

# บทที่ 1

## แนะนำ

- 1.1 องค์ประกอบและสถาปัตยกรรม
- 1.2 โครงสร้างและหน้าที่
- 1.3 ทำไมถึงต้องเรียนรู้องค์ประกอบและสถาปัตยกรรม
- 1.4 รายละเอียดของรายวิชา
- 1.5 เอกสารอ้างอิงและเว็บไซต์ที่ควรรู้

### วัตถุประสงค์

- แนะนำแนวคิดของคอมพิวเตอร์ในรูปของระบบที่เป็นลำดับขั้น
- ส่วนประกอบหลักที่สำคัญในระดับบนสุด ได้แก่
  - หน่วยประมวลผล
  - หน่วยความจำ
  - หน่วยรับและส่งข้อมูล
- โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบหลักในระบบคอมพิวเตอร์
- โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบย่อยต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นส่วนประกอบหลัก
- การทำงานที่ประสานสอดคล้องกันของส่วนประกอบต่างๆ

# ค

อมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีมากมายหลายรูปแบบ ซึ่งคอมพิวเตอร์เหล่านี้มีความแตกต่างกันทั้งในด้านขนาด ประสิทธิภาพ ราคาและโปรแกรมประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอยู่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นในระดับชิปไอซี (IC: Integrated Circuit) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีหลักที่ใช้ในการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์ ไปจนถึงระดับของการประยุกต์ใช้แนวคิดขององค์ประกอบแบบขนานมาใช้ในการประกอบชิปเหล่านี้เป็นคอมพิวเตอร์

ถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในสาขาคอมพิวเตอร์ แต่แนวคิดพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ก็ยังคงเดิม การประยุกต์ใช้แนวคิดพื้นฐานนี้ก็ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยี ณ ขณะนั้น และวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบในแง่ประสิทธิภาพและราคา ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องเรียนรู้พื้นฐานขององค์ประกอบและสถาปัตยกรรมของคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

## 1.1 องค์ประกอบและสถาปัตยกรรม

เมื่อพูดถึงคอมพิวเตอร์ เรามักจะแบ่งการอธิบายออกเป็น 2 ด้าน คือ สถาปัตยกรรม และองค์ประกอบ การให้คำนิยามที่ชัดเจนของคำทั้งสองนี้ทำได้ยาก และยังเป็นที่ยกเถียงกันในหมู่นักวิชาการ แต่หากจะระบุความหมายคร่าวๆ ก็อาจกล่าวได้ว่า สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ จะหมายถึงคุณสมบัติของระบบที่ปรากฏแก่โปรแกรมเมอร์ พูดง่าย ๆ ก็คือ คุณสมบัติต่างๆ ที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการประมวลผลเชิงตรรกะของโปรแกรม (logical execution) ส่วนองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ จะหมายถึง ส่วนประกอบต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ และการเชื่อมต่อของส่วนประกอบเหล่านี้เข้าด้วยกัน โดยคำนึงถึงข้อกำหนดทางสถาปัตยกรรม ตัวอย่างเช่น คุณสมบัติทางสถาปัตยกรรม จะประกอบด้วย ชุดคำสั่ง (Instruction set) จำนวนบิตที่ใช้ในการแทนข้อมูลชนิดต่างๆ เช่น ตัวเลข อักขระ (Number of bits used to represent various data types) กระบวนการรับส่งข้อมูล (I/O mechanisms) และเทคนิคในการอ้างถึงหน่วยความจำ (Techniques for addressing memory) ส่วนคุณสมบัติทางองค์ประกอบ จะประกอบด้วย รายละเอียดของฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ที่โปรแกรมเมอร์มองเห็นได้ เช่น สัญญาณควบคุม (Control signals) การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รอบข้าง (Interfaces between the computer and peripherals) รวมถึงเทคโนโลยีของหน่วยความจำที่ใช้ (Memory technology used)

จะขอยกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจндังนี้ ในแง่ของการออกแบบทางสถาปัตยกรรม จะคำนึงถึงว่าคอมพิวเตอร์ควรมีคำสั่งในการคูณหรือไม่ ถ้ามองในแง่ขององค์ประกอบ ก็จะคำนึงถึงว่า คำสั่งคูณนี้ ควรจะใช้หน่วยประมวลผลสำหรับการคูณโดยเฉพาะหรือจะใช้หน่วยประมวลผลสำหรับการบวกร่วมกับกลไกการทำซ้ำ โดยการออกแบบทางองค์ประกอบก็จะพิจารณาถึง ความถี่ในการใช้คำสั่งคูณมีมากน้อยเพียงใด ความเร็วในการประมวลผลของทั้งสองวิธีนี้เมื่อเปรียบเทียบกัน ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น และขนาดของชิปหน่วยประมวลผลคูณจะใช้น้ำที่มากขึ้นเท่าใด

จากอดีตจนถึงปัจจุบัน การแบ่งแยกระหว่างสถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ถือว่าเป็นเรื่องสำคัญ ดังจะเห็นได้จากกลุ่มผู้ผลิตคอมพิวเตอร์หลายราย ได้มีการพัฒนาและผลิตคอมพิวเตอร์ในตระกูลต่างๆ ออกสู่ตลาด โดยในแต่ละตระกูลก็จะประกอบด้วยคอมพิวเตอร์รุ่นต่างๆ ซึ่งคอมพิวเตอร์ภายในตระกูลเดียวกันก็จะมีสถาปัตยกรรมที่เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันไปในแง่ขององค์ประกอบสำหรับโมเดลแต่ละรุ่น ทำให้ราคาและประสิทธิภาพแตกต่างกันไป นอกจากนี้ สถาปัตยกรรมหนึ่งๆ อาจมีการใช้งานเป็นระยะเวลานาน

หลายปี ทำให้เกิดคอมพิวเตอร์รุ่นต่าง ๆ ออกมามากมาย ซึ่งองค์ประกอบหรือส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์เหล่านั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยตามยุคสมัยของเทคโนโลยี ตัวอย่างที่เป็นรู้จักกันดีก็คือ สถาปัตยกรรมของคอมพิวเตอร์ IBM system/370 ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นสถาปัตยกรรมมาตรฐาน ถือกำเนิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1970 ประกอบ ด้วยโมเดลหลายรุ่นให้ผู้ซื้อเลือกใช้ได้ตามความต้องการ แม้โมเดลเหล่านี้จะแตกต่างกันในด้านราคาและประสิทธิภาพ แต่ก็สามารถใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นร่วมกันได้ ทำให้เกิดสะดวกในการอัปเดตเครื่องเมื่อผู้ใช้ มีความต้องการสูงขึ้น ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าบริษัท IBM ได้พัฒนาคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ ๆ ออกมาแทนที่คอมพิวเตอร์รุ่นเก่าๆ คอมพิวเตอร์รุ่นใหม่เหล่านี้ใช้เทคโนโลยีที่ทำให้ความเร็วในการประมวลผลสูงขึ้นในราคาที่ถูกลง (นั่นคือ องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไป) แต่ยังคงใช้สถาปัตยกรรมแบบเดิม ทำให้ลูกค้าเกิดความคุ้มค่าในการลงทุนด้านซอฟต์แวร์ เพราะสามารถใช้ซอฟต์แวร์ตัวเดิมต่อไปได้ ในปัจจุบัน สถาปัตยกรรม system/370 ที่มีการปรับปรุงเพียงเล็กน้อย ยังถูกใช้เป็นต้นแบบในการผลิตเครื่องเมนเฟรมของ IBM อยู่

ในส่วนของคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Microcomputer) ความสัมพันธ์ระหว่างสถาปัตยกรรมและองค์ประกอบมีความใกล้เคียงกันมาก เทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปไม่เพียงแต่จะมีผลต่อองค์ประกอบเท่านั้น ยังมีผลทำให้สถาปัตยกรรมของเครื่องมีความซับซ้อนและประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย โดยทั่วไปความต้องการในเรื่องของการเทียบเท่ากันได้ (compatibility) ระหว่างรุ่นของไมโครคอมพิวเตอร์มีไม่มากนัก ดังนั้นการออกแบบไมโครคอมพิวเตอร์จึงคำนึงถึงทั้งในแง่สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบควบคู่กันไป

## 1.2 โครงสร้างและหน้าที่

คอมพิวเตอร์เป็นระบบที่มีความซับซ้อน ดังจะเห็นได้จากการที่คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายล้านชิ้น การที่จะเรียนรู้การทำงานของชิ้นส่วนเหล่านี้ ควรจะทำได้โดยการศึกษาโครงสร้างแบบลำดับชั้น (Hierarchy) ของระบบที่ซับซ้อนนี้ โดยเริ่มจากระบบย่อยที่ประกอบขึ้นเป็นคอมพิวเตอร์ แล้วศึกษาโครงสร้างของระบบย่อยเหล่านั้น จากนั้นก็แตกระบบย่อยเหล่านั้นออกเป็นโครงสร้างลงไปเรื่อยๆ จนถึงระดับที่เล็กที่สุด

โครงสร้างของระบบที่ซับซ้อนนี้มีความสำคัญทั้งในด้านการออกแบบและการอธิบาย ผู้ออกแบบจะคำนึงถึงระดับใดระดับหนึ่งของระบบในช่วงเวลาหนึ่ง ในแต่ละระดับ ระบบจะประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยผู้ออกแบบจะพิจารณาใน 2 แง่มุม คือ

- โครงสร้าง (Structure) หรือ วิธีที่ส่วนประกอบต่างๆ เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน
- หน้าที่ (Function) หรือ การทำงานของส่วนประกอบแต่ละส่วนที่ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้าง

ในการอธิบาย เราสามารถทำได้สองรูปแบบ คือ อธิบายจากล่างขึ้นบน คืออธิบายจากส่วนประกอบย่อยก่อนและส่วนย่อยๆ เหล่านั้นอธิบายประกอบขึ้นเป็นภาพรวม หรืออธิบายจากบนลงล่าง คือ อธิบายภาพรวมของระบบก่อนแล้วจึงแยกย่อยลงไปอธิบายส่วนประกอบแต่ละส่วน ในที่นี้เราจะอธิบายในลักษณะจากบนลงล่างซึ่งจะทำให้เข้าใจได้ง่ายกว่า โดยจะเริ่มจากการอธิบายถึงโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบหลักในคอมพิวเตอร์ และแยกย่อยลงไปในระดับขั้นถัดไป

## หน้าที่ (Function)

หน้าที่หลักของคอมพิวเตอร์แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. ประมวลผลข้อมูล (Data processing)
2. เก็บข้อมูล (Data storage)
3. เคลื่อนย้ายข้อมูล (Data movement)
4. ควบคุม (Control)

แน่นอนว่า คอมพิวเตอร์จะต้องมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ก็มีหลายรูปแบบ และความต้องการในการประมวลผลก็แตกต่างกันไป ในที่นี่เราจะแสดงให้เห็นว่าวิธีการพื้นฐานหรือชนิดของการประมวลผลข้อมูลจริงๆ แล้วมีอยู่เพียงไม่กี่วิธี

คอมพิวเตอร์จะต้องสามารถที่จะเก็บข้อมูลได้ด้วยเช่นกัน ถึงแม้ว่าคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลแบบทันที (on the fly) คือทำการรับข้อมูลเข้ามาประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ออกไปทันที คอมพิวเตอร์ก็ยังต้องการการเก็บบันทึกข้อมูลไว้ชั่วคราว อย่างน้อยก็เก็บข้อมูลที่ใช้ในการทำงานอยู่ ณ ขณะหนึ่ง ดังนั้น อย่างน้อยจะต้องสามารถทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลระยะสั้นได้ และหน้าที่ในการเก็บข้อมูลระยะยาวก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน คอมพิวเตอร์จำเป็นต้องเก็บไฟล์ข้อมูลไว้ได้เพื่อใช้ในการค้นคืนและแก้ไข

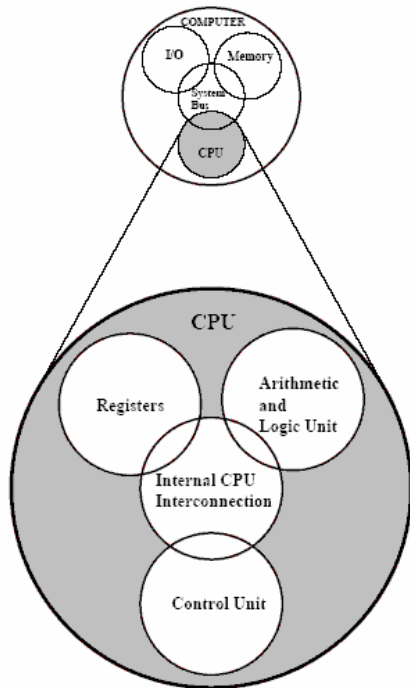
คอมพิวเตอร์จะต้องสามารถทำการเคลื่อนย้ายข้อมูลภายในตัวเองและติดต่อกับโลกภายนอกได้ สิ่งแวดล้อมที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำหน้าที่รับหรือส่งข้อมูล เมื่อได้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมโดยตรงกับคอมพิวเตอร์ จะเรียกระบบการนี้ว่า การรับส่ง (input-output หรือ I/O) และเรียกอุปกรณ์นั้นว่า อุปกรณ์รอบข้าง (peripheral) เมื่อมีการรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ในระยะไกล จะเรียกระบบการนี้ว่า การสื่อสารข้อมูล (data communications)

ท้ายสุด การทำงานทั้ง 3 หน้าที่ที่กล่าวมาแล้วนั้นจะต้องมีการควบคุม ซึ่งการควบคุมนี้จะดำเนินการตามชุด คำสั่งเฉพาะที่มีการออกแบบมาเพื่อควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้สามารถป้อนคำสั่งเข้าไปได้หน่วยควบคุมนี้จะจัดการทรัพยากรต่างๆ ภายในคอมพิวเตอร์ และประสานงานให้แต่ละส่วนทำงานตามคำสั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในระดับทั่วไป จำนวนการทำงานที่เป็นไปได้มีเพียงเล็กน้อย ดังจะเห็นได้จากรูป ซึ่งแสดงการทำงานใน 4 ลักษณะ ได้แก่ หน้าที่ในการขนย้ายข้อมูล โดยทำการขนย้ายข้อมูลจากอุปกรณ์รอบข้างหรือผ่านช่องทางการสื่อสารไปยังอีกที่หนึ่ง หน้าที่ในการเก็บบันทึก โดยทำการขนย้ายข้อมูลระหว่างอุปกรณ์รอบข้างกับหน่วยเก็บบันทึก ซึ่งก็คือการอ่านและเขียนข้อมูล และหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูล ที่เก็บอยู่ในหน่วยบันทึกข้อมูล หรือนำเข้าจากอุปกรณ์ภายนอก

## โครงสร้าง (Structure)

โดยทั่วไป คอมพิวเตอร์จะมีการติดต่อกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งก็คืออุปกรณ์รอบข้างต่าง ๆ หรือผ่านทางสายสื่อสารข้อมูล แต่ในการศึกษาวิชานี้เราจะเน้นถึงโครงสร้างภายในของคอมพิวเตอร์เท่านั้น ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนประกอบหลัก ดังรูป 1.1 ได้แก่



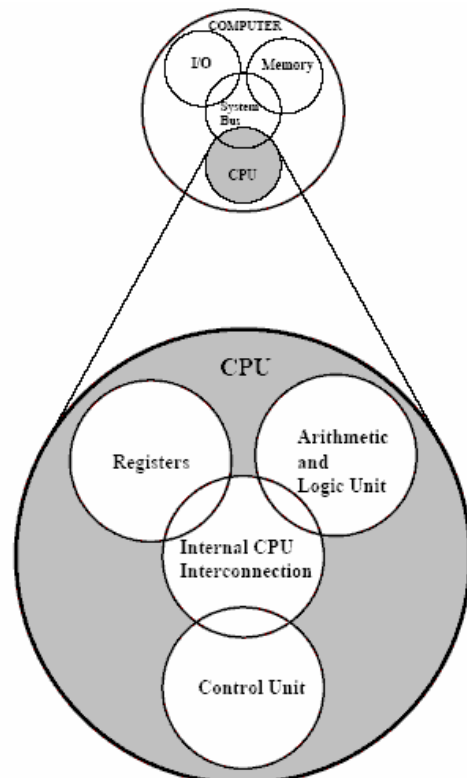
- หน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit) หรือ ซีพียู (CPU) เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์และทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เรามักจะเรียกหน่วยนี้ว่า โปรเซสเซอร์ (processor)
- หน่วยความจำหลัก (Main memory) ใช้ในการเก็บข้อมูล
- หน่วยรับส่งข้อมูล (I/O) เป็นส่วนที่เคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก
- ระบบเชื่อมต่อ เป็นกลไกที่ทำให้หน่วยประมวลผล หน่วยความจำหลัก และหน่วยรับส่งข้อมูล สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

รูป 1.1 ส่วนประกอบหลักของคอมพิวเตอร์

ภายในคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งๆ จะมีส่วนประกอบที่กล่าวมานี้ โดยมีเพียงหนึ่งหน่วยหรือมากกว่าหนึ่งก็ได้ ดังจะเห็นได้จากคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันที่มักจะมีหน่วยประมวลผลสองหน่วยขึ้นไป ซึ่งต่างจากคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ในอดีตมีเพียงแค่หนึ่งหน่วยประมวลผลเท่านั้น เราจะกล่าวถึงรายละเอียดของส่วนประกอบแต่ละส่วนในบทที่ 2 แต่จะขอกล่าวถึงส่วนประกอบที่น่าสนใจและซับซ้อนที่สุดก่อน นั่นก็คือ ซีพียู โครงสร้างหลักของซีพียูประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน ดังรูปที่ 1.2 ได้แก่

- หน่วยควบคุม (Control unit) ควบคุมการทำงานของซีพียู ก็คือควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์นั่นเอง
- หน่วยประมวลผลคณิตศาสตร์และตรรกะ (Arithmetic and logic unit – ALU) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล
- รีจิสเตอร์ (Registers) ใช้ในการเก็บข้อมูลภายในซีพียู
- ระบบเชื่อมต่อภายในซีพียู เป็นกลไกที่ทำให้หน่วยควบคุม หน่วยประมวลผลคณิตศาสตร์และตรรกะ และรีจิสเตอร์ สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

เราจะกล่าวถึงส่วนประกอบของซีพียูอย่างรายละเอียดในบทที่ 3



รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบของซีพียู

การสร้างหน่วยควบคุมของซีพียูทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่รู้จักกันดีก็คือ ไมโครโปรแกรม (Microprogrammed) ซึ่งจะทำงานโดยการส่งงานคำสั่งไมโคร (microinstruction) ที่เป็นตัวกำหนดหน้าที่การทำงานของหน่วยควบคุมด้วยวิธีนี้ โครงสร้างของหน่วยควบคุมสามารถแสดงได้ดังรูป 1.3 ซึ่งโครงสร้างในส่วนนี้จะกล่าวถึงในบทที่ 4

### 1.3 ทำไมถึงต้องเรียนรู้องค์ประกอบและสถาปัตยกรรม

สถาบันและสมาคมทางคอมพิวเตอร์ เช่น IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering) และ ACM (Association for Computing Machinery) ได้กำหนดวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์เป็นวิชาหลักในหลักสูตรของนักศึกษาสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ตัวอย่างของเหตุผลที่เราควรจะศึกษาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ ก็เช่น

1. สมมุติว่าบัณฑิตเข้าทำงานในแวดวงอุตสาหกรรมและมีหน้าที่ในการพิจารณาเลือกซื้อคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพให้เหมาะแก่การใช้งานในองค์กรซึ่งมีขนาดใหญ่ในราคาที่เหมาะสม ผลความเข้าใจในการเลือกซื้อส่วนประกอบต่างๆ ที่ให้คุ้มค่ากับราคา เช่น แคลที่มีขนาดใหญ่ โปรเซสเซอร์ที่มีอัตราสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูง ถือเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยให้เราตัดสินใจได้ดี
2. โปรเซสเซอร์ไม่เพียงแต่เป็นส่วนหนึ่งของพีซีหรือเซิร์ฟเวอร์เท่านั้น แต่ยังเป็นส่วนหนึ่งในระบบฝังตัว (embedded systems) อีกด้วย โดยผู้ออกแบบสามารถโปรแกรมการทำงานของโปรเซสเซอร์ที่ฝังตัวอยู่ในระบบทำงานแบบทันที (real-time system) หรือระบบขนาดใหญ่ได้โดยใช้ภาษาซี เช่น คอนโทรลเลอร์ในระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติแบบฉลาด การค้นหาข้อผิดพลาดของระบบอาจจะต้องใช้ความรู้ในการวิเคราะห์เชิงตรรกะซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณขอขัดจังหวะจากเครื่องรับรู้ (sensor) และภาษาเครื่อง
3. แนวคิดของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ยังช่วยในการเรียนวิชาอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น วิธีการที่คอมพิวเตอร์สนับสนุนในเชิงสถาปัตยกรรมสำหรับภาษาการโปรแกรมและระบบปฏิบัติการ

จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบและสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ได้รวมเอาแนวคิดและแง่มุมในการออกแบบไว้มากมาย ถ้าเราเข้าใจแนวคิดโดยรวมได้เป็นอย่างดี ก็จะเป็นประโยชน์ในการเรียนรู้วิชาอื่นๆ รวมถึงการทำงานภายหลังสำเร็จการศึกษาอีกด้วย

### 1.4 รายละเอียดของรายวิชา

ดังเอกสารแนบ

### 1.5 เอกสารอ้างอิงและเว็บไซต์ที่ควรรู้

Chapter 1 William Stalling. Computer organization and architecture: designing for performance.

<http://WilliamStallings.com/COA7e.html>