บทที่ 2

การออกแบบเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้

การออกแบบเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้ (PC) นี้เราควรคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ความต้องการของผู้ใช้งาน ความเหมาะสมของระบบ ประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่อง ความมีเสถียรภาพของเครื่อง ซึ่งอาจแบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ คือ การออกแบบระบบ การออกแบบฮาร์ดแวร์ การออกแบบซอฟท์แวร์ และการออกแบบการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งการออกแบบแต่ละหัวข้อนั้นอาจจะสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับหัวข้ออื่นด้วย ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดและหลักการกว้างๆ เท่านั้น สำหรับรายละเอียดของบางหัวข้อจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

2.1 ลักษณะของเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้

เครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้ที่มีอยู่ในปัจจุบันแบ่งออกได้เป็นหลายขนาด และมีโครงสร้างของระบบแตกต่างกัน การแบ่งขนาดของ PC อาจพอแบ่งได้เป็น 3 ขนาด [3] โดยการพิจารณาจากจำนวนอินพุท/เอาท์พุทและขนาดของหน่วยความจำที่สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

1. เครื่อง PC ขนาดเล็ก
2. เครื่อง PC ขนาดกลาง
3. เครื่อง PC ขนาดใหญ่

เครื่อง PC ขนาดเล็กโดยทั่วไปจะมีจำนวนอินพุท/เอาท์พุทสูงสุดประมาณ 40/40 จุด และมีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมได้ประมาณ 1 K Step ลักษณะของเครื่องจะมีลักษณะที่กระทัดรัด มีอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุทต่าง ๆ อยู่รวมกัน การเพิ่มขยายทำได้จำกัดและมักรับสัญญาณได้เฉพาะสัญญาณจำพวกเปิด-ปิดเท่านั้น เหมาะสำหรับใช้กับเครื่องจักรขนาดเล็กที่มีการควบคุมแบบลำดับที่เป็นลอจิก(Logic) เท่านั้น

เครื่อง PC ขนาดกลาง จะมีจำนวนอินพุท/เอาท์พุท สูงสุดประมาณ 128/128 จุด มีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมได้ประมาณ 4 K ขึ้น ส่วนเครื่อง PC ขนาดใหญ่จะมีจำนวน

* ต่อไปนี้จะใช้คำว่า PC แทนเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้

อินพุท/เอาท์พุท และหน่วยความจำสูงกว่านี้ เครื่อง PC ขนาดกลางและใหญ่มีการออกแบบอินพุท เอาท์พุท และอุปกรณ์ต่าง ๆ มักเป็นแบบโมดูล สามารถเพิ่มขยายได้ง่ายมีโมดูลสำหรับรับสัญญาณพิเศษต่าง ๆ มีคำสั่งและฟังก์ชั่นในการคำนวณต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารกันเองและกับคอมพิวเตอร์ได้

ขนาด PC	จำนวนอินพุท/เอาท์พุทสูงสุด	ขนาดหน่วยความจำ
ขนาดเล็ก	40/40	1 K
ขนาดกลาง	128/128	4 K
ขนาดใหญ่	>128/>128	>4 K

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งขนาดของ PC

	PC ขนาดเล็ก	PC ขนาดกลาง
รุ่น	Mitsubishi F 240	Allen-Bradley Mini PLC 2
ซีพียู	Intel 8031	Zilog Z 80 A
เวลาหนึ่งรอบ	7 ms ต่อ 1 K	20 ms ต่อ 1 K
จำนวน I/O สูงสุด	40 จุด	256 จุด
อนาลอกอินพุท	ไม่มี	มี
ภาษาที่ใช้	แลดเดอร์	แลดเดอร์

ตาราง 2.2 แสดงตัวอย่างลักษณะของ PC ขนาดเล็ก และขนาดกลาง [3]

สำหรับเครื่อง PC ที่ออกแบบต้องคำนึงถึงความสามารถและความสะดวกในการใช้งาน โดยทั่วไปหลักเกณฑ์ในการพิจารณาออกแบบเครื่อง PC ได้แก่

- ควรมีลักษณะที่ง่ายในการเพิ่มขยายระบบ หรือการซ่อมบำรุง
- สามารถติดต่อกับสัญญาณอินพุท - เอาท์พุทมาตรฐานต่าง ๆ ได้
- ภาษาที่โปรแกรมควรจะง่าย

- สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงโปรแกรมที่หน้างาน(On-site)ได้ง่าย
- ป้องกันการรบกวนจากสัญญาณภายนอกได้ดี

2.2 แนวความคิดในการออกแบบระบบ

การออกแบบเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้ ของการวิจัยนี้มีแนวความคิดในการออกแบบส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ควรมีลักษณะเป็นโมดูล เพื่อให้ความสะดวกในการใช้งานแก่ผู้ใช้ โดยสามารถถอดเปลี่ยน และซ่อมบำรุงโมดูลต่าง ๆ ของเครื่อง PC ได้อย่างสะดวก โมดูลเหล่านี้จะประกอบด้วยโมดูลประมวลผล โมดูลแสดงผลและคีย์บอร์ด โมดูลอินพุท/เอาท์พุท ชนิดต่างๆ การที่ออกแบบเป็นโมดูลนี้จะทำให้การออกแบบสร้างโมดูลอินพุท/เอาท์พุท เพิ่มเติมในอนาคตทำได้สะดวก

2. ตำแหน่งในการต่อโมดูลต่างๆ ไม่ถูกกำหนดโดยผู้ออกแบบ ผู้ใช้สามารถเสียบโมดูลอินพุท/เอาท์พุทที่ตำแหน่งใดๆ ก็ได้ โดยที่ระบบจะต้องทำการตรวจสอบเองโดยอัตโนมัติขณะเริ่มต้นทำงานว่ามีโมดูลชนิดใดบ้างต่ออยู่ ณ ตำแหน่งใดบ้าง การออกแบบลักษณะนี้จะให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ขณะติดตั้ง

3. ผู้ใช้สามารถเลือกจำนวนอินพุทและเอาท์พุทได้เอง ระบบที่ออกแบบนี้ไม่ควรกำหนดจำนวนของอินพุท/เอาท์พุทแต่ละชนิด ควรให้ผู้ใช้เลือกจำนวนของอินพุท และจำนวนของเอาท์พุทแต่ละชนิดได้เอง เพื่อให้เหมาะสมกับงานควบคุมแต่ละชนิด โดยเครื่องจะกำหนดหมายเลขตำแหน่งต่างๆ ของอินพุท/เอาท์พุทให้เรียงลำดับตามการต่อโมดูลต่างๆ โดยอัตโนมัติ ระบบที่ออกแบบควรที่จะสามารถต่อกับอินพุท และเอาท์พุท รวมกันได้สูงสุด 256 จุด ถ้าต้องการจำนวนอินพุท และเอาท์พุทมากขึ้นก็สามารถทำได้โดยไม่ยากนัก

4. คำสั่งในการโปรแกรม เนื่องจากเครื่อง PC ที่ออกแบบต้องมีความสามารถในการจัดการข้อมูล ดังนั้นการใช้คำสั่งแลดเดอร์เบื้องต้น (เช่น การอ่านอินพุท การทำตรรกศาสตร์ การเขียนเอาท์พุท) เพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ จำเป็นต้องเพิ่มคำสั่งอื่น ๆเข้ามาอีกอันได้แก่ คำสั่งเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายข้อมูล คำสั่งคำนวณ คำสั่งเปรียบเทียบข้อมูล คำสั่งในการแปลงรหัส คำสั่งทางตรรกศาสตร์(หรือคำสั่งลอจิก) และคำสั่งควบคุมการทำงานพิเศษอื่นๆ ดังนั้นภาษาที่ใช้จะเป็นภาษา LADDER DIAGRAM WITH FUNCTION BLOCK ซึ่งภาษานี้จะเหมาะในการพัฒนากับระบบที่มีการแสดงผลที่ไม่ใช่แบบกราฟฟิค

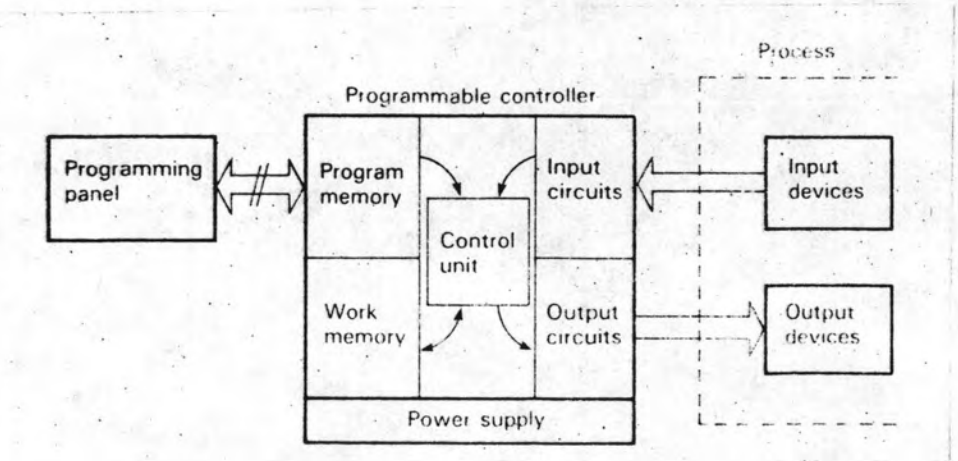
5. การป้อนโปรแกรมและแสดงผล ระบบที่ออกแบบควรจะมีความสะดวกในการใช้การป้อนโปรแกรม และต้องสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมที่หน้างาน(On site)ได้ สำหรับระบบที่ออกแบบจะมีตัวป้อนโปรแกรม (ซึ่งมีส่วนแสดงผลอยู่ในตัวเดียวกัน) โดยมีลักษณะเป็นแบบมือถือ สามารถถอดเข้าออกกับตัวเครื่อง PC ได้ การวิจัยในอนาคตอาจมีการพัฒนาปรับปรุง

ระบบให้ใหญ่ขึ้น ออกแบบให้มีพอร์ทสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

6. จำนวนคำสั่งที่สามารถโปรแกรมได้ จำนวนคำสั่งนี้ควรจะสัมพันธ์กับจำนวนอินพุทและเอาท์พุทสูงสุดของระบบด้วย เครื่องที่ออกแบบมีจำนวนอินพุท/เอาท์พุทสูงสุด 256 จุด จำนวนคำสั่งที่สามารถโปรแกรมได้มีจำนวนสูงสุดได้ถึง 4000 ขั้น หน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอื่น ๆ ควรมีอย่างละไม่น้อยกว่า 256 ตำแหน่ง หน่วยความจำเหล่านี้ได้แก่ รีเลย์ช่วยทั้งแบบ Rententive Relay และแบบ Non-Retentive Relay และหน่วยความจำในการเก็บข้อมูลสำหรับการจัดการข้อมูล

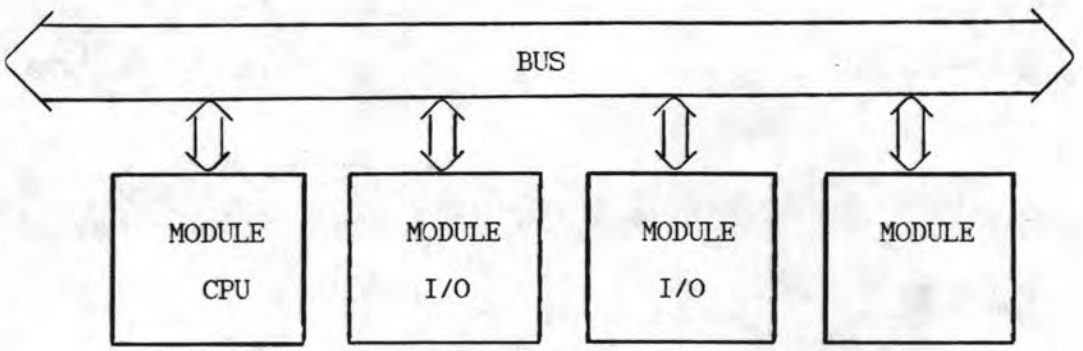
2.3 แนวความคิดในการออกแบบฮาร์ดแวร์

โดยหลักการแล้วเครื่อง PC เป็นไมโครคอมพิวเตอร์(Special-purpose micro computer) ที่ออกแบบเฉพาะสำหรับงานควบคุมแบบลำดับ ส่วนประกอบหลัก ๆ ได้แก่ตัวประมวลผล(CPU) หน่วยความจำ และอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท โดยมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของ PC

การออกแบบเครื่อง PC ในส่วนฮาร์ดแวร์นั้นก็ยังคงมีส่วนประกอบหลักๆเหมือนเดิม อันได้แก่ ตัวประมวลผล หน่วยความจำ อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท การวิจัยจะเน้นการปรับปรุงลักษณะการเชื่อมโยงของส่วนต่าง ๆ ใหม่เพื่อให้ระบบมีคุณสมบัติตามหัวข้อ 2.2.1 - 2.2.3 ประเด็นที่สนใจได้แก่ การออกแบบให้มีลักษณะเป็นโมดูลเพื่อความสะดวกในการขยายระบบ และความสะดวกในการซ่อมบำรุง การออกแบบในลักษณะโมดูลจำเป็นต้องมีบัสในการติดต่อระหว่างโมดูลต่าง ๆ และการแบ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ออกเป็นโมดูล ซึ่งควรพยายามออกแบบโมดูลต่าง ๆ ให้เป็นอิสระคือ ไม่จำเป็นต้องเสียบทุกโมดูลในระบบจึงทำงานได้ ระบบควรสามารถทำงานได้ขณะที่เสียบโมดูลพื้นฐาน(Minimum feature) เท่านั้น การออกแบบในลักษณะโมดูลนี้อาจมีลักษณะโครงสร้างดังรูปคือ



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของ PC แบบโมดูล

ข้อพิจารณาอื่นในการออกแบบฮาร์ดแวร์ของเครื่อง PC ได้แก่ หลีกเลี่ยงการออกแบบฮาร์ดแวร์ในลักษณะที่ทำให้เสียเวลาซีพียูในการทำงาน เนื่องจากว่าข้อสำคัญอันหนึ่งของเครื่อง PC คือ จะต้องพยายามทำงานเร็วที่สุด เพื่อให้เวลาในการทำงาน 1 รอบ (Scantime) มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งปกติควรจะน้อยกว่า 1ØØ mSEC ถ้าเวลานี้ช้าเกินไปอาจทำให้ซีพียูไม่สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุทต่าง ๆ ได้ทัน จะทำให้การควบคุมการทำงานผิดพลาดได้ ฮาร์ดแวร์ในลักษณะที่เสียเวลาการทำงานได้แก่ การออกแบบวงจรคีย์บอร์ดในลักษณะที่ใช้ซีพียูสแกนอ่านค่าต่าง ๆ หรือการแสดงผลในลักษณะใช้ซีพียูสแกนข้อมูลเอง รวมทั้งวงจรต่าง ๆ ที่ต้องใช้ซีพียูมาวนอ่านค่าสถานะของวงจร สำหรับเครื่อง PC ที่ออกระบบก็พยายามหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ โดยฮาร์ดแวร์สำหรับอ่านค่าคีย์บอร์ดจะใช้ไอซีสำหรับอ่านค่าคีย์บอร์ดโดยเฉพาะทำให้ลดเวลาการทำงานซีพียูในการสแกนคีย์บอร์ด ส่วนการแสดงผลเลือกใช้ LCD ขนาด 16 x 2 ตัวอักษรซึ่งมีลักษณะเป็นโมดูลสำเร็จ โดยเพียงซีพียูส่งรหัสคำสั่งหรือข้อมูลที่ต้องการแสดงผลมาให้เท่านั้น โมดูล LCD จะนำคำสั่งและข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลให้โดยอัตโนมัติ

การป้องกันการรบกวนจากสัญญาณภายนอก เป็นปัญหาที่สำคัญอันหนึ่งของเครื่อง PC เนื่องจาก PC ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์เป็นอุปกรณ์หลัก ซึ่งทำงานที่ความเร็วสูงและระดับแรงดันไฟต่ำและมีความไวต่อการรบกวนจากสัญญาณแม่เหล็กและสัญญาณไฟฟ้า การออกแบบเครื่อง PC จึงต้องคำนึงถึงปัญหาเหล่านี้ด้วย

เครื่อง PC ที่ออกแบบนี้จะประกอบด้วยโมดูลต่าง ๆ หลายโมดูลคือ

โมดูลประมวลผล ประกอบด้วยซีพียู หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง และหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมของผู้ใช้ สำหรับหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้จะต้องมีระบบจ่ายไฟสำรอง เพื่อไม่ให้โปรแกรมของผู้ใช้ที่เก็บไว้สูญหายเมื่อปิดเครื่อง นอกจากนั้นยังประกอบด้วยวงจรฐานเวลา เพื่อสร้างฐานเวลาสำหรับการทำงานของคำสั่งไทเมอร์ต่าง ๆ และวงจรวอทช์ดอกไทเมอร์ โมดูลนี้เป็นโมดูลที่มีความสำคัญมาก และจะต้องเสียบอยู่เสมอในเครื่อง PC จึงจะสามารถทำงานได้

โมดูลแสดงผล และคีย์บอร์ด โมดูลนี้ควรออกระบบในลักษณะที่ถ้าไม่เสียบโมดูลนี้เครื่อง PC จะต้องทำงานได้ตามปกติ โมดูลนี้มีหน้าที่ในการแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ในขณะที่มีการป้อนและแก้ไขโปรแกรม หรือใช้แสดงค่าของข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ต้องการดู และมีหน้าที่รับค่าคีย์บอร์ดจากผู้ใช้ในการป้อนแก้ไขโปรแกรมต่าง ๆ รวมทั้งการป้อนคำสั่งต่าง ๆ โมดูลแสดงผลและคีย์บอร์ดที่ออกแบบมีลักษณะเป็น Handle Programming Console ซึ่งเพิ่มความสะดวกในการใช้งานของผู้ใช้ นอกจากนั้นโมดูลนี้ยังออกแบบให้มีพอร์ทสำหรับติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ไว้ด้วย เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบในอนาคต

โมดูลอินพุท ทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกส่งให้โมดูลประมวลผล สัญญาณที่รับมีลักษณะเป็นแบบ On-off เท่านั้น โดยจะมีวงจรฟิลเตอร์ (Filter) และวงจรไอโซเลเตอร์ (Isolater)

โมดูลเอาท์พุท ทำหน้าที่รับสัญญาณจากโมดูลประมวลผล และคงสถานะของข้อมูลไว้แล้วเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอก สำหรับเอาท์พุทของโมดูลจะใช้เป็นหน้าสัมผัสของรีเลย์

โมดูลอนาลอกอินพุท เป็นโมดูลสำหรับรับสัญญาณแบบอนาลอกจากภายนอก ซึ่งจะออกแบบให้รับสัญญาณมาตรฐาน 4-2Ø mA_{dc} หรือ 1-5 V_{dc} โดยจะนำสัญญาณที่ได้รับส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D) และผ่านวงจรอ๊อฟโต้คัปเปอร์ไปยังหน่วยประมวลผล ขนาดความแม่นยำของวงจร A/D ที่ออกแบบมีขนาด 12 บิท ซึ่งจะมีค่าเป็นเลขฐาน 16 อยู่ระหว่าง ØØØØ ถึง ØFFF

โมดูลกำหนดค่าตัวเลข จุดประสงค์ของโมดูลนี้ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานของผู้ใช้ โดยผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่นต่าง ๆ โดยการเปลี่ยนตัวเลขที่หน้าบัดของโมดูลนี้ ซึ่งจะใช้งานได้ง่ายกว่าการไปเปลี่ยนค่าที่โมดูลแสดงผลและคีย์บอร์ด

ซึ่งมีขั้นตอนที่ยุ่งยากกว่า

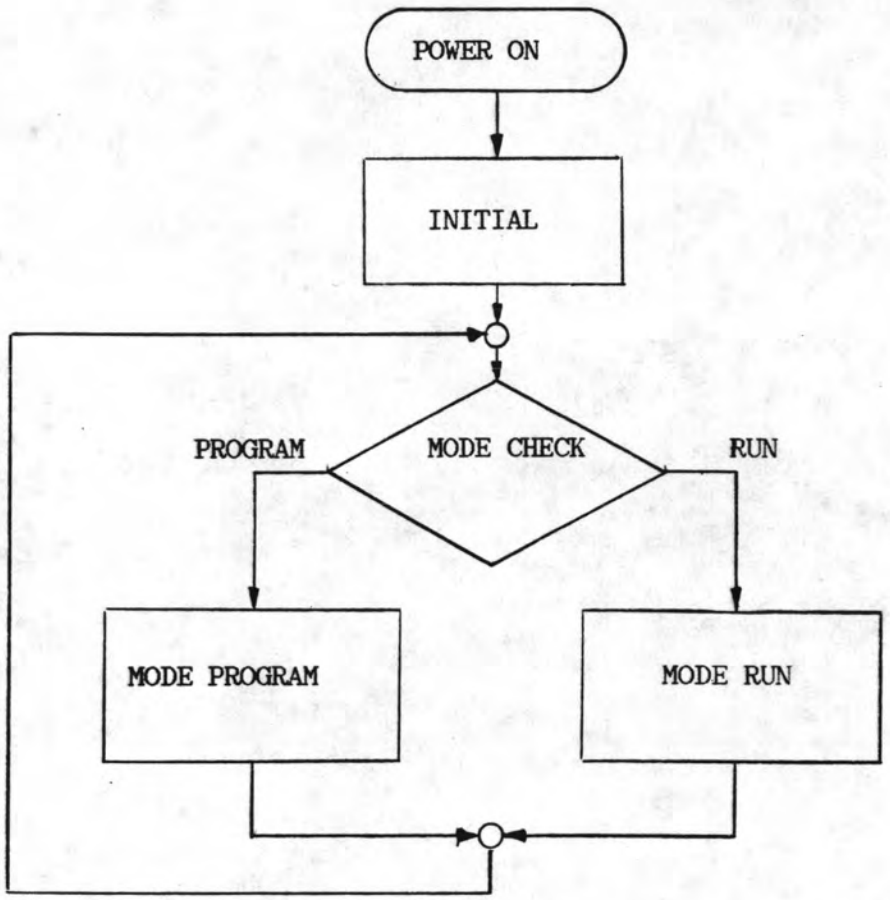
เครื่อง PC นี้ สามารถออกแบบโมดูลอินพุท และเอาท์พุทแบบอื่น ๆ มาเสียบต่อในเครื่องได้ง่าย โดยเครื่องที่ออกแบบไว้นี้สามารถเสียบโมดูลต่าง ๆ ได้สูงสุดถึง 16 โมดูล

2.4 แนวความคิดในการออกแบบซอฟท์แวร์

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง PC ควรออกแบบให้มีประสิทธิภาพที่สุด โดยพิจารณาจากความต้องการในการทำงานของแต่ละโหมด สำหรับเครื่อง PC ที่ออกแบบนี้จะแบ่งโหมดในการทำงานได้ 2 โหมดหลักคือ

1. โหมดโปรแกรม (Program mode)
2. โหมดทำงาน (Run mode)

โหมดโปรแกรมมีหน้าที่สำคัญคือ ทำหน้าที่รับการป้อนโปรแกรมจากผู้ใช้ โดยโปรแกรมจะต้องรับ และโต้ตอบการกดคีย์ต่าง ๆ ของผู้ใช้ ซึ่งอาจเป็นการกดคำสั่งแลดเดอร์ต่างๆ การกดชนิดของข้อมูล และการใส่ค่าของข้อมูล โดยที่โปรแกรมควบคุมในโหมดนี้จะต้องแยกแยะการกดคีย์ชนิดต่าง ๆ และนำมารวมกันเป็นคำสั่งแลดเดอร์ จากนั้นก็แปลงเป็นภาษาเครื่องที่ซีพียูสามารถทำงานได้ แล้วนำลงไปเก็บยังหน่วยความจำสำหรับผู้ใช้ ซึ่งการทำงานนี้ยังรวมถึงการตรวจสอบแก้ไขโปรแกรมต่าง ๆ ด้วย เช่นการแก้ไขฟังก์ชั่นหรือค่าข้อมูลของคำสั่งนั้น การลบคำสั่งออก(Delete) การแทรกคำสั่งใหม่เพิ่มลงไป(Insert) ซึ่งการทำงานของโปรแกรมควบคุมในส่วนที่กล่าวมานี้ค่อนข้างจะยุ่งยากและมีความซับซ้อน เนื่องจากคำสั่งต่างๆ มีถึง 64 คำสั่ง ซึ่งแต่ละคำสั่งจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น วิธีการกดคำสั่งต่าง ๆ ความยาวของแต่ละคำสั่งที่แตกต่างกัน และรูปแบบของคำสั่งที่แตกต่างกัน เป็นต้น หน้าที่อีกอย่างของโปรแกรมควบคุมในโหมดนี้คือ การรับคำสั่งของเครื่อง PC ได้แก่ การลบโปรแกรมของผู้ใช้ทั้งหมด การลบค่าของหน่วยความจำที่เก็บข้อมูล การแสดงสถานะหรือการแก้ไขข้อมูลของเครื่อง การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องในโหมดนี้จะใช้หลักการของ KEYBOARD PARSING[10] ซึ่งเป็นอัลกอริธึมที่นิยมใช้ในการรับคีย์บอร์ดของอินสตรูเมนต์ต่าง ๆ มีหลักการคล้ายกับการทำงานของวงจรซีเควันซ์ โดยการเทียบคีย์บอร์ดที่กดเข้ามากลับสถานะที่เป็นอยู่ แล้วดูว่าควรจะไปยังสถานะใด และทำงานตามรูทีนใด จากนั้นก็คอยรับการกดคีย์บอร์ดครั้งต่อไป การใช้ KEYBOARD PARSING โดยตรงกับทุกคำสั่งของเครื่อง PC จะมีปัญหาคือจะทำให้ตารางที่ใช้เก็บจังหวะการทำงานมีขนาดใหญ่มาก เนื่องจากมีจำนวนของคำสั่งมาก ซึ่งในการออกแบบโปรแกรมในโหมดนี้จะใช้เทคนิคการจับกลุ่มที่คล้ายกัน และการใช้ตารางซ้อนลงไปอีกครั้ง ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในบทถัดไป



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการทำงานของโปรแกรมควบคุม

โหมดทำงานโปรแกรมควบคุมการทำงานในโหมดนี้ จะมีจุดประสงค์ต่างจากโหมดโปรแกรมคือโปรแกรมควบคุมการทำงาน ในโหมดทำงานต้องการความเร็วในการทำงานเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้เวลาหนึ่งรอบการทำงาน (1 SCANTIME) มีค่าน้อยที่สุด ส่วนในโหมดโปรแกรมนั้นเราเน้นความสะดวกของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ การทำงานของโหมดทำงานนี้ส่วนที่สำคัญคือการทำตามคำสั่งของโปรแกรมแลดเดอร์ที่ผู้ใช้เขียนเก็บไว้ในหน่วยความจำ เทคนิคในการจัดเก็บ และการประมวลผลคำสั่งโปรแกรมแลดเดอร์ เทคนิคในการประมวลผลคำสั่งอาจแบ่งได้เป็น 4 วิธี [8] ดังตารางที่ 2.3

	TABLE LOOK UP	วิธี CALL	วิธี AUTO INCREMENT	วิธี COMPILER
BYTE/STED	3	5	4	4-15
EXECUTION SPEED (APPROX) US/STEP	200	115	55	20
กระบวนการแปลงรหัสและถอดรหัส	ง่าย	ปานกลาง	ปานกลาง	ยาก
การจัด DATA STRUCTURE	ง่าย	ปานกลาง	ปานกลาง	ยาก

หมายเหตุ EXECUTED SPEED เปรียบเทียบที่ CLOCK 330 nSEC

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบโปรแกรมควบคุมการแปลคำสั่ง (Ladder Interpreter)

จากตารางจะพบว่าแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน วิธีCOMPILER จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด และให้ความเร็วในการทำงานดีที่สุด แต่จะมีความยุ่งยากในการจัดเก็บข้อมูลและการแปลงและถอดรหัส สำหรับเครื่อง PC ที่ออกแบบนี้จะเลือกใช้วิธี COMPILERเป็นหลักในการทำงานเพื่อให้ได้ความเร็วในการทำงานดีที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้วิธี COMPILER นี้จะมีความไม่เหมาะสมกับคำสั่งบางคำสั่งที่ความยาวมาก ๆ เพราะทำให้เสียหน่วยความจำในการเก็บคำสั่งมาก และความเร็วที่เร็วขึ้นก็ไม่มากนัก การวิจัยครั้งนี้จะใช้เทคนิคแบบผสมประสานระหว่างวิธี COMPILER และวิธี CALL โดยมีข้อพิจารณาในการใช้ดังนี้

คำสั่งต่าง ๆ ในเครื่อง PC แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม หลัก ๆ คือ

1. คำสั่งเบื้องต้น
2. คำสั่งฟังก์ชั่นพิเศษต่าง ๆ

016579

คำสั่งเบื้องต้น หมายถึงคำสั่งในการอ่านค่าอินพุท คำสั่งในการทำลอจิก และคำสั่งเอาท์พุท ได้แก่ คำสั่ง LD LDNOT AND ANDNOT OR ORNOT ANDLD ORLD OUT OUTNOT คำสั่งเหล่านี้จะมีความยาวประมาณ 4-8 ไบท์ต่อคำสั่ง คำสั่งเหล่านี้ปกติจะมีความถี่ในการใช้ในการเขียนโปรแกรมบ่อยมาก

คำสั่งฟังก์ชั่นพิเศษต่าง ๆ หมายถึง คำสั่งอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากคำสั่งเบื้องต้นคำสั่งเหล่านี้ได้แก่คำสั่ง MOV CMP ADD SUB MUL DIV เป็นต้น คำสั่งฟังก์ชั่นต่าง ๆ เหล่านี้จะมีความยาวของตัวโปรแกรมที่ทำงานจริงนั้นยาวมาก บางคำสั่งอาจยาวหลายร้อยไบท์ เช่น คำสั่งการคูณ (MUL) การหาร (DIV)

เนื่องจากคำสั่งของการเขียนโปรแกรมบางคำสั่งมีขนาดยาวมาก ทำให้วิธีการประมวลผลคำสั่งโปรแกรมแลดเดอร์นั้น จะต้องใช้ร่วมกันระหว่างวิธี COMPILER กับวิธี CALL เพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการเปรียบเทียบการใช้วิธี CALL กับวิธี AUTO INCREMENT นั้น เนื่องจากวิธี AUTO INCREMENT ไม่เหมาะกับระบบที่มีการ Interrupt และความเร็วในการทำงานของวิธี AUTO INCREMENT ก็ไม่ได้เร็วกว่าวิธี CALL เท่าใดนัก เนื่องจากคำสั่งที่ต้องทำงานมีความยาวมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการ CALL ร่วมกับวิธี COMPILER

การพิจารณาว่าคำสั่งใดควรใช้วิธีประมวลผลแบบวิธี COMPLILER หรือวิธี CALL อาจพิจารณาจากความเร็วที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้วิธี COMPILER เทียบกับวิธี CALL การพิจารณานี้อาจรวมถึงจำนวนหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บคำสั่งแบบต่าง ๆ ด้วย

คำสั่ง	จำนวนไบท์แบบ COMPILER	จำนวนไบท์แบบ CALL	ความเร็วที่เพิ่ม	จำนวนไบท์ที่เพิ่ม
OUT	4	5	388%	-25%
DIV	316	10	<5%	+3160%

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบการประมวลวิธี COMPILER กับวิธี CALL

จากตารางจะเห็นบางคำสั่งเมื่อเปลี่ยนจากวิธี CALL เป็นวิธี COMPILER ความเร็วในการทำงานเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่จะทำให้ใช้พื้นที่หน่วยความจำในการเก็บคำสั่งเพิ่มขึ้นอีกมาก ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในเครื่อง PC ที่ออกแบบจะใช้วิธี COMPILE ร่วมกับวิธี CALL

2.5 แนวความคิดในการจัดเก็บข้อมูล

เมื่อพิจารณาการทำงานของคำสั่งแลดเดอร์ของเครื่อง PC จะเห็นว่ามีการเกี่ยวข้องกับข้อมูล 2 จำพวกคือ ข้อมูลที่เป็นสถานะของอินพุทหรือเอาท์พุท ซึ่งมีค่าสถานะเป็น ON หรือ OFF กับข้อมูลที่เป็นค่าจำนวน ซึ่งเกี่ยวข้องกับคำสั่งด้านการจัดการข้อมูล ดังนั้นในการออกแบบการจัดเก็บข้อมูลของเครื่อง PC นี้ จะจำแนกลักษณะการจัดเก็บข้อมูลได้เป็น 2 จำพวก

การเก็บข้อมูลสำหรับสถานะของอินพุท และเอาท์พุทอาจมีวิธีการจัดเก็บได้หลายวิธี ซึ่งวิธีการต่าง ๆ นั้น จะมีผลต่อการออกแบบฮาร์ดแวร์ของเครื่อง รวมถึงการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง PC ด้วย สำหรับการวิจัยนี้จะออกแบบในแนวทางที่ให้เครื่อง PC ทำงานได้สะดวกรวดเร็ว และไม่ยุ่งยากซับซ้อนเกินไป เนื่องจากสถานะของอินพุทและเอาท์พุทมีเพียงสองสถานะคือ สถานะ ON และสถานะ OFF ดังนั้นในการเก็บข้อมูลนั้นเองอาจใช้หน่วยความจำเพียงหนึ่งบิทในการเก็บสถานะอินพุท/เอาท์พุทหนึ่งจุด หรืออาจจะใช้หน่วยความจำหนึ่งไบท์ ในการเก็บสถานะอินพุท เอาท์พุทหนึ่งจุดก็ได้ ซึ่งก็มีข้อที่น่าพิจารณาหลายอย่างดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0	BIT
Ø/1	Ø/1	Ø/1	Ø/1	Ø/1	Ø/1	Ø/1	Ø/1	

ก) ลักษณะการเก็บข้อมูลหนึ่งบิทต่อ หนึ่งอินพุท/เอาท์พุท

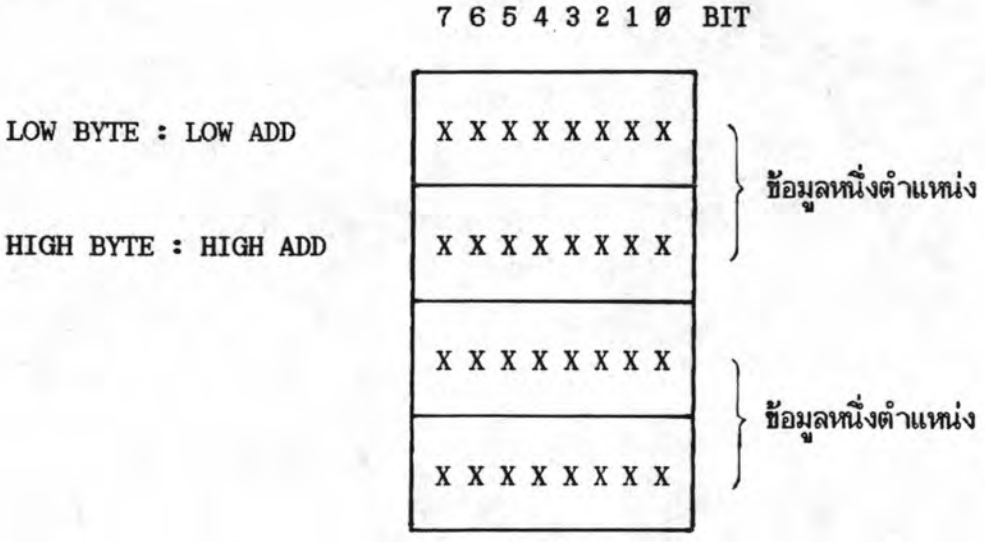
7	6	5	4	3	2	1	0	BIT
Ø/1	X	X	X	X	X	X	X	BYTE
Ø/1	X	X	X	X	X	X	X	BYTE
Ø/1	X	X	X	X	X	X	X	BYTE

ข) ลักษณะการเก็บข้อมูลหนึ่งไบท์ ต่อ หนึ่งอินพุท/เอาท์พุท

รูปที่ 2.4 แสดงการเก็บข้อมูลในลักษณะบิท หรือไบท์

การเก็บข้อมูลในลักษณะบิท โดยแทนหนึ่งบิทต่อหนึ่งอินพุท/เอาท์พุทนั้นมีข้อดีคือ ทำให้ประหยัดหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แต่มีข้อเสียคือการอ่านและเขียนข้อมูลที่ตำแหน่งต่าง ๆ จะยุ่งยากและเสียเวลาในการดีโค้ด (Decode) และเอนโค้ด (Encode) ข้อมูล ซึ่งจะทำเวลาที่ทำงานใน 1รอบมีค่ามากขึ้น สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะหนึ่งไบท์แทนข้อมูลอินพุท/เอาท์พุทหนึ่งจุด จะทำให้การประมวลผลของคำสั่งแลดเดอร์รวดเร็วยิ่งขึ้น และจะมีความสะดวกในการอ้างอิงตำแหน่งอินพุท/เอาท์พุทต่าง ๆ อีกด้วย แต่ก็ใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลมากขึ้น แต่หน่วยความจำในปัจจุบันมีราคาไม่สูง ในการวิจัยนี้จึงใช้วิธีเก็บข้อมูลในลักษณะไบท์แทนสถานะอินพุทและเอาท์พุท การใช้ข้อมูลในการเก็บเพียงหนึ่งบิทนี้ ทำให้ฮาร์ดแวร์ของเครื่อง PC ในส่วนของการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างโมดูลอินพุท/เอาท์พุทกับโมดูลหน่วยประมวลผล สามารถใช้ดาต้าบัสเพียงหนึ่งเส้นเท่านั้น ทำให้การออกแบบระบบสะดวกขึ้น

การเก็บข้อมูลที่เป็นค่าจำนวน สำหรับใช้ในคำสั่งด้านการจัดการข้อมูลนั้น กำหนดให้มีขนาด 16 บิท ซึ่งจะต้องใช้หน่วยความจำ 2 ไบท์ ในการเก็บข้อมูลหนึ่งตำแหน่งโดยข้อมูลที่เก็บอาจเป็นเลขไบนารี่หรือเลข BCD ก็ได้ ขึ้นกับคำสั่งในการใช้งาน การอ้างอิงตำแหน่งของข้อมูลจะชี้โดยแอดเดรสไบท์ต่ำของข้อมูลตำแหน่งนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในคำสั่งด้านการจัดการข้อมูล