

## บทที่ 8

### หน่วยรับเข้า/ส่งออก

~~~~~

การใช้ประโยชน์จากระบบคอมพิวเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับสิ่งอำนวยความสะดวกทางอินพุตและเอาต์พุต (Input/Output : I/O) ซึ่งเป็นการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์

การเพิ่มความเร็วในการทำงานของคอมพิวเตอร์โดยเพิ่มความเร็วของโปรเซสเซอร์ แต่ไม่ลดข้อจำกัดของความเร็วในการทำงานของไอโอ จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์ไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร

เราสามารถกำหนดโครงสร้างของอินพุตและเอาต์พุตในคอมพิวเตอร์ได้โดยการให้มีตะกร้าอินพุตและเอาต์พุต แต่ละคำสั่งของอินพุตจะถ่ายโอนข้อมูลจากในตะกร้าอินพุตไปยังเครื่องคิดเลข และในแต่ละคำสั่งของเอาต์พุตจะถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่องคิดเลขไปไว้ในตะกร้าเอาต์พุต ซึ่งในสถาปัตยกรรมของคอมพิวเตอร์จริง ๆ แล้ว ตะกร้าอินพุตและเอาต์พุตคือ บัสและอินเทอร์เฟซนั่นเอง

ความสามารถในการถ่ายโอนข้อมูลของไอโอที่ทำงานร่วมกันหลายตัวส่งผลต่อการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะไอโอที่มีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลต่างกันเป็นอย่างมาก ทำให้ต้องมีการชิงโครนซ์เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย

#### 8.1 คุณสมบัติพื้นฐาน

ในระบบคอมพิวเตอร์จะอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่อพ่วงหรือใช้งานร่วมกันกับหน่วยเก็บข้อมูล (data storage) เช่น ดิสก์ เทป หรือ เครื่องพิมพ์ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้เรียกว่าเป็น หน่วยรับเข้า/ส่งออก (I/O Device) ซึ่งต้องมีการติดต่อสื่อสารกับซีพียูโดยผ่านไอโอโมดูล (I/O Module) ซึ่งเป็นวงจรอย่างหนึ่งที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ สาเหตุที่ไม่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ โดยตรงกับซีพียูโดยผ่านบัสเนื่องจาก อุปกรณ์ที่เป็นไอโอมีหลายประเภทที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรมีตัวกลางที่เรียกว่า ไอโอโมดูลเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ แทนที่จะให้ซีพียูทำหน้าที่ควบคุมโดยตรง แต่หากไม่มีไอโอโมดูลก็จะต้องมีลอจิกที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์หลาย ๆ รูปแบบตามชนิดของอุปกรณ์นั้น ๆ

ไอโอโมดูลจะมีวงจรลอจิกอยู่ภายในเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งวงจรลอจิกเหล่านี้ไม่ได้อยู่ในภายในซีพียูเนื่องจากเพื่อลดการทำงานของซีพียูให้ทำงานเฉพาะงานที่เป็นการประมวลผลเท่านั้น

### 8.1.1 สาเหตุที่ต้องมีไอโอโมดูล

1. เนื่องจากอุปกรณ์ต่อพ่วงมีอยู่หลายชนิด จึงต้องมีหลายวิธีที่จะใช้จัดการหรือควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วงแต่ละชนิดนั้น ถ้าไม่มีตัวกลางไว้คอยควบคุมก็จะต้องมีการสร้างวงจรลอจิกจำนวนมากไว้ในซีพียูเพื่อควบคุมการทำงาน จะส่งผลให้ซีพียูมีขนาดใหญ่และทำงานหนักขึ้น
2. เนื่องจากอัตราการเคลื่อนย้ายข้อมูล (transfer) ของซีพียูกับของอุปกรณ์ต่าง ๆ แตกต่างกันไปมาก เนื่องจากซีพียูมีการทำงานที่เร็วกว่าอุปกรณ์เหล่านั้น
3. อุปกรณ์ต่าง ๆ มีรูปแบบของข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งซีพียูบางรุ่นอาจส่งข้อมูลครั้งละ 8บิต 16บิต หรือ 32บิต อุปกรณ์ต่าง ๆ ก็เช่นเดียวกัน เช่น ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่ส่งพอร์ตอนุกรม (serial port) อย่างเช่น เมาส์ หรือคีย์บอร์ด มีการรับส่งข้อมูลครั้งละ 8บิต ดังนั้นจึงต้องมีไอโอโมดูลทำหน้าที่ในการโต้ตอบกับข้อมูลและอุปกรณ์ให้เป็นไปตามรูปแบบของอุปกรณ์แต่ละชนิด โดยซีพียูจะส่งข้อมูลมาครั้งละคำ (word) มาที่ไอโอโมดูล แล้วไอโอโมดูลจะแปลงให้เป็นรูปแบบตามชนิดของอุปกรณ์นั้น ๆ

### 8.1.2 หน้าที่ของไอโอโมดูล

ไอโอโมดูลมีหน้าที่หลักในการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้อมูล (transfer data) ระหว่างอุปกรณ์ภายนอก (external device) กับซีพียู และยังมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. Control and Timing : ควบคุมและจัดการเกี่ยวกับอัตราหรือจังหวะการเคลื่อนย้ายข้อมูลให้มีความสอดคล้องกันระหว่างซีพียูกับอุปกรณ์ต่าง ๆ
2. CPU Communication : ซีพียูจะส่งคำสั่งมาที่ไอโอโมดูลเพื่อตรวจสอบสถานะของไอโอโมดูล อย่างเช่น ตรวจสอบว่าขณะนี้มีการเคลื่อนย้ายข้อมูลเกิดขึ้นที่ไอโอโมดูลหรือไม่
3. Device Communication : ตรวจสอบเช็คสถานะที่ไอโอโมดูลพร้อมที่จะทำงานหรือไม่
4. Data Buffering : เป็นที่สำหรับพักข้อมูล ทำการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลให้เหมาะสมกับอุปกรณ์นั้น ๆ

### 8.1.3 I/O System

ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (I/O Devices)
2. ตัวควบคุมการส่งข้อมูล (Control Unit) ระหว่างไอโอดีไวซ์กับซีพียู
3. โปรแกรมที่รันอยู่บนซีพียูเพื่อทำงานเกี่ยวกับไอโอ (I/O Operation) เช่น การอ่าน/เขียนข้อมูลไปยังไอโอดีไวซ์ต่าง ๆ

### 8.1.4 คุณสมบัติพื้นฐานของอินพุต/เอาต์พุต

โดยปกติแล้วคอมพิวเตอร์จะทำงานเพียงงานเดียว ซึ่งซีพียูจะใช้เวลาโดยส่วนใหญ่รออินพุตจากแป้นพิมพ์ ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเนื่องจากใช้เวลาในการรอรับข้อมูล

### 1. แป้นพิมพ์ (Keyboard)

เป็นอุปกรณ์สำหรับอินพุตข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ อินพุตพื้นฐานที่เป็นตัวอักษรจะมีอัตราการถ่ายโอนข้อมูลเป็นไปอย่างช้ามากเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของซีพียู นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเร็วในการกดแป้นตัวอักษรของผู้ใช้งานด้วย การอินพุตด้วยแป้นพิมพ์มี 2 ประเภท ได้แก่

- อินพุตที่แอปพลิเคชันคาดหวังไว้ (Expected Input)

เป็นอินพุตในการตอบสนองโปรแกรมที่ร้องขอข้อมูล

- อินพุตที่ไม่ได้คาดหวัง (Unexpected Input) เช่น การกดคีย์ Ctrl+Alt+Delete เพื่อเป็นการรีสตาร์ทเครื่องคอมพิวเตอร์

### 2. เมาส์ (Mouse)

เป็นอุปกรณ์สำหรับอินพุตข้อมูลที่สามารถสร้างอินพุตได้ทั้งที่คาดหวังและไม่ได้คาดหวัง เมื่อผู้ใช้ขยับเมาส์แล้วกดปุ่มจะเกิดการเอ็กซีคิวต์โปรแกรม

### 3. จอภาพและเครื่องพิมพ์

ทำงานในอัตราการถ่ายโอนข้อมูลที่กว้าง (ตั้งแต่ความเร็วต่ำไปจนถึงความเร็วสูง) สำหรับเอาต์พุตที่เป็นกราฟิกซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบออบเจกต์หรือบิตแมพ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ข้อมูลภาพ วิดีโอ ภาพกราฟิกความละเอียดสูง ข้อมูลเหล่านี้ต้องการอุปกรณ์ที่มีการถ่ายโอนข้อมูลที่มีความเร็วสูง เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

### 4. ดิสก์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ดิสก์จึงเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตแต่คนละเวลากัน การถ่ายโอนข้อมูลของดิสก์มีความเร็วสูง แต่ปัจจุบันระบบเครือข่ายมีความเร็วสูงกว่า ทำให้มีการใช้ระบบเครือข่ายแทนดิสก์ในการเก็บโปรแกรมและข้อมูลในคอมพิวเตอร์ที่อยู่ห่างไกลกัน

### 5. ดีวีดีรอม

การใช้ดีวีดีรอมเพื่อแสดงข้อมูลวิดีโอแบบเต็มจอภาพและวิดีโอั้นฉายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ที่ใช้จะต้องมีความคงที่ของข้อมูลที่มีอัตราอินพุตประมาณ 10 เมกะไบต์ต่อวินาที

ตารางที่ 8.1 อัตราการถ่ายโอนข้อมูลของอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตต่าง ๆ

| อุปกรณ์                                | อินพุต/เอาต์พุต    | อัตราการถ่ายโอนข้อมูล<br>(กิโลไบต์ต่อวินาที) |
|----------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|
| คีย์บอร์ด                              | อินพุต             | 0.01                                         |
| เมาส์                                  | อินพุต             | 0.02                                         |
| อินพุตเสียง                            | อินพุต             | 0.02                                         |
| สแกนเนอร์                              | อินพุต             | 200                                          |
| เอาต์พุตเสียง                          | เอาต์พุต           | 0.5                                          |
| เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท                  | เอาต์พุต           | 1.5                                          |
| เครื่องพิมพ์เลเซอร์                    | เอาต์พุต           | 100-1000                                     |
| การแสดงผล                              | เอาต์พุต           | 30000                                        |
| เครือข่ายเฉพาะบริเวณ                   | อินพุตหรือเอาต์พุต | 200-20000                                    |
| ฮาร์ดดิสก์                             | สื่อจัดเก็บข้อมูล  | 500-15000                                    |
| เทปแม่เหล็ก                            | สื่อจัดเก็บข้อมูล  | 1000-15000                                   |
| ดิสก์แม่เหล็ก                          | สื่อจัดเก็บข้อมูล  | 2000-60000                                   |
| แหล่งข้อมูลวิดีโอที่ไม่ได้บีบอัดข้อมูล | อินพุต             | 1000                                         |
| แหล่งข้อมูลเสียงที่ไม่ได้บีบอัดข้อมูล  | อินพุต             | 100                                          |

## 8.2 ความต้องการของระบบคอมพิวเตอร์

1. ต้องมีการกำหนดแอดเดรสเฉพาะให้กับแต่ละอุปกรณ์ที่ต่อพ่วง
2. ต้องมีขั้นตอนวิธีการที่อุปกรณ์ต่อพ่วงสามารถติดต่อสื่อสารกับซีพียู
3. การควบคุมอินพุต/เอาต์พุตด้วยโปรแกรมมีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มีความเร็วต่ำ และมีการถ่ายโอนข้อมูลเป็นแบบเวิร์ด แต่สำหรับอุปกรณ์ที่มีความเร็วสูงที่มีการถ่ายโอนข้อมูลเป็นแบบบล็อก จะมีการถ่ายโอนข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตกับหน่วยความจำ
4. ต้องสามารถดูแลอุปกรณ์ที่มีการควบคุมที่แตกต่างกันให้สามารถทำงานร่วมกันได้

### 8.2.1 การใช้อินเทอร์เฟซโมดูลในการเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตโดยตรงกับซีพียู

1. รูปแบบที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องการข้อมูลที่แตกต่างกัน ทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ใช้อินเทอร์เฟซทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ต่างกัน

2. เนื่องจากอุปกรณ์กับซีพียูมีความเร็วที่แตกต่างกัน ทำให้การซิงโครไนซ์ยุ่งยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีหลาย ๆ อุปกรณ์พยายามติดต่อกับอินพุต/เอาต์พุตพร้อม ๆ กัน จะทำให้มีการใช้บัฟเฟอร์จำนวนมาก

3. การเชื่อมต่อภายในที่สนับสนุนการให้บริการมัลติมีเดีย จะต้องมีความสามารถในการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่อง รวมถึงเครือข่ายและอุปกรณ์ที่ติดต่อสื่อสารกันด้วยความเร็วสูง

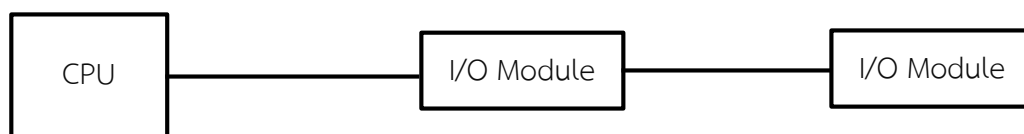
4. อุปกรณ์จำพวกดิสก์ไดรฟ์ถูกควบคุมด้วยกลไกทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ซีพียูต้องใช้เวลามากในการควบคุมการทำงาน

5. จะต้องมีอินเทอร์เฟซเฉพาะเพื่อรองรับการทำงานของแต่ละอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตที่มีความแตกต่างกัน ทั้งในเรื่องของแอดเดรส การซิงโครไนซ์ สถานะ และความสามารถในการควบคุมภายนอก

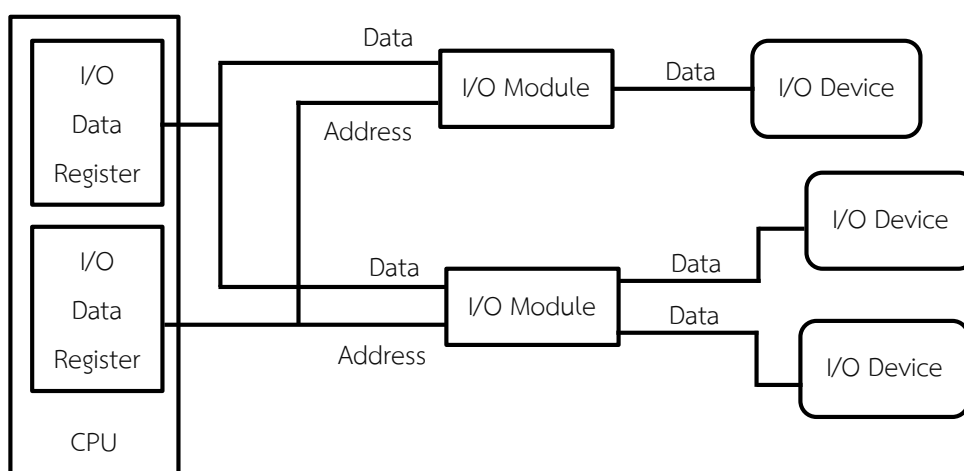
6. โดยปกติอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตจะเชื่อมต่อกับซีพียูผ่านทางไอโอโมดูล (I/O Module)

7. ไอโอโมดูลจะต้องมีความสามารถในการถ่ายโอนข้อมูลแบบบล็อกโดยใช้บัฟเฟอร์ มีมาตรฐานในการอินเทอร์เฟซกับซีพียู และมีความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์พิเศษที่ถูกออกแบบมาเพิ่มขึ้นด้วย

8. ไอโอโมดูลที่ควบคุมอุปกรณ์ประเภทเดียวเรียกว่า ดีไวซ์คอนโทรลเลอร์ แต่หากมีอุปกรณ์มากกว่า 1 ประเภท จะต้องมีการกำหนดแอดเดรสเพื่อแยกออกจากโมดูลอื่น



ภาพที่ 8.1 แสดงการจัดเรียงไอโอโมดูลอย่างง่าย



ภาพที่ 8.2 แสดงการจัดเรียงไอโอโมดูลที่มีความสลับซับซ้อน

### 8.3 ปัจจัยการออกแบบไอโอ

การออกแบบระบบไอโอให้เหมาะสมจะทำให้ซีพียูทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในเรื่องของการชิงโครโนซ์อุปกรณ์หลาย ๆ อุปกรณ์ การปรับเวลาของอุปกรณ์ที่มีอัตราการถ่ายโอนข้อมูลที่แตกต่างกัน และการปรับเวลาของซีพียูให้ทำงานได้โดยไม่ต้องเสียเวลารอในขณะที่ไอโอกำลังทำงาน ปัจจัยเหล่านี้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ ส่วนปัจจัยที่ควรพิจารณาในการออกแบบไอโอมี 3 ประการได้แก่

1. ตำแหน่งข้อมูล : การเลือกอุปกรณ์ และแอดเดรสของข้อมูลในอุปกรณ์
2. การถ่ายโอนข้อมูล : ปริมาณของข้อมูล อัตราการถ่ายโอนข้อมูลทั้งในขณะที่เข้าหรือขณะที่ออกจากอุปกรณ์
3. การชิงโครโนซ์ : ให้เอาต์พุตเฉพาะเมื่ออุปกรณ์พร้อม และรับอินพุตเมื่อมีข้อมูล

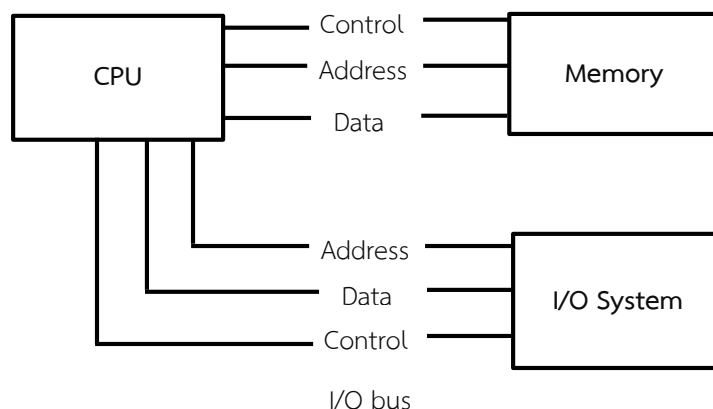
ในการออกแบบไอโอทั้ง 3 ประการที่กล่าวข้างต้นนั้นจำเป็นต้องมีการถ่ายโอนข้อมูลของไอโอออกมา ซึ่งการถ่ายโอนข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของอุปกรณ์ไอโอที่เป็นมาตรฐาน การเชื่อมต่อซีพียูและอุปกรณ์ไอโอเป็นการกำหนดโครงสร้างข้อมูลให้อุปกรณ์อินเทอร์เฟซตามรายละเอียด เช่น การรวมบิตเป็นเวิร์ด การตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดใน low-level และการรับเวิร์ดในรีจิสเตอร์ที่อยู่ในแอดเดรสที่ว่างในไอโอ การเชื่อมต่อระหว่างซีพียูและอุปกรณ์ไอโอเป็นการกำหนดมาตรฐานให้กับอุปกรณ์ในการเขียนข้อมูล และมีคุณสมบัติที่ต้องใช้ในการอ่านและเขียนข้อมูล

### 8.4 โครงสร้างของไอโอบัส

โครงสร้างของไอโอบัสนั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

1. Isolated I/O

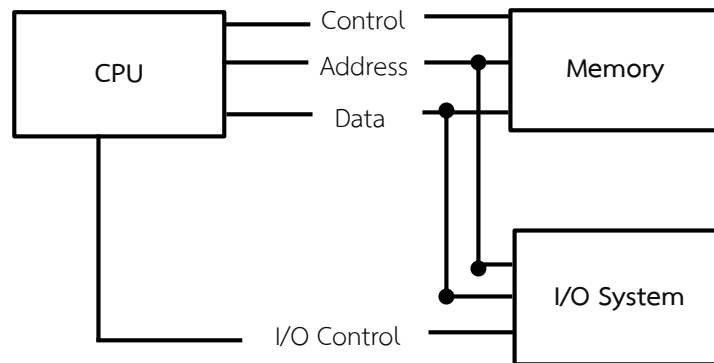
จะมีชุดของแอดเดรสบัส ดาต้าบัส และคอนโทรลบัส ซึ่งเป็นชุดของไอโอบัส และจะมีอีกชุดหนึ่งสำหรับเมมโมรีบัสที่แยกจากกัน



ภาพที่ 8.3 แสดงโครงสร้างของไอโอบัสแบบ Isolated I/O

## 2. Shared I/O

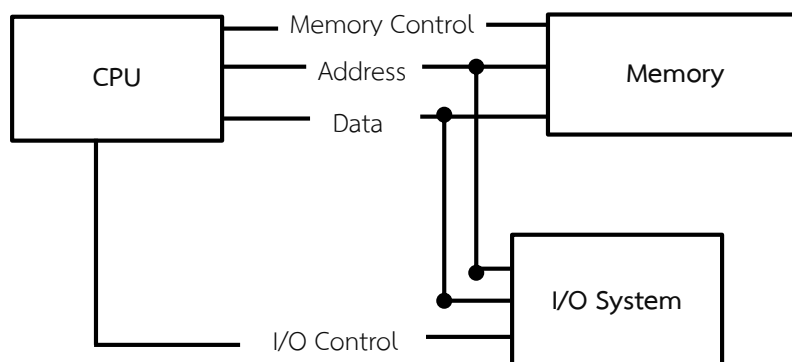
มีการใช้แอดเดรสบัสและดาต้าบัสร่วมกัน เป็นไอโอบัสและเมมโมรีบัส แต่มีสัญญาณควบคุมคนละเส้นกัน สำหรับอ่าน เขียน อินพุต และเอาต์พุต



ภาพที่ 8.4 แสดงโครงสร้างของไอโอบัสแบบ Shared I/O

## 3. Memory-map I/O

แบบนี้จะมีอีกบัสหนึ่งที่ใช้ทั้งในไอโอ และหน่วยความจำ จากภาพที่ 8.5 เป็นการใช้คอนโทรลบัสร่วมกัน ช่วงของเมมโมรีแอดเดรสจะถูกกันไว้สำหรับไอโอรีจิสเตอร์



ภาพที่ 8.5 แสดงโครงสร้างของไอโอบัสแบบ Memory-map I/O

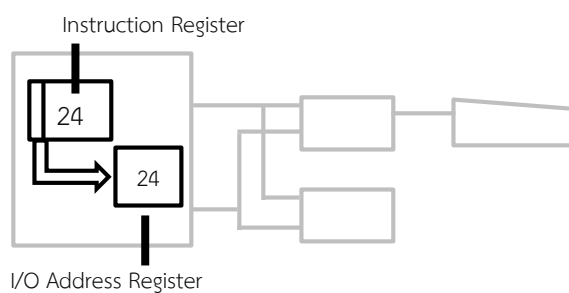
พื้นที่แอดเดรสทั้งหมดของระบบคอมพิวเตอร์ที่เป็นแบบ Memory-map I/O นั้นในหน่วยความจำประกอบด้วยเมมโมรีโมดูลจำนวน 2-3 โมดูล ซึ่งจะมีไอโอรีจิสเตอร์กระจายไปตามการอินเทอร์เฟซของอุปกรณ์ อินพุตเอาต์พุต แต่มีเพียงแอดเดรสบางส่วนของไอโอรีจิสเตอร์เท่านั้นที่ใช้ในระบบ

### เทคนิคการทำงานของอินพุต/เอาต์พุต

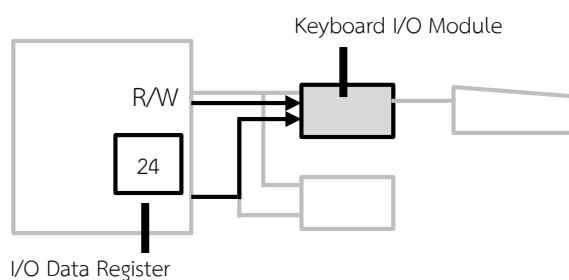
#### 1. การควบคุมอินพุต/เอาต์พุตด้วยโปรแกรม (Programmed I/O)

เป็นเทคนิคที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรเซสเซอร์และไอโอโมดูล โดยโปรเซสเซอร์จะเอ็กซีคิวต์โปรแกรมที่ควบคุมโอเปอเรชั่นของไอโอ รวมถึงการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ การส่งคำสั่งเพื่อการอ่านหรือการเขียน และการถ่ายโอนข้อมูล

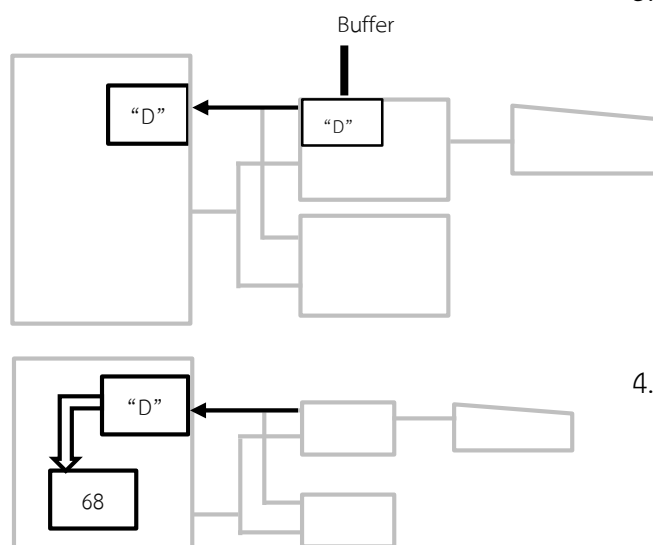
การเอ็กซีคิวต์คำสั่งของไอโอนั้น โปรเซสเซอร์มีหน้าที่ในการกำหนดแอดเดรส ไอโอโมดูล อุปกรณ์ และคำสั่งของไอโอ ซึ่งการเอ็กซีคิวต์คำสั่งของไอโอมี 4 ประเภท ได้แก่ ควบคุม (Control) ตรวจสอบ (Test) อ่าน (Read) และเขียน (Write) ดังภาพที่ 8.6



1. ซีพียูเอ็กซีคิวต์คำสั่งอินพุตที่แอดเดรส 24 ทำให้มีการก๊อปปี้แอดเดรสที่ 24 ไปเก็บไว้ในไอโอแอดเดรสรีจิสเตอร์



2. แอดเดรส 24 เป็นไอโอโมดูลของคีย์บอร์ด สายสัญญาณควบคุมการอ่าน/เขียน ชี้ให้เห็นว่าคำสั่งนั้นเป็นอินพุต



3. บัฟเฟอร์ในไอโอโมดูลจะเก็บค่าการกดคีย์ ในกรณีนี้รหัสแอสกี 68 ซึ่งเป็นตัวอักษร D ข้อมูลจะถูกถ่ายโอนไปยังไอโอดาทาร์จิสเตอร์

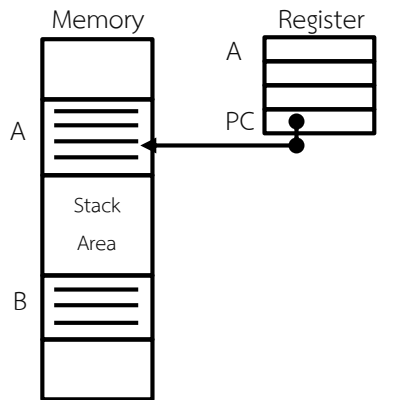
4. ข้อมูลในไอโอดาทาร์จิสเตอร์ จะถูกก๊อปปี้ไปยังแอดคิวมูลเตอร์ หรือรีจิสเตอร์ เป็นการสิ้นสุดโอเปอเรชั่น

ภาพที่ 8.6 แสดงการเอ็กซีคิวต์คำสั่งของไอโอ

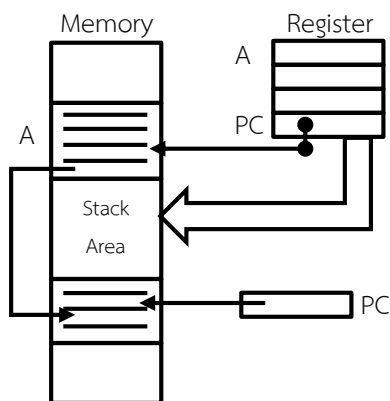


## 2. การควบคุมอินพุต/เอาต์พุตผ่านกลไกการอินเทอร์รัพท์ (Interrupt Driven I/O)

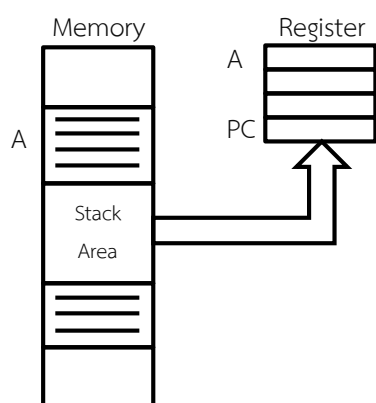
เป็นเทคนิคที่โปรเซสเซอร์จะส่งคำสั่งไปยังไอโอ แล้วกลับไปเอ็กซีคิวต์คำสั่งอื่นต่อไป จนเมื่อไอโอทำงานตามคำสั่งนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์แจ้งให้โปรเซสเซอร์ทราบ ดังภาพที่ 8.7



1. ก่อนการอินเทอร์รัพท์ โปรแกรม A กำลังถูกเอ็กซีคิวต์อยู่ และโปรแกรมเคาเตอร์ (PC) ชี้อยู่ที่คำสั่งปัจจุบัน



2. เมื่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ถูกส่งเข้ามาที่ซีพียู จะมีการเอ็กซีคิวต์คำสั่งปัจจุบันให้เสร็จเรียบร้อยก่อน หลังจากนั้น ข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมที่ถูกเอ็กซีคิวต์ ตำแหน่งของคำสั่งสุดท้าย และข้อมูลในรีจิสเตอร์ทุกตัวจะถูกเก็บในพื้นที่ที่เป็นสแต็ก หรือพื้นที่พิเศษที่เรียกว่า PCB (Process Control Block)



3. เมื่อรูทีนของอินเทอร์รัพท์ถูกเอ็กซีคิวต์เรียบร้อยแล้ว ค่าในรีจิสเตอร์จะถูกคืนค่า รวมถึงโปรแกรมเคาเตอร์ด้วย ทำให้โปรเซสเซอร์กลับมาเอ็กซีคิวต์คำสั่งต่อจากคำสั่งเดิมก่อนที่จะมีสัญญาณอินเทอร์รัพท์เข้ามา

ภาพที่ 8.7 แสดงการควบคุมอินพุต/เอาต์พุตผ่านกลไกการอินเทอร์รัพท์ (Interrupt Driven I/O)

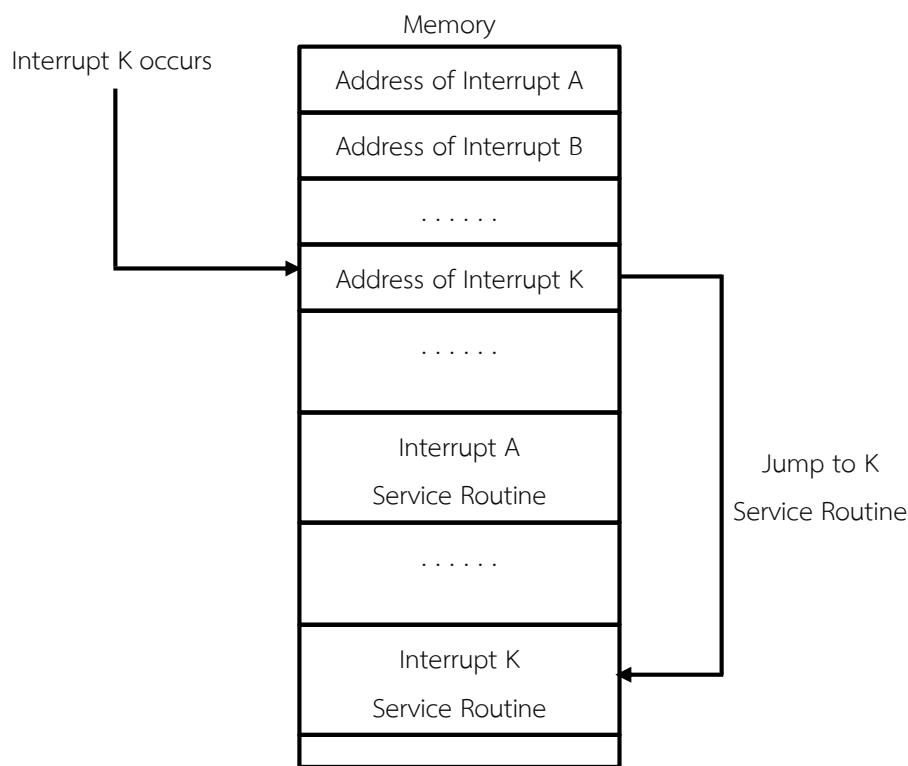
## 8.5 การจัดลำดับความสำคัญของอินเทอร์รัพท์

ถ้ามีอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นมากมายในเวลาเดียวกัน จะมีปัญหาเกิดขึ้นมากมาย ได้แก่ กรณีที่หนึ่ง ซีพียูจะมีวิธีการจัดลำดับการตอบสนองอินเทอร์รัพท์เหล่านั้นอย่างไร เมื่อมีอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นพร้อมกันหลายอินเทอร์รัพท์เพื่อคอยการตอบสนองจากซีพียู กรณีที่สอง ซีพียูทราบได้อย่างไรว่าอุปกรณ์ใดที่ส่งอินเทอร์รัพท์เข้ามา

### 8.5.1 วิธีการหาว่าอุปกรณ์ใดที่ส่งอินเทอร์รัพท์ให้ซีพียู

#### 1. Vectored Interrupt

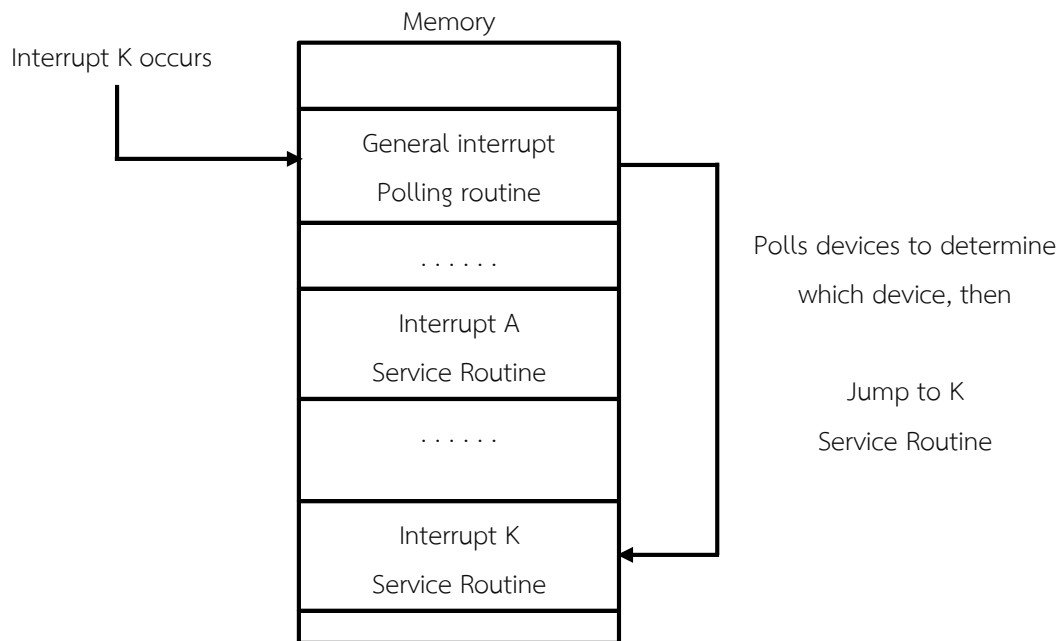
ในสัญญาณอินเทอร์รัพท์นั้นจะมีแอดเดรสของอินเทอร์รัพท์ที่ไว้ใช้รวมมาด้วย ดังภาพที่ 8.8



ภาพที่ 8.8 แสดงการส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์แบบ Vectored Interrupt

#### 2. Polled Interrupt

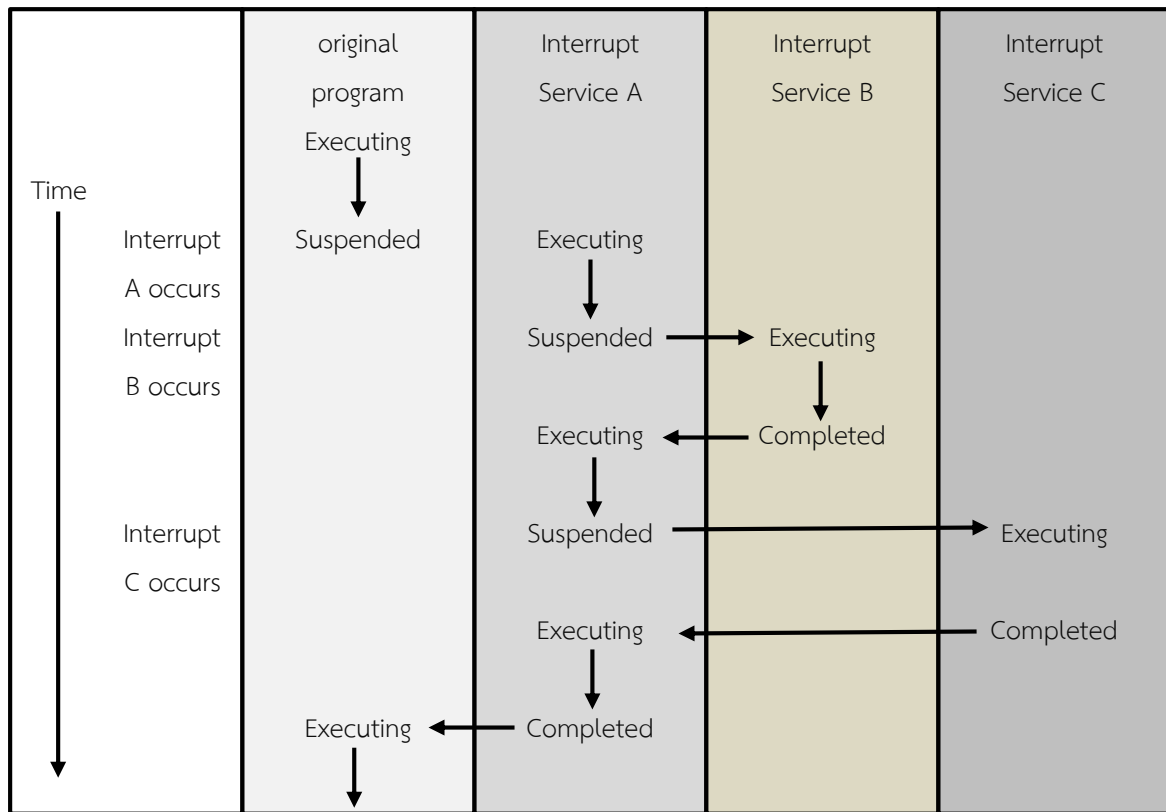
เป็นการใช้พูลลิงในแต่ละอุปกรณ์โดยใช้ daisy chaining ซึ่งจะเป็นการวางอินเทอร์รัพท์ลงไปในสายอินเทอร์รัพท์เพียงเส้นเดียวต่อไปยังซีพียู ซึ่งกำหนดให้มีลำดับความสำคัญสูงสุดที่ซีพียูสามารถทราบได้ก่อน ดังภาพที่ 8.9



ภาพที่ 8.9 แสดงการส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์แบบ Polled Interrupt

### 8.5.2 การจัดการเมื่อมีหลายอินเทอร์รัพท์

เมื่อซีพียูมีหลายอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้น ซีพียูจะมีวิธีการจัดการกับอินเทอร์รัพท์เหล่านั้นโดยการกำหนดลำดับความสำคัญให้แต่ละอินเทอร์รัพท์ ซึ่งซีพียูจะจัดการกับอินเทอร์รัพท์ที่มีความสำคัญสูงสุดก่อน หลังจากนั้นจะจัดการกับอินเทอร์รัพท์ที่มีความสำคัญสูงรองลงไปจนถึงอินเทอร์รัพท์ที่มีความสำคัญลำดับสุดท้าย การกำหนดลำดับความสำคัญให้กับอินเทอร์รัพท์มีข้อดีคือ ทำให้มีลำดับชั้นในการจัดการกับอินเทอร์รัพท์ เนื่องจากในการทำงานจริงอาจจะมีอินเทอร์รัพท์ซ้อนกันอยู่ในโปรแกรมที่กำลังทำงาน การจัดการเมื่อมีหลายอินเทอร์รัพท์นี้จะใช้หลักการที่ต้องจัดการอินเทอร์รัพท์ที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าก่อนจนเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงจัดการกับอินเทอร์รัพท์ที่มีลำดับความสำคัญรองลงมาจนกว่าจะหมดทุกอินเทอร์รัพท์จึงกลับมาทำงานต่อไป ดังภาพที่ 8.10



ภาพที่ 8.10 แสดงการจัดการของซีพียูเมื่อมีหลายอินเทอร์รัพท์

### 8.5.3 เทคนิคการทำงานของอินพุต/เอาต์พุต

อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตใช้เทคนิคการทำงานโดยการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง (Direct Memory Access : DMA) ซึ่งเทคนิคนี้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันโดยตรงระหว่างไอโอโมดูลและหน่วยความจำหลัก โดยไม่เกี่ยวข้องกับโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะต้องมีเงื่อนไขหลัก 3 ประการคือ

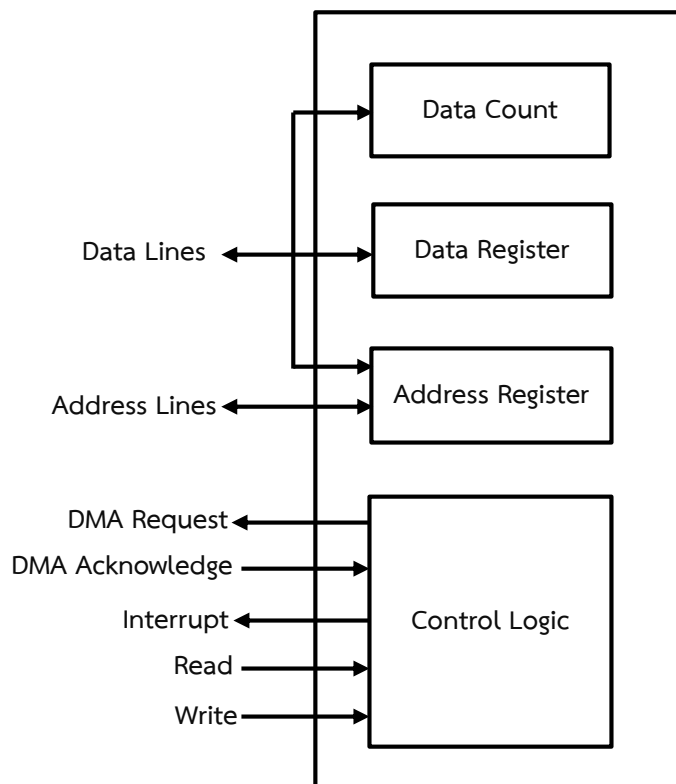
1. ต้องมีวิธีการเชื่อมต่อของอินพุต/เอาต์พุต และหน่วยความจำ
2. ไอโอโมดูลที่มีความสัมพันธ์กับอุปกรณ์เฉพาะแบบ จะต้องสามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำได้
3. ต้องหลีกเลี่ยงปัญหาที่จะเกิดขึ้นระหว่างซีพียูและไอโอโมดูล

#### 8.5.3.1 ข้อดีของการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง (Direct Memory Access : DMA)

1. เหมาะสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลบนดิสก์ที่มีความเร็วสูง
2. ในขณะที่มีการถ่ายโอนข้อมูล ซีพียูสามารถทำงานอื่นได้
3. มีประโยชน์สำหรับระบบมัลติยูสเซอร์
4. การถ่ายโอนข้อมูลอยู่ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง
5. ในบัสหลักมีการใช้โมดูลเพิ่มเติมเรียกว่า ดีเอ็มเอโมดูล (DMA Module)

6. มีลักษณะการทำงานเลียนแบบการทำงานของโปรเซสเซอร์ คือสามารถถ่ายโอนข้อมูลในหน่วยความจำผ่านบัสหลักได้

7. ไม่ขัดขวางการทำงานของโปรเซสเซอร์ ทำให้โปรเซสเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งการทำงานแบบนี้เรียกว่า การขโมยวงรอบเวลา (Cycle stealing)



ภาพที่ 8.11 แสดงไดอะแกรมของการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง

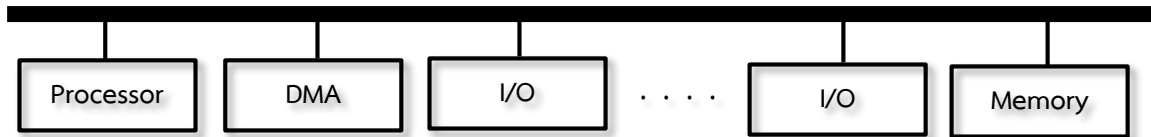
#### 8.5.3.2 ข้อมูลที่ต้องมีเพื่อควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง

1. ตำแหน่งของข้อมูลของอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต
2. ตำแหน่งเริ่มต้นของบล็อกข้อมูลในหน่วยความจำ
3. ขนาดของบล็อกข้อมูลที่ถูกถ่ายโอน
4. ทิศทางของการถ่ายโอนข้อมูล ได้แก่ การอ่าน (จากอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตไปหาหน่วยความจำ) หรือ การเขียน (จากหน่วยความจำไปหาอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต)

#### 8.5.3.3 รูปแบบการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง

1. ทุกโมดูลใช้บัสร่วมกัน

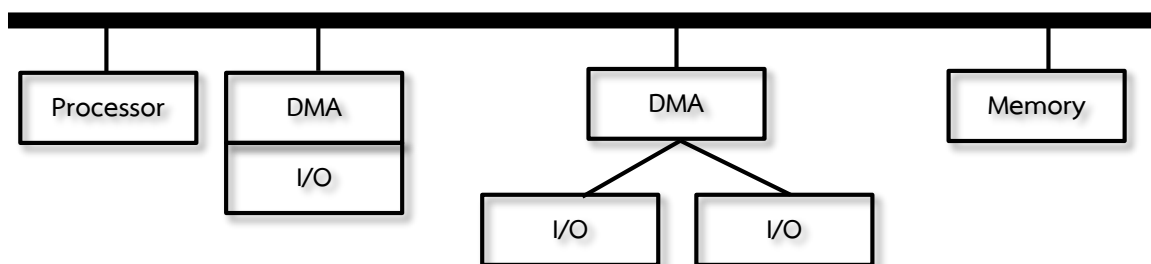
โดยดีเอ็มเอโมดูลจะทำหน้าที่แทนโปรเซสเซอร์ ใช้ในการควบคุมอินพุต/เอาต์พุตผ่านโปรแกรม เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยความจำและไอโอโมดูลผ่านทางดีเอ็มเอโมดูล



ภาพที่ 8.12 แสดงไดอะแกรมแบบทุกโมดูลใช้บัสร่วมกัน

## 2. การรวมดีเอ็มเอฟังก์ชันเข้ากับไอโอฟังก์ชัน

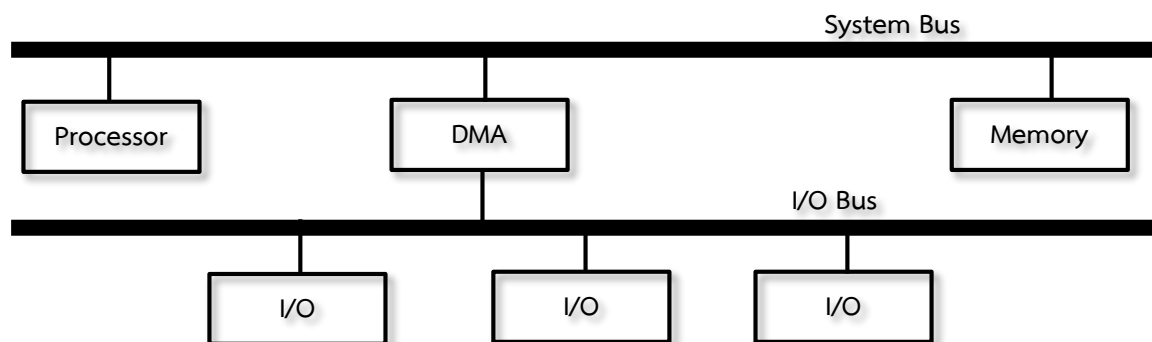
เป็นการลดจำนวนบัสลง โดยจะมีเส้นทางที่แยกจากบัสเชื่อมต่อระหว่างดีเอ็มเอโมดูลและไอโอโมดูล ซึ่งในทางลอจิกนั้นการทำงานของดีเอ็มเอโมดูลเป็นส่วนหนึ่งของไอโอโมดูล หรืออาจจะแยกเป็นโมดูลต่างหากออกไปเพื่อควบคุมการทำงานของไอโอโมดูลอื่น ๆ ได้



ภาพที่ 8.13 แสดงไดอะแกรมแบบการรวมดีเอ็มเอฟังก์ชันเข้ากับไอโอฟังก์ชัน

## 3. การเชื่อมต่อไอโอโมดูลกับดีเอ็มเอโมดูลโดยใช้ไอโอบัส

การเชื่อมต่อแบบนี้มีข้อดีคือ ช่วยลดจำนวนอินเทอร์เฟซในดีเอ็มเอโมดูลให้เหลือเพียงอินเทอร์เฟซเดียว และช่วยขยายความสามารถของดีเอ็มเอโมดูลออกไปได้อีกด้วย

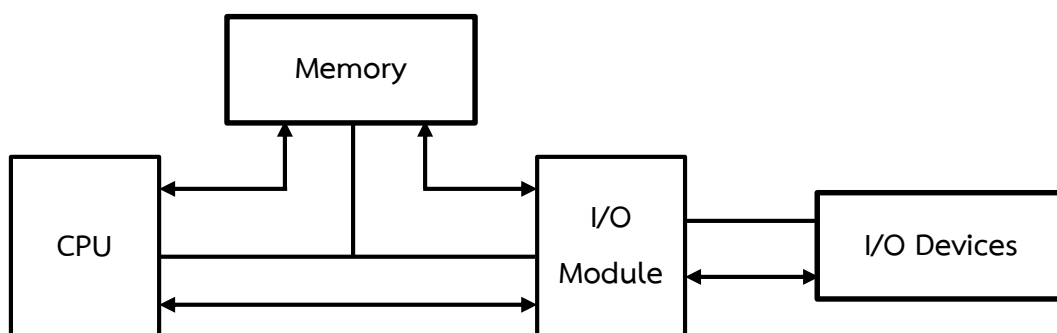


ภาพที่ 8.14 แสดงไดอะแกรมแบบการเชื่อมต่อไอโอโมดูลกับดีเอ็มเอโมดูลโดยใช้ไอโอบัส

#### 8.5.4 สถาปัตยกรรมซีพียู หน่วยความจำ และอินพุต/เอาต์พุต

องค์ประกอบพื้นฐานของการอินเทอร์เฟซระหว่างซีพียูและอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่

1. ซีพียู
2. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต
3. หน่วยความจำ (ยกเว้น อินพุต หรือเอาต์พุตขึ้นเดี่ยว ที่สามารถถูกถ่ายโอนข้อมูลโดยตรงจากรีจิสเตอร์)
4. ไอโอโมดูลที่เป็นเสมือนอินเทอร์เฟซระหว่างซีพียูหรือหน่วยความจำ และอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต
5. บัสที่เชื่อมต่อองค์ประกอบเหล่านั้นเข้าด้วยกัน
6. เส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างซีพียูและไอโอโมดูลเพื่อให้ซีพียูใช้คำสั่งควบคุมอินพุต/เอาต์พุตด้วยโปรแกรม และส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์ไปยังซีพียู
7. ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างไอโอโมดูลและหน่วยความจำ สำหรับการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง
8. เส้นทางที่เชื่อมต่อโดยตรงระหว่างองค์ประกอบเหล่านี้ ในความเป็นจริงแล้วโครงสร้างการเชื่อมต่อภายในคอมพิวเตอร์ที่ี้อาจจะเป็นการเชื่อมต่อโดยตรง หรืออาจจะเป็นสวิตช์ที่ทำให้เกิดการเชื่อมต่อในเวลาที่ต้องการก็ได้
9. ความแตกต่างในการเชื่อมต่อทำให้เกิดสถาปัตยกรรมระบบที่ต่างกันตามความต้องการของผู้ออกแบบ เป้าหมายที่แตกต่างกัน และแนวคิดในการออกแบบที่แตกต่างกัน
10. สถาปัตยกรรมอินพุต/เอาต์พุตแบบพื้นฐานมี 2 แบบที่ถูกนำมาใช้คือ สถาปัตยกรรมบัส (Bus Architecture) และสถาปัตยกรรมช่องทางข้อมูล (Channel Architecture)



ภาพที่ 8.15 แสดงเส้นทางพื้นฐานการเชื่อมต่อซีพียู หน่วยความจำ และอินพุต/เอาต์พุต

#### 8.5.5 อินพุต/เอาต์พุต โมดูล

##### 8.5.5.1 ฟังก์ชันของไอโอโมดูล

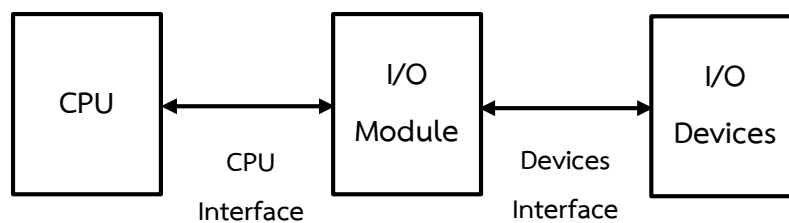
ไอโอโมดูลเป็นอินเทอร์เฟซระหว่างซีพียูกับอุปกรณ์ ซึ่งไอโอโมดูลมีฟังก์ชันที่สำคัญ 2 ส่วนได้แก่

1. การอินเทอร์เฟซกับซีพียู

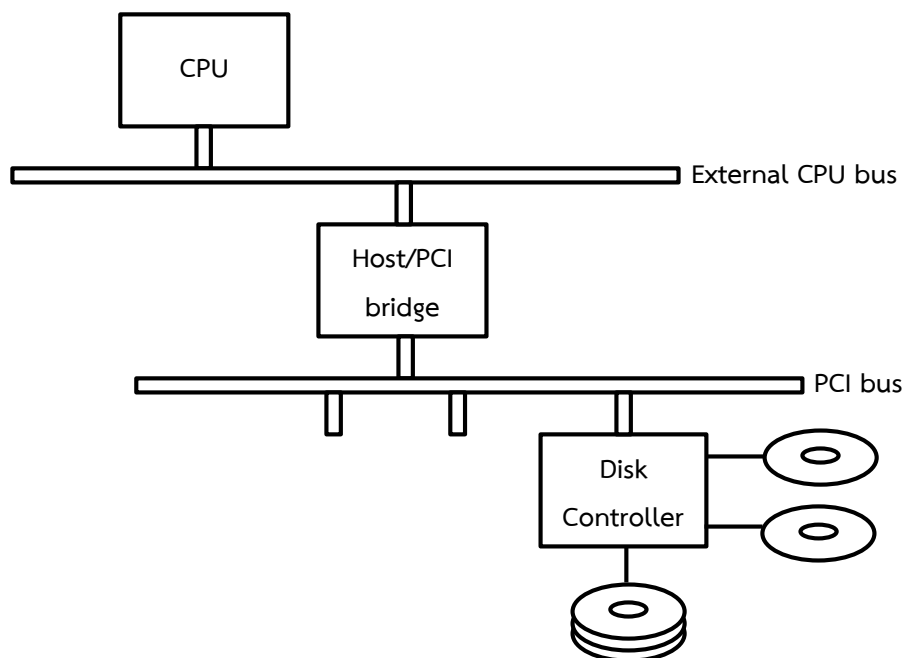
ไอโอโมดูลจะรับคำสั่งจากซีพียู ทำหน้าที่ถ่ายโอนข้อมูลระหว่างโมดูลกับซีพียูหรือหน่วยความจำ และส่งอินเทอร์รัพท์และข้อมูลสถานะไปยังซีพียู

2. การอินเทอร์เฟซกับอุปกรณ์

ไอโอโมดูลมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ เช่น การย้ายตำแหน่งหัวอ่านในดิสก์ หรือการกรอเทป



ภาพที่ 8.16 แสดงการอินเทอร์เฟซของไอโอโมดูล



ภาพที่ 8.17 แสดงการอินเทอร์เฟซของไอโอโมดูลของดิสก์คอนโทรลเลอร์กับดิสก์



#### 8.5.5.2 หน้าทีของไอโอโมดูล

1. รับแมสเสจที่เป็นแอดเดรสเข้ามา แล้วรับคำสั่งจากซีพียู เพื่อทำงานกับดิสก์ที่กำหนด
2. เตรียมบัฟเฟอร์ไว้เพื่อพักข้อมูล จนกว่าข้อมูลจะถูกถ่ายโอนมายังดิสก์ได้
3. เตรียมรีจิสเตอร์ที่จำเป็น และสัญญาณควบคุม เพื่อการถ่ายโอนข้อมูลกับหน่วยความจำโดยตรง
4. ควบคุมการทำงานของดิสก์ไดรฟ์ โดยการย้ายหัวอ่านไปยังตำแหน่งที่ต้องการเขียนข้อมูล
5. ก๊อปปี้ข้อมูลจากบัฟเฟอร์ไปยังดิสก์
6. มีความสามารถในการอินเทอร์รัพท์ เพื่อใช้ในการแจ้งข่าวให้ซีพียูทราบ เมื่อการถ่ายโอนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว
7. ไอโอโมดูลต้องปลดภาระงานของไอโอออกจากซีพียู เพื่อแยกโมดูลที่ออกแบบสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์ของไอโอออกมา
8. ไอโอโมดูลที่เป็นหน่วยควบคุมที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ เรียกว่า ดีไวซ์คอนโทรลเลอร์ (Device Controller) ซึ่งโดยปกติมักจะเรียกชื่อตามอุปกรณ์นั้น ๆ
9. การมีดีไวซ์คอนโทรลเลอร์ทำให้ซีพียูสามารถใช้คำสั่งเพื่อควบคุมไอโอเปอเรชั่นที่ซับซ้อนได้มากขึ้น อุปกรณ์หลายตัวที่อยู่ในกลุ่มประเภทเดียวกันสามารถใช้คอนโทรลเลอร์เพียงตัวเดียวได้ ทำให้สามารถลดเรื่องยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมให้ซีพียูทำงานร่วมกับอุปกรณ์ทั้งหมด
10. ไอโอโมดูลสนับสนุนการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง ทำให้ซีพียูมีเวลาว่างจากการทำงานอื่น

#### 8.5.6 อินพุตดีไวซ์

##### 1. คีย์บอร์ด (Keyboard)

เป็นอุปกรณ์ชนิดแรกที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ ถือเป็นอุปกรณ์อินพุตพื้นฐานที่ต้องมีในเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง และจัดเป็นอุปกรณ์หลักในการป้อนข้อมูลประเภทตัวอักษร (Alphabet) ตัวเลข (Number) ช่องว่าง (Space) และสัญลักษณ์ต่าง ๆ (Symbol) โดยคีย์บอร์ดจะรับข้อมูลโดยการกดคีย์ แล้วทำการเปลี่ยนเป็นรหัสเพื่อส่งต่อไปให้กับคอมพิวเตอร์

|   | 99 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| F |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| E |    | ⌫  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 0  | =  | ⌈  |    |    |    |    |    |    |
| D |    |    | Q  | W  | E  | R  | T  | Y  | U  | I  | O  | P  | @  |    |    | 7  | 8  | 9  |    |    |
| C |    |    | A  | S  | D  | F  | G  | H  | J  | K  | L  | +  | :  |    |    | -  | 4  | 5  | 6  |    |
| B |    |    | Z  | X  | C  | V  | B  | N  | M  | <  | >  | ?  |    |    |    |    | 1  | 2  | 3  |    |
| A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0  | 00 | .  | SP |    |
| Z |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

ภาพที่ 8.18 แสดงเลย์เอาต์ของคีย์บอร์ดตามมาตรฐาน ECMA-23

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| " | , | . | P | Y | F | G | C | R | L | ? | } |
| A | O | E | U | I | D | H | T | N | S | - | - |
| : | Q | J | K | X | B | M | W | V | Z |   |   |

ภาพที่ 8.19 แสดงคีย์บอร์ด Dvorak

## 2. เมาส์และแทร็กบอล (Mouse & Trackball)

เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้ชี้ตำแหน่ง ใช้ในการควบคุมและเคลื่อนย้ายตำแหน่งบนจอภาพ ซึ่งพอร์ตในการเชื่อมต่อเมาส์มีทั้งแบบ serial ที่เป็นแบบเดิม และแบบ PS/2 ที่เป็นพอร์ตที่นิยมใช้ในปัจจุบัน สำหรับเมาส์ในปัจจุบันมักจะมีลูกกลิ้ง (Wheel) ซึ่งอยู่ระหว่างปุ่มคลิกซ้ายและคลิกขวา ลูกกลิ้งนี้สามารถเลื่อนขึ้นลงได้เพื่อสร้างความสะดวกในการใช้งานให้กับผู้ใช้ในกรณีที่ต้องการเลื่อนหน้าเพื่ออ่านข้อมูลด้านล่างสำหรับกรณีที่ข้อมูลมีจำนวนมากเกินกว่าที่จะแสดงในหนึ่งจอภาพ

เมาส์มีหลายชนิด เช่น เมาส์แบบไร้สาย (Wireless) เมาส์แบบออปติคัล (Optical) เมาส์แบบแทร็กบอล (Trackball) และเมาส์แบบสติ๊ก (Pointing Stick)



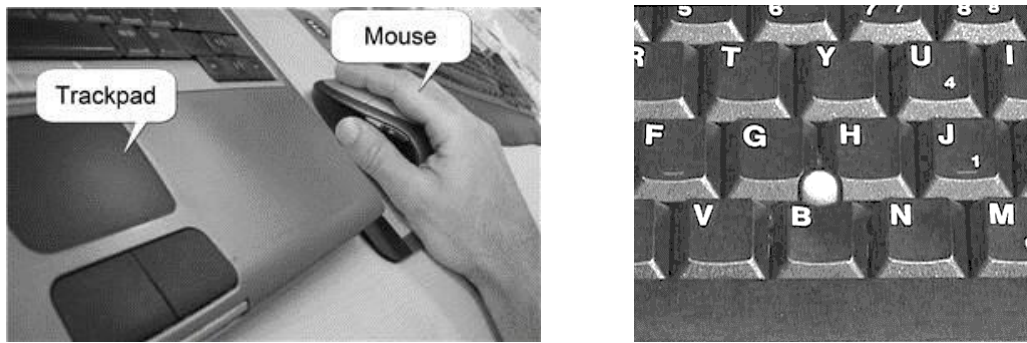
ภาพที่ 8.20 แสดงเมาส์แบบพอร์ต Serial และพอร์ต PS/2



ภาพที่ 8.21 แสดงเมาส์แบบมีลูกกลิ้ง (Wheel) และเมาส์แบบไร้สาย (Wireless)



ภาพที่ 8.22 แสดงเมาส์แบบออปติคัล (Optical) และเมาส์แบบแท่งบอล (Trackball)



ภาพที่ 8.23 แสดงเมาส์แบบแทร็กแพด (Trackpad) และเมาส์แบบสติ๊ก (Pointing stick)

### 3. ปากกาแสงและจอภาพแบบสัมผัส (LightPens & TouchScreen)

ปากกาแสงใช้สำหรับชี้ตำแหน่งบนจอภาพแบบพิเศษ มักนิยมใช้กับงานด้านการออกแบบ และงานด้านการแพทย์

จอภาพแบบสัมผัส เป็นจอภาพแบบพิเศษที่นอกจากเป็นอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลแล้วยังสามารถใช้เป็นอุปกรณ์นำเข้าสู่ข้อมูลได้อีกด้วย มักนำไปใช้ในธุรกิจร้านค้า โรงแรม สายการบิน พิพิธภัณฑ์ สถานบันเทิง รวมถึงธุรกิจธนาคาร โดยการใช้งานคือ ผู้ใช้นำนิ้วกดลงไปยังตำแหน่งที่ต้องการบนจอภาพ



ภาพที่ 8.24 แสดงปากกาแสง (LightPens)



ภาพที่ 8.25 แสดงจอภาพแบบสัมผัส (TouchScreen)

#### 4. จอยสติค (Joystick)

ใช้บอกตำแหน่งแนวตั้งและแนวนอนบนจอภาพด้วยระยะก้านที่ยื่นออกมาจากฐานของตัวจอยสติค ตัวก้านบังคับนั้นนอกจากใช้ควบคุมบังคับทิศทางแล้วยังมีปุ่มฟังก์ชันพิเศษเพื่อเลือกใช้ในการเล่นเกมส์ด้วย ซึ่งส่วนมากนิยมนำมาใช้กับงานวิดีโอเกมส์ และใช้กำหนดตำแหน่งในงานกราฟิก



ภาพที่ 8.26 แสดงจอยสติค (Joystick)

#### 5. ไมโครโฟน (Microphone)

เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับรับเสียง โดยเสียงที่พูดผ่านไมโครโฟนจะถูกส่งไปยังการ์ดเสียง (Sound Card) แล้วถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลและจัดเก็บลงในคอมพิวเตอร์ และนำไปประมวลผลต่อได้ ในทางตรงกันข้ามการ์ดเสียงก็สามารถแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกและส่งเสียงผ่านลำโพงให้เราได้ยินได้ ปัจจุบันมักมีการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยเสียง ไม่ว่าจะเป็นการพูดเพื่อสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน การจดจำเสียง (Speech Recognition) หรือการใช้เสียงในการกำหนดรหัสผ่าน



ภาพที่ 8.27 แสดงไมโครโฟน (Microphone)

## 6. กล้องวิดีโอพีซี (PC Video Camera)

ในปัจจุบันมีการนำกล้องวิดีโอพีซีมาใช้กับคอมพิวเตอร์กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตและมัลติมีเดียมีความเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ผู้ใช้คอมพิวเตอร์จึงมักสรรหาอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์มากขึ้น นิยมใช้กล้องวิดีโอพีซีในการสนทนาหรือการประชุมผ่านอินเทอร์เน็ตโดยมีกล้องวิดีโอเชื่อมต่อทำให้คู่สนทนาสามารถเห็นหน้ากันและกันได้ หรือใช้ในการประชุมร่วมกันผ่านเครือข่าย ซึ่งภาพที่บันทึกจากกล้องวิดีโอพีซีนั้นสามารถใช้โปรแกรมตัดต่อภาพได้เช่นเดียวกับในสตูดิโอ



ภาพที่ 8.28 แสดงกล้องวิดีโอพีซี (PC Video Camera)

## 7. กล้องดิจิทัล (Digital Camera)

มีลักษณะการทำงานคล้ายกับกล้องถ่ายรูปโดยทั่วไป แต่สามารถใช้งานได้คล่องตัวและสะดวกกว่า ภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลมีความละเอียดสูง ไม่จำเป็นต้องใช้ฟิล์ม จัดเก็บภาพในรูปแบบของไฟล์ดิจิทัลที่บันทึกลงในหน่วยความจำ โดยภาพที่ได้อยู่ในรูปแบบของนามสกุลไฟล์ TIFF RAW หรือ JPG และสามารถนำภาพที่ถ่ายจากกล้องดิจิทัลมาอัดเป็นรูปได้ นอกจากการถ่ายภาพนิ่งโดยทั่วไปแล้วกล้องดิจิทัลยังสามารถถ่ายภาพต่อเนื่องได้เช่นเดียวกับกล้องวิดีโอ สามารถบันทึกภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงได้ แต่มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการถ่ายวิดีโอเนื่องจากต้องใช้ความจุของหน่วยความจำสูง



ภาพที่ 8.29 แสดงกล้องวิดีโอพีซี (PC Video Camera)



## 8. สแกนเนอร์ (Scanner)

เป็นอุปกรณ์อินพุตอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เนื่องจากให้ความสะดวกต่อการใช้งานหลาย ๆ ด้าน อุปกรณ์อินพุตที่อยู่ในกลุ่มของสแกนเนอร์มีหลายชนิด ได้แก่ เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Scanner) เครื่องสแกนภาพ (Image Scanner) และเครื่องอ่านอักขระโอซีอาร์ (Optical Character Recognition : OCR)

### - เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Scanner)

เป็นเครื่องอ่านรหัสแท่งหรือบาร์โค้ด มักนิยมใช้กับงานในห้องสมุด ห้างสรรพสินค้า หรือซูเปอร์มาร์เก็ต การนำเครื่องอ่านบาร์โค้ดมาใช้อ่านข้อมูลแทนการคีย์ข้อมูลผ่านทางคีย์บอร์ดทำให้มีความรวดเร็ว ไม่มีความผิดพลาด ซึ่งรหัสบาร์โค้ดมีหลายรูปแบบด้วยกันโดยเป็นไปตามมาตรฐานต่าง ๆ แสดงด้วยรูปแบบของแถบรหัสสีขาว และสีดำที่มีความกว้างของแถบที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 8.30 แสดงเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Scanner)



<http://www.barcode-produce.com>

**BARCODE** (บาร์โค้ด) แท่งบาร์โค้ด หรือ อีกชื่อ คือ รหัสบาร์โค้ด

บาร์โค้ดส่วนใหญ่ก็ใช้กัน จะมีดังต่อไปนี้ดังรูปภาพตัวอย่าง



Data Matrix



QR Barcode



EAN-13



Int 2 of 5



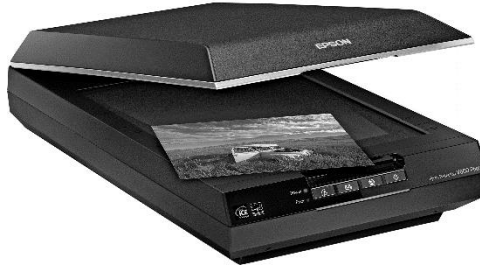
UPC - A

ภาพที่ 8.31 แสดงรูปแบบรหัสบาร์โค้ด

### - เครื่องสแกนภาพ (Image Scanner)

ใช้สำหรับสแกนภาพหรือเอกสารต่าง ๆ หลักการทำงานคือ แปลงข้อมูลอนาล็อกให้เป็นดิจิทัลด้วยการส่องแสงไปยังวัตถุหรือเอกสารที่ต้องการสแกน จากนั้นแสงที่ส่องไปยังวัตถุจะสะท้อนกลับมา

และส่งไปยัง CCD (Charge Coupled Device) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ไวต่อแสง ภาพหรือวัตถุที่ได้จากการสแกนจะเป็นพอร์แมตของไฟล์รูปภาพและสามารถนำภาพที่สแกนได้เหล่านั้นมาตกแต่งด้วยโปรแกรมแต่งภาพได้



ภาพที่ 8.32 แสดงเครื่องสแกนภาพ (Image Scanner)

- เครื่องอ่านอักขระโอซีอาร์ (Optical Character Recognition : OCR)

เป็นเครื่องที่ใช้สำหรับสแกนภาพเอกสารที่เป็นข้อความ ซึ่งอาจเป็นข้อความที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ดีด พิมพ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือลายมือเขียน ซึ่งเครื่องอ่านอักขระโอซีอาร์จะมีซอฟต์แวร์ในการแปล (Translate) ภาพที่ถูกสแกนนี้ให้เป็นตัวอักษร เพื่อจัดเก็บลงในคอมพิวเตอร์เป็นรูปแบบเท็กซ์ไฟล์ (Text File) หรือไฟล์ประเภทเวิร์ดโปรเซสซิง (Word Processing) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรมประมวลผลคำต่าง ๆ ได้

โดยหลักการทำงานของเครื่องโอซีอาร์คือ จะสแกนภาพที่อยู่ในรูปแบบเอกสารที่เป็นข้อความดังกล่าวข้างต้น แล้วจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ในรูปแบบไฟล์บิตแมพ (Bitmap) ที่ประกอบด้วยจุด (Grid dots) โดยแต่ละจุดจะแทนค่า 1 บิต หรือมากกว่า จากนั้นซอฟต์แวร์ของเครื่องโอซีอาร์ก็จะทำการแปลจุดเหล่านั้นให้เป็นข้อความเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจลักษณะของตัวหนังสือหรือตัวเลข



ภาพที่ 8.33 แสดงเครื่องอ่านอักขระโอซีอาร์ (Optical Character Recognition : OCR)



- เครื่องโอเอ็มอาร์ (Optical Mark Recognition : OMR)

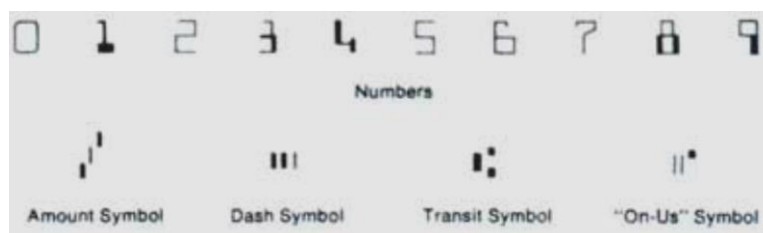
เป็นเครื่องที่ใช้สำหรับอ่านคำตอบในการตรวจสอบแบบปรนัยด้วยการฝนด้วยดินสอ ขนาด 2B ลงในกระดาษคำตอบ (Answer sheet) ตรงช่องตัวเลือกที่กำหนดไว้ ซึ่งเครื่องอ่านโอเอ็มอาร์นี้จะใช้แสงในการอ่านด้วยการเทียบคำตอบที่ถูกฝนไว้ว่าตรงกับคีย์คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่



ภาพที่ 8.34 แสดงเครื่องโอเอ็มอาร์ (Optical Mark Recognition : OMR)

- เครื่องเอ็มไอซีอาร์ (Magnetic-Ink Character Recognition Reader : MICR)

เป็นเครื่องอ่านสัญลักษณ์ที่อ่านได้ทั้งตัวเลข และสัญลักษณ์พิเศษ 4 ตัว ซึ่งตัวเลขและสัญลักษณ์เหล่านี้ประกอบด้วยหมึกที่มีสารแม่เหล็กเจือปนอยู่ (Magnetic-Ink) มักใช้ในธุรกิจธนาคารในการตรวจสอบเช็คของธนาคารเพื่อป้องกันการปลอมแปลงเช็ค



ภาพที่ 8.35 แสดงตัวเลขและสัญลักษณ์พิเศษ



ภาพที่ 8.36 แสดงตัวอย่างเช็คธนาคาร

### 8.5.7 เอ้าต์พุตทีวี

เป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้แสดงผลที่ได้จากการประมวลผล

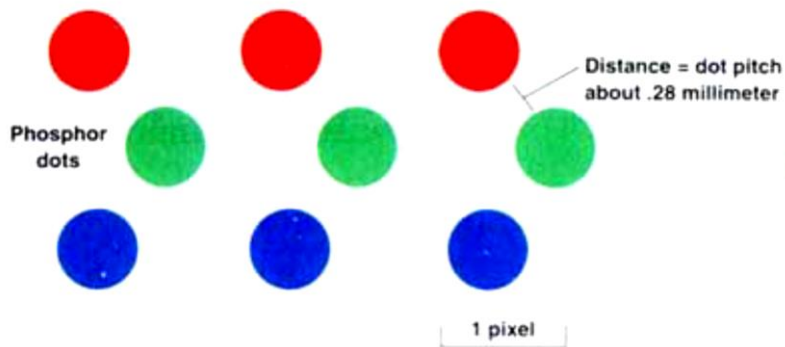
#### 1. จอภาพ (Monitor)

- จอภาพแบบซีอาร์ที (Cathode Ray Tube : CRT)

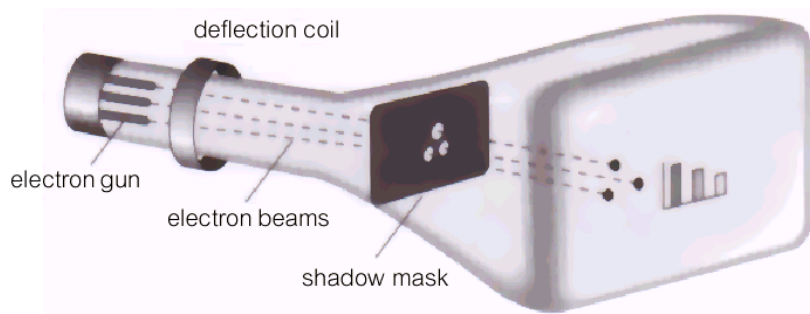
เป็นจอภาพที่รับสัญญาณภาพแบบอนาล็อก พัฒนามาจากหลอดภาพโทรทัศน์ด้วยการใช้หลอดภาพในการแสดงผลภาพ ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสูง จึงทำให้เกิดความร้อนเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ลักษณะการแสดงผลบนจอภาพซีอาร์ทีจะเป็นจุดเล็ก ๆ ที่แต่ละจุดประกอบด้วยแม่สีคือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) เรียกว่าฟอสเฟอร์ (Phosphor) โดยระยะห่างของจุดทั้งสามเรียกว่า ดอทพิทช์ (Dot Pitch) และเมื่อมีการรวมตัวกันของจุดสีทั้งสามเรียกว่า พิกเซล (Pixel)



ภาพที่ 8.37 แสดงจอภาพแบบซีอาร์ที (Cathode Ray Tube : CRT)



ภาพที่ 8.38 แสดงระยะห่างของจุด (Dot Pitch)



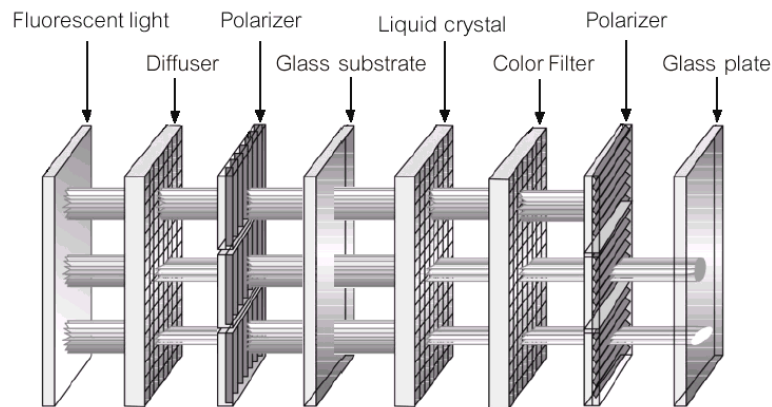
ภาพที่ 8.39 แสดงไดอะแกรมของจอภาพแบบซีอาร์ที  
ที่มา (น.ท.ไพศาล โมลิสกุลมงคล และคณะ สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์, 2547)

เทคโนโลยีของจอภาพแบบซีอาร์ทีจะสร้างภาพด้วยการฉายแสงอิเล็กตรอนไปยังด้านหลังของจอภาพซึ่งมีสารฟอสฟอรัสเคลือบอยู่ โดยสารนี้จะส่องสว่างขึ้นเมื่อถูกแสงอิเล็กตรอนกระทบ จึงเกิดเป็นภาพขึ้น แต่เนื่องจากสารดังกล่าวนี้ไม่สามารถส่องสว่างในระยะเวลาได้นานได้ จึงจำเป็นต้องมีการฉายแสงใหม่ในทุก ๆ ระยะเรียกว่า การรีเฟรช (Refresh Rate) ซึ่งเป็นความเร็วในการยิงอิเล็กตรอนที่ทำให้เกิดจุดเรืองแสงขึ้นบนจอภาพ โดยจุดดังกล่าวจะหายไปเองภายในระยะเวลาไม่นาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการยิงลำแสงอิเล็กตรอนซ้ำที่จุดเดิมตลอดเวลา จากหลักการนี้ ถ้าอัตราความเร็วในการยิงลำแสงมีความถี่ต่ำ ก็จะทำให้เกิดอาการภาพกระพริบ ซึ่งส่งผลต่อระบบสายตา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับอัตราการรีเฟรชให้อยู่ในระดับความเร็วที่เหมาะสม

- จอภาพแบบแอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD Monitor)

จอภาพแบบแอลซีดีใช้วัตถุที่เป็นผลึกเหลว (Liquid Crystal) แทนการใช้หลอดภาพในแบบจอซีอาร์ที และใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ในการผลิตแสงสว่าง จึงทำให้จอภาพแบบแอลซีดีใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าจอภาพแบบซีอาร์ทีประมาณถึงหนึ่งในสาม

จอภาพแบบแอลซีดีเป็นจอภาพแบบเรียบ (Flat-Panel Display) ที่มักใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กและเครื่องพีดีเอทั่ว ๆ ไป แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันก็มีจอภาพแบบแอลซีดีที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะแล้ว



ภาพที่ 8.40 แสดงไดอะแกรมของจอภาพแบบแอลซีดี  
ที่มา (น.ท.ไพศาล โมลิสกุลมงคล และคณะ สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์, 2547)



ภาพที่ 8.41 แสดงจอภาพแบบแอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD Monitor)

## 2. เครื่องพิมพ์ (Printer)

เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตมาตรฐานอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการพิมพ์ข้อมูลสารสนเทศลงบนกระดาษ (Hard Copy) ซึ่งปัจจุบันมีเครื่องพิมพ์หลายประเภทให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสมดังนี้

### - เครื่องพิมพ์แบบดอตเมทริกซ์ (Dot Matrix Printer)

เครื่องพิมพ์แบบดอตเมทริกซ์ (Dot Matrix Printer) เป็นเครื่องพิมพ์แบบใช้แรงกระแทก มีลักษณะการทำงานคือ ใช้หัวเข็มกระแทกลงบนผ้าหมึกเพื่อให้เกิดจุดรวมกันเป็นหนึ่งตัวอักษร โดยหัวพิมพ์ของเครื่องพิมพ์แบบดอตเมทริกซ์นี้จะมีหัวเข็ม (Pin) บรรจุอยู่ มีแบบ 9 พิน และแบบ 24 พิน ซึ่งเครื่องพิมพ์ที่มีจำนวนพินหรือจำนวนเข็มมากกว่าก็จะได้ตัวอักษรที่มีความละเอียดกว่า โดยเครื่องพิมพ์แบบใช้แรงกระแทกนี้มิให้เลือกใช้ทั้งแบบแคร์ยาวและแบบแคร์สั้น

ในปัจจุบันนี้ถึงแม้เครื่องพิมพ์ชนิดนี้ได้รับความนิยมน้อยลง แต่ก็ยังคงมีใช้กันอยู่บ้าง เนื่องจากตัวเครื่องมีราคาถูก มีความทนทาน บำรุงรักษาง่าย และประหยัด เหมาะสำหรับการพิมพ์ข้อความ

ทั่วไป การพิมพ์สำเนา และการพิมพ์บนกระดาษต่อเนื่อง ความเร็วของเครื่องพิมพ์ชนิดนี้พิจารณาจากจำนวนตัวอักษรที่พิมพ์ได้ในหนึ่งวินาที (Characters per Second : CPS) เช่น ในโหมดการพิมพ์แบบเร็ว (Draft Mode) สามารถพิมพ์ได้ 500 CPS ที่ขนาดตัวอักษร 10 CPI (Characters per Inch) แต่เครื่องพิมพ์ชนิดนี้มีข้อเสียคือ ขณะที่พิมพ์จะส่งเสียงดัง และไม่เหมาะกับการพิมพ์รูปภาพ



ภาพที่ 8.42 แสดงเครื่องพิมพ์แบบดอตเมทริกซ์ (Dot Matrix Printer)

- เครื่องพิมพ์แบบบรรทัด (Line Printer)

มีลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่องพิมพ์แบบดอตเมทริกซ์ แต่จะพิมพ์ออกมาเป็นบรรทัด (แบบดอตเมทริกซ์พิมพ์ทีละตัวอักษร) เครื่องพิมพ์แบบบรรทัดมักใช้กับระบบงานที่ต้องการพิมพ์ข้อมูลปริมาณมาก ๆ ไม่เน้นความละเอียดสูง แต่เน้นความเร็วในการพิมพ์ ซึ่งสามารถพิมพ์ข้อความได้ถึง 3,000 บรรทัดต่อ นาที



ภาพที่ 8.43 แสดงเครื่องพิมพ์แบบบรรทัด (Line Printer)

- เครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท (Ink-Jet Printer)

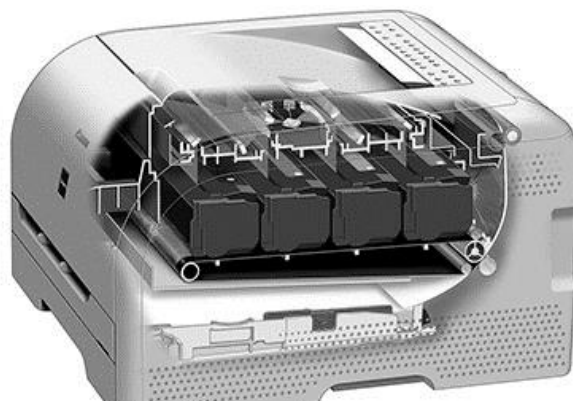
ใช้หลักการพ่นหมึก ซึ่งสามารถพิมพ์ได้ทั้งตัวอักษรและรูปภาพ เครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท รุ่นเล็กทั่ว ๆ ไปมีความเร็วในการพิมพ์สำหรับหมึกดำประมาณ 5-12 แผ่นต่อนาที ส่วนเครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท รุ่นใหญ่มีความเร็วในการพิมพ์สำหรับหมึกดำประมาณ 20 แผ่นต่อนาทีขึ้นไป เครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ทได้รับความนิยมสูงมากเนื่องจากมีราคาถูก และสามารถพิมพ์ภาพได้ความละเอียดสูง แต่ข้อเสียคือ ตลับน้ำหมึกมีราคาสูง



ภาพที่ 8.44 แสดงเครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท (Ink-Jet Printer)

- เครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ (Laser Printer)

หลักการทำงานมีลักษณะคล้ายกับเครื่องถ่ายเอกสาร ซึ่งหมึกที่ใช้เป็นผงหมึก (Toner) ที่บรรจุอยู่ในตลับ เครื่องพิมพ์เลเซอร์ที่ใช้กันส่วนใหญ่มักเป็นแบบขาวดำ เน้นความคมชัดของงานพิมพ์และเน้นความเร็วในการพิมพ์ โดยความละเอียดในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์รุ่นทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 300-600 dpi (dot per inch) ความเร็วในการพิมพ์อยู่ที่มากกว่า 20 แผ่นต่อนาที ส่วนเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์รุ่นใหญ่อยู่ที่ประมาณ 1200-1800 dpi ความเร็วในการพิมพ์อยู่ที่ 10-20 แผ่นต่อนาที เครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์เป็นเครื่องพิมพ์ที่มักนิยมใช้กับงานพิมพ์เอกสารทั่วไป มีราคาแพงกว่าเครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท แต่สามารถพิมพ์ได้ความคมชัดกว่า พิมพ์ได้รวดเร็วกว่า นอกจากนี้ยังมีเครื่องพิมพ์เลเซอร์แบบสี แต่มักใช้กับงานเฉพาะด้านเนื่องจากมีราคาสูง



ภาพที่ 8.45 แสดงเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ (Laser Printer)

## 8.6 สรุป

หน่วยรับเข้า/ส่งออก (I/O Device) ต้องมีการติดต่อสื่อสารกับซีพียูโดยผ่านไอโอโมดูล (I/O Module) ซึ่งเป็นวงจรอย่างหนึ่งที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ไอโอโมดูลจะมีวงจรลอจิกอยู่ภายในเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งวงจรลอจิกเหล่านี้ไม่ได้อยู่ในภายในซีพียูเนื่องจากเพื่อลดการทำงานของซีพียูให้ทำงานเฉพาะงานที่เป็นการประมวลผลเท่านั้น ไอโอโมดูลมีหน้าที่หลักในการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้อมูล (transfer data) ระหว่างอุปกรณ์ภายนอก (external device) กับซีพียู

โครงสร้างของไอโอบัสนั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1. Isolated I/O จะมีชุดของแอดเดรสบัส ดาต้าบัส และคอนโทรลลัส ซึ่งเป็นชุดของไอโอบัส และจะมีอีกชุดหนึ่งสำหรับเมมโมรีบัสที่แยกจากกัน 2. Shared I/O มีการใช้แอดเดรสบัสและดาต้าบัสร่วมกัน เป็นไอโอบัสและเมมโมรีบัส แต่มีสัญญาณควบคุมคนละเส้นกัน สำหรับอ่าน เขียน อินพุต และเอาต์พุต 3. Memory-map I/O แบบนี้จะมีอีกบัสหนึ่งที่ใช้ทั้งในไอโอและหน่วยความจำ จากภาพที่ 8.5 เป็นการใช้อินโทรลลัสร่วมกัน ช่วงของเมมโมรีแอดเดรสจะถูกกันไว้สำหรับไอโอริจิสเตอร์

อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตใช้เทคนิคการทำงานโดยการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง (Direct Memory Access : DMA) ซึ่งเทคนิคนี้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันโดยตรงระหว่างไอโอโมดูลและหน่วยความจำหลัก โดยไม่เกี่ยวข้องกับโปรเซสเซอร์

องค์ประกอบพื้นฐานของการอินเทอร์เฟซระหว่างซีพียูและอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่ ซีพียู อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต หน่วยความจำ ไอโอโมดูล และบัส

อินพุตดีไวซ์ ได้แก่ คีย์บอร์ด เมาส์และแท็บเล็ต ปากกาแสงและจอภาพแบบสัมผัส จอยสติ๊ก ไมโครโฟน กล้องวิดีโอพีซี กล้องดิจิทัล และสแกนเนอร์

เอาต์พุตดีไวซ์ ได้แก่ จอภาพ และเครื่องพิมพ์

## คำถามทบทวนประจำบท

~~~~~

**คำสั่ง** จงตอบคำถามต่อไปนี้ โดยอธิบายให้เข้าใจ

1. จงอธิบายหน้าที่ต่าง ๆ ของไอโอโมดูล
2. จงอธิบายความต้องการของระบบคอมพิวเตอร์ที่ต้องมีเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต
3. ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการออกแบบไอโอมีที่ประการ อะไรบ้าง
4. โครงสร้างของไอโอบัสมี่มีส่วน อะไรบ้าง จงอธิบายลักษณะของแต่ละส่วนมาเข้าใจ
5. วิธีการหาว่าอุปกรณ์ใดที่ส่งอินเทอร์รัพท์ให้ซีพียูมีกี่วิธี จงอธิบายการทำงานของแต่ละวิธีมาให้เข้าใจ