บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับหุ่นยนต์

ยุคสมัยนี้อะไรๆ ก็ต้องหุ่นยนต์ นี่ก็หุ่นยนต์ แต่เราเคยสงสัยไหมว่าหุ่นยนต์คืออะไร แล้วของเล่นประเภทรถบังคับถือเป็นหุ่นยนต์หรือเปล่าหรือว่าหุ่นยนต์ต้องเป็นรูปร่างเหมือนคนจนหลายคนสงสัยกับคำว่า "หุ่นยนต์" หรือ "โรบอท (Robot)" ว่ามีความหมายว่าอย่างไร

ถ้าว่าตามหลักวิชาการแล้ว ความหมายของหุ่นยนต์ตามสถาบันหุ่นยนต์อเมริกา (The Robot Institute of America) ได้ให้คำจำกัดความของหุ่นยนต์ไว้ว่า "หุ่นยนต์คือ เครื่องจักรใช้งานแทนมนุษย์ที่ออกแบบให้สามารถตั้งลำดับการทำงาน, การใช้งานได้หลายหน้าที่ ใช้เคลื่อนย้ายวัสดุ, ส่วนประกอบ, เครื่องมือ หรือ อุปกรณ์พิเศษ ตลอดจนการเคลื่อนที่ได้ หลากหลายตามที่ตั้งลำดับการทำงาน เพื่อใช้ในงานหลายประเภท" (A robot is a reprogrammable, multifunctional manipulator designed to move materials, parts, tools, or specialized devices through various programmed motions for the performance of a variety of tasks.)

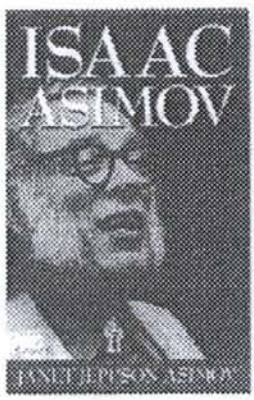
เราสรุปง่ายๆ ก็คือ อะไรก็ตามที่เป็นเครื่องจักรกลแล้วใช้ทำงานแทนมนุษย์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่ว่าจะเป็นการทำงานอัตโนมัติและการทำงานโดยใช้มนุษย์ควบคุม ตลอดจนสามารถเปลี่ยนรูปแบบการทำงานได้ ถือว่าเป็นหุ่นยนต์ เพราะฉะนั้นของเล่นจะไม่ได้เป็นหุ่นยนต์เพราะของเล่นนั้นไม่ได้ใช้ทำงานแทนมนุษย์ แต่ถ้าดัดแปลงของเล่นให้ใช้ทำงานแทนมนุษย์ เช่น ดัดแปลงรถของเล่นให้เป็นเครื่องถูบ้าน รถของเล่นก็จะสามารถดัดแปลงเป็นหุ่นยนต์ได้

2.1.1 ก่อนหุ่นยนต์จะเกิดเป็นตัวเป็นตน

ในสมัยอดีตกาลในยุคที่หุ่นยนต์ยังไม่ได้เกิดขึ้นในโลก มนุษย์ก็จินตนาการไว้ว่าถ้ามีอะไรซักอย่างมาทำงานแทนมนุษย์ก็ดีมาก จึงเกิดคำว่า โรบอท (Robot) ขึ้น โดยคำว่าโรบอท มาจากคำว่า Robotic ในภาษาเช็กแปลว่าทำงานเยี่ยงทาส ซึ่งเกิดขึ้นในละครเวที เรื่อง ราสซึมส ยูนิเวอร์แซล โรบอท (Rassum's universal robot) ในปี ค.ศ. 1920 หรือปี พ.ศ. 2463 แต่งโดยนักแต่งละครชาวเช็ก ชื่อ นายคาเวล คาเปก (Kavel Capek) โดยเนื้อเรื่องว่าด้วย มนุษย์ได้ประดิษฐ์เครื่องจักรมาทำงานเป็นทาสมนุษย์แล้วต่อมาเครื่องจักรเหล่านั้นก็มีความคิดเหมือนมนุษย์ จึงลุกขึ้นมาต่อต้านไม่ยอมเป็นทาสรับใช้ ในสมัยก่อนเรื่องนี้โด่งดังมาก คำว่าโรบอทจึงเป็นที่รู้จัก

ต่อมาในปี ค.ศ. 1942 หรือปี พ.ศ. 2487 นักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ชื่อ ไอแซก อะซิมอฟ (Isaac Asimov) ได้เขียนนิยายสั้นวิทยาศาสตร์เรื่อง รันอะราว (Runaround) ซึ่งได้นำคำว่าโรบอทมาใช้ และต่อมาได้ถูกรวบรวมไว้ในนิยายวิทยาศาสตร์ที่โด่งดังชื่อ ไอโรบอท (I-Robot) ทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้รู้จักคำว่า โรบอท ครั้งแรกผ่านทางนิยายวิทยาศาสตร์ โรบอทจึงเป็นที่น่าสนใจและถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายเป็นแนวคิดและจินตนาการในการประดิษฐ์และสร้างหุ่นยนต์ในเวลาต่อมา

รูปที่ 2.1 คาเวล คาเปกผู้ให้กำเนิดคำว่า Robot [1]

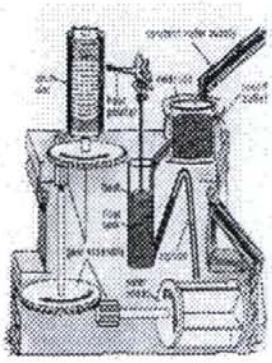


รูปที่ 2.2 ไอแซก อะซิมอฟ
นักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์เรื่อง ไอโรบอท ซึ่งเป็นการจุดประกายเรื่องหุ่นยนต์ในเวลาต่อมา [1]

2.1.2 จากจินตนาการสู่ความเป็นจริง

ในสมัยโบราณนาฬิกาที่คนใช้บอกเวลาจะเป็นนาฬิกาแดดซึ่งใช้ได้แค่ในช่วงกลางวันเท่านั้น และในช่วงกลางคืนก็ต้องใช้คนดูนาฬิกาทรายและรายงานเวลา จึงได้มีการคิดประดิษฐ์เครื่องจักรที่ทำงานแทนมนุษย์นั้นเกิดขึ้น คือ เครื่อง คริบไซดรา (Clepsydra) หรือ นาฬิกาน้ำ ถูกสร้างเมื่อ 250 ปีก่อนคริสตร์กาล โดยนักฟิสิกส์ชาวกรีก ชื่อ คีทซิบัว ออฟ อะเล็กซานเดีย (Ctesibiua of Alexandria) เครื่องจักรกลนี้ทำหน้าที่บอกเวลาแทนมนุษย์โดยใช้พลังงานจากการไหลของน้ำมาทำให้กลไกทางเครื่องกลทำงานและเป็นครั้งแรกเลยที่มนุษย์ได้สร้างเครื่องจักรที่ทำงานแทนมนุษย์

ในยุคถัดมาที่มนุษย์รู้จักไฟฟ้าแล้ว ได้เริ่มมีความคิดที่จะควบคุมเครื่องจักรโดยไม่ต้องใช้สายไฟ จนกระทั่ง นิโคลัส เทสลาร์ (Nicola Tesla) สามารถใช้คลื่นวิทยุควบคุมหุ่นยนต์เรือขนาดเล็กที่ เมดิ-สันสแคว์ กรุงนิวยอร์ก ในงานแสดงผลงานทางไฟฟ้าในปี ค.ศ. 1898 ทำให้คนสมัยนั้นตื่นเต้นอย่างมาก



รูปที่ 2.3 ระบบภายในของ คริบไซดรา (Clepsydra) หุ่นยนต์ตัวแรกของโลก [1]

รูปที่ 2.4 โปสเตอร์ในงานแสดงผลงานทางไฟฟ้าที่ นิโคลัส เทสลาร์ (Nicola Tesla) ได้ใช้คลื่นวิทยุควบคุมหุ่นยนต์เรือขนาดเล็กที่ เมดิสันสแคว์ กรุงนิวยอร์ก [1]

หุ่นยนต์ที่เป็นตัวเป็นตนเกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1940- ค.ศ. 1950 ได้มีการสร้างหุ่นยนต์ที่ชื่อ เอลซิ เดอะ โทลทอส (Elsie the tortoise) ประดิษฐ์ขึ้นโดย เกรย์ วอลเตอร์ (Grey Walter) เป็นการนำมอเตอร์ไฟฟ้ามาประกอบเป็นเครื่องจักรที่เคลื่อนที่ได้ด้วยล้อและในช่วงเวลาเดียวกันนี้เอง ได้มีการ

สร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตัวแรกชื่อ ชาคคีย์ จะเหนือกว่าคือสามารถคิดเองได้และมีเซนเซอร์ช่วยตัดสินใจในการเคลื่อนที่ พัฒนาโดยสถาบันวิจัยเทคโนโลยีสแตนฟอร์ด (Stanford Research Institute: SRI)

นอกเหนือจากหุ่นยนต์ที่เป็นล้อแล้ว ในปี ค.ศ. 1960 ได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์เดินด้วยขาตัวแรกที่มีขนาดใหญ่ที่ชื่อว่า เจนเนอรัล อิเล็กทริกวอลกิ้งทรัก (General electric walking truck) มีน้ำหนักมากถึง 3000 ปอนด์ สามารถเดินได้ด้วย 4 ขา ด้วยความเร็ว 4 ไมล์/ชั่วโมง ซึ่งมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณการขยับขา พัฒนาโดยวิศวกรของบริษัทเจนเนอรัล อิเล็กทริก (General Electric) ชื่อ ราฟ มูเซอร์ (Ralph Moser) ทำให้ทั่วโลกรู้สึกตื่นตัวในหุ่นยนต์อย่างมาก

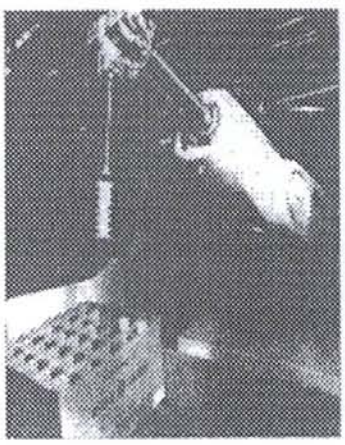
รูปที่ 2.5 เอลซิ เดอะ โทลทอส (Elsie the tortoise) หุ่นยนต์รูปร่างเต่า สร้างโดย เกรย์ วอลเตอร์ (Grey Walter) [1]

รูปที่ 2.6 ชาคคีย์ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตัวแรกที่สามารถคิดได้เองและยังมีการรับรู้สภาพแวดล้อมเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ [1]

รูปที่ 2.7 หุ่นยนต์เดินด้วยขาตัวแรก เจนเนอรัล อิเล็กทริกวอลกิ้งทรัก (General Electric) พัฒนาโดย ราฟท์ มูเซอร์ (Ralph Moser) บริษัทเจนเนอรัล อิเล็กทริก ในปี ค.ศ.1960 [1]

หลังจากที่ได้มีการเริ่มประดิษฐ์หุ่นยนต์ขึ้นมาให้ทั่วโลกตื่นตัวแล้ว ในแวดวงอุตสาหรรมก็ได้เริ่มมีความคิดที่จะเพิ่มแรงงานขึ้น โดยไม่ต้องอาศัยแรงงานของมนุษย์จึงมีการคิดค้นสร้างหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมตัวแรกชื่อ ยูนิเมท (Unimates) พัฒนาและสร้างโดย จอร์จ เดอโวล (George Devol) และโจอี้ เอ็นกลิเบรเกอร์ (Joe Engleberger) ในช่วง ค.ศ. 1950-1960 ทำให้เกิดหุ่นยนต์ทางอุตสาหกรรมตัวแรกเกิดขึ้นในโลก

ต่อมา โจอี้ เอ็นกลิเบรเกอร์ เองได้แยกตัวเองออกมาตั้งบริษัทสร้างหุ่นยนต์ชื่อว่า ยูนิเมชั่น (Unimation) และประสบความสำเร็จในการสร้างและพัฒนาทำให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายจน โจอี้ เอ็นกลิเบรเกอร์ ได้รับการยกย่องและมีสมญานามว่าเป็น "บิดาของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม"

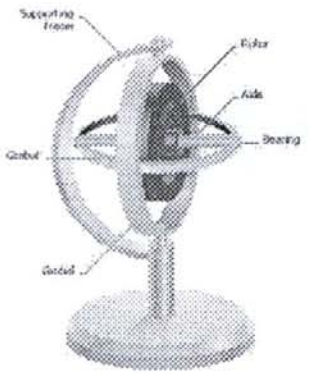


รูปที่ 2.8 ยูนิเมท (Unimates) หุ่นยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมตัวแรกของโลก [1]

รูปที่ 2.9 โจอี้ เอ็นกลิเบรเกอร์ (Joe Engleberger) บิดาของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม
ผู้ก่อตั้งริษัท ยูนิเมชั่น [1]

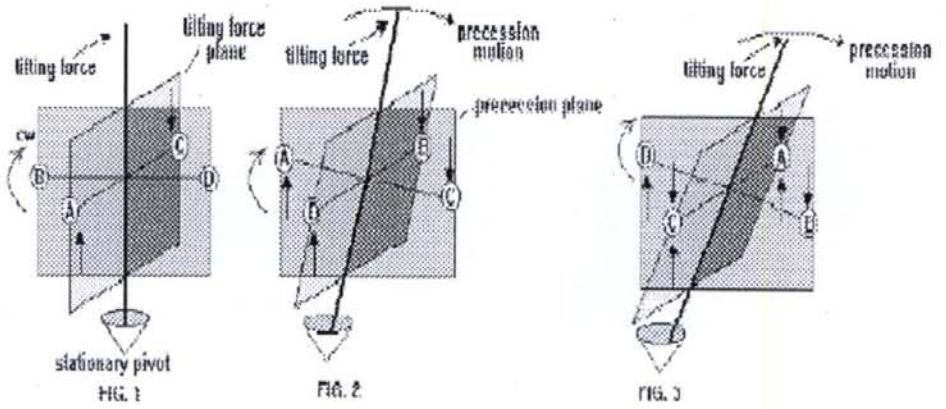
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Rate gyroscope

Gyroscope คืออะไร ไจโรสโคป เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยแรงเฉื่อยของล้อหมุนเพื่อช่วยรักษาระดับทิศทางของแกนหมุนประกอบด้วยล้อหมุนเร็วบรรจุอยู่ในกรอบอีกทีหนึ่ง ทำให้เอียงในทิศทางต่างๆ ได้โดยอิสระ นั่นคือหมุนในแกนใดๆ ก็ได้ โมเมนตัมเชิงมุมของล้อดังกล่าวทำให้มันคงรักษาตำแหน่งของมันไว้แม้กรอบล้อจะเอียง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถนำหลักการนี้ เราสามารถนำไจโรสโคปมาเป็นเครื่องมือวัดอัตราเร็วเชิงมุมที่นำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ ได้มากมาย



รูปที่ 2.10 Mechanical gyroscope [2]

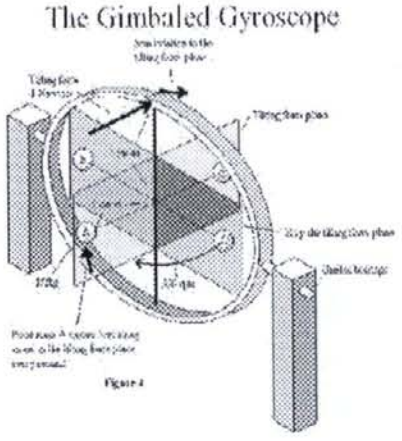
เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยแรงเฉื่อยของล้อหมุน เพื่อช่วยรักษาระดับทิศทางของแกนหมุนประกอบด้วยล้อหมุนเร็วบรรจุอยู่ในกรอบอีกทีหนึ่ง ทำให้เอียงในทิศทางต่างๆได้โดยอิสระ นั่นคือหมุนในแกนใดๆ ก็ได้โมเมนตัมเชิงมุมของล้อดังกล่าวทำให้มันคงรักษาตำแหน่งของมันไว้แม้กรอบล้อจะเอียง



รูปที่ 2.11 หลักการคิด Gyroscope [2]

จากรูปที่ 2.11 จะแทนที่ขอบด้วย A, B, C, D ทั้งแถบในการดูว่า Gyroscope ทำงานอย่างไร จุดล่างสุดเป็นแกนคงที่แต่สามารถหมุนได้รอบทิศทางเมื่อแรงกระทำ (Tilting force) ที่ส่วนบนของแกน Gyroscope จุด A จะเคลื่อนที่ขึ้นตามแนวตั้ง จุด C เลื่อนลงตามแนวนอนพร้อมกัน A และ B หมุนไป 900เช่นเดียวกับที่เกิดกับ C และ D โดยที่ A นั้นยังคงเลื่อนขึ้นในตำแหน่ง 900 และ C เลื่อนลงผลของการเลื่อนของ A และ C ทำให้แกนของ Gyroscope หมุนตามการกระทำของ Precession plane เรียกการเกิดขึ้นของลักษณะนี้ว่า Precession แกนของ Gyroscope จะหมุนไปทางมุมขวา เนื่องจากการหมุน ถ้า Gyroscope ถูกทำให้หมุนทวนเข็มนาฬิกามันก็จะไปทางมุมซ้ายหมายความว่าแรงกระทำตอนต้นเป็นการดึงเมื่อ Gyroscope หมุนไปอีก 90 องศาตาม FIG.3 จุด C จะมาแทนจุด A ในจุดที่แรงกระทำไปแล้วครั้งแรกการเคลื่อนที่ลงของจุด C จะถูกต้านโดย Tilting force ทำให้แกนของ Gyroscope ไม่เปลี่ยนแปลง ยิ่งมีแรง Tilting กระทำมากขึ้นแกนของ Gyroscope ก็จะมีแรงดีดกลับมามากเมื่อขอบของ Precession plane อยู่ที่ 180 องศา ดังนั้นแกนหมุนของไจโรจะเหมือนกับห้อยอยู่กับอากาศ ดูเสมือนว่าท้าทายกับแรงโน้มถ่วง ทั้งๆที่เป็นไปตามกฎของฟิสิกส์ทั้งสิ้น

จากข้างต้นทำให้ทราบว่าการหมุนของแกน Gyroscope เนื่องจากแรงจุด A และ C เคลื่อนที่ขึ้นลงฉะนั้นเมื่อหมุน Gyroscope ในทิศทางตรงกันข้ามกับข้างต้นจะเกิดแรงเคลื่อนที่ขึ้นลงมากขึ้น บางครั้งการเกิดขึ้นของ Precession เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการจึงมักมีการสร้าง Gyroscope แบบมีแกนที่เรียกว่า Gimbaled gyroscope ดังรูป ซึ่งเป็น Gyroscope พื้นฐานถูกติดตั้งไว้ในระนาบที่ตั้งฉากกับแนวแรงเมื่อหมุนขอบไปทางระนาบ Gimbals พลังงานจะถ่ายเทไปยังขอบโดย Tilting force เพื่อหยุดการกระทำนั้น ขอบก็จะหมุนกลับในทิศทางระนาบของแรง Tilting แต่ละครั้งที่ Gyroscope ถูกกระตุ้นแกนจะหมุนไปตามส่วนโค้งในระนาบของแรง Tilting โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนความเร็วรอบการหมุนของขอบรอบๆแกน



รูปที่ 2.12 The gimbaled gyroscope [2]

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ปัจจุบันในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอีเล็กทรอนิกส์เกือบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า วิทยุ โทรทัศน์ รถยนต์ ฯลฯ ต่างมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน (Controller) ของอุปกรณ์ต่างๆ หรือขบวนการต่างๆ

2.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์คืออะไร

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่างๆไว้ภายในตัวของมันเอง โดยมีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ คือ ภายในประกอบด้วย หน่วยรับข้อมูล และโปรแกรม หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง ทำให้มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมันง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็ก และคำว่า คอนโทรลเลอร์ (Controller) หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโคร-ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ที่คนโดยส่วนใหญ่คุ้นเคยดังนั้นกล่าวคือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จึงได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกันโดยได้ทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถึงเดียวกัน

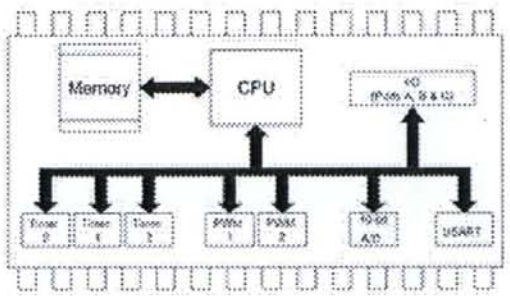
ความแตกต่างของ Microcontroller กับ Microcomputer คือ Microcontroller นั้นมีสมบูรณ์ภายในตัวของมันเอง คือ มีส่วนประกอบต่างๆ ครบถ้วน ส่วน Micro Computer นั้นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ข้างเคียงที่เชื่อมต่อจากภายนอก เช่น แป้นพิมพ์ เครื่องอ่านเขียนแผ่นบันทึก หน่วยความจำ I/O ฯลฯ

นักออกแบบ พัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนนักประดิษฐ์ทั้งหลาย ต่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เลยที่จะต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุม แต่ครั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาต่อ

อนุกรมเพื่อความสามารถที่เราต้องการนั้นก็ใหญ่โตเสียเหลือเกิน ดูเหมือนจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภค และหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อรองรับกับความต้องการ นำไปควบคุมระบบที่ความสามารถที่เราต้องการให้มีขนาดเล็กที่สุด แต่มิใช่เพียงแต่ขนาดเล็กเท่านั้น มันยังสามารถป้อนชุดคำสั่งให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยรูปแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ ตามความถนัด

2.3.2 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ [3]

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

2.3.2.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit)

2.3.2.2 หน่วยความจำ (Memory)

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

2.3.2.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port)

มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

2.3.2.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS)

คือ เส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data bus), บัสแอดเดรส (Address bus) และบัสควบคุม (Control bus) บัสข้อมูลเป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูล เพื่อการประมวลผลทั้งหมด ขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับความสามารถการประมวลผลของซีพียู สำหรับในงานทั่ว ๆไปขนาดของบัสข้อมูลจะเป็น 8 บิต และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นมาจนถึง 16, 32 และ 64 บิต บัสแอดเดรสเป็นสายสัญญาณที่บรรจุค่าตำแหน่งของหน่วยความจำ โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนั้น ซีพียู ต้องกำหนดตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน ดังนั้นจำนวนสายสัญญาณของแอดเดรสจึงต้องมีจำนวนมาก ยิ่งมากเท่าไหร่ ก็จะเป็นการแสดงขนาดของหน่วยความจำที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อได้ โดยสามารถคำนวณได้จากจำนวนแอดเดรสของหน่วยความจำ = 2 ยกกำลัง n (n คือจำนวนของเส้นทาง) ยกตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งมีสายแอดเดรส 10 เส้น ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ 2 ยกกำลัง 10 = 1,024 ตำแหน่งหากต้องการทราบความจุของหน่วยความจำจริง ๆ จะต้องทราบถึงขนาดของบัสข้อมูลก่อนว่าเป็นเท่าใด หากเป็น 8 บิต ความจุของหน่วยความจำที่มีสายแอดเดรส 10 เส้น จะเท่ากับ 8×1024 = 8,192 บิต และ 1 กิโลไบต์ เท่ากับ 1,024 ไบต์ ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าว จึงมีความจุของหน่วยความจำเท่ากับ 8,192 บิต หรือ 1,024 ไบต์ หรือ 1 กิโลไบต์ บัสควบคุมเป็นกลุ่มของ

2.3.2.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

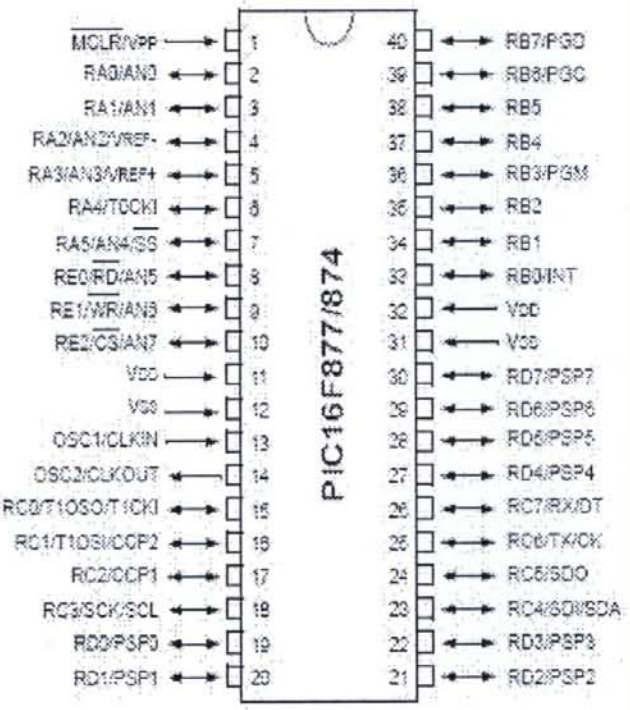
นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ผลิตจาก Microchip ซึ่งในบ้านเราเองนิยมนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งส่วนประกอบ หรือ สถาปัตยกรรมภาพรวมของไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูลนี้โดยเบอร์ต่าง ๆของไอซีจะมีสถาปัตยกรรมแต่ละตัวแตกต่างกันออกไป ซึ่งบางตัวมีให้ใช้งาน บางตัวไม่มีให้ใช้งาน หรือ ตัวใดมีมากกว่าตัวใดหากจะเขียนทั้งหมดคงไม่ไหว แต่จะขอยกรายละเอียดแบบคร่าวมาอธิบายเพื่อทำความเข้าใจกันก่อน ก่อนที่จะไปเขียนโปรแกรมซึ่งในการเขียนโปรแกรมนั้นเราจะต้องรู้รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น ๆด้วย หากต้องการรายละเอียดทั้งหมดสามารถ Load datasheet มาเก็บไว้ให้ไปที่ เว็บไซต์ของ Microchip คุณสมบัติต่าง ๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เราควรทราบ เช่น ความถี่สูงสุดในการทำงาน, หน่วยความจำประเภทต่าง ๆมีค่าเท่าไร, แรงดันในการทำงาน, จำนวน Port I/O, ตอบสนองการอินเตอร์รัพได้กี่แห่ง, มี Time กี่ตัว, มี PWM กี่ชุดมี A/D ภายในตัวมาให้หรือไม่ เป็นต้น ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติที่เหมือนกันบางคุณสมบัติและบางเบอร์มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป

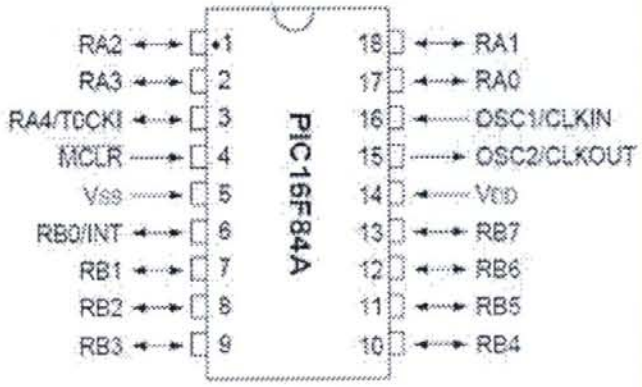
ตารางที่ 2.1 แสดงเบอร์และคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ [3]

คุณสมบัติ	16F877	16F627	16F628	16F84
ความถี่สูงสุด	20MHz	20MHz	20MHz	20MHz
FLASH	8K	1024 bytes	2048 bytes	1024 bytes
RAM	368 bytes	224 bytes	224 bytes	68 bytes
EEPROM	256 Bytes	128 bytes	128 bytes	64 bytes
แรงดันทำงาน	2 - 5.5V	2 - 5.5V	2 - 5.5V	2 - 5.5V
I/O port	A B C D E(33 i/o)	A B (15 i/o)	A B (15 i/o)	A B (12 i/o)
Timer	3	3	3	1
จำนวนขา	40	18	18	18

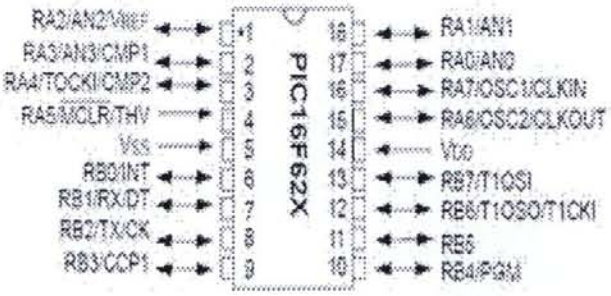
ตัวอย่าง ตำแหน่งขา ของเบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC บางเบอร์ที่นิยมใช้กัน



รูปที่ 2.14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877/874 [3]



รูปที่ 2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84A [3]

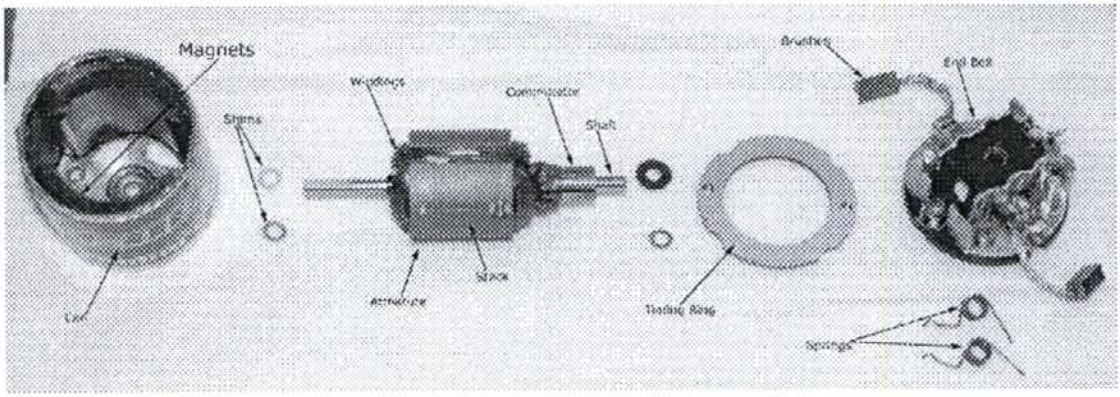


รูปที่ 2.16 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F62X [3]

จะเห็นว่า ตำแหน่งขาต่างๆของ IC จะมีตัวอักษรย่อกำกับไว้ และมีลูกศรแสดงการทำงาน และบางตำแหน่งขาจะมีอักษรย่อมากกว่า 1 กำกับอยู่ จะเห็นว่า 16F87X X , มีขามากสุด และมีการใช้งานของคุณสมบัติต่างมากสุด แต่ของ 16F84 จะมีคุณสมบัติในการทำงานน้อยมาก ลูกศรชี้ทางเดียวแสดงว่าขานั้นทำงานได้ด้านเดียว แต่ถ้าลูกศรชี้ 2 ทิศทาง แสดงว่าขานั้นทำงาน 2 ทิศทาง คือ เป็น Input หรือ Output ก็ได้ ขา VDD จะเป็นตำแหน่งไปเลี้ยง (+5V) และขา VSS จะต้องต่อลงกราวด์ (GND) RA0.RA7 แสดงตำแหน่งการใช้ขานั้นเป็น Input ที่ Port A นั้นๆ ส่วน RB...RC ก็แสดงตำแหน่งของ Port B และ C ด้วยเช่นเดียวกัน ขา CLKIN และ CLKOUT ต่อกับคริสตอล ตามความถี่ที่กำหนดไว้ ขา RB3/CCP1 ขานี้จะทำงานได้ทั้งเป็น RB3 และ CCP1 ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมควบคุม

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์กระแสตรง (DC motor)

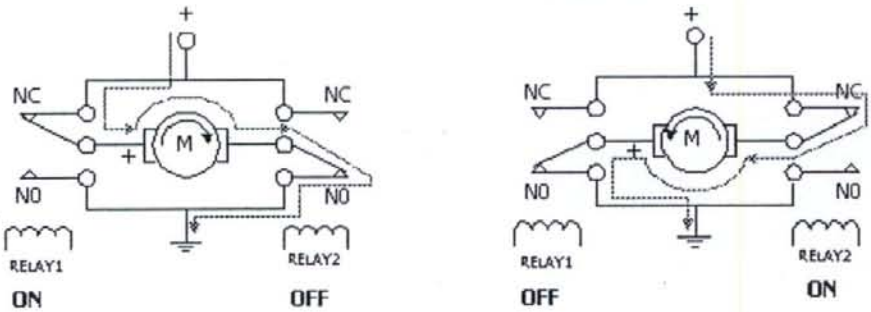
มอเตอร์กระแสตรงจะมีหลักการทำงานโดยวิธีการผ่านกระแสให้กับขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก โดยส่วนของแรงนี้จะขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก จากรูปที่ 2.17 แสดง โครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรงทางเดินของฟลั๊กซ์แม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กจะเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 2 ชิ้นที่ขึ้นรูปเป็นแบบโค้งยึดติดกับตัวถังได้พอดี เพื่อที่จะให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ได้ ดังนั้นความเข้มของแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของแม่เหล็กด้วย ซึ่งส่งผลให้ฟลั๊กซ์แม่เหล็กวิ่งไปบนตัวถังโลหะ กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันกับทุ่นโรเตอร์ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และต้านกับสนามแม่เหล็กถาวรจึงเกิดเป็นแรงบิดเพื่อที่จะหมุนทุ่นโรเตอร์ให้ไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่ากระแสก็จะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์ โดยผ่านแปรงถ่านซึ่งจะสัมผัสกับแหวนตัวนำในทุ่นโรเตอร์และแหวนคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 3 เซกเมนต์เพื่อที่จะทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวด



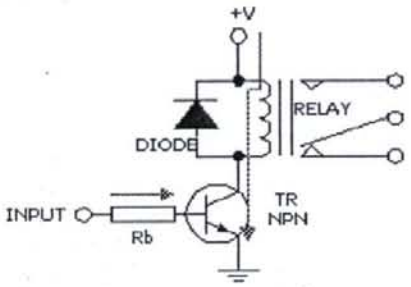
รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง [4]

2.4.1 การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง (DC motor)

ในการใช้พอร์ตขนานเป็นตัวควบคุมการหมุนและทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้นเราจะต้องมีส่วนของวงจรที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจรสวิตซ์ เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรงหรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลังเช่น ทรานซิสเตอร์มอสเฟต แล้วแต่วิธีที่จะเลือกใช้งานจากรูปที่ 2.18 เป็นการใช้รีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการปิด-เปิดที่รีเลย์ 2 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่กลับทิศทางของขั้วไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยการสลับการทำงานของรีเลย์เช่น ให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน (ON) และรีเลย์ตัวที่ 2 หยุดทำงาน (OFF) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้ายและในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน (OFF) และรีเลย์ตัวที่ 2 ทำงาน (ON) ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา



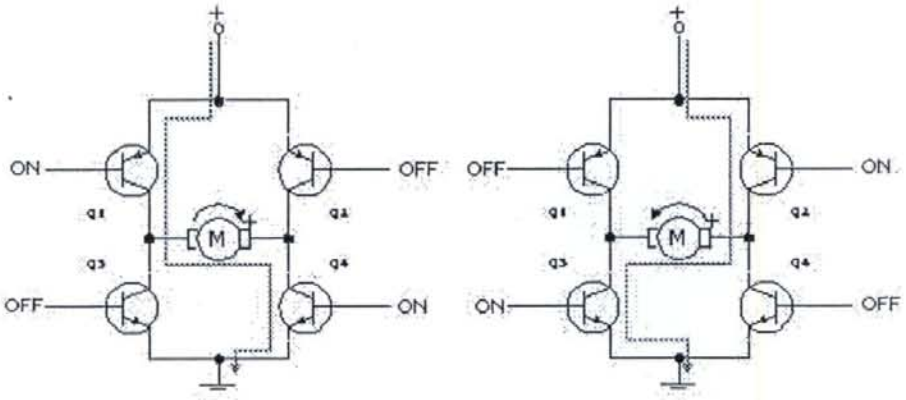
รูปที่ 2.18 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์ [4]



รูปที่ 2.19 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน [4]

จากรูปที่ 2.19 เป็นวงจรขับรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ไม่สามารถจะใช้ขา Output ของพอร์ตขนานได้เพื่อป้อนกันค่าทางกระแสไฟที่ขดลวดของรีเลย์โดยตรงได้ เนื่องจากว่ากระแสที่จ่ายออกมาจากขา Output ของพอร์ตขนานมีค่าน้อยเกินไป

ดังนั้นจึงต้องมีส่วนของวงจรทรานซิสเตอร์เพื่อที่จะทำการขยายกระแสให้เพียงพอในการป้อนให้กับขดลวดของรีเลย์ ส่วนไดโอดนำมาต่อไว้สำหรับป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในขณะเกิดการยุบตัว ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



รูปที่ 2.20 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง [4]

จากรูปที่ 2.20 เป็นวงจรลิเนียร์บริดจ์แอมป์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัวที่ทำหน้าที่ขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้านี้จะมีลักษณะของทิศทางการไหลผ่านทรานซิสเตอร์จากซ้ายไปขวาโดยผ่านมอเตอร์กระแสตรงทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวาในทำนองเดียวกันถ้าหากทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย

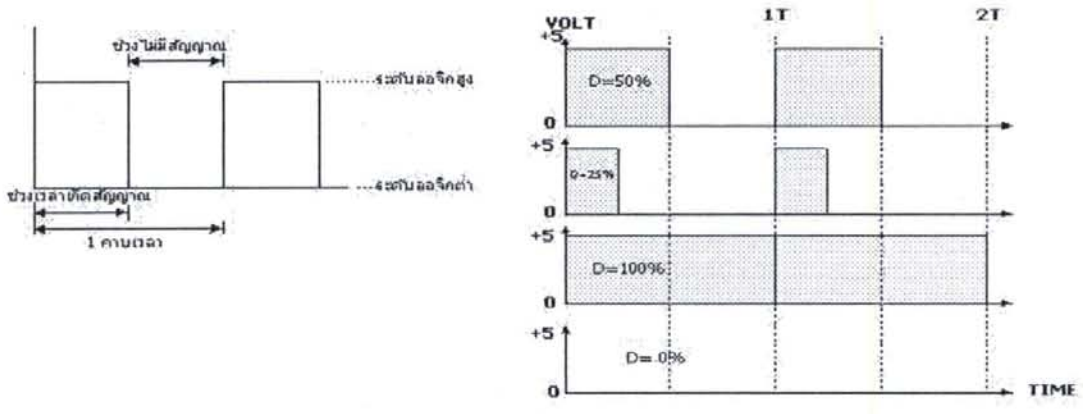
2.4.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่น การควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วยดังนั้น เราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงซึ่งเรียกว่า วิธีการของการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

2.4.3 วิธีการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ (PWM)

การมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วนและความกว้างของสัญญาณพัลส์โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่า

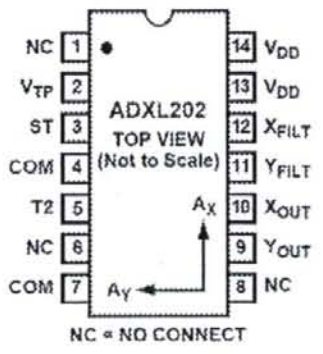
ของดิวตี้ไซเกิล (Duty cycle) ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเคิลคือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูงโดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมดนี้ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่งและสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่งและในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามากหมายความว่า ความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย



รูปที่ 2.21 แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิลของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่ [4]

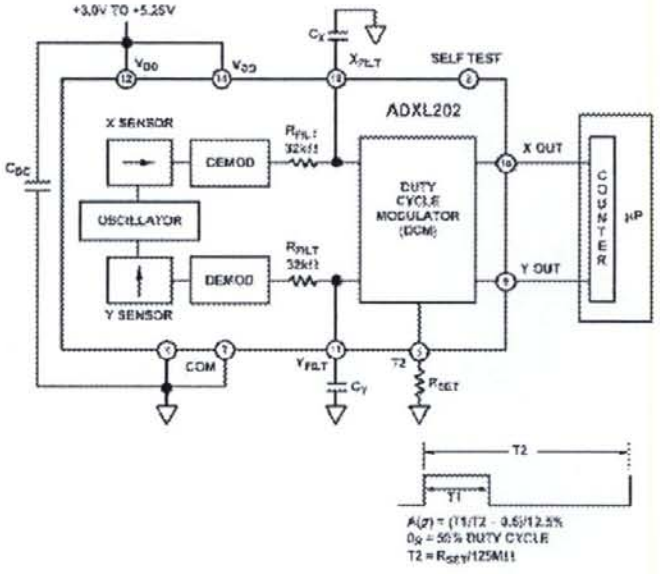
2.5 การใช้งาน ET – ADXL202 (อุปกรณ์วัดความเร่ง และ ความโน้มเอียงทางแกน X และ Y)

ASXL202 คือ ไอซีที่พัฒนาบนพื้นฐานของเทคโนโลยีที่ชื่อว่า MEMS® สามารถวัดค่าความเร่งแบบเต็มค่าสเกลในช่วง - 2g ถึง + 2g และมีความไวหรือ Sensitivity 12.5 % ต่อ g สามารถวัดค่าได้ทั้งความสั่นสะเทือน (Dynamic หรือ Vibration) และ วัดค่าความโน้มถ่วง (Static acceleration หรือ gravity)



รูปที่ 2.22 ET – ADXL202 [6]

สัญญาณเอาท์พุตของ ADXL202 เป็นแบบดิจิตอลพัลส์วิดมอดดูเลชั่น (PWM : Pulse width modulation) ก็คือ จะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณความกว้างของพัลส์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความโน้มเอียงหรือค่าความเร่งตามทิศทาง แกน X หรือ แกน Y ซึ่งสัญญาณเอาท์พุตนี้ จะถูกส่งผ่านไปที่ขาสัญญาณ Xout และ Yout โดยที่สามารถนำสัญญาณนี้ไปเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อวัดหรือนับค่าสัญญาณได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณ A/D (Analog to digital converter)



รูปที่ 2.23 แสดงแผงวงจร [6]

ค่าความกว้างของพัลส์ (T2) ของสัญญาณเอาท์พุตสามารถเลือกได้ตั้งแต่ 0.5 ms ถึง 10 ms โดยการกำหนดค่าให้กับ Reset ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Period (T2)} = \text{RSET}/125\text{x}106 \qquad (2.1)$$

ซึ่งการออกแบบของ ET – ADXL202 จะใช้ RSET เท่ากับ 1 MOhm ดังนั้นจะได้

$$T2 = 1\text{x}106 / 125\text{x}106 = 8 \text{ ms หรือ } 125 \text{ Hz}$$

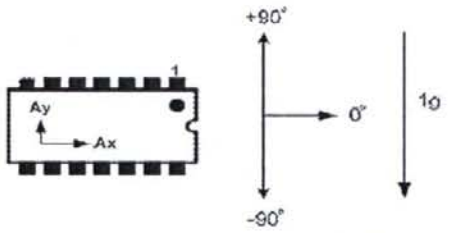
ส่วนค่าแบนวิดของสัญญาณสามารถกำหนดได้จากค่า คาปาซิเตอร์ คือ Cx และ Cy โดยสามารถกำหนดค่าแบนวิดได้ตั้งแต่ 0.01 Hz จนถึง 5 kHz ขนาดความถี่ของแบนวิดจะมีผลต่อสัญญาณลบกวนโดยแบนวิดที่ความถี่สูงๆ ก็จะมีสัญญาณรบกวนสูงตามไปด้วย สำหรับการออกแบบของ ET – ADXL ได้เลือกใช้ Cx และ Cy ค่า 0.47uF ซึ่งให้ค่าแบนวิด 10 Hz ทั้งนี้ทั้งนั้นก็เพื่อที่จะให้เกิดสัญญาณรบกวนให้น้อยที่สุดนั่นเอง

2.5.1 คุณสมบัติของไอซี ADXL202

- เป็นเซ็นเซอร์วัดค่าความเร่งแบบ 2 แกน คือ แกน X และแกน Y
- วัดค่าได้ทั้งค่าความเร่ง (Dynamic acceleration) และวัดค่าความโน้มถ่วง (Static acceleration)
- สามารถกำหนดค่าความกว้างของพัลส์ (Period) ได้
- กินกำลังงานต่ำน้อยกว่า 0.6 mA
- มีความไวในการตอบสนองสูงกว่าเซ็นเซอร์ประเภทอื่นๆ เช่น Electrolytic, Mercury หรือ Thermal tilt Sensors
- สามารถกำหนดค่าแบนวิดของสัญญาณ (Bandwidth) ได้โดยเพียงแค่กำหนดค่าคาปาซิเตอร์ (Cx, Cy)
- ความละเอียด 5 mg ที่แบนวิด 60 Hz
- ทำงานที่แรงดัน + 3V จนถึง 5.25V
- สามารถทนทานต่อการสั่นสะเทือนสูงถึง 1,000 g

2.5.2 การทำงานของเซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์จะให้สัญญาณเอาท์พุตแบบ PWM จำนวน 2 ช่อง ได้แก่ สัญญาณเอาท์พุต PWM ของแกน X (Xout) และ สัญญาณเอาท์พุต PWM ของแกน Y (Yout) ซึ่งค่า Duty cycle ของแต่ละช่องก็จะเห็นได้ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามการโน้มเอียงของตัวไอซี หรือ เกิดจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของไอซีไปตามแนวแกนต่างๆ

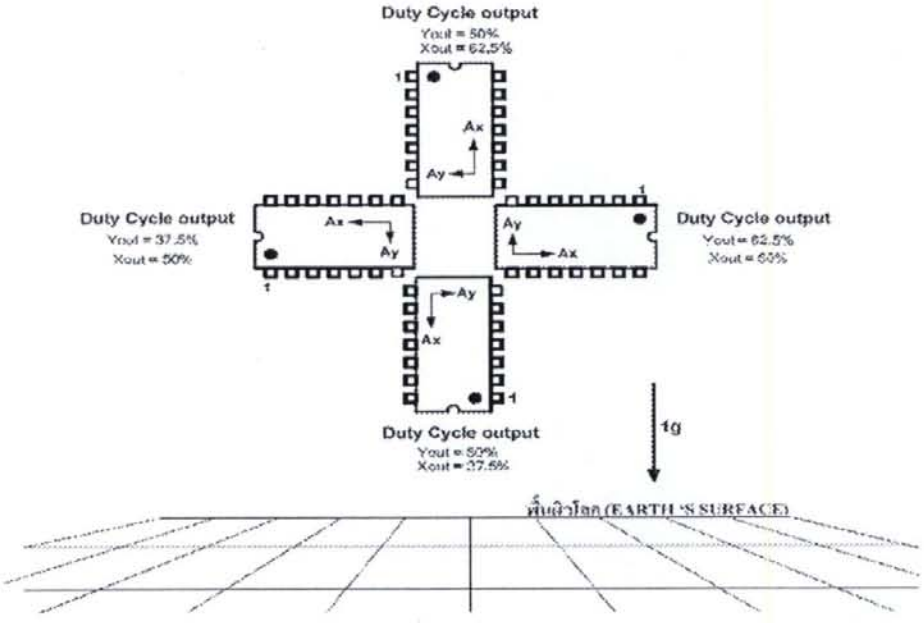


รูปที่ 2.24 แสดงตำแหน่งการวางไอซี [6]

จากรูปด้านบนหากทำการหมุนหรือ เอียงไอซีไปตามองศาต่างๆ ก็จะได้ค่าความโน้มเอียงทางแกน X และ Y แตกต่างกันไปตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าการหมุนหรือเอียงไอซีไปตามองศาต่าง ๆ [6]

X AXIS ORIENTATION TO HORIZON (°)	X OUTPUT		Y OUTPUT	
	X Output (g)	PER DEGREE OF TILT (mg)	Y Output (g)	PER DEGREE OF TILT (mg)
−90	−1.000	−0.2	0.000	17.5
−75	−0.966	4.4	0.259	16.9
−60	−0.866	8.6	0.500	15.2
−45	−0.707	12.2	0.707	12.4
−30	−0.500	15.0	0.866	8.9
−15	−0.259	16.8	0.966	4.7
0	0.000	17.5	1.000	0.2
15	0.259	16.9	0.966	−4.4
30	0.500	15.2	0.866	−8.6
45	0.707	12.4	0.707	−12.2
60	0.866	8.9	0.500	−15.0
75	0.966	4.7	0.259	−16.8
90	1.000	0.2	0.000	−17.5



รูปที่ 2.25 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Duty Cycle ของสัญญาณ กับองศาการวางตัวไอซี [6]

2.5.3 การคำนวณค่าความเร่งจากความกว้างของพัลส์

โดยในการนำไปใช้งานนั้นสามารถที่จะใช้อุปกรณ์จำพวก ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำการอ่านได้ โดยวิธีการนับคาบเวลาของสัญญาณเอาต์พุตของตัวเซนเซอร์เพื่อหาค่าเวลาต่าง ๆ (T1 และ T2) โดยสัญญาณพัลส์ที่ได้จากเซ็นเซอร์ดังรูปที่ 2.23

เหตุที่ต้องวัดหาค่าสัญญาณพัลส์ ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาค่าความเร่งที่เราต้องการ โดยที่สามารถคำนวณหาค่าความเร่ง (A) ได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$(A)g = \frac{(T1/T2 - 50\%)}{12.5\%} \quad (2.2)$$

g = ความเร่งอันเกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก

A = จำนวนเท่าของความเร่งอันเกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก

T2 = ความกว้างของคาบสัญญาณเอาท์พุตจากตัวเซ็นเซอร์

T1 = ความกว้างของพัลส์ (สถานะ "On" ของสัญญาณเอาท์พุตจากตัวเซ็นเซอร์)

12.5 % = ค่า Sensitivity ต่อ 1 g

50 % = ในกรณีที่ไม่มีความเร่งเกิดขึ้น สัญญาณเอาท์พุตจะเท่ากับ 50 % Duty cycle

ซึ่งสามารถนำค่า เอาต์พุตที่ได้จาก Xout และ Yout นำมาคำนวณหาค่าความเร่งในแนวทางแกน X และ Y ดังสมการต่อไปนี้

- ความเร่งในทางแกน X

$$Ax\ (g) = \frac{(T1x/T2x - 0.5)}{12.5\%} \quad (2.3)$$

- ความเร่งในทางแกน Y

$$Ay\ (g) = \frac{(T1y/T2y - 0.5)}{12.5} \quad (2.4)$$

โดยที่

Ax (g) = ค่าความเร่งทางแกน X หน่วยเป็น g

Ay (g) = ค่าความเร่งทางแกน Y หน่วยเป็น g

T1x = ความกว้างพัลส์ (ช่วงเวลาของสถานะ on ขาสัญญาณ Xout)

T1y = ความกว้างพัลส์ (ช่วงเวลาของสถานะ on ขาสัญญาณ Yout)

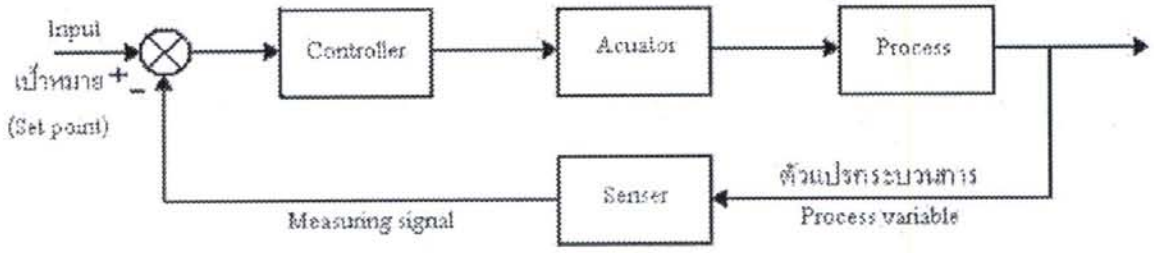
T2x = ความกว้างคาบสัญญาณของ Xout

T2y = ความกว้างคาบสัญญาณของ Yout

2.7 ทฤษฎีการควบคุม PID controller

ตัวควบคุมแบบ PID (Proportional integral derivative) เป็นอัลกอริธึม การควบคุมที่ ใช้ในงานอุตสาหกรรมมาเป็นเวลานานและยังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากโดยอาจกล่าวได้ว่า มากกว่า 80% ของการควบคุมอุตสาหกรรม ในปัจจุบันยังใช้ตัวควบคุมพีไอดี หรือตัวควบคุมที่ ดัดแปลงมา

จากพีไอดีอยู่ อัลกอริธึมแบบพีไอดีนั้นสามารถเข้าใจง่ายและเพียงพอสำหรับการ ควบคุมระบบพลวัตที่ไม่ซับซ้อนมาก และไม่ต้องการสมรรถนะที่สูงขึ้นสุดยอด จุดเด่นที่สำคัญคือ การที่ตัวควบคุมแบบนี้ไม่ต้องการโมเดลที่สมบูรณ์ของระบบ ผู้ใช้งานเพียงแต่ปรับค่าของ พารามิเตอร์พื้นฐาน 3 ค่า เพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่เหมาะสมกับงานดังนั้นตัวควบคุมแบบนี้จึง สามารถถูกสร้างไว้ในผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมสำเร็จรูปที่ใช้ในงานรีโทรฟิตในอดีตตัวควบคุมพีไอดี นั้นสร้างได้ด้วยวงจรออปแอมป์ง่าย ๆ โดยทำการปรับค่าตัวแปรทั้งสามด้วยความต้านทานปรับค่าได้ ที่ทำเป็นลูกบิดหมุนบนหน้าปัดของชุดควบคุมแต่ปัจจุบันจะถูกสร้างเป็นแบบดิจิตอลเกือบทั้งหมด และตัวแปรถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำของระบบ การปรับแต่งตัวควบคุม PID พิจารณาระบบการ ควบคุมแบบย้อนกลับที่นิยมใช้กัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.26โดยมีตัวควบคุมแบบ PID



รูปที่ 2.26 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID [10]

จากรูปที่ 2.40 กำหนดให้ค่าผิดพลาด e(t) มีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่างค่าเอาท์พุตที่วัดได้จริง ณ เวลา t ใด ๆ ตัวควบคุมแบบ PID จะกำหนดสัญญาณควบคุม u (t) ไปที่กระบวนการเพื่อเปลี่ยนแปลงเอาท์พุตของกระบวนการในทิศทางที่ให้เอาท์พุตของกระบวนการเข้าหา หรือไปสู่ค่าเอาท์พุตที่ต้องการด้วยปริมาณที่ได้จากการคำนวณในสมการ (2.8) ที่อยู่ในเทอมของค่าผิดพลาด

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(\tau)d\tau + K_D \frac{de}{dt} e(t) \qquad (2.5)$$

เมื่อ

K_P = เป็นค่าเกรนสัดส่วนโดยตรง

K_I = เป็นค่าเกรนปริพันธ์

K_D = เป็นค่าเกรนอนุพันธ์ และเป็นเกรนเวลาเริ่มต้น

การปรับแต่งตัวควบคุมในที่นี้ก็จะหมายถึงการปรับเปลี่ยนค่าและกำหนดค่าของเกรนต่าง ๆ ของตัวควบคุม PID นั่นเอง จะเป็นว่ามีทั้งหมด 3 ค่าด้วยกัน คือ K_P, K_I และ K_D สามารถตีความได้ว่าปริมาณของสัญญาณควบคุมจะมีค่ามาจากผลรวมของสามเทอม ซึ่งประกอบด้วย

1) ค่าเกรนสัดส่วนโดยตรง คูณกับ ค่าผิดพลาด

2) ค่าเกรนปริพันธ์ คูณกับ ปริพันธ์ของค่าผิดพลาด

3) ค่าเกรนอนุพันธ์ คูณกับ อนุพันธ์ของค่าผิดพลาด