บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัย การออกแบบเตียงไฟฟ้าเพื่อป้องกันผู้ป่วยเกิดแผลกดทับนี้ มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผู้วิจัยได้ศึกษา ซึ่งจะเป็นประโยชน์และทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ดังต่อไปนี้

1. การเจ็บป่วย
2. แผลกดทับ
3. ทฤษฎีการออกแบบ
4. ระบบไฮดรอลิกส์
5. การใช้พีแอลซีควบคุม
6. ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
7. เตียงผู้ป่วย
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การเจ็บป่วย

ความเจ็บป่วยเป็นภาวะที่กระทบกระเทือนต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ แต่ละคนมีวิธีปรับตัวต่อการเจ็บป่วยที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความร้ายแรงของโรค ลักษณะและวิธีการแก้ปัญหาของผู้ป่วยและสภาพแวดล้อมทางครอบครัวสังคม ภาวะจิตสังคมของผู้ป่วยเป็นสิ่งที่ผู้รักษาพยาบาลควรให้ความสนใจ และให้ความช่วยเหลือตามความเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่เป็นโรคร้ายแรงและคุกคามชีวิต โรคที่ร้ายแรงหรือเรื้อรังย่อมมีผลต่อจิตใจและพฤติกรรมของผู้ป่วยอย่างมาก โรคที่ไม่ร้ายแรงก็มีผลต่อจิตใจของผู้ป่วยชั่วระยะหนึ่งซึ่งผู้ป่วยปรับตัวต่อโรคได้ไม่ยากและกลับคืนสู่สภาพการดำเนินชีวิตตามปกติต่อไปปฏิกิริยาต่อโรคของผู้ป่วยนั้นก็คือปฏิกิริยาต่อภาวะวิกฤติ เช่น ผู้ป่วยที่รู้ว่าตนเองเป็นมะเร็งหรือแม้แต่เพียงสงสัยจะมีอาการตกใจมาก มีความกังวลมากในขณะที่รอผลการวินิจฉัยที่แน่นอน การปฏิเสธหรือไม่ยอมรับว่าตนเป็นโรคนั้นเป็นสิ่งที่พบได้บ่อย บ้างก็โทษว่าแพทย์อาจตรวจผิดและพยายามไปรับการตรวจตามที่ต่างๆอาการซึมเศร้าและกังวลมากพบได้ในผู้ป่วยทุกราย แต่การแสดงออกอาจแตกต่างกันไป ความหวาดกลัวและความรู้สึกสูญเสียสมรรถภาพ ตลอดจนความหมดหวัง ทำให้พฤติกรรมของผู้ป่วยเปลี่ยนไปในทางแยกตัวและซึมเฉย (Behnke, H.D.,1973) นอกจากนั้นในผู้ป่วยยังมีความกังวลต่อผลการรักษา อาการเนื่องจากการ

รักษาและการกำเริบของโรคอีกด้วย ปฏิกิริยาเหล่านี้พบได้เช่นเดียวกันในผู้ป่วยด้วยโรคร้ายแรงหรือโรคที่รักษาไม่หาย

1.1 ปฏิกิริยาทางจิตใจและพฤติกรรมของผู้ป่วย

ผู้เจ็บป่วยทุกรายต้องเผชิญกับปัญหาชีวิต ย่อมมีความกังวลเป็นธรรมดา กังวลและซึมเศร้าเป็นอาการที่พบบ่อยที่สุด แต่การแสดงออกอาจไม่เท่ากัน ระยะเวลาที่มีอาการสั้นหรือยาวย่อมขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวของผู้ป่วยลำดับขั้นตอนของการแสดงออกทางอารมณ์และพฤติกรรมของผู้ป่วยด้วยโรคร้ายแรง ได้แก่ (Kaplan, HI, BJ Sadock, 1985)

1. ตกใจและปฏิเสธความจริง (shock and denial) ผู้ป่วยตกใจต่อการที่ทราบหรือสงสัยว่าตนเป็นโรคร้ายที่รักษาไม่หายและอาจต้องเสียชีวิตในเวลาอันใกล้ อาจมีอาการ “ช็อค” กังวลมาก สับสนซึมเฉย หรือถ้าตกใจมากอาจเอะอะโวยวาย ควบคุมอารมณ์ไม่ได้ ในระยะนี้ผู้ป่วยจะปฏิเสธความจริง ปฏิเสธว่าตนไม่ได้เป็นโรคนั้นๆ อาจโทษว่าแพทย์ตรวจผิด ผู้ป่วยจะพยายามหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อลบล้างผลการตรวจของแพทย์ อาจไปหาแพทย์หลายคนเพื่อให้ยืนยันว่าตนไม่ป่วย

2. กังวล สับสน และโกรธ (anxiety, anger) เมื่อไม่สามารถปฏิเสธความจริงได้ต่อไปผู้ป่วยเริ่มมีความกังวลมาก ความคิดสับสน รู้สึกอึดอัดและหาทางออกไม่ได้ รู้สึกโกรธที่ตนต้องเผชิญกับปัญหาที่ร้ายแรง อาจโทษว่าเป็นความผิดของแพทย์หรือผู้อื่น บางรายอาจแสดงวาจาหรือกิริยาที่ก้าวร้าว มีการต่อต้านการตรวจและคำแนะนำของแพทย์ โกรธญาติและคนอื่นๆ

3. ต่อรอง (bargaining) ต่อมาผู้ป่วยจะเริ่มสงบลง ต่อรองว่าตนอาจจะไม่เป็นโรคร้ายแรง อาจจะกลับไปสู่ระยะปฏิเสธความจริงได้อีก บางรายก็มีความหวังว่าจะมีการตรวจละเอียดที่พบว่าตนไม่เป็นโรคร้ายหรือเป็นชนิดที่ไม่มีอันตรายและรักษาได้ ทั้งนี้ก็เพื่อเพิ่มความหวังให้กับตนเองและยืดเวลาก่อนที่จะยอมรับความจริงไปอีกสักระยะหนึ่ง

4. เศร้า และหมดหวัง (depress) ผู้ป่วยจะเริ่มรู้สึกหมดหวังและเศร้าโศกเสียใจเมื่อเริ่มยอมรับความจริงของการเป็นโรคร้าย หลังจากที่การปฏิเสธและการต่อรองไม่เป็นผลสำเร็จ ผู้ป่วยจึงต้องยอมจำนนด้วยเหตุผล แต่จิตใจของผู้ป่วยยังไม่สามารถยอมรับได้ มีอารมณ์ซึมเศร้าต่อการสูญเสีย มีความรู้สึกผิดรู้สึกอ้างว้าง พูดและทำสิ่งต่างๆ น้อยลง แยกตัว ชอบอยู่คนเดียว เหม่อลอย กินไม่ได้ นอนไม่หลับ อาจมีความรู้สึกอยากตาย หรือถ้าอาการรุนแรงอาจมีประสาทหลอน หูแว่ว ระแวงได้

5. ยอมรับความจริง (acceptance) ระยะต่อมาผู้ป่วยยอมรับความจริงที่ตนหลีกเลี่ยงไม่ได้ อาการเศร้าลดลง มีการซักถามถึงรายละเอียดของโรคที่เป็นและวิธีรักษา แต่ในบางรายอาจเฉยๆ และแสดงความไม่สนใจ ปล่อยให้เป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของแพทย์และญาติในเรื่องการรักษาต่อ จากนี้ผู้ป่วยก็เริ่มปรับตัวต่อการรักษาและการดำเนินชีวิตต่อไป ผู้ป่วยเริ่มรับฟังคำแนะนำของแพทย์ให้ความร่วมมือในการักษาและร่วมรับผิดชอบตนเองมากขึ้น พยายามหาวิธีและแนวทางในการดำเนินชีวิต การปรับตัวต่อครอบครัวและผู้ร่วมงาน ตลอดจนการติดต่อกับแพทย์และพยาบาลผู้ให้การรักษา

เตรียมตัวเผชิญกับความทุกข์ทรมานทั้งทางกายและทางใจ และเผชิญกับตายในที่สุดหากโรคนั้นรักษาไม่หายการแสดงออกของผู้ป่วยไม่จำเป็นจะต้องเรียงลำดับขั้นตอนดังกล่าวนี้เสมอไป อาจจะข้ามขั้นตอนหรือมีการแสดงออกเพียงบางขั้นตอนเท่านั้นก็ได้

1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของผู้ป่วย

การปรับตัวของผู้ป่วยในด้านจิตใจและพฤติกรรมนั้นมีปัจจัยที่มีความสำคัญอยู่ 3 อย่าง คือ (Holland, JC, R Mastrovito, 1980)

1. ปัจจัยเกี่ยวกับโรค ได้แก่
    - อาการ ตำแหน่งของโรคและระยะของโรค
    - การรักษา และผลการรักษา
    - การสูญเสียอวัยวะ สมรรถภาพ
    - ความช่วยเหลือและท่าทีของแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์
2. ปัจจัยเกี่ยวกับตัวผู้ป่วย ได้แก่
    - บุคลิกภาพและความสามารถในการปรับตัวและแก้ปัญหา
    - วัยของผู้ป่วย ความรับผิดชอบต่อตนเองและครอบครัว
    - ความสัมพันธ์กับบุคคลอื่น
3. ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม
    - สภาพเศรษฐกิจ
    - ความช่วยเหลือจากครอบครัวและผู้อื่น
    - ค่านิยม ประเพณี

1.3 การวินิจฉัยภาวะจิตสังคมของผู้ป่วย

แพทย์ผู้รักษาผู้ป่วยด้วยโรคชนิดใดก็ตามควรให้ความสนใจสภาพจิตใจ และสิ่งแวดล้อมของผู้ป่วยเพราะภาวะจิตสังคมของผู้ป่วยจะมีผลกระทบต่ออาการของโรค ความร่วมมือในการรักษา และผลการรักษาการวินิจฉัยกระทำได้โดยการให้ความสนใจ สังเกตและถามผู้ป่วยถึงความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ ตลอดจนการกระทำของเขา ให้เวลาในการสนทนาถึงการงาน ครอบครัวและสังคมของผู้ป่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเวลาที่มีความกดดันทางอารมณ์สูง ได้แก่ ขณะผู้ป่วยรอทราบผลการตรวจ ขณะตัดสินใจรับการรักษาชนิดใดชนิดหนึ่งภายหลังการรักษาซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยกลัวโรคกำเริบ หรือวิตกกังวลต่อความพิการทางกายและสูญเสียความมั่นคงทางใจอาการซึมเศร้าอาจสังเกตได้จาก อารมณ์ที่แสดงออกของผู้ป่วย และตรวจพบอาการทางจิตใจอย่างอื่น ได้แก่ ความคิดอยากตายหรืออยากฆ่าตัวตาย อารมณ์เปลี่ยนแปลงง่าย ร้องไห้บ่อย สมาธิไม่ดี รู้สึกว่าตนผิด รู้สึกตนเองไร้ค่า รู้สึกหมดหวัง และไม่มีใครช่วยเหลือตนได้ นอกจากนั้นผู้ป่วยซึมเศร้าจะมีอาการเบื่ออาหาร นอนไม่หลับ ความต้องการทางเพศลดลง หงุดหงิดมาก ถ้าเป็นมากอาจแยกตัว ไม่พบผู้คน

1.4 การให้ความช่วยเหลือและการรักษาปฏิกิริยาทางจิตใจ

ผู้ป่วยโดยทั่วไปจะสามารถปรับตัวได้ต่อโรคแม้แต่ในโรคที่ร้ายแรง แม้ว่าโรคนั้นจะหายหรือไม่หายแต่เขาจะผ่านพ้นภาวะกดดันทางจิตใจอันทุกข์ทรมานนี้ไปได้ด้วยความยากลำบากแตกต่างกันไปในแต่ละคน แพทย์ผู้รักษาและพยาบาลผู้เกี่ยวข้องมีบทบาทที่สำคัญที่จะช่วยผ่อนคลายปฏิกิริยาทางจิตใจเหล่านี้ และช่วยให้อาการต่างๆ ลดลงได้อย่างรวดเร็ว ที่สำคัญก็คือถ้าผู้รักษาเข้าใจและช่วยเหลือได้ถูกทางก็จะทำให้ได้รับความร่วมมือจากผู้ป่วย และผู้รักษาก็จะไม่มีส่วนกระทำในสิ่งที่เพิ่มพูนความทุกข์ทางใจให้ผู้ป่วยอีกด้วยปัญหาของแพทย์ที่อาจมีในการช่วยเหลือด้านจิตใจของผู้ป่วยที่เป็นโรคร้ายแรงหรือโรคที่คุกคามชีวิต (Holland, JC, R Mastrovito, 1980 และ Forester, B., DS Kornfeld, JL Fleiss, 1985)

1. ไม่มีความมั่นใจเพียงพอในการช่วยเหลือด้านอารมณ์แก่ผู้ป่วย
2. ไม่ต้องการเผชิญกับผู้ป่วยที่มีปัญหาทางจิตใจในโรคที่คุกคามชีวิต
3. ไม่สามารถควบคุมอารมณ์ของตนเองที่สงสารและเห็นใจผู้ป่วยมากเกินไป
4. ไม่แน่ใจในการวางตัวใกล้ชิดผู้ป่วยเพียงใด

ผู้รักษาควรจะทราบถึงความสามารถและวิธีการปรับตัวของผู้ป่วย โดยทั่วไปผู้ป่วยต้องการที่จะได้รับความช่วยเหลือในเรื่องความเจ็บป่วย คือ การรักษาที่ทำให้โรคหาย และลดอาการเจ็บปวดและความพิการต่างๆ นอกจากนั้นผู้ป่วยยังต้องการการช่วยเหลือจากผู้อื่นในการที่จะรักษาสถานะภาพของตนเองไว้ให้ได้ คือการรักษาสภาพจิตใจที่มั่นคงและรักษาความเป็นตัวเองไว้ รักษาความสัมพันธ์กับครอบครัว เพื่อน ผู้ร่วมงานและบุคลากรใกล้ชิดอื่นๆ เมื่อมีความจำเป็นผู้ป่วยก็ต้องเตรียมตัวเตรียมใจในการเผชิญกับความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้น และการเผชิญกับความตายในที่สุด นอกจากนั้นผู้รักษาจะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาในการปรับตัวให้ผู้ป่วยได้ดี หากผู้รักษาทราบความต้องการของผู้ป่วยในเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับโรคร้ายแรงที่เขาเป็นอยู่ และช่วยเหลือผู้ป่วยตามความต้องการของเขา (Mcos, Rudolf, 1977)

1.5 การช่วยเหลือที่แพทย์ผู้รักษาและบุคลากรทางการแพทย์ควรกระทำ ได้แก่

1. บอกผู้ป่วยว่าเขาเป็นอะไร ทั้งนี้ควรพิจารณาในการบอกความจริงเพียงใดและแก่ใคร ควรคำนึงถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการบอก ความพร้อมของผู้ป่วยและญาติ ประโยชน์หรือโทษที่จะเกิดขึ้นตามมารายละเอียดที่จะบอกควรมีเพียงไร ควรยึดหลักในการพูดความจริงที่เกิดประโยชน์เท่านั้น

2. บอกผู้ป่วยเรื่องวิธีการรักษาที่จะช่วยเหลือผู้ป่วยได้ เหตุผลในการที่แพทย์ตัดสินใจให้การรักษาวิธีนั้น และให้เวลาในการตอบคำถามข้อสงสัยของผู้ป่วย ให้ผู้ป่วยมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเรื่องการรักษาและการับผิดชอบตนเองเท่าที่จะทำได้

3. ยอมรับการแสดงออกของผู้ป่วย โดยเฉพาะการปฏิเสธความจริงของผู้ป่วย การมีอารมณ์ที่

กังวล ซึมเศร้า และแม้ความก้าวร้าวที่ผู้ป่วยอาจแสดงต่อแพทย์ ยอมรับและตอบสนองต่อความพยายามในการปรับตัวของผู้ป่วยในระยะต่างๆ และคาดหวังไว้ว่าผู้ป่วยจะมีอาการเช่นนั้นได้

4. ให้การปลอบใจและประคับประคองทางอารมณ์แก่ผู้ป่วย ความกังวลอึดอัดใจของผู้ป่วยจะลดลงหากแพทย์ให้เวลารับฟังเขาด้วยความจริงใจ ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ ให้ข้อมูลที่ผู้ป่วยสงสัย และแก้ความเข้าใจของผู้ป่วยต่อโรคและการรักษา ส่วนมากผู้ป่วยจะไม่ระบายถึงความไม่สบายใจเอง แพทย์จึงต้องถามถึงความรู้สึกนึกคิดของผู้ป่วย

5. บอกผู้ป่วยว่าแพทย์จะเป็นผู้ช่วยเหลือเขาทั้งในเรื่องโรคและเรื่องอื่นๆ สนใจและหาข้อมูลด้านภาวะจิตสังคมของผู้ป่วยเสมอ

6. ให้การรักษาตามอาการ ถ้าจำเป็นก็ให้ยาลดความกังวลและยาลดอาการเศร้า เช่น พวกไดอาซีแปม อมิทริปทีลีน หรืออิมิปรามีน ยานอนหลับ ยาแก้ปวด ยาแก้อาการทางจิต เป็นต้น

7. บอกผู้ป่วยถึงขั้นตอนต่างๆ ที่เขาอาจต้องเผชิญในการปรับตนเองด้านจิตใจ การทราบการณ์ล่วงหน้าจะทำให้ความกังวลเกิดไม่มากนักเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์นั้นๆ

8. ในผู้ป่วยที่รักษาไม่หาย ให้ความช่วยเหลือผู้ป่วยในระยะสุดท้าย เช่น ให้ยาแก้ปวดเพื่อลดความทุกข์ทรมาน ช่วยให้ผู้ป่วยเผชิญกับความตายโดยจิตใจที่สงบ และด้วยความรู้สึกว่าตนมิได้ถูกทอดทิ้งนอกจากแพทย์ผู้รักษาแล้ว ผู้ที่จะช่วยผู้ป่วยได้ดีก็คือ พยาบาล และบุคลากรทางการแพทย์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจและรักษาผู้ป่วย โดยให้ความเป็นกันเอง มีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิด คอยให้ความช่วยเหลือทั้งด้านร่างกายและจิตใจการช่วยเหลือด้านจิตใจของผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีผลดี คือการเข้ากลุ่มร่วมกับผู้ป่วยโรคเดียวกัน ที่ได้ผ่านการตรวจและรักษาไปแล้ว ผู้ป่วยได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้สึกนึกคิดและประสบการณ์กับผู้ที่เคยอยู่ในสภาพเดียวกับตนมาก่อน การปลอบใจและการให้กำลังใจเป็นที่ยอมรับโดยผู้ป่วยได้ง่ายกว่าในผู้ป่วยที่มีอาการทางจิตใจ และพฤติกรรมผิดปกติมากอาจมีความจำเป็นต้องสิ่งปรึกษาจิตแพทย์เพื่อการรักษาที่เหมาะสมต่อไปด้วยจิตบำบัด พฤติกรรมบำบัดหรือวิธีอื่นๆ ที่เหมาะสม

สรุป ผู้ป่วยโรคร้ายแรงหรือเรื้อรังมีปฏิกิริยาทางจิตใจและพฤติกรรมทุกรายไม่มากก็น้อย อาการแสดงที่สำคัญและพบบ่อย ได้แก่ ความวิตกกังวลและอารมณ์ซึมเศร้า ผู้ป่วยส่วนมากจะสามารถผ่านพ้นระยะต่างๆ ของการปรับตัวไปได้ด้วยตนเอง ระยะเวลาที่มีความไม่สบายใจนี้จะแตกต่างกันไป ตั้งแต่เป็นสัปดาห์จนถึงเป็นเดือนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบุคลิกภาพและสมรรถภาพในการปรับตัวของผู้ป่วย ตลอดจนสภาพแวดล้อมทางครอบครัวของผู้ป่วยและขึ้นอยู่กับโรค วิธีการรักษาและผลการรักษาอีกด้วยแพทย์ผู้รักษาและบุคลากรทางการแพทย์ มีบทบาทสำคัญในอันที่จะช่วยให้ผู้ป่วยผ่านพ้นความทุกข์ทรมานใจในการเผชิญกับโรคร้ายแรงและคุกคามชีวิตไปได้ในระยะสั้น หรือในรายที่โรคไม่หาย แพทย์ก็สามารถช่วยประคับประคองผู้ป่วยในการใช้ชีวิตส่วนที่เหลืออยู่อย่างมีความทุกข์ทรมานน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้สิ่งสำคัญก็คือ แพทย์ควรมีความรู้ในเรื่องภาวะจิตสังคมของ

ผู้ป่วย มีความสนใจและจริงใจในอันที่จะช่วยเหลือผู้ป่วยทั้งทางกายและใจ และสามารถให้การรักษาทางด้านจิตใจได้ ที่สำคัญได้แก่ การรับฟังการยอมรับ การให้ความกระจ่างในสิ่งที่สงสัย ให้กำลังใจ การปลอบใจ การให้ผู้ป่วยมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นประคับประคองความภาคภูมิใจในตนเองของผู้ป่วยไว้ และช่วยเหลือผู้ป่วยในการจากกับสิ่งที่เป็นที่รัก หากเขาจะต้องจบชีวิตลงในที่สุด

2. แผลกดทับ

แผลกดทับ เกิดจากเลือดไม่สามารถไหลเวียนไปเลี้ยงผิวหนังที่ถูกกดทับ ได้อย่างสะดวก ทำให้ผิวหนังเป็นรอยแดง และมีการแตกทำลายของผิวหนัง จากระดับที่ 1 เรื่อยไปจนถึงระดับ 4 พบได้บ่อยในผู้ป่วยที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เอง หรือ นอนบนเตียงคนไข้นานๆ ทำให้ผิวหนังบางส่วนถูกกดทับ อย่างต่อเนื่อง เป็นเวลานาน อาธิเช่น

- เด็กที่ได้รับบาดเจ็บทางสมองและกระดูกสันหลัง บริเวณต้นคอหรือบริเวณหลังต่ำกว่าคอก็จะทำให้สมองไม่สามารถส่งกระแสประสาทไปสั่งการให้กล้ามเนื้อทำงาน ได้อย่างปกติ
- ผู้ใหญ่ ที่มีปัญหาเกี่ยวกับสมองหรือมีปัญหาเกี่ยวกับ กล้ามเนื้อเป็นอัมพาตในรายที่เกิดอุบัติเหตุ กระดูกหักต้อง ดึงขาหรือใส่เฝือกอยู่ในท่าใดท่าหนึ่งนานๆ
- ผู้ป่วยหลังผ่าตัดหรือพูดอย่างเข้าใจ ง่ายๆ คือจะเกิดในผู้ที่ไม่สามารถ ขยับตัวหรือช่วยเหลือตนเองได้
- ผู้ป่วยที่เสียการรับรู้ความรู้สึกในสภาพอากาศในเมืองไทยซึ่ง สภาพ อากาศที่ร้อนนี้จะ ทำให้เกิดขบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ทำ ให้เซลล์ขาดเลือดไปเลี้ยง เนื้อเยื่อ ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นตายได้ ในภาวะที่ร้อนขึ้น 1องศาเซลเซียส เมตาบอลิซึมของร่างกายเรา จะเพิ่มมากขึ้นถึง 10% ทีเดียว
- ผู้ป่วยที่นั่งรถเข็นเป็นเวลานานๆ รถเข็นที่คนไข้ใช้นั่ง นั้นทำให้เกิดการเพิ่มของ อุณหภูมิบริเวณกระดูกที่ก้น ที่เราใช้ลงน้ำหนัก เวลานั่งหรือบริเวณต้นขา มีอุณหภูมิ มากได้ตั้งแต่ 0-10 องศาเซลเซียส
- ผู้สูงอายุ ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าผู้สูงอายุจะมีการเคลื่อน ไหวช้าและน้อย ลงไม่คล่องแคล่วเหมือนก่อน การทานอาหารน้อยลงบางท่านก็มีโรค แทรกซ้อนต่างๆ ทำให้การเสริมสร้างเนื้อเยื่อน้อยลงซึ่งเราจะพบว่าผู้ที่มีวัยสูงขึ้นเรื่อยๆ เวลาเป็นแผลแล้วจะ หายช้ามาก นอกจากนั้นความยืดหยุ่น ของผิวหนังใน ผู้สูงอายุก็มีน้อยซึ่งเราจะพบว่าในวัยที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไปนั้นความยืดหยุ่นของผิวหนังจะลดลง
- ผู้ที่มีอายุมาก กว่า 40 ปีขึ้นไปแล้ว พบว่าเลือดที่มาหล่อเลี้ยงผิวหนังจะมีการ ลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้าในรายที่มีการรับประทานอาหาร ไม่ครบตามหลัก โภชนาการ โดยเฉพาะพวกแคลเซียมไนโตรเจนก็จะยิ่งทำให้แผลหายช้าลงขึ้นไปอีก

- ผู้ป่วยที่มีอาการที่มีอาการบวมน้ำจะทำให้เกิด การขัดขวางทางเดินอาหาร และออกซิเจนจากเส้น เลือดฝอย มาเลี้ยงเซลล์ ทำให้เกิดแผลกดทับ ง่ายเพิ่ม มากขึ้น

- ผู้ป่วยที่เป็นโรคโลหิต จางการขาดเลือดไปเลี้ยงแผล เนื่องจากขาดฮีโมโกลบิน ที่เป็นตัวนำออกซิเจนมา เลี้ยงเซลล์น้อยลง แผลจะหายช้า ในภาวะที่มีความ ผิดปกติของต่อมไร้ท่อ เช่น โรคเบาหวาน ไทรอยด์ ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดแผลกดทับเพิ่มมากขึ้น

2.1 สาเหตุของการเกิดแผลกดทับ

แผลกดทับ เกิดจากสภาวะที่ทำให้ผู้ป่วยต้องอยู่ในท่าใดท่าหนึ่ง และมีการกดทับร่างกายบริเวณใดบริเวณหนึ่งนาน ๆ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นปุ่มกระดูก (Bony prominence) เช่น กระดูกก้นกบ (Sacrum) กระดูกก้น (Ischium) จะทำให้มีโอกาสเกิดแผลกดทับที่บริเวณนั้นได้ มักเกิดในผู้ที่ประสบอุบัติเหตุบริเวณกระดูกสันหลัง (Spinal cord injury) ผู้ป่วยที่เป็นอัมพาตไม่รู้สึกตัวหรือมีแขนขาข้างใดข้างหนึ่งอ่อนแรง ผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีโรคประจำตัวเรื้อรังแล้วไม่ค่อยเคลื่อนไหวอยู่ในท่าใดท่าหนึ่งนานๆ

แผลกดทับเป็นภาวะที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยที่มีปัญหาเรื่องการเคลื่อนไหว ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เอง ผิวหนังถูกกดทับเป็นเวลานานอย่างต่อเนื่อง ทำให้เลือดไม่สามารถไหลเวียนไปเลี้ยงผิวหนังที่ถูกกดทับได้อย่างสะดวก ส่งผลให้ผิวหนังมีลักษณะเป็นรอยแดงและมีการแตกทำลายของผิวหนัง ถ้าไม่ได้รับการป้องกันดูแลตั้งแต่ระยะเริ่มแรกก็จะส่งผลให้เกิดแผลกดทับตามมาได้ ซึ่งการเกิดแผลกดทับจะส่งผลให้ผู้ป่วยทุกข์ทรมาน จากการรักษาที่ยุ่งยาก เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น และส่งผลกระทบต่อทางด้านจิตใจของผู้ป่วยด้วย

2.2 ปัจจัยเสี่ยง

1.ปัจจัยภายใน

-สภาพอายุที่มากขึ้นชั้นไขมันใต้ผิวหนังบางลง ผิวหนังเปราะบาง ฉีกขาดได้ง่าย

-ผู้ป่วยที่บกพร่องในการเคลื่อนย้าย เช่นผู้ป่วยอัมพาต

-ผู้ป่วยอ้วนเนื้อเยื่อชั้นไขมันมากทำให้เลือดไหลเวียนไม่ดี

-ผู้ป่วยผอมทำให้เกิดแรงกดของเนื้อเยื่อบริเวณปุ่มกระดูกมากขึ้น

-การขาดสารอาหารโดยเฉพาะโปรตีน

-ภาวะโรคเดิมของผู้ป่วย เช่น เบาหวาน ไตวาย มะเร็ง เป็นต้น

2.ปัจจัยภายนอก

-แรงกดจะขัดขวางออกซิเจนและสารอาหารไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ ถ้าผู้ป่วยไม่มีการเคลื่อนไหวจะมีผลให้เนื้อเยื่อขาดเลือดไปเลี้ยงโดยเฉพาะบริเวณปุ่มกระดูกต่างๆ จะเกิดแรงกดมากขึ้น

-แรงเลื่อนไหลหรือแรงเฉือน เป็นแรงที่ผู้ป่วยนั่งหรือนอน เลื่อนไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้การไหลเวียนของเลือดบริเวณนั้นเสียไป

-แรงเสียดทานเป็นแรงที่เกิดจากผู้ป่วยสัมผัสกับพื้นผิวด้านนอกเกิดการถลอกของผิวหนัง เช่นการเลื่อนผู้ป่วย โดยการดึงลากทำให้ผิวหนังถลอกเป็นแผล

-ความเปียกชื้นของเหงื่อ ปัสสาวะ อุจจาระทำให้ผิวหนังเปื่อยได้ง่าย

2.3 ระยะของแผลกดทับ

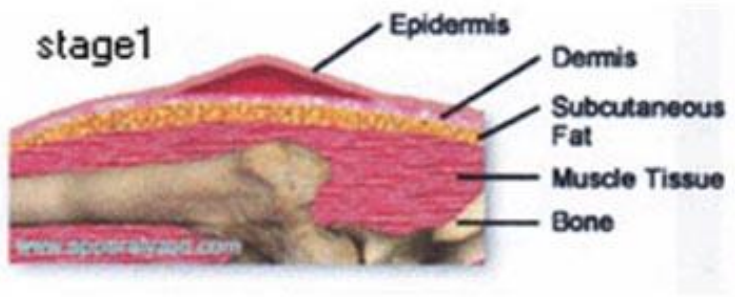
1.ระยะแรก เริ่มมีการคั่งของเลือด ซึ่งประเมินได้จากอาการบวมแดงของผิวหนังบริเวณที่ถูกกดทับ โดยอาการบวมแดงนั้นไม่หายไป แม้ว่าจะเปลี่ยนท่าให้พ้นจากการกดทับและกระตุ้นให้เลือดไหลเวียนไปสู่บริเวณนั้นนานถึง 2-3 ชั่วโมงแล้วก็ตาม

2.ระยะที่สอง เริ่มเป็นแผล โดยจะตรวจพบว่ามีแผลถลอกของผิวหนังตั้งแต่ระดับตื้นเพียงหนังกำพร้าหลุดออกไป หรือลึกถึงชั้นใต้ผิวหนังก็ได้ สีผิวบริเวณนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีซีด หรือเป็นสีคล้ำร่วมกับมีตุ่มพอง ในผู้ป่วยที่รู้สึกตัวและประสาทรับความรู้สึกเป็นปกติ ก็น่าจะบ่นเจ็บหรือปวดแสบบริเวณนั้น

3. ระยะที่สาม เป็นแผลลุกลาม นับเป็นแผลกดทับที่มีความรุนแรงมากที่สุด จะตรวจพบได้จากลักษณะแผลที่ลึกลงไปกว่าเดิม มีเนื้อตายเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นเนื้อตายสีขาวซีดหรือสีดำคล้ำ ชั้นผิวหนังจะหลุดออกหมดถึงชั้นใต้ผิวหนัง ชั้นพังผืด (fascia) ชั้นกล้ามเนื้อ หรืออาจถึงกระดูก การป้องกันและการดูแลแผลกดทับ

2.4 ระดับความรุนแรงของแผลกดทับ

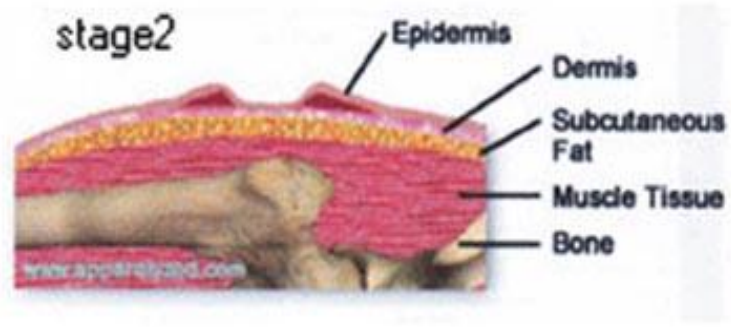
1. ระดับที่ 1 ผิวหนังเป็นรอยแดงบวม มีการคั่งของเลือด กดรอยแดงไม่จางหายภายใน 30 นาที การป้องกันโดยป้องกัน แรงเสียดทานแรงกดทับโดยใช้อุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงกดทับ เช่น หมอน ที่นอนลม เจลโฟม และเปลี่ยนท่านอนทุก 2 ชั่วโมง ทาโลชั่นไม่ให้ผิวแห้ง ป้องกันผิว ไม่ให้เปียกชื้น กระตุ้นให้มีการเคลื่อนไหว



ภาพที่ 2.1 แผลภาพกดทับระยะแรกที่มีอาการคั่งของเลือด

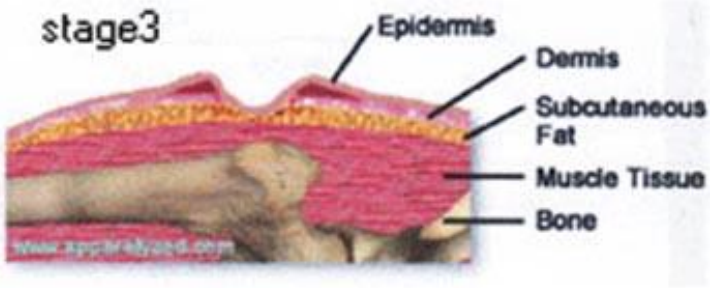
2. ระดับที่ 2 ผิวหนังเป็นตุ่มพอง หรือรอยถลอกหลุดลอก ผิวหนังส่วนบนหลุดไป ฉีกขาดเป็นแผลตื้น มีรอยแดงบริเวณเนื้อเยื่อ รอบๆ มีอาการปวด บวม แดง ร้อน มีสิ่งขับหลั่งจากแผล

ปริมาณเล็กน้อยหรือปานกลาง การดูแลคล้ายระดับ1 การป้องกันไม่ให้เป็นแผลเพิ่ม เช็ดรอบๆด้วย Alcohol 70 % ใช้น้ำเกลือ (sterile isotonic sodium chloride solution) ทำความสะอาดแผล ใช้ silver sulfa diazineทาแผล ปิดด้วยผ้าก็อส ใช้วาสลินทาผิวหนังรอบแผล เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปียกแฉะ หลีกเลี่ยงการใช้น้ำยา Povidine เช็ดแผล



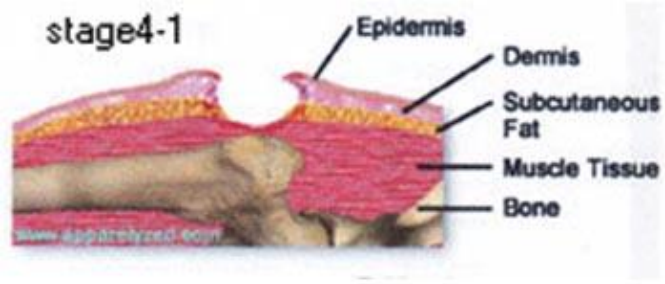
ภาพที่ 2.2 แผลกดทับระยะที่ 2 มีรอยถลอกหลุดลอก เป็นแผลตื้น

3. ระดับที่ 3 ผิวหนังเป็นแผลลึกถึงชั้นเนื้อเยื่อและไขมัน มีการทำลายผิวถึงชั้นไขมัน มีรอยแผลลึกเป็นหลุมโพรง มีสิ่งขับหลั่ง ออกจากแผลมาก อาจมีกลิ่นเหม็น การรักษาควรปรึกษาบุคลากรทางการแพทย์



ภาพที่ 2.3 แผลกดทับระยะที่ 3 ผิวหนังเป็นแผลลึกถึงชั้นเนื้อเยื่อและไขมัน

4. ระดับที่ 4 ผิวหนังเป็นแผลลึกถึงชั้นกล้ามเนื้อ และอาจลึกถึงกระดูก มีการทำลายถึงเส้นเอ็น กล้ามเนื้อ กระดูก แผลเป็นโพรง มีสิ่งขับหลั่ง จากแผลมาก มีกลิ่นมาก การรักษาควรปรึกษาบุคลากรทางการแพทย์



ภาพที่ 2.4 แผลกดทับระยะที่ 4 แผลลึกถึงชั้นกล้ามเนื้อ

2.5 การป้องกันแผลกดทับ และการดูแลผู้ป่วยแผลกดทับ

1.ดูแลพลิกตะแคงตัว เปลี่ยนท่านอนทุก 2 ชั่วโมง โดยเฉพาะในรายที่ผู้ป่วยช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ โดยจัดให้ตะแคงซ้าย ตะแคงขวา นอนหงาย นอนคว่ำกึ่งตะแคง สลับกันไปตามความเหมาะสม ควรใช้หมอนหรือผ้านุ่มๆรองบริเวณที่กดทับ หรือปุ่มกระดูกยื่น เพื่อป้องกันการเสียดสีและลดแรงกดทับ

2. ดูแลที่นอน ผ้าปูที่นอน ให้สะอาด แห้ง เรียบตึงอยู่เสมอ

3. ควรใช้ที่นอนที่มีการถ่ายเทอากาศ เช่น ที่นอนลมป้องกันแผลกดทับ ที่นอนน้ำ ที่นอนฟองน้ำ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ที่นอนที่การระบายอากาศไม่ดี เช่น ที่นอนหุ้มพลาสติก

4. การยกหรือเคลื่อนย้ายผู้ป่วย ควรมีผ้ารองยก และใช้การยกในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย เพื่อป้องกันการเกิดการเสียดสี

5. ดูแลผิวหนังผู้ป่วยให้สะอาด แห้งไม่อับชื้น เพราะถ้าผิวหนังเปียกชื้นหรือร้อนจะทำให้เกิดแผลเปื่อย ผิวหนังถลอกง่าย โดยเฉพาะอย่างภายหลังผู้ป่วยถ่ายอุจจาระหรือปัสสาวะแล้ว ต้องทำความสะอาดแล้วซับให้แห้ง และหากสังเกตพบว่าผู้ป่วยมีผิวหนังแห้งแตกเป็นขุย ควรดูแลทาครีมหรือโลชั่นทาผิวหนังที่ฉายรังสี

6. ดูแลให้ผู้ป่วยออกกำลังกายตามความเหมาะสม เพื่อให้กล้ามเนื้อ หลอดเลือด และผิวหนังแข็งแรง มีการไหลเวียนของโลหิตดี

7. ดูแลให้อาหารผู้ป่วยอย่างเพียงพอ คุณค่าทางโภชนาการครบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนจำเป็นอย่างมากต่อผู้ป่วยที่มีแผลกดทับเพราะผู้ป่วย จะสูญเสียโปรตีนไปทางแผลจำนวนมาก นอกจากนี้ต้องดูแลให้วิตามิน ธาตุเหล็ก และน้ำอย่างสมดุลย์ด้วย

8. ดูแลทำความสะอาดแผลโดยวิธีปราศจากเชื้อ มีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

8.1 การทำความสะอาดแผลที่อยู่ในระยะงอกขยาย

- ควรล้างแผลเบาๆ ควรทำเฉพาะผิวหนังรอบๆ แผลเท่านั้น หลีกเลี่ยงการขัดถูแผล หรือล้างแผลด้วยแรงดันสูง เพราะจะทำให้สารอาหาร เซลล์ที่กำลังงอกขยาย รวมทั้ง Growth facter ถูกชะล้างออกไปด้วย

- น้ำยาที่ใช้ล้างแผลต้องไม่มีพิษต่อเซลล์ ได้แก่ น้ำเกลือนอร์มัล ส่วนน้ำยาฆ่าเชื้อโรค เช่น Povidone - Iodine , Chlorhexidine, Dekin- solution, Hydrogen peroxide ไม่ควรใช้ในระยะงอกขยาย เพราะจะทำลายเซลล์ที่จำเป็นในซ่อมแซมแผลทำให้แผลหายช้า

8.2 การทำความสะอาดแผลติดเชื้อหรือแผลเนื้อตาย

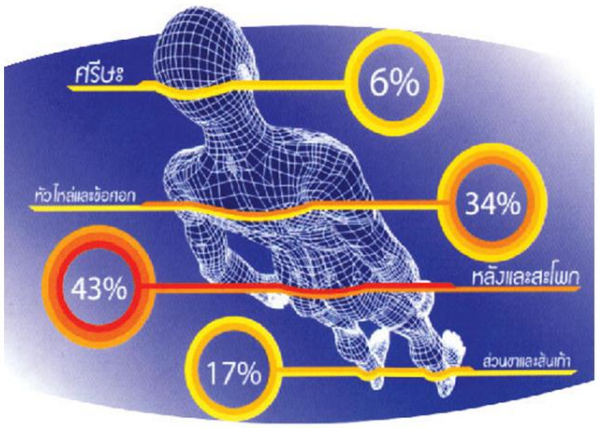
- ใช้การชะล้างแผลด้วยความดันสูง เพื่อขจัดเศษเนื้อตายและแบคทีเรีย

- ใช้น้ำยาทำความสะอาดแผล (เกลือนอร์มัล) หรือน้ำยาฆ่าเชื้อล้างแผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผลติดเชื้อจากการปนเปื้อน

- กำจัดเศษเนื้อตายและสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เพราะเป็นแหล่งให้แบคทีเรียเจริญได้ดี จึงควรตัดเล็บออกให้หมดและเซลล์ใหม่จะงอกขยายเจริญมาปกคลุมแผลได้ดี

- กำจัดช่องหรือโพรงที่อยู่ภายใต้ผิวหนัง เนื่องจากช่องหรือโพรงมักมีสารคัดหลั่งจากแผลซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ดีของ แบคทีเรีย จึงควรทำการอุดช่องหรือโพรงอย่างหลวมๆ ด้วยก๊อสหรือวัสดุที่เหมาะสม

9. อธิบาย ให้คำแนะนำ รวมทั้งให้กำลังใจแก่ผู้ป่วยและญาติ ให้ตระหนักถึงความสำคัญของการพริกตะแคงตัวและการทำความสะอาดแผล



ภาพที่ 2.5 บริเวณที่อาจเกิดแผลกดทับ

3. ทฤษฎีการออกแบบ

ในการวิจัยเพื่อทำการออกแบบเตียงไฟฟ้าเพื่อป้องกันผู้ป่วยเกิดแผลกดทับในครั้งนี้ มีการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการของการออกแบบเพื่อให้ได้เตียงที่สามารถใช้ประโยชน์ได้จริงและผู้ป่วยได้นอนและพักผ่อนได้ตามปกติในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบดังต่อไปนี้

3.1 กระบวนการออกแบบ (design process)

การออกแบบคือกิจกรรมการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายหรือจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ (design is a goal-directed problem-solving activity) จากคำจำกัดความ แสดงให้เห็นว่าในการออกแบบจะเริ่มจากการมีปัญหา มีการตั้งเป้าหมายที่มาจากฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีกิจกรรมการทำงานเพื่อแก้ปัญหาจากงานออกแบบ และรวบรวมผสมผสานให้บรรลุตามความประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งการทำงานในอดีตที่ผ่านมามีวิธีการทำงานของช่างฝีมือเพียงผู้เดียว สามารถจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ ได้ดังนี้

1. วิธีการของช่างฝีมือ (unselfconscious process) เป็นวิธีการทำงานโดยการลองผิดลองถูกของช่างฝีมือด้วยความคุ้นเคยกับปัญหาในงานของตน ช่างฝีมือจะจัดการแก้ไขปัญหาอย่างได้ผลตรงจุดนั้นโดยการค่อยปรับเปลี่ยน ช่างฝีมือได้รับการฝึกฝนขณะทำงานเป็นลูกมือมาก่อน จึงมีข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการ วัสดุและกรรมวิธีการผลิตสะสมไว้อยู่ในความทรงจำ เนื่องจากไม่มีการบันทึกการวาดภาพเก็บไว้เป็นหลักฐาน ดังนั้น การพัฒนาการออกแบบจึงกินเวลานาน และทำได้ยากที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมด มักเป็นการค่อยปรับเปลี่ยนไปทีละเล็กทีละน้อยในระหว่างการทำงาน ข้อดีของวิธีการทำงานออกแบบในลักษณะนี้คือช่วยให้ช่างสามารถจดจำซึมซาบเข้าไปอย่างแน่นแฟ้นยากแก่การลืมเลือน

2. วิธีการของช่างเขียนแบบ (selfconscious process) เป็นวิธีการทำงานที่ใช้แบบ (drawing) เป็นศูนย์กลางในการคิด การปรับปรุงและการพัฒนาแบบ เนื่องจากในการทำงานออกแบบที่มีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่มากขึ้น เช่น การออกแบบอาคารหรือเรือเดินสมุทร เป็นต้น จำเป็นต้องมีการแบ่งงานออกเป็นแผนกตามความถนัดของแรงงานเพื่อช่วยให้ทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้น วิธีการของช่างเขียนแบบต่างจากการทำงานของช่างฝีมือตรงที่ต้องใช้การวาดภาพสำเร็จขึ้นก่อนการลงมือทำ และใช้การคาดคิดล่วงหน้าไปในอนาคต (perceptual span) วิธีการออกแบบในลักษณะนี้ช่วยให้มีอิสระในการเปลี่ยนแปลงและสามารถแก้ไขแบบได้ง่ายขึ้น

วิธีการการทำงานออกแบบทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าวเป็นที่เข้าใจกันอย่างชัดเจนแล้วว่า มีแนวทางทางการเข้าสู่ปัญหาของงานออกแบบ ด้วยสัญชาตญาณและความชาญฉลาดเฉพาะตัวช่าง ซึ่งไม่เหมาะสมและไม่พอเพียงในการแก้ปัญหางานออกแบบในปัจจุบัน เนื่องจากสภาพความต้องการที่มากขึ้น และความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบในงานออกแบบตั้งแต่มนุษย์ผู้ใช้งาน ตลอดจน

สภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบซึ่งกันและกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อีกทั้งงานออกแบบสมัยใหม่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณข้อมูลที่จำเป็นมีเพิ่มขึ้นอย่างมาก วิธีการทำงานออกแบบลักษณะเดิมไม่สามารถจัดการกับข้อมูลเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้พัฒนาการทางเทคโนโลยีทำให้เกิดอุปกรณ์เครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานดีขึ้น แต่อุปกรณ์ดังกล่าว จะทำงานได้จำเป็นต้องใช้วิธีการทำงานอย่างเป็นระบบดังนั้นจึงทำให้เกิดความพยายามในหมู่ผู้ประกอบการวิชาชีพออกแบบเพื่อทำการพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งกระบวนการออกแบบใหม่จึงมีลักษณะที่สนับสนุนให้ผู้ออกแบบมีการคิดทั้ง 2 ลักษณะเกิดขึ้นด้วยกันคือ

1. การปล่อยให้จิตใจผู้ออกแบบมีอิสระในการสร้างความคิดจินตนาการ การคาดเดาและการเห็นแจ้งสำหรับทางเลือกต่าง ๆ ในเวลาใดก็ได้ โดยไม่ถูกยึดติดหรือครอบงำด้วยข้อจำกัดใด ๆ

2. การใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการแยกแยะหาความเกี่ยวข้องเป็นเหตุเป็นผลตลอดจนการนำข้อมูลมาใช้อธิบายและเปรียบเทียบแนวความคิดเพื่อหาคำตอบหรือทางออกที่ถูกต้องเหมาะสมสูงสุด (นวลน้อย บุญวงษ์.2539:131-133)

3.2 ลักษณะสำคัญของกระบวนการออกแบบ

กระบวนการออกแบบอย่างเป็นระบบ เป็นวิธีการออกแบบที่ช่วยลดความผิดพลาดในการทำงานและมีความเหมาะสมกับการแก้ปัญหา ในงานออกแบบสมัยใหม่โดยเฉพาะปัญหาที่มีข้อมูลเป็นปริมาณมาก เป็นโจทย์ที่ต้องการผู้ร่วมงานจากต่างสาขาและเป็นงานออกแบบที่ต้องการความริเริ่มสร้างสรรค์ในระดับสูง กระบวนการออกแบบอย่างเป็นระบบมีลักษณะสำคัญดังนี้

1. การพยายามทำให้การออกแบบเป็นวิธีการที่เปิดเผย มีการทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อให้ ผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงานเกิดความเข้าใจและสามารถมีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล คำแนะนำและเสนอแนะ วิธีแก้ไขปัญหาแทนที่จะเป็นการทำงานของนักออกแบบตามลำพัง

2. ให้ความเป็นอิสระในการสร้างสรรค์ด้วยการแบ่งแยกการทำงานออกเป็นขั้นตอน เป็นการกระจายงานออกจากกันเมื่อทำงานถึงแต่ละขั้นตอนก็สามารถพุ่งความสนใจจดจ่ออยู่เฉพาะขั้นตอนนั้นได้อย่างเป็นอิสระจากขั้นตอนอื่น ๆ ลดความสับสนในการใช้ ความคิดต่องานรวมทั้งหมด

3. การทำงานแม้จะมีการแบ่งออกเป็นขั้นตอน แต่ในขณะปฏิบัตินั้นไม่สามารถแยกแต่ละขั้นตอนอย่างเด็ดขาดจากกัน ขั้นตอนต่าง ๆ มีความต่อเนื่องและคาบเกี่ยวกัน จนบางครั้งไม่สามารถกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดจบของแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดเจน

4. มีระบบการจดบันทึกอย่างละเอียด ในแต่ละขั้นตอนจึงมีหลักฐานบันทึกเก็บไว้ช่วยให้ง่ายต่อการทบทวน ค้นหา ตรวจสอบและแก้ไข เมื่อเกิดความผิดพลาด

3.3 การแบ่งขั้นตอนกระบวนการออกแบบ

ลักษณะเฉพาะที่สำคัญประการหนึ่งของการออกแบบอย่างเป็นระบบ คือ การแบ่งกระจายการทำงานออกจากกันเป็นขั้นตอนย่อย ๆ เพื่อช่วยให้ผู้ร่วมงานสามารถมุ่งความสนใจกับงาน แต่ละ

ขั้นตอนได้อย่างเต็มที่ ช่วยลดความสับสนในการคิดค้น แก้ปัญหาในการแบ่งกระจายขั้นตอน การออกแบบนั้น เนื่องจากนักออกแบบแต่ละคนเมื่อผ่านประสบการณ์ในการทำงานมาช้านาน ได้สะสมความรู้ความชำนาญ ตลอดจนมีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรืออุปสรรค ขณะลงมือทำงานจึงพัฒนาขั้นตอนการทำงานเป็นของตนเองตามความถนัดและความมีประสิทธิผลด้วยวิธีที่ตนได้เรียนรู้มา ดังนั้นตามสำนักงานออกแบบต่าง ๆ เช่น สำนักงานสถาปนิก นักตกแต่งภายใน และนักออกแบบอุตสาหกรรม จึงวางแบบแผนการทำงานไว้เป็นเสมือนคู่มือการปฏิบัติงานเพื่อให้นักออกแบบและเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่าง ๆ ปฏิบัติเป็นขั้นตอน มีการกำหนดอย่างชัดเจน เกี่ยวกับลักษณะผลผลิตที่ต้องทำของแต่ละขั้นตอน และให้ดำเนินไปเป็นลำดับอย่างเคร่งครัด การทำงานตามแบบแผนอย่างเป็นขั้นตอน มีส่วนช่วยให้การออกแบบประสบผลสำเร็จได้เป็นอย่างดี ในหัวข้อนี้จึงขอเสนอแนะวิธีการแบ่งขั้นตอนการทำงาน ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญได้ทดลองปฏิบัติและเผยแพร่ไว้แล้วเป็น 3 ลักษณะเปรียบเทียบกัน แต่ละวิธีการแบ่งมีการกระจายการทำงานเป็นขั้นตอนย่อยและเน้นการให้ความสำคัญของขั้นตอนที่แตกต่างกัน แต่เมื่อมองโดยรวมแล้วการแบ่งขั้นตอนลักษณะต่าง ๆ ล้วนมีวิธีการเข้าสู่ปัญหาในแนวทางเดียวกัน และสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางการออกแบบได้ทั้งสิ้น การเลือกวิธีการแบ่งขั้นตอนลักษณะใดนั้นย่อมขึ้นกับวิธีการทำงานตามความถนัดและความเคยชินของนักออกแบบเป็นสำคัญ การแบ่งขั้นตอนการออกแบบมี 3 วิธีดังนี้

1. วิธีแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน (Nigel Cross .1984)

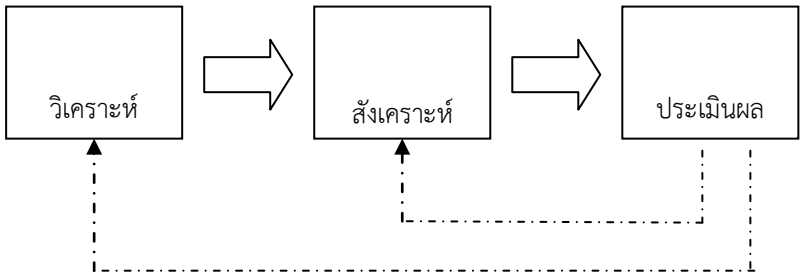
1.1 การวิเคราะห์ (analysis) การนำข้อมูลที่มีผลต่อการออกแบบมาจัดการแยกแยะความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างกันเพื่อสรุปให้ออกมาเป็นกลุ่ม ลักษณะที่งานออกแบบนั้น ๆ ควรจะเป็น หรือควรทำหน้าที่ตามการใช้งาน (performance specification = P-Spec)

1.2 การสังเคราะห์ (synthesis) การนำผลการวิเคราะห์มาสร้างสรรค์ด้วยเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายมีปริมาณมากและมีคุณภาพสอดคล้องกับลักษณะที่ควรจะเป็นตามความต้องการใช้งาน (P- Spec)

1.3 การประเมินผล (evaluation) การนำวิธีการแก้ปัญหาที่สังเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบตามหลักเกณฑ์และเลือกวิธีการที่มีความเป็นไปได้และเหมาะสมสูงสุด สำหรับนำไปพัฒนาเพื่อการผลิตและการจำหน่ายต่อไป

ทั้ง 3 ขั้นตอนหลักนี้แต่ละขั้นตอนยังประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ซึ่งกำหนดให้ปฏิบัติตามลำดับเพื่อให้เกิดผลสำเร็จในแต่ละขั้นตอน เมื่อปฏิบัติตามโดยเรียงจากการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผลแล้ว ถ้าผลงานออกแบบที่ประเมินได้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมเป็นที่พอใจของทุกฝ่ายก็นับว่าเสร็จสิ้นกระบวนการออกแบบ แต่ถ้าประเมินแล้วผลงานยังไม่ถูกต้องตามความต้องการของผู้เกี่ยวข้อง ก็จำเป็นต้องย้อนกลับไปตรวจสอบในขั้นตอน การ

วิเคราะห์ และการสังเคราะห์เพื่อหาข้อผิดพลาดและทำการแก้ไขใหม่ เรียงไปตามลำดับขั้นตอนอีกครั้งหนึ่ง



ภาพที่ 2.6 แสดงการทำงาน 3 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ

2. วิธีแบ่งการทำงานออกเป็น 7 ขั้นตอน (Don Koberg and Jim Bagnall .1976)

2.1 เตรียมรับสภาพ (accept situation) เมื่อได้รับปัญหาในการออกแบบ นักออกแบบต้องทำความเข้าใจ เนื้อหาและธรรมชาติ เฉพาะของงานออกแบบนั้น เป็นอย่างถ่องแท้ พร้อมกับทำการสำรวจ ความพร้อมของตนเองที่จะทำงานในด้านต่าง ๆ เช่นเวลาทำงาน ความรู้ ความชำนาญเฉพาะ ข้อมูลที่มี ความถนัดและความสนใจ ในงานลักษณะนั้น เพื่อประกอบการตัดสินใจที่จะเริ่มรับงาน

2.2 วิเคราะห์ (analysis) การค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อค้นหาความจริงตลอดจนข้อคิดเห็น จากผู้รู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับปัญหาโดยการนำปัญหามาแยกส่วนและหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน ช่วยให้มองเห็นข้อเท็จจริงใหม่ ๆ ในปัญหานั้น

2.3 กำหนดขอบเขต (define) เมื่อได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา อย่างละเอียดแล้วจะพบว่ามีเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่องและกว้างขวางกับปัญหานั้นอีกมากมายซึ่งไม่สามารถจัดการได้ทั้งหมด นักออกแบบจึงจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายหลักของการทำงาน วางขอบเขตและจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้บรรลุอย่างเหมาะสม ตามความจำกัดต่าง ๆ ที่มีอยู่

2.4 คิดค้นออกแบบ (ideate) การใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อสร้างทางเลือก หรือวิธีการแก้ปัญหา จำนวนมากซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายหลัก

2.5 คัดเลือก (select) การพิจารณาวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ นำมาเปรียบเทียบเพื่อคัดเลือกวิธีการที่ดีที่สุดคือ วิธีที่ง่ายและได้ผลในการใช้งานสูงสุด

2.6 พัฒนาแบบ (implement) การนำเอาแบบที่เลือกแล้วว่ามีความเหมาะสมมากที่สุดมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป จนถึงรายละเอียด เพื่อพัฒนาให้แนวทางที่เรื่องนั้นมีความสมบูรณ์ เกิดผลลัพธ์สูงสุด

2.7 ประเมินผล (evaluate) การนำผลงานการออกแบบที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาทบทวนผลที่เกิดขึ้น วิจารณ์อย่างตรงไปตรงมา และอย่างมีหลักเกณฑ์เพื่อให้รู้ว่าผลงานนั้นมีข้อดีและข้อบกพร่อง ทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ

3. วิธีแบ่งการทำงานออกเป็น 8 ขั้นตอน

3.1 การกำหนดขอบเขตของปัญหา (identification of the problem) การนำเอาโจทย์หรือปัญหาที่ได้รับในงานออกแบบมาศึกษา พิจารณาให้เข้าใจถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและทำการกำหนดขอบเขตการทำงานเพื่อแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม ไม่กว้างหรือแคบจนเกินไป

3.2 การค้นคว้าหาข้อมูล (information) การศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบ นำมาจัดจำแนกอย่างเป็นระบบ ตามหัวข้อที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาข้อมูลมีคุณค่าช่วยให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ และช่วยเสนอแนะวิธีการต่าง ๆ สำหรับแก้ปัญหา

3.3 การวิเคราะห์ (analysis) การนำข้อมูลที่จำแนกไว้แล้วมาแยกแยะ เปรียบเทียบและจัดให้เกิดความสัมพันธ์กัน ผลจากการวิเคราะห์จะช่วยเสนอแนะตั้งแต่ทางเลือก จนถึงเกณฑ์สำหรับพิจารณา ทางเลือกต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

3.4 การสร้างแนวความคิดหลัก (conceptual design) การใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อสร้างสรรค์แนวความคิดหลักในการออกแบบ แนวความคิดหลัก ควรมีลักษณะที่สามารถแก้ไขปัญหาสำคัญได้อย่างตรงประเด็น และมีความกว้างคราอบคลุมการแก้ปัญหาย่อย มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับแนวทางที่เคยมีมาก่อน และยังมีลักษณะเป็นความคิดหรือสมมุติฐานที่อาจจะยังเป็นนามธรรม นอกจากนี้ แนวความคิดในการออกแบบไม่ได้มีอยู่เพียงครั้งเดียว โดยเฉพาะสำหรับปัญหาที่ซับซ้อนในระยะแรก เป็นการสร้างแนวความคิด โดยรวมและเมื่อทำการออกแบบก็จะมีแนวการสร้างความคิดเสริม ตามไปแต่ละขั้นตอนหรือทุก ๆ ระดับของการแก้ปัญหาทั้งนี้ เพื่อให้การออกแบบลึกลงไปทุกขั้นตอน สามารถทำได้อย่างสร้างสรรค์มากขึ้น

3.5 การออกแบบร่าง (preliminary design) การนำแนวความคิดหลักมาตีความแปรรูปหรือประยุกต์ สร้างขึ้นจากสิ่งที่เป็นนามธรรม ให้กลายเป็นรูปธรรมมีตัวตนมองเห็นและจับต้องได้ด้วยการร่างเป็นภาพ 2 มิติ หรือสร้างเป็นหุ่นจำลอง 3 มิติ แบบร่างควรมีจำนวนมาก มีความแตกต่างหลากหลายทางด้านรูปร่างหน้าตา ขนาด ส่วนประกอบตั้งแต่โครงสร้างจนถึงส่วนประกอบย่อย พร้อมทั้งให้คำอธิบาย หรือกราฟิกแสดงหลักการ วิธีการและความคิดเห็นของผู้ออกแบบต่อแบบเหล่านั้น

3.6 การคัดเลือก (selection) การนำแบบร่างที่สร้างขึ้นเป็นจำนวนมากมาเปรียบเทียบโดยใช้หลักเกณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อคัดเลือกแบบที่มีความเหมาะสมสูงสุด สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จได้วิธีการที่ง่าย ประหยัด และมีความเป็นไปได้จริง ทั้งในการผลิตและการตลาด

3.7 การออกแบบรายละเอียด (detail design) การนำแบบที่ผ่านการพิจารณา คัดเลือกแล้วมาพัฒนาต่อไปจนถึงขั้นรายละเอียดของส่วนประกอบย่อยต่างๆ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์

ครบถ้วนมากยิ่งขึ้น การออกแบบรายละเอียดจะเกิดขึ้น ขณะเขียนแบบนับเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีส่วนช่วยเปลี่ยนแปลงแบบที่มาจากแนวความคิดธรรมดาให้กลายเป็นแบบที่น่าสนใจและใช้งานได้ดี หรือในการตรงกันข้ามคือมีส่วนทำลายแนวความคิดที่ดีให้ด้อยคุณค่าลงจากความหยาบหรือการขาดความเอาใจใส่ในรายละเอียดของงาน

3.8 การประเมินผล (evaluate) การนำแบบที่สำเร็จทั้งในลักษณะงาน 2 มิติ และ 3 มิติ มาทำการประเมินผลงานนั้น ๆ ว่ามีความถูกต้อง และครบถ้วนตามขอบเขตและจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้เพียงใด การประเมินผลช่วยให้รู้ระดับคุณภาพของงานออกแบบ และเป็นการตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนการลงทุนผลิตและจำหน่าย

3.4 แนวคิดสำหรับการออกแบบ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นกระบวนการที่ทำให้วงจรของการทำธุรกิจหรืออุตสาหกรรมสามารถครองใจผู้อุปโภคบริโภคไว้ได้นานเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นกระบวนการดังกล่าวจึงมีขั้นตอนวิธีการที่สลับซับซ้อน มีโครงสร้างที่ต้องเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลไปถึงกระบวนการผลิต ตลอดจนถึงการจำหน่าย จ่ายแจก สู่ผู้อุปโภคและบริโภค โดยจะนำเสนอความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นได้นั้นต้องผ่านกระบวนการวิจัย ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น วิจัยเพื่อหาข้อสรุปว่า สิ่งที่ผู้บริโภคต้องการนั้นเป็นความจริงหรือไม่ รวมทั้งวิจัยในเรื่องของรูปแบบด้วย และนอกจากนี้การออกแบบยังต้องคำนึงถึงความรู้ทางวัสดุอีกด้วย ว่าวัตถุที่จะนำมาใช้อย่างเหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นอย่างไร การนำวัสดุมาใช้งานถูกต้องหรือไม่ เช่น การขึ้นรูปแก้วกาแฟ ซึ่งลักษณะของการดื่มกาแฟต้องดื่มในขณะที่กาแฟยังร้อนอยู่ ภาชนะที่ใช้จำเป็นต้องไม่นำความร้อนจึงไม่ควรใช้เป็นโลหะแต่นิยมใช้เป็นดินเผาหรือแก้ว เป็นต้น

การออกแบบนักออกแบบจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้การแบบมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นดังปัจจัยที่นักออกแบบต้องคำนึงถึง ต่อไปนี้

1.การวิเคราะห์วัสดุ

2.การวิเคราะห์ประโยชน์ใช้สอย

3.การวิเคราะห์ความงาม

4.การวิเคราะห์ตลาด

การวิจัยผลิตภัณฑ์ และการค้นคว้าวิจัย เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีคุณภาพมากขึ้น นั่นหมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ทำการรวบรวมมาซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข แผนภูมิ สถิติต่าง ๆ ที่นำมาจากแหล่งต่าง ๆ สำหรับใช้ในการค้นคว้าวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบนั้น นักออกแบบอาจจะใช้การซักถาม พูดคุย กับผู้ใช้ผู้ซื้อ

ผลิตภัณฑ์เป็นการสอบถามความรู้สึก ความเห็น ความต้องการและอื่น ๆ เพื่อรวบรวมนำมาปรับปรุงให้เข้ากับงานที่นักออกแบบกำลังทำอยู่

นักออกแบบต้องการค้นคว้าทดลอง รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและความต้องการ ของผู้บริโภค ซึ่งการสำรวจหาข้อมูลจากผู้บริโภค (consumer research) เป็นวิธีการที่จะช่วยให้ทราบข้อมูลต่าง ๆ ได้ เช่น การหาข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่าง (sampling) เป็นวิธีการหนึ่งที่สะดวกและเหมาะสม คือ นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่มีการจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด 2 – 3 ชนิด หรือมากกว่าไปสอบถามความรู้สึก ความคิดเห็นโดยตรงจากผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นั้น เพื่อหาข้อดี ข้อเสีย การค้นคว้าหาข้อมูลอาจจะหาได้จากแหล่งข้อมูล 2 พวก คือ

1.ข้อมูลที่มีอยู่แล้ว (existing data) ได้แก่ ข้อมูลเก่า ๆ ที่ลูกค้าได้ทำไว้ วารสารการค้า วารสารทางราชการ สมาคมการค้า หนังสือพิมพ์ สถาบันการศึกษา เว็บไซต์

2.ข้อมูลจากของจริง (original data) มีกระบวนการในการค้นคว้าอยู่ 5 ขั้นตอน ดังนี้ การกำหนดปัญหา (definition of the problem) การเตรียมการ (preparation) การสำรวจภาคสนาม (field investigation) การจัดระเบียบ การวิเคราะห์ และตีความ (titillation analysis and interpretation)

เนื่องจากแนวทางการพัฒนาในด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นต้องการให้ชุมชนหรือท้องถิ่นมีแนวคิดต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการดำเนินชีวิต หรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน นอกจากจะต้องมีแนวคิดในการออกแบบแล้วชุมชนจะต้องมีแนวคิดเกี่ยวกับการผลิตด้วยเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตสินค้าหรือบริการให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาด ดังจะขอนำเสนอระบบของการจัดการการผลิตที่เหมาะสมกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

1. ระบบการวางแผนผลิต (planning management) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมข้อมูล เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนและก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดสำหรับการผลิต ดังนี้

1.1 แสดงกระบวนการผลิตเป็นรูปภาพ ระบบจะแสดงแผนภาพในการผลิตเพื่อช่วยให้ผู้วางแผนสามารถมองเห็นภาพรวมของการผลิตในกรณีที่การผลิตสินค้าบางประเภทมีความซับซ้อนมาก นอกจากนี้ยังสามารถเลือกหรือลงไปดูรายละเอียดของระดับย่อย ๆ ได้อีกด้วย

1.2 ประมาณการได้อย่างแน่นอน ระบบจะเชื่อมโยงกับระบบสินค้าคงคลัง เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ช่วยในการผลิต เช่น ปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิต ความพร้อมของอุปกรณ์เครื่องใช้ในการผลิต ซึ่งถ้าระบบพบว่ามีสิ่งใดไม่พร้อมระบบจะมีการเตือนให้กับผู้วางแผนการผลิตทราบ เพื่อเปลี่ยนแปลงแผนการผลิต ทั้งนี้ระบบยังสามารถแจ้งได้ว่าถ้าต้องการมีการสั่งซื้อวัตถุดิบต่าง ๆ แล้ว จะต้องใช้เวลาเท่าไร เพื่อช่วยในการวางแผนการผลิตทำให้สามารถประมาณการผลผลิตที่จะผลิตได้อย่างแน่นอน

1.3 รูปแบบการจำลองการผลิต มีการสร้างรูปแบบจำลองในการผลิต โดยดูจากความเป็นไปได้ของส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบซื้อ เพื่อจัดซื้อวัตถุดิบและอุปกรณ์ในการผลิต ระบบโรงงานเพื่อตรวจสอบความพร้อมของเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต ระบบสินค้าคงคลังเพื่อตรวจสอบดูปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ว่าเพียงพอหรือไม่ รวมถึงความต้องการของลูกค้า ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวจะต้องใช้ระบบ expert system มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้การวางแผนเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

1.4 สร้างตารางรายละเอียดการผลิตได้อย่างรวดเร็ว ระบบจะนำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทั้งหมดมาเป็นเงื่อนไขในการวางแผนการผลิตและออกตารางการผลิตเพื่อความสามารถในการใช้ทรัพยากรในการผลิตให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

1.5 ใช้เงื่อนไขของการจัดส่งตามต้องการของลูกค้าและเงื่อนไขในการขาย ในการวางแผนการผลิต ในการวางแผนการผลิตระบบจะตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ เสมอเพื่อให้การส่งสินค้าตรงกับที่กำหนดไว้ โดยดูดังต่อไปนี้

1.5.1 ถ้าวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีไม่เพียงพอ ระบบจะเลือกวัตถุดิบทดแทนให้อัตโนมัติ

1.5.2 ช่วยเลือกบริษัทที่สามารถยืมหรือซื้อวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเมื่อวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีไม่เพียงพอ

1.5.2 ช่วยท่านเลือกบริษัทที่สามารถยืมหรือซื้อวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เมื่อวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีไม่เพียงพอ

1.5.3 ช่วยในการจัดสรรทรัพยากรในการผลิตให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยดูจากองค์ประกอบต่าง ๆ เช่นลูกค้า ตลาด คำสั่งซื้อ ฯลฯ

1.6 ช่วยพัฒนากระบวนการผลิตให้มีคุณภาพมากขึ้น เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถในการผลิต เพิ่มผลผลิต ลดขั้นตอนในการผลิต ลดค่าล่วงเวลา และใช้ทรัพยากรของบริษัทให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า ซึ่งจะเป็นตัวช่วยในการเพิ่มผลผลิตและพัฒนาคุณภาพสินค้าของลูกค้า

1.7 เป็นเครื่องมือสำคัญในการวางแผนการผลิตและออกตารางรายละเอียดการผลิตสินค้า

1.7.1 ช่วยให้สามารถกำหนดเครื่องมือ ทรัพยากร ที่ใช้ในการผลิตได้รวดเร็วและถูกต้องต่อกระบวนการผลิต

1.7.2 ช่วยสร้างแผนการผลิตได้จากเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ

1.7.3 ช่วยให้สามารถวางแผนการผลิตได้อย่างต่อเนื่องตามสภาวะต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลง และรองรับการผลิตที่ซับซ้อนในสภาวะที่แตกต่างกัน

2. ระบบการผลิต (production management)

2.1 ระบบการผลิตจะแสดงตารางการผลิต การใช้ทรัพยากรในการผลิต กระบวนการผลิตและแสดงรายงานการใช้ทรัพยากรตามประเภทสินค้า

2.2 ระบบจะเก็บบันทึกข้อมูลที่เกิดขึ้นในการผลิตเพื่อเก็บเป็นประวัติและข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

3. ระบบควบคุมคุณภาพ (quality control management) เป็นระบบที่ใช้สำหรับการกำหนดคุณสมบัติพื้นฐานและค่ามาตรฐานในการตรวจสอบและบำรุงรักษาสินค้าเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพ ทั้งนี้รวมถึงการเก็บประวัติของการตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ไว้เพื่อช่วยในการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และแก้ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของสินค้า

4. ระบบการบำรุงรักษา (preventive and corrective maintenance system) เป็นระบบที่ใช้ในการกำหนดตารางเวลาของการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น เครื่องจักร คอมพิวเตอร์ โดยระบบจะมีการเตือนเมื่อถึงวันที่กำหนด ตรงตามเงื่อนไข วันที่รับประกัน หรือวันที่หมดอายุ ระบบจะเก็บบันทึกข้อมูลและประวัติของการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ รวมถึงการกำหนดค่ามาตรฐานของเครื่องจักรสำหรับการบำรุงรักษา

การออกแบบคือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยการเลือกนำองค์ประกอบมาจัดเรียงให้เกิดเป็นรูปทรงใหม่ที่สามารถสนองความต้องการตามจุดประสงค์ของผู้สร้าง และสามารถผลิตได้ด้วยวัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่มีอยู่ในขณะนั้น ซึ่งคำจำกัดความนี้สามารถสรุปได้ว่า งานออกแบบนั้นเกิดขึ้นจากการนำวัสดุชนิดต่าง ๆ มาผ่านกรรมวิธีการขึ้นภาพที่เหมาะสมและเป็นไปได้จริงในเวลานั้น เพื่อให้เกิดเป็นรูปทรงใหม่ ซึ่งสามารถสนองประโยชน์ตามหน้าที่ใช้สอยได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีทั้งปัจจัยจากภายใน เช่น วัสดุ ประโยชน์ใช้สอย ความงาม และปัจจัยภายนอก เช่น การตลาดเป็นต้น

1. การวิเคราะห์วัสดุสำหรับผลิตภัณฑ์

การเลือกใช้วัสดุในปัจจุบันนักออกแบบมีทางเลือกอย่างกว้างขวางสำหรับการนำวัสดุชนิดต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีทางการผลิตที่มีความก้าวหน้ามาใช้กับงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยในด้านความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ผลิตได้ง่ายไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียระหว่างการผลิต และเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้งานออกแบบมีความประณีตเรียบร้อยปราศจากตำหนิแม้ในส่วนรายละเอียดให้สังเกตเห็นได้ ลักษณะโดยรวมที่เกิดขึ้นจากการรู้จักเลือกใช้วัสดุ และกรรมวิธีการผลิตอย่างถูกต้องช่วยให้งานออกแบบมีคุณภาพดี อันเป็นคุณค่าที่สำคัญสำหรับงานออกแบบในปัจจุบันซึ่งผู้บริโภคมีมาตรฐานการดำรงชีวิตที่ดีขึ้นและต้องการงานออกแบบที่มีคุณภาพสูง

2. การวิเคราะห์ประโยชน์ใช้สอย

ประโยชน์ใช้สอยเป็นศูนย์กลางของการออกแบบที่นักออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงเป็นประการแรกเพราะถ้างานออกแบบที่นำมาพิจารณาขาดความเหมาะสมทางการใช้สอย ตลอดจนไม่ให้ความสะดวกสบายและความปลอดภัย ก็นับว่าเป็นความสิ้นเปลืองและความสูญเปล่า ประโยชน์ใช้สอยมีผลต่อการเลือกใช้ ลักษณะรูปทรง วัสดุและกรรมวิธีการผลิต งานออกแบบที่ดีอย่างแท้จริงจึงควรเป็นงานที่มีประโยชน์ครอบคลุมตั้งแต่ก่อนใช้งาน ขณะใช้งานและภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานแล้วมีลักษณะถูกต้องสอดคล้องกับสรีระส่วนที่ใช้งาน

3. การวิเคราะห์ความงาม

ความงามมักเกิดขึ้นจากลักษณะโดยรวมของรูปทรงตลอดจนการตกแต่งหน้าตาของงานออกแบบ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าด้านประโยชน์ใช้สอย ลักษณะความงามของงานออกแบบควรพิจารณาตามประเภทหรือธรรมชาติเฉพาะของงานออกแบบนั้น ๆ ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีหน้าที่ใช้สอยเฉพาะอย่างและทำขึ้นให้เหมาะสมกับผู้ใช้เฉพาะกลุ่ม ดังนั้นลักษณะหน้าตาที่ปรากฏจึงควรสามารถสื่อถึงลักษณะการใช้งานและอยู่ในแนวทางที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ จึงจะเรียกได้ว่าเป็นงานออกแบบที่มีความงามอย่างถูกต้อง นอกจากมีลักษณะหน้าตาที่สื่อได้เหมาะสมดังกล่าวแล้ว งานออกแบบที่ดีต้องมีลักษณะเฉพาะซึ่งสามารถสร้างความสนใจต่อผู้พบเห็น มีความใหม่และมีเอกลักษณ์แตกต่างจากงานออกแบบที่มีอยู่ทั่วไป

4. การวิเคราะห์การตลาด

การวิเคราะห์ตลาดเป็นเกณฑ์การพิจารณาจากปัจจัยภายนอกงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาด มีราคาที่เหมาะสมสามารถแข่งขันได้เป็นอย่างดี มีการออกแบบอย่างรอบคอบไม่ขัดกับกฎระเบียบข้อบังคับตลอดจนระบบที่ใช้กันเป็นมาตรฐานสากลในขณะนั้น นอกจากนี้ยังเป็นงานออกแบบที่แสดงสำนึกความมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อปัญหาสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น

นอกการรู้จักวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบแล้วในขั้นตอนของการออกแบบผู้ออกแบบจะต้องรู้จักคิดและวางแผนการออกแบบอย่างเป็นระบบ ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการใช้ความคิดอย่างเป็นระบบ สำหรับการนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบเพื่อให้ชุมชนสามารถสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ได้

4. ระบบไฮดรอลิกส์

ระบบไฮดรอลิกส์มีใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ระบบไฮดรอลิกส์สามารถควบคุมอุปกรณ์ขนาดเล็กขนาดกลาง หรือเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ที่มีขนาดปานกลาง ไปจนถึงขนาดใหญ่ หรืองานที่ต้องการกำลังมาก (Heavy Load) เช่น เครื่องปั๊มชิ้นงาน (Press Machine) เครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding) การประกอบชิ้นส่วนอัตโนมัติ (Automatic Assembly) หรือหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot) เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ จะเหมือนกับระบบนิวแมติกส์ คือจะมีการควบคุมทิศทางการทำงาน ส่วนอุปกรณ์และวงจรอื่นๆจะเหมือนกัน แต่จะแตกต่างตรงที่ระบบนิวแมติกส์ จะใช้ลมเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน โดยปกติจะใช้ความดันที่ 6-8 bar และลมจะถูกปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ ส่วนระบบไฮดรอลิกส์ จะใช้น้ำมันเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานโดยปกติจะใช้ความดันที่ 30-400 bar แต่น้ำมันจะไหลกลับสู่ถังเก็บน้ำมันเหมือนเดิม ตัวกลางระหว่างลมกับน้ำมันนั้น น้ำมันจะมีการยุบตัวน้อยกว่าระบบลม จึงทำให้ระบบไฮดรอลิกส์ มีการทำงานที่ถูกต้อง และแม่นยำกว่าระบบนิวแมติกส์

4.1 พื้นฐานระบบไฮดรอลิกส์

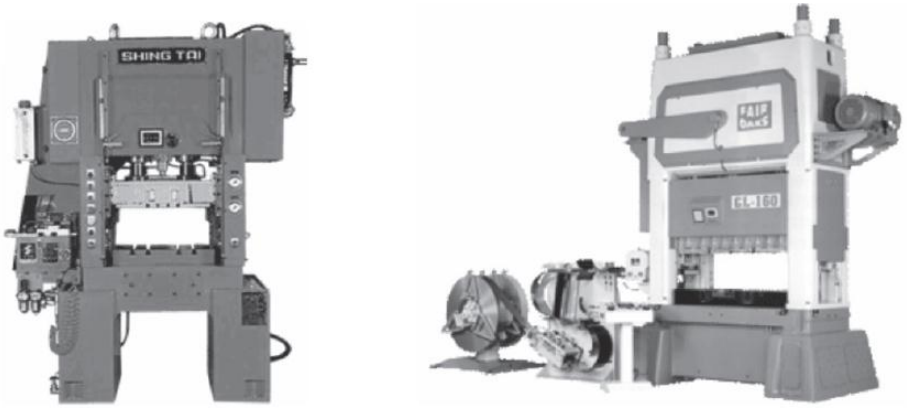
ระบบไฮดรอลิกส์ เป็นระบบที่ใช้อยู่ในเครื่องจักร และเครื่องทุ่นแรงหลายประเภท โดยทั่วไประบบไฮดรอลิกส์จะใช้กับงานที่มีลักษณะที่ต้องการแรงดึง แรงดัน แรงกด หรือแรงยก ที่ใช้แรงมาก ๆ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกส์จึงมีความหลากหลาย ในการใช้งานแต่ละประเภท ถึงแม้ว่าสัญลักษณ์การทำงานจะเหมือนกัน แต่โครงสร้างในการทำงานจะแตกต่างกันไปตามความจำเป็นของงานเครื่องจักรที่ใช้ระบบ ไฮดรอลิกส์สำหรับควบคุมการทำงาน สามารถแบ่งออกได้ดังนี้ คือ

4.1.1 เครื่องจักรที่อยู่กับที่ จะถูกออกแบบมาให้ประหยัดพลังงาน ดังนั้นจะเลือกใช้อุปกรณ์การทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ ที่มีขนาดใหญ่ แต่ใช้แรงดันในระบบต่ำ จึงทำให้ประหยัดพลังงาน

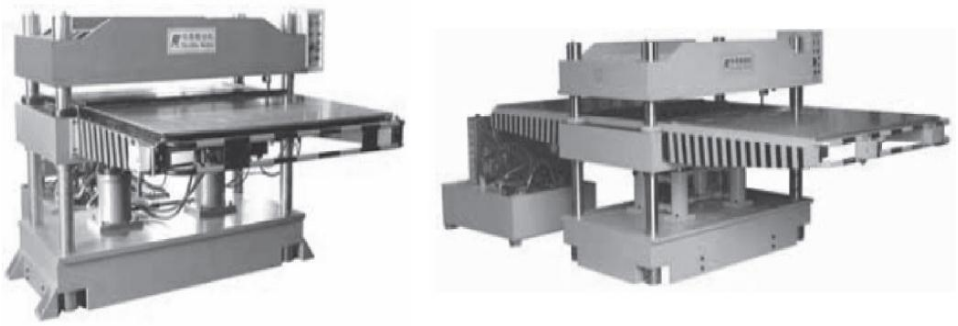
4.1.2 เครื่องจักรที่เคลื่อนที่ จะถูกออกแบบให้มีน้ำหนักเบา เพื่อสะดวกในการเคลื่อนที่ ดังนั้นจะเลือกใช้อุปกรณ์การทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ที่มีขนาดเล็ก แต่ใช้แรงดันในระบบสูง ทำให้ได้กำลังในการทำงานสูงด้วย

สำหรับระบบไฮดรอลิกส์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องจักรกลอัตโนมัติ สามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานดังนี้

1.ไฮดรอลิกส์อุตสาหกรรม (Industrial Hydraulic) ไฮดรอลิกส์อุตสาหกรรม คือ ไฮดรอลิกส์ที่ใช้ควบคุม เครื่องจักรในงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปใช้ในเครื่องจักรชนิดอยู่กับที่ เช่น เครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding) เครื่องปั๊มชิ้นงาน (Press Machine) เครื่องจักร ซี เอ็น ซี (CNC Machine) เป็นต้น



ภาพที่ 2.7 เครื่องปั๊มชิ้นงาน (Press Machine)



ภาพที่ 2.8 เครื่องพับ-ตัดชิ้นงาน (Cutting Machine)

2. ไฮดรอลิกส์โมบายล์ (Mobile Hydraulic) ไฮดรอลิกส์โมบายล์ คือ ไฮดรอลิกส์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรในงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปใช้ในเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่ โดยส่วนใหญ่จะมีการใช้งานในภาคสนาม เช่น รถโม่ปูน รถเกรดถนน รถขุด รถบดถนน หรือรถเครนยกของบนตึกสูง (Tower Crane) เป็นต้น

ภาพที่ 2.9 รถยกของ

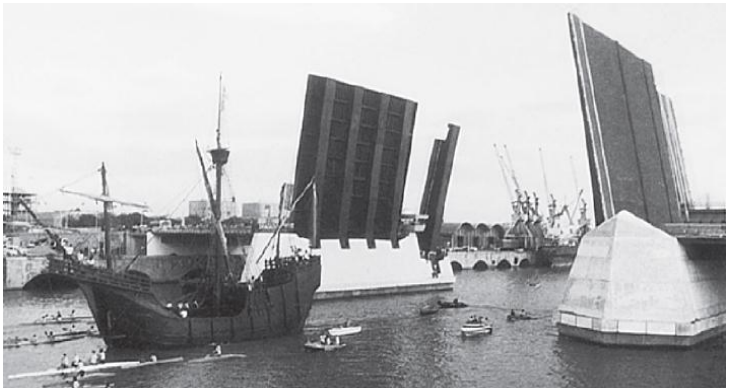
3. ไฮดรอลิกส์เทคโนโลยี (Technology Hydraulic) คือ ไฮดรอลิกส์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรในงานอุตสาหกรรมหนัก หรืออุตสาหกรรมที่ต้องการเทคโนโลยีชั้นสูง (Advanced Technology) ตลอดจนมีประสิทธิภาพและให้กำลังงานสูงด้วย เช่น เครื่องจักรขุดลอกแม่น้ำหรือลำคลอง (Dredge Industry) เครื่องจักรขุดเจาะน้ำมัน (Offshore Industry) หรือเครื่องจักรเทอร์ไบร์ (Turbine Industry) เป็นต้น

ภาพที่ 2.10 เครื่องจักรขุดลอกแม่น้ำหรือลำคลอง (Dredge Industry)

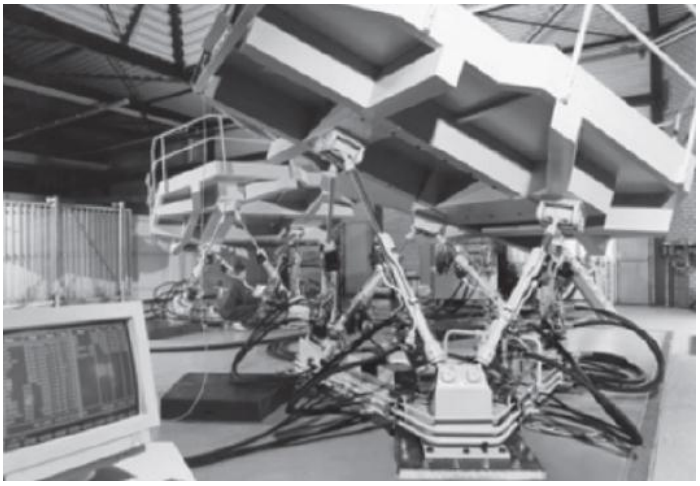
ภาพที่ 2.11 เครื่องจักรขุดเจาะน้ำมัน (Offshore Industry)

ภาพที่ 2.12 อุตสาหกรรมต่อเรือ (Shipbuilding Industry)

ภาพที่ 2.13 เครื่องจักรเทอร์ไบร์ (Turbine Industry)

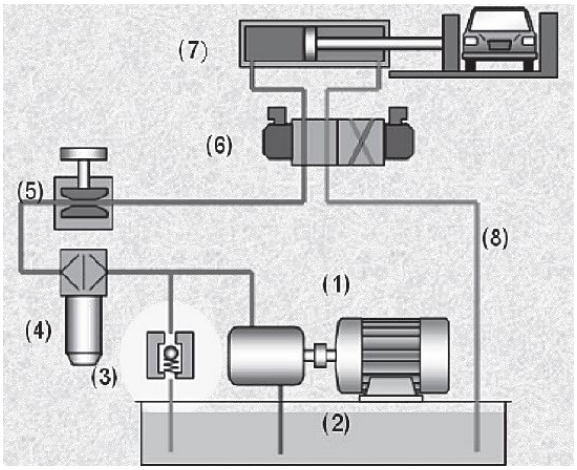


ภาพที่ 2.14 อุตสาหกรรมในงานโยธา (Civil Industry)



ภาพที่ 2.15 อุตสาหกรรมการบิน (Aircraft Industry)

4. ระบบไฮดรอลิกส์ในงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันระบบไฮดรอลิกส์ถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ซึ่งหลักการของไฮดรอลิกส์ จะใช้น้ำมัน เป็นตัวกลางในการส่งผ่าน จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยน้ำมันจะเปลี่ยนพลังงานการไหลให้เป็นพลังงานกล เช่น เครื่องปั๊มชิ้นงาน (Press machine) ในระบบของเครื่องปั๊มชิ้นงาน จะมีการส่งถ่ายกำลังการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ไปยังอุปกรณ์ ทำให้เครื่องจักรสามารถปั๊มชิ้นงานหรือขึ้นรูปชิ้นงาน



ภาพที่ 2.16 วงจรไฮดรอลิกส์

ระบบไฮดรอลิกส์ สามารถแบ่งออกตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

1. ปั๊มไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Pump) มีหน้าที่ควบคุมการจ่ายน้ำมันและดูดน้ำมันในระบบ

2. ถังพักน้ำมัน (Tank) มีหน้าที่พักน้ำมันในระบบ ตลอดจนทำความสะอาดน้ำมันและระบายความร้อนน้ำมัน

3. วาล์วควบคุมน้ำมัน (Pressure Relief Valve) หรือวาล์ว นิรภัย มีหน้าที่ควบคุมความดันในระบบ ขณะที่ระบบมีความดันสูงเพิ่มขึ้น วาล์วจะควบคุมให้น้ำมันไหลกลับสู่ถังน้ำมัน

4. ชุดกรองน้ำมัน (Filter) มีหน้าที่กรองสิ่งสกปรกไม่ให้เข้าไปในระบบ ซึ่งถ้ามีสิ่งสกปรกเข้าไปในระบบ อาจจะทำให้อุปกรณ์เสียหายได้

5. วาล์วปิด-เปิด (Shut Off Valve) มีหน้าที่ปิด-เปิด การไหลของน้ำมัน

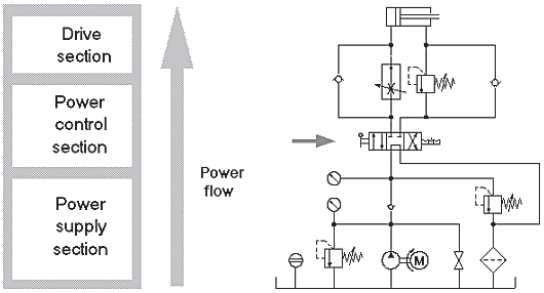
6. โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) มีหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมัน

7. อุปกรณ์การทำงาน (Actuator) มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานการไหลให้เป็นพลังงานกล เช่น ลูกสูบ (Piston) มอเตอร์ (Motor) เป็นต้น

8. ท่อน้ำมัน (Tube) มีหน้าที่ส่งผ่านน้ำมันในระบบทั้งหมด

4.2 ส่วนกำลัง ระบบไฮดรอลิกส์ (Hydraulic System) คือ การนำเอาอุปกรณ์ระบบไฮดรอลิกส์หลายส่วนมาทำงานร่วมกัน เช่น ส่วนที่ 1 ปั๊มไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Pump) จะทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานกลไปเป็นกำลังงานไฮดรอลิกส์ส่วนที่ 2 วาล์วควบคุม (Control Value) จะทำหน้าที่ควบคุมทิศทาง ควบคุมแรงดัน และควบคุมอัตราการไหลในระบบไฮดรอลิกส์ ส่วนที่ 3 กระบอกสูบ (Cylinder) จะทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกส์ให้เป็นกำลังงานกล โดยทั้ง 3 ส่วนจะทำงานและส่งถ่ายกำลังแบบต่อเนื่องหรือหยุดชั่วขณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนกำลังจะประกอบไปด้วยระบบกำลังหรือส่งถ่ายพลังงาน (Power Supply) ระบบควบคุมทิศทางการไหล (Direction Control) ระบบควบคุมอัตราการไหล (Flow Control) ระบบควบคุมแรงดัน (Pressure Control) ในการทำงานและระบบเปลี่ยนพลังงาน (Transfering Energy) เป็นต้น



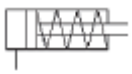
ภาพที่ 2.17 ไดอะแกรมการทำงานของส่วนกำลัง

ส่วนกำลังจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนการขับเคลื่อน (Drive section) โดยทั่วไปแล้วจุดการขับเคลื่อนในการส่งกำลังก็คือตัวทำงาน (actuators) โดยสามารถแบ่งออกได้หลายชนิด ดังนี้

- กระบอกสูบทางเดียว (Single acting cylinder)
- กระบอกสูบสองทาง (Double acting cylinder)

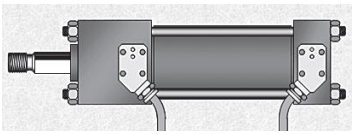
1) กระบอกสูบทางเดียว (Single acting cylinder) กระบอกสูบชนิดนี้จะมีตำแหน่งรูให้น้ำมันเข้าด้านเดียว เมื่อน้ำมันไหลเข้าไปภายในกระบอกสูบจะเปลี่ยนพลังงานของไหลให้เป็นพลังงานกลหรือการขับเคลื่อน ซึ่งลูกสูบจะเคลื่อนที่ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำมันด้วย และลูกสูบจะเคลื่อนที่กลับด้วยแรงของสปริง (Spring)

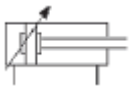


สัญลักษณ์

ภาพที่ 2.18 กระบอกสูบทำงานทางเดียว

2) กระบอกสูบสองทาง (Double Acting Cylinder) กระบอกสูบชนิดนี้จะมีตำแหน่งรูให้น้ำมันเข้าสองด้านคือด้านลูกสูบ เคลื่อนที่ออก และด้านลูกสูบเคลื่อนที่เข้า การเคลื่อนที่ของลูกสูบจะอาศัยแรงดันน้ำมันในกาเคลื่อนที่

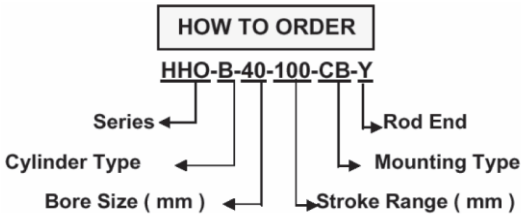


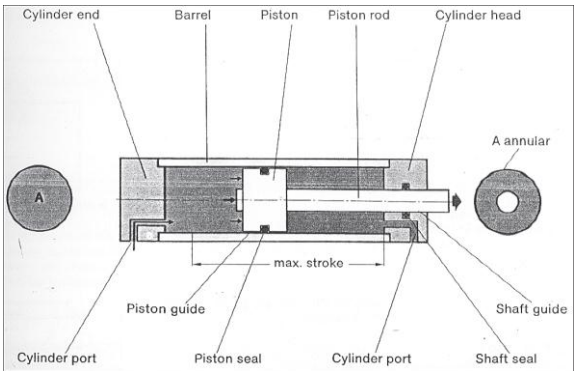


สัญลักษณ์

ภาพที่ 2.19 กระบอกสูบทำงานสองทาง

3) ขนาดของกระบอกสูบ (Dimension of Cylinder) โดยทั่วไปกระบอกสูบไฮดรอลิกส์จะมีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกระบอกสูบ (Bore Size) กับขนาดช่วงชัก (Stroke Range) เพื่อให้มีความสมดุลและพอเพียงกับ ความดัน (Pressure) และอัตราการไหล (Flow Rate) ที่ใช้งาน สำหรับในหน่วยนี้จะขอยกตัวอย่าง ขนาดของกระบอกสูบ ความดันและมาตรฐานของกระบอกสูบ



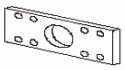
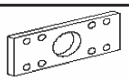
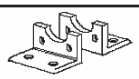


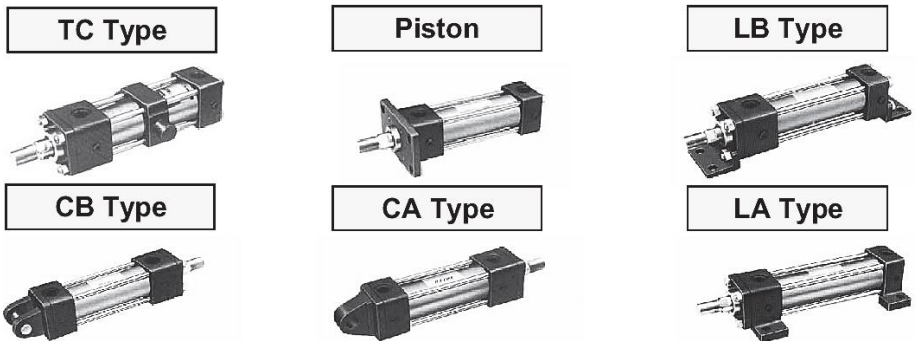
ภาพที่ 2.20 รหัสและโครงสร้างของกระบอกสูบ

ตารางที่ 2.1 ขนาดของกระบอกสูบ

Series	Pressure (bar)	Bore Size (mm)	Stroke Range (mm)	Mounting Type	Rod End Type
MO	70	40,50,63		FA,FB,LB	Type I
HO	140	80,100,125	Max 3000	TC,CA,CB	Type Y
HHO	210	150,200,250			

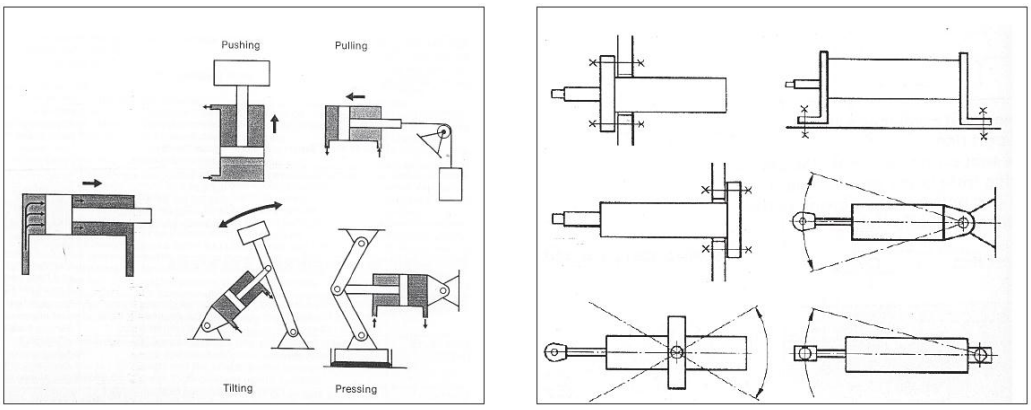
ตารางที่ 2.2 ชนิดโครงสร้างของกระบอกสูบ

Mounting Style & Rod End			
Type	**Pic**	**Type**	**Pic**
FA		**CA**	
FB		**CB**	
LB		**Y**	
TC		**I**	



ภาพที่ 2.21 ชนิดของกระบอกสูบ

การติดตั้งกระบอกสูบในงานอุตสาหกรรม สามารถติดตั้งได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน เช่น การติดตั้งกระบอกสูบในแนวนอน แนวดิ่ง แนวเอียง เป็นต้น

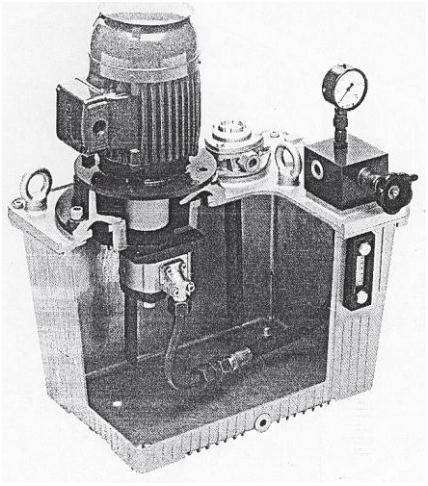


ภาพที่ 2.22 การติดตั้งกระบอกสูบในงานอุตสาหกรรม

2. ส่วนต้นกำลัง (Power Supply Section) ส่วนต้นกำลังเป็นส่วนที่สำคัญมากในระบบ โดยจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Power) เพื่อขับเคลื่อนตัวทำงาน (Actuators) ให้เคลื่อนที่ ส่วนต้นกำลังประกอบด้วยหลายส่วน เช่น ปั๊มไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Pump) ชุดเก็บน้ำมัน (Oil reservoir) ชุดกรองน้ำมัน (Filter) เกจวัดแรงดัน (Pressure Gauge) วาล์วกำจัดแรงดัน (Pressure Relief Valve)

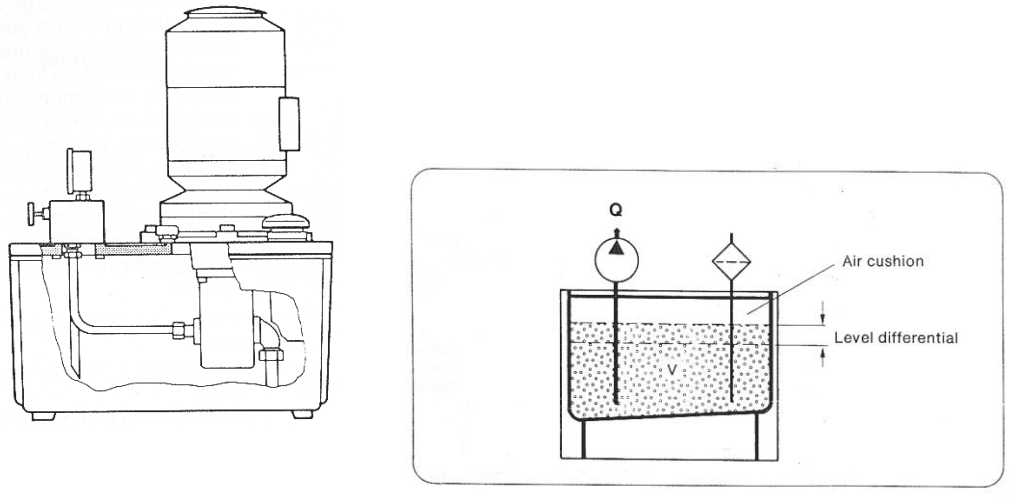
1) ปั๊มไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Pump) ปั๊มไฮดรอลิกส์ จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานของไหล หรือทำหน้าที่ดูดน้ำมันทางขาเข้า (Suction) และเพิ่มความดันให้ระบบ โดยออกทางขาออก (Discharge) เพื่อให้ขับเคลื่อนตัวทำงาน (Actuator) ในระบบต่อไป จากที่ได้กล่าวมาแล้ว ปั๊มไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Pump) จะทำหน้าที่คล้ายกับมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Motor) ปั๊มไฮดรอลิกส์ที่ใช้ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

-ปั้มไฮดรอลิกส์แบบเฟือง (Gear Pump)
-ปั้มไฮดรอลิกส์แบบสกรู (Screw Pump)
-ปั้มไฮดรอลิกส์แบบใบพัด (Vane Pump)
-ปั้มไฮดรอลิกส์แบบลูกสูบ (Piston Pump)

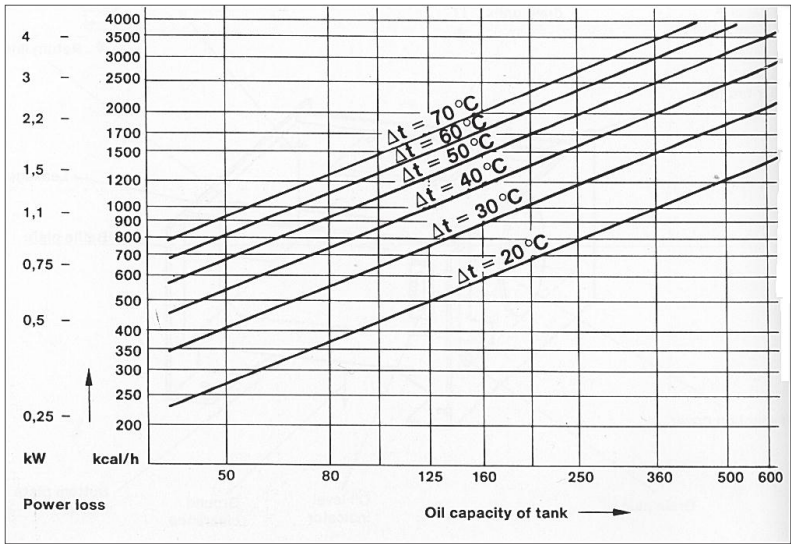


ภาพที่ 2.23 ปั้มไฮดรอลิกส์

2) ชุดเก็บน้ำมัน (Oil Reservoir) ถังเก็บน้ำมันมีความสำคัญมากในระบบไฮดรอลิกส์ เพราะระบบไฮดรอลิกส์ น้ำมันจะมีการไหลย้อนกลับ (Return) ตลอดเวลา ซึ่งจะต่างจากระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System) จะระบายลมออกสู่บรรยากาศ ถังเก็บน้ำมันจะมีหน้าที่เก็บและพักน้ำมัน ระบายความร้อนของน้ำมัน ตลอดจนขจัดสิ่งสกปรกที่มากับน้ำมันอีกด้วย

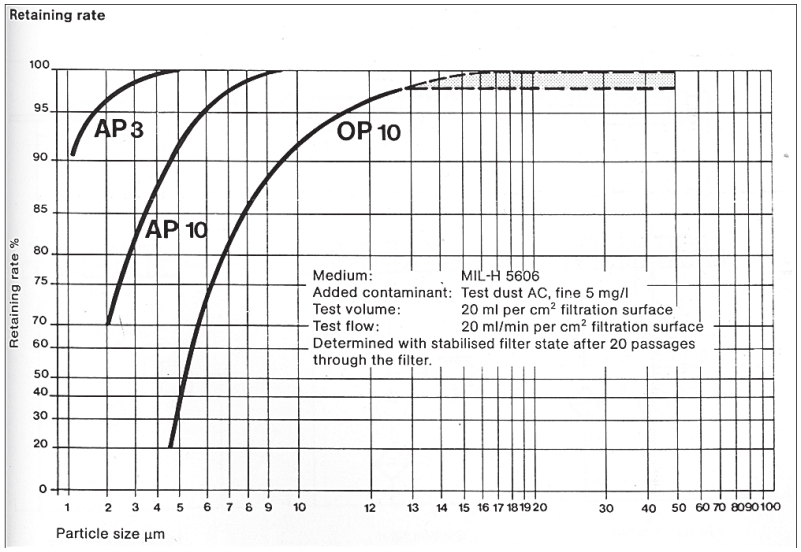


ภาพที่ 2.24 ชุดเก็บน้ำมัน



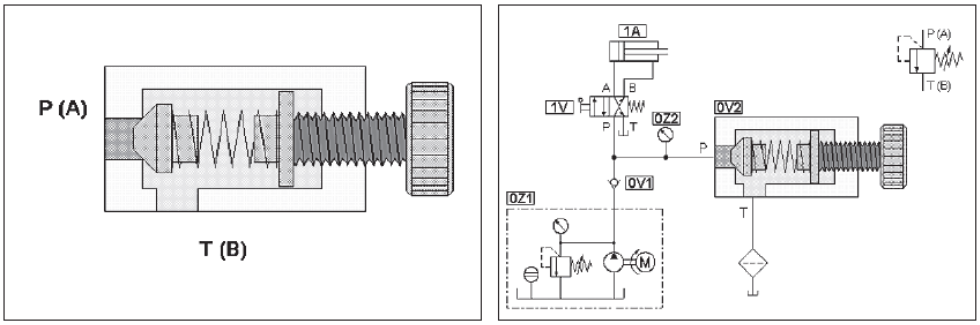
ภาพที่ 2.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ อุณหภูมิน้ำมันของชุดเก็บน้ำมัน

3) ชุดกรองน้ำมัน (Filter) ชุดกรองน้ำมันจะมีหน้าที่กรองน้ำมันก่อนเข้าสู่ระบบ เพราะน้ำมันจะมีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกปะปนมา จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ตัวทำงาน (Actuators) และทำให้ลดประสิทธิภาพในการทำงานลงอีกด้วย



ภาพที่ 2.26 ชุดกรองน้ำมันและตำแหน่งการติดตั้งชุดกรองน้ำมัน

4) วาล์วกำจัดแรงดัน (Pressure Relief Valve) วาล์วกำจัดแรงดัน จะมีหน้าที่ควบคุมแรงดันในระบบให้อยู่ในสภาวะปกติ เพราะระบบไฮดรอลิกส์จะมีความดันสูง เมื่อในระบบมีความดันสูง จะทำให้สปริงเคลื่อนที่กลับ ทำให้รีลีฟวาล์วเปิด มีผลทำให้ความดันที่สูงลงกลับไปที่ถังน้ำมัน

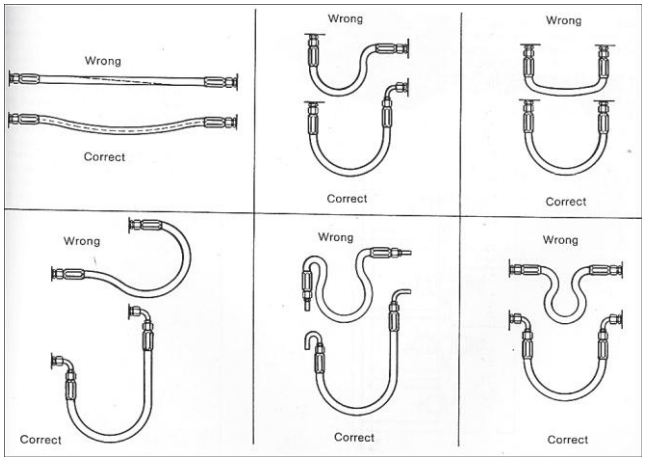


ภาพที่ 2.27 วาล์วกำจัดความดัน

5) สายไฮดรอลิกส์และข้อต่อ (Pipes and Connectors) ชุดสายไฮดรอลิกส์มีหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ และอุปกรณ์ที่อยู่กับที่เพื่อให้น้ำมันไหลผ่านไปยังจุดที่ต้องการ การเลือกชุดสายไฮดรอลิกส์ควรเลือกให้เหมาะสมกับความดันที่ใช้ในระบบ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

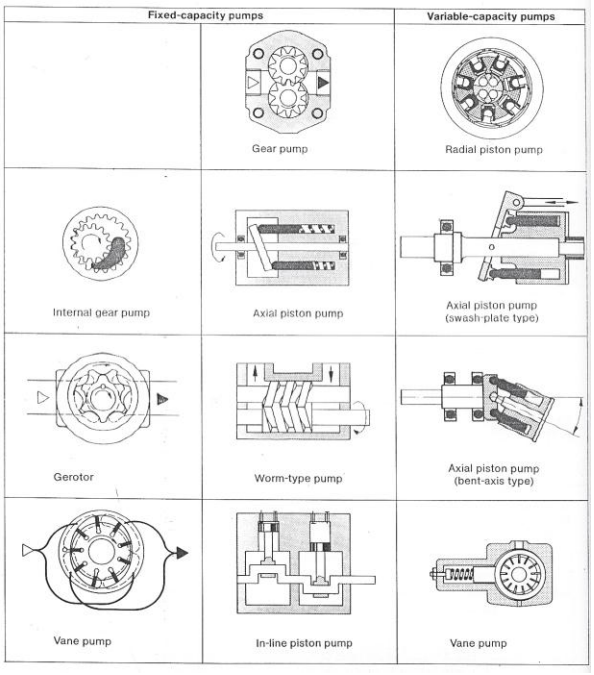
ตารางที่ 2.3 ขนาดของสายไฮดรอลิกส์และความดัน

OD mm	Wall thickness mm	Nominal pressure (bar)		OD mm	Wall thickness mm	Nominal pressure (bar)
4	1	600		18	3	365
5	1	400		20	2	193
6	1	300		20	3	313
6	2	1200		22	1.5	122
8	1	228		22	3	273
8	2	686		25	2	147
10	1	172		25	3	230
10	2	458		28	1.5	92
12	1	137		28	3	199
12	2	343		30	2.5	119
14	1	128		30	4	265
14	2	309		35	2	100
15	1.5	192		35	4	216
15	2.5	365		38	3	136
16	1.5	177		38	5	261
16	2.5	331		42	2	81
18	1.5	154				



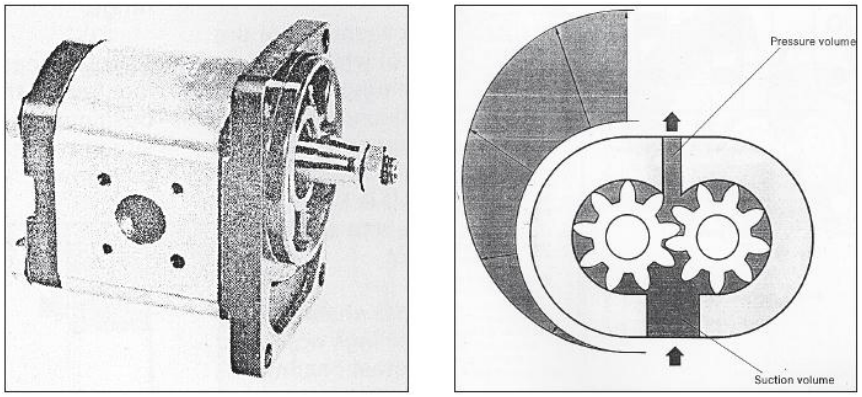
ภาพที่ 2.27 การติดตั้งชุดสายไฮดรอลิกส์

6) มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Motor) นี้จะมีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของไหลให้เป็นพลังงานกล คือเมื่อน้ำมันไหลเข้าทางด้านเข้า (Suction) ของมอเตอร์และไหลออกทางด้านออก (Discharge) ของมอเตอร์เช่นกัน มีผลทำให้มีแรงดันสูงขึ้นในระบบ สำหรับแรงดันจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วของมอเตอร์ในการหมุนด้วยมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ และปั๊มไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Pump) จะมีลักษณะโครงสร้างคล้าย ๆ กัน โดยสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.28



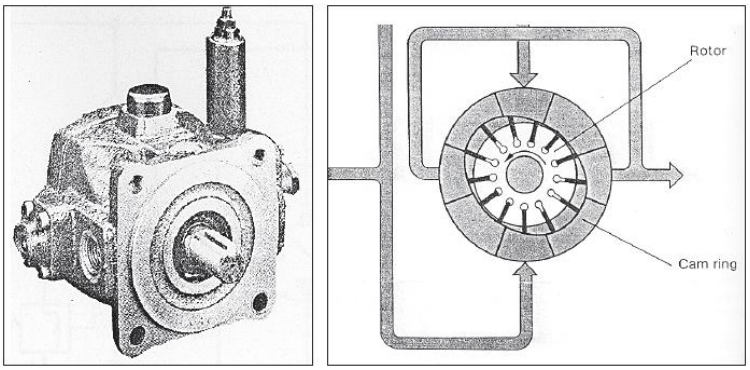
ภาพที่ 2.28 โครงสร้างของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ชนิดต่าง ๆ

6.1) มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบเฟือง (Gear Motor) มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบเฟืองนี้จะประกอบไปด้วยเฟืองตรง 2 ตัว ขบกัน เพื่อให้น้ำมันไหลไปตามฟันเฟืองและไหลออกไปทางออก (Discharge) ลักษณะขอฟันเฟืองจะมีช่องขบฟันทำให้เกิดสุญญากาศระบบจะดูดน้ำมันเข้ามาทางเข้า (Suction) อีกครั้ง การทำงานจะทำงานแบบนี้ไปเรื่อย ๆ ทุกรอบของการทำงาน



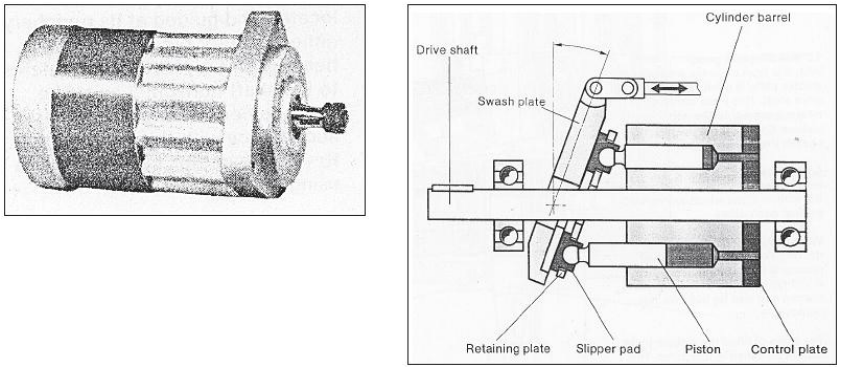
ภาพที่ 2.28 มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบเฟือง

6.2) มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบใบพัด (Vane Motor) มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบใบพัดสามารถหมุนกลับทิศทางได้ โดยจะประกอบไปด้วย โรเตอร์ (Rotor) ใบพัด (Vane) วงแหวนลูกเบี้ยว (Cam Ring) สปริง (Spring) ใบพัดจะมีขนาดไม่เท่ากันและโรเตอร์กับวงแหวนลูกเบี้ยวจะเยื้องศูนย์กัน เมื่อแกนเพลา (Shaft) หมุนจะทำให้มีช่องสุญญากาศดูดน้ำมันช่องทางเข้า (Suction) และใบพัดหมุนทำให้น้ำมันไหลออกช่องทางออก (Discharge)



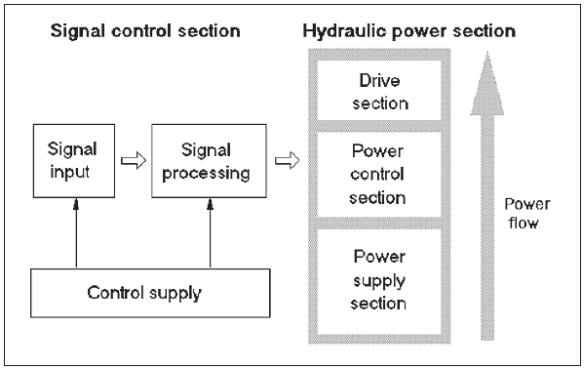
ภาพที่ 2.29 มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบใบพัด

6.3) มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบลูกสูบ (Piston Motor) มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบลูกสูบ จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงและสามารถทำงานที่ความเร็วรอบสูงได้โดยมอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบลูกสูบจะประกอบด้วย ลูกสูบ (Piston) เพลาขับ (Drive Shaft) ชุดลูกสูบ (Cylinder Barrel) ชุดแผ่นเอียง (Swash Plate) เป็นต้น โดยปกติจะมีลูกสูบไม่น้อยกว่า 3 ลูก จะวางเยื้องมุมกัน เมื่อลูกสูบลูกที่ 1 เคลื่อนที่ลงมากระทบกับแผ่นเอียง จะเกิดแรงบิด (Torque) กับพื้นที่หน้าตัดทำให้เกิดการหมุน ขณะเดียวกันลูกสูบที่ 2 จะเคลื่อนที่ลงพร้อมกับลูกสูบที่ 1 จะเคลื่อนที่ขึ้น ตามลำดับการทำงานจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตลอดเวลา โดยเรียงลำดับลูกสูบ 1,2,3 ขึ้นลงตามลำดับ



ภาพที่ 2.30 มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบลูกสูบ

4.3 ส่วนควบคุมในระบบไฮดรอลิกส์ ส่วนควบคุมจะมีองค์ประกอบของระบบต่างจากส่วนกำลัง โดยส่วนควบคุมจะควบคุมการทำงานทั้งระบบเช่น สัญญาณควบคุม (Control Signal) สัญญาณอินพุท (Input Signal) การประมวลผลต่อสัญญาณ (Signal Processing) และชุดจ่ายพลังงานในระบบ (Control Supply)



ภาพที่ 2.31 ไดอะแกรมการทำงานของส่วนควบคุม

ส่วนควบคุมจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- ชุดสัญญาณสั่งงาน (Signal Input)
- ชุดประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing)
- ชุดจ่ายพลังงานในระบบ (Control Supply)

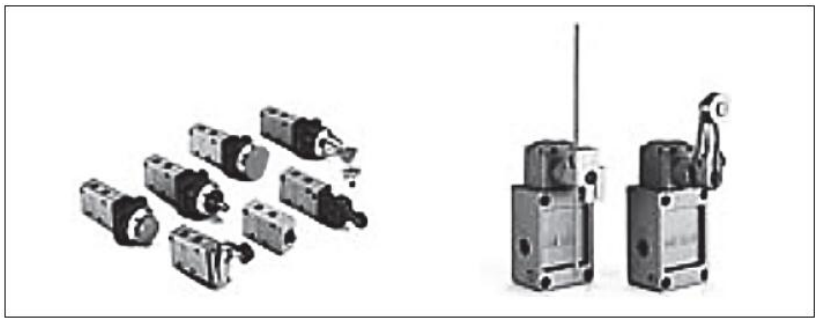
1) ชุดสัญญาณสั่งงาน (Signal Input)

ชุดสัญญาณสั่งงานหรือสัญญาณอินพุต เป็นส่วนที่ส่งสัญญาณเข้าไปสู่ระบบประมวลผลเพื่อสั่งงานให้เครื่องจักรทำงาน ซึ่งสัญญาณสั่งงานดังกล่าวมักจะถูกส่งสัญญาณจากคน (Humans) หรือจากตัวตรวจจับ (Sensors) ในระบบการทำงานอุปกรณ์ที่ใช้ส่งสัญญาณ สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

1.1 อุปกรณ์ส่งสัญญาณไฟฟ้า อุปกรณ์ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีอยู่หลายชนิด โดยหลักการทำงานจะส่งสัญญาณเปิด (ON) หรือปิด (OFF) ให้กับระบบ เช่น สวิตช์ปุ่มกด (Pushbutton) สวิทช์จำกัดระยะลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) สวิทช์ทำงานแบบไม่สัมผัส (Proximity Switch, Sensors) เป็นต้น

ภาพที่ 2.32 อุปกรณ์ส่งสัญญาณไฟฟ้า

1.2 อุปกรณ์ส่งสัญญาณไฮดรอลิกส์แบบทางกล อุปกรณ์ส่งสัญญาณไฮดรอลิกส์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม จะสั่งงานโดยอาศัยการทำงานทางกล ซึ่งอาจจะใช้ลูกสูบในการเคลื่อนที่สั่งงาน เช่น วาล์วแบบปุ่มกด (Pushbutton Valve) วาล์วสั่งงานด้วยกลไก (Roller Valve) เป็นต้น



ภาพที่ 2.33 อุปกรณ์ส่งสัญญาณไฮดรอลิกส์แบบทางกล

1.3 อุปกรณ์ส่งสัญญาณไฮดรอลิกส์แบบสัมผัส อุปกรณ์ส่งสัญญาณชนิดนี้ จะส่งสัญญาณจากคนโดยตรงอาจจะใช้มือหรือเท้าในการส่งงาน เช่นวาล์วคันโยก (Manual Valve) วาล์วแบบเท้าเหยียบ (Pedal Operated) เป็นต้น

ภาพที่ 2.34 อุปกรณ์ส่งสัญญาณไฮดรอลิกส์แบบสัมผัส

2) ชุดประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) ชุดประมวลผลสัญญาณหรือชุดจัดกระบวนการทำงาน ซึ่งจะได้รับสัญญาณมาจากอินพุต (Input) แล้วนำสัญญาณมาประมวลผลก่อนส่งสัญญาณเอาต์พุต (Output) ออกไปควบคุมการทำงานของชุดส่วนกำลัง (Hydraulic Power Section) ชุดประมวลผลสัญญาณสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.1 การจัดการกระบวนการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ด้วย สัญญาณไฟฟ้าซึ่งสามารถทำงานโดยใช้วงจรรีเลย์ (Relay) ควบคุมการทำงานของระบบพีแอลซี (Programmable Logic Controller) หรือไมโครคอนโทรเลอร์ (Microcontroller)

ภาพที่ 2.35 ชุดประมวลสัญญาณด้วยไฟฟ้า

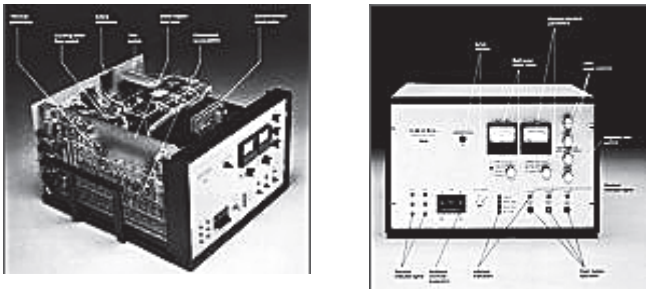
2.2 การจัดการกระบวนการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์จะคล้ายกับระบบนิวแมติกส์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้ตัวตั้งเวลา (Timer) ตัวนับจำนวน (Counter) สเต็ปเปอร์โมดูล (Stepper Module) หรือชุดขยายสัญญาณ (Booster) เป็นต้น

ภาพที่ 2.36 ชุดประมวลผลสัญญาณด้วยตัวตั้งเวลาและตัวนับจำนวน

2.3 การจัดการกระบวนการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ด้วยวาล์วระบบ ไฮดรอลิกส์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้วาล์วปรับความดัน (Pressure Sequence Valve) วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve) หรือ เช็ควาล์ว (Check Valve) เป็นต้น

ภาพที่ 2.37 ชุดประมวลผลสัญญาณด้วยวาล์วในระบบไฮดรอลิกส์

3) ส่วนจ่ายพลังงานให้กับส่วนควบคุม (Control Supply) ส่วนจ่ายพลังงานนี้เป็นส่วนต้นกำลังของระบบควบคุมทั้งระบบโดยส่วนจ่ายพลังงานให้กับส่วนควบคุมนี้จะควบคุมด้วยสัญญาณไฟฟ้า โดยจะสามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งระบบนิวแมติกส์ และระบบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 2.38 ชุดจ่ายพลังงาน

4.4 การคำนวณทางฟิสิกส์ การคำนวณของไหลในระบบจะประกอบไปด้วย ความดัน อัตราการไหล พลังงาน แรง เป็นต้น โดยทั่วไปหน่วยวัดพื้นฐาน ได้แก่ ความยาว แรง และเวลา จะเป็นหน่วยอังกฤษ หรือเมตริก ซึ่งยังแยกหน่วยวัดตามการใช้งานจริงได้เป็นหน่วยวัดมวล เช่น ปอนด์มวล (lbm) และหน่วยวัดแรง (lbf) อีกด้วย ระบบเมตริกจะใช้ระบบสมบูรณ์ (Absolute) หรือระบบ C.G.S (Centimeter-gram-second) ซึ่งมีหน่วยวัดมวลเป็นกรัมและหน่วยวัดแรงเป็นไดน์ (dyne) ในระบบ SI (Internaltional System Units) มีหน่วยวัดมวลเป็นกิโลกรัม ความยาววัดเป็นเมตร และเวลาวัดเป็นวินาที หน่วยวัดแรงวัดเป็นนิวตัน (Newton)

$$1\ N = 1kgm/sec = 10^5\ dynes$$

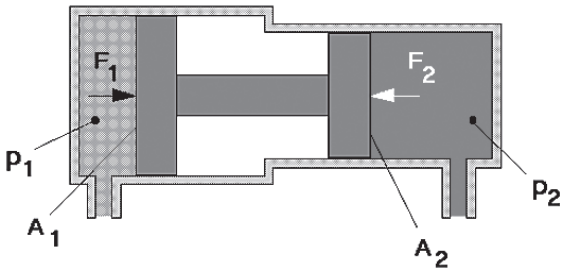
โดยกำหนดให้

-หน่วยวัดความดันจะบอกเป็น N/m^2 หรือ (Pascal, Pa)

- หน่วยวัดพลังงาน (Energy) หรืองาน (Work) คือ จูล (Joule N-m)

- หน่วยวัดกำลัง (Power) คือ วัตต์ (Watts)

- หน่วยวัดความถี่ คือ เฮิร์ตซ (Hertz,Hz) ซึ่งมีค่าเป็นรอบต่อวินาที (cycle/second)



ภาพที่ 2.39 ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน แรง และพื้นที่

1. การคำนวณหาแรงของกระบอกสูบ จากกฎของปาสคาล (Pascal's Law) คือ ความดันที่กระทำต่อการไหลในภาชนะที่ปิดจะส่งต่อไปยังทุกส่วนของของไหล และผนังภาชนะที่บรรจุของไหล เช่น เครื่องยกไฮดรอลิกส์ ดังรูป 4.36 เป็นตัวอย่างของการประยุกต์ใช้กฎของ Pascal's Law

สูตร $F = PA$

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} \quad \text{และ} \quad P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

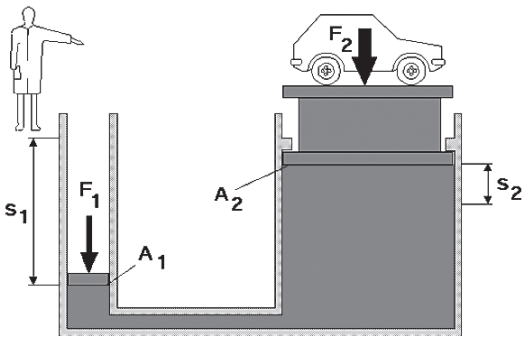
เนื่องจาก ดังนั้น $\boxed{P_1 = P_2, \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}}$ งเคลื่อนที่ลงด้านซ้ายจะ

เท่ากับ ปริมาตรที่

$$S_1 A_1 = S_2 A_2$$

$$P_2 = P_1 * \frac{A_1}{A_2}$$

$$\boxed{\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{S_2}{S_1}}$$



ภาพที่ 2.40 หลักการประยุกต์การใช้กฎของ Pascal's Law

โดยกำหนดให้

F = แรงของกระบอกสูบ (lb,N)

P = ความดันของน้ำมัน (Psi, N/m^2)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (in^2,m^2)

S = ระยะทางลูกสูบ (in,m)

2. การคำนวณหาอัตราการไหล อัตราการไหล (Flow Rate) คือ ปริมาตรของของเหลวที่มีการไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดในหนึ่งหน่วยเวลา เช่น อัตราการไหล ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แกลลอนต่อนาทีหรือลิตรต่อนาที เป็นต้น

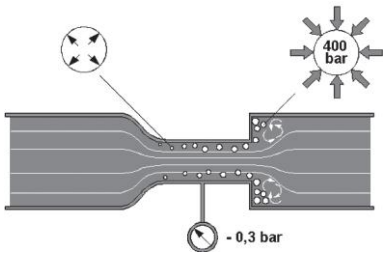
สูตร $\boxed{Q = AV}$

โดยกำหนดให้

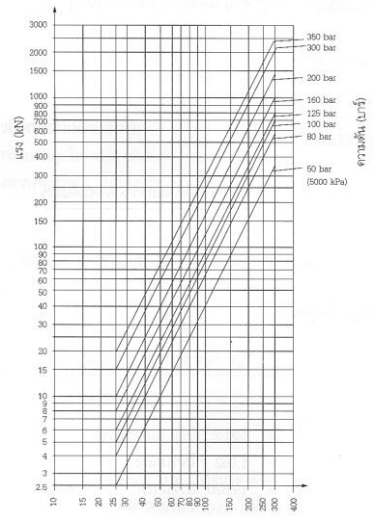
Q = อัตราการไหลของน้ำมัน (ft^3/sec,m^3/sec)

V = ความเร็วในการไหล (ft/sec, m/sec)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (ft^2, m^2)



ภาพที่ 2.41 การไหลในท่อ



ภาพที่ 2.42 ตารางการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์การของลูกสูบ

3. การคำนวณหาแรงบิด (Torque) ของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ เกิดจากการหมุนของเพลาทำให้เกิดงานเพื่อให้เกิดโหลดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น

สูตร $\boxed{T = F * r}$

เมื่อ T = แรงบิดของเพลา (in.lb, N.m)

F = น้ำหนักของชิ้นงาน (ib,N)

r = ระยะทางที่โหลดเคลื่อนที่ (in, m)

การคำนวณหาแรงบิดจากมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Motor Torque)

สูตร

$T =$ แรงบิดจากมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ $(lb.in, N.m)$

$P =$ ความดัน (psi, pa)

$V_m =$ ปริมาตรจุของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ $(in^3/rev, cm^3/rev)$

เมื่อ

$$\boxed{T(lb.in) = \frac{P(lb/in^2) * V_m(in^3/rev)}{2\pi}}$$

$$= \frac{P(lb/in^2) * V_m(in^3/rev)}{6.28}$$

$$T(N.m) = \frac{P(bar) * V_m(cm^3/rev)}{2\pi * 10}$$

$$= \frac{P(bar) * V_m(cm^3/rev)}{62.8}$$

การคำนวณหาอัตราการไหล (Flow rate)

สูตร $$GPM = \frac{V_m(in^3 rev) * RPM}{231 * \eta_m}$$

เมื่อ $GPM =$ อัตราการไหลของน้ำมัน $(litre/\min)$

$V_m =$ ปริมาตรจุของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ (in^3/rev)

$RPM =$ ความเร็วรอบในการหมุน $(rev/\min)$

การคำนวณหาความดัน (Pressı $\eta_m =$ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์

สูตร $$P(Psi, lb^2/in^2) = \frac{2\pi * T(lb.in)}{V_m(in^3/rev)}$$

$$= \frac{6.28 * T(lb.in)}{V_m(in^3/rev)}$$

$$P(bar) = \frac{2\pi * 10 * T(N.m)}{V_m(cm^3/rev)}$$

$$= \frac{62.8 * T(N.m)}{V_m(cm^3/rev)}$$

เมื่อ $P =$ ความดันของน้ำมัน $(Psi, N/m^2)$

$T =$ แรงบิดจากมอเตอร์ $(lb.in, N.m)$

$V_m =$ ปริมาตรจุของมอเตอร์ $(in/rev, cm^3/rev)$

การคำนวณหาแรงม้ามอเตอร์ไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Motor Horse Power)

สูตร $$H.P. = \frac{F(in.lb) * RPM}{63025}$$

เมื่อ $F =$ แรงบิดของเพลา $(in.lb, N.m)$

$RPM =$ ความเร็วรอบในการหมุน $(rev/\min)$

การคำนวณหาแรงม้าไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Horse Power)

สูตร

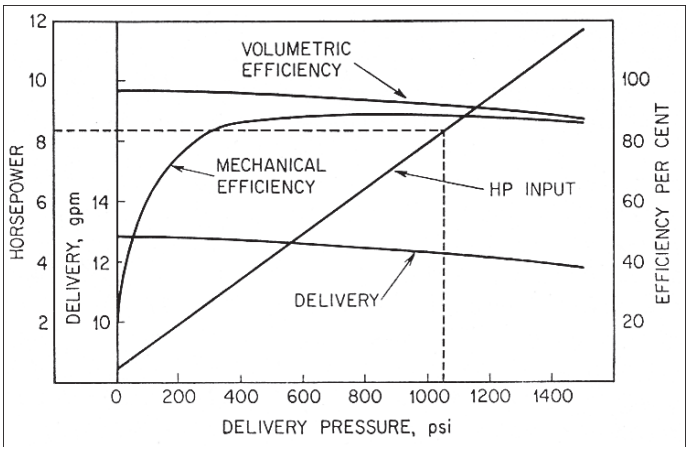
$$H.P. = \frac{P(lb/in^2) * Q(gallon/\min)}{1714}$$

$$KW = \frac{P(bar) * Q(litre/\min)}{600}$$

$P =$ ความดันน้ำมัน $(lb/in^2, bar)$

$Q =$ อัตราการไหลของน้ำมัน $(gallon/\min, litre/\min)$

เมื่อ



ภาพที่ 2.43 ค่าแรงม้าไฮดรอลิกส์

5. การใช้พีแอลซีควบคุม

ปัจจุบันนี้โปรแกรมเมเบิลลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC: Programmable Logic Controller) ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรม เพื่อควบคุมเครื่องจักรและระบบการผลิตต่างๆ เพราะว่าใช้ง่ายและสะดวก ตลอดจนสามารถแก้ไขโปรแกรมได้ตลอดเวลาพีแอลซีหรือบางครั้งเรียกว่า พีซี (Programmable Controller) โดยปกติพีแอลซี จะทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ (Personal Computer) โดยจะป้อนและแก้ไขข้อมูลด้วยชุดป้อนข้อมูลด้วยคีย์บอร์ด (Key Board) และจะแสดงผลทางจอแสดงผล (Monitor) ส่วนภายใน พีแอลซี จะมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ โดยสามารถกำหนดเงื่อนไขผ่านอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ในส่วนของ Input สามารถต่อร่วมกับสวิตซ์ปุ่มกด (Pushbutton) ลิมิตสวิตซ์ (Limit Switch) รีดสวิตซ์ (Reed Switch) เซ็นเซอร์ (Sensor) และส่วนของเอาต์พุตสามารถต่อร่วมกับโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) หลอดไฟ (Lamp) มอเตอร์ (Motor) และอื่นๆ

5.1 ประโยชน์ของพีแอลซี โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC) จะควบคุมการทำงานโดยจะถูกคำสั่งที่ป้อนเข้าไปในพีแอลซีด้วยซอฟท์แวร์ (Software) ซึ่งซอฟท์แวร์จะสามารถแก้ไข และตรวจสอบได้จาก คอมพิวเตอร์ (Personal Computer) นั่นเอง โดยในส่วนของซอฟท์แวร์จะมีอุปกรณ์ต่างๆ ให้เลือกใช้มากมาย เช่นสวิตซ์ปุ่มกด (Pushbutton) รีเลย์ (Relay) ตั้งเวลา (Timer) ตัวนับจำนวน (Counter) และสามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ได้เลย โดยสมัยก่อนจะใช้การต่อวงจร เช่น รีเลย์ (Relay) เป็นตัวตัดวงจรการทำงาน หรือตัวนับจำนวน (Counter) เป็นตัวนับจำนวนชิ้นงาน จะเป็นอุปกรณ์ตัดต่อภายนอก ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

Omron

Beckhoff

Mitsubishi

Phoenix Contract

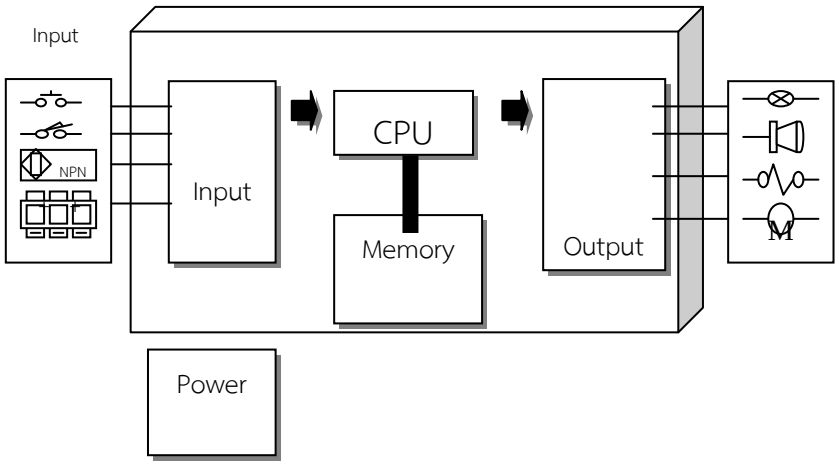
ภาพที่ 2.44 พีแอลซีชนิดโมดูลของบริษัทต่าง ๆ

จากภาพที่ 2.44 แสดงพีแอลซีชนิดโมดูลของบริษัทต่าง ๆ ทั้งในแถบเอเชียและยุโรป ดังนั้น การศึกษาและการเรียนรู้การใช้งานของพีแอลซีนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาด้านสถาปัตยกรรม ของโครงสร้างและตัวควบคุมภายดัง เช่น โครงสร้างของพีแอลซี ภาษาที่ใช้ในการเขียนสั่งการ ระบบเลขฐาน ตลอดจนคำสั่งต่าง ๆและระบบดิจิตอล ระบบอนาล็อกในการใช้งาน

5.2 โครงสร้างของพีแอลซี พีแอลซี (PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานโดยภายในจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ (Micro-Processor) เป็นสมองในการสั่งการ โดยที่พีแอลซี จะมีส่วนที่เป็นอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ที่สามารถต่อไปใช้งานได้ทันทีอุปกรณ์ เช่นตัวจับสัญญาณสวิตซ์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต(Input) ของพีแอลซี และส่วนที่เป็นเอาต์พุต (Output) จะต่อไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลเช่นหลอดไฟ โซลินอยด์วาล์ว ฯลฯ การควบคุมการทำงานสามารถทำได้โดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีแอลซี โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับวงจรรีเลย์ พีแอลซีจะสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายใน เช่น รีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับเวลา ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ นี้ จะอยู่ในรูปของซอฟท์แวร์ โดยจะแสดงผลเป็นฟังก์ชั่นการทำงานที่ตรงกับอุปกรณ์จริงเช่นกัน

1) โครงสร้างภายในของพีแอลซี พีแอลซีเปนอุปกรณควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการตาง ๆ โดยภายในจะมีไมโครโปรเซสเซอร ทำหนาที่เปนตัวสั่งการที่มีหนวยความจำ โดยทั่วไปโครงสร้างภายในของพีแอลซี (PLC) ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลักดังนี้

1. หนวยประมวลผลกลาง (CPU)
2. หนวยความจำ (Memory)
3. หนวยอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Unit)
4. หน่วยอุปกรณ์ที่ใช้ในโปรแกรม (PM : Programmer / Monitor)



ภาพที่ 2.45 โครงสร้างภายในของพีแอลซี

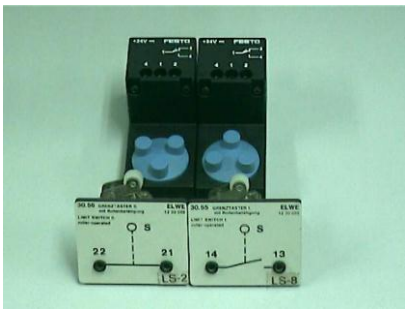
1. หนวยประมวลผลกลาง (CPU) หนวยประมวลผลกลางจะทำหนาที่ควบคุมการทำงานของพีแอลซีโดยทั่วไปจะใชไมโครโปรเซสเซอรขนาด 8 บิท เปนตัวประมวลผลโดยจะทำการรับขอมูลจากอินพุตแลวทำการประมวลผล หลังจากนั้นจะสงผลที่ไดไปยังเอาต์พุตตอจากนั้นจะทำการรับอินพุตเขามาใหมแลวทำซ้ำกิจกรรมดังกลาวขางตนไปเรื่อย ๆ การทำงานและประมวลผลของหนวยประมวลผลกลางจะอยูภายใตโปรแกรมที่ผูใชปอนเขาไป นอกจากนี้หนวยประมวลผลกลางยังทำหน้าที่ควบคุมการติดตออุปกรณเชื่อมต่ออื่นๆ เชน เครื่องโปรแกรม เปนตน

2. หนวยความจำ (Memory) หนวยความจำจะทำหนาที่เก็บโปรแกรมและขอมูลของพีแอลซี หนวยความจำจะเปนตัวกำหนดความสามารถของพีแอลซีโดยทั่วไปจะบอกเปนจำนวนบรรทัดของโปรแกรมหนวยความจำของพีแอลซีจะแบงเปน 2 สวน คือ

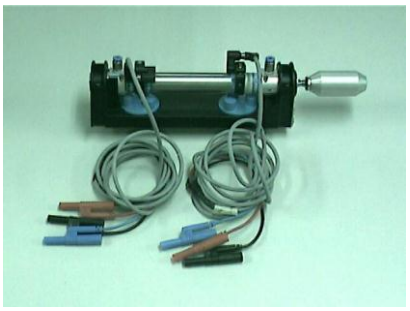
- หนวยความจำระบบ (ROM) ใชสำหรับเก็บโปรแกรมบริหารระบบและขอมูลของระบบทั้งโปรแกรมบริหารระบบและขอมูลของระบบ ผูใชไมสามารถเปลี่ยนแปลงได แตอาจสามารถตรวจดูข้อมูลได

- หนวยความจำผูใช (User memory) ใชสำหรับเก็บโปรแกรมผูใชขอมูลของหนวยอินพุต/เอาต์พุตและอุปกรณภายใน (เชน Timer, Counter เปนต่น) หนวยความจำผูใชนี้ยังสามารถจำแนกตามชนิดของวัสดุอิเล็กทรอนิกสที่นำมาสรางได แกแรม (RAM) อีพรอม(EPROM) และอีอีพรอม (EEPROM) โปรแกรมผูใชคือโปรแกรมที่ผูใชเขียนขึ้นเพื่อควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการให ทำงานตามตองการ

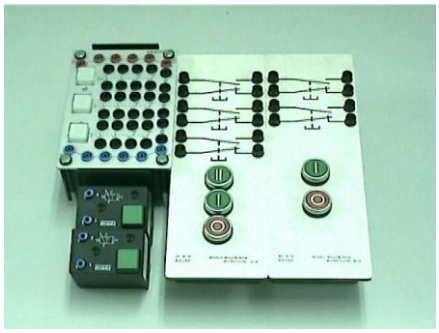
3 หนวยอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output) หนวยอินพุตทำหนาที่ เชื่อมตอระหวางหนวยประมวลผลกลางกับอุปกรณภายนอก เมื่อรับค่า สภาวะจากอุปกรณตรวจรูตาง ๆ ของเครื่องจักร เชน ลิมิตสวิตช (Limit Switch), สวิตชแสง, พร็อกซิมิตีสวิตช (Proximity Switch) และสวิตชอุณหภูมิ เปนตน แลวสงคาดังกลาวไปใหหนวยประมวลผลกลางทำการประมวลผลตามโปรแกรมคำสั่งของผูใช นอกจากนี้หนวยอินพุตยังทำหนาที่ แยกวงจรไฟฟาของสัญญาณขาเขากับอุปกรณภายในพีแอลซี เพื่อปองกันไมใหหนวยประมวลผลไดรับอันตราย หนวยเอาต์พุตจะทำหนาที่สงคาสัญญาณที่ไดจากการประมวลผลไปขับอุปกรณภายนอก เช่น มอเตอร วาลว ปม และหลอดไฟ เปนตน เชนเดียวกับหนวยอินพุต หนวยเอาต์พุต สามารถทำหนาที่แยกกราวดของสัญญาณภายในกับอุปกรณภายนอกเพื่อปองกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากที่กลาวมาขางตนจะเห็นวาพีแอลซี จะมีหนวยอินพุตและเอาต์พุตทำงานแบบ ON/OFF อยางไรก็ตามในปจจุบันไดมีการพัฒนาพีแอลซี ใหมีหนวยอินพุต/เอาต์พุตที่สามารถรับสง สัญญาณอนาล็อกได



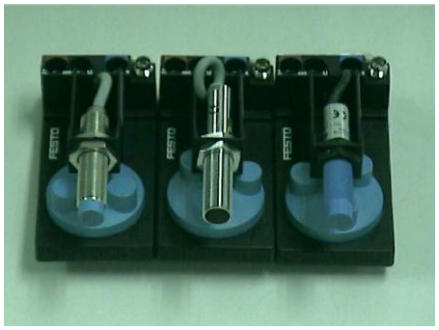
1) ลิมิตสวิตช์



2) รีดสวิตช์



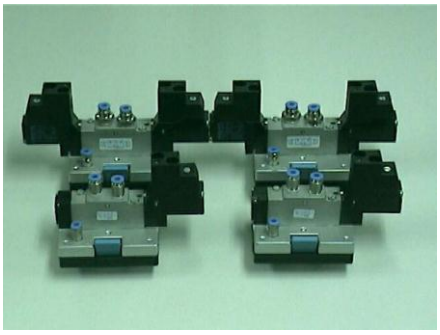
3) ปุ่มกด



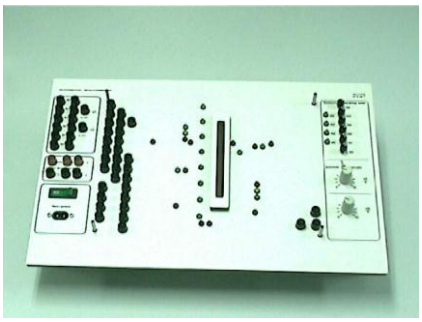
4) เซ็นเซอร์

ภาพที่ 2.46 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนของอินพุต

1) มอเตอร์



2) โซลินอยวาล์ว

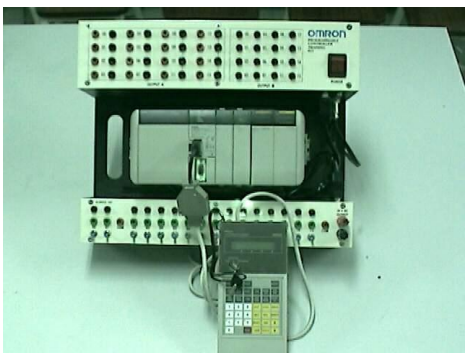


3) หลอดไฟฟ้า

ภาพที่ 2.47 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาต์พุต

4. หน่วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการโปรแกรม (PM : Programmer/Monitor) อุปกรณ์ที่ใช้ในการโปรแกรมพีแอลซี (PLC) นั้นจะเป็นลักษณะอุปกรณ์ต่อร่วมเพื่อสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน เช่น คอมพิวเตอร์ (Personal Computer) คีย์บอร์ด (Keyboard) จอแสดงภาพ (Monitor) และโปรแกรมมิ่งคอนโซล (Programming Console) จะแสดงผลทางหน้าจอเป็นแอลซีดี (Liquid Crystal Display) โดยจะป้อนโปรแกรมผ่านอุปกรณ์เหล่านี้ลงไปที่หน่วยความจำของพีแอลซีเพื่อใช้สั่งงานหรือควบคุมอินพุต/เอาต์พุตต่อไป

1) Personal Computer



2) Programming Console

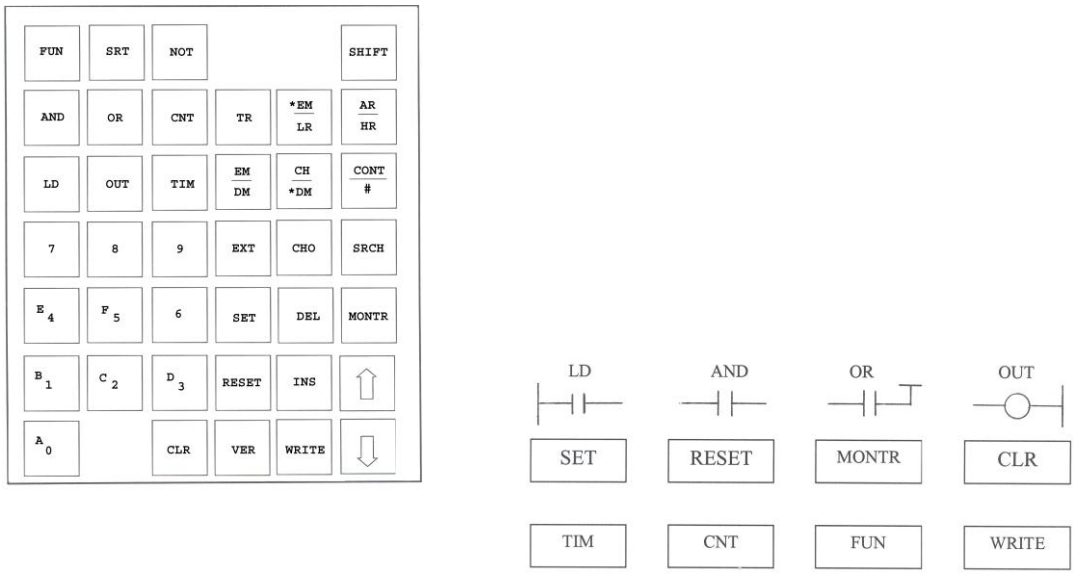
ภาพที่ 2.48 อุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ติดต่อกับพีแอลซี

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การใช้พีแอลซี (PLC) ควบคุมเครื่องจักรและระบบการผลิต โดยมีข้อดีในการใช้พีแอลซี ควบคุมดังต่อไปนี้

1. มีความสะดวกในการแก้ไขและเปลี่ยนแปลงโปรแกรมในการทำงาน
2. ภายในซอฟต์แวร์ (Software) มีอุปกรณ์ให้เลือกมากมายและสามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ได้รวดเร็ว
3. ราคาถูก เมื่อเทียบกับการซื้อรีเลย์ (Relay), ตัวตั้งเวลา (Timer) และตัวนับจำนวน (Counter) ตลอดจนการแก้ไขในระยะยาว
4. สามารถเห็นระบบการทำงานได้ตลอดเวลาจากจอภาพแสดงผล (Monitor)
5. มีความรวดเร็วในการควบคุมการทำงาน
6. การส่งงานผ่านคอมพิวเตอร์สามารถใช้คำสั่งได้ทั้งแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) และคำสั่งบูลีน (Boolean Instruction)
7. การบำรุงรักษาง่ายและความปลอดภัยสูง เนื่องจากพีแอลซี (PLC) ถูกผลิตด้วยอุปกรณ์โซลิต-สเตท (Solid-State Devices) จึงมีความเชื่อมั่นและปลอดภัยสูงในการใช้ควบคุมเครื่องจักรต่าง ๆ
8. เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ ตลอดจนแก้ไข และดัดแปลงเปลี่ยนอุปกรณ์สะดวกรวดเร็ว
9. พีแอลซี มีขนาดเล็ก จึงไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการทำงานมาก
10. พีแอลซี เป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้กับทุกสภาพของโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้พีแอลซี ถูกนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์เครื่องจักรมากมาย เช่น ควบคุมระบบสั่นสะเทือน (Vibration) ควบคุมระบบความร้อน (Heat System) และอุปกรณ์เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

5.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนพีแอลซี ภาษาที่ใช้อยู่ในรูปของซอฟต์แวร์ซึ่งจะถูกติดตั้งไว้ในคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปจะเขียนโปรแกรมที่คอมพิวเตอร์แล้วโหลดโปรแกรมไปที่พีแอลซี (PLC) โดยผ่านโปรโตรคอล (Protocol) RS232 DeviceNet หรือ EtherCAT ซึ่งเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับพีแอลซี เพื่อให้พีแอลซี ไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัจจุบันภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซี มีหลายภาษาในการเขียนโปรแกรม ดังนี้

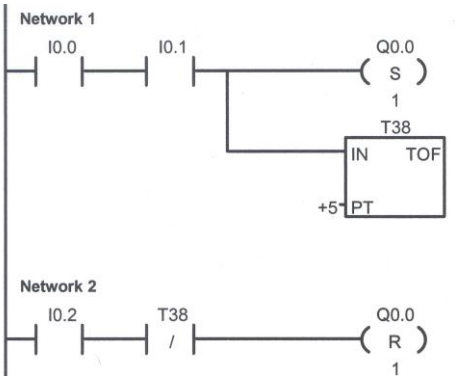
5.3.1 ภาษาบูลีน (STL: Instruction List Boolean Logic Elements) ภาษาบูลีนนี้เป็นภาษาลอจิก (Logic Language) ที่สามารถป้อนโปรแกรมผ่านชุดป้อนโปรแกรม (Programming Console) ซึ่งจะติดต่อกับพีแอลซี (PLC) อยู่ โดยทั่วไปลักษณะคำสั่งจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้ป้อนคือ LD, AND, OR, NOT และ OUT เป็นต้น



1) ชุดคีย์คำสั่ง 2) คำสั่งเงื่อนไขต่าง ๆ

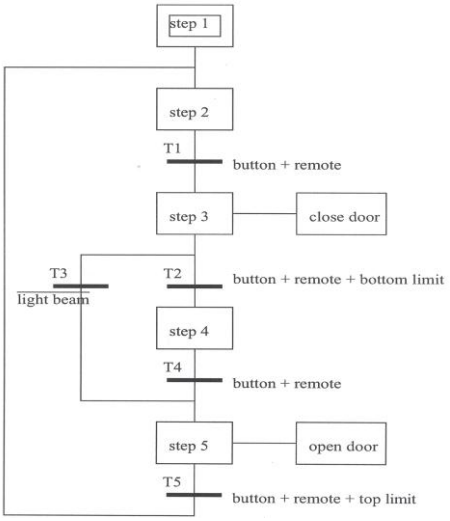
ภาพที่ 2.49 การใช้ภาษาบูลีน

5.3.2 ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) เป็นภาษาที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะเป็นภาษาที่ดูแล้วเข้าใจง่าย ทำให้สะดวกในการใช้ และการแก้ไขโปรแกรม ซึ่งภาษานี้จะมีลักษณะการต่อวงจรในแนวนอนจากซ้ายไปขวา หรือจากอินพุต (Input) ไปหาเอาต์พุต (Output) โดยภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรมนี้ จะถูกป้อนจากคอมพิวเตอร์ผ่านไปยังพีแอลซี การดูวงจรจะดูจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้มองเห็นการทำงานแต่ละแถวหรือโครงข่าย (Network) ของภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram)



ภาพที่ 2.50 ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม

5.1.2.3 ภาษาซีเควนฟังก์ชั่นชาร์ต (Sequence Function Chart) เป็นภาษาที่จัดกลุ่มการทำงานเป็นบล็อก (Block) คำสั่ง การจัดลำดับจะเป็นสเต็ป (Step) การทำงานซึ่งประกอบด้วยสัญญาณควบคุมอินพุต/เอาต์พุต โดยทั่วไปจะใช้ควบคุมลักษณะงานที่มีความซับซ้อน เช่น งานควบคุมระบบไฟฟ้า หรืองานที่ต้องใช้ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ (บวก ลบ คูณ หาร) เป็นต้น



ภาพที่ 2.51 ภาษาซีเควนฟังก์ชั่นชาร์ต

5.4 ระบบเลขฐาน (Number System) ในระบบคอมพิวเตอร์ (Computer) ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หรือ พีแอลซี (PLC) ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ก็จะใช้เลขฐานในการสื่อสารและประมวลผล ดังนั้นในระบบพีแอลซี มีความจำเป็นต้องรู้หลักการของเลขฐาน และระบบจำนวนตัวเลข พร้อมกับเข้าใจการทำงานของวงจรตรรกะ (Logic Circuit) ไปพร้อมกัน เพื่อให้สามารถใช้พีแอลซี ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น ระบบเลขฐานที่ใช้ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้ 4 ระบบดังนี้

1)ระบบเลขฐานสอง (Binary Number System) ระบบนี้จะประกอบด้วยตัวเลข 2 ตัวคือ 0 กับ 1

2)ระบบเลขฐานแปด (Octal Number System) ระบบนี้จะประกอบด้วยตัวเลข 8 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7

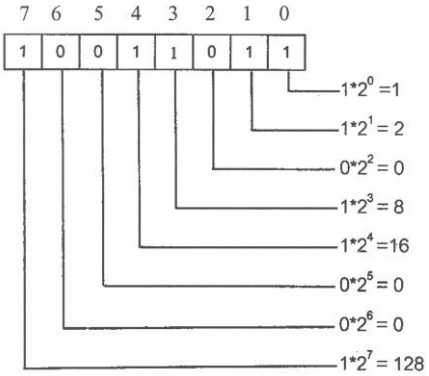
3) ระบบเลขฐานสิบ (Decimal Number System) ระบบนี้จะประกอบด้วยตัวเลข 10 ตัว คือ 0 , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9

4) ระบบเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number System) ระบบนี้จะประกอบด้วยตัวเลข 16 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E และ F โดยที่ (A=10, B=11, C=12, D=13, E=14 และ F=15) เป็นต้น

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระบบเลขฐาน

เลขฐานสิบ (Decimal)	เลขฐานสอง (Binary)	เลขฐานสิบหก (Hexadecimal)
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

1.ระบบเลขฐานสอง (Binary Number System) ระบบเลขฐานสองประกอบไปด้วยตัวเลข 2 ตัวคือ 0 และ 1 เท่านั้น และระบบเลขฐานสองจะถูกนำมาใช้งานมากกับระบบดิจิตอลของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ตลอดจนไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูลระบบตัวเลขฐานสอง จะอยู่ในรูปของตัวเลขฐานสองที่เรียกว่า “บิต” ตัวอย่างการแทนค่า เช่น 1 = 0001, 2 = 0010, 4 = 0100 และ 8 = 1000 เป็นต้น



ผลรวมเป็นระบบเลขฐานสิบ = (1 + 2 + 0 + 8 + 16 + 0 + 0 + 128) **= 15510**

2.ระบบเลขฐานสิบ (Decimal Number System) ระบบเลขฐานสิบเป็นระบบเลขฐานที่เราใช้มากที่สุด โดยประกอบด้วยตัวเลข 10 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 เป็นต้น

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานสิบกับเลขฐานสอง

เลขฐานสิบ (Decimal)	**เลขฐานสอง (Binary)**
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

ตัวอย่างที่ 2.1 แปลงเลข 155 ฐานสิบ ให้เป็นเลขฐานสอง ทำได้โดย
แปลงเป็นฐานสองคือ หาร 155 ด้วย 2 ตลอด แล้วนำเศษมาเป็นเลขฐานสองดังนี้

2) 155
2) 77 เศษ 1
2) 38 เศษ 1
2) 19 เศษ 0
2) 9 เศษ 1
2) 4 เศษ 1
2) 2 เศษ 0
2) 1 เศษ 0
0 เศษ 1

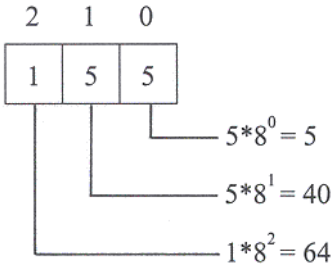
ดังนั้น 155 เลขฐานสิบ แปลงให้เป็นเลขฐานสอง = **1 0 0 1 1 0 1 12**

3.ระบบเลขฐานแปด (Octal Number System) ระบบเลขฐานแปดนี้ประกอบไปด้วยจำนวนตัวเลขทั้งหมด 8 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เป็นต้น

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานแปดกับเลขฐานสอง

เลขฐานแปด (Octal)	**เลขฐานสอง (Binary)**
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

ตัวอย่างที่ 2.2 แปลงเลข 155 ฐานแปด ให้เป็นเลขฐานสิบ โดยมีวิธีทำดังนี้



ผลรวมเป็นระบบตัวเลขฐานสิบ = (5 + 40 + 64) = **10910**

ในทำนองเดียวกัน ตัวเลข 109 ฐานสิบ สามารถแปลงกับเป็นเลขฐานแปด โดยนำเอา 109 หารด้วย 8 ตลอด แล้วนำเศษมาเป็นเลขฐานแปดดังนี้

8) 109
8) 13 เศษ 5
8) 1 เศษ 5
0 เศษ 1

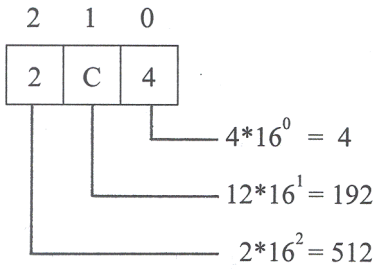
ดังนั้น 109 เลขฐานสิบ แปลงให้เป็นเลขฐานแปด = 155

4.ระบบเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number System) ระบบเลขฐานสิบหกนี้จะประกอบไปด้วยจำนวนตัวเลขทั้งหมด 16 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6,7,8,9, A, B, C, D, E และ F โดยที่ (A=10, B=11, C=12, D=13, E=14 และ F=15) เป็นต้น

ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานสิบหกกับเลขฐานสอง

เลขฐานสิบหก (Hexadecimal)	**เลขฐานสอง (Binary)**
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

ตัวอย่างที่ 2.3 ให้ทำการแปลงเลข 2C4 ฐานสิบหกให้เป็นเลขฐานสิบ โดยมีวิธีทำดังนี้



ผลรวมเป็นระบบเลขฐานสิบ = (4 + 192 + 512) = **70810**

ในทำนองเดียวกัน ตัวเลข 708 ฐานสิบ สามารถแปลงกับเป็นเลขฐานสิบหก โดยนำ 708 หารด้วย 16 ตลอด แล้วนำเศษมาเป็นเลขฐานสิบหกดังนี้

16) 708
16) 44 เศษ 4
16) 2 เศษ 12
0 เศษ 2

ดังนั้น 708 เลขฐานสิบ แปลงให้เป็นเลขฐานสิบหก = 2C4

5.5 ลอจิกเกทพื้นฐาน (Basic Logic Gates) โครงสร้างโดยทั่วไปของอุปกรณ์ดิจิตอล (Digital Equipment) ไม่ว่าจะเป็นวงจรธรรมดาหรือซับซ้อน เช่น IC ต่างๆ ที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นลักษณะวงจรตรรกะ (Logic Circuit) เพื่อนำสภาวะลอจิกไปใช้กับเงื่อนไขต่างๆ เช่น สัญญาณเอาต์พุต (Output) หรือสัญญาณอินพุต (Input) โดยสภาวะทั่วไปจะใช้สภาวะ 1 มีสัญญาณกับสภาวะ 0 ไม่มีสัญญาณ เป็นตัวบอกระบบสัญญาณเพื่อนำไปใช้ในระบบควบคุมลอจิกเกท โดยทั่วไปใช้สัญลักษณ์ด้านอินพุต (Input) แทนด้วย A B C D E ส่วนด้านเอาต์พุต (Output) จะแทนด้วย Y โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ลอจิก AND Gate จะมีอินพุต 2 อินพุตขึ้นไป และมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุต โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$N = 2^n$$

N = ผลรวมของจำนวนอินพุต

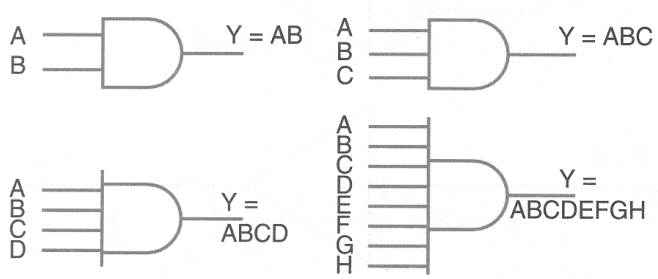
n = ผลรวมของตัวแปรอินพุต

เช่น ตัวแปร 2 อินพุต (N = 22 = 4)

ตัวแปร 3 อินพุต (N = 23 = 8)

ตัวแปร 4 อินพุต (N = 24 = 16)

ตัวแปร 8 อินพุต (N = 28 = 256)



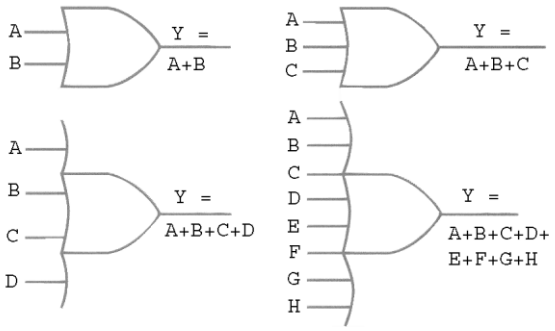
ภาพที่ 2.51 สัญลักษณ์ลอจิก AND Gate

ตารางที่ 2.8 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก AND Gate

Input		Output
A	B	Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

จากตาราง ถ้าอินพุต (Input) ของด้านในด้านหนึ่งมีสภาวะเป็น 1 กับ 0 เช่น (A=1, B=0) เอาต์พุต Output (Y) จะมีสภาวะเป็น 0 แต่ถ้าอินพุตของทั้ง 2 ด้านมีสภาวะเป็น 1 เช่น (A=1, B=1) เอาต์พุต Output (Y) จะเท่ากับ 1

2.ลอจิก OR Gate จะมีอินพุต 2 อินพุทตนไปและจะมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุต



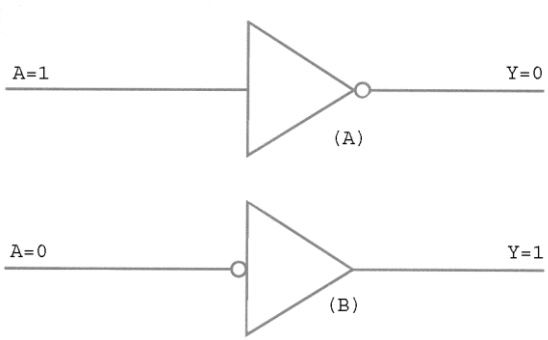
ภาพที่ 2.52 สัญลักษณ์ ลอจิก OR Gate

. ตารางที่ 2.9 แสดงค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก OR Gate

Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

จากตาราง ถ้าอินพุต (Input) ของด้านใดด้านหนึ่งมีสภาวะเป็น 1 กับ 0 เช่น (A=1, B=0) เอาต์พุต Output (Y) จะเป็น 1 และถ้าอินพุต ของทั้ง 2 ด้าน มีสภาวะเป็น 1 เช่น (A=1, B =1) เอาต์พุต Output (Y) ก็จะเป็น 1 เช่นเดียวกัน

3.ลอจิก NOT Gate จะมี อินพุต 1 อินพุต และมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุต โดยจะทำงานตรงกันข้ามกัน (Inverse)



ภาพที่ 2.53 สัญลักษณ์ลอจิก NOT Gate

ตารางที่ 2.10 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NOT Gate

Input	Output
A	Y
0	1
1	0

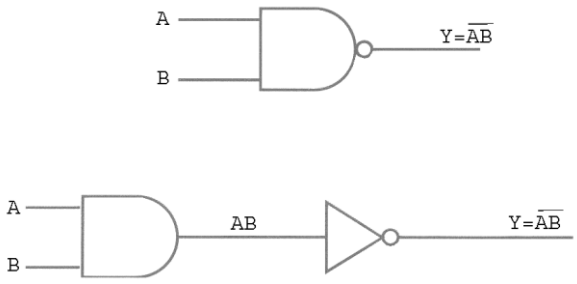
จากตาราง ถ้าอินพุต (Input) มีสภาวะเป็น 0 ด้านเอาต์พุท จะมีสภาวะเป็น 1 แต่ถ้าอินพุต (Input) มีสภาวะเป็น 1 ด้านเอาต์พุทจะมีสภาวะเป็น 0 ทันที

4.ลอจิก NAND Gate เป็นลอจิกที่ต่อร่วมกันระหว่างลอจิก NOT Gate กับลอจิก AND Gate โดยเอาต์พุตที่ออกจากลอจิก AND Gate ไปเข้าที่ลอจิก NOT Gate และทำการกลับค่าตรงกันข้าม (Inverse) อีกครั้ง โดยสามารถเขียนเอาต์พุตของ NAND Gate ได้ด้วยสมการดังนี้

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

หรือ

$$Y = \overline{A} + \overline{B}$$

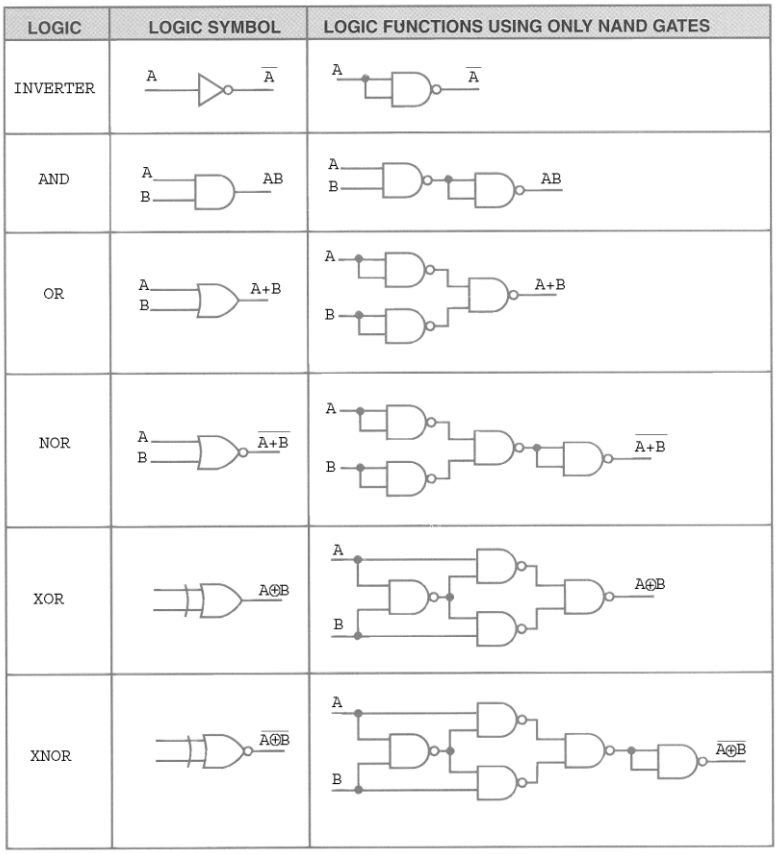


ภาพที่ 2.54 สัญลักษณ์ ลอจิก NAND Gate

ตารางที่ 2.11 แสดงค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NAND Gate

Input		Output
A	B	Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

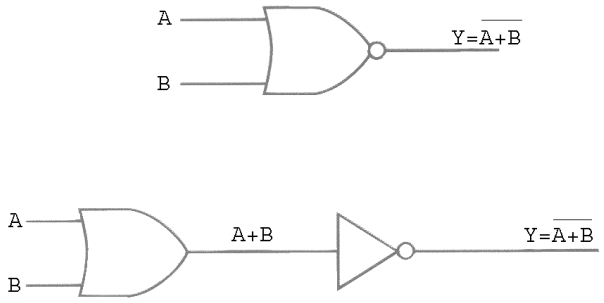
จากตาราง ถ้าเอาต์พุต (Output) ของ AND Gate มีสภาวะเป็น (AB=1) NOT Gate จะกลับค่า (Inverse) มีสภาวะเป็น 0 แต่ถ้าเอาต์พุต (Output) ของ AND Gate มีสภาวะเป็น 0 (AB=0) NOT Gate จะกลับค่า (Inverse) ให้มีสภาวะเป็น 1 ทันที



ภาพที่ 2. 55 การใช้ลอจิก NAND Gate สร้างลอจิกฟังก์ชั่น

5. ลอจิก NOR Gate เป็นลอจิกที่ต่อร่วมกันระหว่างลอจิก NOT Gate กับ ลอจิก OR Gate โดยจะเอาเอาต์พุตที่ออกจากลอจิก OR Gate ไปเข้าที่ลอจิก NOT Gate และทำการกลับค่าตรงกันข้าม (Inverse) อีกครั้ง โดยสามารถเขียนเอาต์พุตของ NOR Gate ได้ด้วยสมการดังนี้

$$Y = \overline{A+B}$$



ภาพที่ 2.56 สัญลักษณ์ ลอจิก NOR Gate

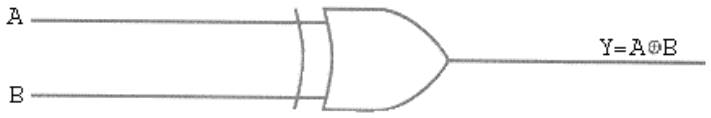
ตารางที่ 2.12 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NOR Gate

Input		Output
A	B	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

จากตารางที่ 2.11 ถ้าค่าเอาต์พุต (Output) ของ OR Gate มีสภาวะเป็น 1 (A+B = 1) NOT Gate จะกลับค่า (Inverse) มีสภาวะเป็น 0 แต่ถ้าเอาต์พุต (Output) ของ OR Gate มีสภาวะเป็น 0 (A+B = 0) NOT Gate จะกลับค่า (Inverse) ให้มีสภาวะเป็น 1 ทันที

6.ลอจิก Exclusive OR จะมี 2 อินพุต โดยเกิดจากสภาวะลอจิก AND, OR, NOT ถ้าวัดค่าสัญญาณทาง Output จะเพิ่มเป็น 2 เท่า โดยทั่วไปใช้สัญลักษณ์ XOR Gate แทน โดยสามารถเขียนเอาต์พุต ของ XOR Gate ได้ด้วยสมการดังนี้

$$Y = A \oplus B$$



ภาพที่ 2.57 สัญลักษณ์ลอจิก XOR Gate

ตารางที่ 2.13 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก XOR Gate

Input		Output
A	B	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

จากตารางที่ 2.13 ถ้าค่าอินพุต (Input) ด้านใดด้านหนึ่งมีสภาวะเป็น 1 กับ 0 เช่น (A=1, B=0) เอาต์พุต Output (Y) จะมีสภาวะเป็น 1 แต่ถ้าอินพุต (Input) ของทั้ง 2 ด้าน มีสภาวะเป็น 1 เช่น (A=1, B =1) เอาต์พุต Output (Y) จะมีสภาวะเป็น 0 ทันที

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การควบคุมระบบไฮดรอลิกส์ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

6. ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

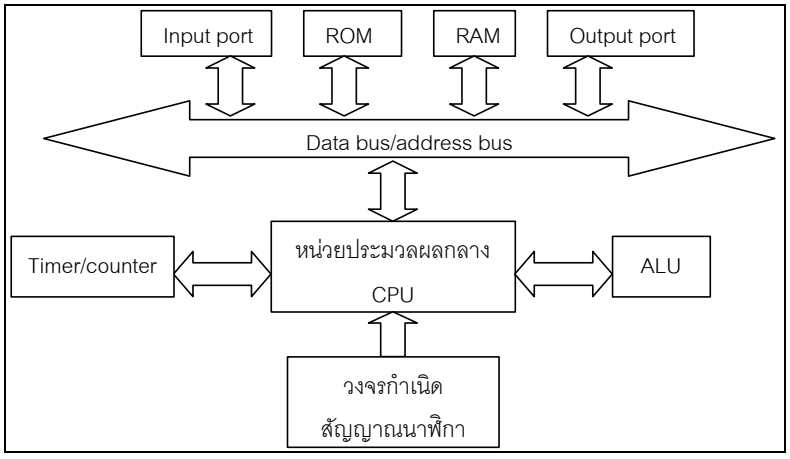
ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรอื่นๆ หลายวงจร และทำงานร่วมกัน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmatic Logic Unit) วงจรออสซิลเลเตอร์ (Osillator) หน่วยความจำ (Memory: ROM, RAM) วงจรรับสัญญาณอินพุทและขับสัญญาณเอาต์พุต (I/O port) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมได้ดี เนื่องจากสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างอิสระ ตามความต้องการของเรา

ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ซีพียูเบอร์ Z80 เป็นต้น จะไม่มีหน่วยความจำ RAM, ROM และ Port อยู่ในตัวชิป ทำให้ต้องต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพิ่มและต้องใช้ ICs ขยายพอร์ตเพิ่มเติม ข้อดีคือ สามารถเพิ่มหน่วยความจำได้ตลอด ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีวงจรพื้นฐานประกอบอยู่ภายในชิป เช่น หน่วยความจำ RAM, ROM และ I/O Port ดังนั้น ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีขนาดเล็กกว่าและราคาต่ำกว่าระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิปเดี่ยว (Single Chip Microcontroller) ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย การศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนภาษาที่จะใช้ในการเขียน ซึ่งจะต้องศึกษาควบคู่กันไป

6.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีโครงสร้างหลายลักษณะ ทั้ง 8 pins, 14 pins, 18 pins, 28 pins และ 40 pins ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมายขึ้นอยู่ว่าจะ

เลือกใช้ขนาด Memory เท่าใดให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ทำ โดยสามารถแบ่งหน่วยความจำได้ 3 แบบ คือ (1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH Program Memory) มีขนาดความจุ 1 ถึง 32 kwords (2) หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory RAM) มีขนาดความจุ 64 ถึง 1536 bytes (3) หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM Data Memory) มีขนาดความจุถึง 256 bytes ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีพอร์ตใช้งานทั้งสิ้น 5 พอร์ต คือ PORTA 6 บิท, PORTB 8 บิท, PORTC 8 บิท, PORTD 8 บิท และ PORTE 3 บิท เป็นพอร์ตแบบมี 2 ทิศทาง คือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุท และเอาต์พุท และยังเป็นพอร์ตที่สามารถแปลงสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ได้อีกด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีพอร์ต I/O ขนาด 3 บิท, 6บิท, 8บิท จำนวน 5 พอร์ต
2. มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 1 ถึง 32 kwords
3. มีหน่วยความจำข้อมูลแรม RAM 64 ถึง 1536 bytes
4. มีหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม EEPROM 256 bytes
5. Timer / Counter
   - Timer 0 ขนาด 8 บิท
   - Timer 1 ขนาด 16 บิท
   - Timer 2 ขนาด 8 บิท
6. มีกระแสซิงก์และกระแสซอร์ส (High Sink/Source Current) 25 mA
7. มีวงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter 10 บิท
8. มีวงจรสื่อสารแบบอนุกรมทั้ง SPI และ I^2C (Master/Slave)
9. มีวงจร Pulse Width Modulation (PWM) ความละเอียดสูงถึง 10 บิท
10. มีหน่วยความจำแบบ Flash สามารถเขียนและลบได้มากกว่า 100,000 ครั้ง



ภาพที่ 2.58 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

6.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) เปรียบได้กับสมองของคนเรานั่นเอง เพราะการคำนวณต่างๆ เกิดขึ้นที่นี่ CPU ประกอบด้วยวงจรต่างๆ หลายวงจร เช่น วงจรควบคุมเวลาและระบบการทำงาน (Timing and Control Unit) ซึ่งจะทำหน้าที่จัดการทั้งหมดของวงจรทั้งประมวลผลและควบคุมตามคำสั่งที่ได้รับ การคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic and Logic Unit) โดยจะทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลทางคณิตศาสตร์และระบบลอจิก วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder) จะทำหน้าที่แปลงคำสั่งทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) วงจรควบคุมการทำงานของ Counter วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) ตลอดจนหน่วยความจำภายใน Register, Adder, Subtraction, Buffer และอื่นๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการประมวลของ CPU เป็นต้น

6.1.2 หน่วยความจำ (Memory Unit) ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องคำนึงถึงชนิดของหน่วยความจำและวิธีการเข้าถึงด้วย ซึ่งต่างจากการเขียนบน PC ที่สนใจเพียงชนิดของตัวแปรว่าจะใช้เก็บข้อมูลประเภทใด สำหรับหน่วยความจำในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั้น จะมีหน่วยความจำในการใช้งาน 3 ประเภท ดังนี้

1.หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH Program Memory) หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash ROM) ในปัจจุบันนี้หน่วยความจำชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้กับ Microcontroller หลายบริษัทหลายรุ่น โดยมีคุณสมบัติในการเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้มากกว่า 100,000 ครั้ง ซึ่งการทำงานจะมีความเร็วสูงมากเหมาะกับการพัฒนางานที่มีขนาดใหญ่

2.หน่วยความจำโปรแกรม (Data Memory RAM) หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้ใช้เก็บข้อมูล ขณะประมวลผลโปรแกรมสามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ขณะมีไฟเลี้ยง แต่เมื่อไม่จ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลต่างๆ จะสลายไป หากหน่วยความจำส่วนนี้ไม่พอใช้งานจะต้องต่อหน่วยความจำแรมภายนอกเพิ่ม (External RAM หรือ Data Memory) ปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้นมากชิปบางตัวจะมีการบรรจุหน่วยความจำประเภท Data Memory เข้าไปในชิปเลย

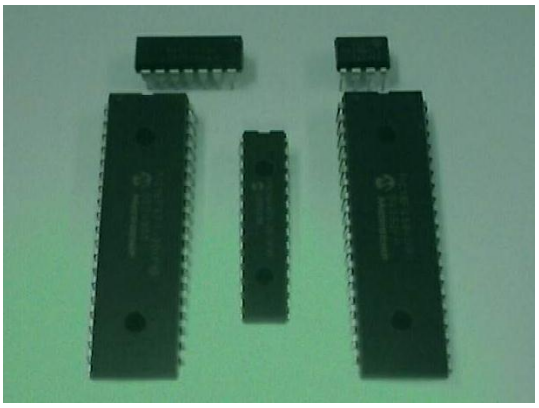
3.หน่วยความจำแบบอีอีพรอม (EEPROM Data Memory) หน่วยความจำแบบ EEPROM เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบโปรแกรมด้วยกระแสไฟฟ้า ในหน่วยความจำถาวรของ PROM (Programmable Read Only Memory) โดยภายในมีการพัฒนาให้ RAM (Random Access Memory) ที่มีหน่วยความจำชั่วคราวให้เก็บข้อมูลได้ถาวรแบบหน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) โดยสามารถเขียนและลบโปรแกรมจำนวนหลายๆ ครั้งได้

6.1.3 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O port) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพอร์ตสำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานและคุณสมบัติของพอร์ต โดย

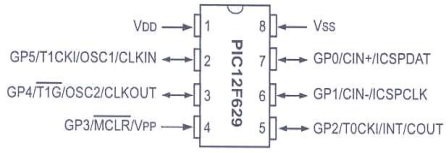
สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกทำหน้าที่เป็นอินพุตและเอาต์พุทได้ เช่น Pushbutton, Keypad, Sensor, LCD, Timer/Counter ตลอดจนการแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter เป็นต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ถูกพัฒนามาเพื่อใช้งานด้านอุตสาหกรรมโดยมีการผลิตมากมายหลายชนิดหลายรุ่นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้

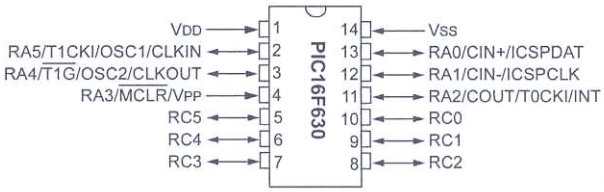
ตารางที่ 2.14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

เบอร์ (Device)	**หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)**	**หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)**		**อินพุท/เอาต์พุท (I/O Port)**	**ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter)**
	Flash Memory (kwords)	**RAM (bytes)**	**EEPROM (bytes)**		
PIC12F629	1	64	128	8	2
PIC12F675	1	64	128	8	2
PIC16F630	1	64	128	14	2
PIC16F676	1	64	128	14	2
PIC16F628	2	224	128	18	3
PIC16F872	2	128	64	28	3
PIC16F871	2	128	64	40	3
PIC16F873	4	192	128	28	3
PIC16F876	8	368	256	28	3
PIC16F877	8	368	256	40	3
PIC16F877A	8	368	256	40	3
PIC18F242	16	768	256	28	4
PIC18F252	32	1,536	252	28	4
PIC18F442	16	768	256	40	4
PIC18F452	32	1,536	256	40	4
PIC18F458	32	1,536	256	40	4

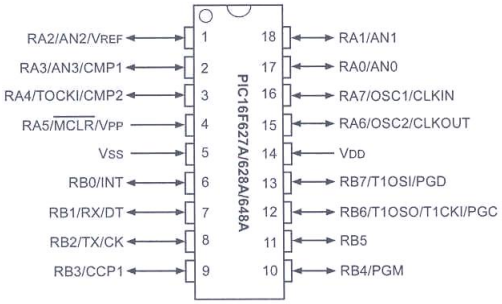


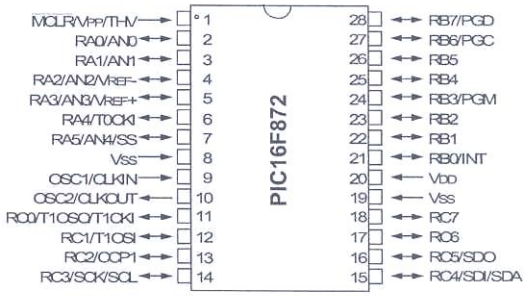
1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC



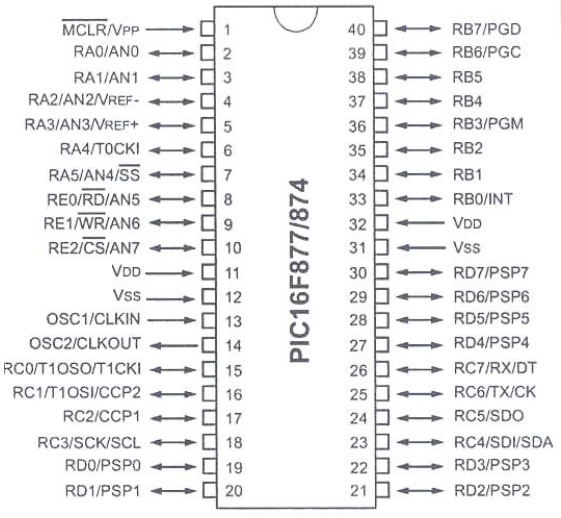


Microcontroller PIC 8 pins Microcontroller PIC 14 pins





Microcontroller PIC 18 pins Microcontroller PIC 28 pins



Microcontroller PIC 40 pins

2) การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาพที่ 2.59 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

ตารางที่ 2.15 การเปรียบเทียบ Pins ของ Microcontroller

BUS Name	8 Pins	14 Pins	18 Pins	28 Pins	40 Pins
MCLR Vpp	4	4	4	1	1
Vdd	1	1	14	20	11,32
Vss	8	14	5	8,19	12,31
OSC1	2	2	16	9	13
OSC2	3	3	15	10	14
RA0/AN0	5	13	17	2	2
RA1/AN1	-	12	18	3	3
RA2	-	11	1	4	4
RA3/AN3	-	-	2	5	5
RA4	-	3	3	6	6
RA5/AN4	-	2	-	7	7
RB0	-	-	6	21	33
RB1	-	-	7	22	34
RB2	-	-	8	23	35
RB3	-	-	9	24	36
RB4	-	-	10	25	37
RB5	-	-	11	26	38
RB6	6	-	12	27	39
RB7	7	-	13	28	40
RC0	-	10	-	11	15
RC1	-	9	-	12	16
RC2	-	8	-	13	17
RC3	-	7	-	14	18
RC4	-	6	-	15	23
RC5	-	5	-	16	24
RC6	-	-	-	17	25
RC7	-	-	-	18	26
RD0	-	-	-	-	19

BUS Name	8 Pins	14 Pins	18 Pins	28 Pins	40 Pins
RD1	-	-	-	-	20
RD2	-	-	-	-	21
RD3	-	-	-	-	22
RD4	-	-	-	-	27
RD5	-	-	-	-	28
RD6	-	-	-	-	29
RD7	-	-	-	-	30
RE0/AN5	-	-	-	-	8
RE1/AN6	-	-	-	-	9
RE2/AN7	-	-	-	-	10

ในตัว CPU ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ขนาด 40 Pins มีขาสัญญาณที่ใช้ติดต่อ Input/Output Port มีจำนวนขาสัญญาณทั้งสิ้น 33 Pins ดังนี้

- PORTA RA0_RA5 จำนวน 6 Pins
- PORTB RB0_RB7 จำนวน 8 Pins
- PORTC RC0_RC7 จำนวน 8 Pins
- PORTD RD0_RD7 จำนวน 8 Pins
- PORTE RE0_RE2 จำนวน 3 Pins

ขาสัญญาณแต่ละขาของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีหน้าที่การทำงานดังนี้

1. PORT RA0_RA5 พอร์ต A มีขาสัญญาณจำนวน 6 Pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ Input/Output Port และยังทำหน้าที่เป็น Input ของสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ด้วย

   RA0/AN0- - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
   - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 0

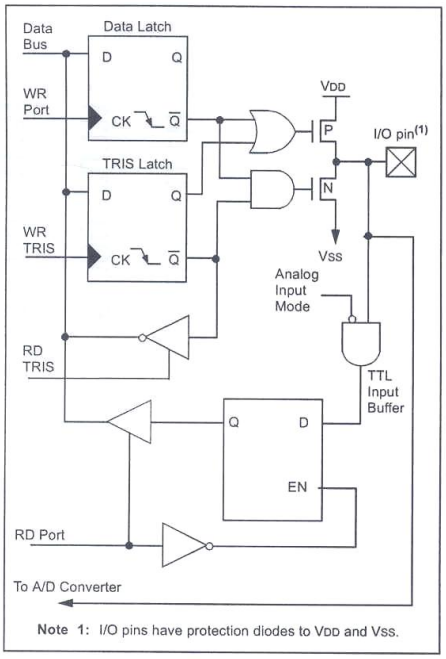
   RA1/AN1 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
   - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 1

   RA2/AN2 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
   - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 2

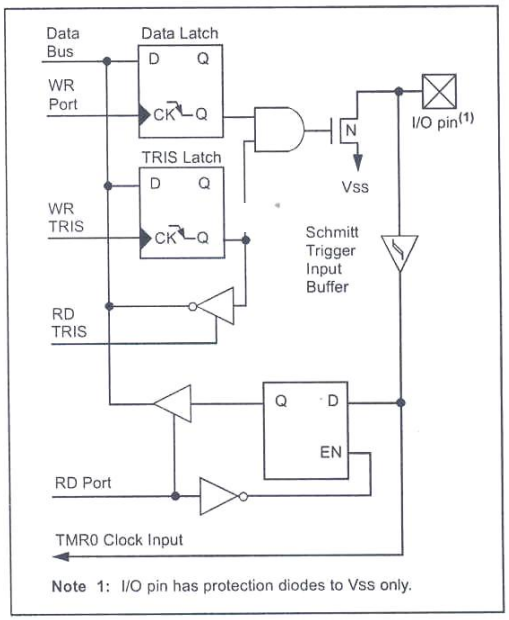
RA3/AN3 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 3

RA4/TOCK1/C1OUT - ขาสัญญาณนาฬิกา Input Timer 0
- ขาสัญญาณ Output เปรียบเทียบ ADC ช่อง 1

RA5/AN4/$\overline{SS}$/ - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 4
- ขาสัญญาณ Slave Select สื่อสาร Serial Port แบบ Synchronize
- ขาสัญญาณ Output เปรียบเทียบ ADC ช่อง 2



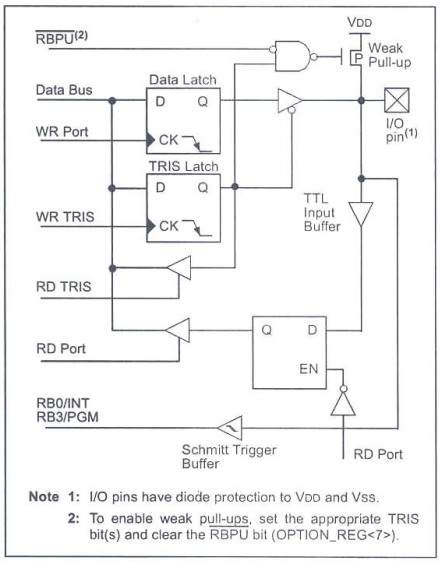
ภาพที่ 2.60 โครงสร้างของพอร์ต A (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5)



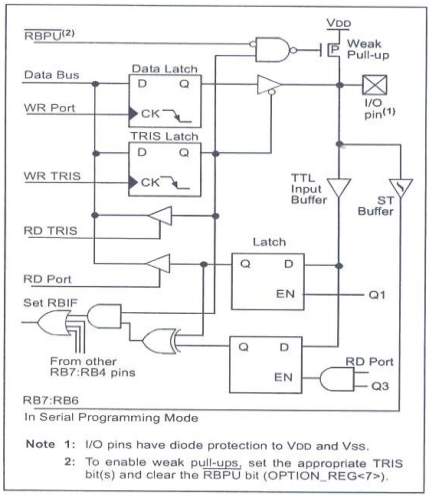
ภาพที่ 2.61 โครงสร้างของพอร์ต A (RA4)

2.PORTB RB0_RB7 พอร์ต B มีขาสัญญาณจำนวน 8 pins ภายในมีวงจรพูลอัพ (R-Pull-Up) ใช้ติดต่อ Input/Output Port และยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณ Input ในการ Interrupt จากภายนอกด้วย

RB0/INT	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณ Input รับสัญญาณ Interrupt จากภายนอก
RB1	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
RB2	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
RB3/LVP	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณ Input รับแรงดันต่ำ (5V) ถ้ามีการ Enable
RB4-RB7	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/output Port
	- ภายในมีวงจรพูลอัพ (R-Pull-Up) และ Interrupt Logic
	- ขาที่สามารถเกิด Interrupt ได้ ถ้ามีการ Enable



ภาพที่ 2.62 โครงสร้างของพอร์ต B (RB0-RB3)



ภาพที่ 2.63 โครงสร้างของพอร์ต B (RB4-RB7)

3. PORTC RC0_RC7 พอร์ต C มีขาสัญญาณจำนวน 8 Pins โดยพอร์ต C เป็นพอร์ตที่ติดต่อสัญญาณได้หลายรูปแบบ เช่น ติดต่อ Input/Output Port, Timer, I^2C, PWM เป็นต้น

RC0/T1OSO/TICK1
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Output วงจร Oscillator ของ Timer1
- ขาสัญญาณ Input ของสัญญาณ Clock Timer1

RC1/T1OSI/CCP2
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Input วงจร Oscillator ของ Timer1
- ขาสัญญาณ Output วงจรเปรียบเทียบสัญญาณของโมดูล CCP2
- ขาสัญญาณ Output PWM

RC2/CCP1
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Output วงจรเปรียบเทียบสัญญาณของโมดูล CCP1
- ขาสัญญาณ Output PWM

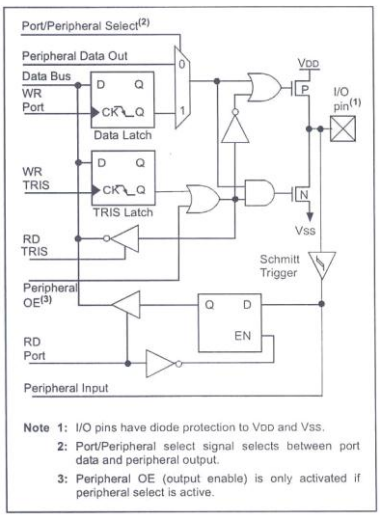
RC3/SCK/SCL
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Clock ของวงจร SPI (SCK)
- ขาสัญญาณ Clock ของระบบบัส I^2C (SCL)

RC4/SDI/SDA
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Input/Serial Data ของระบบ SPI (SDI)
- ขาสัญญาณ Data ของระบบบัส I^2C (SDA)

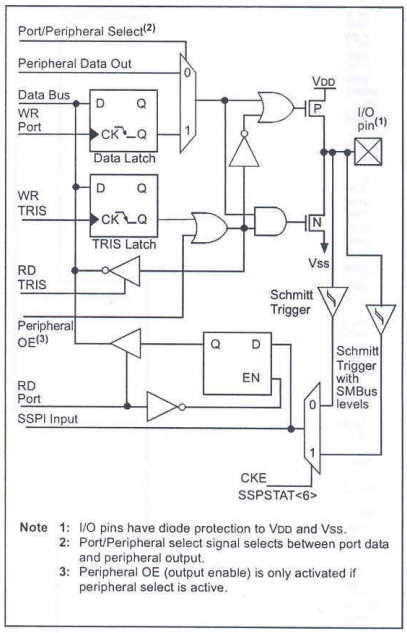
RC5/SDO
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Output/Serial Data ของระบบ SPI (SDO)

RC6/TxD/CK
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณส่ง Data/Serial Port (TxD)
- ขาสัญญาณ Clock/Synchronize (CK)

RC7/RxD/DT
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณรับ Data/Serial Port (RxD)
- ขาสัญญาณ Data/Synchronize (DT)



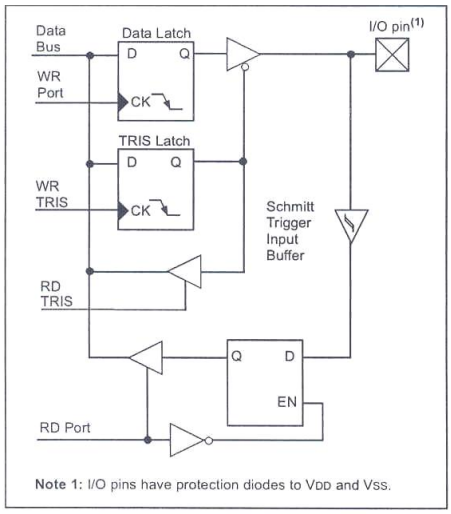
ภาพที่ 2.64 โครงสร้างของพอร์ต C (RC0, RC2, RC5, RC7)



ภาพที่ 2.65 โครงสร้างของพอร์ต C (RC3, RC4)

4. PORTD RD0_RD7 พอร์ต D มีขาสัญญาณจำนวน 8 pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ Input/Output Port และยังทำหน้าที่ขยายพอร์ตแบบขนาน (PSP : Parallel Slave Port)

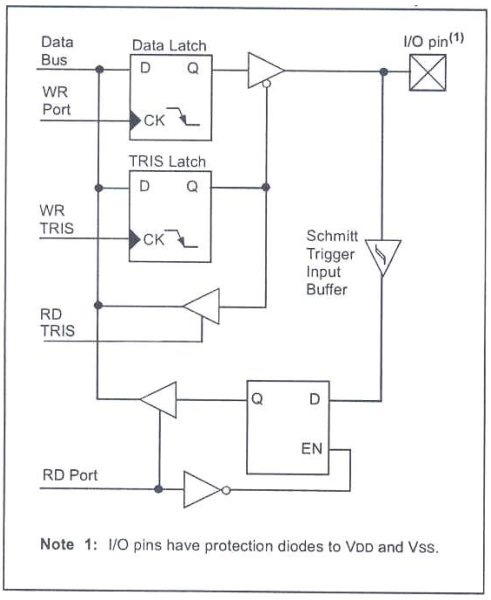
RD0/PSP0	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิท 0
RD1/PSP1	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิท 1
RD2/PSP2	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิท 2
RD3/PSP3	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิท 3
RD4/PSP4	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิท 4
RD5/PSP5	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิท 5
RD6/PSP6	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิท 6
RD7/PSP7	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิท 7



ภาพที่ 2.66 โครงสร้างของพอร์ต D

5. PORTE PE0_RE2 พอร์ต E มีขาสัญญาณจำนวน 3 pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ Input/Output Port และยังทำหน้าที่เป็น Input ของสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ด้วย

RE0/AN5/RD	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 5 - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการอ่าน (RD : Read)
RE1/AN6/WR	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 6 - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการเขียน (WR : Write)
RE2/AN7/CS	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 7 - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการเลือกอุปกรณ์ (CS : Chip Select)



ภาพที่ 2.67 โครงสร้างของพอร์ต E

6. ขาสัญญาณทั่วไปจะมีหน้าที่ในการติดต่อสัญญาณดังนี้

MCLR/Vpp	-	ขาสัญญาณสำหรับ Reset จะทำงานที่ลอจิก 0
	-	ขาสัญญาณรับแรงดันโปรแกรม (Programming Voltage)
OSC1/CLKIN	-	ขาสัญญาณสำหรับต่อ Crystal / รับสัญญาณ Clock
OSC2/CLKOUT	-	ขาสัญญาณสำหรับต่อ Crystal / รับสัญญาณ Clock
Vdd	-	ขาต่อไฟเลี้ยง (+5V)
Vss	-	ขาต่อกราวด์

สำหรับการควบคุมพอร์ตในการใช้งานจะต้องกำหนดที่ Register ว่าต้องการให้ขาสัญญาณของพอร์ตเป็น Input หรือ Output โดยกำหนดดังนี้

PORTA SET_TRIS_A ( )
PORTB SET_TRIS_B ( )
PORTC SET_TRIS_C ( )
PORTD SET_TRIS_D ( )
PORTE SET_TRIS_E ( )

การกำหนดให้พอร์ตไหนเป็น Output ให้เขียนข้อมูล 0 ที่บิทนั้น แต่ถ้าต้องการให้พอร์ตเป็น Input ให้เขียนข้อมูล 1 ที่บิทนั้น เช่น กำหนด PORTA ขนาด 6 บิท มีรายละเอียดดังนี้

Register	**7 bit**	**6 bit**	**5 bit**	**4 bit**	**3 bit**	**2 bit**	**1 bit**	**0 bit**
TRISA	TRISA 7	TRISA 6	TRISA 5	TRISA 4	TRISA 3	TRISA 2	TRISA 1	TRISA 0
PORTA	-	-	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0

* PORTA มีทั้งหมด 6 บิท

ตัวอย่างที่ 6.1

```
SET_TRIS_A (0XFF)      // A5, A4, A3, A2, A1, A0 เป็นขาอินพุต

SET_TRIS_A (0XF0)      // A5, A4 เป็นขาอินพุท

                       // A3, A2, A1, A0 เป็นขาเอาต์พุต

SET_TRIS_A (0X0F)      // A5, A4 เป็นขาเอาต์พุต

                       // A3, A2, A1, A0 เป็นขาอินพุต

SET_TRIS_A (0X00)      // A5, A4, A3, A2, A1, A0 เป็นขาเอาต์พุต
```

6.2 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 แบบ Flash Memory มีหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) แบบ RAM 368 bytes และ EEPROM 256 bytes โดย CPU จะมีการจัดสรรพื้นที่ในการใช้งานทั้งหมด 4 bank ในแต่ละ bank จะมีขนาดสูงสุด 128 bytes โดยในแต่ละ bank จะมีพื้นที่ในการทำงานที่แตกต่างกันการจัดสรรพื้นที่มีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ bank 0 Address (0x00-0x7F)

Address (0x00-0x1F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0x20-0x7F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 90 bytes

พื้นที่ bank 1 Address (0x80-0xFF)

Address (0x80-0x9F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0xA0-0xEF) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 80 bytes

Address (0xF0-0xFF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

พื้นที่ bank 2 Address (0x100-0x17F)

Address (0x100-0x10F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0x110-0x11F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 16 bytes

Address (0x120-0x16F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 80 bytes

Address (0x170-0x17F) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

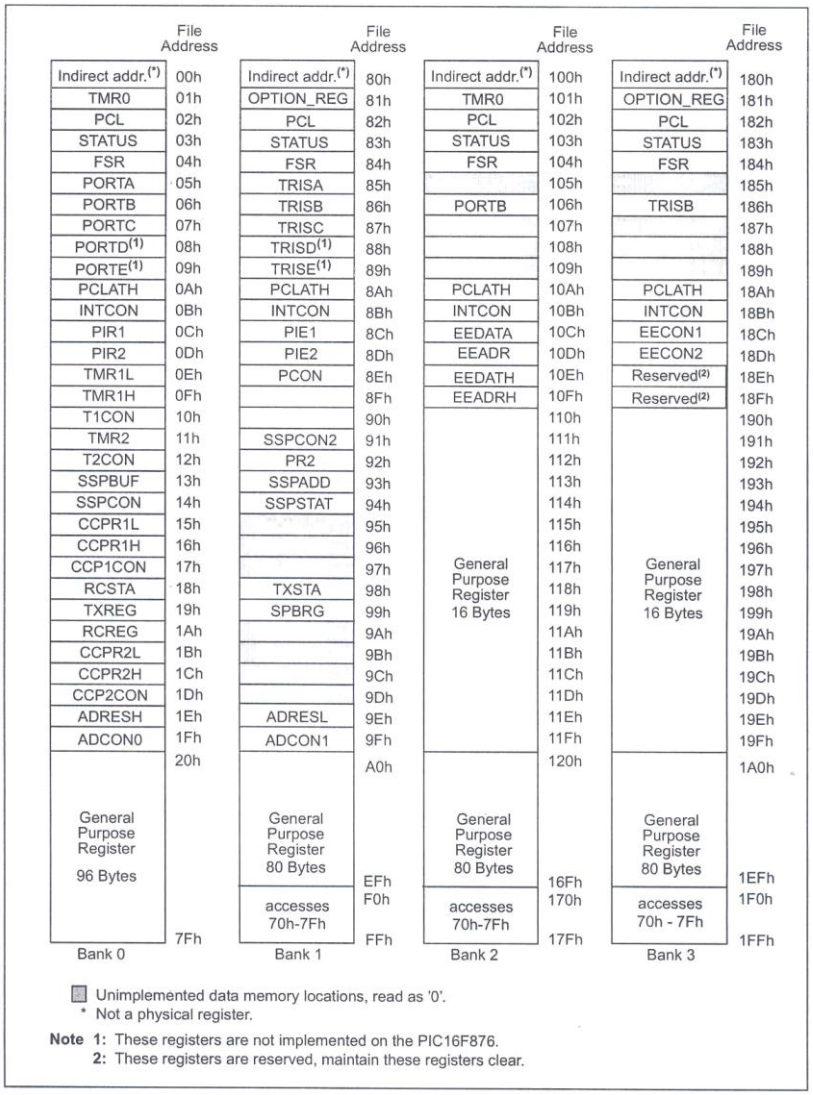
พื้นที่ bank 3 Address (0x180-0x1FF)

Address (0x180-0x18F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address(0x190-0x19F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 16 bytes

Address (0x1A0-0x1EF) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 80 bytes

Address (0x1F0-0x1FF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้



ภาพที่ 2.68 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ Microcontroller PIC16F877

6.3 ภาษาซี

การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถใช้ได้หลายภาษา เช่น ภาษาแอสแซมบลี (Assembly Language) ภาษาซี (C Language) ภาษาเบสิค (Basic Language) หรือภาษาปาสคาล (Pascal Language) เป็นต้น ในปัจจุบันนิยมใช้ภาษาซี เพราะมีความยืดหยุ่นในการใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่น ตลอดจนสามารถเขียนโปรแกรมที่มีความซับซ้อน เช่น การ วนลูป หรือฟังก์ชันคณิตศาสตร์ เป็นต้น

ข้อดีอีกประการ คือ โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาซี สามารถแก้ไขได้ง่ายกว่าภาษาแอสแซมบลี เพราะโครงสร้างง่ายต่อการสร้างโมดูลาร์ (Modular) เช่น ฟังก์ชัน Main, ฟังก์ชัน While ตลอดจนคำสั่ง If, else If, else เป็นต้น

6.3.1 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการทบทวนภาษาซีเฉพาะส่วนที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้น ไม่ได้กล่าวถึงทุกความสามารถของภาษาซี แต่น่าจะเพียงพอสำหรับการพัฒนางานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย PIC สำหรับผู้ที่เขียนภาษา C ได้แล้วก็ข้ามบทนี้ไปได้เลย

ตารางที่ 2.16 ตัวดำเนินการเลขคณิตในภาษาซี

ตัว ดำเนินการ	ความหมาย	ตัวอย่าง
-	การลบ	X – Y
+	การบวก	X + Y
*	การคูณ	X * Y
/	การหาร	X / Y
%	การหารจะเอาเฉพาะเศษไว้	8 % 5 = เศษ 3 เป็นผลลัพธ์
--	การลดค่าครั้งละ 1	X --หรือ -- X เหมือนกับ X = X - 1
++	การเพิ่มค่าครั้งละ 1	X ++หรือ ++ Y เหมือนกับ Y = Y+1

ตัวอย่างที่ 6.2 แสดงการใช้ตัวดำเนินการ

ตัวอย่าง	**การประเมินผลตัวดำเนินการ**
1. y= x + (z++);	y = x + z
2. y = x + (++z);	y = x + z +
3. y+ = z;	y = y + z
4. y+ = (z++);	y = y + z
5. y- = 5;	y = -5
6. y* = 5;	y = y * 5
7. y* = 5 * (z++);	y = y * 5 * z
8. y/ = z;	y = y / z
9. y% = 5;	y = y % 5

6.3.2 ขั้นตอนการทำงานของตัวดำเนินการในภาษาซี ในบางครั้งนิพจน์ประกอบด้วยตัวดำเนินการมากมาย ทำให้เกิดความยุ่งยากในการพิจารณาขั้นตอนการทำงานของตัวดำเนินการ C จึงได้ตั้งกฎเกี่ยวกับลำดับการทำงานก่อนหลังของตัวดำเนินการ (Operator)

ตารางที่ 2.17 ลำดับการทำงานของตัวดำเนินการ

ตัวดำเนินการ	ลำดับที่
( )	1
++, --	2
* / %	3
+-	4
+=, -=, *=, /=, %=	5

ตัวอย่างที่ 6.3 แสดงลำดับการทำงานของตัวดำเนินการ

ตัวอย่าง	ความหมาย
1+2*3= 1+6	ตัวดำเนินการ * อยู่ลำดับสูงกว่า + จึงต้องคูณตัวเลขก่อน (2*3) แล้วจึงบวกเลข 1 ตามลำดับ
6/3+2-1= 2+2+1= 3	ตัวดำเนินการ / อยู่ลำดับสูงกว่า + และ – จึงให้ทำจากซ้ายไปขวา
6/3+2*3-4= 2+6-4	ตัวดำเนินการ / และ * อยู่ลำดับเดียวกัน โดยอยู่สูงกว่า + และ – จึงให้ทำจากซ้ายมือก่อนคือ (/, *) และ (+, -) ตามลำดับ

ตารางที่ 2.18 ตัวดำเนินการในภาษาซี

ตัวดำเนินการ (Operator)	ความหมาย (Description)
( )	Function call
[ ]	array element
.	structure member
- >	pointer to a structure member
!	Logical
~	one’s complement
-	Minus

ตัวดำเนินการ (Operator)	ความหมาย (Description)
++	Increment
--	Decrement
&	address of
=	contents of
*	Multiply
/	Divide
%	Modulus
+	Add
<<	(left shift)
>>	(right Shift)
<	less than
<=	less than or equal to
>	greater than
>=	greater than or equal to
==	(equality)
!=	(not equal)
&	bit-by-bit AND
^	bit-by-bit XOR
!	bit-by-bit-OR
&&	logical AND
ll	logical OR
?:	Conditional
=	Assignment
* = /= %= +=	compound assignment
-= <<= >>=	compound assignment
&= ^= !=	compound assignment
,	comma operator

6.3.3 ตัวแปรและการประกาศตัวแปร ตัวแปร (Variable) คือ สิ่งที่ใช้แทนค่าตัวเลข ตัวอักษรหรือข้อความ เพื่อนำมาใช้ประมวลผลตามคำสั่งต่างๆ ในโปรแกรมการประกาศตัวแปร (Declaration) คือ การบอกให้คอมไพเลอร์รู้ว่าตัวแปรที่ใช้เป็นชนิดอะไร ชื่ออะไร และเก็บไว้ที่ส่วนไหนของหน่วยความจำ

ตารางที่ 2.19 ประเภทข้อมูลและขนาดของตัวแปร

ประเภทข้อมูล	ขนาด	ค่าที่เก็บได้
Char	ตัวอักษร 8 บิท	รหัสแอสกี้
Float	ตัวเลขทศนิยม 32 บิท	$3.4x10^{-38}$ ถึง $3.4x10^{38}$
Short	1 bit	0,1
Long	16 bits	0 ถึง 65535
Int	8 bits	0 ถึง 255
Int1	1 bit	0,1
Int8	8 bits	0 ถึง 255
Int 16	16 bits	0 ถึง 65535
Int 32	32 bits	0 ถึง 4,294,967,295

6.3.4 โครงสร้างของภาษาซี คอมไพเลอร์ไดเร็คทีฟ (Compiler Directive) เป็นส่วนของโปรแกรมที่บอกให้คอมไพเลอร์รวมไฟล์ต่างๆ ที่กำหนดไว้ในส่วนนี้เข้ากับโปรแกรมที่เขียนขึ้น โดยมีรูปแบบดังนี้

```
#include <ชื่อไฟล์.h>
```

เช่น
```
#include <16F877.h>
#include<16F628.h>
#include<stdio.h>
```

ตัวโปรแกรม (body) เป็นส่วนที่ผู้ใช้ต้องเขียนขึ้นเอง ประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ หรือฟังก์ชันต่างๆ รวมกันเป็นโปรแกรม โดยอย่างน้อยต้องมีฟังก์ชัน main () หนึ่งฟังก์ชัน

```
void main (void)
{
        คำสั่งต่างๆ
}
```

ส่วนคำอธิบายโปรแกรม (comment line)

ส่วนนี้ใช้อธิบายโปรแกรมเพื่อให้ผู้ที่อ่านโปรแกรมเข้าใจโปรแกรมได้ง่ายขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

/* ข้อความอธิบายโปรแกรม */

เช่น Output_a (0x00) /*กำหนดค่า 00 ฐานสิบหกให้กับ PORTA */ หรือ

Output_b (0xff) // กำหนดค่า FF ฐานสิบหกให้กับ PORTB

ตัวอย่างที่ 6.4 แสดงโปรแกรมภาษาซี และคำอธิบายโปรแกรม

```
1   ========================================
2   # include <16F877.h>
3   # device adc=8                                   //ADC 8 bits (256)
4   # fuses NOWDT, HS, NOPUT, NOPROTECT, BROWNOUT, LVP, NOCPD,
        NOWRT,
    NODEBUG
5   # use delay (clock=10000000)                     //ความถี่สัญญาณนาฬิกา
        10 MHz
6   # use rs232 (baud = 9600, parity = N, xmit = PIN_C6, rcv = PIN_C7, bits =
        9)
7   ========================================
8   void main ( )
9       {
10        setup_adc_ports (NO_ANALOGS);          //ไม่กำหนดพอร์ตเพื่อ
          แปลงสัญญาณ ADC
11        setup_adc (ADC_OFF);                   // Analog to Digital off
```

```
12          setup_psp (PSP_DISABLED);
13          setup_spi (FALSE);
14          setup_timer_0 (RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_1); //set up timer 0
15          setup_timer_1 (T1_DISABLED);          //set up timer 1
            disabled
16          setup_timer_2 (T2_DISABLED, 0,1);     //set up timer 2
            disabled
17          while (1)
18              {
19               output_a (0x00);                 /*ส่งค่า 00H ออกที่พอร์ต
            A*/
20               delay_ms (1000);                  /*หน่วงเวลา  1000
            msec*/
21              output_a (0xff);                 /*ส่งค่า FFH ออกที่พอร์ต A*/
22              delay_ms (1000);                 /*หน่วงเวลา 1000 msec*/
23               }
24      }
```

6.3.6 คำสั่งควบคุมในภาษาซี คำสั่งที่ใช้ควบคุมในภาษาซีมีอยู่หลายคำสั่ง เช่น คำสั่งวนลูปซ้ำ, คำสั่งทำตามเงื่อนไข เป็นต้น คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

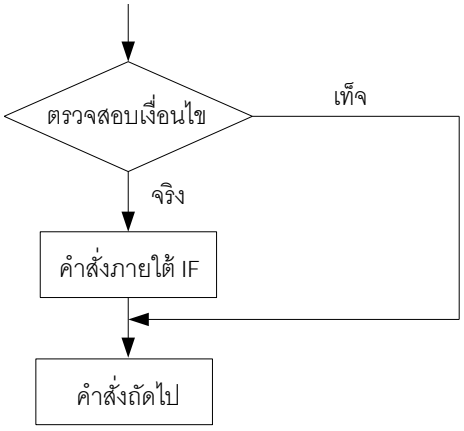
คำสั่ง goto label ใช้สั่งให้กระโดดข้ามไปยังคำสั่งอื่นในโปรแกรมได้ทุกที่ แต่คำสั่งนี้มีลักษณะที่ไม่เป็นโครงสร้าง หากใช้มากๆ โดยไม่จำเป็นในโปรแกรมจะทำให้เกิดความยุ่งยากในภายหลัง โดยมีรูปแบบดังนี้

ภาษาซี

```
1   ======================================
2   # include “C:\Program Files\PICC\testprg\led00.h”
3   ======================================
4   int k = 0;                          /*ประกาศตัวแปร k เป็นตัวแปรชนิด Integer โดย
        ให้มีค่าเท่ากับ 0*/
5   byte x;                             /*ประกาศตัวแปร x เป็นตัวแปรชนิด Byte*/
6   void main ( )
7       {
8       setup_adc_ports (NO_ANALOGS);
9       setup_adc (ADC_OFF);
10      setup_psp (PSP_DISABLED);
11      setup_spi (FALSE);
12      setup_timer_0 (RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_1);
13      setup_timer_1 (T1_DISABLED);
14      setup_timer_2 (T2_DISABLED, 0, 1);
        //================
15      set_tris_a (0x00);          /*กำหนดให้พอร์ต A เป็นเอาต์พุท*/
16      x = 0xfe;
17      start:                          /* label ชื่อว่า start */
18          {
```

```
19              for (k = 0 ; k< =5; ++k);       /*หน่วงเวลาด้วยการเพิ่มค่าให้กับตัวแปร
                k*/
20                      {
21                       delay_ms (1000);
22                       output_a (x);
23                       delay_ms (1000);
24                       rotate_left (&x,1);        /*Shift Bit ไปทางซ้ายทีละ 1 Bit*/
25                       }
26              }
27          go to start;                    /*โปรแกรมบังคับให้กระโดดไปที่ label start แบบไม่
 รู้จบ */
28   }
```

คำสั่ง if แบบทางเดียว ใช้ตรวจสอบนิพจน์เงื่อนไข ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเงื่อนไขมีค่าเป็น 1 คอมพิวเตอร์ทำคำสั่งหลังนิพจน์เงื่อนไขทันที



ภาพที่ 2.69 แสดงคำสั่ง if แบบทางเดียว

รูปแบบ

```
if (นิพจน์เงื่อนไข)
    คำสั่ง ;
```

เช่น

```
if (x < y)
    printf ("%f < %f \ n",  x,  y);
```

กรณีที่ต้องการทำงานตามเงื่อนไขครั้งละหลายๆ คำสั่งมีรูปแบบการเขียนโปรแกรม ดังนี้

รูปแบบ

```
if (นิพจน์เงื่อนไข)
  {
      คำสั่งที่ 1 ;
      คำสั่งที่ 2 ;
                              -
                              -
      คำสั่งที่ n ;
   }
```

เช่น

```
if(x<y)
   {
          clrscr();
          gotoxy(20, 5);
          printf("%f<%f\n", x, y);
     }
```

คำสั่ง if แบบสองทาง ใช้กำหนดเงื่อนไขด้วยตัวดำเนินการเปรียบเทียบ แล้วสั่งให้คอมพิวเตอร์ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่ง ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

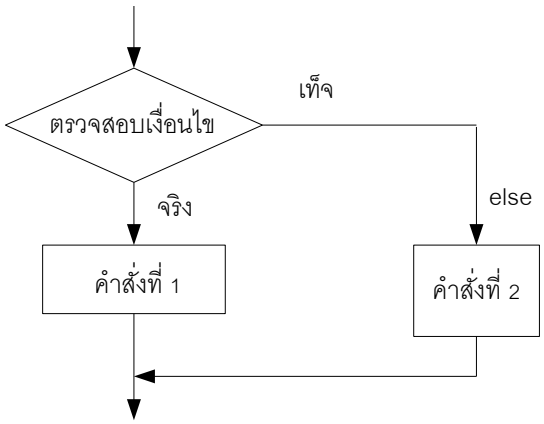
รูปแบบ

```
if (นิพจน์เงื่อนไข) {
     คำสั่งที่ 1 ;
     คำสั่งที่ 2 ;          } คอมพิวเตอร์จะปฏิบัติตามคำสั่ง
                              กลุ่มนี้หากนิพจน์เงื่อนไขเป็นจริง
     คำสั่งที่ n ;
}
else  {
     คำสั่งที่ 1 ;
     คำสั่งที่ 2 ;          } คอมพิวเตอร์จะปฏิบัติตามคำสั่ง
                              กลุ่มนี้หากนิพจน์เงื่อนไขเป็นเท็จ
     คำสั่งที่ n ;
}
```

เช่น

```
if(x<y)
    {
      clrscr();
      gotoxy(20, 10);
      printf("%f<%f\n", x, y);
    }
  else
    {
```

```
        clrscr();
        gotoxy(20, 10);
        printf("%f >= %f\n", x, y);
    }
```



ภาพที่ 2.70 แสดงคำสั่ง if แบบสองทาง

จากไดอะแกรมหากคอมพิวเตอร์พบนิพจน์เงื่อนไขที่ทำให้ผลลัพธ์เป็นจริง จะไปปฏิบัติตามชุดคำสั่งที่ 1 หากได้ผลลัพธ์เป็นเท็จ จะทำงานตามชุดคำสั่งที่ 2 โดยคอมพิวเตอร์จะต้องเลือกปฏิบัติตามเงื่อนไขเพียงคำสั่งเดียวเท่านั้น

คำสั่ง if แบบหลายทาง คำสั่ง if แบบนี้จะใช้ในกรณีที่ต้องการทำคำสั่งหลายๆ ชุด จากนิพจน์เงื่อนไขหลายๆ แบบโดยมีการตรวจสอบนิพจน์เงื่อนไขแต่ละเงื่อนไขก่อน หากเงื่อนไขใดเป็นจริง คอมพิวเตอร์จะทำตามคำสั่งภายใต้เงื่อนไขที่เป็นจริง แล้วจะข้ามเงื่อนไขอื่นๆ ไปทั้งหมด แต่ถ้านิพจน์เงื่อนไขแรกๆ เป็นเท็จ คอมพิวเตอร์จะตรวจสอบเงื่อนไขถัดไป หากทุกเงื่อนไขเป็นเท็จหมด เครื่องจะปฏิบัติตามชุดคำสั่งที่อยู่นอกเหนือเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น

รูปแบบ

```
if (นิพจน์เงื่อนไขที่ 1)
        {
        คำสั่งที่ 1 ;
        คำสั่งที่ 2 ;
            -
            -
         คำสั่งที่ n ;
         }
```

คอมพิวเตอร์ปฏิบัติงานตามคำสั่งกลุ่มนี้ เมื่อนิพจน์เงื่อนไขที่ 1 เป็นจริง

```
else if (นิพจน์เงื่อนไขที่ 2)
        {
        คำสั่งที่ 1 ;
        คำสั่งที่ 2 ;          } คอมพิวเตอร์ปฏิบัติงานตามคำสั่งกลุ่มนี้
            -                  } เมื่อนิพจน์เงื่อนไขที่ 2 เป็นจริง
            -
        คำสั่งที่ n ;
         }
    else if (นิพจน์เงื่อนไขที่ n)
        {
       คำสั่งที่ 1 ;
        คำสั่งที่ 2 ;          } คอมพิวเตอร์ปฏิบัติงานตามคำสั่งกลุ่มนี้
            -                  } เมื่อนิพจน์เงื่อนไขที่ n เป็นจริง
            -
  คำสั่งที่ n ;
        }
    else
        {
        คำสั่งที่ 1 ;
        คำสั่งที่ 2 ;          } คอมพิวเตอร์ปฏิบัติงานตามคำสั่งกลุ่มนี้
            -                  } เมื่อเงื่อนไขทุกเงื่อนไขที่ผ่านมาเป็นเท็จ
            -
        คำสั่งที่ n ;
        }
```

เช่น

```
if (x < y)
        {
          clrscr ( );
          gotoxy (20, 10);
```

```
            printf ("%f < %f \ n", x, y);
          }
        else if ((x > y) && (x > 0))
          {
              clrscr ( );
              gotoxy (20, 10);
              printf ("%f > %f and x > 0 \ n", x, y);
           }
         else
          {
              clrscr ( );
              gotoxy (20,10);
              printf ("%f = %f \ n", x, y);
           }
```

คำสั่ง for คำสั่งนี้จะถูกนำมาใช้ในกรณีที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์ทำงานซ้ำโดยจะต้องทราบค่าจำนวนครั้ง หรือเงื่อนไขที่แน่นอนเพื่อควบคุมให้โปรแกรมหยุดทำงานซ้ำ

รูปแบบ

```
for (กำหนดค่าเริ่มต้น ; นิพจน์เงื่อนไข ; ปรับค่าตัวนับเพิ่มหรือลด)
{
        คำสั่งที่ 1 ;
        คำสั่งที่ 2 ;
              -
               -
```

```
            คำสั่งที่ n ;

    }
```

เช่น

```
    for (X = 0 ; X < =10; X++)              /*ค่าเพิ่มขึ้น*/

    for (X = 10 ; X > =0; X--)              /*ค่าลดลง*/
```

คำสั่ง for แบบลูปซ้อนลูป ในกรณีที่ต้องการประมวลผลงานที่มีลักษณะเป็น 2 มิติ จำเป็นที่จะต้องใช้คำสั่ง for แบบลูปซ้อนลูป ตัวอย่างเช่น หากต้องการบวกเมตริก A ขนาด 4 x 4 กับเมตริก B ขนาด 4 x 4

เช่น

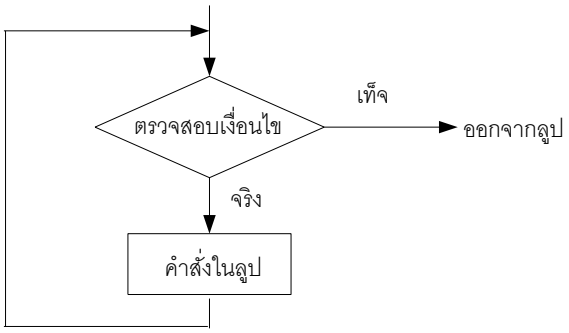
```
    for (X = 0; X < 10 ; X++)

      {

        for (Y = 0; Y < 10 ; Y++)

      }
```

คำสั่ง while คำสั่งนี้เหมาะที่จะนำมาใช้เมื่อต้องการตรวจสอบเงื่อนไขก่อน ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง จะเข้าไปทำงานตามคำสั่งในลูป การวนรอบในลูปจะมีจำนวนรอบกี่รอบก็ได้ การใช้คำสั่งนี้ต้องไม่ลืมเขียนคำสั่งสำหรับปรับเงื่อนไขให้เป็นเท็จเมื่อต้องการออกจากลูป มิฉะนั้นคอมพิวเตอร์จะทำงานอยู่ในลูปตลอดไปแบบไม่รู้จบ



ภาพที่ 7.71 แสดงคำสั่ง while

รูปแบบ

```
while (นิพจน์เงื่อนไข)
        {
          คำสั่งที่ 1 ;
          คำสั่งที่ 2 ;
               -
                 -
          คำสั่งที่ n ;
                   }
```

เช่น

```
x = 1 ;
 while (x< 10)
 {
     beep=1;
     delay (100);
```

```
        beep=0;
        delay (100);
    }
```

ในกรณีที่มีคำสั่งเดียวไม่จำเป็นต้องมีเครื่องหมาย { }

คำสั่ง while แบบลูปซ้อนลูป ในกรณีที่ใช้ while ลูปซ้อนกันเพื่อสร้างข้อมูลที่มีลักษณะ 2 มิติ เมื่อต้องการยกเลิกการทำงานของลูปใน จะต้องเปลี่ยนให้เงื่อนไขของลูปในเป็นเท็จ หากต้องการยกเลิกการทำงานของลูปนอกจะต้องเปลี่ยนเงื่อนไขของลูปนอกให้เป็นเท็จเช่นกัน แต่ถ้าเงื่อนไขของลูปนอกเป็นเท็จจะหลุดออกจากการทำงานของทั้งสองลูปทันที

รูปแบบ กำหนดให้คำสั่ง while แบบลูปซ้อนลูปมีเงื่อนไขดังนี้

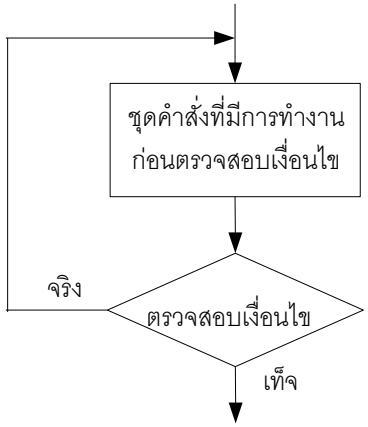
รอบที่	A	B	C
1	1	1	0
2	1	2	2
3	1	3	4
4	2	4	6
5	3	4	6
6	4	4	6

เช่น

```
a = 1;
        b = 1;
        c = 0;
         while(a < = 3);
           {
              while(c < 5)
               {
```

```
            gotoxy (20, 10);
            printf ( “%d %d %d \ n”, a, b, c);
            c = c + 2;
            b++;
          }
      a++;
      gotoxy (20, 10);
      printf (“%d %d %d \ n”, a, b, c);
              }
```

คำสั่ง do while คำสั่งนี้มีลักษณะคล้ายกับคำสั่ง while ต่างกันตรงที่คอมพิวเตอร์จะทำคำสั่งในลูปก่อน 1 ครั้งแล้วจึงตรวจสอบนิพจน์เงื่อนไข หากนิพจน์เงื่อนไขเป็นจริง จะกลับไปทำคำสั่งในลูปอีก แต่ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ จะออกจากลูปไปทำงานที่คำสั่งถัดไปทันที



ภาพที่ 2.72 คำสั่ง do while

รูปแบบ

```
do
  {
     คำสั่ง ;
  }
while (ตรวจสอบเงื่อนไข)
```

จากที่กล่าวมาแล้ว การใช้ลูปซ้อนลูปอาจใช้โครงสร้างลูปนอกและลูปในเป็นคนละคำสั่งกันก็ได้ เช่น ลูปในอาจใช้คำสั่ง while ลูปนอกใช้คำสั่ง do while หรืออาจใช้ลูปนอกเป็นคำสั่ง while ลูปในใช้คำสั่ง for เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้เขียนโปรแกรม

คำสั่ง do while แบบลูปซ้อนลูป

คำสั่ง do while แบบลูปซ้อนลูปจะต่างจากคำสั่ง while แบบลูปซ้อนลูป คือ การทำงานในลูปนอกหรือลูปใน จะต้องทำงานอย่างน้อย 1 ครั้งเสมอ ผู้เขียนโปรแกรมไม่สามารถบังคับหรือควบคุมให้ผ่านลูปไปทำคำสั่งถัดไปได้เหมือนกรณีของคำสั่ง while ถึงแม้ว่าเงื่อนไขครั้งแรกจะเป็นเท็จก็ตาม

รูปแบบ กำหนดให้คำสั่ง do while แบบลูปซ้อนลูปมีเงื่อนไขดังนี้

รอบที่	**A**	**B**	**C**
1	1	1	5
2	1	2	7
3	1	3	9
4	2	4	11
5	3	5	13
6	4	6	15

เช่น

```
    c = 5;
     a = b = 1;
     do
     {
        do
          {
             gotoxy (20, 10);
             printf (“%d  %d  %d  \
n”, a, b, c);
              c = c + 2;
              b = b++;
            }
             while (b < 4);
             a++
       }
      while (a < 5);
```

จากที่กล่าวมาแล้ว การใช้ลูปซ้อนลูปอาจใช้โครงสร้างลูปนอกและลูปในเป็นคนละคำสั่งกันก็ได้ เช่น ลูปในอาจใช้คำสั่ง while ลูปนอกใช้คำสั่ง do while หรืออาจใช้ลูปนอกเป็นคำสั่ง while ลูปในใช้คำสั่ง for เหล่านี้ เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้เขียนโปรแกรม

คำสั่ง switch มีลักษณะคล้ายกับคำสั่ง if แบบหลายทางผิดกันตรงที่เมื่อนิพจน์เงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งเป็นจริง แล้วคอมพิวเตอร์จะปฏิบัติตามคำสั่งชุดนั้น และชุดคำสั่งอื่นๆ ถัดไปได้ด้วย ถ้าชุดคำสั่งนั้นไม่มีคำสั่งbreak ต่อท้ายในแต่ละชุด ส่วนนิพจน์เงื่อนไขในการทดสอบ จะต้องเป็นตัวอักขระ หรือตัวเลขจำนวนเต็มเท่านั้น เช่น char, int, short long เป็นต้น

รูปแบบ

```
switch (นิพจน์เงื่อนไข)
 {
   case นิพจน์เงื่อนไขที่ 1;
         คำสั่งชุดที่ 1;
         break;
   case นิพจน์เงื่อนไขที่ 2;
         คำสั่งชุดที่ 2;
         break;
            -
            -
   case นิพจน์เงื่อนไขที่ n;
         คำสั่งชุดที่ n;
         break;
}
```

อะเรย์ (Array) เมื่อต้องการประกาศตัวแปรหลายๆ ตัว เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลหรือแสดงผล สามารถใช้ตัวแปรอะเรย์ (Array) เก็บกลุ่มของตัวแปรดังกล่าวได้ เพราะตัวแปรแบบอะเรย์สามารถเก็บตัวแปรได้จำนวนมากและยังเข้าถึงกลุ่มข้อมูลได้รวดเร็ว โดยมีรูปแบบดังนี้

รูปแบบที่ 1

```
ชนิดของตัวแปร  ชื่ออะเรย์ [ขนาดของอะเรย์]

        char  number [5];
```

เป็นการประกาศตัวแปรอะเรย์ number จำนวน 5 ตัว ซึ่งเป็นตัวแปรชนิดจำนวนเต็ม ขนาด 8 บิท โดยแต่ละตัวจะเก็บข้อมูลได้ 1 ไบต์ ซึ่งตัวแปรอะเรย์ สามารถเก็บค่าได้ดังนี้

number[0]	number[1]	Number[2]	number[3]	number[4]
1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte

รูปแบบที่ 2

```
int  number[5] = {0, 1, 2, 3,
4};
```

เป็นการประกาศตัวแปรอะเรย์ จำนวน 5 ตัว คือ number[0] ถึง number[4] โดยให้ตัวแปรอะเรย์มีค่า เท่ากับ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

number[0]	number[1]	Number[2]	number[3]	number[4]
0	1	2	3	4

รูปแบบที่ 3

```
 unsigned char number [ ] = {D, E, C,
H, R, I, T};

 unsigned char number [ ] =
“DECHRIT”;
```

เป็นการประกาศตัวแปรอะเรย์ number ที่ไม่มีการระบุขนาดของอะเรย์ ในระบบจะจองหน่วยความจำเท่ากับค่าที่ประกาศไว้ คือ number [0] จะเก็บค่า D, number [1] จะเก็บค่า E,จนถึง number [6] จะเก็บค่า T โดยมีขนาด 1 ไบต์ ตามลำดับ

number[0]	number[1]	number[2]	Number[3]	number[4]	number[5]	number[6]
D	E	C	H	R	I	T

ตัวอย่างที่ 6.5 การเรียกใช้ฟังก์ชันอะเรย์

ภาษาซี

```
1   ====================================
2   # include “C:\Program Files\PICC\testprg\7-segment.h”
3   ====================================
4   byte data [11] = {0x40, 0x79, 0x24, 0x30, 0x19, 0x12, 0x02, 0x78, 0x00,
        0x10};
5   byte k;                                    //ประกาศตัวแปร k ประเภทข้อมูล
        byte
6   void main ( )
7       {
8       setup_adc_ports (NO_ANALOGS);
9       setup_adc (ADC_OFF);
10      setup_spi (FALSE);
11      setup_timer_0 (RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_1);
12      setup_timer_1 (T1_DISABLED);
13      setup_timer_2 (T2_DISABLED, 0, 1);
```

```
14        k = 0;                                        //กำหนดค่าเริ่มต้นเท่ากับ
           0
15        while (1)
16          {
17            while (k<=9)                              //กำหนดค่า k น้อยกว่า
          หรือเท่ากับ 9
18                {
19                 output_d (data [k]);                 //นำค่าตัวแปรอะเรย์
          แสดงผลออกที่พอร์ต D
20                 delay_ms (1000);                     //หน่วงเวลาเท่ากับ 1000
          msec
21                 k++;                                //ให้ตัวแปร k นับบวกขึ้นทีละ 1
22                 }
23            k--;
24            while (k>0)
25              {
26                 output_d (data [k]);                //นำค่าตัวแปรอะเรย์แสดงผลออกที่
          พอร์ต D
27                 delay_ms (1000);
28                 k--;                                //ให้ตัวแปร k นับลบลงทีละ 1
29                }
30           }
31  }
```

คำสั่งที่ใช้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC การเขียนโปรแกรมภาษา C เพื่อใช้พัฒนางานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้เขียนจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของภาษา และไวยากรณ์ (Syntax) ว่ามีลักษณะการเขียนอย่างไรเพราะคอมไพเลอร์ (Compiler) แต่ละบริษัทผู้ผลิตจะไม่เหมือนกันเช่น การประกาศตัวแปร

```
Microcontroller PIC :
        - #define row1 Pin_a0 // การประกาศบิท
        - output_high (row1)   // การ set ค่า logic สูงเท่ากับ 1
        - output_low (row1)   // การ set ค่า logic ต่ำเท่ากับ 0
        - delay_ms (500)              // การหน่วงเวลา
Microcontroller MCS-51
        - sbit row1 = P1^0     //  การประกาศบิท
        - row1 = 1             // การ set ค่า logic สูงเท่ากับ 1
        - row1 = 0             // การ set ค่า logic ต่ำเท่ากับ 0
        - delay (500)          // การหน่วงเวลา
```

รูปแบบ คำสั่งทั่วไปที่ใช้กับ Microcontroller PIC

ชนิดคำสั่ง	ความหมายของคำสั่ง
# Include <16F877.h>	เป็นการประกาศ Preprocessor PIC16F877
#Include	ประกาศใช้ Source file Driver.c
“D:\test\Driver.c	ประกาศ Directive เพื่อส่งข้อมูลทางพอร์ต RS232
# use rs 232 ( )	กำหนดให้ start เท่ากับ Pin_a0
# define start Pin_a0	กำหนดให้ stop เท่ากับ Pin_b0
# define stop Pin_b0	กำหนดให้ column1 เท่ากับ Pin_c0
#define column 1	กำหนดให้ row1 เท่ากับ Pin_d0
Pin_c0	กำหนดให้ lamp เท่ากับ Pin_e0
# define row1 Pin_d0	ประกาศตัวแปร k ชนิด int มีค่าเท่ากับ 0
# define lamp Pin_e0	ประกาศตัวแปร flag เป็นตัวแปรชนิด int1 (0,1)
int k=0	ประกาศตัวแปร Return เป็นตัวแปรชนิด int 16 (0-65535)
int flag	ประกาศตัวแปร K ตัวแปรชนิด char
int16 Return	ประกาศตัวแปร X ตัวแปรชนิด byte
char k	Function Prototype

byte x	เรียก Function RUN_RETURN
void Limit (void)	กำหนดพอร์ต A ให้เป็น Output
RUN_RETURN ( )	กำหนดพอร์ต A, RA5, RA4 เป็น Input, RA3, RA2, RA1, RA0
Set_tris_a (0x00)	เป็น Output
Set_tris_a (0xF0)	ตัวแปร data เป็นตัวแปร Array ขนาด 11 ตัว
	ให้พอร์ต D แสดงตัวแปร Array ตัวเลข 0
Byte data [11]	กำหนดให้ส่งค่า 00H ออกที่พอร์ต A
Output_d (data [0])	กำหนดให้ส่งค่า FFH ออกที่พอร์ต A
Output_a (0x00)	set ค่า column1 logic สูง มีค่าเท่ากับ 1
Output_a (0xff)	set ค่า column1 logic ต่ำ มีค่าเท่ากับ 0
Output_hight	set ค่า row1 logic สูง มีค่าเท่ากับ 1
(column1)	set ค่า row1 logic ต่ำ มีค่าเท่ากับ 0
Output_low	ประกาศตัวแปรโครงสร้างของ lcd_pin map
(column1)	หน่วงเวลา 2000 msec
Output_hight (row1)	
Output_low (row1)	
Struct lcd_pin map {	
}	
Delay_ms (2000)	

7. เตียงผู้ป่วย

วัตถุประสงค์หลักของเตียงผู้ป่วยนั้น เป็นทั้ง "ที่หลับนอน" ที่ถูกสุขลักษณะ เป็น "ที่พักผ่อน" ที่สะดวกสบายสำหรับผู้ป่วย ง่ายต่อการเปลี่ยนอิริยาบถและการใช้ชีวิตประจำวัน นอกจากนั้น เตียงผู้ป่วยจะต้องอำนวยความสะดวกแก่ผู้บริบาลผู้ป่วย เตียงผู้ป่วยมาตรฐานจะต้องมีระบบความปลอดภัยด้วย เช่น มีราวกั้นที่สามารถปรับระดับสูงต่ำเพื่อให้เหมาะกับการใช้ชีวิตประจำวัน เตียงผู้ป่วยโดยทั่วไป จะปรับระดับความสูงต่ำของเตียงได้เพื่อการขึ้น-ลงหรือสะดวกต่อการเหวี่ยง สะโพกไปขึ้นรถเข็นผู้ป่วย สามารถปรับระดับหัวเตียงและท้ายเตียงที่เรียกว่า ไกร์ คือ หัวเตียงท่าพยุงหลัง 80 องศา ท้ายเตียงท่างอหัวเข่า 40 องศา มีระบบล็อคล้อเพื่อความปลอดภัยอย่างน้อย 2 ล้อ

เตียงผู้ป่วยที่ดี จะมีพื้นล่างรองที่นอนคนป่วยเป็นวัสดุที่ระบายอากาศและลดความอับชื้นได้ดี สำคัญมาก ถ้าผู้ป่วยนั้นจำเป็นต้องใช้เตียงเป็นเวลานานนาน เพื่อป้องกันการเป็นแผลกดทับ (bedsore) โครงสร้างผลิตจากเหล็กคุณภาพดี ถ้าสามารถปรับระดับสูงต่ำของเตียงได้มากกว่า 2 ระดับ มีระบบควบคุมการใช้งานได้ด้วยตัวผู้ป่วยเอง ก็เป็นการดี ปัจจุบัน เตียงผู้ป่วย แบ่งได้ 2 ประเภท คือ เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน (2-3 ไกร์) และเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า (2-3 ไกร์) เตียงไฟฟ้า นั้นผู้ป่วยสามารถปรับระดับความเอียงขึ้น-ลง ได้ด้วยตนเอง เตียงผู้ป่วย 2 ไกร์ กับ เตียงผู้ป่วย 3 ไกร์ ต่างกันอย่างไร ยกตัวอย่าง เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน 2 ไกร์ ไกร์ที่ 1 คือ หมุนปรับมุมเอียงของศีรษะ (โดยทั่วไปตั้งแต่ระดับระนาบ จนถึง 80 องศา) ไกร์ที่ 2 ให้หมุนปรับระดับความเอียงของเท้า (โดยทั่วไปตั้งแต่แนวระนาบถึง 40 องศา) ถ้าเป็นเตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน 3 ไกร์ ไกร์ที่ 3 จะมีไว้สำหรับปรับระดับความสูงของเตียงในแนวขึ้นลง เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ผิดปกติหรือเพื่อการบริบาล

7.1 ข้อแนะนำการเลือกเตียงผู้ป่วย การเลือกชนิดหรือประเภทของเตียงผู้ป่วย ควรให้ความสำคัญสูงสุดกับผู้ป่วย การเลือกเตียงผู้ป่วย พิจารณา ดังนี้

1. สภาพของผู้ป่วย

1.1 เตียงไฟฟ้า จะมีคุณค่าสูงสุด ถ้าผู้ป่วยสามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง

1.2 ถ้าจำเป็นต้องปรับความสูง-ต่ำของเตียงผู้ป่วย เพราะพยาธิสภาพของผู้ป่วยเอง ควรใช้เตียงผู้ป่วย ชนิด 3 ไกร์

1.3 ถ้าผู้ป่วยสามารถขึ้น-ลงเตียงได้เอง ส่วนประกอบอื่นๆของเตียงจะต้องไม่เป็นข้อจำกัดการขึ้น-ลงเตียง

1.4 ถ้าผู้ป่วยความเสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับ ควรเลือกเตียงผู้ป่วยที่พื้นเตียงโปร่งระบายอากาศได้ดี

2. สภาพคล่องทางการเงิน

7.2 ลักษณะต่าง ๆ ของเตียง

1. เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน มาตรฐานกำหนด เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน จะมีมือหมุน (ไกร์) เป็นตัวปรับองศาของหัวเตียง เพื่อพยุงลำตัวส่วนบนของผู้ป่วยได้ (80 องศา) และมือหมุน (ไกร์) อีกตัวปรับองศาท้ายเตียงยกปลายเท้า (40 องศา) เรียกว่า เตียงผู้ป่วยมือหมุน 2 ไกร์ แต่ในกรณีที่เป็นเตียงผู้ป่วยมือหมุน 3 ไกร์ จะมีไกร์ที่ 3 สำหรับปรับระดับความสูง-ต่ำในแนวราบของตัวเตียง เตียงผู้ป่วย 3 ไกร์ นอกจากจะเป็นการอำนวยความสะดวกในการขึ้น-ลงเตียงแล้ว อาจจำเป็นสำหรับผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพเฉพาะ ก็ได้ เตียงคนไข้ ปกติมีระบบล็อคล้อเพื่อความปลอดภัยอย่างน้อย 2 ล้อ ซึ่งคุณลักษณะทั่วไปของเตียงผู้ป่วย แบบมือหมุน มีดังนี้

1.1 โครงสร้างเตียงผู้ป่วย โดยทั่วไปผลิตจากโลหะเหล็กเคลือบสี

1.2 พื้นเตียงแบ่งออกเป็น 3- 4 ส่วน

1.3 สามารถปรับระดับเตียงได้ 2 ระดับ

- ปรับระดับหัวเตียงในท่ายกหลังได้สูงสุด 80 องศา
- ปรับระดับปลายเท้าในท่างอหัวเข่าได้สูงสุด 40 องศา

1.4 มีราวกั้นเตียง อาจทำจากไม้ หรือ โลหะ เช่น สแตนเลสสตีล (หนัก) หรือ อลูมิเนียม (เบา) ควรสามารถ ปรับ ขึ้น - ลงได้

1.5 มีล้อทั้ง 4 ล้อ มีขนาด 5-7 นิ้ว และตัวล็อคล้อ

1.6 มีกั้นหัวเตียง และ ท้ายเตียง ทำจากไม้ โลหะ หรือ พลาสติก มีทั้งถอดออกได้ และถอดออกได้

2. คุณลักษณะทั่วไปของเตียงไฟฟ้า มาตรฐานกำหนดของเตียงไฟฟ้า จะมีลักษณะการทำงานหลักๆ เหมือนกับเตียงคนไข้แบบมือหมุน จะมีไกร์ใช้ไฟฟ้า เป็นตัวปรับองศาของหัวเตียง เพื่อพยุงลำตัวส่วนบนของคนไข้ได้ (80 องศา) และไกร์ไฟฟ้าอีกตัวปรับองศาท้ายเตียงยกปลายเท้า (40 องศา) เรียกว่า เตียงไฟฟ้า 2 ไกร์ แต่ในกรณีที่เป็นเตียงไฟฟ้า 3 ไกร์ จะมีไกร์ไฟฟ้าตัวที่ 3 สำหรับปรับระดับความสูง-ต่ำในแนวราบของตัวเตียง ระบบปรับไกรที่ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า เป็นรีโมทมีสาย เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถควบคุมการใช้งานเตียงได้ด้วยตนเอง ลดภาระของผู้ดูแลผู้ป่วยไปด้วย เตียงไฟฟ้า โดยทั่วๆไป จุดที่ต้องพิจารณาของเตียงไฟฟ้า คือ มาตรฐานของมอเตอร์ควบคุมการทำงาน นอกนั้น เช่น การระบายอากาศของเตียง ความจำเป็นต้องใช้เตียงไฟฟ้า 3 ไกร์ คุณลักษณะทั่วไปของเตียงผู้ป่วย แบบไฟฟ้า มีดังนี้

2.1 ควบคุมการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรลมีสาย

2.2 โดยทั่วไปโครงสร้างผลิตจากโลหะ เช่น เหล็ก

2.3 พื้นเตียงแบ่งออกเป็น 3-4 ส่วน

2.4 สามารถปรับระดับเตียงได้ 2-3 ระดับ

- ปรับระดับความสูง-ต่ำของเตียงได้
- ปรับระดับหัวเตียงในท่ายกหลังได้สูงสุด 80 องศา

- ปรับระดับปลายเท้าในท่างอหัวเข่าได้สูงสุด 40 องศา

2.5 มีราวกั้นเตียงไฟฟ้า ปรับ ขึ้น - ลงได้

2.6 มีล้อทั้ง 4 ล้อ มีขนาด 5-7 นิ้ว

2.7 มีระบบล็อกล้อ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่

2.8 มีที่กั้นหัวเตียง - ท้ายเตียง

2.9 มีมอเตอร์ควบคุมการทำงาน ใช้กับไฟบ้าน 220 v ควรมีแบตเตอรี่สำรอง

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิภา แซ่เซี้ย และ ลัพณา กิจรุ่งโรจน์ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับแผลกดทับว่าสามารถนำเสื่อกระจูดมาเป็นแผ่นรองสำหรับผู้ป่วยที่นอนนานช่วยลดความเสี่ยงการเกิดแผลกดทับ ระบุผลทดสอบเสื่อกระจูดช่วยลดอุณหภูมิผิวหนังได้ดีกว่าเบาะ เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหนังบริเวณก้นกบของผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี ขณะนอนบนเบาะโรงพยาบาลและเสื่อกระจูด” ว่า เมื่อทดลองโดยการวัดอุณหภูมิบริเวณก้นกบของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อนอนบนเสื่อกระจูดเปรียบเทียบกับนอนบนเบาะโรงพยาบาล ปรากฏว่าการนอนบนเสื่อกระจูดจะทำให้อุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างลดลงต่ำกว่าการนอนบนเบาะโรงพยาบาล เนื่องจากเสื่อกระจูดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านจากหญ้าธรรมชาติ มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและมีความพรุนสูง ซึ่งจากผลการวิจัยนี้สามารถนำมาบูรณาการเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบกับเตียงไฟฟ้าเพื่อป้องกันแผลกดทับได้