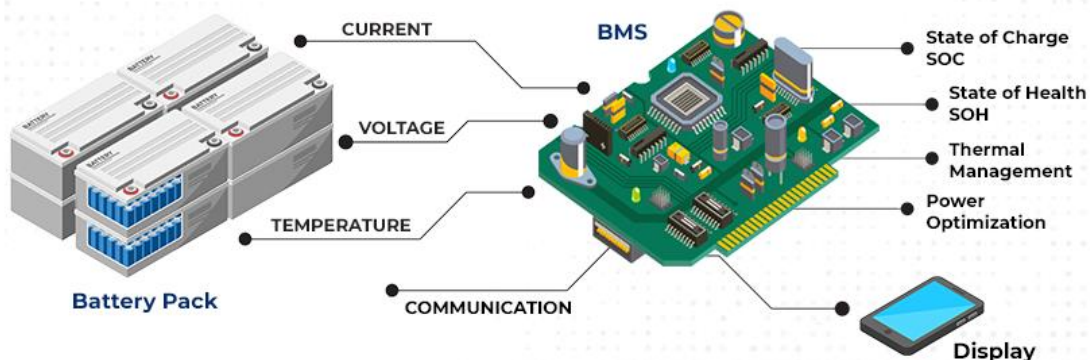
- การตรวจสอบแบตเตอรี่ (Monitoring the battery)
- ให้การป้องกันแบตเตอรี่ (Providing battery protection)
- การประมาณสถานการณ์ทำงานของแบตเตอรี่ (Estimating the battery's SoC)
- เพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่อง (Continually optimizing battery performance)
- รายงานสถานการณ์ทำงานไปยังอุปกรณ์ภายนอก (Reporting operational status to external devices)

โดยการออกแบบ BMS นั้นเป็นงานที่ท้าทาย และมีความซับซ้อน ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ในหลากหลายแขนง เช่น ไฟฟ้า ดิจิทัล การควบคุม ความร้อน และไฮดรอลิก ระบบ BMS ไม่มีข้อจำกัดที่ตายตัว หรือเฉพาะเจาะจงที่ต้องนำมาใช้ ซึ่งจะเห็นถึงความหลากหลายของราคา โดย BMS ที่มีอยู่ในท้องตลาด กล่าวคือ เทคโนโลยีการออกแบบและคุณลักษณะที่นำไปใช้โดยทั่วไป มีผลต่อต้นทุนความซับซ้อน และขนาดของแบตเตอรี่ (Battery pack) ทั้งนี้การทำงานของ BMS จะมากับคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. การป้องกันชุดแบตเตอรี่ (Protection management) ประกอบด้วย การป้องกันด้านไฟฟ้า กล่าวคือ ควบคุมให้แบตเตอรี่ทำงานอย่างปลอดภัย และการป้องกันด้านความร้อน กล่าวคือควบคุมอุณหภูมิ (แบบ Passive และ Active) เพื่อให้อุณหภูมิของแบตเตอรี่อยู่ในย่าน SOA
2. การบริหารความจุ (Capacity management)

นอกจากนั้น BMS อาจคำนวณค่าต่างๆ อาทิ แรงดันไฟฟ้า, สถานการณ์ชาร์จ และสภาวะสุขภาพอีกด้วย

BATTERY MANAGEMENT SYSTEM FOR ELECTRIC VEHICLES



รูปที่ 32 ระบบจัดการแบตเตอรี่

ที่มา: <https://www.srmtech.com/wp-content/uploads/2023/10/BMS.png>

3.3 หน่วยควบคุมยานพาหนะของยานยนต์สมัยใหม่ (Vehicle Control Unit)

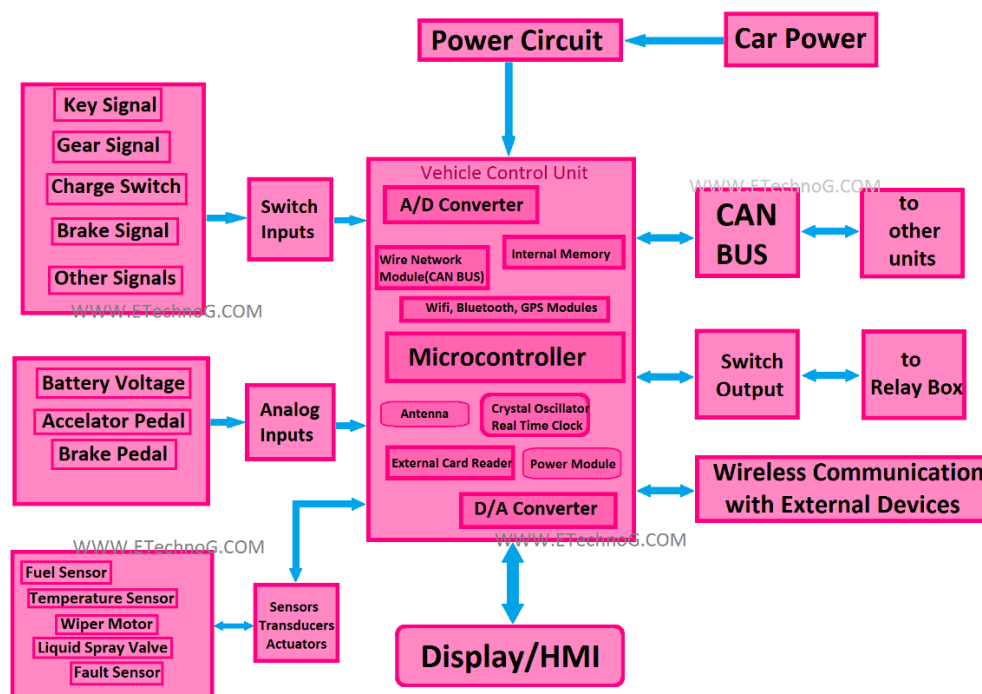
หน่วยควบคุมยานพาหนะของยานยนต์สมัยใหม่ หรือ Vehicle Control Unit (VCU) เป็นหน่วยควบคุมยานพาหนะของยานยนต์สมัยใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยานยนต์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ (BEV) มีลักษณะดังรูปที่ 33 และมีการเชื่อมต่อดังรูปที่ 34 โดยหน่วยควบคุมยานพาหนะของยานยนต์สมัยใหม่มีหน้าที่หลักคือ



รูปที่ 33 หน่วยควบคุมยานพาหนะของยานยนต์สมัยใหม่

ที่มา: cliniquepodiatriqueduplateau.com/vcu-vehicle-control-unit

- **การจัดการและการกระจายพลังงาน** โดย VCU จะควบคุมและปรับการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกลระหว่างแบตเตอรี่และมอเตอร์ให้เหมาะสม
- **การควบคุมเสถียรภาพของยานพาหนะ** โดยควบคุมทั้งแรงบิด และความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงความเร็วสูงสุด เช่นเดียวกับการกระจายแรงบิดระหว่างเพลาขับหรือล้อของเพลา
- **การจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ** โดย VCU ทำหน้าที่ปรับสมดุลพลังงานของระบบ ปรับแรงบิด และควบคุมมอเตอร์ให้เหมาะสม ควบคุมชุดแบตเตอรี่แรงดันสูง (HV) สำหรับระบบขับเคลื่อน และระบบการอัดประจุออนบอร์ด (On-board Charging) จนถึงการล็อคเครื่องอัดประจุ (Safety Function)
- **การตรวจสอบ และวินิจฉัยข้อผิดพลาดระบบควบคุมอื่นๆ** เช่น ระบบเบรกแบบ Regenerative Breaking ระบบการอัดประจุไฟฟ้า เป็นต้น
- **การจัดการความร้อน** เป็นการจัดการสภาวะความร้อนของยานพาหนะ
- **การประสานหน้าที่การทำงาน** ของยานยนต์ภายในหน่วยควบคุมหนึ่งเดียว โดยช่วยให้ผู้ผลิตรายานยนต์สามารถพิจารณาอิทธิพลการทำงานแต่ละส่วนที่มีผลต่อกัน และกันของปัจจัยต่างๆจากส่วนกลางได้

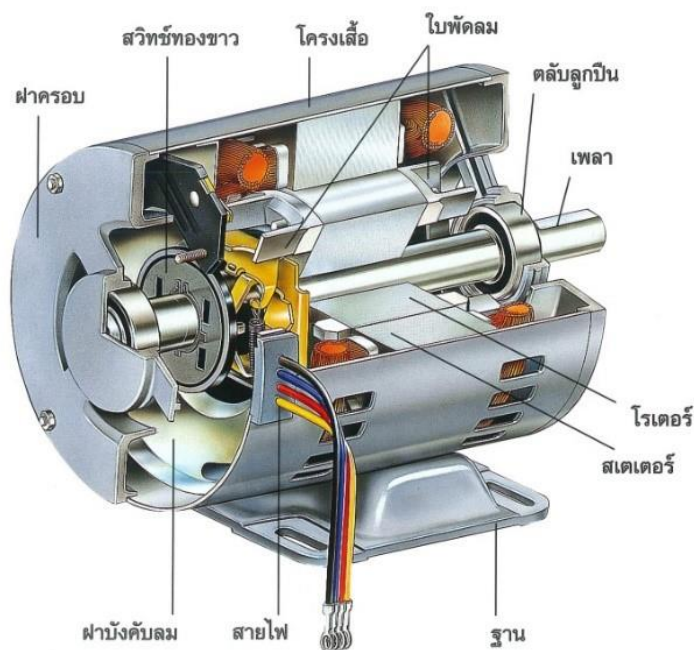


รูปที่ 34 Flow Chart VCU
ที่มา: <https://etechnog.com>

3.4 ชนิดของมอเตอร์ที่ใช้ในงานยานยนต์ไฟฟ้า

3.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (DC Series Motor)

เป็นมอเตอร์ที่ขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรม โดยมีมอเตอร์มีคุณลักษณะเด่นคือให้แรงบิดสูง ส่วนใหญ่นำไปใช้กับรถไฟฟ้า เคนไฟฟ้า เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร ส่วนไฟฟ้าจักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์ประเภทนี้เหมาะกับการใช้งานหนัก อย่างไรก็ตาม มอเตอร์ชนิดนี้ เมื่อไม่มีโหลดรอบจะสูงมาก ดังนั้นเวลาสตาร์ทมอเตอร์จึงจำเป็นต้องต่อโหลดไว้เสมอ โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีลักษณะ ดังรูปที่ 35

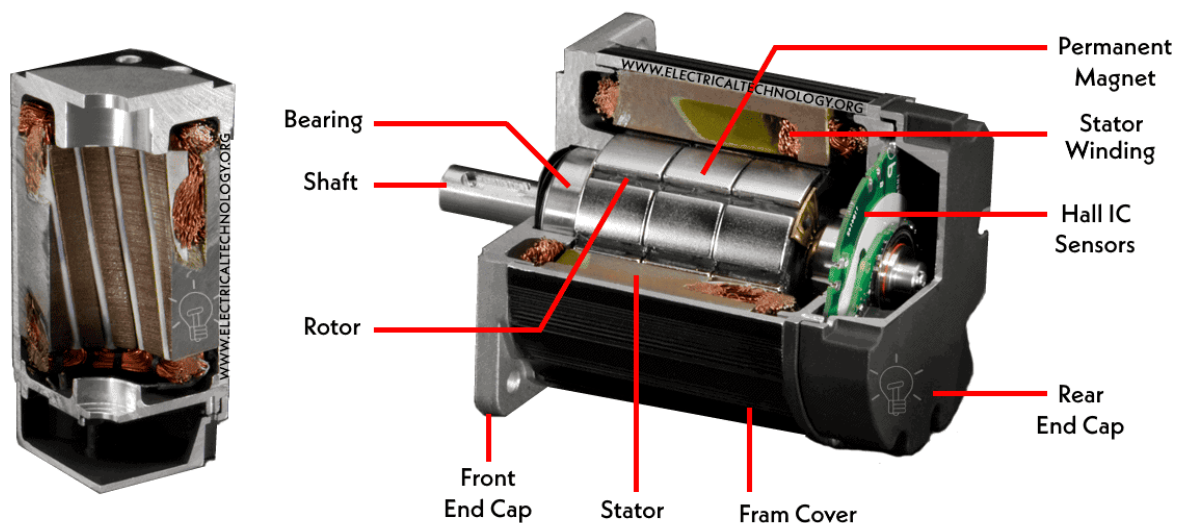


รูปที่ 35 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม
ที่มา: <https://yilmazthailand.com/dcmotors>

3.4.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor หรือ BLDC)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor) มีอีกชื่อหนึ่งว่ามอเตอร์เปลี่ยนทิศทางด้วยกระแสไฟฟ้า แสดงในรูปที่ 36 และเนื่องจากไม่มีแปรงถ่านที่โรเตอร์และสับเปลี่ยนทิศทางด้วยไฟฟ้าที่ตำแหน่งเฉพาะบนโรเตอร์ มอเตอร์ BLDC เป็นมอเตอร์ซิงโครนัสแม่เหล็กถาวรที่มีรูปคลื่น EMF เป็นเอกลักษณ์ จึงทำงานคล้ายกับมอเตอร์ DC มีแปรงถ่าน มอเตอร์ BLDC จะไม่ทำงานจากแหล่งจ่ายไฟ DC โดยตรง แต่หลักในการทำงานนั้นจะเหมือนมอเตอร์ DC มอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่านมีโรเตอร์พร้อมแม่เหล็กถาวรและสเตเตอร์พันขดลวด มอเตอร์ BLDC จึงเป็นมอเตอร์ DC ที่กลับด้านในออกด้านนอก ไม่มีแปรงถ่านและตัวสับเปลี่ยนทิศทางและเชื่อมต่อขดลวดกับอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมนี้จะทดแทนฟังก์ชันของตัวสับเปลี่ยนทิศทางและ

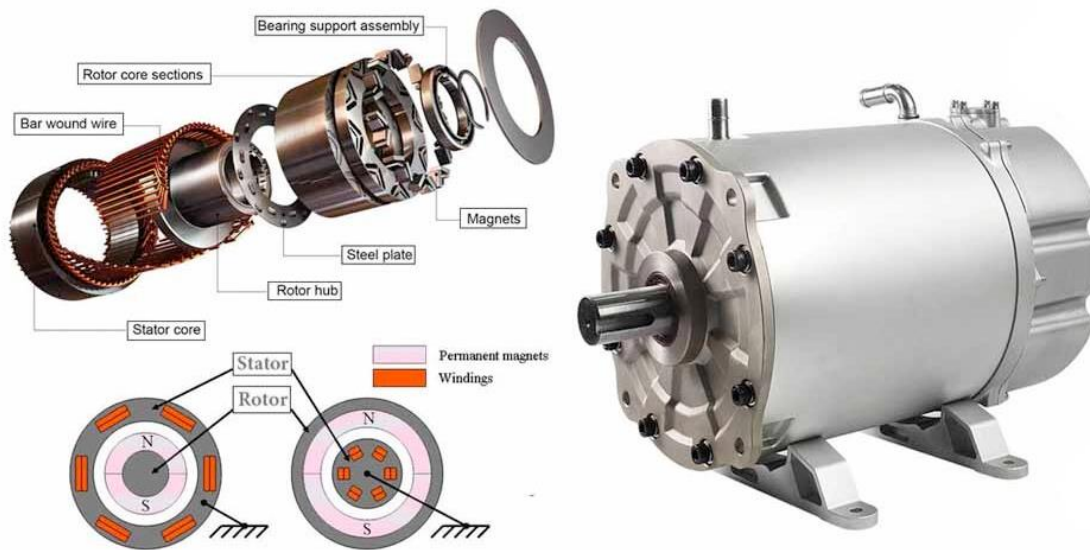
ให้พลังงานกับขดลวดที่เหมาะสม ขดลวดจะได้รับพลังงานในรูปแบบซึ่งหมุนรอบสเตเตอร์ ขดลวดสเตเตอร์ที่ได้รับพลังงานจะส่งไปยังแม่เหล็กของมอเตอร์และสลับเมื่อโรเตอร์มีแนวตรงกับสเตเตอร์ มอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่านเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความน่าเชื่อถือสูง ประสิทธิภาพสูง และมีกำลังต่อปริมาณสูง โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์ BLDC ถือเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่สามารถให้แรงบิดปริมาณมากในหลายช่วงกำลังได้



รูปที่ 36 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน
ที่มา: <https://electricaltechnology.org/2016/05>

3.4.3 มอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัสแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Synchronous Motor หรือ PMSM)

มอเตอร์ชนิดนี้ยังคล้ายกับมอเตอร์ BLDC ซึ่งมีแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์ เช่นเดียวกับมอเตอร์ BLDC และมอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัสแบบแม่เหล็กถาวร ยังมีลักษณะการยึดเกาะ ที่มีความหนาแน่นของกำลังสูง และประสิทธิภาพสูง แต่ส่วนที่มีความแตกต่างก็คือ PMSM นั้นมี EMF ด้านหลังแบบไซน์ ในขณะที่ BLDC มี EMF ด้านหลังแบบสี่เหลี่ยมคางหมู และมีการจ่ายกำลังที่สูงกว่า โดย PMSM นั้นเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด สำหรับการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ PMSM นั้นก็มีการแข่งขันที่รุนแรงกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ เนื่องจากประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นมากกว่ารุ่นหลัง และ PMSM นั้นยังมีราคาแพงกว่ามอเตอร์ BLDC ผู้ผลิตยานยนต์ส่วนใหญ่ใช้มอเตอร์ PMSM สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าและไฮบริด ตัวอย่างเช่น Toyota prius, Ford focus electric, Nissan leaf BMW i3 โดยรุ่นเหล่านี้ใช้มอเตอร์ PMSM ในการขับเคลื่อน โดยตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัสแบบแม่เหล็กถาวร แสดงในรูปที่ 37



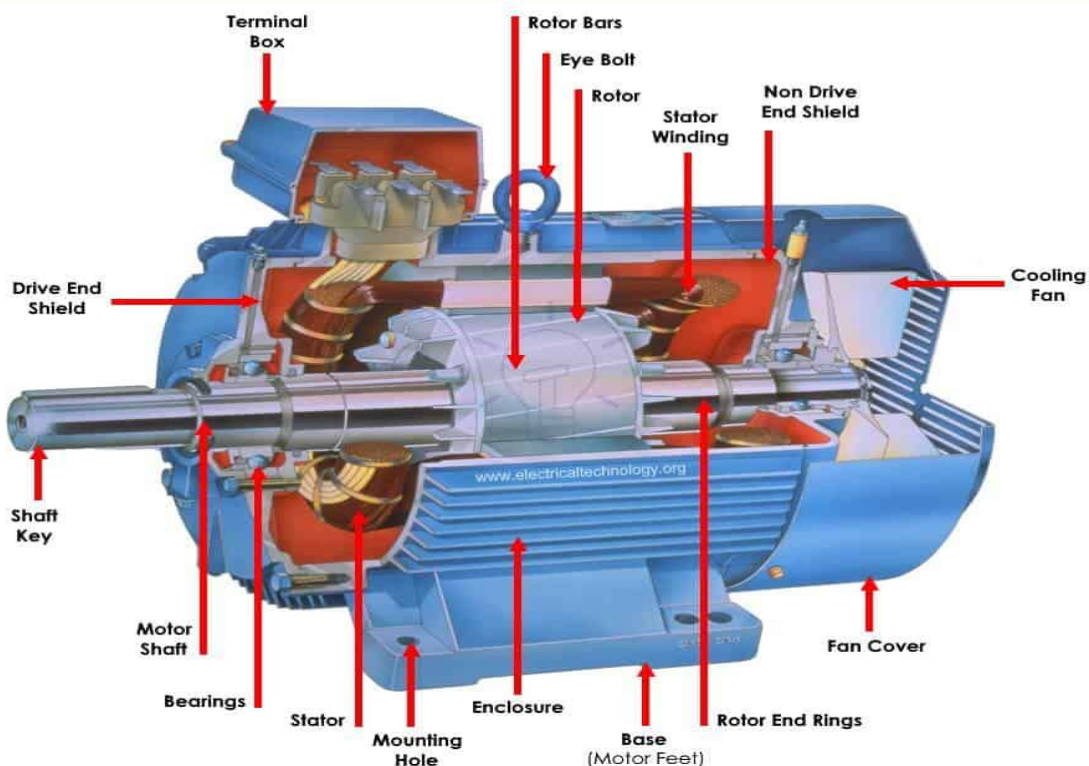
รูปที่ 37 มอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัสแบบแม่เหล็กถาวร

ที่มา: www.everythingpe.com/community/what-is-a-permanent-magnet-synchronous-motor

3.4.4 มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส (Three Phase AC Induction Motors)

มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสนั้นเป็นมอเตอร์ที่ไม่มีแรงบิดเริ่มต้นสูงเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (ภายใต้การทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ และความถี่คงที่) โดยมอเตอร์ชนิดนี้มีคุณลักษณะนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้เทคนิคการควบคุมต่างๆ เช่น วิธี Field Orientation Control (FOC) หรือ v/f เมื่อใช้วิธีการควบคุมเหล่านี้ แรงบิดสูงสุดจะมีให้เมื่อเกิดการสตาร์ทมอเตอร์ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานแบบต้องการการฉุดหรือลาก และมอเตอร์เหนี่ยวนำนั้นสามารถออกแบบให้มีประสิทธิภาพการทำงานได้ถึง 92-95% แต่มีข้อเสียคือมอเตอร์เหนี่ยวนำนั้นตั้งใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ซับซ้อนและการควบคุมมอเตอร์ที่ทำได้ยาก โดยตัวอย่างมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส แสดงในรูปที่ 38

Construction of 3-Phase Induction Motor

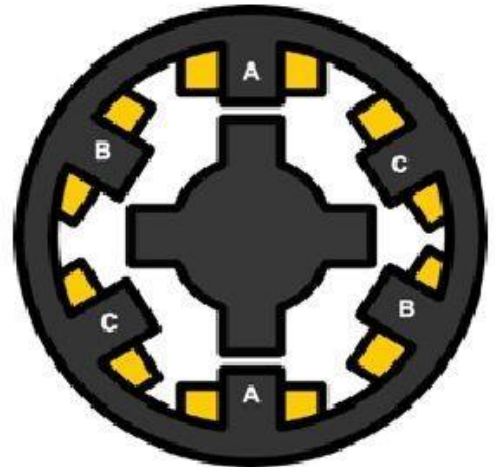
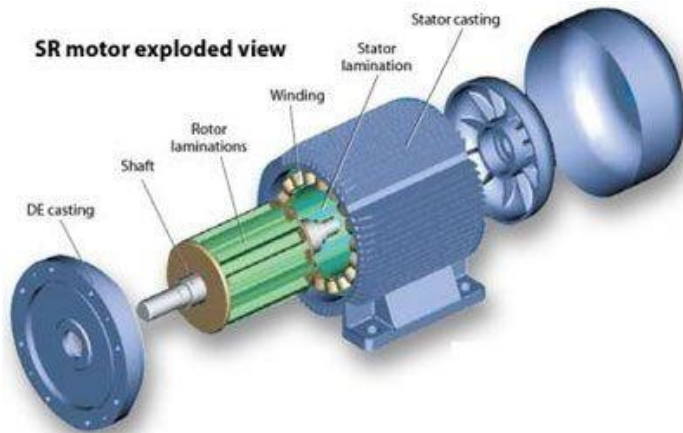


รูปที่ 38 มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส

ที่มา: [https:// electricaltechnology.org/2020/05/three-phase-induction-motor.html](https://electricaltechnology.org/2020/05/three-phase-induction-motor.html)

3.4.5 มอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์ (Switched Reluctance Motors)

Switched Reluctance Motors หรือ (SRM) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ทำงานตามหลักการค่าความต้านทานแม่เหล็ก โดยมอเตอร์ชนิดนี้มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน มีความทนทานสูง อีกทั้งยังมีโรเตอร์ที่ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบที่ไม่มีขดลวดหรือแม่เหล็กถาวร กล่าวคือมีค่า Moment of inertia ต่ำ ส่งผลให้ช่วยในเรื่องของการเร่งความเร็วทำได้ง่ายขึ้น เหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วรอบสูงๆ มีความหนาแน่นของพลังงานสูง แต่มีความซับซ้อนในการควบคุมสูง เพราะมีการทำสวิตช์ซึ่งด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังเพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของโรเตอร์ และมีเสียงที่ดังพอควร โดยตัวอย่างมอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์ แสดงดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 มอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์
 ที่มา: www.indiamart.com/proddetail/switch-reluctance-motor-10208081291.html

บทที่ 4 มาตรฐานและการทดสอบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์

เพื่อให้ยานยนต์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน ดังนั้นหน่วยงานควบคุมทั้งในสหรัฐอเมริกาเช่น Society of Automotive Engineer(SAE) และหน่วยงาน CISPR และ ISO/IEC ของสหภาพยุโรปได้กำหนดมาตรฐานขึ้นเพื่อใช้ทดสอบคุณสมบัติต่างๆของยานยนต์ด้วย และสำหรับในประเทศไทยได้มีหน่วยงานรัฐและรัฐวิสาหกิจที่ดูแลเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าและยานยนต์ไฟฟ้า เช่น กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงมหาดไทย และกระทรวงพลังงาน

4.1 ความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้า

ในเรื่องของความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้านั้นสามารถจำแนกได้ ดังนี้

- การอบรมบุคลากรให้มีความรู้ความเข้าใจ เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างมีระบบ เพื่อให้บุคคลได้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง กระทั่งเปลี่ยนพฤติกรรมไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ตลอดจนพัฒนาความสามารถจนเกิดทักษะและความชำนาญ
- การบำรุงรักษาที่ถูกต้องตามระยะเวลาที่กำหนด หากผู้ใช้งานละเลยไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำคู่มือการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า ตรวจสอบสภาพยานยนต์ เช็กระยะ ตามคำแนะนำของผู้ผลิต จะส่งผลทำให้อายุการใช้งานของยานยนต์นั้นสั้นลง และเพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุบนท้องถนนได้
- การประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคมีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานที่ถูกต้อง
- ยานยนต์ไฟฟ้า ที่มีคุณภาพ
- เครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ที่มีคุณภาพ

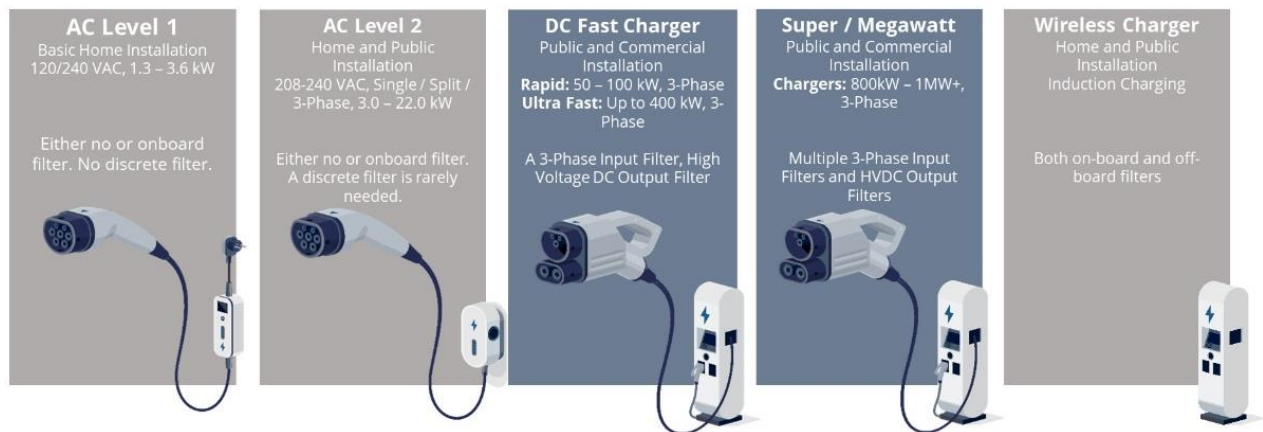
โดยหากมีความรู้และความเข้าใจในองค์ประกอบทั้งหมดนี้ จะช่วยให้หลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดกับยานยนต์ไฟฟ้า และอุบัติเหตุได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

4.2 ระบบการประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ปัจจุบันเทคโนโลยีการประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ การชาร์จประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำ (Conductive Charging) และการชาร์จไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Charging) หรือการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless Charging)

4.2.1 4.2.1 การชาร์จประจุยานยนต์ไฟฟ้าผ่านตัวนำ (Conductive Charging)

เป็นการชาร์จไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปยังยานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้สายชาร์จเคเบิล เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความซับซ้อนน้อย ทำให้การชาร์จประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน สำหรับการชาร์จไฟฟ้าผ่านตัวนำนั้น สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 .ประเภท แสดงดังรูปที่ 40 ดังนี้



รูปที่ 40 ชนิดของตัวชาร์จ AC / DC

ที่มา: <https://www.astrodynetdi.com/blog/emc-considerations-for-electric-vehicle-charging>

4.2.1.1 การชาร์จประจุรถยนต์ไฟฟ้าแบบปกติ (Normal Charge)

ซึ่งเป็นการชาร์จประจุไฟฟ้าด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charger) ผ่านอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในยานยนต์ไฟฟ้า (On-Board Charger) จะมีขนาด 4.3 kW และ 6.6 kW สำหรับการชาร์จประจุไฟฟ้าแบบ 1 เฟส ไปจนถึง 11 kW และ 22 kW สำหรับระบบการชาร์จไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ซึ่งการชาร์จประจุไฟฟ้ากระแสสลับที่ 22 kW จะเรียกว่าการชาร์จประจุไฟฟ้ากระแสสลับแบบกึ่งเร็ว (AC Semi-Quick Charge) และผ่านอุปกรณ์ Inverter เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อชาร์จประจุในแบตเตอรี่ต่อไป ซึ่งโดยทั่วไปจะรองรับกระแสไฟฟ้าได้เพียง 16-32A ดังนั้น การชาร์จไฟฟ้าในรูปแบบนี้เหมาะสำหรับการชาร์จประจุไฟฟ้าที่สำนักงาน หรือที่จอดรถสาธารณะที่เปิดให้จอดได้เป็นระยะเวลานาน (มากกว่า 1-2 ชั่วโมง)

4.2.1.2 การชาร์จประจุรถยนต์ไฟฟ้าแบบเร็ว (Quick Charge)

ซึ่งเป็นการชาร์จประจุไฟฟ้ากระแสตรง (DC Charger) เข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าโดยตรง โดยมีระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System: BMS) ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จประจุ การชาร์จประจุไฟฟ้าแบบเร็วสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าในการชาร์จไฟฟ้าได้สูงเนื่องจากไม่มีข้อจำกัดเรื่อง On-Board Charger โดยทั่วไปสามารถชาร์จประจุไฟฟ้าครึ่งหนึ่งของความจุแบตเตอรี่ได้ภายในระยะเวลาเพียง 10-15 นาทีและเนื่องจากการชาร์จประจุไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูง จึงต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส ที่มีพิกัดกระแสสูง การชาร์จไฟฟ้ากระแสตรงมักเป็นการใช้งานในแหล่งสาธารณะซึ่งต้องการความรวดเร็วในการชาร์จประจุไฟฟ้า

4.2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อสำหรับการชาร์จประจุไฟฟ้า

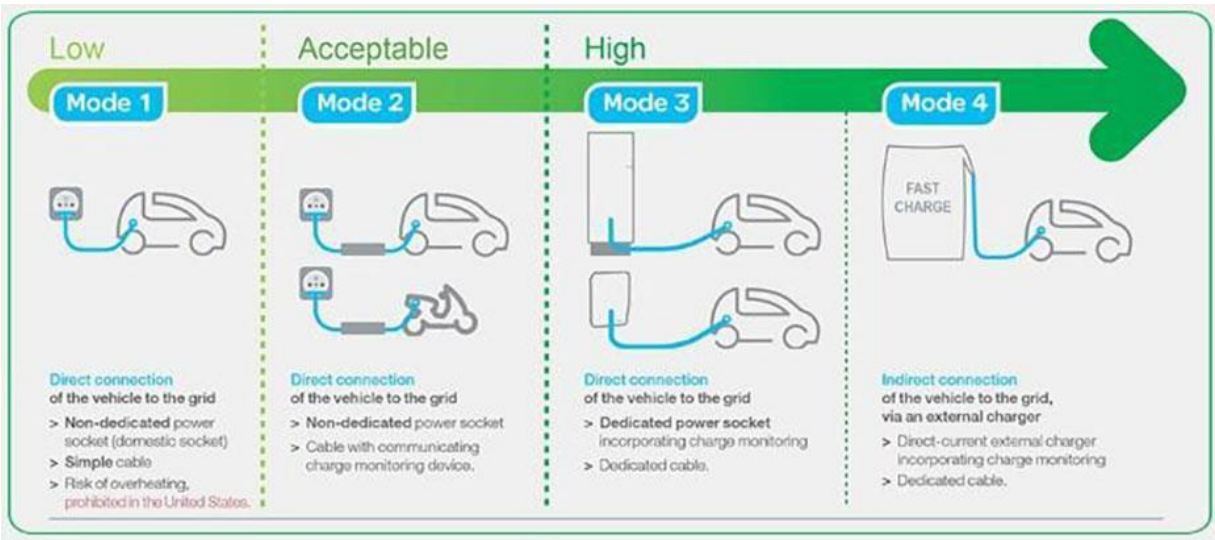
นอกเหนือจากเทคโนโลยีการชาร์จประจุไฟฟ้าดังกล่าวข้างต้น International Electro-technical Commission หรือ IEC ได้กำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อสำหรับการชาร์จประจุไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 62196 ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 โหมด ดังแสดงในรูปที่ 41

การชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าโหมด 1 (Mode 1) ยานยนต์ไฟฟ้าจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าโดยตรงผ่านเต้ารับที่ติดตั้งทั่วไปในที่อยู่อาศัย และเป็นการชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ทั้งนี้ในการชาร์จประจุไฟฟ้าในโหมด 1 นั้นระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยและมีการติดตั้งสายดิน อุปกรณ์ตัดไฟ และอุปกรณ์ป้องกันกระแสรั่ว นอกจากนี้แล้วการชาร์จประจุไฟฟ้าในโหมด 1 เป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดความร้อนขึ้นบริเวณเต้ารับและสายไฟ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ และหากมีการใช้ไฟฟ้าเกินขนาดของเต้ารับและสายไฟจะทำให้เบรกเกอร์ตัดการจ่ายไฟฟ้าเนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าเกิน

การชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าโหมด 2 (Mode 2) ยานยนต์ไฟฟ้าถูกเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าโดยตรงผ่านเต้ารับที่ติดตั้งทั่วไปในที่อยู่อาศัยและทำการชาร์จประจุไฟฟ้าด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส หรือ 3 เฟส ด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) อย่างไรก็ตามในการชาร์จประจุไฟฟ้าในโหมด 2 จะมีอุปกรณ์ป้องกันเพื่อควบคุมการชาร์จประจุไฟฟ้าติดตั้งพร้อมสายชาร์จเคเบิลด้วย ซึ่งทำให้การชาร์จประจุไฟฟ้าในโหมด 2 มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าในโหมด 1 แต่มีความปลอดภัยมากขึ้นด้วย

การชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าโหมด 3 (Mode 3) ยานยนต์ไฟฟ้าถูกเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า AC ขนาดเล็กซึ่งมีแผงวงจรในการควบคุมการชาร์จประจุไฟฟ้าและควบคุมความปลอดภัย ด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ส่งผลให้การชาร์จประจุไฟฟ้าในโหมดนี้มีความปลอดภัยมากกว่าการชาร์จประจุไฟฟ้าใน โหมด 1 และ 2 แต่ก็มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าด้วยเช่นเดียวกัน

การชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าโหมด 4 (Mode 4) ยานยนต์ไฟฟ้าถูกเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า DC ซึ่งจะชาร์จไฟฟ้าด้วยกระแสตรง (DC) เข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าโดยตรง โดยเครื่องชาร์จประจุไฟฟ้าจะมีระบบควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า ระบบควบคุมความปลอดภัยและสายชาร์จเคเบิลติดตั้งมากับเครื่องชาร์จประจุไฟฟ้า จึงทำให้การชาร์จไฟฟ้าในโหมด 4 มีความรวดเร็วและปลอดภัย แต่มีค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องชาร์จประจุไฟฟ้าและการเตรียมระบบไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูง

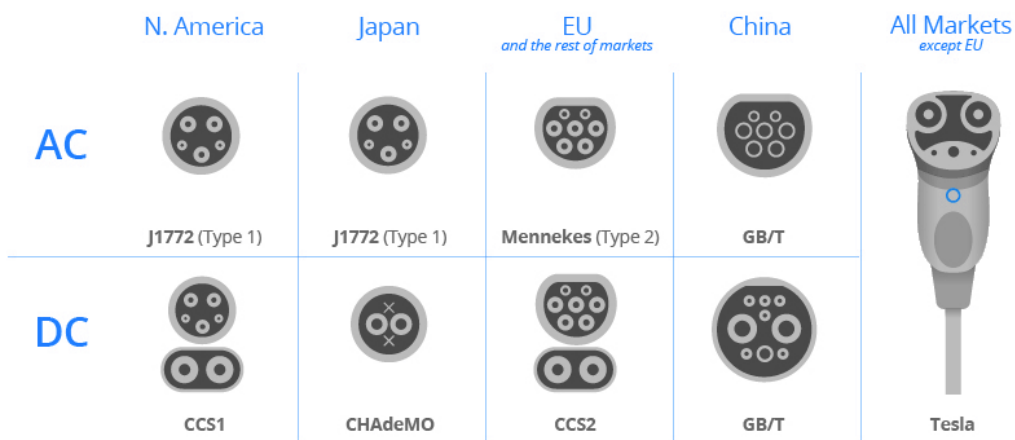


รูปที่ 41 Mode การชาร์จทั้ง 4 แบบ

ที่มา: <https://phithangreen.com/electric-car-charging-mode/>

4.2.3 ชนิดของหัวชาร์จ

ปัจจุบันยานยนต์ไฟฟ้า EV ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มักจะมีพอร์ตในการชาร์จไฟอยู่ 2 แบบ แบบแรกจะเป็น AC charging (slow to medium speed charging) และอีกพอร์ตจะเป็น DC fast charging ซึ่งพอร์ตนี้มักจะมาในรูปแบบพอร์ตรวม ที่สามารถใช้ชาร์จได้ทั้ง AC และ DC หรือเรียกว่า CCS (Combined Charging System). แสดงในรูปที่ 42

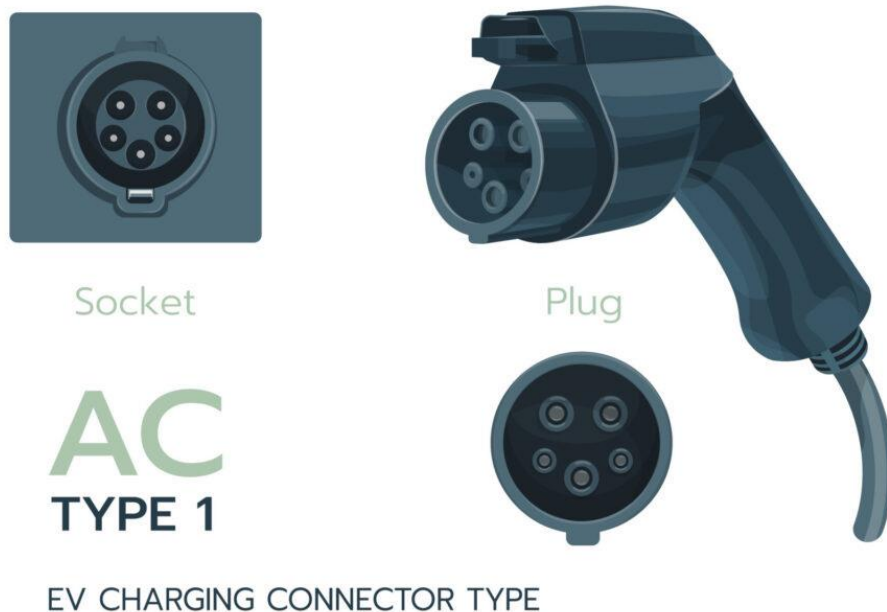


รูปที่ 42 ชนิดของหัวชาร์จที่ใช้ในแต่ละประเทศ

ที่มา: <https://wallbox.in.th/ประเภทหัวชาร์จในรถ>

4.2.3.1 หัวชาร์จแบบ Type 1

หัวชาร์จ Type 1 นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า ของฝั่งอเมริกาและญี่ปุ่น จะมีลักษณะหัวต่อแบบ 5 Pin เป็นการชาร์จแบบไฟ 1 เฟส และรองรับกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 32A หรือ 7.2 kWh โดยมีลักษณะดังรูปที่ 43



รูปที่ 43 หัวชาร์จแบบ Type 1

ที่มา: <https://diyguru.org/resources/article/type-1/>

4.2.3.2 หัวชาร์จแบบ Type 2

หัวชาร์จ Type 2 นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า ของฝั่งยุโรป จะมีลักษณะหัวต่อแบบ 7 Pin จะจ่ายไฟอยู่ที่ 3.7 kWh ในผู้ผลิตบางรายได้มีการพัฒนาให้เป็นรูปแบบการชาร์จไฟ 3 Phase ทำให้จ่ายไฟได้มากถึง 11 - 22 kWh และ ประเทศไทย มาตรฐานปัจจุบันคือรูปแบบนี้ แสดงดังรูปที่ 44

TYPE 2 Female Plug

Connect to Electric Vehicle Standard EN62196-2

16A 1Phase/3Phase.32A 1Phase/3Phase



รูปที่ 44 หัวชาร์จแบบ Type 2

ที่มา: <https://www.trinitytouch.com/ev-charging-connector/>

4.3 เปรียบเทียบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่สอดคล้องกับมาตรฐาน IEC

โดยจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) และมาตรฐานสากล กล่าวคือ มาตรฐาน IEC ดังแสดงในรูปที่ 45

เปรียบเทียบมาตรฐาน สมอ. ที่สอดคล้องกับมาตรฐาน IEC	
มาตรฐาน สมอ.	สอดคล้องกับมาตรฐาน IEC
มอก. 61851 เล่ม 1 - 2560	IEC61851-1: 2010-11, 2nd edition
มอก. 61851 เล่ม 21 - 2560	IEC61851-21: 2001-05, 1st edition
มอก. 61851 เล่ม 22 - 2560	IEC61851-22: 2001-05, 1st edition
มอก. 61851 เล่ม 23 - 2560	IEC61851-23: 2014-03, 1st edition
มอก. 61851 เล่ม 24 - 2560	IEC61851-24: 2014-03, 1st edition

รูปที่ 45 การเปรียบเทียบ สมอ. กับ IEC

4.4 ข้อควรทราบเกี่ยวกับมาตรฐาน มอก.

มาตรฐานพื้นฐานคือ มาตรฐานด้านความปลอดภัย (Safety) และความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) โดยการนำมาตรฐานระหว่างประเทศมาดัดแปรใช้ ปกติจะดัดแปร 2 ส่วน ได้แก่ Technical selection คือ การเลือกใช้มาตรฐานจากหลากหลายตระกูล โดยเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานของประเทศไทย และ National difference คือการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ และลักษณะการใช้งานของประเทศไทย ตัวอย่างเช่นอุณหภูมิโดยรอบที่ใช้ในการทดสอบแก้ไขจาก $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็น $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมกับอุณหภูมิโดยรอบของประเทศไทยไม่อนุญาตให้ใช้กระประจุโหมด 1 เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

- การอัดประจุโหมด 2 อนุญาตให้ใช้งานได้ แต่กระแสไฟฟ้าต้องไม่เกิน 8 A เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน
- การอัดประจุโหมด 3 อนุญาตให้ใช้งาน Case B ได้ แต่ได้รับ-จ่ายที่ติดตั้งอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าเป็นชนิด Type 2 และกระแสไฟฟ้าต้องไม่เกิน 32 A เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยที่ยังมีความปลอดภัย
- เพื่อข้อกำหนดระดับการป้องกันโดยเลือกหุ้มสำหรับบริภัณฑ์อัดประจุที่ติดตั้งภายในอาคาร ระดับการป้องกัน ไม่ต่ำกว่า IP41 และบริภัณฑ์อัดประจุที่ติดตั้งกลางแจ้งระดับการป้องกันต้องไม่ต่ำกว่า IP55 ยกเว้นแต่จะมีการสร้างหลังคาปกคลุมไว้ ยอมให้ไม่ต่ำกว่า IP54 ได้ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

4.5 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบยานยนต์ไฟฟ้า (มาตรฐานที่สามารถใช้อ้างอิง)

- มอก. 61851 เล่ม 1-2560 (IEC 61851-1: 2010-11) พิมพ์ครั้งที่ 2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำของยานยนต์ไฟฟ้า เล่ม 1: ข้อกำหนดทั่วไป
- มอก. 61851 เล่ม 21-2560 (IEC 61851-21: 2001-05) พิมพ์ครั้งที่ 1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำยานยนต์ไฟฟ้า เล่ม 21: ข้อกำหนดยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับการเชื่อมต่อผ่านตัวนำไปยังแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ/ตรง
- มอก. 61851 เล่ม 22-2560 (IEC 61851-22: 2001-05) พิมพ์ครั้งที่ 1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำของยานยนต์ไฟฟ้า เล่ม 22: สถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- มอก. 61851 เล่ม 23-2560 (IEC 61851-23: 2014-03) พิมพ์ครั้งที่ 1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำของยานยนต์ไฟฟ้า เล่ม 23: สถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้ากระแสตรง

- มอก. 61851 เล่ม 24-2560 (IEC 61851-24: 2014-03) พิมพ์ครั้งที่ 1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำของยานยนต์ไฟฟ้า เล่ม 24: การสื่อสารแบบดิจิทัลระหว่างเครื่องอัดประจุไฟฟ้ากระแสตรงกับยานยนต์ไฟฟ้า สำหรับการควบคุมการอัดประจุแบบกระแสตรง

หลักสูตร

พื้นฐานระบบ อิเล็กทรอนิกส์ใน ยานยนต์สมัยใหม่

วิชา ระบบการสื่อสาร

โครงการยกระดับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย
เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของ
อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่
(Parts Transformation)



02-712-2414



www.thaiauto.or.th



@thaiauto

สารบัญ

บทที่ 1 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล	1
1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสาร	1
1.2 องค์ประกอบของการสื่อสารข้อมูล	1
1.3 การแสดงข้อมูลการสื่อสาร	2
1.4 แผนการเข้าถึงรหัสข้อมูล	4
1.4.1 บิต (Bit)	4
1.4.2 ไบต์ (Byte)	4
1.4.3 ASCII	4
1.5 การส่งข้อมูล (Data transmission)	5
1.5.1 การส่งผ่านข้อมูลแบบดิจิทัล (Digital Transmission)	5
1.5.2 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนาล็อก (Analog Transmission)	6
1.5.3 การส่งผ่านข้อมูลแบบ ASCII (ASCII Data Transmission)	6
1.6 ทิศทางการส่งข้อมูล (Transmission Mode)	7
1.7 อัตราการส่งข้อมูล (Transmission rate)	9
1.8 รูปแบบในการส่งข้อมูล (Data Transmission)	10
1.8.1 การส่งแบบขนาน (Parallel transmission)	10
1.8.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial transmission)	10
บทที่ 2 พื้นฐานการสื่อสารโปรโตคอล และเครือข่าย	11
2.1 2.1 โปรโตคอลการสื่อสาร (Communication Protocols)	11
2.2 รูปแบบโครงข่าย (Network Topology)	13
2.2.1 รูปแบบโครงข่ายแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)	13
2.2.2 รูปแบบโครงข่ายแบบบัส (Bus)	14
2.3 ประเภทของโปรโตคอลการสื่อสาร (Types of Communication Protocols)	14
2.3.1 โปรโตคอลระหว่างระบบ (Inter System Protocol)	14
2.3.2 โปรโตคอลภายในระบบ (Intra System Protocol)	15
บทที่ 3 หลักการและคุณลักษณะการสื่อสาร แบบอนุกรม (Serial Communication)	17
3.1 การทำงานการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Communication Work)	17
3.2 กฎเกณฑ์ของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Rules of Serial Communication)	17
3.2.1 การเลือกบิตข้อมูล (Framing Data)	18

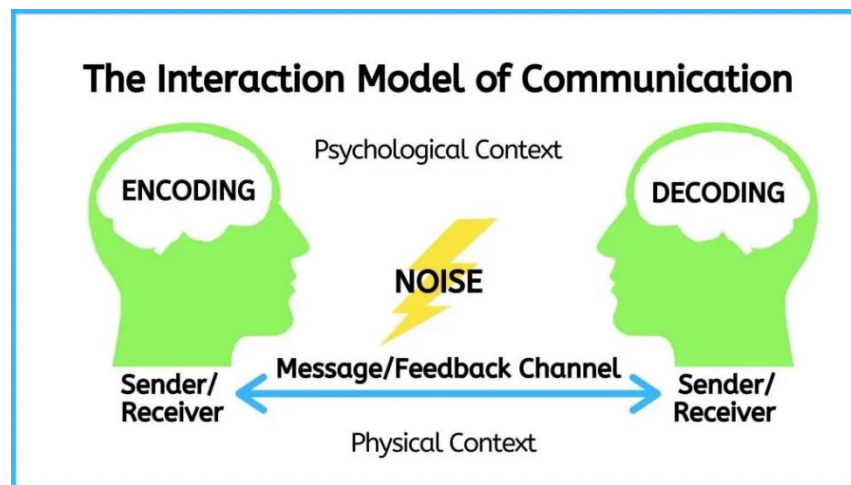
สารบัญ (ต่อ)

3.2.2 การซิงโครไนซ์ หรือ การกำหนดบิตเริ่มต้นและหยุด (Synchronization)	18
3.2.3 การควบคุมข้อผิดพลาด หรือ การตรวจสอบ parity (Error Control).....	18
3.3 วิธีการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Data Transmission Method).....	18
3.4 มาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication Standards)	21
3.4.1 RS-232.....	21
3.4.2 RS-422.....	21
3.4.3 RS-485.....	22
3.5 การใช้งานการสื่อสารแบบอนุกรมในอุตสาหกรรมยานยนต์ (CAN และ LIN).....	23
3.5.1 CAN (Controller Area Network).....	23
3.5.2 LIN (Local Interconnect Network)	24
บทที่ 4 โพรโตคอลการสื่อสารในรถยนต์ กรณีศึกษา CAN และ LIN	25
4.1 Controller Area Network (CAN).....	25
4.1.1 CAN ในฐานะ Physical Layer.....	26
4.1.2 โหนด (Node).....	27
4.1.3 การรับ-ส่งข้อมูลผ่าน CAN (CAN Data Transmission).....	28
4.1.4 ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล.....	30
4.2 Local Interconnect Network (LIN)	31
4.2.1 รูปแบบกรอบข้อมูลของ LIN (LIN Frame Format).....	31
4.2.2 การจัดระเบียบและพฤติกรรมของ LIN (LIN Topology and Behavior).....	33
4.2.3 การตรวจจับข้อผิดพลาดและการควบคุมข้อผิดพลาดใน LIN (LIN Error Detection and Confinement)	34
4.3 การเปรียบเทียบโปรโตคอลบัส CAN และ LIN (CAN And LIN Bus Protocols Comparison)	35

บทที่ 1 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล

1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสาร

การสื่อสารเป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องส่ง (ผู้ส่ง) และเครื่องรับ (ผู้รับ) ตั้งแต่สองตัวขึ้นไป ผ่านการใช้ช่องสัญญาณ โดยการสื่อสารข้อมูล จะเป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสองฝ่าย อุปกรณ์ต่างๆ ผ่านช่องทาง หรือการสื่อสารบางรูปแบบ เช่น สายไฟ (Wire) หรือจะเป็นสายอากาศ (Wireless) กล่าวคือสำหรับการเกิด การสื่อสารข้อมูล อุปกรณ์สื่อสาร จะต้องเป็นส่วนหนึ่งของระบบการสื่อสารที่ประกอบไปด้วย การรวมกันของ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ และโปรแกรม โดยมีตัวอย่างโมเดลการสื่อสารดังรูปที่ 1



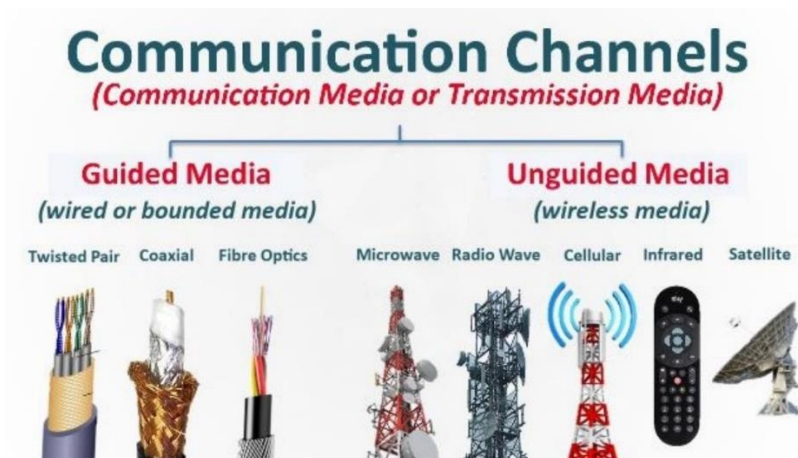
รูปที่ 1 โมเดลการสื่อสาร

ที่มา: <https://botpenguin.com/glossary/communication-model>

1.2 องค์ประกอบของการสื่อสารข้อมูล

ในระบบการสื่อสารข้อมูลนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะมี 5 องค์ประกอบด้วยกัน ได้แก่

1. **ข้อมูล/ข้อความ (Data/Message)** โดยข้อมูลที่จะใช้ในการสื่อสารสามารถอยู่ในรูปแบบต่างๆได้ เช่น ข้อความ รูปภาพ เสียง หรือวิดีโอ
2. **เครื่องส่ง หรือผู้ส่ง (Transmitter/Sender)** เครื่องส่ง หรือผู้ส่งมักจะเป็นอุปกรณ์ รวมถึงระบบที่เป็นตัว เริ่มต้นกระบวนการสื่อสารโดยการเข้ารหัสในขั้นตอนแรก และนำส่งข้อมูล
3. **เครื่องรับ หรือผู้รับ (Receiver)** เครื่องรับ หรือผู้รับมักจะเป็นอุปกรณ์ รวมถึงระบบที่รับและถอดรหัส ข้อมูลที่ส่งมา ทำให้ผู้รับสามารถเข้าใจการสื่อสารจากเครื่องส่ง หรือผู้ส่งได้
4. **ช่องสัญญาณ หรือสื่อกลาง (Transmission Channel/Medium)** ช่องสัญญาณ หรือสื่อกลาง สามารถแบ่งได้เป็น ข้อมูลที่เดินทางผ่านทางระบบมีสาย (เช่น สายเคเบิล) และการสื่อสารไร้สาย (เช่น คลื่นวิทยุ) แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบช่องทางการสื่อสาร

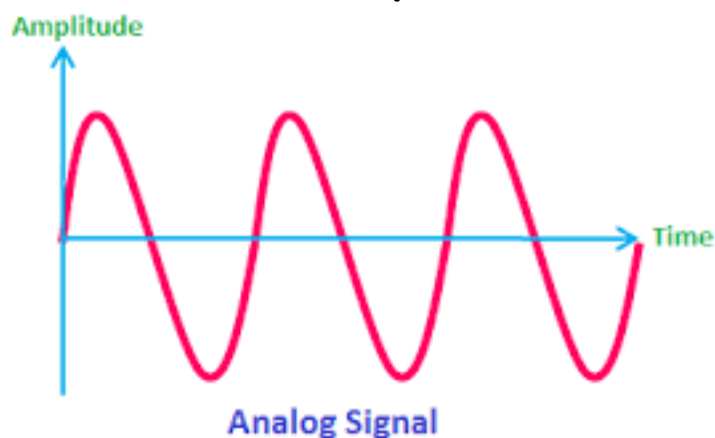
ที่มา: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=doAVuehH-L4>

5. **ชุดกฎเกณฑ์ (Set of Rules (Protocol))** ชุดกฎเกณฑ์ เป็นข้อตกลงที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า โดยมีมาตรฐานที่เป็นตัวควบคุมรูปแบบการสื่อสาร และการจัดการข้อผิดพลาดในระหว่างกระบวนการสื่อสาร

1.3 การแสดงข้อมูลการสื่อสาร

การแสดงข้อมูลการสื่อสาร คือวิธีการหรือเทคนิคที่ใช้ เพื่อเข้าถึงรหัสข้อมูล ในรูปแบบที่เข้าใจได้ และสามารถประมวลผลได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ โดยข้อมูลสามารถมีได้หลายรูปแบบสัญญาณ คือ

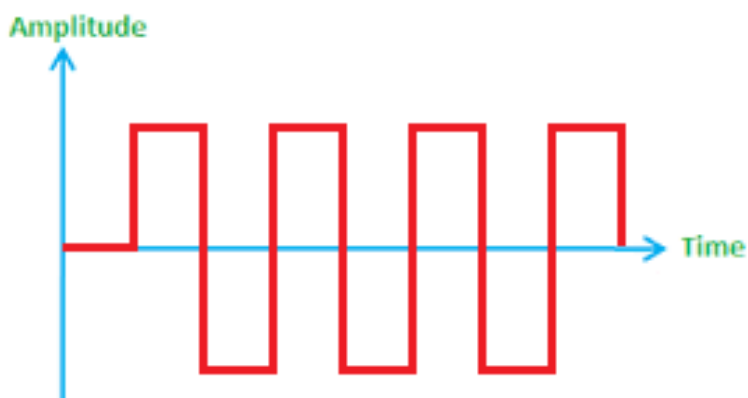
สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) หมายถึง สัญญาณข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) มีขนาดของสัญญาณไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไป มีลักษณะเป็นเส้นโค้งต่อเนื่องกันไป โดยการส่งสัญญาณแบบอนาล็อกจะถูกรบกวนให้มีการแปลความหมายผิดพลาดได้ง่าย เช่น สัญญาณเสียงในสายโทรศัพท์ เป็นต้น โดยตัวอย่างสัญญาณอนาล็อก เป็นดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 สัญญาณ analog

ที่มา: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=132>

สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) หมายถึง สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) ที่มีขนาดแน่นอนซึ่งขนาดดังกล่าวอาจกระโดดไปมาระหว่างค่าสองค่า คือ สัญญาณระดับสูงสุดและสัญญาณระดับต่ำสุด ซึ่งสัญญาณดิจิทัลนี้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและติดต่อสื่อสารกันเป็นค่าของเลขลงตัว โดยปกติมักแทนด้วยระดับแรงดันที่แสดงสถานะเป็น 0 และ 1 หรืออาจจะมีหลายสถานะซึ่งจะกล่าวถึงในเรื่องระบบสื่อสารดิจิทัลมีค่าที่ตั้งไว้ เป็นค่าบอกสถานะ ถ้าสูงเกินค่าที่ตั้งไว้สถานะเป็น 1 ถ้าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้สถานะเป็น 0 ซึ่งมีข้อดีในการทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยลง โดยตัวอย่างสัญญาณดิจิทัล เป็นดังรูปที่ 4



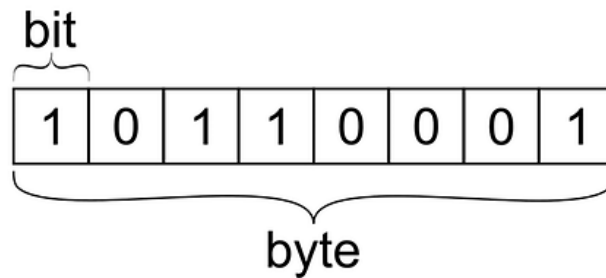
Digital Signal

รูปที่ 4 สัญญาณ Digital

ที่มา: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=132>

1.4 แผนการเข้าถึงรหัสข้อมูล

แผนการเข้าถึงรหัสข้อมูลนั้น เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูล เป็นรูปแบบดิจิทัลที่สามารถทำให้อุปกรณ์อ่านได้ โดยการใช้การเข้ารหัสรูปแบบที่เป็นส่วนสำคัญของข้อมูลในลำดับชั้นของข้อมูลที่เล็กที่สุด(Bit) และหน่วยของข้อมูลที่ เป็นเลขฐานสองจำนวน 8 หลัก (Byte) โดยตัวอย่างการเปรียบเทียบ ของ Bit และ Byte แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 Bit และ Byte

ที่มา: <https://noomerzx.medium.com/bit-byte-%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0-characters-set-1d056994b69b>

1.4.1 บิต (Bit)

Bit ย่อมาจาก binary digit คือลำดับชั้นของข้อมูลที่เล็กที่สุด ดังที่ทราบกันดีว่าข้อมูลที่จะทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้นั้น จะต้องเอามาแปลงให้อยู่ในรูปของเลขฐานสองเสียก่อนคอมพิวเตอร์ถึงจะเข้าใจ และทำงานตามที่ต้องการ เมื่อแปลงแล้วจะได้ตัวเลขแทนสถานะเปิดและปิดของสัญญาณไฟฟ้าที่เรียกว่า Bit เพียงสองค่า นั่นคือ Bit 0 และ Bit 1 ส่วนเลขฐาน 2 นั้นถูกนำมาใช้ในทางคอมพิวเตอร์ เพราะว่าเลข 0 กับเลข 1 สามารถแทนสถานการณ์ 2 อย่างคือ ปิดและเปิด หรือ ไม่จริงกับจริง ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับระดับแรงดันไฟฟ้าในวงจรของเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ได้พอดี ระบบเลขฐาน 2 มีความสำคัญมากในการคำนวณแบบดิจิทัล

1.4.2 ไบต์ (Byte)

ไบต์ (Byte) หมายถึง หน่วยของข้อมูลที่เป็นเลขฐานสองจำนวน 8 หลัก หรือ 8 บิต ที่ใช้แทนข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ เพียง 1 ตัว ตามรหัสแอสกี (ASCII) เช่น A B C ก ข ค ง เป็นต้น หรือจำนวนเต็ม 1 จำนวน เช่น 01000001 คือ ตัว A หรือ 01100010 คือ ตัว B โดย 8 บิตเท่ากับ 1 ไบต์ ไบต์จึงเป็นหน่วยข้อมูลที่มีขนาดใหญ่กว่าบิตและนิยมใช้เป็นหน่วยวัดความจุในการเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์หรือสื่อบันทึกข้อมูลด้วย

1.4.3 ASCII

ย่อมาจาก American Standard Code for Information Interchange (ASCII) กล่าวคือเป็นการกำหนดมาตรฐานการแปลงไปแปลงมาระหว่าง เลขฐาน 16 (HEX code) เป็น ตัวอักษรภาษาอังกฤษ โดยมาตาราง ASCII ดังรูปที่ 6

ASCII TABLE

Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char
0	0	[NULL]	32	20	[SPACE]	64	40	@	96	60	`
1	1	[START OF HEADING]	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	2	[START OF TEXT]	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	3	[END OF TEXT]	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	4	[END OF TRANSMISSION]	36	24	\$	68	44	D	100	64	d
5	5	[ENQUIRY]	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	6	[ACKNOWLEDGE]	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	7	[BELL]	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	8	[BACKSPACE]	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	9	[HORIZONTAL TAB]	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	A	[LINE FEED]	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	B	[VERTICAL TAB]	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	C	[FORM FEED]	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	D	[CARRIAGE RETURN]	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	E	[SHIFT OUT]	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	F	[SHIFT IN]	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	10	[DATA LINK ESCAPE]	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	11	[DEVICE CONTROL 1]	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	12	[DEVICE CONTROL 2]	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	13	[DEVICE CONTROL 3]	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	14	[DEVICE CONTROL 4]	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	15	[NEGATIVE ACKNOWLEDGE]	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	16	[SYNCHRONOUS IDLE]	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	17	[ENG OF TRANS. BLOCK]	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	18	[CANCEL]	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	19	[END OF MEDIUM]	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
26	1A	[SUBSTITUTE]	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
27	1B	[ESCAPE]	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{
28	1C	[FILE SEPARATOR]	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	
29	1D	[GROUP SEPARATOR]	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	1E	[RECORD SEPARATOR]	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	1F	[UNIT SEPARATOR]	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	[DEL]

รูปที่ 6 ตาราง ASCII

ที่มา: <https://payat-jira.medium.com/ascii-code>

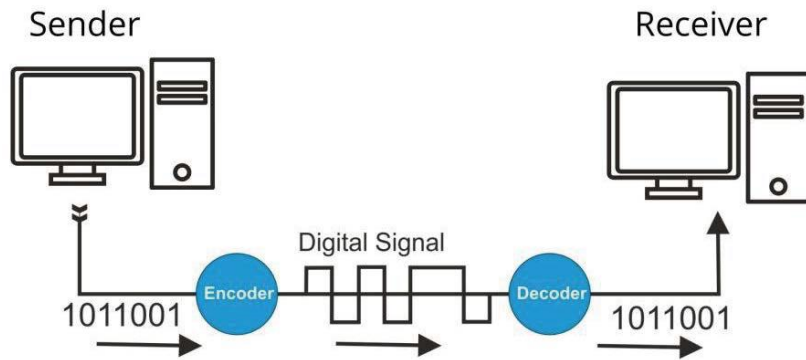
1.5 การส่งข้อมูล (Data transmission)

การส่งข้อมูลคือกระบวนการส่งข้อมูลดิจิทัลหรืออนาล็อกผ่านสื่อการสื่อสารไปยังคอมพิวเตอร์เครือข่ายการสื่อสาร หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตั้งแต่หนึ่งเครื่องขึ้นไป ช่วยให้สามารถถ่ายโอนและสื่อสารอุปกรณ์ในสภาพแวดล้อมแบบจุดต่อจุด จุดต่อหลายจุด และหลายจุดต่อหลายจุดได้

1.5.1 การส่งผ่านข้อมูลแบบดิจิทัล (Digital Transmission)

การส่งผ่านข้อมูลแบบดิจิทัล คือ กระบวนการที่ให้ข้อมูลส่งออกจากผู้ส่ง ผ่านตัวกลางหรือสายสัญญาณ ไปยังผู้รับอย่างถูกต้อง แสดงในรูปแบบที่ 7 โดยจำเป็นต้องผ่านการดำเนินการตามขั้นตอน มีดังนี้ การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ การส่งสัญญาณข้อมูลผ่านตัวกลาง และกลับเป็นข้อมูลตามเดิม เป็นกระบวนการที่ให้ข้อมูลส่งออกจากผู้ส่ง ผ่านตัวกลางหรือสายสัญญาณ ไปยังผู้รับอย่างถูกต้อง โดยจำเป็นต้องผ่านการดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ
2. การส่งสัญญาณข้อมูลผ่านตัวกลาง
3. การแปลงสัญญาณข้อมูลกลับเป็นข้อมูลตามเดิม

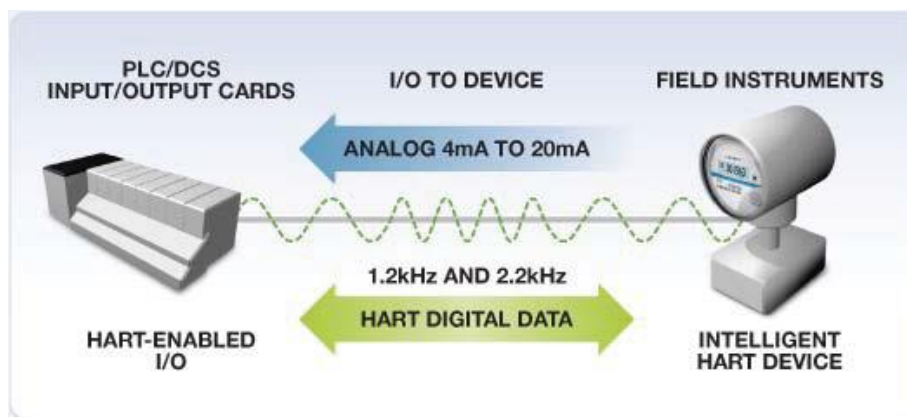


รูปที่ 7 การส่งข้อมูลแบบ Digital

ที่มา: <https://www.what-when-how.com/data-communication/digital-transmission/>

1.5.2 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนาล็อก (Analog Transmission)

การส่งผ่านข้อมูลแบบอนาล็อก นั้นเป็นวิธีการส่งข้อมูลโดยใช้สัญญาณต่อเนื่อง ซึ่งแปรผันตามค่าแอมพลิจูด เฟส หรือคุณสมบัติอื่นๆ ตามสัดส่วนของข้อมูลนั้นๆ แสดงในรูปที่ 8

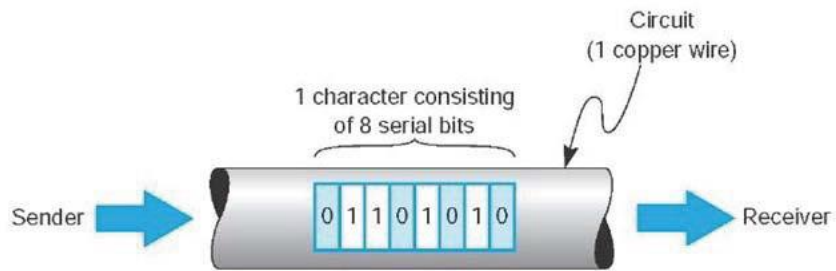


รูปที่ 8 การส่งข้อมูลแบบ Analog

ที่มา: <https://www.analog.com/en/resourse/articles/hart-communication-network.html>

1.5.3 การส่งผ่านข้อมูลแบบ ASCII (ASCII Data Transmission)

ข้อมูล ASCII นั้นจะถูกส่งผ่าน วงจรการสื่อสารตามลำดับทีละบิตและข้อมูลทั้งหมดจะต้องถูกส่งผ่านตัวกลางที่เพียงสิ่งเดียวคือสายไฟ รวมถึงอุปกรณ์การส่งสัญญาณจะค่อยๆ ส่งข้อมูลที่ละบิต 1 bit ไป 2 bit และส่งไปจนกว่าบิตทั้งหมดจะถูกส่ง โดยจะทำการวนส่ง bit ซ้ำๆ โดยแสดงตัวอย่างในรูปที่ 9



รูปที่ 9 การส่งข้อมูลแบบ ASCII

ที่มา: <https://www.what-when-how.com/data-communication/digital-transmission/>

1.6 ทิศทางการส่งข้อมูล (Transmission Mode)

การส่งข้อมูลหรือที่เรียกว่าโหมดการสื่อสารเป็นวิธีการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์บนบัสและเครือข่ายที่ออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการสื่อสาร แบ่งออกเป็นสามประเภท

- **Simplex** ในโหมด Simplex การสื่อสารจะมีทิศทางเดียวเช่นเดียวกับบนถนนเดินทางเดียว มีเพียงหนึ่งในสองอุปกรณ์บนลิงก์เท่านั้นที่สามารถส่งได้ ส่วนอีกเครื่องสามารถรับได้เท่านั้น โหมดซิมเพล็กซ์สามารถใช้ความจุทั้งหมดของช่องสัญญาณเพื่อส่งข้อมูลไปในทิศทางเดียว ตัวอย่างเช่น คีย์บอร์ดและจอภาพแบบดั้งเดิม แป้นพิมพ์สามารถป้อนได้เฉพาะอินพุต ส่วนจอภาพสามารถให้เอาต์พุตได้เท่านั้น ตัวอย่างการส่งข้อมูล Simplex แสดงในรูปที่ 10



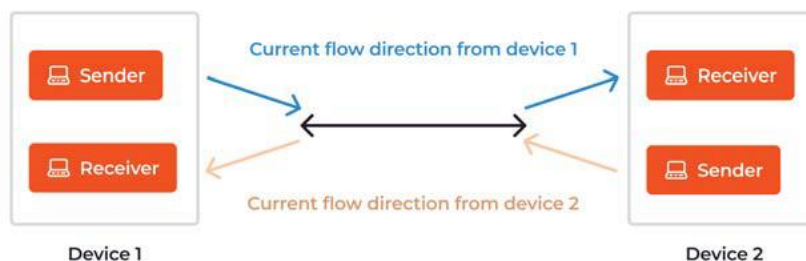
รูปที่ 10 การส่งข้อมูลแบบ Simplex

ที่มา: <https://gcore.com/learning/data-transmission-guide-everthing-you-need-to-know/>

- **Half-Duplex** ในโหมดฮาล์ฟดูเพล็กซ์แต่ละสถานีสามารถส่งและรับได้ แต่ไม่ใช่ในเวลาเดียวกัน เมื่ออุปกรณ์เครื่องหนึ่งกำลังส่ง อุปกรณ์อีกเครื่องจะรับได้เท่านั้น และในทางกลับกัน โหมดฮาล์ฟดูเพล็กซ์ใช้ในกรณีที่จำเป็นต้องสื่อสารทั้งสองทิศทางในเวลาเดียวกัน สามารถใช้ความจุทั้งหมดของช่องได้ในแต่ละทิศทาง ตัวอย่างเช่น เครื่องส่งรับวิทยุซึ่งส่งข้อความครั้งละหนึ่งข้อความและส่งข้อความทั้งสองทิศทางตัวอย่างการส่งข้อมูล Half-Duplex แสดงในรูปที่ 11

Half-duplex data transmission

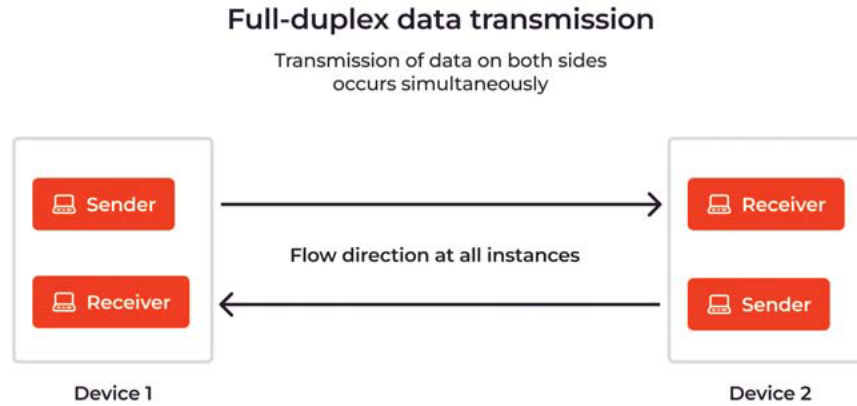
Data flow on both sides, however,
not at the exact same time.



รูปที่ 11 การส่งข้อมูลแบบ Half-Duplex

ที่มา: <https://gcore.com/learning/data-transmission-guide-everything-you-need-to-know/>

- **Full-Duplex** ในโหมดฟูลดูเพล็กซ์ ทั้งสองสถานีสามารถส่งและรับพร้อมกันได้ โดยสัญญาณที่ไปในทิศทางเดียวจะแชร์ความจุของลิงก์กับสัญญาณที่ไปในทิศทางอื่น การแบ่งปันนี้สามารถเกิดขึ้นได้สองวิธี: คือ 1. ลิงก์จะต้องมีเส้นทางการรับส่งข้อมูลสองเส้นทางแยกจากกัน เส้นทางหนึ่งสำหรับการส่งและอีกเส้นทางหนึ่งสำหรับการรับ 2. ความจุจะถูกแบ่งระหว่างสัญญาณที่เคลื่อนที่ทั้งสองทิศทาง โดยในโหมดฟูลดูเพล็กซ์จะใช้เมื่อต้องมีการสื่อสารทั้งสองทิศทางตลอดเวลา อย่างไรก็ตามความจุของช่องจะต้องแบ่งระหว่างสองทิศทาง ตัวอย่าง เครือข่ายโทรศัพท์ซึ่งมีการสื่อสารระหว่างบุคคลสองคนด้วยสายโทรศัพท์ ซึ่งทั้งสองสามารถพูดและฟังพร้อมกันได้ ตัวอย่างการส่งข้อมูล Full-Duplex แสดงในรูปที่ 12

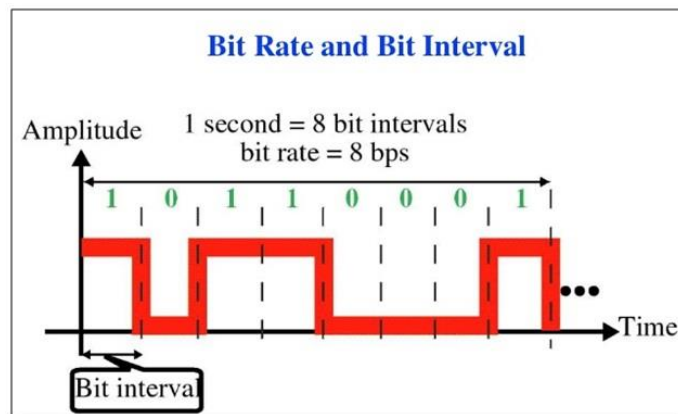


รูปที่ 12 การส่งข้อมูลแบบ Full-Duplex

ที่มา: <https://gcore.com/learning/data-transmission-guide-everything-you-need-to-know/>

1.7 อัตราการส่งข้อมูล (Transmission rate)

คือความเร็วที่ข้อมูลใดที่ถูกถ่ายโอนจากอุปกรณ์หรือวงจร โดยมักจะวัดเป็นหน่วยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนข้อมูลที่ถ่ายโอน ต่อรอบ เช่น ตัวอักษรต่อวินาที หรือบิตต่อวินาที (bps) แสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 อัตราการส่ง Bit

ที่มา: <https://kunaldube.blogspot.com/2017/04/bit-rate-baud-rate-bit-length-bit.html>

1.8 รูปแบบในการส่งข้อมูล (Data Transmission)

การส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การส่งแบบขนาน และการส่งแบบอนุกรม

1.8.1 การส่งแบบขนาน (Parallel transmission)

คือการส่งข้อมูลพร้อมกันทีละหลาย ๆ บิตในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกา โดยการส่งจะรวมบิต 0 และ 1 หลาย ๆ บิตเข้าเป็นกลุ่มจำนวน n บิต ผู้ส่งส่งครั้งละ n บิต ผู้รับจะรับครั้งละ n บิตเช่นกัน ซึ่งจะคล้ายกับการพูดคุยโดยจะพูดเป็นคำ ๆ ไม่พูดทีละตัวอักษร กลไกการส่งข้อมูลแบบขนานใช้หลักการง่าย ๆ เมื่อส่งครั้งละ n บิต ต้องใช้สาย n เส้น แต่ละบิตมีสายของตนเอง ในการส่งแต่ละครั้งทุกเส้นต้องใช้สัญญาณเวลาเดียวกัน ทำให้สามารถส่งออกไปยังอุปกรณ์อื่นพร้อมกันได้

1.8.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial transmission)

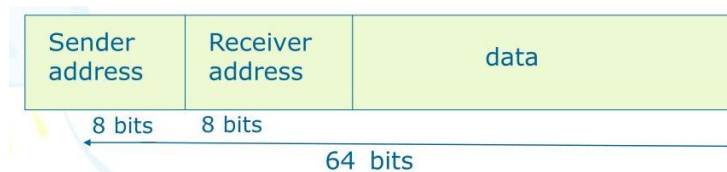
การส่งข้อมูลแบบอนุกรม จะใช้วิธีการส่งทีละ 1 บิตในหนึ่งรอบสัญญาณเวลา ทำให้ดูเหมือนว่าบิตต่าง ๆ เรียงต่อเนื่องกันไป จากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์หนึ่ง กล่าวคือ การใช้ช่องทางการสื่อสารเพียง 1 ช่อง ช่วยทำให้ลดค่าใช้จ่ายลง แต่ข้อเสียคือ ความเร็วของการส่งที่ต่ำ ตัวอย่างของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม เช่น โมเด็มจะการใช้การส่งแบบอนุกรมเนื่องจากในสัญญาณโทรศัพท์มีสายสัญญาณเส้นเดียว และอีกเส้นหนึ่งเป็นสายดิน

บทที่ 2 พื้นฐานการสื่อสารโปรโตคอล และเครือข่าย

2.1 โปรโตคอลการสื่อสาร (Communication Protocols)

โปรโตคอลการสื่อสารเป็นชุดของกฎเกณฑ์ที่กำหนดวิธีการสื่อสารระหว่างเอนทิตีในระบบการสื่อสารที่มีมากกว่าหนึ่งหน่วยงาน โดยโปรโตคอลนี้จะครอบคลุมการส่งข้อมูลทั้งในแง่ของรูปแบบ (ไวยากรณ์) และความหมายของข้อมูล (ความหมาย) รวมถึงการประสานเวลา (ซิงโครไนซ์) เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีการจัดการข้อผิดพลาดเพื่อให้สามารถกู้คืนข้อมูลได้หากเกิดปัญหาในการสื่อสาร โดยองค์ประกอบสำคัญของการสื่อสารโปรโตคอล มี 3 สิ่ง คือ

- 1 **ไวยากรณ์ (Syntax)** หมายถึงรูปแบบของข้อมูล ซึ่งบ่งบอกลำดับการนำเสนอข้อมูล และวิธีการอ่านข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการแทนข้อมูล ตัวอย่างเช่น หากเราสมมติว่าชุดข้อมูล (data packet) มี 16 บิต โดย 4 บิตแรกเป็นที่อยู่ของผู้ส่ง (sender's address) 4 บิตสุดท้ายเป็นที่อยู่ของผู้รับ (receiver's address) และที่เหลือคือข้อความ (message) ดังนั้น นี่คือนิยามที่ใช้ในการแทนบิตของข้อมูล แสดงตัวอย่างในรูปที่ 14



รูปที่ 14 Syntax

ที่มา: <http://polprog.net/blog/serial/>

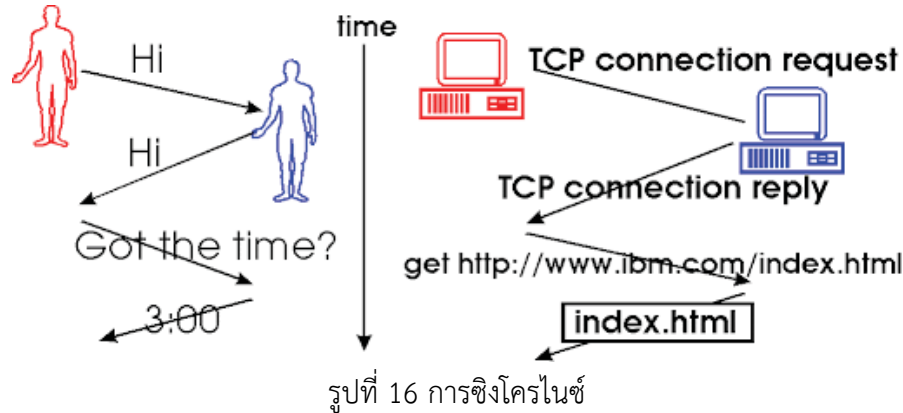
- 2 **ความหมาย (Semantics)** คือความหมายของแต่ละส่วนที่กล่าวถึงในไวยากรณ์ (syntax) ซึ่งรวมถึงข้อมูลการควบคุมสำหรับการประสานงานและการจัดการข้อผิดพลาด นอกจากนี้ยังระบุไฟล์ใดกำหนดการกระทำใดบ้าง แสดงตัวอย่างในรูปที่ 15

St	Start bit, always low
(n)	Data bits (0 to 8)
P	Parity bit. Can be odd or even
Sp	Stop bit, always high
IDLE	No transfers on the communication line (RxD or TxD). An IDLE line must be high

รูปที่ 15 Semantics

ที่มา: <http://polprog.net/blog/serial/>

- 3 **การซิงโครไนซ์ (Synchronize)** การซิงโครไนซ์หมายถึงเวลาที่ข้อมูลจะถูกส่งและความเร็วที่ข้อมูลสามารถส่งได้ ตัวอย่างเช่น หากผู้ส่งส่งข้อมูลที่ความเร็ว 100 Mbps และผู้รับรับข้อมูลที่ความเร็ว 1 Mbps ข้อมูลจะล้นที่ปลายทางของผู้รับ แสดงตัวอย่างในรูปที่ 16

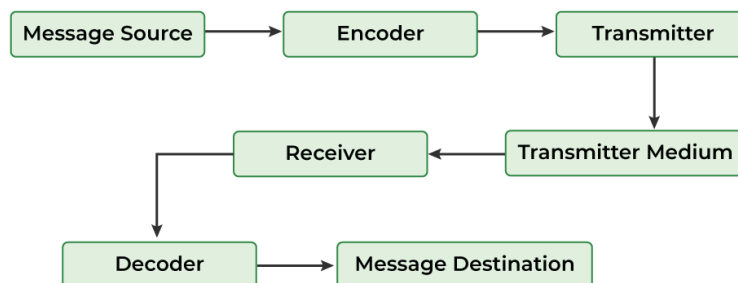


รูปที่ 16 การชิงโครไนซ์

ที่มา: <http://www2.ic.uff.br/michael/kr1999/1-introduction/102-protocol.htm>

นอกจากนี้แล้วโปรโตคอลการสื่อสารเครือข่ายยังต้องการองค์ประกอบดังต่อไปนี้

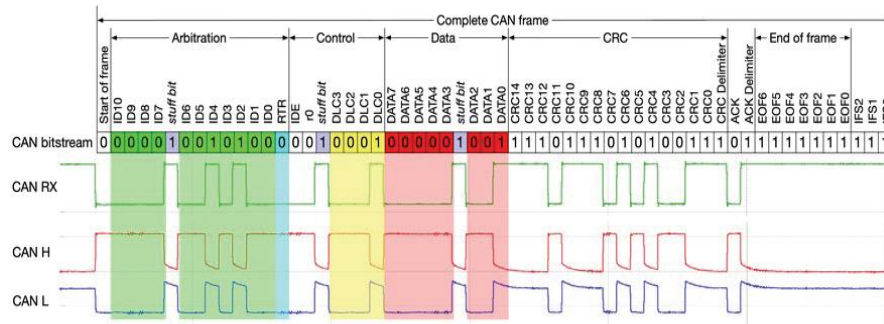
1. **การเข้ารหัสข้อความ (Message Encoding)** ข้อความจากผู้ส่งจะถูกเข้ารหัสเป็นสัญญาณหรือคลื่น จากนั้นส่งผ่านสื่อที่มีสายหรือไร้สายไปยังปลายทาง แสดงดังรูปที่ 17 และทำการถอดรหัสก่อนส่งข้อความถึงปลายทาง การเข้ารหัสเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนชุดตัวอักษรยูนิโค้ด (Unicode) เป็นลำดับของไบนารี



รูปที่ 17 Message Encoding

ที่มา: <https://www.geeksforgeeks.org/elements-of-network-protocol/>

2. **การจัดรูปแบบและการหุ้มข้อมูล (Message Formatting and Encapsulation)**: มีรูปแบบที่ตกลงกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ ซึ่งใช้ในการหาข้อมูลเพื่อระบุผู้ส่งและผู้รับอย่างถูกต้อง รูปแบบของข้อความจะขึ้นอยู่กับประเภทของข้อความและสื่อที่ใช้ในการส่ง ข้อความจะถูกหุ้มเพื่อใส่ข้อความหนึ่งเข้าไปในข้อความอื่นเพื่อการส่งจากแหล่งที่มาไปยังปลายทาง โดยยกตัวอย่าง เครื่องหมาย Start-Of-Frame (SOF) และ End-Of-Frame (EOF) ถูกใช้สำหรับการหุ้มข้อมูล (encapsulation) แสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 18 CAN frame

ที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/CANBUS>

3. **ขนาดข้อความ (Message Size):** ข้อความยาวต้องแบ่งออกเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อส่งผ่านเครือข่าย หรือ กระบวนการแบ่งข้อความยาวเป็นชิ้นๆ ก่อนการส่งผ่านเครือข่าย ตัวอย่างเช่น ในโทรศัพท์มือถือ SMS จำกัดขนาดข้อความไว้ที่ 160 ตัวอักษรปกติ แต่สำหรับตัวอักษรที่ไม่ใช่ตัวอักษรปกติจะต้องใช้ข้อมูล 16 บิตในการแทนที่ ส่งผลให้ขนาดข้อความถูกจำกัดไว้ที่ 70 ตัวอักษร
4. **การจัดการเวลา (Message Timing):** การจัดการการไหลของข้อมูล เช่น การตอบกลับและการหมดเวลา (timeout) ต้องการข้อมูลควบคุมเวลาเฉพาะ การตรวจสอบความล่าช้าในการส่งข้อมูล และรวมถึง กฎเช่น วิธีการเข้าถึง, การควบคุมการไหล, และการหมดเวลาในการตอบกลับ

2.1 รูปแบบโครงข่าย (Network Topology)

รูปแบบโครงข่าย คือ จัดเรียงขององค์ประกอบต่างๆ เช่น โหนด (nodes), ลิงก์ (links), และอุปกรณ์ (devices) ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งกำหนดว่ามีการเชื่อมต่อและปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านี้อย่างไร การเข้าใจประเภทต่างๆ ของรูปแบบโครงข่ายช่วยในการออกแบบเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพและมีความทนทาน รูปแบบทั่วไปได้แก่ Point to point, Bus

2.1.1 รูปแบบโครงข่ายแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)

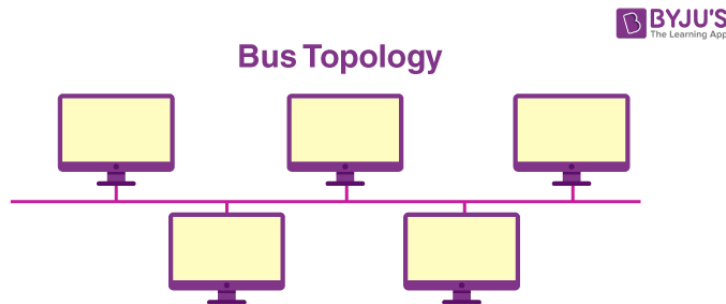
รูปแบบโครงข่ายแบบจุดต่อจุดเป็นประเภทของรูปแบบโครงข่ายที่ทำงานตามฟังก์ชันของผู้ส่งและผู้รับ มันเป็นการสื่อสารที่เรียบง่ายที่สุดระหว่างสองโหนด โดยที่หนึ่งโหนดทำหน้าที่เป็นผู้ส่ง (sender) และอีกโหนดหนึ่งทำหน้าที่เป็นผู้รับ (receiver) แสดงตัวอย่างในรูปที่ 19



รูปที่ 19 Point to point Topology ที่มา: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-point-to-point-link-and-star-topology-network/>

2.1.2 รูปแบบโครงข่ายแบบบัส (Bus)

รูปแบบโครงข่ายแบบบัสคือการตั้งค่าเครือข่ายที่อุปกรณ์ทั้งหมดเชื่อมต่อผ่านสายเคเบิลเดียวซึ่งเรียกว่า "บัส" บัสทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการสื่อสารร่วมกัน ทำให้ทุกอุปกรณ์ในเครือข่ายสามารถรับสัญญาณเดียวกันได้พร้อมกัน แสดงตัวอย่างในรูปที่ 20 โดยรูปแบบโครงข่ายแบบบัสมีความเรียบง่ายและเชื่อถือได้ เหมาะสำหรับเครือข่ายขนาดเล็ก ใช้สายเคเบิลน้อยจึงมีค่าใช้จ่ายต่ำ และสามารถขยายระบบได้ง่ายโดยการเชื่อมต่อสายเคเบิลหลายเส้นเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย

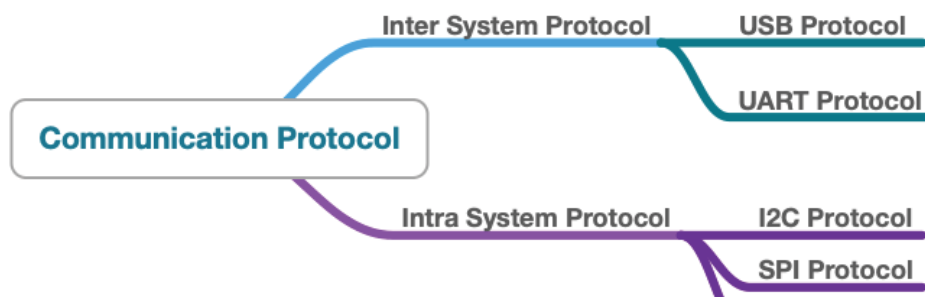


รูปที่ 20 Bus Topology

ที่มา: <https://byjus.com/gate/bus-topology-notes/>

2.2 ประเภทของโปรโตคอลการสื่อสาร (Types of Communication Protocols)

โปรโตคอลการสื่อสารทำหน้าที่เป็นหลักการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบต่างๆ และภายในส่วนประกอบที่ซับซ้อนของระบบเดียวกัน มีโปรโตคอลการสื่อสารสองประเภทที่จำแนกได้ดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 ประเภทของการสื่อสาร

ที่มา: <http://fr.farnell.com/communication-network-protocol-trc-ar>

2.2.1 โปรโตคอลระหว่างระบบ (Inter System Protocol)

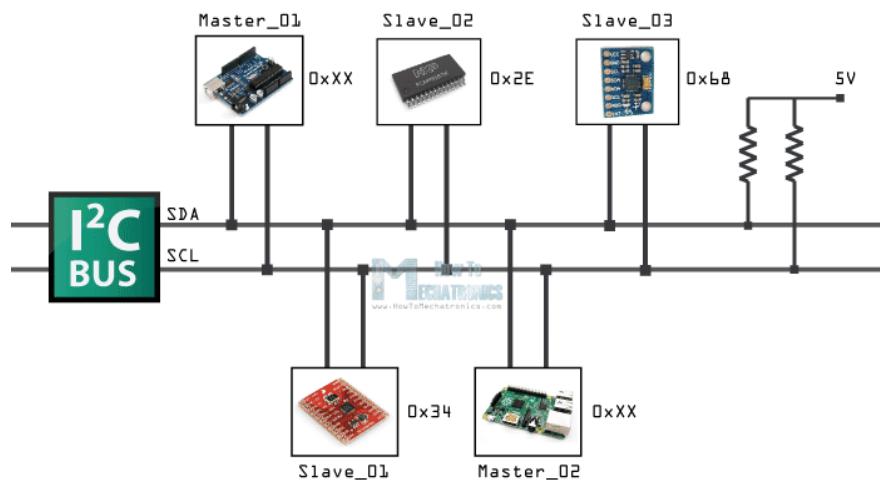
เป็นโปรโตคอลที่ช่วยในการสร้างการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สองตัว ตัวอย่างที่ดีคือการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับบอร์ดพัฒนา (development board) ผ่านระบบบัสระหว่างกัน (inter bus system) โดยโปรโตคอลระหว่างระบบมี 2 ประเภทคือ

- 1 โปรโตคอลการสื่อสาร USB (Universal Serial Bus) เป็นโปรโตคอลการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสที่รองรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการถ่ายโอนพลังงานระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ โดยเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์เสริมกับตัวควบคุมหลัก (host controller)
- 2 โปรโตคอลการสื่อสาร UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) เป็นโปรโตคอลซีเรียลที่ง่าย ซึ่งช่วยให้การถ่ายโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองตัวทำได้ทีละบิต ตามความหมายแล้ว UART เป็นโปรโตคอลการสื่อสารฮาร์ดแวร์ที่ใช้การสื่อสารแบบซีเรียลอะซิงโครนัส (asynchronous serial communication) โดยสามารถปรับความเร็วได้ อะซิงโครนัสหมายความว่าไม่มีสัญญาณนาฬิกา (clock signal) เพื่อทำการซิงโครไนซ์บิตที่ออกจากอุปกรณ์ส่งไปยังปลายทางที่รับข้อมูล

2.2.2 โปรโตคอลภายในระบบ (Intra System Protocol)

โปรโตคอลภายในระบบสร้างการสื่อสารระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ภายในแผงวงจร ในระบบฝังตัว (embedded systems) โปรโตคอลภายในระบบช่วยเพิ่มจำนวนของส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกับตัวควบคุม การเพิ่มจำนวนส่วนประกอบนำไปสู่ความซับซ้อนของวงจรและการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น โปรโตคอลภายในระบบยังรับประกันการเข้าถึงข้อมูลจากอุปกรณ์เสริมอย่างปลอดภัย โดยโปรโตคอลภายในระบบมี 3 ประเภทคือ

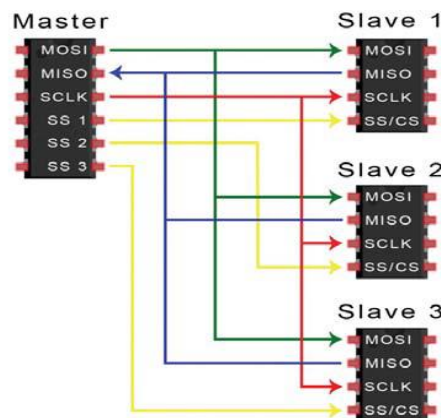
1. โปรโตคอลการสื่อสาร I2C การสื่อสาร I2C เป็นที่นิยมอย่างมากและใช้กันอย่างแพร่หลายโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในแบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์ได้ง่าย ซึ่งต้องการการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์หลัก (master) กับอุปกรณ์ทาส (slave) หลายตัว หรือแม้กระทั่งระหว่างอุปกรณ์หลักหลายตัว ตัวอย่างในรูปที่ 22



รูปที่ 22 โปรโตคอล I2C

ที่มา: <http://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/>

2. **โปรโตคอลการสื่อสาร SPI** เป็นบัสข้อมูลแบบซีเรียลที่ใช้สาย 4 เส้น โดยมีโหนดเดียวที่เรียกว่า master ซึ่งจัดการกิจกรรมบนบัส ส่วนโหนดอื่นๆ ที่เรียกว่า slaves จะตอบสนองต่อ master สายทั้ง 4 เส้นบนบัสทำหน้าที่ดังนี้: Slave Select (SS): สัญญาณที่แจ้งให้ slave ทราบว่า master กำลังทำงานร่วมกับมัน Serial Clock (SCLK): สัญญาณนาฬิกาที่จัดลำดับการถ่ายโอนข้อมูลบนบัสทีละบิตในแต่ละรอบ Master Input Slave Output (MISO): สายที่ใช้ถ่ายโอนข้อมูลจาก slave ไปยัง master Master Output Slave Input (MOSI): สายที่ใช้ถ่ายโอนข้อมูลจาก master ไปยัง slave โดย SPI นั้นสามารถถ่ายโอนข้อมูลได้ทั้งสองทิศทางพร้อมกันบนสาย MISO และ MOSI ทำให้เป็นมาตรฐานการสื่อสารแบบฟูล-ดูเพล็กซ์ (full-duplex) หนึ่ง master สามารถควบคุมหลาย slave ได้ แต่ต้องใช้พิน SS ตัวอย่างในรูปที่ 23



รูปที่ 23 โปรโตคอล SPI

ที่มา: <http://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/>

3. **โปรโตคอลการสื่อสาร CAN** ระบบบัส CAN แบ่งออกเป็นสามประเภทตามความต้องการด้านอัตราการส่งสัญญาณและปริมาณข้อมูล:

- บัส CAN สำหรับการขับเคลื่อน (high-speed) ที่ 500 kbps ใช้สำหรับการสื่อสารที่เกือบเรียลไทม์
- บัส CAN สำหรับความเสถียร (low-speed) ที่ 100 kbps ใช้สำหรับการสื่อสารที่มีข้อกำหนดเวลาต่ำ
- บัส CAN สำหรับความบันเทิง (low-speed) ที่ 100 kbps ใช้สำหรับการสื่อสารที่มีข้อกำหนดเวลาต่ำ

นอกจากนั้น บัส CAN ใช้การเดินสายแบบคู่เกลียวและการถ่ายโอนข้อมูลแบบต่างกันเพื่อให้ความปลอดภัยสูงสุดในการถ่ายโอนข้อมูล โดยใช้ชื่อสายว่า CAN high และ CAN low โปรโตคอล CAN ใช้สำหรับการเชื่อมต่อส่วนประกอบในรถยนต์และยังมีการใช้งานในเครื่องบินสำหรับการวิเคราะห์ในระหว่างการบินและการเชื่อมต่อส่วนประกอบต่างๆ เช่น ระบบเชื้อเพลิงและปั๊ม CANopen เป็นที่นิยมในแอปพลิเคชันควบคุมฝังตัวในอุตสาหกรรม

บทที่ 3 หลักการและคุณลักษณะการสื่อสาร แบบอนุกรม (Serial Communication)

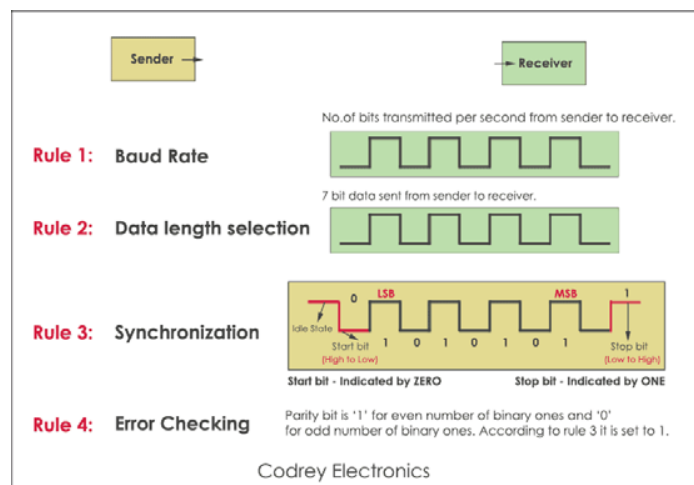
อย่างที่ได้นำไปในบทที่ 2 โดย Serial Communication นั้นเป็นวิธีการสื่อสารที่ใช้สายการส่งข้อมูลเพียงหนึ่งหรือสองเส้นในการส่งและรับข้อมูล โดยข้อมูลจะถูกส่งและรับอย่างต่อเนื่องทีละบิต ข้อดีของการสื่อสารแบบอนุกรมคือสามารถเชื่อมต่อได้โดยใช้สายสัญญาณน้อย ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้วัสดุสายไฟและอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณ และสำหรับการสื่อสารในรูปแบบนี้นั้น จะมีกฎของการสื่อสารอยู่ด้วย

3.1 การทำงานการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Communication Work)

ปัจจุบันซีพียูที่มีความก้าวหน้า เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ ใช้การสื่อสารแบบอนุกรมเพื่อสื่อสารกับโลกภายนอกและอุปกรณ์ต่อพ่วงบนชิป สำหรับการทำความเข้าใจให้ดียิ่งขึ้น ลองพิจารณาตัวอย่างง่ายๆ เช่น หากคุณต้องการส่งไฟล์จากแล็ปท็อปของคุณไปยังสมาร์ทโฟน คุณจะส่งอย่างไร? อาจจะใช้โปรโตคอล Bluetooth หรือ WiFi ใช้ไหม ดังนั้น นี่คือการขั้นตอนในการตั้งค่าการสื่อสารแบบอนุกรม 1. การเพิ่มการเชื่อมต่อ โดยในขั้นตอนแรก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ตัวอย่างเช่น Tablet) จะค้นหาอุปกรณ์ที่อยู่ใกล้เคียงในระยะ 100 เมตร และแสดงรายการอุปกรณ์ที่พบ กระบวนการนี้มักเรียกว่าการค้นหา (roaming) 2. การเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสาร ทำเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น (เช่น Smart phone) โดยต้องทำการจับคู่ (pairing) ซึ่งการตั้งค่าพื้นฐานจะถูกตั้งค่าไว้ในซอฟต์แวร์แล้ว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องตั้งค่าอัตราบอด (baud rate) ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังมีอีกสิ่งที่ไม่คุ้นเคย ได้แก่ อัตราบอด, การเลือกบิตข้อมูล (framing), บิตเริ่มต้นและหยุด, และพาริตี (parity)

3.2 กฎเกณฑ์ของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Rules of Serial Communication)

การส่งข้อมูลแบบ Serial นั้นจะมีกฎอยู่ 4 ข้อ ดังรูปที่ 24



รูปที่ 24 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ที่มา: <http://www.codrey.com/embedded-systems/serial-communication-basic/>

3.1.1 อัตราบอด หรืออัตราความเร็วในการส่งข้อมูล (Baud rate)

อัตราบอด (Baud rate) คือ ความเร็วในการส่งข้อมูลจากตัวส่งไปยังตัวรับในรูปของบิตต่อวินาที อัตราบอดที่ใช้กันทั่วไปมีค่าเช่น 1200, 2400, 4800, 9600, และ 57600 นอกจากนั้นแล้วอัตราบอด (Baud rate) ยังเป็นตัว

ใช้กำหนดความต้องการแบนด์วิธในการส่งสัญญาณ และช่วยคำนวณอัตราบิต (Bit rate) ของช่องทางการสื่อสาร รวมถึงระบุความเร็วในการส่งข้อมูลผ่านสายอนุกรมหรืออินเทอร์เฟซอนุกรมได้ โดยมีวิธีการหาอัตราบิต ดังนี้

$$\text{Baud rate} = \frac{\text{number of signal elements}}{\text{total time (in second)}}$$

รูปแบบของอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล ที่เรียกว่า อัตราบิต (Bit rate) ซึ่งเป็น จำนวนบิตไบนารี (1 หรือ 0) ที่ถูกส่งในแต่ละวินาที โดยมีวิธีการหาอัตราบิต ดังนี้

$$\text{Bit rate} = \frac{\text{number of bit transmitted}}{\text{total time (in second)}}$$

นอกจากนั้นแล้ว อัตราบิต (Bit rate) ยังสามารถนิยามได้ตามอัตราบิต (Baud rate) ด้วยเช่นกัน ดังนี้

$$\text{Bit rate} = \text{Baud rate} \times \text{bits per signal or symbol}$$

3.2.1 การเลือกบิตข้อมูล (Framing Data)

การจัดกรอบข้อมูล (Framing) คือ การกำหนดจำนวนบิตที่ต้องการส่งจากอุปกรณ์โฮสต์ (เช่น แล็ปท็อป) ไปยังอุปกรณ์รับ (เช่น มือถือ) โดยทั่วไปมักใช้ 8 บิตในหลายอุปกรณ์ หลังจากเลือกจำนวนบิต (เช่น 8 บิต) แล้ว ต้องตกลงเรื่อง endianness ซึ่งเป็นลำดับการจัดเรียงข้อมูลระหว่างผู้ส่งและผู้รับเพื่อให้การถอดรหัสข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง

3.2.2 การซิงโครไนซ์ หรือ การกำหนดบิตเริ่มต้นและหยุด (Synchronization)

ในกระบวนการนั้น ตัวส่ง (Transmitter) จะเพิ่มบิตการซิงโครไนซ์ (1 บิตเริ่มต้นและ 1 หรือ 2 บิตหยุด) ลงในกรอบข้อมูลต้นฉบับ บิตการซิงโครไนซ์ช่วยให้ตัวรับ (Receiver) สามารถระบุจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการส่งข้อมูลได้ กระบวนการนี้เรียกว่าการส่งข้อมูลแบบไม่ต้องการการซิงโครไนซ์ (Asynchronous data transfer)

3.2.3 การควบคุมข้อผิดพลาด หรือ การตรวจสอบ parity (Error Control)

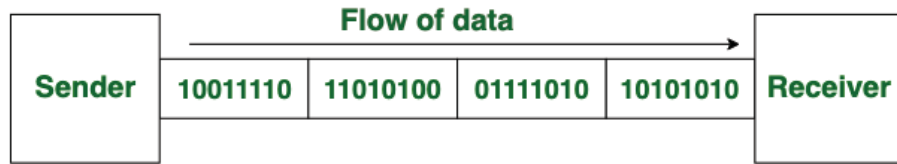
การเสียหายของข้อมูลอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสัญญาณรบกวนจากภายนอกที่ปลายทางรับ วิธีเดียวที่จะแก้ไขเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เสถียรคือการตรวจสอบพาริตี (Parity) หากข้อมูลไบนารีมีจำนวน 1's เป็นเลขคู่จะเรียกว่า "even parity" และบิตพาริตีจะถูกตั้งค่าเป็น '1' หากข้อมูลไบนารีมีจำนวน 1's เป็นเลขคี่จะเรียกว่า "odd parity" และบิตพาริตีจะถูกตั้งค่าเป็น '0'

3.3 วิธีการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Data Transmission Method)

การสื่อสารแบบอนุกรมส่งข้อมูลเพียงบิตเดียวในแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงต้องการสาย I/O (input-output) น้อยกว่า ซึ่งทำให้ใช้พื้นที่น้อยลงและทนทานต่อการขัดข้องจากสัญญาณข้าม (cross-talk) ได้ดี ข้อดีหลักของการ

สื่อสารแบบอนุกรมคือ ค่าใช้จ่ายของระบบฝั่งตัวทั้งหมดจะลดลง และสามารถส่งข้อมูลไปยังระยะทางที่ไกลได้ การส่งข้อมูลแบบอนุกรมใช้ในอุปกรณ์ DCE (Data Communication Equipment) เช่น โมเด็ม และโดยทั่วไปแล้วการสื่อสารแบบอนุกรม ใช้ 2 วิธีสำหรับการส่งและรับข้อมูล คือ

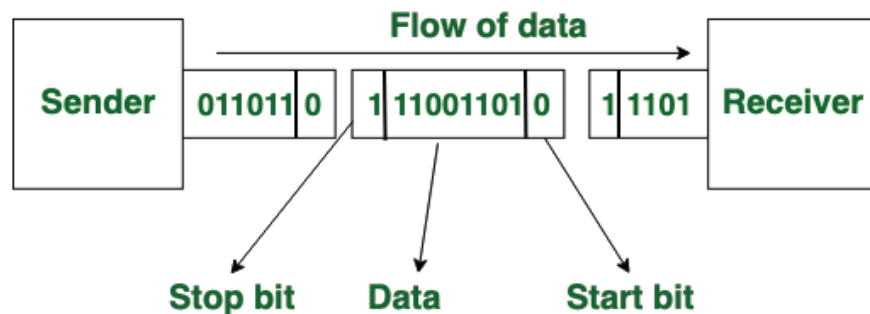
1. **Synchronous Transmission** คือการซิงโครไนซ์บิตและการซิงโครไนซ์บล็อก เมื่อสัญญาณข้อมูลถูกส่งผ่านไปตามสายสัญญาณเข้าสู่ DTE ปลายทาง สิ่งที่สำคัญที่สุดเลยคือ อุปกรณ์ปลายทางจะต้องสามารถส่งสัญญาณไบนารีหรือ บิต ซึ่งเป็นสัญญาณพื้นฐานที่สุดให้ได้อย่างถูกต้องตามจังหวะที่ส่งมา การที่อุปกรณ์ปลายทางสามารถรับ-ส่งอุปกรณ์ไบนารีได้ถูกต้องตามจังหวะนี้ เราเรียกว่า การซิงโครไนซ์บิต เมื่ออุปกรณ์ปลายทางสามารถรับ-ส่งบิตต่างๆได้อย่างถูกต้องแล้ว อุปกรณ์ปลายทางก็ยังจำเป็นต้องรู้ว่าสัญญาณที่รับมานั้น สำหรับแต่ละตัวมีการเริ่มต้นและสิ้นสุด เรียกว่า การซิงโครไนซ์บล็อกวิธีง่าย ๆ ที่จะทำให้เกิดการซิงโครไนซ์บิต และการซิงโครไนซ์บล็อกนั้น ทำได้โดยการส่งสัญญาณไหม้ไปยังสายอีกเส้นหนึ่งขนานไปกับสายที่ส่งสัญญาณข้อมูล แต่วิธีนี้จะไม่สามารถทำได้กรณีที่ติดต่อกัน เป็นระยะไกลๆ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก อีกทั้งวิธีนี้จะเป็นการส่งข้อมูลนี้เป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full-duplex) ซึ่งหมายความว่า การส่งและรับข้อมูลสามารถทำได้พร้อมกัน โดยการซิงโครไนซ์ระหว่างผู้ส่งและผู้รับเป็นสิ่งจำเป็น เพราะไม่มีช่วงเวลาห่างระหว่างข้อมูล อีกทั้งการส่งข้อมูลในลักษณะนี้มีประสิทธิภาพและความเชื่อถือได้สูงกว่าในการถ่ายโอนข้อมูลจำนวนมากหรือการสตรีมข้อมูล แสดงตัวอย่างการส่งข้อมูลในรูปที่ 25



รูปที่ 25 Synchronous Transmission

ที่มา: <http://www.geekforgeeks.org/difference-between-synchronous-and-asynchronous-transmission/>

2. **Asynchronous Transmission** โดยทั่วไป Asynchronous เป็นคุณศัพท์อธิบายวัตถุหรือเหตุการณ์ที่ไม่มีพิกัดด้านเวลา ในเทคโนโลยีสารสนเทศ ศัพท์นี้มีการใช้หลายความหมาย ในสัญญาณการสื่อสารภายในเครือข่ายหรือระหว่างเครือข่าย สัญญาณ Asynchronous เป็นหนึ่งสัญญาณที่ส่งผ่านตามอัตรานาฬิกาต่างจากอีกสัญญาณหนึ่ง ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ปฏิบัติการ Asynchronous หมายถึงกระบวนการปฏิบัติงานอย่างอิสระของอีกกระบวนการขณะปฏิบัติการ Synchronous หมายถึงกระบวนการทำงานเฉพาะผลลัพธ์ของอีกกระบวนการที่เสร็จสิ้นหรือหยุดปฏิบัติการ กิจกรรมแบบแผนอาจจะใช้โปรโตคอล synchronous ที่จะส่งไฟล์จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง แต่แต่ละการส่งผ่านได้รับ การตอบสนองได้รับการส่งออกซึ่งถึงความสำเร็จหรือต้องส่งใหม่ แต่การส่งผ่านสำเร็จของข้อมูลต้องการตอบสนองไปยังการส่งผ่านก่อนหน้านี้ก่อน อีกเริ่มต้นอีกกระบวนการ โดยรูปที่ 26 จะเป็นการแสดงตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous



รูปที่ 26 Asynchronous Transmission

ที่มา: <http://www.geekforgeeks.org/difference-between-synchronous-and-asynchronous-transmission/>

สรุปแล้วการทำงานของ Synchronous และ Asynchronous วิธีส่งในทางปฏิบัติ นั้น เมื่อแบ่งตามลักษณะการชิงโครไนซ์แล้วแบ่งได้เป็นการส่งแบบชิงโครไนซ์ และการส่งแบบอะชิงโครไนซ์ ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะใช้วิธีแยกสัญญาณใหม่มีจากสัญญาณข้อมูลที่รับมาการส่งแบบอะชิงโครไนซ์ซึ่งส่วนใหญ่จะเข้ากับระบบที่มีการส่งข้อมูลอัตราต่ำนั้น DTE ทางด้านส่งเมื่อต้องการส่งสัญญาณรหัสออกไป ก็จะมีการจัดสัญญาณนั้นให้อยู่ในรูปอนุกรมแล้วเติม

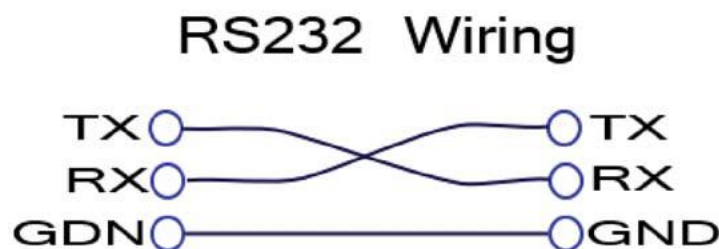
บิตเริ่มต้น (Start Bit) ไว้ที่ด้านหน้า และเติมบิตสิ้นสุด (Stop Bit) ไว้ที่ด้านหลัง และส่งออกไปตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาทางด้านส่ง ส่วน DTE ทางปลายทางนั้น เมื่อรับบิตเริ่มต้นได้ก็จะทำการรับสัญญาณข้อมูลที่ส่งตามมา โดยใช้จังหวะของสัญญาณนาฬิกาของสถานีตัวเอง และจะรับสัญญาณจนกว่าจะถึงบิตสิ้นสุดแล้วหยุดรับ ดังนั้นวิธีการนี้ bindtextdomain ก็จะทำให้การซิงโครไนซ์บิตและซิงโครไนซ์บล็อกพร้อมกันไป แต่วิธีนี้จะมีปัญหาเกิดขึ้นขึ้นได้ถ้าสัญญาณที่ส่งมามีความยาวมากขึ้น เพราะนั่นหมายถึงจังหวะสัญญาณนาฬิกาทางการส่งและด้านรับจะมีโอกาสเบี่ยงเบนไปได้มากขึ้น เพราะฉะนั้นจึงมักใช้ส่งสัญญาณรหัสเป็นหน่วยสั้นๆ โดยตัวหนังสือสีฟ้าที่อยู่ในพารากราฟนี้จะเป็นข้อมูลต่างๆให้ท่านศึกษาเพิ่มเติมได้เผื่อท่านยังไม่เข้าใจและสงสัยในความหมายบางคำ

3.4 มาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication Standards)

มาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication Standards) เป็นข้อกำหนดที่กำหนดวิธีการส่งและรับข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสารแบบอนุกรม โดยทั่วไปจะมีการกำหนดรายละเอียดเช่น อัตราบอด (Baud rate), ขนาดของบิตข้อมูล, พาริตี, และบิตเริ่มต้นและหยุด ตัวอย่างของมาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม ได้แก่

3.4.1 RS-232

โปรโตคอล RS-232 ประกอบด้วยสายสื่อสารเพียงสองเส้น คือ หนึ่งเส้นสำหรับส่งข้อมูลและอีกเส้นสำหรับรับข้อมูล ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารแบบอนุกรมควรมีขานุกรมสองขา รับข้อมูล (RX) - ส่งข้อมูล (TX) เนื่องจากข้อมูลการสื่อสารอิงตามแรงดันไฟฟ้าที่อยู่บนสายไฟซึ่งสัมพันธ์กับระดับพื้นดิน การเชื่อมต่อกับพื้นดิน (ground) จะต้องมีระหว่างอุปกรณ์ที่สื่อสารกันด้วย ตัวอย่าง RS-232 แสดงในรูปที่ 27



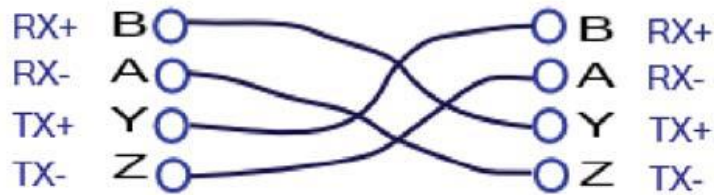
รูปที่ 27 การต่อสาย RS-232

ที่มา: <http://www.raveon.com/wp-content/upload/2019/01/AN236SerialComm.pdf>

3.4.2 RS-422

โปรโตคอล RS-422 ได้รับการออกแบบให้ทนทานต่อสัญญาณรบกวนและสามารถใช้งานได้ดีในระยะสายเคเบิลที่ยาว มักใช้ระหว่างคู่ส่งข้อมูลและรับข้อมูลหนึ่งชุดกับอีกหนึ่งชุด ความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนทำให้ระบบ RS-422 สามารถทำงานได้ดีในระยะทางที่ยาวกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับ RS-232, USB, และ Ethernet โดยแต่ละสัญญาณใช้สายสองเส้นในการส่งข้อมูล แรงดันไฟฟ้าเชิงต่าง (differential voltage) บนสาย A และ B แทนค่าดิจิทัล หาก $B > A$ ค่าจะเป็น 1 หาก $A > B$ ค่าจะเป็น 0 ตัวอย่าง RS-422 แสดงในรูปที่ 28

RS422 Wiring



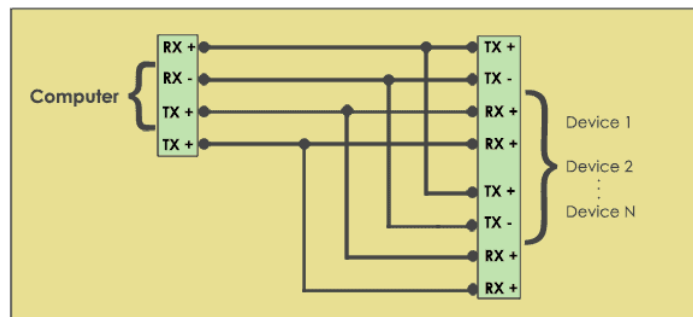
รูปที่ 28 การต่อสาย RS-422

ที่มา: <http://www.raveon.com/wp-content/upload/2019/01/AN236SerialComm.pdf>

3.4.3 RS-485

โปรโตคอล RS-485 เป็นโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรม แตกต่างจาก RS-422, คุณสามารถเชื่อมต่อไดรเวอร์สาย (line drivers) 32 ตัวและตัวรับข้อมูล (receivers) 32 ตัวในรูปแบบการเชื่อมต่อเชิงต่าง (differential configuration) โปรเซสเซอร์ (transmitter) ยังเรียกว่า ไดรเวอร์สาย (line driver) อย่างไรก็ตาม จะมีโปรเซสเซอร์ที่ทำงานอยู่เพียงตัวเดียวในแต่ละครั้ง แสดงในรูปที่ 29

RS422 Wiring Connection



รูปที่ 29 การต่อสาย RS-422

ที่มา: <https://www.codrey.com/wp-content/uploads/2017/09/RS-422-Wiring-Connection-1.png>

โดยสุดท้ายนี้จะเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละชนิด ของทั้ง 3 มาตรฐานการสื่อสาร ได้แก่ RS-232, RS-422 และ RS-485 แสดงในรูปที่ 30

RS232, RS4422, and RS485 Comparision

Parameter	RS-232C	RS-422A	RS-485
Transmission mode	Simplex	Multi-point simplex	Multi-point multiplex
Max. connected devices	1 driver 1 receiver	1 driver 10 receivers	32 drivers 32 receivers
Max. transmission rate	20Kbps	10Mbps	10Mbps
Transmission method	Synchronous, Asynchronous	Synchronous, Asynchronous	Synchronous, Asynchronous
Max. cable length	15m	1200m	1200m
Operation mode	Single-ended (unbalanced type)	Differential (balanced type)	Differential (balanced type)
Features	Short distance Full-duplex 1:1 connection	Long distance Full-duplex, half-duplex 1:N connection	Long distance Full-duplex, half-duplex N:N connection

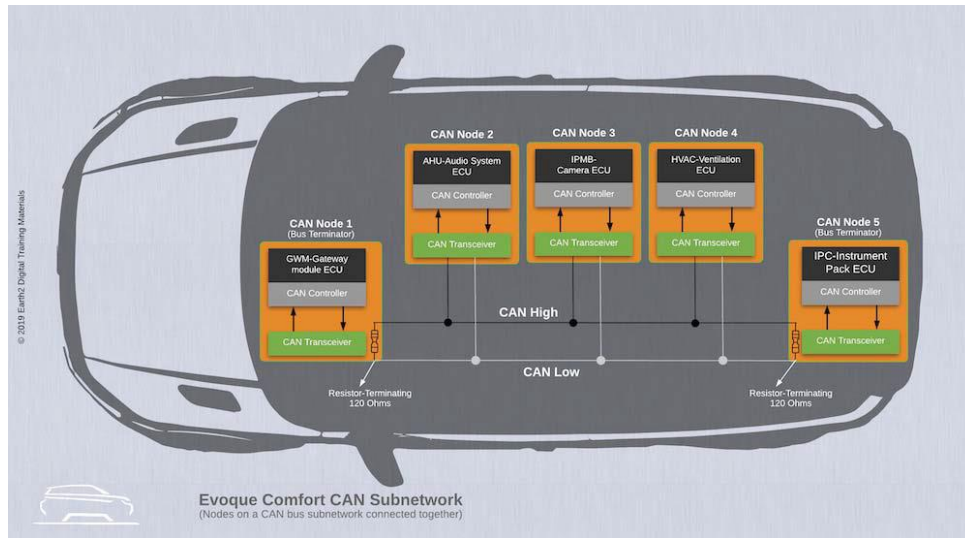
รูปที่ 30 การเปรียบเทียบ RS-232, RS-422 และ RS-485

3.5 การใช้งานการสื่อสารแบบอนุกรมในอุตสาหกรรมยานยนต์ (CAN และ LIN)

โปรโตคอลการสื่อสารแบบอนุกรมเปรียบเสมือนกระดูกสันหลังของการแลกเปลี่ยนข้อมูลในระบบอิเล็กทรอนิกส์หลายประเภท โดยให้วิธีการสำหรับอุปกรณ์ในการสื่อสารกันผ่านบัสที่ใช้ร่วมกัน เมื่ออุปกรณ์บนบัสปฏิบัติตามกฎชุดหนึ่งที่กำหนดโดยโปรโตคอล โปรโตคอลการสื่อสารแบบอนุกรมบนบัสจะวางรากฐานสำหรับโปรโตคอลการใช้งานในอุตสาหกรรมยานยนต์ ดังนี้

3.5.1 CAN (Controller Area Network)

CAN ย่อมาจาก Controller Area Network และเป็นโปรโตคอลการสื่อสารที่ใช้โดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด โดย CAN มักใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ในรถยนต์ ตัวอย่างเช่น ระบบการจัดการเครื่องยนต์, ระบบกันสะเทือนแบบแอคทีฟ, ระบบ ABS, การควบคุมการเปลี่ยนเกียร์, การควบคุมไฟ, ระบบปรับอากาศ, ถังลมนิรภัย, ระบบล็อกกลาง และระบบอื่นๆ ที่พบในยานยนต์ แสดงตัวอย่างการใช้งาน CAN ในรูปที่ 31

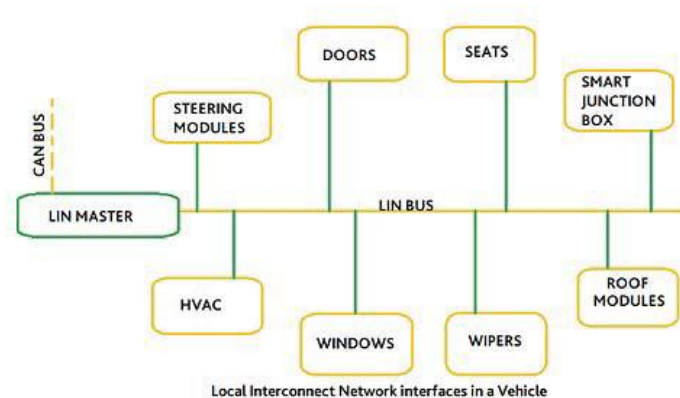


รูปที่ 31 CAN บนยานยนต์

ที่มา: <http://www.earth2.digital/blog/what-is-vehicle-can-bus-ecu-evogue-adam-ali.html>

3.5.2 LIN (Local Interconnect Network)

LIN ย่อมาจาก Local Interconnect Network และเป็นโปรโตคอลการสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในรถยนต์ คล้ายกับ CAN แต่ความต้องการโปรโตคอล LIN เกิดขึ้นเนื่องจากบัสที่ใช้โปรโตคอล CAN มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อใช้กับ อุปกรณ์ทั้งหมดในยานยนต์ที่ต้องการสื่อสารผ่านบัส แสดงตัวอย่างการใช้งาน LIN ในรูปที่ 32



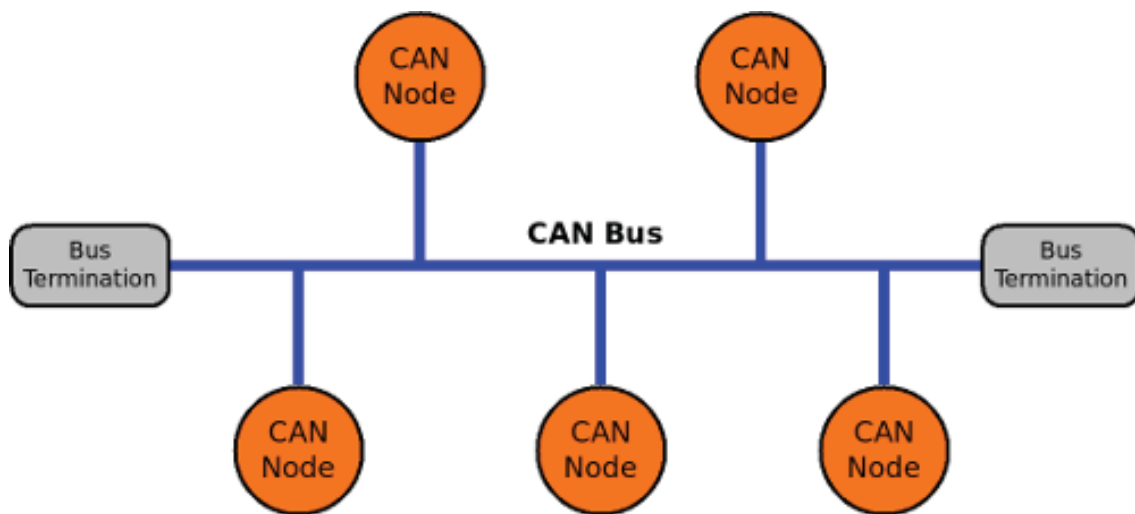
รูปที่ 32 การเชื่อมต่อ LIN

ที่มา: <http://www.influxbigdata.in/post/lin-protocol-a-simple-explanation>

บทที่ 4 โปรโตคอลการสื่อสารในรถยนต์ กรณีศึกษา CAN และ LIN

4.1 Controller Area Network (CAN)

Controller Area Network หรือ CAN bus เป็นมาตรฐานการสื่อสารผ่านสายที่ออกแบบมาให้อุปกรณ์ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ โดยเริ่มต้นใช้อยู่ในยานยนต์เป็นหลัก ในยานยนต์แต่ละระบบจะมีส่วนควบคุม (ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ กล้อง ECU) เป็นของตัวเอง เช่น เครื่องเล่นเพลง ระบบที่ปัดน้ำฝน ระบบถุงลมนิรภัย ระบบเครื่องยนต์ และระบบอื่น ๆ กว่า 70 ระบบ แต่ละระบบล้วนมีส่วนควบคุม (กล้อง ECU) เป็นของตัวเอง เพื่อให้ยานยนต์สามารถทำงานได้ ทุกระบบจึงจำเป็นต้องสื่อสารกัน และการสื่อสารกันก็ทำผ่าน CAN bus ได้ โดย CAN เป็นวิธีการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่มีความเสถียรสูง เหมาะสำหรับการใช้งานในเวลาจริง บัสนี้สามารถทำงานที่อัตราการส่งข้อมูลสูงสุดถึง 1 Mbps และมีความสามารถในการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาดที่ยอดเยียม CAN ถูกพัฒนาโดย Bosch โดยมีการใช้งานหลักในอุตสาหกรรมยานยนต์ แต่ปัจจุบันยังใช้ในหลายแอปพลิเคชันในระบบอัตโนมัติและการควบคุมอุตสาหกรรมอีกด้วย โดย CAN เป็นโปรโตคอลแบบหลายมาสเตอร์ (multi-master) ที่อิงตามข้อความ (message-based) หมายความว่าอุปกรณ์ CAN ทุกตัวสามารถส่งข้อมูลได้ และหลายอุปกรณ์ CAN สามารถขอใช้บัสพร้อมกันได้ แสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อในรูปแบบ CAN ดังรูปที่ 33



รูปที่ 33 Controller Area Network

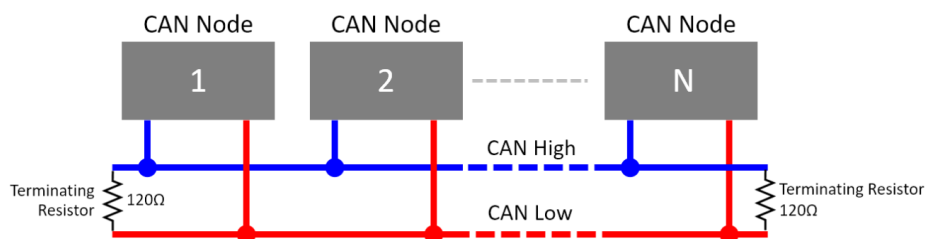
ที่มา: <http://store.clipkin.com/article/can-bus-protocol-10-minute-lesson>

CAN bus มีข้อได้เปรียบ และแตกต่างกับการสื่อสารผ่านสายแบบอื่น ๆ ดังนี้

1. **อุปกรณ์บนบัสคือตัวแม่ (Multi-master)** กล่าวคือ ปกติการสื่อสารผ่านสายที่เชื่อมต่ออุปกรณ์หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันบนบัสเดียวกัน เช่น Modbus RTU , I2C , SPI จะต้องเป็นตัวแม่ (Master) เพียงตัวเดียว และตัวที่เหลือเป็นตัวลูก (Slave) โดยตัวลูกจะส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อตัวแม่ร้องขอเท่านั้น สำหรับ CAN bus อุปกรณ์ทุกตัวคือตัวแม่ การส่งข้อมูลจะส่งให้ใครเมื่อไรก็ได้ ไม่มีใครเป็นตัวควบคุม แก้ปัญหาหากตัวแม่พังเสียหาย ระบบจะไม่สามารถใช้งานได้ทั้งหมด (บน CAN bus หากมีอุปกรณ์ใดเสียหาย อุปกรณ์นั้น ๆ จะแยกตัวเองออกจากอุปกรณ์อื่น ๆ ทำให้ยังสื่อสารกันได้ปกติ)
2. **อุปกรณ์ได้รับข้อมูล แต่เลือกรับข้อมูลได้ (Multi-cast)** การส่งข้อมูลบน CAN bus คือการส่งที่ทุกอุปกรณ์ได้รับข้อมูลทั้งหมด (broadcast) ทั้งนี้หากอุปกรณ์ใดต้องการเลือกรับเฉพาะบางข้อมูล (Multi-cast) ก็สามารทำได้เช่นกัน
3. **การตรวจจับความผิดพลาดและแจ้งเตือน (Error Detection and Signalling)** อุปกรณ์บน CAN bus จะมีการตรวจสอบข้อมูลที่วิ่งอยู่ในบัสเสมอ หากมีอุปกรณ์ใดตรวจพบความผิดพลาดของการส่งข้อมูล อุปกรณ์นั้นจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนทันที
4. **การจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล (Message Priorities)** หากเกิดเหตุการณ์ที่มีอุปกรณ์ใด ๆ ส่งข้อมูลพร้อมกันขึ้น ข้อมูลที่มีความสำคัญมากกว่าจะได้รับสิทธิ์ในการส่งก่อน ส่วนข้อมูลที่มีความสำคัญน้อยกว่าจะได้โอกาสส่งใหม่ในภายหลัง

4.1.1 CAN ในฐานะ Physical Layer

Physical Layer หรือ ชั้นกายภาพ เป็นข้อกำหนดการเชื่อมต่อสาย CAN bus ใช้สายในการเชื่อมต่อระหว่างส่วนควบคุม (ECU หรือไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ CAN Device) ด้วยสาย 2 เส้น เชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสารทั้งหมดเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 34 ประกอบด้วยสาย CAN High (CANH) และ CAN Low (CANL) ที่ปลายสายทั้ง 2 ด้าน ต่อตัวต้านทาน 120Ω (เรียกว่า Terminating Resistor)



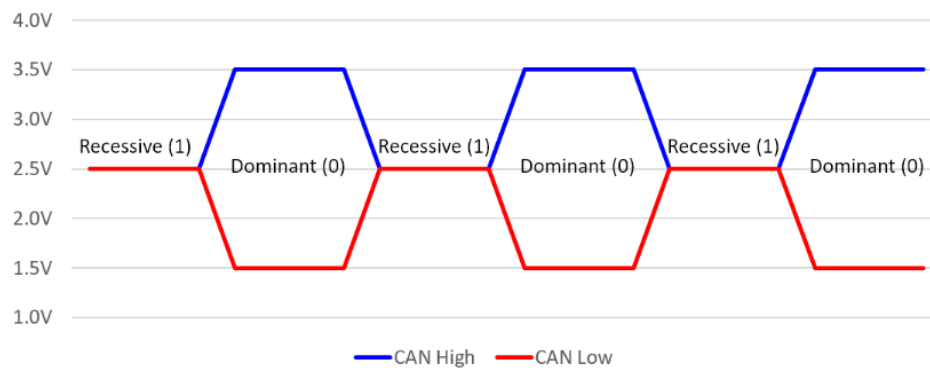
รูปที่ 34 การเชื่อมต่อระหว่างส่วนควบคุมด้วย CAN bus

ที่มา: <https://www.arttronshop.co.th/article/101/can-bus>

โดยสาย CANH และ CANL ทำงานแบบ differential wire คือใช้ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย 2 เส้นในการรับ-ส่งข้อมูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัญญาณรบกวน สัญญาณภายในสายประกอบด้วย 2 สถานะคือ

- 1 สถานะ Dominant เกิดขึ้นเมื่อแรงดันของสาย CANH มากกว่าสาย CANL ซึ่งแปลเป็นสถานะส่งลอจิก 0
- 2 สถานะ Recessive เกิดขึ้นเมื่อแรงดันของสายเส้น CANH น้อยกว่าหรือเท่ากับ CANL แปลเป็นสถานะส่งลอจิก 1

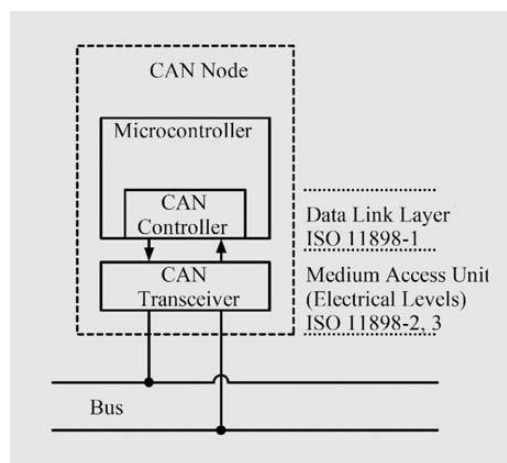
และจากรูปที่ 35 จะเห็นว่า ในสถานะ Dominant (ส่งลอจิก 0) แรงดันของสาย CANH มีค่าประมาณ 3.5V ส่วน CANL มีค่าประมาณ 1.5V ในสถานะ Recessive (ส่งลอจิก 1) แรงดันของสาย CANH และ CANL มีค่าเท่ากันคือ 2.5V สาย CANH และ CANL มีแรงดันแตกต่างกัน 0V



รูปที่ 35 แรงดันไฟฟ้าในสาย CAN High (CANH) และ CAN Low (CANL)
ที่มา: <https://www.artronshop.co.th/article/101/can-bus>

4.1.2 โหนด (Node)

โหนด (Node) หรืออุปกรณ์ CAN (CAN Device) หรือส่วนควบคุม (ECU) แสดงตัวอย่างในรูปที่ 36 โดยภายในโหนดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

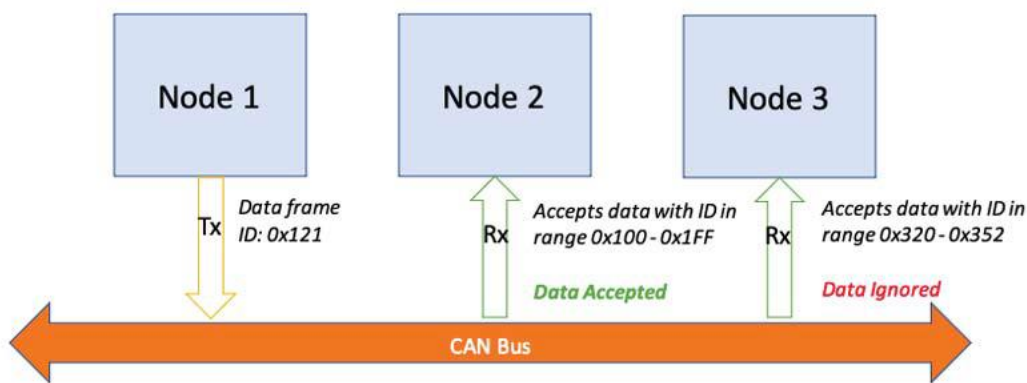


รูปที่ 36 ส่วนประกอบของ CAN Node
ที่มา: <http://dewesoft.com/blog/what-is-can-bus>

1. **CAN controller** เป็นวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบมาสำหรับใช้ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลผ่าน CAN โดยเฉพาะ มักฝังมาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง หรือถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานด้าน Automotive โดยเฉพาะ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ฝัง CAN controller มาในตัว เช่น ESP32 ATSAME51 เป็นต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ไม่มี CAN controller สามารถต่อไอซี (IC) CAN controller ภายนอกเพิ่มได้ เช่น MCP2515 เป็นต้น
2. **CAN Transceiver** ทำหน้าที่แปลงสัญญาณลอจิก 0 และ 1 แบบ TTL (ลอจิก 1 = 3.3V/5V, ลอจิก 0 = 0V) ให้เป็นสัญญาณเพื่อส่งออก CANH และ CANL โดย CAN Transceiver เป็นอุปกรณ์ที่ต้องต่อแยกออกมาจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ไอซี CAN Transceiver มีผลิตหลายบริษัท แต่ละบริษัทแต่ละรุ่นจะมีประสิทธิภาพด้านความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล (Data Rate) ที่แตกต่างกัน และใช้แรงดันไฟเลี้ยงต่างกัน (มีรุ่นใช้ไฟเลี้ยง 5V กับรุ่นใช้ไฟเลี้ยง 3.3V) ตัวอย่างไอซี CAN Transceiver ได้แก่ SN65HVD232DR TJA1050 BD41041FJ-CE2 โดยส่วนใหญ่ ไอซี CAN Transceiver ตัวถังจะเป็น SOIC-8 มีขาที่ตรงกันทุกเบอร์ ดังนั้นจึงใช้แทนกันได้ทั้งหมด

4.1.3 การรับ-ส่งข้อมูลผ่าน CAN (CAN Data Transmission)

กล่าวคือโปรโตคอล CAN เป็นแบบอิงข้อความ (message-based) หมายความว่าโหนดทั้งหมดบนบัสสามารถส่งและรับข้อความได้ และโหนดเหล่านั้นจะคอยรับฟังข้อความที่ถูกกระจายตลอดเวลา ดังรูปที่ 37



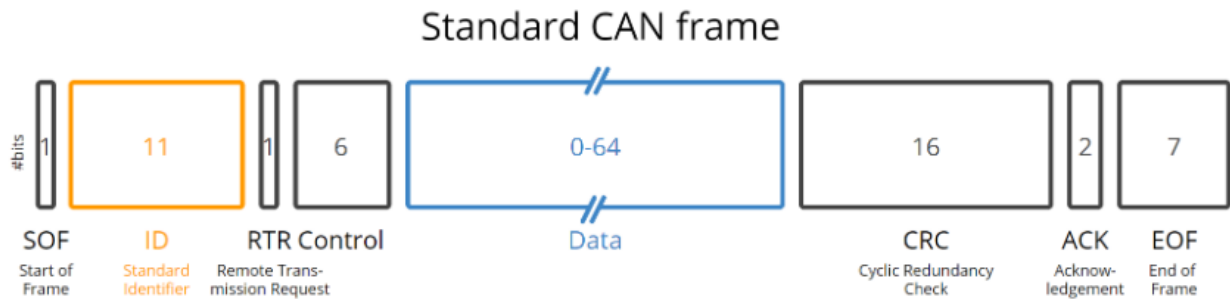
รูปที่ 37 การรับส่งข้อมูล CAN

ที่มา: <https://community.nxp.com/t5/Blog/101-cController-Area-Network-CAN-standard/p/1217054>

และสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลผ่าน CAN นั้นจะใช้สิ่งที่เรียกว่า CAN frame และ 1 CAN frame หมายถึง การส่งข้อมูล 1 ครั้ง โดย CAN frame แบ่งเป็น 4 ชนิดดังนี้ และมีรูปแบบโครงสร้างดังรูปที่ 38

1. Data frame – ใช้ส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ CAN อื่น ๆ
2. Remote frame – ใช้ร้องขอข้อมูลจากอุปกรณ์ CAN อื่น ๆ

3. Error frame – ใช้แจ้งทุกอุปกรณ์ CAN ว่าพบความผิดพลาดขึ้นบนบัส
4. Overload frame



รูปที่ 38 ส่วนประกอบของ CAN frame
ที่มา: <http://csselectronics.com>

โครงสร้างของ CAN frame ประกอบไปด้วย

1. **SOF (Start of Frame) (1 บิต)** ส่ง Dominant (ส่งลอจิก 0) เพื่อบอกให้ทุกอุปกรณ์บนบัสรับรู้ว่ากำลังจะมีการส่งข้อมูล.
2. **ID (Identifier) (11 บิต สำหรับ Standard Frame)** เป็นหมายเลขเฉพาะของชุดข้อมูลนี้ โดยอาจกำหนดเป็นหมายเลขอุปกรณ์ หรือหมายเลขของข้อมูลที่ตั้งขึ้นมาเฉพาะก็ได้ โดยหมายเลขนี้จะเป็นตัวกำหนดความสำคัญของข้อมูลด้วย หากมีค่าน้อย หมายถึงมีความสำคัญมาก
3. **RTR (Remote Transmission Request) (1 บิต)** เป็นบิตที่กำหนดว่าเป็น Remote frame หรือไม่ ดังนี้

RTR = Dominant (ลอจิก 0) หมายถึง ข้อมูลชุดนี้เป็น Data frame

RTR = Recessive (ลอจิก 1) หมายถึง ข้อมูลชุดนี้เป็น Remote frame

Control (6 บิต) ประกอบไปด้วย

IDE (Identifier extension bit) (1 บิต) ใช้ตรวจสอบว่าเป็น Standard Frame หรือ Extended Frame

Reserved (1 บิต) สงวนบิตนี้ไว้สำหรับพีเจอรี่ในอนาคต มีค่าเป็น Dominant (ลอจิก 0)

DLC (Data Length Code) (4 บิต) แบ่งเป็น 2 กรณีดังนี้

ถ้า RTR = Dominant (ลอจิก 0, Data frame) ใช้บอกความยาวของข้อมูลที่ส่ง

ถ้า RTR =

Recessive (ลอจิก 1, Remote frame) ใช้บอกความยาวของข้อมูลที่ร้องขอ

Data (0 ถึง 64 บิต หรือ 0 ถึง 8 ไบต์) คือข้อมูลที่ต้องการส่ง

CRC (16 บิต) – แบ่งดังนี้

CRC (15 บิต)

CRC delimiter (1 บิต) – มีค่าเป็น Recessive (ลอจิก 1) เสมอ

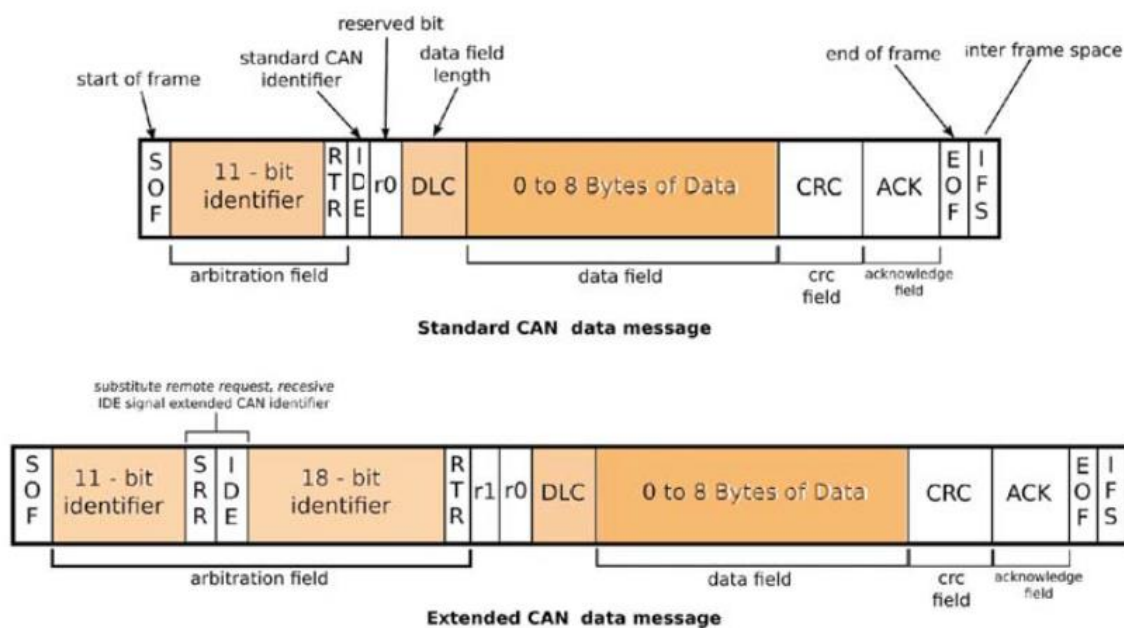
ACK (2 บิต) – แบ่งดังนี้

ACK slot (1 บิต) – ผังส่งจะปล่อยให้บัสเป็นสถานะ Recessive (ลอจิก 1) หากมีอุปกรณ์ใด ๆ ในบัสได้รับ และยืนยันว่าข้อมูลที่ส่งถูกต้อง บิตนี้จะถูกดึงเป็น Dominant (ลอจิก 0)

ACK delimiter (1 บิต) – มีค่าเป็น Recessive (ลอจิก 1) เสมอ

EOF (7 บิต) ใช้ส่งเพื่อบอกสิ้นสุด CAN frame

ในด้านการใช้งานจริงมีเพียง Data frame และ Remote frame เท่านั้นที่ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ ส่วน Error frame และ Overload frame ตัว CAN controller จะจัดการให้อัตโนมัติ โดย Data frame และ Remote frame มี 2 รูปแบบ คือ Standard Frame และ Extended Frame โดย Standard Frame มีโครงสร้างดังรูปที่ 39 ซึ่ง Extended Frame แตกต่างจาก Standard Frame ตรงที่ Arbitration field มีความยาว 29 บิต และมีโครงสร้างอื่น ๆ ที่แตกต่างกันเล็กน้อย



รูปที่ 39 Standard และ Extended ของ CAN
ที่มา: <http://dewesoft.com/blog/what-is-can-bus>

4.1.4 ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล

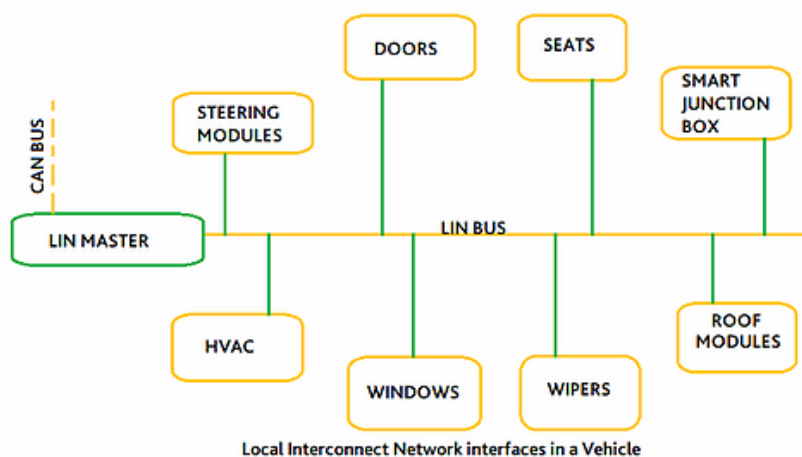
ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลจะถูกกำหนดตาม Data Rate หรือ Baud rate ซึ่งสามารถตั้งค่าได้ตามตัวเลือกต่างๆ เช่น 12.5 kbit/s, 16 kbit/s, 20 kbit/s, 25 kbit/s, 50 kbit/s, 100 kbit/s, 125 kbit/s (ซึ่งมักใช้บ่อย), 250 kbit/s, 500 kbit/s, 800 kbit/s, และ 1 Mbit/s การกำหนด Data Rate หรือ Baud rate ของอุปกรณ์ทุกตัวบนบัส CAN ต้องเป็นค่าที่เท่ากันเพื่อให้การรับ-ส่งข้อมูลถูกต้อง นอกจากนี้แล้วความยาวของสายเคเบิลยังส่งผลกับความเร็วในการส่งข้อมูลอีกด้วย

4.2 Local Interconnect Network (LIN)

Local Interconnect Network (LIN) ถูกพัฒนาเพื่อสร้างมาตรฐานสำหรับการสื่อสารแบบมัลติเพล็กซ์ที่มีต้นทุนต่ำและประสิทธิภาพต่ำในเครือข่ายยานยนต์ ถึงแม้ว่า Controller Area Network (CAN) จะตอบสนองความต้องการของเครือข่ายที่มีแบนด์วิธสูงและการจัดการข้อผิดพลาดที่ซับซ้อน แต่ต้นทุนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของการใช้ CAN ได้กลายเป็นอุปสรรคสำหรับอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพต่ำ เช่น ควบคุมกระจกไฟฟ้าและที่นั่ง LIN ให้การสื่อสารที่คุ้มค่าในแอปพลิเคชันที่ไม่ต้องการแบนด์วิธและความยืดหยุ่นของ CAN

โดยสามารถใช้ LIN ที่มีต้นทุนต่ำโดยใช้ UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) ที่ฝังอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตราคาต่ำในยุคสมัยใหม่นี้ อีกทั้งเครือข่ายยานยนต์สมัยใหม่ใช้การรวมกันของ LIN สำหรับแอปพลิเคชันที่มีต้นทุนต่ำโดยเฉพาะในอิเล็กทรอนิกส์ของตัวถัง แต่ใช้ CAN สำหรับการสื่อสารพลังงานหลักและตัวถัง รวมถึงบัส FlexRay ที่กำลังเกิดใหม่สำหรับการสื่อสารข้อมูลที่สูงความเร็วสูงในระบบขั้นสูง เช่น ระบบกันสะเทือนแบบแอคทีฟ

หลักของ LIN ใช้แนวทางมาสเตอร์ (Master) และสเลฟ (Slave) ซึ่งประกอบด้วย LIN master หนึ่งตัว และ LIN slave มากกว่าหนึ่งตัวขึ้นไป ดังรูปที่ 40



รูปที่ 40 LIN สำหรับยานยนต์

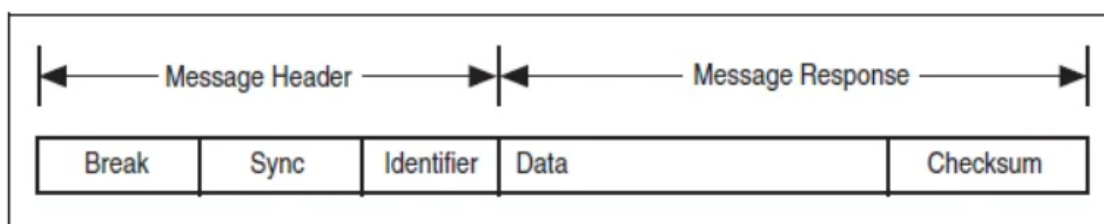
ที่มา: <https://www.influxtechnology.com/post/lin-basics>

4.2.1 รูปแบบกรอบข้อมูลของ LIN (LIN Frame Format)

LIN นั้นจะใช้การสำรวจเพื่อตรวจสอบ (polling) จากอุปกรณ์มาสเตอร์หนึ่งตัวและอุปกรณ์สเลฟหลายตัว กล่าวคือการสื่อสารจะถูกควบคุมโดยมาสเตอร์ซึ่งส่งหัวข้อมูล (header) ดังรูปที่ 41 ที่ประกอบด้วย

1. **เบรก (break)** ในทุก LIN frame จะเริ่มต้นด้วยเบรก (break) ซึ่งประกอบด้วย 13 บิตลอจิก 0 (dominant) ตามด้วยตัวแบ่งเบรก (break delimiter) ขนาด 1 บิต (ลอจิก 1) นี่เป็นการแจ้งเตือนเริ่มต้นกรอบข้อมูลให้กับทุกโหนดบนบัส

2. **การซิงโครไนซ์ (sync)** เป็นฟิลด์ที่สองที่ส่งโดยงานมาสเตอร์ในหัวข้อความข้อมูล การซิงค์ถูกกำหนดให้เป็นอักขระ โดยฟิลด์ซิงค์จะช่วยให้สเลฟอุปกรณ์ที่ทำการตรวจจับอัตราบอด (Buad rate) อัตโนมัติสามารถวัดระยะเวลาของอัตราบอดและปรับอัตราบอดภายในของตนให้ตรงกับบัส
3. **ไอดี (ID)** เป็นฟิลด์สุดท้ายที่ส่งโดยมาสเตอร์ในหัวข้อความข้อมูล ฟิลด์นี้ให้การระบุสำหรับแต่ละข้อความบนเครือข่ายและกำหนดว่าโหนดไหนในเครือข่ายจะรับหรือตอบสนองต่อการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง งานสเลฟทั้งหมดจะฟังฟิลด์ ID อย่างต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบพาริตี (Parities) และกำหนดว่าตนเป็นผู้เผยแพร่หรือผู้สมัครเข้าร่วม สำหรับหมายเลขการระบุนี้ LIN มีทั้งหมด 64 IDs โดย ID 0 ถึง 59 ใช้สำหรับกรอบข้อมูลที่ส่งสัญญาณ (data frames) ส่วน ID 60 และ 61 ใช้สำหรับข้อมูลการวินิจฉัย ID 62 สำรองไว้สำหรับการขยายที่ผู้ใช้กำหนด และ ID 63 สำรองไว้สำหรับการพัฒนาโปรโตคอลในอนาคต
4. **ข้อมูล (data payload)** ฟิลด์นี้จะถูกส่งโดยงานสเลฟในระหว่างการตอบสนอง ฟิลด์นี้ประกอบด้วยข้อมูลที่มีตั้งแต่หนึ่งถึงแปดไบต์ของข้อมูลภาระ (payload data bytes)
5. **เช็คซัม (checksum)** ฟิลด์นี้จะถูกส่งโดยสเลฟในระหว่างการตอบสนอง โดย LIN 0tกำหนดให้ใช้หนึ่งในสองอัลกอริธึมเช็คซัมเพื่อคำนวณค่าที่อยู่ในฟิลด์เช็คซัม 8 บิต อัลกอริธึมเช็คซัมแบบคลาสสิก (Classic checksum) จะคำนวณจากการรวมค่าของข้อมูลไบต์เท่านั้น ส่วนอัลกอริธึมเช็คซัมแบบพัฒนา (Enhanced checksum) จะคำนวณจากการรวมค่าของข้อมูลไบต์และไอดีที่ได้รับการปกป้อง



รูปที่ 41 ส่วนประกอบของ LIN frame

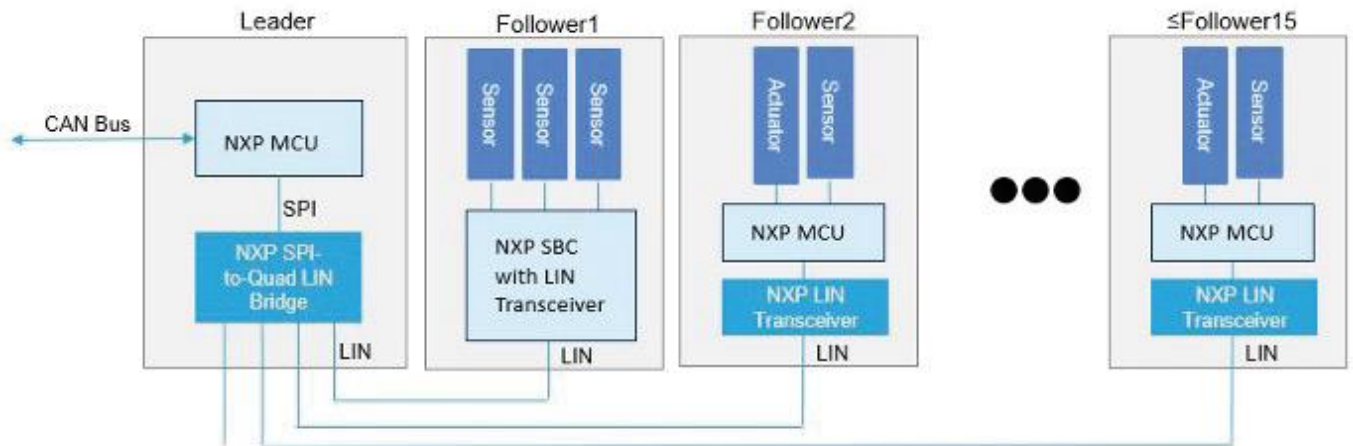
ที่มา: <https://www.ni.com/en/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/>

ในการทำงานนั้นมาสเตอร์จะตรวจสอบงานสเลฟในลูป โดยส่งข้อมูลที่ประกอบด้วยลำดับเบรก, ซิงค์ และไอดี ส่วนสเลฟนั้นจะตรวจสอบไอดีและดำเนินการตามที่กำหนด หากสเลฟต้องการตอบสนองข้อมูลกลับ จะส่งข้อมูล 1 ถึง 8 ไบต์พร้อมเช็คซัม หากสเลฟตัวอื่นต้องการจะเข้าร่วม จะอ่านข้อมูลและเช็คซัมจากบัส และดำเนินการที่เหมาะสมต่อไป สำหรับการสื่อสารจากสเลฟไปยังมาสเตอร์ มาสเตอร์จะกระจายไอดีไปยังเครือข่าย และสเลฟตัวเดียวจะตอบกลับด้วยข้อมูล อีกทั้งในกรณีที่มาสเตอร์ต้องการส่งข้อมูลจะมีงานสเลฟภายในมาสเตอร์โหนดที่ตอบสนองเหมือนเป็นสเลฟอิสระ โดยการอัปเดตข้อมูลและเผยแพร่หัวข้อความข้อมูลที่เหมาะสม

4.2.2 การจัดระเบียบและพฤติกรรมของ LIN (LIN Topology and Behavior)

อย่างที่ทราบกันดีว่า LIN นั้น ประกอบไปด้วยสเลฟ (Slave) หลายตัว จึงจำเป็นต้องมีการจัดการ โดย LIN มีหลักการดังนี้

1. การเชื่อมต่อของบัส LIN โดย LIN (Local Interconnect Network) ใช้เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์มาสเตอร์ (โหนดหลัก) และอุปกรณ์สเลฟ (โหนดรอง) หลายตัวในเครือข่ายเดียวกันหรือที่เรียกว่า คลัสเตอร์ LIN ดังรูปที่ 42
- 2.



รูปที่ 42 LIN Cluster

ที่มา: <http://community.nxp.com/t5/blog/101-Local-interconnect-network-LIN/>

3. การกำหนดพฤติกรรมของโหนด พฤติกรรมของแต่ละโหนดในเครือข่ายจะถูกระบุใน ไฟล์ความสามารถของโหนด (Node Capability File) ไฟล์เหล่านี้จะถูกใช้เพื่อสร้าง ไฟล์คำอธิบาย LIN (LDF) ซึ่งบรรยายถึงพฤติกรรมของทั้งคลัสเตอร์
4. การทำงานของไฟล์ LDF ไฟล์ LDF จะถูกอ่านโดยเครื่องมือสร้างระบบ เพื่อสร้างพฤติกรรมที่ระบุในโหนดต่างๆ มาสเตอร์จะเริ่มส่งหัวข้อความ (header) บนบัส และสเลฟทั้งหมดในคลัสเตอร์จะตอบสนองตามที่ระบุใน LDF
5. การกำหนดค่าและการจัดตาราง ไฟล์ LDF ใช้ในการกำหนดค่าและจัดตารางการทำงานของคลัสเตอร์ LIN เช่น การกำหนดอัตราบอด (baud rate) และการจัดลำดับการส่งข้อมูล อุปกรณ์ NI LIN และ NI-CAN Frame API สำหรับ LIN ไม่สนับสนุนในการดาวน์โหลดพฤติกรรมการจัดตารางไปยังฮาร์ดแวร์โดยตรง
6. การสนับสนุนจาก NI อุปกรณ์ NI LIN มีคิวการตอบสนองสำหรับเก็บการตอบสนองของสเลฟ รองรับได้ถึง 64 การตอบสนอง (ตามจำนวนไอดีสูงสุด 64 ตัวที่ระบุสำหรับ LIN) การตอบสนองต้องเกิดขึ้นภายในเวลาที่กำหนดโดยข้อกำหนดของ LIN

7. ความสามารถของ NI-CAN Frame API สำหรับ LIN NI-CAN Frame API สำหรับ LIN ให้ฟังก์ชันพื้นฐานในการโต้ตอบกับ LIN ในระดับที่ต่ำ เนื่องจากไม่สนับสนุนการวินิจฉัย หรือการกำหนดค่า LIN และ LDFs โดยตรง แต่สามารถใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ซับซ้อนเกี่ยวกับเครือข่าย LIN ได้

โดยสรุป LIN ช่วยในการเชื่อมต่อและการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่าย โดยการจัดการพฤติกรรมผ่านไฟล์ LDF และเครื่องมือของ NI ช่วยให้การทำงานร่วมกับบัส LIN เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้จะมีข้อจำกัดในบางด้าน.

4.2.3 การตรวจจับข้อผิดพลาดและการควบคุมข้อผิดพลาดใน LIN (LIN Error Detection and Confinement)

ข้อกำหนดของ LIN ระบุว่า การตรวจจับข้อผิดพลาดควรถูกจัดการโดยสเลฟ และการตรวจสอบข้อผิดพลาดโดยมาสเตอร์นั้นไม่จำเป็น กล่าวคือข้อกำหนด LIN ไม่จำเป็นต้องจัดการกับข้อผิดพลาดหลายๆ รายการในเฟรมเดียวหรือการใช้เคาน์เตอร์ข้อผิดพลาด เมื่อตรวจพบข้อผิดพลาดแรกในเฟรม สเลฟจะยุติการประมวลผลของเฟรมจนกว่าจะตรวจพบลำดับเบรก และซิงค์ถัดไป (ในหัวข้อข้อมูลถัดไปที่ส่งโดยมาสเตอร์) หากการตั้งค่าบันทึกข้อผิดพลาดบัสถูกตั้งค่าเป็นจริง เฟรมที่เกิดข้อผิดพลาดจะถูกบันทึกลงในคิวการอ่าน หากการตั้งค่าบันทึกข้อผิดพลาดบัสถูกตั้งค่าเป็นเท็จ ข้อผิดพลาดจะถูกส่งคืนโดยฟังก์ชัน ncWriteNet หรือ ncWriteNetMult อีกทั้ง LIN ยังมีการรายงานข้อผิดพลาดไปยังเครือข่าย ข้อกำหนด LIN กำหนดบิตสถานะ Response_Error ซึ่งสเลฟต้องรายงานให้มาสเตอร์ในหนึ่งในเฟรมที่ส่ง บิตนี้จะถูกตั้งค่าเมื่อเฟรมที่ได้รับหรือส่งโดยโหนดสเลฟมีข้อผิดพลาดในฟิลด์การตอบสนอง บิตนี้จะถูกล้างหลังจากที่มันถูกส่งในหนึ่งในการตอบสนองที่เผยแพร่ของสเลฟ NI-CAN Frame API สำหรับ LIN ไม่รองรับบิตสถานะ Response_Error โดยตรง แต่จะใช้วิธีการที่ง่ายในการใช้งานฟังก์ชันนี้ที่ระดับแอปพลิเคชัน ขั้นตอนการทำงานคือการตั้งค่าบันทึกข้อผิดพลาดบัสเป็น 1 เพื่อเปิดใช้งานการบันทึกเฟรมข้อผิดพลาดบัสในคิวอ่าน จากนั้นแอปพลิเคชันสามารถตรวจสอบการอ่านเฟรมข้อผิดพลาดบัสโดยใช้รหัสข้อผิดพลาดที่ระบุข้อผิดพลาดในการตอบสนอง เมื่อตรงตามเงื่อนไขนี้ แอปพลิเคชันสามารถตั้งค่าบิตสถานะ Response_Error ในตัวแปรภายใน และใช้ประเภทเฟรมการตอบสนอง NI LIN เพื่อต่ออายุคิวการตอบสนองของสเลฟด้วยข้อมูลที่มีบิตสถานะ Response_Error และล้างบิตนี้ในตัวแปรภายใน

4.3 การเปรียบเทียบโปรโตคอลบัส CAN และ LIN (CAN And LIN Bus Protocols Comparison)

ในท้ายที่สุดจะเป็นการเปรียบเทียบการทำงานของ CAN และ LIN เพื่อช่วยให้ง่ายต่อการเลือกใช้ และเหมาะสมกับงาน โดยแสดงในรูปที่ 43 โดยการเลือกใช้ระหว่าง CAN และ LIN ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของระบบ เช่น ความเร็วในการสื่อสาร, ความต้องการในการตรวจจับข้อผิดพลาด, และงบประมาณในการพัฒนา กล่าวคือ CAN เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการการสื่อสารที่รวดเร็วและมีความเชื่อถือได้สูง แต่มีค่าใช้จ่ายสูง ส่วน LIN เหมาะสำหรับระบบที่มีค่าใช้จ่ายต่ำและความเร็วในการสื่อสารไม่สูง โดยมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าและใช้งานง่าย

Parameters	CAN	LIN
Full form	Controller Area Network	Local Interconnect Network
Communication type	Broadcast type	Master-slave
Communication network	Multi master, peer to peer	Single master and multiple slaves
No. of lines required	2 wires	1 wire
Maximum communication speed	1 Mbps	20 kbps
Triggering technique	Event triggered	Time triggered
Electromagnetic interference (EMI)	Resilient to EMI as it uses differential signaling	Less immune to EMI compared to CAN
Applications	Safety critical- Airbag, ABS, Engine Management System	Non-safety critical - Entertainment system, wiper control, mirror control

รูปที่ 43 การเปรียบเทียบ CAN และ LIN



THAILAND
AUTOMOTIVE
INSTITUTE
สถาบันยานยนต์

หลักสูตร

พื้นฐานระบบ อิเล็กทรอนิกส์ใน ยานยนต์สมัยใหม่

วิชาเซ็นเซอร์อุปกรณ์
และการทำงานร่วมกัน
ในระบบยานยนต์สมัยใหม่

โครงการยกระดับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย
เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของ
อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่
(Parts Transformation)



02-712-2414



www.thaiauto.or.th



@thaiauto

สารบัญ

บทที่ 1 พื้นฐานเซ็นเซอร์ที่ใช้ในยานยนต์สมัยใหม่	1
1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเซ็นเซอร์	1
1.2 ประเภทของเซ็นเซอร์	2
1.2.1 เซ็นเซอร์เชิงรุก (Active Sensors)	3
1.2.2 เซ็นเซอร์เชิงรับ (Passive Sensors)	3
1.3 เซ็นเซอร์สำหรับยานยนต์	3
1.3.1 เซ็นเซอร์ตรวจจับระยะใกล้ (Proximity Sensors)	3
1.3.2 เซ็นเซอร์การเคลื่อนไหว (Motion Sensor)	4
1.3.3 เซ็นเซอร์ความเร็ว (Speed Sensors)	5
1.3.4 เซ็นเซอร์ความร้อน (Thermal Sensors)	6
1.3.5 เซ็นเซอร์การไหล (Flow Sensors)	7
1.3.6 เซ็นเซอร์ความดัน (Flow Sensors)	8
1.3.7 เซ็นเซอร์ออกซิเจน (Oxygen Sensors)	9
1.3.8 เซ็นเซอร์การกระแทก (Knock Sensors)	10
1.3.9 เซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง (Position Sensors หรือ Potentiometer)	10
บทที่ 2 เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ ในยานยนต์ไฟฟ้า	11
2.1 ระบบไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage System)	11
2.1.1 แบตเตอรี่แรงดันสูง (High Voltage Battery)	12
2.1.2 ระบบการจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System หรือ BMS)	12
2.1.3 หน่วยจ่ายไฟฟ้าในแบตเตอรี่ (Battery Distribution Unit หรือ BDU)	13
2.1.4 ระบบชาร์จไฟฟ้าแบบออนบอร์ด (On-Board Charger หรือ OBC)	13
2.1.5 กล้องควบคุมการสื่อสารของรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle Communication Controller หรือ EVCC)	13
2.1.6 ชุดสายไฟแรงสูง (High Voltage Wiring Harness)	13
2.1.7 ช่องชาร์จแบตเตอรี่ (Charging Port)	14
2.1.8 สวิตช์ตัดไฟ (Safety Switch)	14
2.2 ระบบจัดเก็บพลังงาน (Energy Storage System หรือ ESS)	14
2.3 ระบบไฟฟ้ากำลังและการควบคุมพลังงาน	15
2.4 ระบบระบายความร้อน (Cooling System)	18
2.5 ระบบปรับอากาศ (Air Condition System)	19
2.6 ระบบความปลอดภัยและถุงลมนิรภัย (Safety / Air Bag System)	20
บทที่ 3 เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบส่งกำลัง ในยานยนต์ไฟฟ้า	22
3.1 เซ็นเซอร์ตำแหน่งในยานยนต์ไฟฟ้า (Position Sensor)	22

สารบัญ (ต่อ)

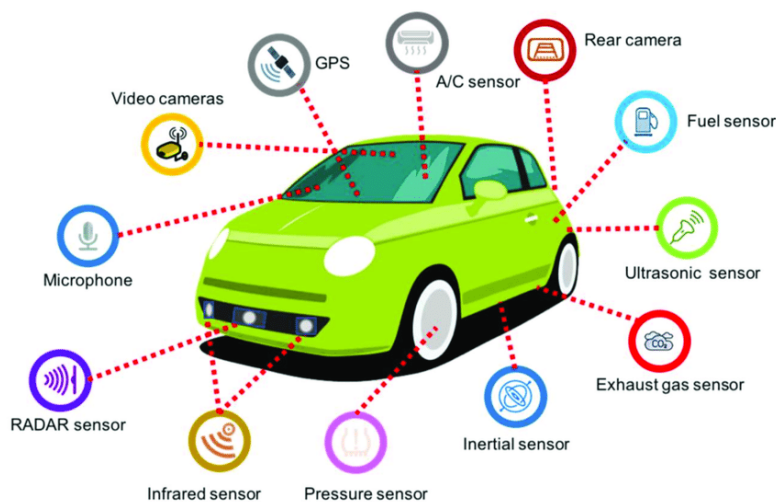
3.2 ประเภทของเซ็นเซอร์ตำแหน่งที่นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า	23
3.2.1 เซ็นเซอร์อินดักทีฟ (Inductive Sensor)	24
3.2.2 เซ็นเซอร์ Resolver (Resolver Sensor).....	25
3.2.3 Optical Encoder	26
3.2.4 Hall Effect Latch.....	27
3.2.5 Magnetic Encoder IC	27
3.3 ระบบฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU Hardware System).....	27
3.4 Motor Control Unit (MCU).....	28
บทที่ 4 เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบช่วงล่าง ในยานยนต์ไฟฟ้า.....	30
4.1 ระบบบังคับเลี้ยว (Steering System)	30
4.1.1 พวงมาลัยไฟฟ้า (Electric Power Steering).....	30
4.2 ระบบตรวจสอบความผิดปกติของยาง (Tire Pressure Monitoring System หรือ TPMS)	31
4.3 ระบบเบรก (Brake System)	33
4.3.1 เซ็นเซอร์วัดตำแหน่งแป้นเบรก (Brake Pedal Position Sensor).....	33
4.3.2 เซ็นเซอร์สัญญาณไฟเบรก (Brake Pedal Position Sensor).....	33
4.3.3 เซ็นเซอร์ YAW (YAW Sensor)	34
4.4 ระบบช่วยเหลือในการจอด (Parking Assistance System)	35
4.5 ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).....	36

บทที่ 1 พื้นฐานเซ็นเซอร์ที่ใช้ในยานยนต์สมัยใหม่

ปัจจุบัน ยานยนต์สมัยใหม่ได้รับการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่หลากหลายซึ่งมีบทบาทสำคัญในการทำงาน และความปลอดภัย เซ็นเซอร์เหล่านี้ช่วยให้สามารถรวบรวมข้อมูลแบบเรียลไทม์เกี่ยวกับแง่มุมต่างๆ ของยานยนต์และสภาพแวดล้อม ซึ่งช่วยให้ระบบควบคุมนั้นสามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเซ็นเซอร์

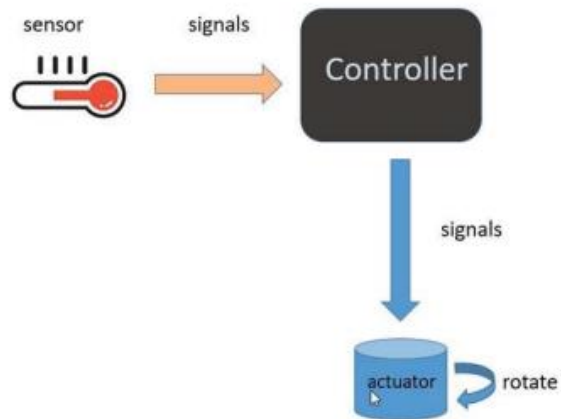
เซ็นเซอร์ (Sensor) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับและวัดค่าต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสง ความดัน หรือการเคลื่อนไหว จากนั้นจึงแปลงข้อมูลเหล่านั้นเป็นสัญญาณที่สามารถอ่านได้ เช่น สัญญาณไฟฟ้า และเซ็นเซอร์บนยานยนต์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการทำงานของระบบต่าง ๆ โดยเซ็นเซอร์เหล่านี้ช่วยในการตรวจจับข้อมูลสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการขับขี่ และช่วยเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพของรถยนต์ โดยข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ที่มักพบในยานยนต์ เช่น เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensors), เซ็นเซอร์แรงดัน (Pressure Sensors), เซ็นเซอร์ออกซิเจน (Oxygen Sensors), เซ็นเซอร์ความเร็ว (Speed Sensors), เซ็นเซอร์การเคลื่อนไหว (Motion Sensors), เซ็นเซอร์ระยะ (Proximity Sensors) เป็นต้น โดยตัวอย่างเซ็นเซอร์บนยานยนต์ดังรูปที่ 1 การใช้เซ็นเซอร์เหล่านี้ทำให้ระบบต่าง ๆ ในยานยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ขับขี่และผู้โดยสาร ทั้งยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีรถยนต์อัจฉริยะอีกด้วย



รูปที่ 1 ระบบเซ็นเซอร์บนยานยนต์

ที่มา https://www.researchgate.net/figure/Different-types-of-in-vehicle-sensors_fig1_324552482

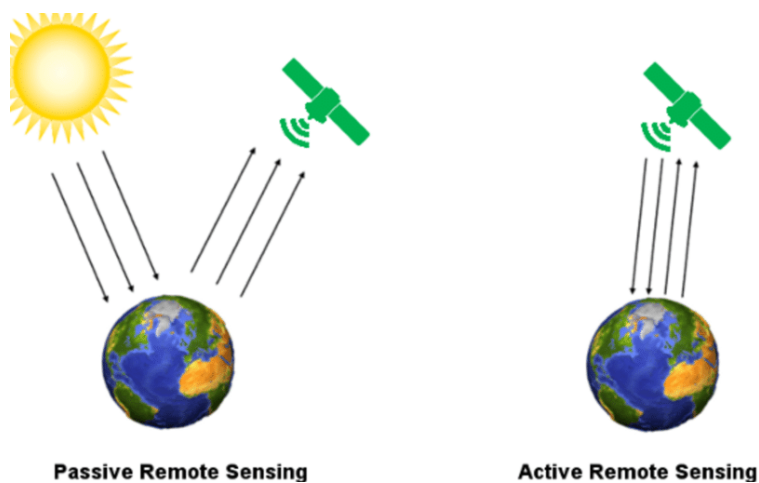
โดยหลักการทำงานของเซ็นเซอร์นั้นจะเป็นการตรวจจับ หรือรับข้อมูล จากนั้นส่งสัญญาณ (Signal) ไปยังตัวควบคุม จากนั้นตัวควบคุมจะส่ง สัญญาณไปยัง Actuator มีกระบวนการ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์

1.2 ประเภทของเซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพและแปลงข้อมูลเหล่านั้นเป็นสัญญาณที่สามารถนำไปประมวลผล แสดงผล หรือเก็บบันทึกได้ เซ็นเซอร์สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ เซ็นเซอร์เชิงรุก (Active Sensors) และเซ็นเซอร์เชิงรับ (Passive Sensors) โดยมีตัวอย่างการส่งสัญญาณดังในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ประเภทของเซ็นเซอร์

ที่มา https://www.researchgate.net/figure/Differences-between-passive-and-active-sensors_fig1_339726853

1.2.1 เซ็นเซอร์เชิงรุก (Active Sensors)

หลักการการทำงานของเซ็นเซอร์เชิงรุกรู่นั้นจะปล่อยพลังงานออกมาและวัดสัญญาณที่สะท้อนกลับหรือกระจายออกจากวัตถุ โดยเซ็นเซอร์เชิงรุกมีข้อดีบางประการเมื่อเปรียบเทียบกับเซ็นเซอร์เชิงรับ เช่น สามารถทำงานในสภาวะแสงน้อยหรือในที่มืดได้, มีความละเอียดและความแม่นยำสูงกว่า, และสามารถวัดระยะทาง, ความเร็ว, และทิศทางของวัตถุได้ อย่างไรก็ตาม เซ็นเซอร์เชิงรุกก็มีข้อเสียบางประการ เช่น ต้องการพลังงานมากขึ้นและสร้างเสียงรบกวนมากกว่า, อาจได้รับผลกระทบจากการรบกวนและสิ่งกีดขวาง, และสามารถถูกตรวจจับได้ง่ายกว่าและมีความเสี่ยงต่อการตอบโต้

1.2.2 เซ็นเซอร์เชิงรับ (Passive Sensors)

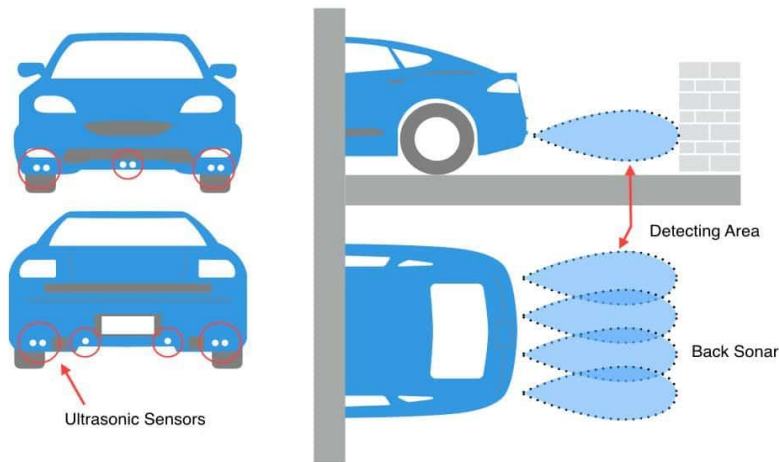
หลักการการทำงานของเซ็นเซอร์เชิงรับนั้น จะเป็นการตรวจจับจากรังสี หรือการปล่อยพลังงานจากแหล่งพลังงานธรรมชาติของวัตถุหรือสิ่งแวดล้อม โดยเซ็นเซอร์เชิงรับมีข้อดีบางประการเมื่อเปรียบเทียบกับเซ็นเซอร์เชิงรุก เช่น สามารถทำงานได้อย่างลับๆ และไม่เด่นชัด, ใช้พลังงานน้อยกว่าและสร้างเสียงรบกวนต่ำกว่า, และมีความทนทานต่อการรบกวนและสิ่งกีดขวางมากกว่า อย่างไรก็ตาม เซ็นเซอร์เชิงรับก็มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ขึ้นอยู่กับความพร้อมและคุณภาพของการรังสีหรือการปล่อยพลังงานธรรมชาติ, มีความละเอียดและความแม่นยำน้อยกว่า, และไม่สามารถวัดระยะทาง, ความเร็ว, และทิศทางของวัตถุได้.

1.3 เซ็นเซอร์สำหรับยานยนต์

เซ็นเซอร์ที่พบได้ในยานยนต์ในยุคปัจจุบันนั้นแบ่งได้หลายอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 เซ็นเซอร์ตรวจจับระยะใกล้ (Proximity Sensors)

เซ็นเซอร์ตรวจจับระยะใกล้ (Proximity Sensors) เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับการมีอยู่หรือการเคลื่อนที่ของวัตถุที่อยู่ใกล้เคียง โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุที่ตรวจจับ เซ็นเซอร์ประเภทนี้มีความสำคัญสำหรับระบบความปลอดภัยในยานยนต์ โดยทั่วไปที่ทราบกันคือ เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Proximity Sensors) ที่เป็นการใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกในการตรวจจับวัตถุที่มักจะพบหรือติดตั้งที่บริเวณด้านหน้า และหลังของตัวรถในตำแหน่งที่เป็นจุดอับสายตา โดยเซ็นเซอร์ชนิดนี้จะส่งคลื่นเสียง และวัดเวลาที่คลื่นเสียงสะท้อนกลับมาจากวัตถุ เพื่อคำนวณระยะห่าง ตัวอย่างดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การทำงานของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์

ที่มา <https://inrix.com/blog/ultrasonic-sensor-parking-availability-technology/>

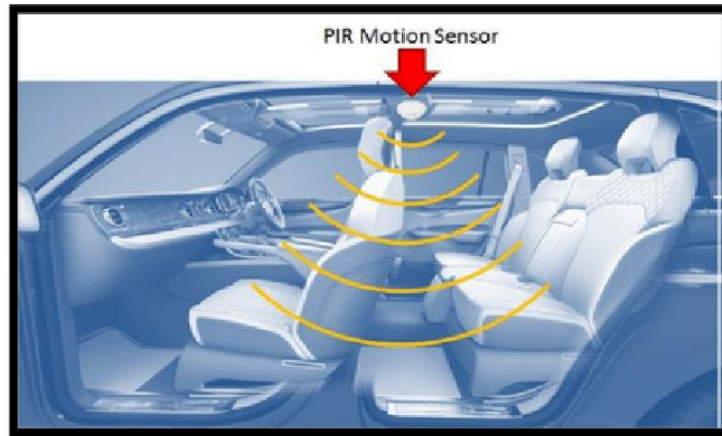
1.3.2 เซ็นเซอร์การเคลื่อนไหว (Motion Sensor)

เซ็นเซอร์การเคลื่อนไหว (Motion Sensor) เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวหรือการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของรถยนต์ เพื่อให้ระบบต่างๆ ของรถยนต์ทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยเซ็นเซอร์การเคลื่อนไหวในรถยนต์มีหลายประเภทและฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญ ได้แก่

1. **เซ็นเซอร์ตรวจจับการชน (Collision Detection Sensors)** เป็นเซ็นเซอร์ที่การตรวจจับการชนหรือการกระแทกที่อาจเกิดขึ้น เพื่อเปิดใช้งานระบบป้องกันการชนหรือถุงลมนิรภัย
2. **เซ็นเซอร์ตรวจจับการเลี้ยวหรือหมุน (Yaw Rate Sensor)** เป็นเซ็นเซอร์ที่วัดการหมุนของรถในแนวแกนตั้ง เพื่อช่วยในระบบควบคุมการทรงตัว (ESC - Electronic Stability Control) และการป้องกันการลื่นไถล
3. **เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของล้อ (Wheel Speed Sensor)** เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับความเร็วของล้อแต่ละล้อเพื่อให้ระบบ ABS (Anti-lock Braking System) ทำงานได้อย่างถูกต้อง
4. **เซ็นเซอร์ตรวจจับการเปลี่ยนเลน (Lane Departure Warning Sensors)** เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับการเปลี่ยนเลนโดยไม่ได้ตั้งใจ และเตือนผู้ขับขี่หรือปรับการควบคุมรถยนต์เพื่อลดความเสี่ยง
5. **เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในรถ (Interior Motion Sensors)** เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในห้องโดยสารเพื่อป้องกันการโจรกรรม เช่น เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในระบบเตือนภัยของรถ

6. เซ็นเซอร์ตรวจจับการขับขีในสภาพอากาศที่เลวร้าย (Rain Sensors) เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาบนกระจกหน้ารถและปรับความเร็วของที่ปัดน้ำฝนอัตโนมัติ

โดยตัวอย่างอุปกรณ์เซ็นเซอร์การเคลื่อนไหว คือ เซ็นเซอร์ PIR (Passive Infrared Sensor) เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงในระดับความร้อนที่ปล่อยออกมาจากวัตถุ เซ็นเซอร์ PIR มักใช้ในระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวและระบบรักษาความปลอดภัยต่างๆภายในตัวรถ แสดงในรูปที่ 5

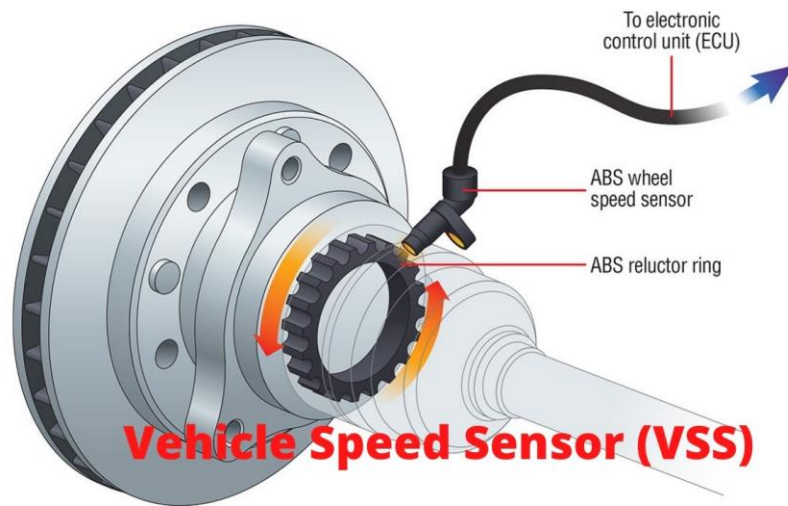


รูปที่ 5 เซ็นเซอร์ตรวจจับภายในห้องโดยสาร
ที่มา https://www.researchgate.net/figure/Figure-5-The-placement-of-the-PIR-sensor_fig4_297486190

1.3.3 เซ็นเซอร์ความเร็ว (Speed Sensors)

เซ็นเซอร์ความเร็ว (Speed Sensors) เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดความเร็วของล้อรถยนต์หรือความเร็วของรถโดยรวม ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการควบคุมและจัดการระบบต่างๆ ของรถยนต์ เซ็นเซอร์ประเภทนี้ช่วยให้รถยนต์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในระบบควบคุมความปลอดภัยและการขับขี โดยประเภทของเซ็นเซอร์การเคลื่อนไหว ได้แก่

1. **เซ็นเซอร์ความเร็วล้อ (Wheel Speed Sensors)** เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดความเร็วของล้อรถยนต์ โดยทั่วไปใช้ในระบบ ABS (Anti-lock Braking System) ตัวอย่างในรูปที่ 6
2. **เซ็นเซอร์ความเร็วของมอเตอร์ (Engine Speed Sensors)** เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดความเร็วหมุนรอบของมอเตอร์หรือเครื่องยนต์
3. **เซ็นเซอร์ความเร็วเพลา (Transmission Speed Sensor)** เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดความเร็วของเพลาขับในระบบส่งกำลัง ข้อมูลนี้จะถูกนำไปใช้ในการปรับเปลี่ยนเกียร์อย่างเหมาะสม

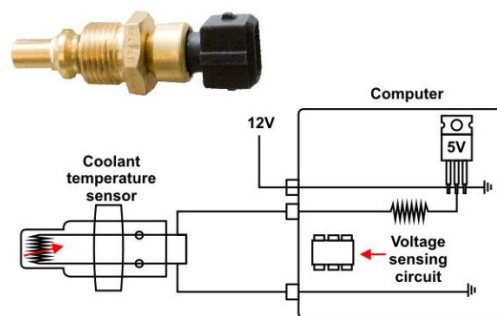


รูปที่ 6 เซ็นเซอร์วัดความเร็วล้อ

ที่มา <https://www.autonationmobileservice.com/i/blog/speed-sensor/>

1.3.4 เซ็นเซอร์ความร้อน (Thermal Sensors)

เซ็นเซอร์ความร้อน (Thermal Sensors) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิและตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของความร้อนในระบบต่างๆ ของรถยนต์ ตัวอย่างในรูปที่ 7 การใช้งานของเซ็นเซอร์เหล่านี้มีความสำคัญต่อการควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์และระบบอื่นๆ โดยประเภทของเซ็นเซอร์ความร้อน ได้แก่



รูปที่ 7 แผนผังการทำงานของเซ็นเซอร์ความร้อน

ที่มา Inside a Car – Coolant Temperature Sensors (azosensors.com)

1. **Engine Coolant Temperature Sensor (ECT Sensor)** เซ็นเซอร์นี้ใช้ในการวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นในเครื่องยนต์ ข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยัง ECU (Electronic Control Unit) เพื่อปรับการทำงานของเครื่องยนต์ เช่น ปรับส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศ และควบคุมพัดลมระบายความร้อน
2. **Intake Air Temperature Sensor (IAT Sensor)** ใช้ในการวัดอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ เซ็นเซอร์นี้มีผลต่อการปรับจูนการจ่ายน้ำมันเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างเหมาะสม
3. **Exhaust Gas Temperature Sensor (EGT Sensor)** ใช้ในการตรวจสอบอุณหภูมิของไอเสีย ช่วยในการควบคุมการทำงานของระบบไอเสีย เช่น ระบบกรองไอเสีย (Catalytic Converter) และเทอร์โบชาร์จเจอร์
4. **Transmission Fluid Temperature Sensor** เซ็นเซอร์นี้ใช้ในการวัดอุณหภูมิของน้ำมันเกียร์ (Transmission Fluid) เพื่อป้องกันไม่ให้เกียร์ร้อนเกินไป ซึ่งอาจทำให้ระบบส่งกำลังทำงานผิดปกติ
5. **Battery Temperature Sensor** ใช้ในการวัดอุณหภูมิของแบตเตอรี่ เพื่อควบคุมการชาร์จและรักษาอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

1.3.5 เซ็นเซอร์การไหล (Flow Sensors)

Flow Sensors เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการไหลของของเหลวหรือก๊าซในระบบต่างๆ ของยานยนต์ โดยเซ็นเซอร์เหล่านี้มีความสำคัญในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบที่เกี่ยวข้องกับการไหล เช่น ระบบเชื้อเพลิง ระบบอากาศ หรือระบบหล่อเย็น ตัวอย่างในรูปที่ 8 โดยมีหน้าที่ทำการตรวจจับความเร็วและปริมาณของของเหลวหรือก๊าซที่ไหลผ่านเซ็นเซอร์ จากนั้นจะแปลงข้อมูลการไหลเป็นสัญญาณไฟฟ้า และส่งไปยัง ECU (Electronic Control Unit) เพื่อประมวลผลและควบคุมระบบต่างๆ ของรถยนต์ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เซ็นเซอร์การไหล ได้แก่



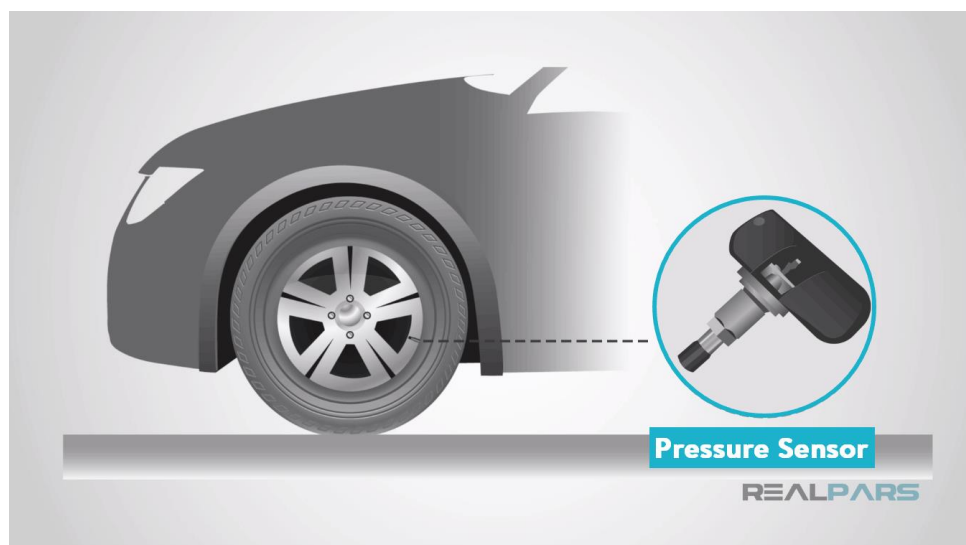
รูปที่ 8 เซ็นเซอร์วัดการไหล

ที่มา http://www.samarins.com/glossary/airflow_sensor.html

1. **Mass Air Flow Sensor (MAF Sensor)** เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ ข้อมูลจาก MAF Sensor ถูกใช้ในการควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับปริมาณอากาศที่เครื่องยนต์ได้รับ เพื่อให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดมลพิษ
2. **Fuel Flow Sensor** ใช้ในการวัดปริมาณการไหลของเชื้อเพลิงจากถังน้ำมันไปยังเครื่องยนต์ ข้อมูลนี้สามารถใช้ในการปรับการจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
3. **Exhaust Gas Recirculation (EGR) Flow Sensor** เซ็นเซอร์นี้ใช้ในการวัดการไหลของก๊าซไอเสียที่ถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ในระบบ EGR เพื่อควบคุมการปล่อยไอเสียและลดมลพิษ
4. **Coolant Flow Sensor** ใช้ในการวัดการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของเครื่องยนต์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์ร้อนเกินไป

1.3.6 เซ็นเซอร์ความดัน (Flow Sensors)

Pressure Sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและวัดความดันในระบบต่างๆ ของรถยนต์ มีหน้าที่ทำงานโดยจะตรวจวัดความดันในระบบที่เกี่ยวข้อง และแปลงความดันนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยัง ECU (Electronic Control Unit) เพื่อประมวลผลและปรับการทำงานจากระบบต่างๆ ในรถยนต์ตามค่าความดันที่วัดได้ ตัวอย่างเซ็นเซอร์วัดความดัน แสดงดังรูปที่ 9 และชนิดของเซ็นเซอร์ความดันได้แก่



รูปที่ 9 เซ็นเซอร์วัดลมยาง

ที่มา <http://www.realpars.com/blog/pressure-sensor>

1. **Manifold Absolute Pressure Sensor (MAP Sensor)** ใช้ในการวัดความดันในท่อร่วมไอดี (Intake Manifold) ของเครื่องยนต์ ข้อมูลจาก MAP Sensor จะถูกใช้ในการควบคุมการจ่ายน้ำมันและการจุดระเบิดในเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. **Fuel Pressure Sensor** เซ็นเซอร์นี้ใช้ในการวัดความดันของเชื้อเพลิงในระบบเชื้อเพลิง ข้อมูลนี้มีความสำคัญในการควบคุมปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงไปยังหัวฉีด เพื่อให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เป็นไปอย่างเหมาะสม
3. **Tire Pressure Monitoring Sensor (TPMS)** ใช้ในการตรวจสอบความดันลมยางของรถยนต์ ข้อมูลจาก TPMS จะช่วยเตือนผู้ขับขี่เมื่อความดันลมยางต่ำเกินไป ซึ่งช่วยป้องกันอุบัติเหตุและรักษาประสิทธิภาพการขับขี่
4. **Oil Pressure Sensor** ใช้ในการวัดความดันของน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ เซ็นเซอร์นี้ช่วยในการตรวจสอบว่าเครื่องยนต์ได้รับการหล่อลื่นอย่างเพียงพอ และเตือนผู้ขับขี่หากความดันน้ำมันต่ำเกินไป ซึ่งอาจนำไปสู่ความเสียหายของเครื่องยนต์
5. **Boost Pressure Sensor** ใช้ในการวัดความดันบูสต์ในเครื่องยนต์ที่มีระบบอัดอากาศ (Turbocharger หรือ Supercharger) ข้อมูลนี้ถูกใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบอัดอากาศ เพื่อให้แรงดันที่ส่งเข้าสู่เครื่องยนต์เหมาะสมและปลอดภัย

1.3.7 เซ็นเซอร์ออกซิเจน (Oxygen Sensors)

เซ็นเซอร์ออกซิเจน (Oxygen Sensors) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียที่ถูกปล่อยออกจากเครื่องยนต์ เซ็นเซอร์นี้มีบทบาทสำคัญในการควบคุมและปรับแต่งส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ เพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดการปล่อยมลพิษ โดยเซ็นเซอร์ออกซิเจนจะตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ในก๊าซไอเสีย หลังจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ และจะใช้ข้อมูลนี้ในการปรับปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับปริมาณอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ เพื่อให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เป็นไปอย่างสมบูรณ์ที่สุด โดยตัวอย่างของเซ็นเซอร์ออกซิเจน ได้แก่

1. **เซ็นเซอร์ออกซิเจนแบบ Zirconia** เป็นประเภทที่พบมากที่สุด เซ็นเซอร์นี้ใช้เซรามิกซิริโคเนียในการวัดความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนระหว่างอากาศภายนอกกับก๊าซไอเสีย
2. **เซ็นเซอร์ออกซิเจนแบบ Titania** ใช้ไทเทเนียมออกไซด์เป็นวัสดุในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสีย โดยเปลี่ยนความต้านทานไฟฟ้าตามปริมาณออกซิเจนที่ตรวจพบ

3. **Wideband Oxygen Sensor** เป็นเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับปริมาณออกซิเจนได้หลากหลายช่วงและมีความแม่นยำสูง เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่ต้องการการควบคุมการจ่ายน้ำมันอย่างละเอียด เช่น ยานยนต์ที่มีระบบเทอร์โบหรือซูเปอร์ชาร์จ

1.3.8 เซ็นเซอร์การกระแทก (Knock Sensors)

Knock Sensor ในรถยนต์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการกระแทกหรือการจุดระเบิดผิดปกติ (Knocking หรือ Pinging) ในเครื่องยนต์ การกระแทกนี้เกิดขึ้นเมื่อการจุดระเบิดในกระบอกสูบไม่เป็นไปตามเวลาที่ควร ส่งผลให้เกิดเสียงกระแทกและอาจทำให้เครื่องยนต์เสียหายได้ ซึ่ง Knock Sensor มักจะถูกติดตั้งอยู่บนบล็อกเครื่องยนต์หรือบริเวณใกล้เคียง โดยเซ็นเซอร์นี้จะทำงานโดยการตรวจจับการสั่นสะเทือนหรือคลื่นเสียงที่เกิดจากการกระแทกในเครื่องยนต์ และส่งข้อมูลไปเพื่อปรับการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ให้เหมาะสม โดยอาจทำการหน่วงเวลาการจุดระเบิด (Ignition Timing) ให้ช้าลงเล็กน้อย เพื่อป้องกันการกระแทกและทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

1.3.9 เซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง (Position Sensors หรือ Potentiometer)

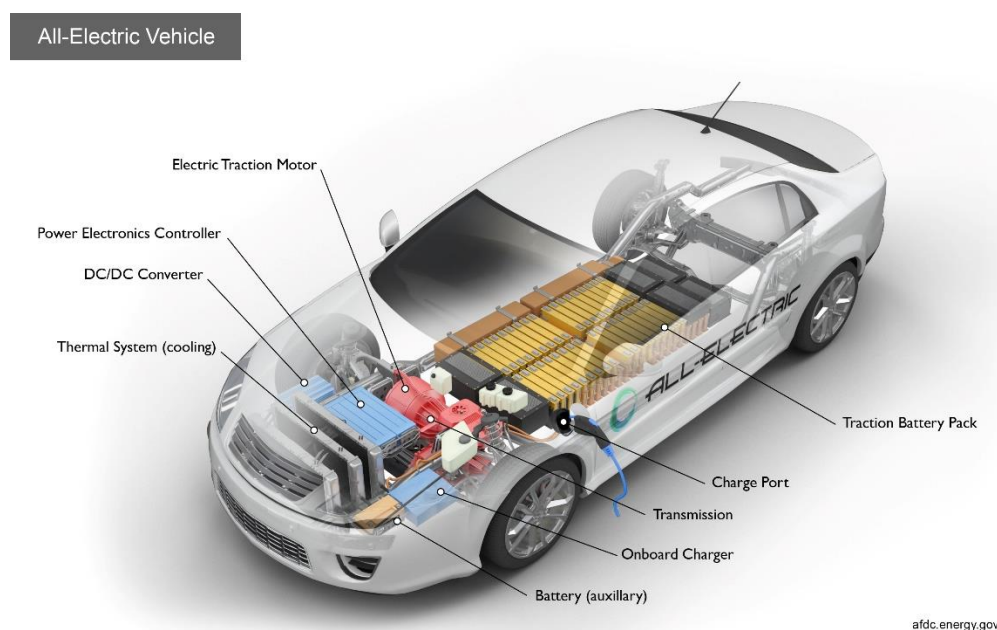
Position Sensor คือเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับและวัดตำแหน่งหรือการเคลื่อนที่เชิงมุมหรือเชิงเส้นของชิ้นส่วนต่างๆ ในยานยนต์ โดย Position Sensor ประกอบด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้และตัวเคลื่อนที่ (Slider หรือ Wiper) ที่สามารถเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางของตัวต้านทาน เมื่อมีการเคลื่อนที่ ตัวเคลื่อนที่จะสัมผัสกับตัวต้านทานในตำแหน่งที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงนี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยค่าความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปจะสัมพันธ์กับตำแหน่งหรือมุมที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้

บทที่ 2 เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ ในยานยนต์ไฟฟ้า

ยานยนต์ไฟฟ้า หรือ EV คือรถที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนแทนที่จะใช้เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง โดยยานยนต์ไฟฟ้านั้นจะใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้พร้อมใช้งาน ซึ่งแบตเตอรี่จะประกอบด้วยเซลล์หลายตัวที่ถูกรวมเป็นโมดูลเรียกว่า แบตเตอรี่แพ็ค (Battery Pack) เมื่อแบตเตอรี่มีพลังงานเก็บไว้เพียงพอ ยานยนต์ก็พร้อมใช้งาน ดังนั้นระบบที่เกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่ และระบบระบายความร้อน จึงจำเป็นจะต้องมีการจัดการ และตรวจวัดข้อผิดพลาดที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าให้ดี

2.1 ระบบไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage System)

High Voltage System ในยานยนต์ไฟฟ้า เป็นระบบที่จัดการ และจ่ายพลังงานไฟฟ้าแรงดันสูงให้กับส่วนต่างๆ ของรถ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการขับเคลื่อนและทำให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือระบบไฟฟ้าแรงดันสูงนั้นเป็นระบบหลักของยานยนต์ไฟฟ้าทุกคัน ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้ และตัวอย่างภาพส่วนประกอบของระบบในยานยนต์ไฟฟ้าเป็นดังรูปที่ 10 อีกทั้งระบบไฟฟ้าแรงดันสูงนั้นจะเกี่ยวเนื่องกับระบบระบายความร้อนด้วย



รูปที่ 10 ส่วนประกอบของระบบไฟฟ้าแรงดันสูงในยานยนต์ไฟฟ้า
ที่มา <http://www.afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>

2.1.1 แบตเตอรี่แรงดันสูง (High Voltage Battery)

แบตเตอรี่แรงดันสูง เป็นตัวกักเก็บพลังงานไฟฟ้าทำหน้าที่เสมือนถังน้ำมันของเครื่องยนต์สันดาป ภายในแบตเตอรี่แรงดันสูงประกอบไปด้วยเซลล์แบตเตอรี่จำนวนมากหลายร้อยเซลล์มารวมเข้าด้วยกันเพื่อกักเก็บพลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน โดยยานยนต์พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่มักจะเลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียมเป็นทางเลือกหลัก เพราะมีความสามารถในการคายประจุกลับ และมีความจุที่มากพร้อมกับน้ำหนักที่เหมาะสม อีกทั้งในปัจจุบันยังมีมาตรฐานที่เป็นระดับสากลที่ช่วยยืนยัน บนตัวแบตเตอรี่ว่าผ่านการตรวจสอบอีกด้วย ตัวอย่างแบตเตอรี่แรงดันสูงแสดงในรูปที่ 11

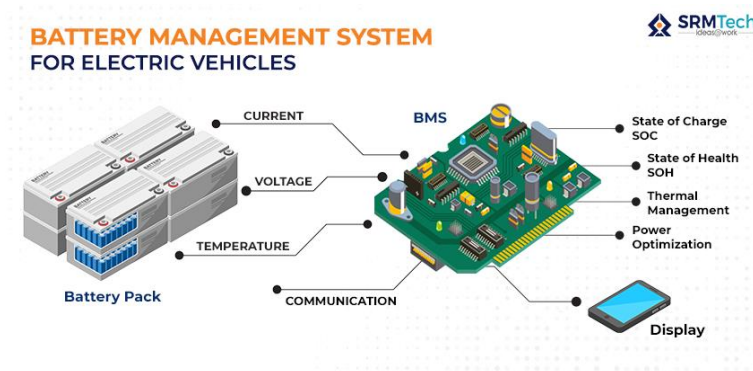


รูปที่ 11 แบตเตอรี่แรงดันสูงในยานยนต์ไฟฟ้า

ที่มา www.grandprix.co.th/what-under-the-hood-of-electric-vehicles/

2.1.2 ระบบการจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System หรือ BMS)

ระบบการจัดการแบตเตอรี่เปรียบเสมือนสมองกลในการจัดการและดูแลการทำงานของแบตเตอรี่ทุกๆ เซลล์ในระบบให้เป็นหนึ่งเดียวตั้งแต่การตรวจสอบและควบคุมการชาร์จไฟ การคายประจุของแบตเตอรี่ ตรวจสอบอุณหภูมิ สถานะการชาร์จ และการใช้พลังงานของแบตเตอรี่ไฟฟ้าแรงสูง รวมถึงทำหน้าที่ส่งข้อมูลสำคัญไปยังระบบอื่นๆ และที่สำคัญที่สุดคือการปรับเปลี่ยนระบบไฟฟ้าของแบตเตอรี่ให้ทำหน้าที่ตามที่ได้กำหนดไว้ ตัวอย่างระบบการจัดการแบตเตอรี่ แสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 ระบบ BMS ในยานยนต์ไฟฟ้า

ที่มา www.srmtech.com/knowledge-base/blogs/battery-management-system-for-electric-vehicle/

2.1.3 หน่วยจ่ายไฟฟ้าในแบตเตอรี่ (Battery Distribution Unit หรือ BDU)

หน่วยจ่ายไฟฟ้าในแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่รับคำสั่งจากระบบจัดการแบตเตอรี่ (BMS) เพื่อควบคุมการชาร์จไฟหรือคายประจุในแต่ละเซลล์ได้อย่างเหมาะสม การทำงานภายในนั้นมีความคล้ายคลึงกับรีเลย์ทางไฟฟ้าของรถยนต์สันดาปภายใน โดยทั่วไปแล้วหน่วยจ่ายไฟฟ้าแบตเตอรี่จะติดตั้งอยู่ภายในลูกแบตเตอรี่แรงดันสูง

2.1.4 ระบบชาร์จไฟฟ้าแบบออนบอร์ด (On-Board Charger หรือ OBC)

ระบบชาร์จไฟฟ้าแบบออนบอร์ดทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสสลับ (AC) เป็นกระแสตรง (DC) ในการชาร์จไฟกลับเข้าสู่แบตเตอรี่ หรือจ่ายไฟแรงดันสูงจากกระแสตรง (DC) เป็นกระแสสลับ (AC) ให้มอเตอร์ขับเคลื่อน และอีกหน้าที่คือแปลงไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำ เพื่อชาร์จไฟกลับเข้าสู่แบตเตอรี่แรงดันต่ำ 12 โวลต์

2.1.5 กล้องควบคุมการสื่อสารของรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle Communication Controller หรือ EVCC)

กล้องควบคุมการสื่อสารของรถยนต์ไฟฟ้า คือหน่วยประมวลผลในการชาร์จไฟ เป็นองค์ประกอบหลักที่ทำหน้าที่บริหารจัดการและสื่อสารระหว่างรถยนต์กับสถานีชาร์จหรืออุปกรณ์ชาร์จไฟต่างๆ โดย EVCC ทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกันผ่านการสื่อสารระหว่างที่ชาร์จภายนอกและ ECU ของรถยนต์ ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ รอบตัวรถ เพื่อนำมาประมวลผล

2.1.6 ชุดสายไฟแรงสูง (High Voltage Wiring Harness)

ชุดสายไฟแรงสูงทำหน้าที่ลำเลียงพลังงานไฟฟ้าแรงดันสูงไปยังส่วนต่างๆ ของรถยนต์ สายไฟแรงสูงสามารถสังเกตได้โดยง่าย คือสายไฟที่มีสีส้ม มีฉนวนป้องกันและฉลากคำเตือนบ่งชี้ให้เห็นชัดเจน

2.1.7 ช่องชาร์จแบตเตอรี่ (Charging Port)

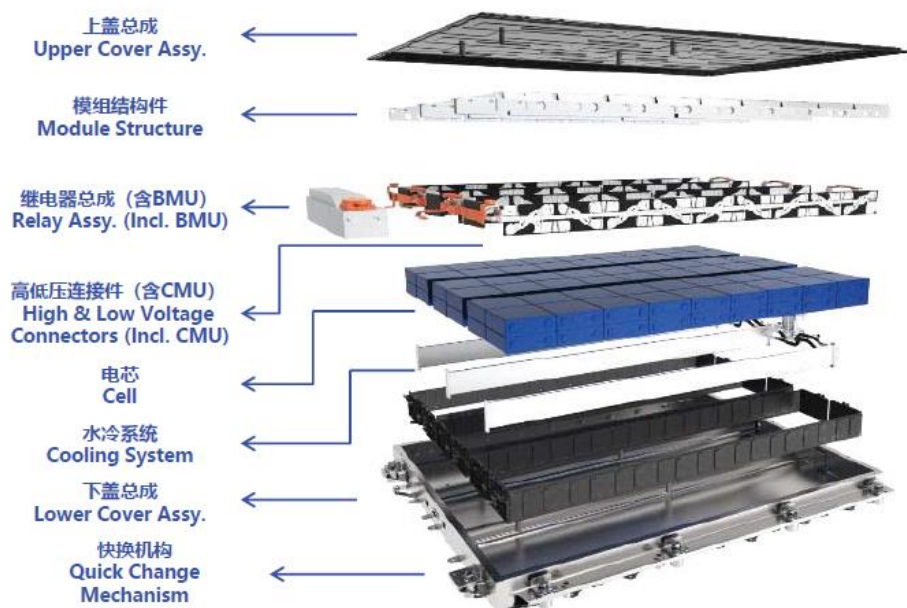
ช่องชาร์จแบตเตอรี่ เป็นช่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบตามผู้ผลิตและประเทศที่จำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งรองรับประเภทการชาร์จทั้งกระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC)

2.1.8 สวิตช์ตัดไฟ (Safety Switch)

สวิตช์ตัดไฟ เป็นตัวที่ใช้ในตัดการทำงานของระบบไฟแรงสูง เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มความปลอดภัยในงานซ่อมบำรุงทั่วไป รวมไปถึงในกรณีเหตุฉุกเฉินเล็กน้อยจนถึงการเกิดอุบัติเหตุให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งยังสามารถยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ในกรณีที่จอดรถยนต์ทิ้งไว้นานๆ

2.2 ระบบจัดเก็บพลังงาน (Energy Storage System หรือ ESS)

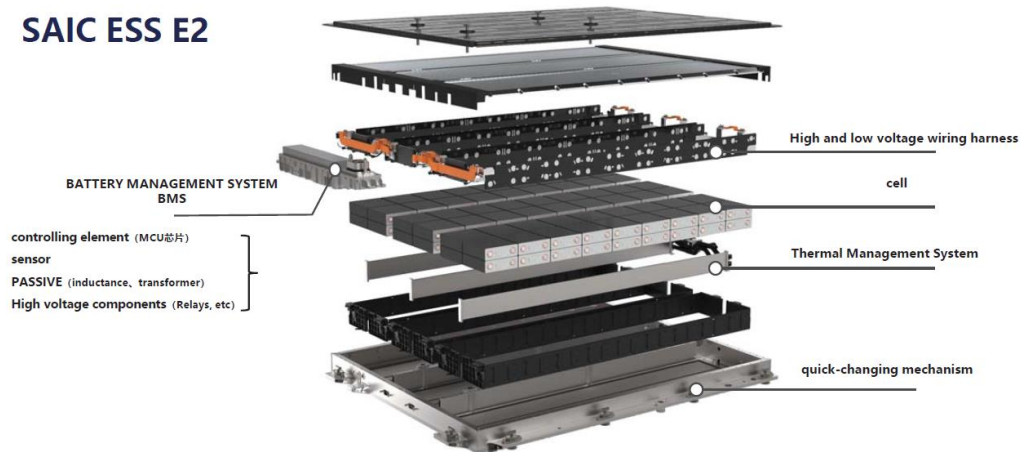
ESS (Energy Storage System) หรือระบบจัดเก็บพลังงานที่ใช้แบตเตอรี่แรงดันสูง คือระบบที่ออกแบบมาเพื่อเก็บและจัดการพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากโดยใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงดันสูง โดยแบตเตอรี่มีส่วนประกอบดังรูปที่ 13 ที่จะแสดงการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ให้กลายมาเป็นแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า โดยจะเป็นการยกตัวอย่างแบตเตอรี่ของยานยนต์ยี่ห้อ Morris Garages (MG) มาเป็นกรณีศึกษา และสำหรับยานยนต์ค่ายอื่นก็จะมีลักษณะแบตเตอรี่คล้ายกัน แต่จะต่างกันที่รูปแบบการวาง Cell หรือขนาดของ Cell โดยสุดท้ายจุดมุ่งหมายของการออกแบบแบตเตอรี่ในปัจจุบันของทุกค่ายการผลิต คือ ต้องการให้มีระบบการระบายความร้อนที่ดี



รูปที่ 13 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่แรงดันสูง

ทั้งนี้ ในรูปที่ 14 ถ้าหากสังเกตในส่วนของ Battery management system นั้นจะพบว่า มีเซ็นเซอร์ อยู่คือ **Controlling element sensor** โดยเป็นเซ็นเซอร์ใช้ในการวัดหรือตรวจจับสภาวะแวดล้อมหรือสถานะของระบบต่างๆ และส่งข้อมูลที่ไปยังตัวควบคุม (Controller) เพื่อให้สามารถดำเนินการหรือปรับปรุงการทำงานของระบบได้ตามต้องการ อาทิเช่น Temperature sensors เป็นต้น

SAIC ESS E2

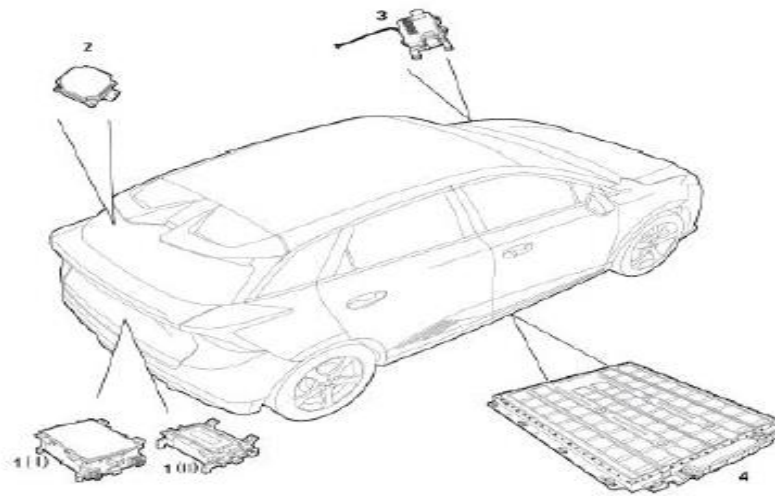


รูปที่ 14 เซ็นเซอร์ในระบบ BMS

2.3 ระบบไฟฟ้ากำลังและการควบคุมพลังงาน

ในระบบไฟฟ้ากำลังและการควบคุมพลังงาน มีบทบาทสำคัญในการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ รวมถึงการควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ของรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยในระบบนี้ จะมี แผนผังแสดงดังรูปที่ 15 อ้างอิงจากยานยนต์ยี่ห้อ MG

แผนผังระบบ



S1121210

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. (I) โมดูลรวมการชาร์จแรงดันสูงและต่ำ-11KW (หากมี) | 2. โมดูลสื่อสารของรถยนต์ไฟฟ้า |
| (II) โมดูลรวมการชาร์จแรงดันสูงและต่ำ-7KW (หากมี) | 3. อินเวอร์เตอร์ (ไม่ได้ติดตั้ง) |
| | 4. แบตเตอรี่ไฟฟ้าแรงดันสูง |

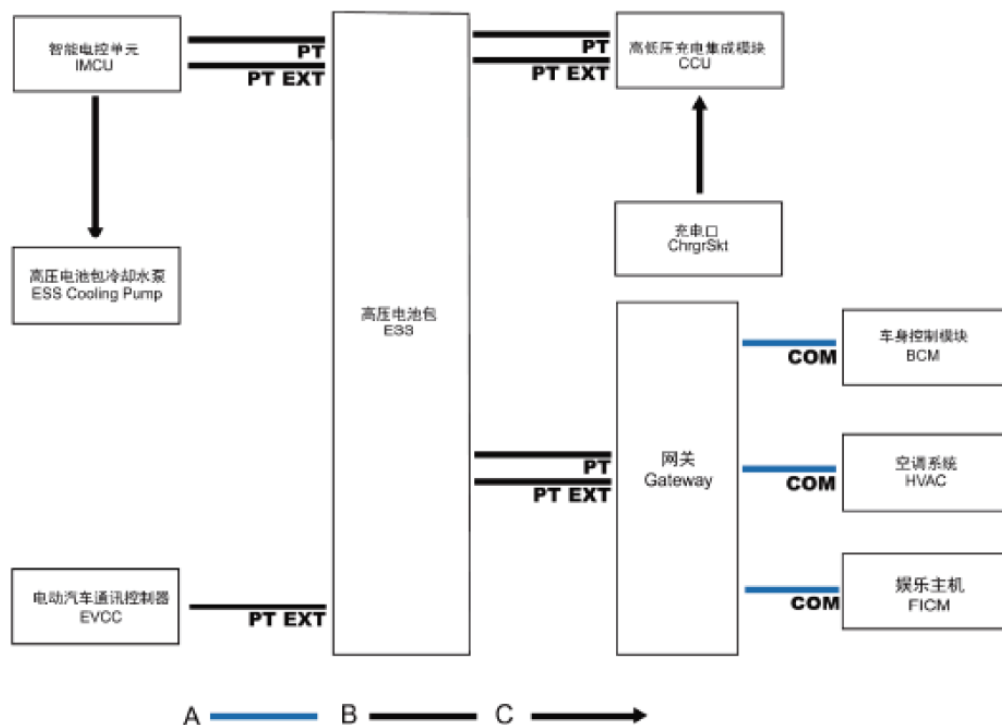
รูปที่ 15 แผนผังระบบไฟฟ้ากำลังและระบบควบคุมของรถยนต์ไฟฟ้า MG

โดยระบบไฟฟ้ากำลังและการควบคุมนั้นมีส่วนประกอบหลักๆ คือ

1. **ระบบไฟฟ้ากำลัง** ในยานยนต์ไฟฟ้าทำหน้าที่ผลิตและส่งกำลังจากแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนล้อของยานยนต์ ซึ่งประกอบด้วย
 1. **แบตเตอรี่ (Battery Pack)**
 2. **มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor)** แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเพื่อหมุนล้อของรถ มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถให้แรงบิดสูงได้ตั้งแต่เริ่มต้น ทำให้นานยนต์ไฟฟ้าสามารถเร่งความเร็วได้อย่างรวดเร็ว
 3. **อินเวอร์เตอร์ (Inverter)** ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อใช้ในมอเตอร์ไฟฟ้า
 4. **ระบบส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission or Gearbox)** บางครั้งเรียกว่า "single-speed transmission" เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้ามักใช้ระบบเกียร์เดียวที่ไม่มีการเปลี่ยนเกียร์เหมือนรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน
2. **ระบบการบริหารจัดการพลังงานในรถยนต์ไฟฟ้า (Energy Management System)** ระบบการควบคุมพลังงานของรถยนต์ไฟฟ้ามีหน้าที่จัดการการใช้และการเก็บพลังงานไฟฟ้าภายในรถอย่างมีประสิทธิภาพ

- a. ระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System: BMS)
- b. ระบบเบรกคืนพลังงาน (Regenerative Braking System) เมื่อรถเบรก ระบบจะเปลี่ยนพลังงานจลน์ที่เกิดจากการเบรกเป็นพลังงานไฟฟ้าและเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มระยะทางการขับขี่
- c. ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor Control Unit) ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า เช่น ความเร็วและแรงบิดที่ต้องการในสถานการณ์ต่างๆ
- d. ระบบควบคุมความร้อน (Thermal Management System) ควบคุมอุณหภูมิของแบตเตอรี่ มอเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อป้องกันความร้อนสูงเกินไปและรักษาประสิทธิภาพการทำงาน
- e. ระบบการชาร์จ (Charging System) ควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแหล่งชาร์จไปยังแบตเตอรี่ รวมถึงการจัดการการชาร์จอย่างชาญฉลาดเพื่อป้องกันการชาร์จเกิน

โดยได้มีการแสดงแผนผังการทำงานของระบบนี้ไว้ในรูปที่ 16 โดยในตัว ESS หรือแบตเตอรี่ นั้นจะมีเซ็นเซอร์ที่ส่งสัญญาณถึงกัน รวมถึงระบบทำความเย็นด้วยนั่นเอง โดยหน้าที่ของเซ็นเซอร์ในระบบนี้เพื่อช่วยเตือนให้ยานยนต์ทราบ เพื่อป้องกันการดำเนินงานที่ล้มเหลวของระบบไฟฟ้ากำลังและควบคุมพลังงาน



S1121240

รูปที่ 16 แผนผังระบบการทำงานของระบบการควบคุมยานยนต์

2.4 ระบบระบายความร้อน (Cooling System)

ระบบระบายความร้อนในยานยนต์ไฟฟ้ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่และมอเตอร์ไฟฟ้า เซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบนี้มีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนเกินไปหรือเย็นเกินไป โดยหลักการทำงานของเซ็นเซอร์เหล่านี้จะทำการวัดค่าต่างๆ และส่งข้อมูลไปยังระบบควบคุม (BMS: Battery Management System) ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลและสั่งการให้ระบบระบายความร้อนทำงานเพื่อรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสม เช่น การปรับความเร็วของปั๊มหล่อเย็น การเปิดหรือปิดวาล์วควบคุมการไหลของของเหลว หรือการปรับการทำงานของพัดลมระบายความร้อน โดยประโยชน์ของระบบนี้คือ รักษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ด้วยการควบคุมอุณหภูมิของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการใช้งานและเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายพลังงาน, ป้องกันความเสียหายโดยการตรวจจับอุณหภูมิที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหาย และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานของระบบระบายความร้อนที่ถูกต้องจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การเกิดไฟไหม้ โดยเซ็นเซอร์ที่สำคัญในระบบระบายความร้อนของรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่

1. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ
 - a. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบตเตอรี่ โดยติดตั้งอยู่ที่เซลล์แบตเตอรี่แต่ละเซลล์หรือกลุ่มของเซลล์ เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิของแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่อง
 - b. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของของเหลวหล่อเย็น โดยติดตั้งในวงจรหล่อเย็น เพื่อวัดอุณหภูมิของของเหลวที่ไหลเวียนผ่านแบตเตอรี่และมอเตอร์
 - c. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศเข้า มีหน้าที่วัดอุณหภูมิของอากาศภายนอกที่เข้าสู่ระบบระบายความร้อน
2. เซ็นเซอร์วัดความดัน
 - a. เซ็นเซอร์วัดความดันของปั๊ม มีหน้าที่วัดความดันของปั๊มหล่อเย็น เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของปั๊ม
 - b. เซ็นเซอร์วัดความดันของระบบ มีหน้าที่วัดความดันในระบบหล่อเย็น เพื่อตรวจสอบการไหลเวียนของของเหลว
3. เซ็นเซอร์วัดระดับของเหลว
 - a. เซ็นเซอร์วัดระดับของเหลวหล่อเย็น ตรวจสอบระดับของเหลวหล่อเย็นในถังพัก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดของเหลวหมด
4. เซ็นเซอร์วัดการไหล

- a. **เซ็นเซอร์วัดการไหลของของเหลว** วัดอัตราการไหลของของเหลวหล่อเย็น เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายความร้อน

โดยจากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นว่าเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบระบายความร้อนของรถยนต์ไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการรักษาอุณหภูมิของแบตเตอรี่และมอเตอร์ให้เหมาะสม ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของรถยนต์ไฟฟ้า

2.5 ระบบปรับอากาศ (Air Condition System)

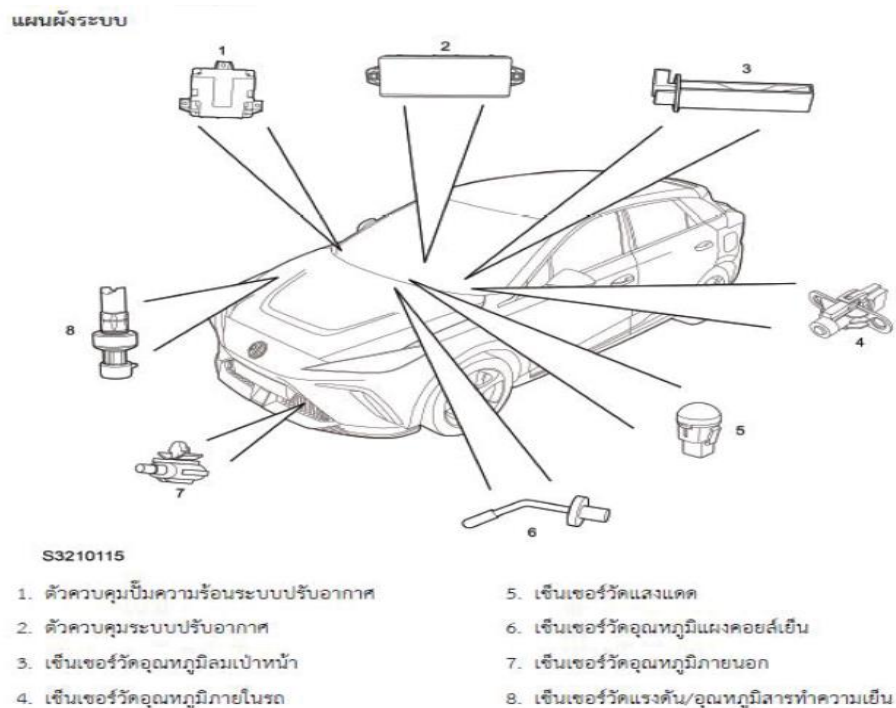
ระบบปรับอากาศในยานยนต์ไฟฟ้า นั้นมีความซับซ้อนและอาศัยเซ็นเซอร์หลายชนิดในการทำงาน เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องโดยสารได้อย่างแม่นยำและประหยัดพลังงาน เซ็นเซอร์เหล่านี้จะทำหน้าที่ตรวจจับสถานะต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกรถยนต์ แล้วส่งข้อมูลไปยังระบบควบคุม เพื่อให้ระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม โดยหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ในระบบปรับอากาศ จะเริ่มจากเก็บรวบรวมข้อมูลที่เซ็นเซอร์ต่างๆ ทำการวัดค่าต่างๆ อย่างต่อเนื่อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มของแสง จากนั้นจะส่งข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์จะถูกส่งไปยังโมดูลควบคุมระบบปรับอากาศเพื่อประมวลผลที่โมดูลควบคุมจะนำข้อมูลที่ได้รับมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ สุดท้ายจะสั่งการ เมื่อโมดูลควบคุมวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะสั่งการให้ระบบปรับอากาศทำงาน เช่น ปรับความเร็วของพัดลม ปรับอุณหภูมิของคอยล์เย็น หรือเปิด-ปิดวาล์วควบคุมการไหลของสารทำความเย็น โดยเซ็นเซอร์ที่สำคัญในระบบปรับอากาศยานยนต์ไฟฟ้า ได้แก่

1. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

- a. **ภายในห้องโดยสาร** โดยจะวัดอุณหภูมิอากาศภายในรถ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ และปรับกำลังของระบบปรับอากาศให้เหมาะสม
- b. **ภายนอก** โดยจะวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก เพื่อประเมินความแตกต่างของอุณหภูมิ และปรับการทำงานของระบบให้ตอบสนองต่อสภาพอากาศภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. **เซ็นเซอร์วัดความชื้น** ที่จะวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องโดยสาร เพื่อควบคุมระดับความชื้นให้อยู่ในช่วงที่สบาย
3. **เซ็นเซอร์วัดคุณภาพอากาศ** จากการตรวจจับปริมาณฝุ่นละออง ก๊าซพิษ และสารก่อภูมิแพ้ภายในห้องโดยสาร เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศให้ดีขึ้น
4. **เซ็นเซอร์วัดแสง** จากการตรวจจับความเข้มของแสงภายนอก เพื่อปรับความสว่างของหน้าจอแสดงผล และควบคุมการทำงานของไฟภายในรถให้เหมาะสม
5. **เซ็นเซอร์ตรวจจับผู้โดยสาร** โดยตรวจจับตำแหน่งและจำนวนผู้โดยสาร เพื่อปรับการกระจายลมเย็นให้เหมาะสมกับจำนวนผู้โดยสาร

6. เซ็นเซอร์ตรวจจับแสงแดด โดยตรวจจับความเข้มของแสงแดดที่ส่องเข้ามาในรถ เพื่อปรับการทำงานของผ้าม่านบังแดดอัตโนมัติ

โดยในระบบนี้จะมี แผ่นผังแสดงดังรูปที่ 17 อ้างอิงจากยานยนต์ยี่ห้อ MG และเซ็นเซอร์ที่แสดงในรูปนั้น อาจจะแตกต่างกันไปตามแต่ผู้ผลิตเลือกใช้งาน



รูปที่ 17 แผนผังระบบปรับอากาศในยานยนต์ รุ่น MG

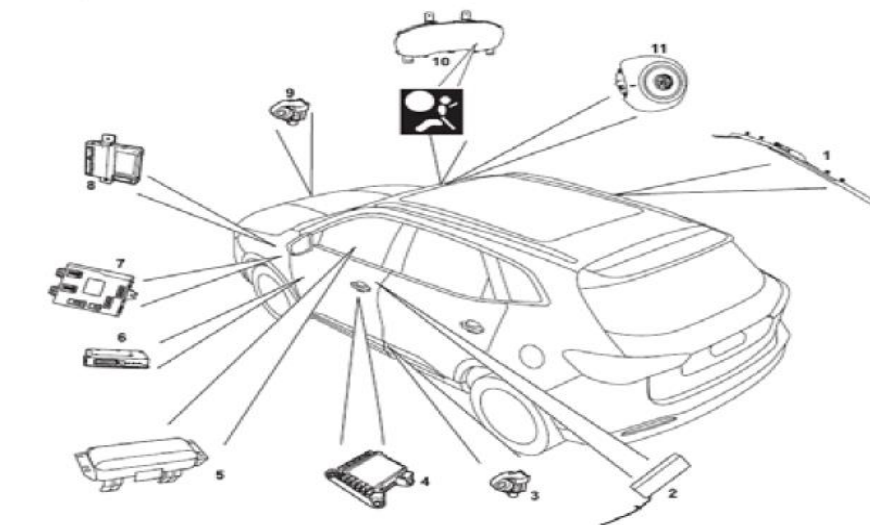
2.6 ระบบความปลอดภัยและถุงลมนิรภัย (Safety / Air Bag System)

ระบบความปลอดภัยและถุงลมนิรภัยในยานยนต์ไฟฟ้ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการปกป้องผู้ขับขี่และผู้โดยสารในกรณีเกิดอุบัติเหตุ เซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ในระบบนี้มีบทบาทสำคัญในการตรวจจับเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตราย และส่งสัญญาณไปกระตุ้นให้ระบบทำงานเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น โดยมีหลักการทำงานของเซ็นเซอร์คือ เซ็นเซอร์เหล่านี้จะทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น แรงกระแทก ความเร่ง หรือการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อตรวจพบการเปลี่ยนแปลงที่เกินค่าที่ตั้งไว้ เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังโมดูลควบคุมถุงลมนิรภัย (Airbag Control Module) ซึ่งจะทำการประมวลผลข้อมูลและสั่งการให้ถุงลมนิรภัยทำงาน และเซ็นเซอร์ที่สำคัญในระบบความปลอดภัยและถุงลมนิรภัย ได้แก่

1. เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกระแทก (Crash Sensor)

- a. เซ็นเซอร์ชนด้านหน้า ที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าของรถ เพื่อตรวจจับแรงกระแทกจากการชนด้านหน้า
 - b. เซ็นเซอร์ชนด้านข้าง ที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านข้างของรถ เพื่อตรวจจับแรงกระแทกจากการชนด้านข้าง
 - c. เซ็นเซอร์ชนด้านหลัง ที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านหลังของรถ เพื่อตรวจจับแรงกระแทกจากการชนด้านหลัง
 - d. เซ็นเซอร์พลิกคว่ำ มีหน้าที่ตรวจจับการพลิกคว่ำของรถ
2. เซ็นเซอร์ตรวจจับการคาดเข็มขัดนิรภัย ที่จะตรวจสอบว่าผู้ขับขี่และผู้โดยสารคาดเข็มขัดนิรภัยหรือไม่
 3. เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งที่นั่ง ที่จะตรวจจับตำแหน่งที่นั่งของผู้โดยสาร เพื่อปรับการทำงานของถุงลมนิรภัยให้เหมาะสมกับตำแหน่งของผู้โดยสาร
 4. เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็ว มีหน้าที่วัดความเร็วของรถ เพื่อประเมินความรุนแรงของการชน
 5. เซ็นเซอร์ตรวจจับมุมพวงมาลัย จากการตรวจจับมุมพวงมาลัย เพื่อประเมินทิศทางของแรงกระแทก
- จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบความปลอดภัยและถุงลมนิรภัยของรถยนต์ไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการปกป้องผู้ขับขี่และผู้โดยสาร การพัฒนาระบบเซ็นเซอร์ที่แม่นยำและรวดเร็วขึ้น ทำให้เทคโนโลยีด้านความปลอดภัยของรถยนต์มีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง และมีแผนผังของระบบแสดงดังรูปที่ 18

แผนผังถุงลมนิรภัยความปลอดภัย



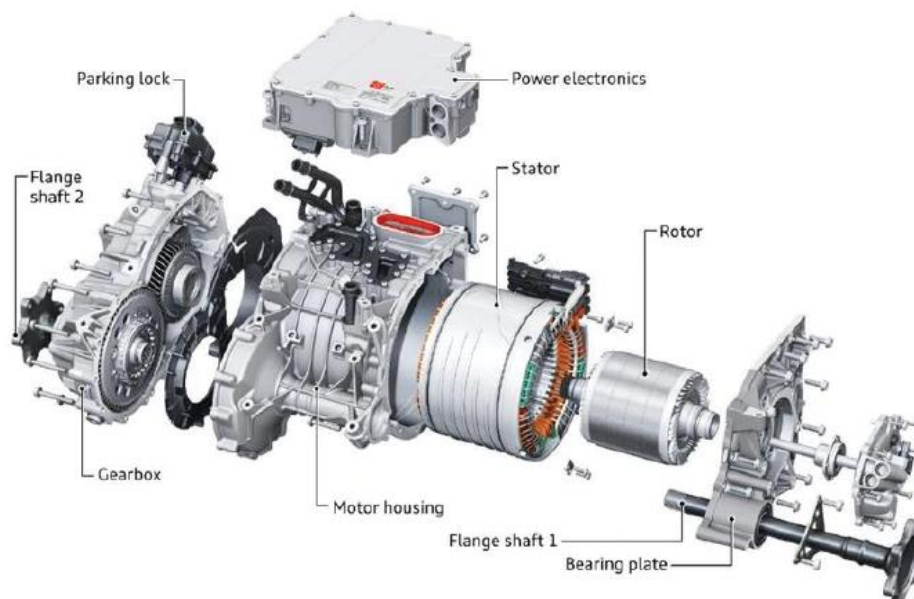
S4714058

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. ม่านลมเสริมความปลอดภัยด้านข้าง | 7. โมดูลควบคุมระบบไฟฟ้าตัวถังรถ BCM |
| 2. ถุงลมเสริมความปลอดภัยด้านข้างเบาะนั่ง | 8. เกตเวย์ |
| 3. เซ็นเซอร์วัดการชนด้านข้าง | 9. เซ็นเซอร์วัดการชนด้านหน้า |
| 4. โมดูลควบคุมของถุงลมเสริมความปลอดภัย SDM | 10. ไฟเตือนถุงลมเสริมความปลอดภัย |
| 5. ถุงลมเสริมความปลอดภัยด้านผู้โดยสาร | 11. ถุงลมเสริมความปลอดภัยที่พวงมาลัย |
| 6. โมดูลสื่อสาร | |

รูปที่ 18 แผนผังระบบความปลอดภัยและถุงลมนิรภัย

บทที่ 3 เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบส่งกำลัง ในยานยนต์ไฟฟ้า

หากกล่าวถึงระบบส่งกำลังในยานยนต์ไฟฟ้าแล้วนั้น จะต้องนึกถึงระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า หรือ E-drive system ที่เป็นหัวใจสำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า โดยเป็นระบบที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้กลายเป็นพลังงานกล เพื่อขับเคลื่อนล้อรถให้หมุน ซึ่งต่างจากรถยนต์สันดาปภายในที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปในการเปลี่ยนพลังงานเคมีจากน้ำมันให้เป็นพลังงานกล โดยมีส่วนประกอบหลักของ E-drive System คือ แบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งพลังงานหลักของรถยนต์ไฟฟ้า จัดเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการชาร์จ, มอเตอร์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้เป็นพลังงานกล เพื่อขับเคลื่อนล้อรถ, ตัวควบคุมมอเตอร์ (Inverter) ที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า โดยปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต้องการในการขับเคลื่อน และเกียร์ลดความเร็วที่ช่วยลดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความเร็วในการขับเคลื่อนของรถยนต์ โดยรูปที่ 19 เป็นการแสดงระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 19 อุปกรณ์ในระบบขับเคลื่อนของยานยนต์ไฟฟ้า

ที่มา <http://www.zf.com/products/en/cars/edrive/edrive.html>

3.1 เซ็นเซอร์ตำแหน่งในยานยนต์ไฟฟ้า (Position Sensor)

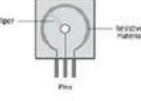
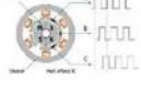
เซ็นเซอร์ตำแหน่ง หรือ Position Sensor นั้นถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากในระบบขับเคลื่อนของยานยนต์ไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของ E-drive system ซึ่งทำหน้าที่ตรวจวัดตำแหน่งของชิ้นส่วนต่างๆ ภายในระบบ เพื่อส่งข้อมูลกลับไปยังระบบควบคุม เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ เซ็นเซอร์

ตำแหน่งนั้นสำคัญในยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วยเซ็นเซอร์ตำแหน่งจะตรวจวัดตำแหน่งของโรเตอร์ (Rotor) ในมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้ระบบควบคุมสามารถปรับกระแสไฟฟ้าที่ส่งไปยังมอเตอร์ได้อย่างแม่นยำ เพื่อให้ได้แรงบิดและความเร็วที่ต้องการ ความสามารถในการควบคุมเกียร์: ในบางระบบขับเคลื่อน อาจมีการใช้เกียร์ลดความเร็ว เซ็นเซอร์ตำแหน่งจะตรวจวัดตำแหน่งของเกียร์ เพื่อให้ระบบควบคุมสามารถเปลี่ยนเกียร์ได้อย่างราบรื่น รวมถึงการควบคุมระบบเบรก โดยเซ็นเซอร์ตำแหน่งจะตรวจวัดตำแหน่งของคาลิเปอร์เบรก เพื่อให้ระบบควบคุมสามารถควบคุมแรงเบรกได้อย่างแม่นยำและสุดท้ายคือการตรวจสอบระบบความปลอดภัย โดยเซ็นเซอร์ตำแหน่งยังถูกนำมาใช้ในระบบความปลอดภัยต่างๆ เช่น ระบบควบคุมเสถียรภาพ (ESC) เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของล้อและมุมพวงมาลัย

3.2 ประเภทของเซ็นเซอร์ตำแหน่งที่นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า

ในปัจจุบันนั้นมีเซ็นเซอร์ตำแหน่งหลายชนิดที่ถูกนำมาใช้งาน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ผลิต ตัวอย่างชนิดของเซ็นเซอร์ตำแหน่งแสดงในรูปที่ 20

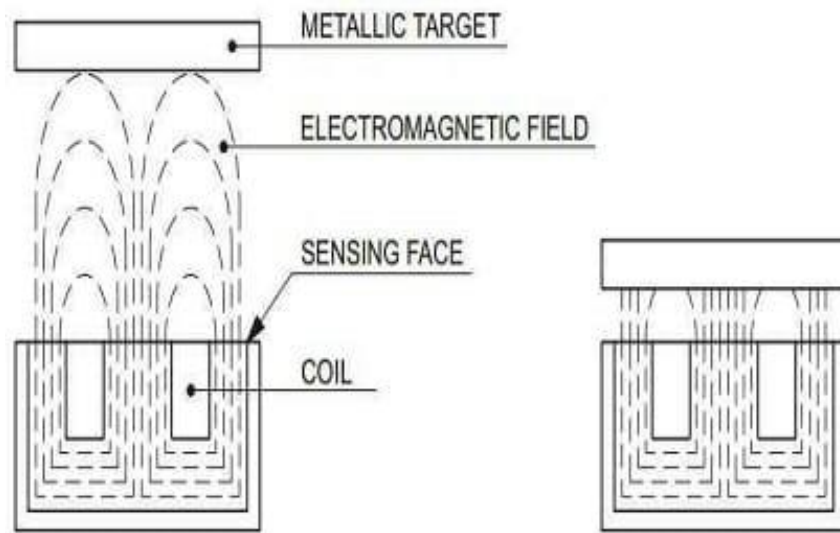
Typical Position Sensing Techniques

	Inductive	Resolver	Optical Encoder	Resistive Potentiometer	Hall-Effect Latch	Magnetic Encoder IC
Sensor Type						
Size and Weight	Low	High	Med	Very Low	Very Low	Low
System Costs	Med	High	High	Low	Low	Med
Power	Low	High	Med	Low	Low	Low
Accuracy	Very High	Very High	Very High	Low	Med	High
RPM Rates	Very High	Very High	Very High	Low	Med	High
Strayfield Immune	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No / (ams Yes)
Dirt/Dust Susceptible	No	No	Yes	No	No	No
Functional Safety Redundancy option	Possible	Not possible (Physically and Economically)	Not possible (Physically and Economically)	Possible	Not Possible (Too complex due to so many devices required)	Possible

รูปที่ 20 ชนิดของเซ็นเซอร์ในยานยนต์ไฟฟ้า

3.2.1 เซ็นเซอร์อินดักทีฟ (Inductive Sensor)

เซ็นเซอร์อินดักทีฟ หรือที่เรียกอีกอย่างว่า เซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะ (Metal Detector Sensor) เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการทำงาน เพื่อใช้ในการตรวจจับวัตถุประเภทโลหะ โดยปกติจะถูกประยุกต์ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักร โดยมีหลักการทำงานแสดงในรูปที่ 21



รูปที่ 21 หลักการทำงานของ Inductive เซ็นเซอร์

ที่มา <http://mall.factomart.com/inductive-proximity-sensor-working-principle/>

คอยล์ (Coil) เซ็นเซอร์อินดักทีฟประกอบด้วยคอยล์ซึ่งเป็นขดลวดที่มีหน้าที่ปล่อยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง ผ่านบริเวณด้านหน้าของเซ็นเซอร์

สนามแม่เหล็ก เมื่อมีวัตถุโลหะเคลื่อนที่เข้ามาในสนามแม่เหล็กนี้ กระแสไฟฟ้าวน (Eddy current) จะเกิดขึ้นในวัตถุโลหะ

การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าวนที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่คอยล์ปล่อยออกมา

สัญญาณไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กนี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเซ็นเซอร์

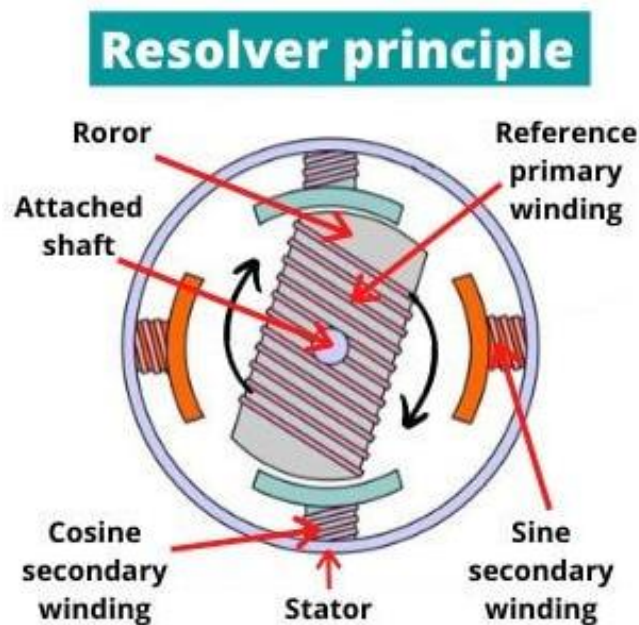
การส่งออกสัญญาณ สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะถูกส่งออกไปยังระบบควบคุม เพื่อสั่งการทำงานตามที่ต้องการ

3.2.2 เซ็นเซอร์ Resolver (Resolver Sensor)

เซ็นเซอร์ Resolver เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวัดตำแหน่งเชิงมุม (angular position) หรือการหมุนของเพลา (shaft rotation) แสดงในรูปที่ 22 โดยทั่วไปจะใช้ในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เซอร์โวมอเตอร์ และระบบขับเคลื่อนที่ต้องการความแม่นยำสูงในการวัดตำแหน่ง มีหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ Resolver เซ็นเซอร์ Resolver ประกอบด้วยสเตเตอร์ (Stator) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่นิ่ง และโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งเป็นส่วนที่หมุนได้ ภายในสเตเตอร์และโรเตอร์จะมีขดลวดที่พันรอบแกนเหล็ก ซึ่งเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเหล่านี้ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น และการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งสัมพัทธ์ระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะส่งผลให้ได้สัญญาณไฟฟ้าออกมาสองสัญญาณที่เรียกว่า Sin และ Cos

1. สัญญาณ Sin เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่แปรผันตามไซน์ของมุมหมุน
2. สัญญาณ Cos เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่แปรผันตามโคไซน์ของมุมหมุน

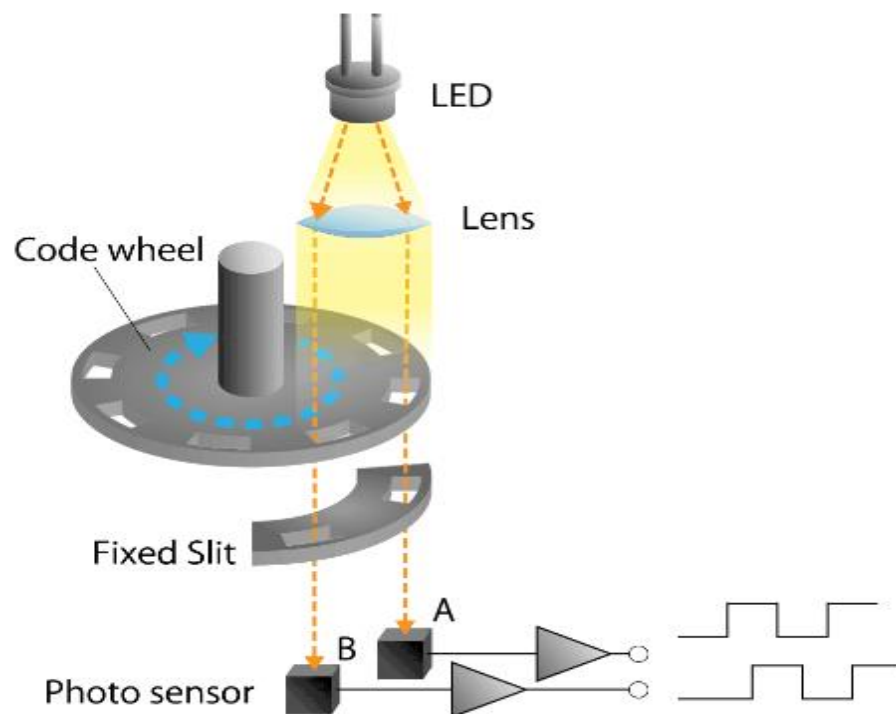
โดยหากนำสัญญาณ Sin และ Cos มาประมวลผลทางคณิตศาสตร์ จะสามารถคำนวณหาค่ามุมหมุนได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 22 ส่วนประกอบของ เซ็นเซอร์ Resolver
ที่ <http://eltra-encoder.eu/news/resolver-vs-encoder>

3.2.3 Optical Encoder

Optical Encoder เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการของแสงในการวัดตำแหน่งเชิงมุม (angular position) หรือความเร็วในการหมุนของเพลา (shaft speed) โดยทั่วไปจะใช้ในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เซอร์โวมอเตอร์ และระบบขับเคลื่อนที่ต้องการความแม่นยำในการวัดตำแหน่ง โดยมีหลักการทำงานของ Optical Encoder คือจะมีดิสก์ที่มีรูปแบบ (Code Disk) ภายใน Optical Encoder จะเป็นดิสก์ที่มีรูปแบบเฉพาะ ซึ่งประกอบด้วยช่องว่างและส่วนที่ไม่โปร่งแสง มีแหล่งกำเนิดแสง (เช่น LED) จะส่องแสงไปยังดิสก์ ไปหาตัวรับแสง (Phototransistor) โดยตัวรับแสงจะรับแสงที่ผ่านช่องว่างบนดิสก์ และการแปลงสัญญาณแสงที่ได้รับจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า สุดท้ายเป็นการประมวลผล จากสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะถูกประมวลผลเพื่อคำนวณตำแหน่งหรือความเร็ว โดยประเภทของ Optical Encoder แบ่งได้ 2 ชนิด คือ Incremental Encoder เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ โดยให้สัญญาณพัลส์เมื่อดิสก์หมุนไปหนึ่งหน่วย และแบบ Absolute Encoder: เป็นการวัดตำแหน่งแบบสมบูรณ์ โดยให้รหัสเลขฐานสองแทนตำแหน่งที่แน่นอน ตัวอย่าง Optical Encoder แสดงในรูปที่ 23



รูปที่ 23 ส่วนประกอบของ Optical Encoder

ที่มา <http://www.akm.com/eu/en/products/rotation-angle-sensor/tutorial/optical-encoder/>

3.2.4 Hall Effect Latch

Hall Effect Latch เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ใช้หลักการของปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall Effect) เพื่อตรวจจับสนามแม่เหล็กและเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟฟ้าออกเป็นสภาวะล็อก (latch) โดยมีหลักการทำงานคือ ปรากฏการณ์ฮอลล์ กล่าวคือเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำในสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้า จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในทิศทางตั้งฉากกับทั้งกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เรียกว่า แรงดันฮอลล์ (Hall Voltage) หลังจากนั้นจะตรวจจับสนามแม่เหล็ก โดยเซ็นเซอร์ฮอลล์จะตรวจจับแรงดันฮอลล์ที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็ก และล็อกสภาวะเมื่อสนามแม่เหล็กมีค่าเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เซ็นเซอร์จะเปลี่ยนสภาวะออกเป็นสภาวะล็อก (latch) ซึ่งจะคงสภาพอยู่แม้ว่าสนามแม่เหล็กจะหายไปแล้ว สุดท้ายเป็นการปลดล็อกเพื่อปลดล็อกสภาวะ ต้องมีการส่งสัญญาณรีเซ็ตหรือสนามแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม จากข้อมูลทีกล่าวนั้นจะเห็นว่า Hall Effect Latch เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประโยชน์ในการตรวจจับสนามแม่เหล็กและควบคุมระบบต่างๆ ด้วยคุณสมบัติการล็อกสภาวะ ทำให้สามารถใช้งานได้หลากหลาย

3.2.5 Magnetic Encoder IC

Magnetic Encoder IC เป็นชิปอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ฮอลล์ (Hall Effect) เพื่อตรวจจับสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรที่ติดตั้งอยู่บนแกนหมุนหรือเพลลา แล้วแปลงข้อมูลสนามแม่เหล็กนั้นให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่แทนค่าตำแหน่งเชิงมุม (angular position) หรือความเร็วในการหมุน มีหลักการทำงานคือ หลักการทำงานจะมีเซ็นเซอร์ฮอลล์ ที่ตรวจจับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กถาวร โดยสัญญาณจากเซ็นเซอร์ฮอลล์จะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลหรืออนาล็อก เพื่อนำไปประมวลผลสัญญาณเพื่อคำนวณตำแหน่งหรือความเร็ว จากนั้นจะส่งออกข้อมูลตำแหน่ง หรือความเร็วออกไปในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้

3.3 ระบบฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU Hardware System)

MCU Hardware System หรือ ระบบฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นเปรียบเสมือนสมองของยานยนต์ไฟฟ้าเลยทีเดียว ทำหน้าที่ควบคุมและประสานงานการทำงานของระบบต่างๆ ภายในรถยนต์ให้ทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ โดย MCU นั้นสำคัญสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า โดยสามารถควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ กล่าวคือ MCU จะควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าให้มีกำลังและความเร็วที่เหมาะสมกับสภาพการขับขี่สามารถจัดการพลังงานแบตเตอรี่ โดยควบคุมการชาร์จและการคายประจุของแบตเตอรี่ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและยืดอายุการใช้งาน รวมถึงควบคุมระบบส่งกำลัง โดยควบคุมการทำงานของเกียร์และระบบส่งกำลังอื่นๆ ให้เหมาะสมกับสภาพการขับขี่ และยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบต่างๆ เช่น เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ต่างๆ ภายในรถยนต์ เพื่อรับข้อมูลและนำมาประมวลผล และการควบคุมระบบความปลอดภัย เช่น ควบคุมระบบเบรก ABS, ระบบควบคุมเสถียรภาพ และระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่อื่นๆ

โดยส่วนประกอบหลักของ MCU Hardware System ในยานยนต์ไฟฟ้า ได้แก่

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นชิปหลักที่ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลและสั่งการ
2. หน่วยความจำ ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆ
3. พอร์ต I/O ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น เซ็นเซอร์, แอคชูเอเตอร์, และอุปกรณ์แสดงผล
4. ตัวแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ใช้สำหรับแปลงสัญญาณระหว่างดิจิทัลและอนาล็อก
5. ตัวตั้งเวลา ใช้สำหรับควบคุมเวลาและจังหวะการทำงานของระบบต่างๆ
6. หน่วยสื่อสาร ใช้สำหรับสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เซ็นเซอร์, แอคชูเอเตอร์, และเครือข่ายรถยนต์

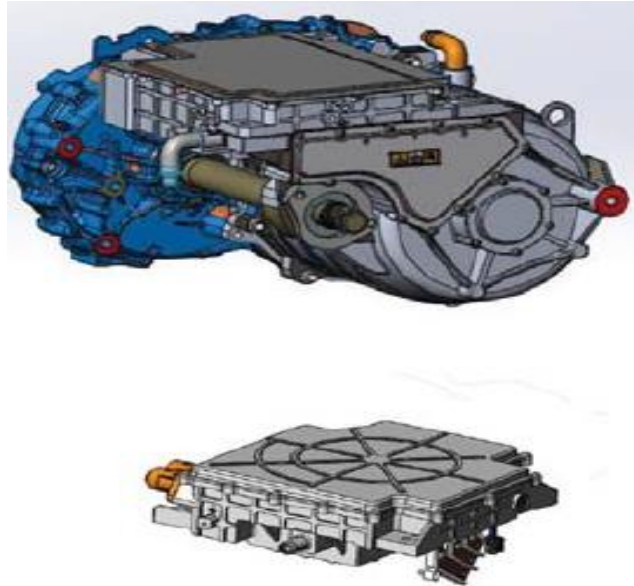
จะเห็นได้ว่า MCU Hardware System มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า ทำให้รถยนต์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมยิ่งขึ้น การพัฒนา MCU ที่มีความสามารถสูงขึ้นจะช่วยให้รถยนต์ไฟฟ้ามีฟังก์ชันที่หลากหลายและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น

3.4 Motor Control Unit (MCU)

Motor Control Unit (MCU) เป็นหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า (EV), รถยนต์ไฮบริด (HEV) และรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) โดยหน้าที่หลักของ MCU ควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าเพื่อปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ส่งไปยังมอเตอร์ให้เหมาะสมกับความต้องการของการขับเคลื่อน ควบคุมความเร็วและแรงบิด ควบคุมความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ตามคำสั่งจากคันเร่งหรือระบบควบคุมอื่นๆ การตรวจสอบและป้องกัน คือตรวจสอบสภาพของมอเตอร์และระบบไฟฟ้า ป้องกันมอเตอร์จากความร้อนสูงเกินไป กระแสเกิน และสภาวะผิดปกติอื่นๆ และการประสานงานกับระบบอื่นๆ เช่น สื่อสารกับระบบย่อยอื่นๆ ในรถยนต์ เช่น แบตเตอรี่, เกียร์, และระบบควบคุมเสถียรภาพ โดยส่วนประกอบหลักของ MCU ได้แก่

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นหน่วยประมวลผลกลางที่ควบคุมการทำงานของ
2. MCU อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าตรง (DC) จากแบตเตอรี่เป็นกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์
3. เซ็นเซอร์ ตรวจสอบสภาพการทำงานของมอเตอร์และระบบไฟฟ้า
4. วงจรควบคุมกำลัง (Power Control Circuit) ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ วงจรป้องกัน (Protection Circuit): ปกป้องมอเตอร์และระบบไฟฟ้าจากสภาวะผิดปกติ

โดย MCU มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ช่วยให้มอเตอร์ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ลดการสิ้นเปลืองพลังงาน และยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังช่วยในการควบคุมการขับเคลื่อนที่ราบรื่นและปลอดภัย โดยตัวอย่างของ MCU นั้นแสดงในรูปที่ 24



รูปที่ 24 ตัวอย่างของ MCU ในยานยนต์ไฟฟ้า

บทที่ 4 เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบช่วงล่าง ในยานยนต์ไฟฟ้า

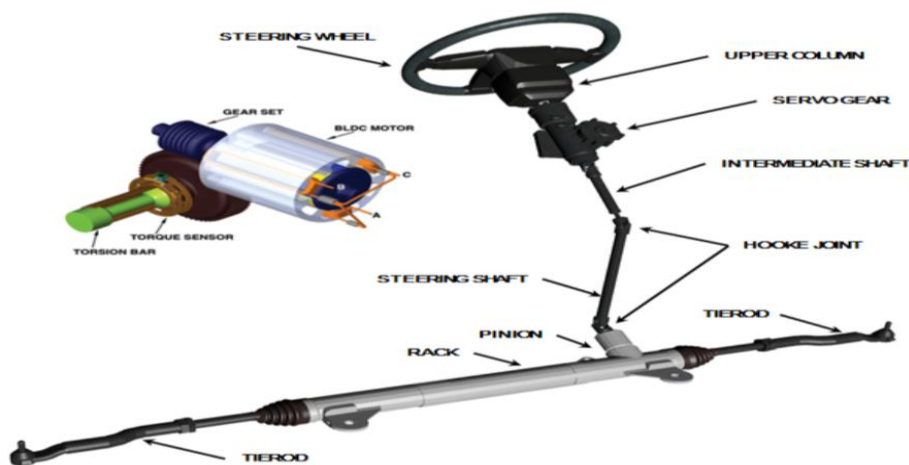
ระบบช่วงล่างของรถยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่นั้นซับซ้อนและอาศัยเซ็นเซอร์หลายชนิดในการ เซ็นเซอร์เหล่านี้จะคอยตรวจวัดข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับสภาพของรถและสภาพถนน แล้วส่งข้อมูลไปยัง ECU (Electronic Control Unit) เพื่อประมวลผลและสั่งการให้ระบบช่วงล่างทำงานได้อย่างเหมาะสม

4.1 ระบบบังคับเลี้ยว (Steering System)

ระบบบังคับเลี้ยว (Steering System) เป็นระบบที่ช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถควบคุมทิศทางของยานยนต์โดยการหมุนพวงมาลัย ระบบนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยานยนต์สามารถเลี้ยวและขับเคลื่อนไปในทิศทางที่ต้องการได้อย่างแม่นยำและปลอดภัย

4.1.1 พวงมาลัยไฟฟ้า (Electric Power Steering)

EPS ย่อมาจาก Electric Power Steering หรือ พวงมาลัยไฟฟ้า เป็นระบบที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าช่วยในการหมุนพวงมาลัย แทนที่จะใช้ระบบไฮดรอลิกแบบเดิม ทำให้การขับขี่ยานยนต์นุ่มนวลขึ้นและประหยัดพลังงานมากขึ้น โดย EPS นั้นนิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า เพราะว่า ประหยัดพลังงานมากกว่า โดยระบบ EPS ไม่ต้องใช้ปั๊มไฮดรอลิก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า, มีการตอบสนองเร็ว เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าตอบสนองต่อการหมุนพวงมาลัยได้รวดเร็วกว่า ทำให้การขับขี่คล่องตัวขึ้น, น้ำหนักเบากว่า โดยระบบ EPS มีน้ำหนักเบากว่าระบบไฮดรอลิก ทำให้ยานยนต์มีน้ำหนักเบาและประหยัดน้ำมันมากขึ้น, สามารถปรับแต่งได้ โดยสามารถปรับแต่งการทำงานของ EPS ให้เหมาะสมกับสไตล์การขับขี่ของแต่ละบุคคลได้, และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่ต้องใช้น้ำมันไฮดรอลิกที่อาจก่อให้เกิดมลพิษ โดยระบบ EPS แสดงในรูปที่ 25



รูปที่ 25 ระบบบังคับเลี้ยว

ที่มา http://www.vi-grade.com/en/solutions/electric_power_steering/

หลักการทำงานของ EPS คือ เซ็นเซอร์จะทำหน้าที่ตรวจจับแรงบิดและความเร็วในการหมุน จากนั้นสัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปยังหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ซึ่งจะคำนวณปริมาณแรงช่วยที่เหมาะสมตามข้อมูลที่ได้รับ เมื่อ ECU คำนวณเสร็จสิ้น มอเตอร์ไฟฟ้าจะทำงานโดยให้แรงช่วยในการหมุนพวงมาลัย ทำให้การควบคุมพวงมาลัยเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยประเภทของ EPS แบ่งได้ 2 ประเภทคือ

EPS แบบ Direct (Direct Electric Power Steering) เป็นระบบพวงมาลัยไฟฟ้าที่มอเตอร์ไฟฟ้าจะส่งแรงช่วยในการหมุนพวงมาลัยตรงไปยังแร็คพวงมาลัยโดยไม่ผ่านส่วนอื่นๆ เช่น พวงมาลัยลูกป็นหรือเกียร์ ทำให้การตอบสนองของพวงมาลัยรวดเร็วและแม่นยำ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมสูง และช่วยประหยัดพลังงานเนื่องจากมอเตอร์จะทำงานเฉพาะเมื่อจำเป็น ซึ่งต่างจากระบบพวงมาลัยไฮดรอลิกที่ใช้พลังงานตลอดเวลา ระบบ EPS แบบ Direct ถูกนำมาใช้ในรถยนต์รุ่นใหม่ ๆ ที่ต้องการความแม่นยำและการประหยัดพลังงาน ทั้งยังช่วยลดการบำรุงรักษาและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าเมื่อเทียบกับระบบพวงมาลัยแบบดั้งเดิม

EPS แบบ Pinion (Pinion Electric Power Steering) เป็นระบบพวงมาลัยไฟฟ้าที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าช่วยส่งแรงหมุนผ่านชุดเฟือง Pinion ซึ่งเชื่อมต่อโดยตรงกับแร็คพวงมาลัย เมื่อผู้ขับขี่หมุนพวงมาลัย มอเตอร์ไฟฟ้าจะเพิ่มแรงหมุน ทำให้การควบคุมพวงมาลัยง่ายขึ้นและแม่นยำมากขึ้น ระบบนี้ยังช่วยประหยัดพลังงานโดยใช้พลังงานเฉพาะเมื่อจำเป็น นอกจากนี้ยังช่วยลดความจำเป็นในการบำรุงรักษาเนื่องจากไม่มีส่วนที่ต้องดูแลบ่อยๆ เช่น ในระบบพวงมาลัยไฮดรอลิกแบบเก่า EPS แบบ Pinion จึงเหมาะสำหรับรถยนต์ที่เน้นการขับขี่ที่สะดวกสบายและปลอดภัย

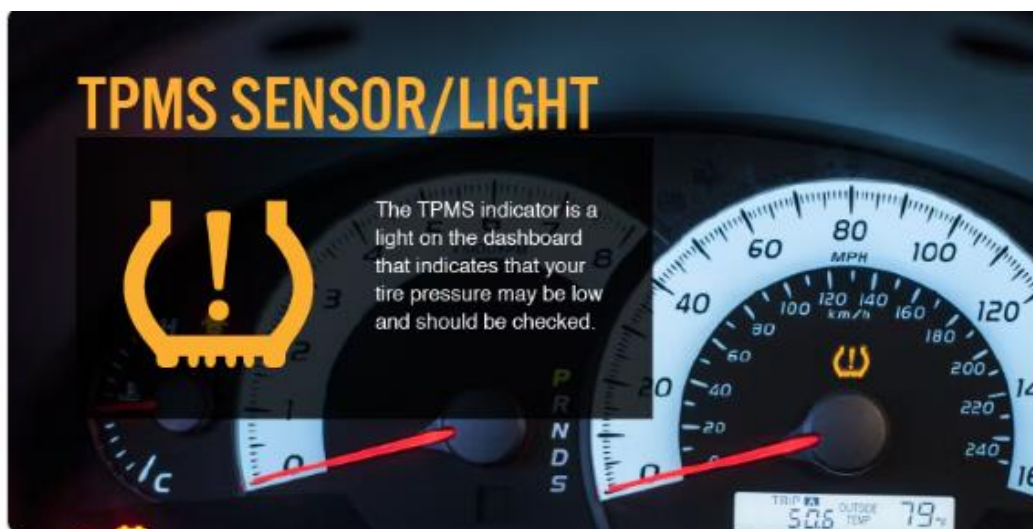
4.2 ระบบตรวจสอบความผิดปกติของยาง (Tire Pressure Monitoring System หรือ TPMS)

ระบบตรวจสอบความผิดปกติของยาง หรือที่เรียกว่า ระบบตรวจสอบแรงดันลมยาง (Tire Pressure Monitoring System (TPMS)) เป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนผู้ขับขี่เมื่อแรงดันลมยางของยานยนต์ลดลง หรือสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด ซึ่งระบบนี้จะช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถตรวจสอบสภาพลมยางได้อย่างรวดเร็วและทันเวลา เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและเพิ่มประสิทธิภาพในการขับขี่ โดย TPMS นั้นมีส่วนช่วยเรื่อง ความปลอดภัย กล่าวคือลมยางที่อ่อนเกินไปจะทำให้ยางเสื่อมสภาพเร็วขึ้น เกิดการบวมของยาง และอาจทำให้ยางระเบิดขณะขับขี่ได้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ขับขี่และผู้โดยสาร ช่วยประหยัดน้ำมัน เนื่องจากลมยางที่เหมาะสมจะช่วยลดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และเพิ่มอายุการใช้งานของยาง โดยการรักษาระดับแรงดันลมยางที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการใช้งานของยางยานยนต์ โดย TPMS นั้นมี 2 ประเภทหลัก ได้แก่

Direct TPMS (Direct Tire Pressure Monitoring System) คือระบบตรวจสอบแรงดันลมยางที่ใช้เซ็นเซอร์ภายในล้อรถเพื่อวัดแรงดันลมยางโดยตรง ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกส่งไปยังหน่วยควบคุมกลาง (ECU) ของรถยนต์ ซึ่งจะแจ้งเตือนผู้ขับขี่หากแรงดันลมยางผิดปกติ โดยคุณสมบัติของ Direct TPMS คือการวัดแรงดันลม

ยางโดยตรง เช่นเซ็นเซอร์ในล้อจะวัดแรงดันและอุณหภูมิของยาง ทำให้ระบบมีความแม่นยำสูง รวมถึงการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ โดยระบบจะแจ้งเตือนทันทีเมื่อแรงดันลมยางต่ำหรือสูงเกินไป ช่วยป้องกันอุบัติเหตุ

Indirect Tire Pressure Monitoring System (Indirect TPMS) คือระบบตรวจสอบแรงดันลมยางที่ใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์อื่น ๆ ที่มีอยู่ในรถยนต์ เช่น เซ็นเซอร์ระบบเบรก ABS หรือเซ็นเซอร์ระบบควบคุมเสถียรภาพการทรงตัว (ESC) เพื่อประเมินแรงดันลมยางโดยอ้อม แทนที่จะวัดแรงดันลมยางโดยตรงเหมือนใน Direct TPMS ระบบนี้จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการหมุนของล้อเพื่อระบุว่าแรงดันลมยางลดลงหรือไม่ โดยการทำงานของ Indirect TPMS จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเร็วของล้อ โดยระบบจะเปรียบเทียบความเร็วในการหมุนของล้อทั้งสี่ หากล้อใดล้อหนึ่งมีความเร็วที่แตกต่างจากล้ออื่น ๆ อาจบ่งบอกว่าแรงดันลมยางในล้อนั้นลดลง เนื่องจากยางที่มีแรงดันลมยางต่ำจะมีเส้นรอบวงเล็กลงและหมุนเร็วกว่าล้ออื่น จากนั้นจะส่งสัญญาณเตือนเมื่อระบบตรวจพบความแตกต่างในความเร็วของล้อ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ขับขี่ผ่านสัญญาณบนแผงหน้าปัด แสดงในรูปที่ 26



รูปที่ 26 การแจ้งเตือนแรงดันลม

ที่มา <http://www.bridgestonetire.com/learn/maintenance/tpms-light-on/>

4.3 ระบบเบรก (Brake System)

ระบบเบรกในยานยนต์ไฟฟ้า นั้นมีความแตกต่างจากยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในอยู่บ้าง เนื่องจากโครงสร้างและหลักการทำงานที่แตกต่างกัน แต่เป้าหมายหลักยังคงเหมือนเดิมคือการทำให้รถหยุดนิ่งได้อย่างปลอดภัย โดยเซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ในระบบเบรก คือ เซ็นเซอร์วัดตำแหน่งแป้นเบรก, เซ็นเซอร์สัญญาณไฟเบรก, เซ็นเซอร์วัดความเร็วล้อ และเซ็นเซอร์ YAW

4.3.1 เซ็นเซอร์วัดตำแหน่งแป้นเบรก (Brake Pedal Position Sensor)

เซ็นเซอร์วัดตำแหน่งแป้นเบรก หรือ Brake Pedal Position Sensor เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณแป้นเบรก มีหน้าที่ตรวจวัดและส่งสัญญาณเกี่ยวกับตำแหน่งของแป้นเบรกไปยัง ECU (Electronic Control Unit) ของยานยนต์ เพื่อให้ ECU สามารถควบคุมระบบเบรกได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ โดยยานยนต์ไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องใช้เซ็นเซอร์วัดตำแหน่งแป้นเบรก เนื่องจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเบรก โดยช่วยให้ระบบเบรกตอบสนองต่อการเหยียบเบรกได้ทันทีและแม่นยำมากขึ้น สามารถควบคุมระบบเสริมแรงเบรก โดยจะทำงานร่วมกับระบบเสริมแรงเบรก (ABS, EBD) เพื่อให้การเบรกมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถควบคุมระบบควบคุมเสถียรภาพ กล่าวคือช่วยให้รถยนต์รักษาเสถียรภาพในการเบรก สามารถควบคุมระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ โดยจะทำงานร่วมกับระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ เพื่อปรับความเร็วของรถให้เหมาะสม และที่สำคัญคือ รองรับระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ เช่น ระบบช่วยเบรกฉุกเฉินอัตโนมัติ ซึ่งเซ็นเซอร์วัดตำแหน่งแป้นเบรกมีหลักการทำงาน คือ

1. **ตรวจวัดตำแหน่ง** คือเมื่อผู้ขับขี่เหยียบแป้นเบรก เซ็นเซอร์จะตรวจวัดการเคลื่อนที่ของแป้นเบรก และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า
2. **ส่งสัญญาณไปยัง ECU** สัญญาณไฟฟ้าจะถูกส่งไปยัง ECU
3. **ประมวลผล โดย ECU** จะประมวลผลข้อมูลและสั่งการให้ระบบเบรกทำงานตามที่ต้องการ เช่น เพิ่มแรงดันน้ำมันเบรก, เปิดระบบ ABS, หรือปรับการทำงานของระบบควบคุมเสถียรภาพ

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า เซ็นเซอร์วัดตำแหน่งแป้นเบรกมีบทบาทสำคัญในการทำให้ระบบเบรกของรถยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย การดูแลรักษาเซ็นเซอร์ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาความปลอดภัยในการขับขี่

4.3.2 เซ็นเซอร์สัญญาณไฟเบรก (Brake Pedal Position Sensor)

เซ็นเซอร์สัญญาณไฟเบรก เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ติดตั้งอยู่ในระบบเบรกของยานยนต์ มีหน้าที่หลักในการตรวจสอบและส่งสัญญาณเมื่อมีการเหยียบแป้นเบรก เพื่อให้ไฟเบรกสว่างขึ้นเตือนผู้ขับขี่คันหลัง โดยเซ็นเซอร์สัญญาณไฟเบรก มีส่วนช่วยในเรื่องของความปลอดภัย โดยไฟเบรกที่สว่างขึ้นจะแจ้งเตือนให้ผู้ขับขี่คัน

หลังทราบว่ารถคันหน้ากำลังชะลอความเร็วหรือหยุดรถ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการชนท้าย รวมถึงทางด้านกฎหมาย กล่าวคือการใช้ไฟเบรกเป็นข้อบังคับตามกฎหมายจราจร เพื่อความปลอดภัยบนท้องถนน และเซ็นเซอร์สัญญาณไฟเบรกมีหลักการทำงานคือ

1. **การเหยียบแป้นเบรก** เมื่อผู้ขับขี่เหยียบแป้นเบรก เซ็นเซอร์จะตรวจจับการเคลื่อนไหวของแป้นเบรกหรือความดันในระบบเบรก
2. **ส่งสัญญาณไฟฟ้า** เซ็นเซอร์จะแปลงสัญญาณการเคลื่อนไหวเป็นสัญญาณไฟฟ้า
3. **ควบคุมไฟเบรก** สัญญาณไฟฟ้าจะถูกส่งไปยังวงจรควบคุมไฟ เพื่อสั่งให้ไฟเบรกสว่างขึ้น

ทั้งนี้ ประเภทของเซ็นเซอร์สัญญาณไฟเบรกนั้นแบ่ง ได้ 2 ประเภท ได้แก่

1. **เซ็นเซอร์แบบสัมผัส** เป็นเซ็นเซอร์ที่จะสัมผัสกับส่วนที่เคลื่อนไหวของระบบเบรก เมื่อมีการเบรก เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณ
2. **เซ็นเซอร์แบบความดัน** เป็นเซ็นเซอร์จะตรวจวัดความดันในระบบเบรก เมื่อมีการเหยียบเบรก ความดันจะเพิ่มขึ้น เซ็นเซอร์จะตรวจจับและส่งสัญญาณ

โดยข้อสรุปคือ เซ็นเซอร์สัญญาณไฟเบรกเป็นส่วนประกอบเล็กๆ แต่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความปลอดภัยในการขับขี่ การตรวจสอบและบำรุงรักษาเซ็นเซอร์ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้มั่นใจว่าไฟเบรกจะทำงานได้อย่างสมบูรณ์และแจ้งเตือนผู้ขับขี่รถคันหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3.3 เซ็นเซอร์ YAW (Yaw Sensor)

เซ็นเซอร์ Yaw หรือ เซ็นเซอร์วัดอัตราการหมุนรอบแกนตั้ง เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตรวจวัดและวัดปริมาณการหมุนรอบแกนตั้งของวัตถุ หรือในกรณีของยานยนต์ ก็คือการหมุนรอบแกนแนวตั้งของตัวรถ กล่าวคือ เซ็นเซอร์นี้จะบอกว่ารถกำลังเลี้ยวไปทางซ้ายหรือขวา ด้วยความเร็วเท่าไร โดยเซ็นเซอร์ Yaw นั้นสามารถควบคุมเสถียรภาพ โดยเซ็นเซอร์ Yaw มีบทบาทสำคัญในการทำงานของระบบควบคุมเสถียรภาพ (ESC) โดยจะช่วยให้ระบบประมวลผลข้อมูล (ECU) ตรวจจับการสูญเสียการควบคุมของรถ และสั่งการให้ระบบต่างๆ เช่น ระบบเบรก และระบบควบคุมการขับเคลื่อน ทำงานเพื่อแก้ไขสถานการณ์ รวมถึงสามารถช่วยในระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ โดยเซ็นเซอร์ Yaw ถูกนำมาใช้ในระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่อื่นๆ เช่น ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ ระบบช่วยรักษารถให้อยู่ในช่องทาง และระบบช่วยจอดรถ และความสามารถในการวิเคราะห์การขับขี่ โดยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ Yaw สามารถนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีรถยนต์ให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งหลักการทำงาน เซ็นเซอร์ Yaw ทำงานโดยอาศัยหลักการวัดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหมุนรอบแกนตั้ง ซึ่งอาจใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกันออกไป เช่น

1. **Gyroscope** คือใช้หลักการหมุนของวงล้อเพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง

2. **Accelerometer** คือวัดความเร่งเชิงมุมรอบแกนตั้ง

3. **Rate Sensor** คือวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของมุม

กล่าวคือ เซ็นเซอร์ Yaw เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญในยานยนต์สมัยใหม่ มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการขับขี่ ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ Yaw จะถูกนำไปประมวลผลร่วมกับข้อมูลจากเซ็นเซอร์อื่นๆ เพื่อให้ระบบต่างๆ ของยานยนต์ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.4 ระบบช่วยเหลือในการจอด (Parking Assistance System)

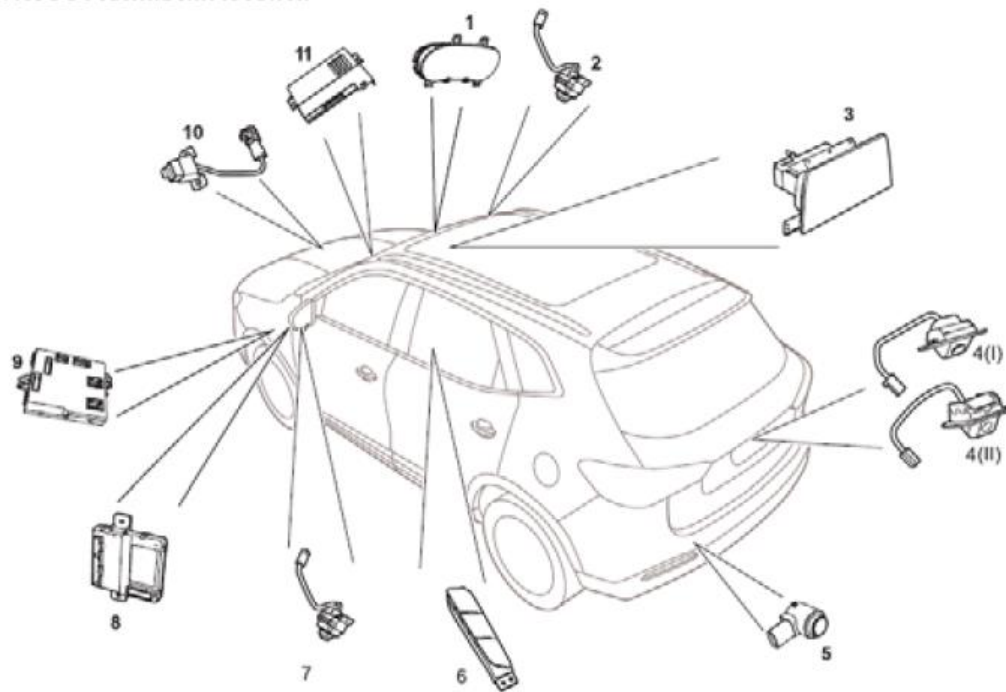
ระบบช่วยเหลือในการจอด หรือที่เรียกกันติดปากว่า ระบบช่วยจอด เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ขับขี่ในการจอดรถ โดยเฉพาะในพื้นที่แคบหรือที่จอดรถที่ซับซ้อน ระบบนี้จะใช้เซ็นเซอร์และกล้องต่างๆ รอบตัวรถ เพื่อตรวจจับวัตถุรอบข้าง และคำนวณระยะห่างในการจอดรถให้เหมาะสมโดยทั่วไป ระบบช่วยเหลือในการจอดจะทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์หลายชนิด เช่น เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก เป็นเซ็นเซอร์ที่ปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูง และรับคลื่นสะท้อนกลับ เพื่อวัดระยะห่างกับวัตถุรอบข้าง กล้องรอบคันรถ ที่ให้ภาพมุมมองรอบตัวรถ ช่วยให้ผู้ขับขี่เห็นสิ่งกีดขวางได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และเรดาร์ ที่ใช้คลื่นวิทยุในการตรวจจับวัตถุในระยะไกล เมื่อผู้ขับขี่เปิดใช้งานระบบ ระบบจะทำการสแกนพื้นที่รอบๆ รถ และแสดงผลข้อมูลบนหน้าจอแสดงผลภายในรถ เช่น เสียงเตือน ระยะห่าง หรือภาพจากกล้อง เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถควบคุมรถเข้าจอดได้อย่างปลอดภัย และประเภทของระบบช่วยเหลือในการจอดแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. **ระบบช่วยจอดแบบธรรมดา** กล่าวคือจะมีเสียงเตือนเมื่อรถเข้าใกล้สิ่งกีดขวาง และแสดงผลระยะห่างบนหน้าจอ

2. **ระบบช่วยจอดอัตโนมัติ** โดยระบบจะควบคุมพวงมาลัยและคันเร่งให้โดยอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้รถเข้าจอดในช่องจอดที่เหมาะสม โดยผู้ขับขี่เพียงแค่ควบคุมคันเร่งและเบรกเท่านั้น

โดยระบบช่วยเหลือในการจอดนั้นเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจและมีประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ที่มีที่จอดรถจำกัด การมีระบบช่วยเหลือในการจอดจะช่วยให้การขับขี่เป็นเรื่องที่ง่ายและสะดวกสบายมากขึ้น ตัวอย่างแผนผังระบบช่วยเหลือในการจอด แสดงในรูปที่ 27 โดยเป็นระบบช่วยจอดของยานยนต์ยี่ห้อ MG เป็นตัวอย่าง

แผนผังระบบช่วยเหลือในการจอดรถ



- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. แผงหน้าปัด | 6. สวิตช์ระบบกล้องมองภาพรอบทิศทาง |
| 2. กล้องมองภาพรอบทิศทางด้านขวา | 7. กล้องมองภาพรอบทิศทางด้านซ้าย |
| 3. ระบบเครื่องเสียง | 8. เกตเวย์ |
| 4. (I) กล้องมองภาพรอบทิศทางด้านหลัง (หากมี) | 9. โมดูลควบคุมระบบไฟฟ้าตัวถังรถ (BCM) |
| (II) กล้องด้านหลัง (หากมี) | 10. กล้องมองภาพรอบทิศทางด้านหน้า |
| 5. เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกด้านหลัง | 11. โมดูลควบคุมกล้องมองภาพรอบทิศทาง |

รูปที่ 27 แผนผังระบบช่วยเหลือในการจอดของรถ MG

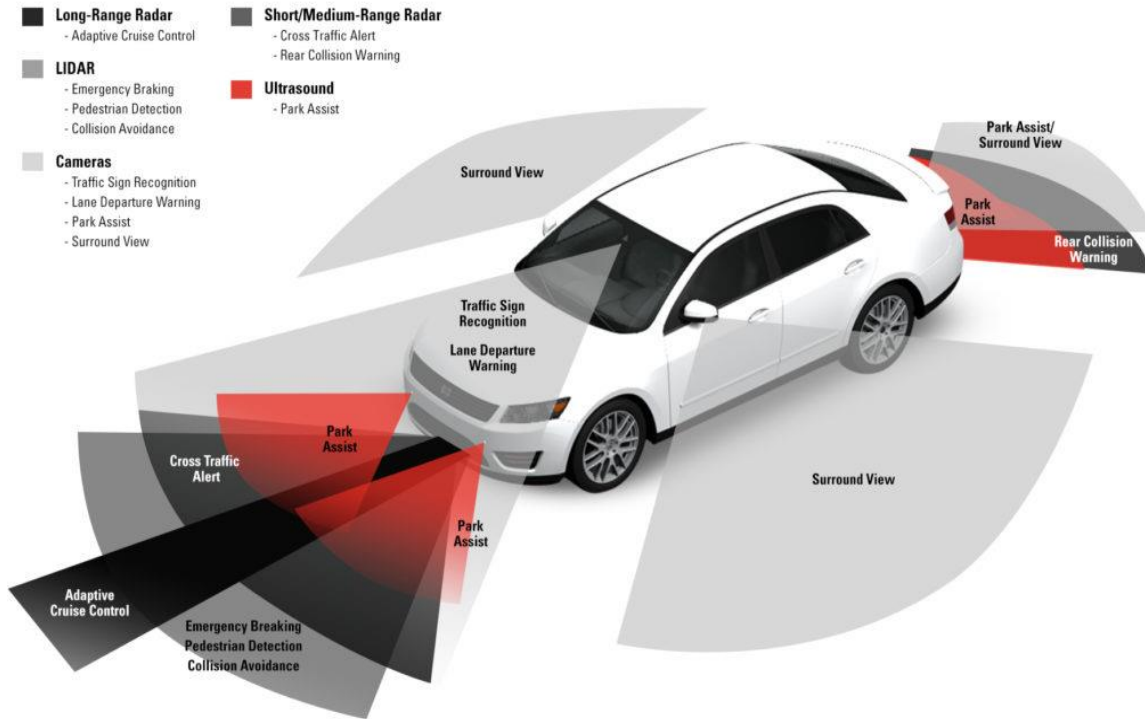
4.5 ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)

ระบบ Advanced Driver-Assistance Systems หรือ ระบบ ADAS คือระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง ที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ โดยอาศัยเทคโนโลยีเซ็นเซอร์และกล้องต่างๆ แสดงตัวอย่างระบบ ADAS ในรูปที่ 28 โดยระบบ ADAS นั้นมีเพื่อตรวจจับสภาพแวดล้อมรอบรถ เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ จักรยาน คนเดินถนน สิ่งกีดขวาง เป็นต้น และส่งสัญญาณเตือนหรือบังคับควบคุมรถเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ ระบบ ADAS มีประโยชน์อย่างมากในการช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่ยากแก่การมองเห็น เช่น ในเวลากลางคืน หรือในสภาพอากาศที่ไม่ดี นอกจากนี้ ระบบ ADAS ยังช่วยเพิ่มความมั่นใจในการขับขี่ให้กับผู้ขับขี่อีกด้วย โดยระบบ ADAS มีประโยชน์อย่างมากในการช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่ยากแก่การมองเห็น เช่น ในเวลากลางคืน หรือในสภาพ

อากาศที่ไม่ดี นอกจากนี้ ระบบ ADAS ยังช่วยเพิ่มความมั่นใจในการขับขี่ให้กับผู้ขับขี่อีกด้วย โดยปัจจุบัน ระบบ ADAS ถูกติดตั้งในยานยนต์รุ่นใหม่ ๆ มากขึ้น และคาดว่าในอนาคต ระบบ ADAS จะยังมีความสำคัญมากขึ้น จากที่กล่าวมานั้นระบบ ADAS มีหลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน้าที่การทำงาน เช่น

1. **ระบบเตือนก่อนการชน (Forward Collision Warning)** ทำหน้าที่ตรวจจบบรณต์ รถจักรยานยนต์ คนเดินถนน หรือสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้ารถ และส่งสัญญาณเตือนผู้ขับขี่ให้ชะลอความเร็วหรือหยุดรถ
2. **ระบบเบรกฉุกเฉินอัตโนมัติ (Automatic Emergency Braking)** ทำหน้าที่ตรวจจบบรณต์ รถจักรยานยนต์ คนเดินถนน หรือสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้ารถ และทำการเบรกอัตโนมัติเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ
3. **ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบปรับได้ (Adaptive Cruise Control)** ทำหน้าที่รักษาความเร็วให้คงที่ตามรถยนต์คันหน้า โดยปรับความเร็วอัตโนมัติตามระยะห่างระหว่างรถ
4. **ระบบช่วยเปลี่ยนเลนอัตโนมัติ (Lane Change Assist)** ทำหน้าที่ตรวจจบบเส้นแบ่งเลน และทำการช่วยเหลือผู้ขับขี่ในการเปลี่ยนเลน
5. **ระบบช่วยรักษารถให้อยู่ในเลน (Lane Keeping Assist)** ทำหน้าที่ตรวจจบบเส้นแบ่งเลน และทำการช่วยเหลือผู้ขับขี่ในการบังคับพวงมาลัยให้รถอยู่ในเลน
6. **ระบบเตือนรถออกนอกเลน (Lane Departure Warning)** ทำหน้าที่ตรวจจบบเส้นแบ่งเลน และส่งสัญญาณเตือนผู้ขับขี่หากรถออกนอกเลนโดยไม่ได้ตั้งใจ
7. **ระบบเตือนจุดอับสายตา (Blind Spot Monitoring)** ทำหน้าที่ตรวจจบบรณต์ที่อยู่ด้านข้างรถที่ผู้ขับขี่มองไม่เห็น และส่งสัญญาณเตือนผู้ขับขี่
8. **ระบบเตือนรถด้านหลังขณะถอยหลัง (Rear Cross Traffic Alert)** ทำหน้าที่ตรวจจบบรณต์หรือรถจักรยานยนต์ที่อยู่ด้านหลังรถขณะถอยหลัง และส่งสัญญาณเตือนผู้ขับขี่

ADAS: THE CIRCLE OF SAFETY



รูปที่ 28 ระบบ ADAS ในยานยนต์

ที่มา <https://www.laminafilms.com/th/article/what-is-lamina-digital-boost>