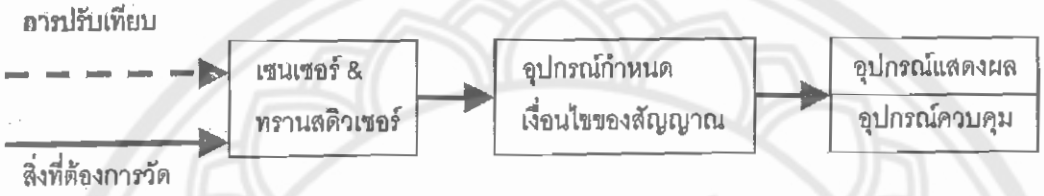
บทที่ 2
สมมุติฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการวัด

ระบบการวัดโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่ใช้ในการตรวจจับและเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงาน ส่วนที่ใช้กำหนดเงื่อนไขของสัญญาณ และส่วนที่ใช้ในการนำเสนอหรือควบคุม



รูปที่ 2.1ระบบการวัด

1. อุปกรณ์ตรวจจับและเปลี่ยนแปลงรูปของพลังงาน (Senser & Transducer)

จะมีหน้าที่ในการวัดคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ของสิ่งที่ต้องการวัดแล้วเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของพลังงานหรือสัญญาณแบบต่างๆ

2. อุปกรณ์กำหนดเงื่อนไขของสัญญาณ (Signal Conditioner)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับแต่งสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับ เพื่อที่จะนำสัญญาณที่ได้นี้ไปใช้กับระบบหรืออุปกรณ์อื่นๆ

3. ส่วนของการนำเสนอ (Terminal Read Out)

ในส่วนของการนำเสนอ เป็นส่วนที่ทำให้การวัดบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่เราต้องการซึ่งก็คือการวัดเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และการวัดเพื่อการควบคุม

2.1.1 เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ (Sensor & Tranducer)

เซนเซอร์ และ ทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับหรือวัดค่าคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล มุมเอียง เป็นต้นแล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณ หรือข้อมูลที่สอดคล้องและเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณ คำว่าเซนเซอร์นั้น จะใช้กับอุปกรณ์ซึ่งสามารถสร้างสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับค่าหรือปริมาณของสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยอาจเป็นสัญญาณชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกันก็ได้ ส่วนทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งให้

กลายเป็นอีกแบบหนึ่ง อย่างไรก็ตามในระบบการวัดอาจใช้ทรานสดิวเซอร์เพิ่มเข้าไปในเซนเซอร์เพื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานให้บรรลุวัตถุประสงค์

2.1.2 การแบ่งชนิดของทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน แต่ทั้งนี้เราอาจอาศัยหลักเกณฑ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แบ่งตามความต้องการพลัง
   - แอคตีฟทรานสดิวเซอร์ (active transducer) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่สามารถปลดปล่อยพลังงานเองได้ เช่น เทอร์โมคัปเปิล เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจะสามารถปล่อยพลังงานไฟฟ้าได้เอง
   - พาสซีฟทรานสดิวเซอร์ (passive transducer) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ไม่สามารถปลดปล่อยพลังงานเองได้ ต้องอาศัยแหล่งจ่ายพลังงานภายนอก
2. แบ่งตามลักษณะและกลไกการทำงาน
   - การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (variable resistance transducer)
   - การเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ (variable inductance transducer)
   - การเปลี่ยนแปลงค่าความจุ (variable capacitance transducer)
   - การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า (variable voltage transducer)
3. แบ่งตามชนิดของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน
   - ทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
   - ทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล
   - ทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
   - ทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
4. แบ่งตามการใช้งานว่าจะตรงส่วนใดของระบบ
   - อินพุตทรานสดิวเซอร์ (Input Transducer) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่เป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งทางด้านอินพุตของระบบเครื่องมือ เช่น ไมโครโฟน ถือได้ว่าเป็นอินพุตทรานสดิวเซอร์ของเครื่องขยายเสียง เป็นต้น
   - เอาต์พุตทรานสดิวเซอร์ (Output Transducer) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่เป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งทางด้านเอาต์พุตของระบบเครื่องมือ เช่น ลำโพง ถือได้ว่าเป็นเอาต์พุตทรานสดิวเซอร์ของระบบเครื่องขยายเสียง เป็นต้น

5. แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่ใช้

- อนาล็อกทรานสดิวเซอร์ (analog transducer) ทรานสดิวเซอร์ส่วนใหญ่จะให้เป็นแบบต่อเนื่องหรืออนาล็อก
- ไบนารีทรานสดิวเซอร์ (binary transducer) ทรานสดิวเซอร์จะให้สัญญาณเป็นแบบ เปิด– ปิด (on – off) หรือทำงานกับไม่ทำงาน
- ดิจิตอลทรานสดิวเซอร์ (digital transducer) ทรานสดิวเซอร์ประเภทนี้จะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นแบบดิจิตอล

6. แบ่งตามข้อมูลหรือวัตถุประสงค์ในการวัด

ตัวอย่างเช่นทรานสดิวเซอร์ที่ใช้วัดมุม วัดอุณหภูมิ วัดความดัน วัดตำแหน่ง

2.1.3 ศัพท์เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์และการวัด

ในการปฏิบัติงาน จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องทราบความหมายของศัพท์เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์และการวัด ทั้งนี้ก็เพื่อทำให้เราสามารถเลือกและนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1. ย่านวัด (Range) เป็นการจำกัดค่าของอินพุต และเอาต์พุตของเซนเซอร์ หรือทรานสดิวเซอร์ในการใช้งาน

2. ความผิดพลาด (Error) เนื่องจากความจริงที่ว่า ขั้นตอนดำเนินการและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดจะไม่สมบูรณ์แบบในทางปฏิบัติ ดังนั้นจะเกิดความแตกต่างขึ้นระหว่างผลที่ได้จากการวัด และค่าจริงของปริมาณที่ถูกวัด ความแตกต่างนี้จะเรียกว่า ความผิดพลาด ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถหาค่าผิดลาดในการวัดได้อย่างแน่นอน ดังนั้นผลที่ได้จากการวัดจึงมีความไม่แน่นอนร่วมอยู่ด้วยเสมอ

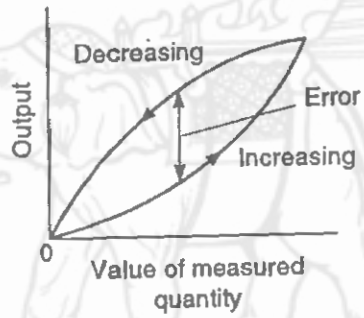
3. ความแม่นตรง (Accuracy) และความเที่ยงตรง (Precision) ในการวัดค่า ความแม่นตรง และ ความเที่ยงตรง ถือว่า เป็นลักษณะจำเพราะของกระบวนการวัด ความแม่นตรงหมายถึง ค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริงมากเพียงใด ในขณะที่ความเที่ยงตรง จะมีสองความหมาย ความหมายแรกหมายถึง สามารถวัดได้ละเอียด (sharp definition) อุปกรณ์วัดที่มีความละเอียดสูงหมายถึง มันมีสเกลที่แบ่งย่อยละเอียดมากทำให้สามารถอ่านได้ละเอียด ในอีกความหมายหนึ่งของคำว่าเที่ยงตรงก็คือ ค่าที่วัดได้เข้าใกล้กันเพียงใด ในความหมายนี้จะหมายถึง ความคงเส้นคงวา (consistency) หรือความสามารถซ้ำค่าเดิม (repeatibility) ของผลการวัด อุปกรณ์วัดที่มีความเที่ยงตรงสูงหมายถึง ค่าที่วัดได้จากการวัดจะมีการกระจายน้อยกว่าอุปกรณ์วัดที่มีความเที่ยงตรงต่ำ

4. ความไว (Sensitivity) หมายถึง อัตราส่วนของสัญญาณเอาต์พุตหรือการตอบสนองของอุปกรณ์วัดต่อการเปลี่ยนแปลงของอินพุต หรือค่าที่ถูกวัด ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์วัดมุมเอียงตัวหนึ่งซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้ามีความไวเป็น 0.5 mV/ 1 องศา

5. ความเป็นเชิงเส้น (Linearity) เป็นลักษณะของความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตโดยมีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง

6. ความมีเสถียรภาพ (Stability) ความมีเสถียรภาพของอุปกรณ์วัด หมายถึง ความสามารถในการให้สัญญาณเอาต์พุตเดิม เมื่อใช้วัดสัญญาณอินพุตที่คงที่แม้เวลาเปลี่ยนไป

7. **ฮีสเตอร์รีซีส (Hysteresis)** การที่อุปกรณ์วัดให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตที่แตกต่างไปจากค่าเดิม กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงอาจมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง ผลที่เกิดจากเหตุการณ์นี้เรียกว่า ฮีสเตอร์รีซีส ซึ่งค่าที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นค่าความผิดพลาดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2.2 แสดงการเกิดฮีสเตอร์รีซีส

2.1.4 หลักการเลือก และออกแบบเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

ปัจจัยหลักที่สำคัญในการออกแบบและเลือกเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ในการนำไปใช้งานนั้นมีหัวข้อที่ควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยทางด้านสัญญาณ

- ความแม่นตรง (Accuracy)
- ความไว (Sensitivity)
- ความเป็นเชิงเส้น (Linearity)
- สัญญาณด้านเอาต์พุต เช่น แบบอนาล็อก หรือ ไบนารี หรือ ดิจิตอล

2. ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม

- **การรบกวนทางสัญญาณ** เซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ที่ต้องถูกนำไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่มีการรบกวนมาก ย่อมต้องได้รับการออกแบบให้สามารถป้องกันการรบกวนนั้นได้
- **อุณหภูมิและความชื้น** เซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ บางชนิดจะมีผลต่ออุณหภูมิ เช่น อุปกรณ์วัดความดัน และบางชนิดอาจมีผลต่อความชื้น เช่น ทรานสดิวเซอร์ชนิดเก็บประจุ ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันหรือกำหนดค่าในการใช้งาน
- **การรับภาระเกิน** ในการออกแบบเพื่อการใช้งานนั้นใน บางครั้งอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมต่างๆ หรือ เหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดหวังอาจทำให้เซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ทำงานผิดปกติได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการเผื่อย่าน (Rang) ที่ใช้งานให้มากกว่าปกติ เพื่อเป็นการป้องกันเหตุการณ์ดังกล่าว
- **ความต้องการทางด้านความปลอดภัย** ตัวอย่าง เช่น สามารถป้องกันฝุ่น ละออง ไอน้ำ หรือ น้ำ หรือ ป้องกันการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกได้ เป็นต้น

3. ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการออกแบบและเลือกเซนเซอร์ หรือทรานสดิวเซอร์เพื่อนำไปใช้งานนั้น นอกจากปัจจัยที่กล่าวถึงในข้างต้นแล้ว ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีหัวข้อที่หน้าสนใจดังต่อไปนี้

- อายุการใช้งานและความคงทน
- ค่าใช้จ่ายในการทำ ติดตั้ง และบำรุงรักษา
- วัสดุ อุปกรณ์ ที่จะนำมาสร้างหรือประกอบหรือการจัดซื้อ ต้องสามารถหาหรือกระทำได้โดยง่าย

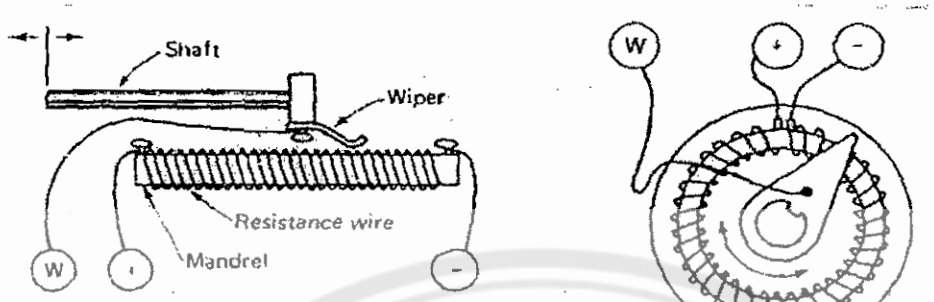
2.2 Potentiometer

Potentiometer คือ ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งตัว Potentiometer จะประกอบไปด้วยสองส่วนสำคัญตามที่แสดงในรูป 2.3 คือ

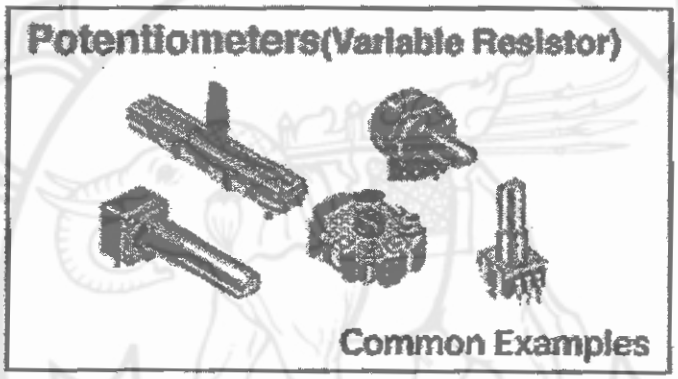
1.ขดลวดต้านทานจะอยู่กับที่

2. ตัว wiper ซึ่งเป็นตัวที่เคลื่อนที่สัมผัสไปตามความยาวของขดลวดต้านทาน

การเคลื่อนที่สัมผัสไปตามความยาวของขดลวดต้านทานของขดลวดต้านทานนี้จะทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป



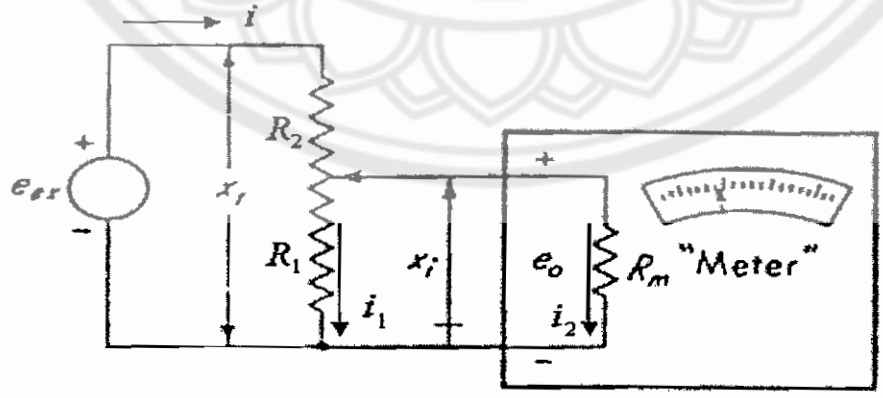
(a) (b)



รูปที่ 2.3 Potentiometer

จากคุณสมบัติของการเปลี่ยนค่าความต้านทานได้นี้ Potentiometer จึงถูกใช้เป็นตัว sensor สำหรับวัดตำแหน่งการกระจัดเชิงเส้นหรือเชิงมุม ซึ่งมีหลักการวัดดังต่อไปนี้

รูปวงจรโดยทั่วไปของ Potentiometer ได้แสดงไว้ตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจร Potentiometer

จากรูปที่ 2.4

X_t = ค่าความยาวทั้งหมดของขดลวดต้านทาน

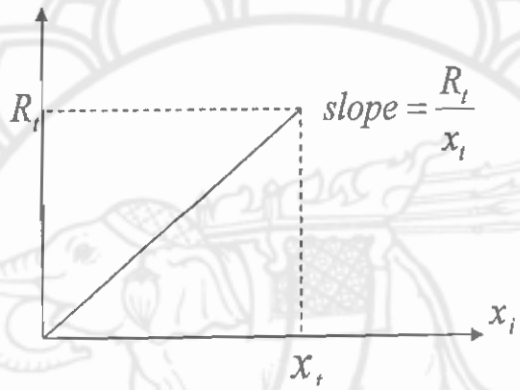
X_i = ค่าการกระจัดของตัว wiper

R_m = ค่าความต้านทานของ Load ภายนอกในที่นี้คือโวลต์มิเตอร์

E_o = ค่าความต่างศักย์ Output

E_{in} = ค่าความต่างศักย์ input

ถ้าค่าความต้านทานมีการกระจายสม่ำเสมอตลอดความยาวของขดลวดต้านทาน ค่าความต้านทานจะแปรผันโดยตรงกับการกระจัดดังกราฟรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กราฟความสัมพันธ์ R กับ X

จากกราฟรูปที่ 2.5 ค่า R_t คือค่าความต้านทานรวมของขดลวดดังนั้นจะได้

$$R_1 = (R_t/X_t)X_i \qquad (2.1)$$

$$R_2 = R_t - R_1 = (R_t/X_t)(X_t - X_i) \qquad (2.2)$$

จากรูปวงจรที่ 2.4 จะได้ค่าความต้านทานรวมเป็น

$$R = R_1 R_L /(R_1+R_L) + R_2$$

เนื่องจาก

$$i = i_1+i_2$$

ดังนั้น

$$E_{in}/R = E_0/R_1 + E_0/R_m$$

เมื่อแทนค่า R_1 / R_2 ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งการกระจัด X_i สุดท้ายจะได้

$$E_0/E_{in} = 1/(1/(X_i/X_t)+(R_t/R_m)(1-X_i/X_t)) \qquad (2.3)$$

จากสมการที่ 2.3 จะเป็นแบบ **nonlinear**

ถ้าค่าความต้านทานของ load ภายนอกที่ค่าสูงมาก $R_l/R_m = 0$ ดังนั้นสมการที่ 2.3 จะเขียนใหม่ได้เป็น

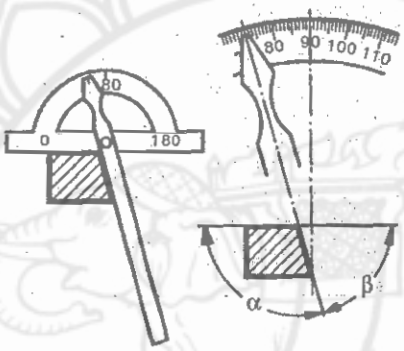
$$E_o/E_{in} = X_i/X_i$$

เนื่องจาก E_{in} และ X_i เป็นค่าคงที่

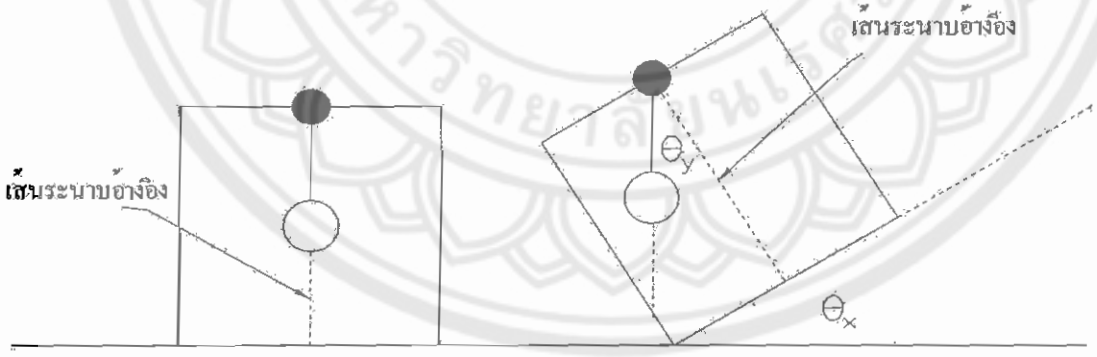
$$E_o = KX_i \qquad (2.4)$$

2.3 หลักการของตัววัดมุมเอียง

หลักการของตัววัดมุมที่จะสร้างขึ้นนี้จะเหมือนกับหลักการของใบวัดมุมตามที่แสดงในรูปที่ 2. 6



รูปที่ 2.6 ใบวัดมุมเอียง



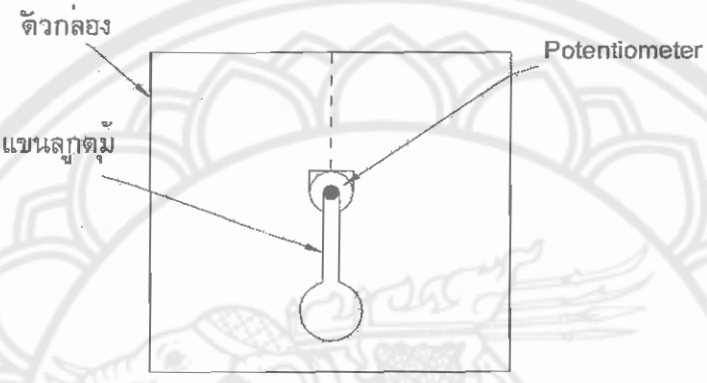
รูปที่ 2.7 ลักษณะตัวกล่องวัดมุม

จากรูปที่ 2.7 ลูกตุ้มที่ติดตั้งนี้จะสามารถหมุนได้อย่างอิสระ ดังนั้น จะพบว่าที่มุมเอียง 0 องศาจะเห็นว่าลูกตุ้มกับระนาบอ้างอิงจะทำมุมกันที่ 0 องศา แต่เมื่อกล่องเอียงทำมุม θ_x จะเห็นว่าลูกตุ้มจะทำมุมกับเส้นระนาบอ้างอิงเท่ากับ θ_y จากหลักการของแรงโน้มถ่วงของโลกจะได้ว่าเมื่อกล่องเอียงทำมุม θ ใดๆลูกตุ้มก็จะรักษาระดับอยู่ในแนวดิ่งหรือแนวแกน y อยู่ตลอดเวลา จึงกล่าว

ได้ว่า เมื่อ θ_x เปลี่ยนแปลงไปเท่าไรก็จะทำให้ θ_y เปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น จึงสรุปได้ว่า $\theta_x = \theta_y$ โดยหลักการนี้จะต้องไม่มีการสั้นสะเทือนมาเกี่ยวข้อง

โครงสร้างของตัววัดองศามุมเอียงแสดงในรูปที่ 2.8 โดยจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. ตัวกล่อง 2. potentiometer 3. แขนลูกตุ้ม โดยจะถูกติดตั้งบนเพลาของ potentiometer ซึ่งสามารถหมุนได้อย่างอิสระ



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของตัวกล่องวัดมุม

จากรูปที่ 2.8 ตัวกล่องวัดมุมเอียงจะเป็นลักษณะของกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งการออกแบบนั้นจะเน้นความเล็กกะทัดรัด เพื่อการนำไปใช้งานทั่ว ๆ ไปได้ โดยเราจะนำค่าสัญญาณ voltage ของ potentiometer มาสอบเทียบเพื่อหาตำแหน่งขององศามุมเอียงได้ ตามคุณสมบัติของ potentiometer ดังสมการ $E_p = K\theta$

2.4 ระบบแสดงผล

การแสดงผลของตัวเซนเซอร์ในโครงงานนี้ เราจะใช้การแสดงผลแบบตัวเลข ซึ่งจะเป็นไปในลักษณะของสัญญาณดิจิตอล ข้อดีของสัญญาณแบบดิจิตอลก็คือ จะให้ค่าทางสัญญาณที่แน่นอนกว่าสัญญาณทางไฟฟ้าแบบอนาล็อก เพราะสัญญาณทางไฟฟ้าแบบอนาล็อก จะให้ค่าสัญญาณที่ไม่แน่นอน และเนื่องจากในโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เน้นไปที่การสร้างตัวเซนเซอร์ ซึ่งไม่ได้เน้นถึงการออกแบบหรือสร้างระบบแสดงผล ดังนั้นเราจะกล่าวเพียงแค่คุณสมบัติและการนำไปใช้งานของอุปกรณ์ในระบบแสดงผลเท่านั้น โดยจะไม่เน้นถึงหลักการทำงานของตัวอุปกรณ์

สัญญาณที่เราได้จากตัวเซนเซอร์จะอยู่ในรูปแบบของสัญญาณแรงดันทางไฟฟ้า (V) ซึ่งเป็นสัญญาณแบบอนาล็อก และก่อนที่เราจะนำสัญญาณนี้ไปใช้กับตัวถอดรหัส เพื่อถอดรหัสให้กับจอแสดงผลแสดงค่าเป็นตัวเลขนั้น จะต้องแปลงสัญญาณตัวนี้ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนทุกครั้ง

2.4.1 สัญญาณแบบดิจิตอล

รูปแบบของสัญญาณดิจิตอลนั้นจะอยู่ในรูปของ 0 กับ 1 (0 หรือ 1 นั้นจะแทนด้วยระดับของแรงดันไฟฟ้า) ค่า 0 กับ 1 นั้นจะไม่แสดงค่าแรงดันที่แท้จริง แต่จะแสดงสภาวะของตัวแปรเป็นช่วงของแรงดันหรือที่เราเรียกว่า " ระดับลอจิก " (logic level) ดังนั้น แรงดันในวงจรดิจิตอลจะหมายถึงระดับลอจิก 0 หรือระดับลอจิก 1 ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับช่วงของแรงดัน และดิจิตอลลอจิกในความหมายอื่นก็ใช้ได้เหมือน 0 กับ 1 เช่นกัน โดย 0 หรือ 1 และระดับลอจิกต่ำหรือระดับลอจิกสูง จะถูกนิยมใช้เป็นส่วนใหญ่

ลอจิก 0	ลอจิก 1
เท็จ (False)	จริง (True)
ปิด (off)	เปิด (on)
ต่ำ (Low)	สูง (High)
ไม่ใช่ (No)	ใช่ (Yes)

จำนวนละดับลอจิก 0 หรือ 1 นั้น เรียกว่าจำนวนบิต เช่น 0010 หมายถึงสัญญาณนี้มีขนาดของสัญญาณแบบ 4 บิต ส่วน 00010101 นั้น จะเป็นแบบ 8 บิต ซึ่งบิตก็คือจำนวนของ 0 กับ 1 นั่นเอง

ระบบตัวเลข (Number systems)

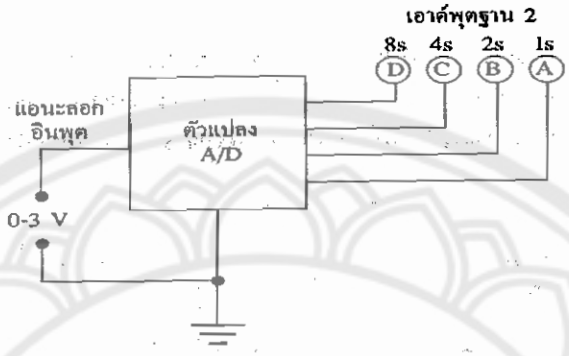
- ระบบเลขฐานสอง (Binary number system) ประกอบด้วยเลข 2 ตัว คือ 0 และ 1
- ระบบเลขฐานแปด (Octal number system) ประกอบด้วยเลข 8 ตัว คือ 0,1,2,3,4,5,6 และ 7
- ระบบเลขฐานสิบ (Decimal number system) ประกอบด้วยเลข 10 ตัว คือ 0,1,2,3,4,5,6,7,8 และ 9
- ระบบเลขฐานสิบหก (Binary number system) ประกอบด้วยเลข 16 ตัว คือ 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E และ F
  (เมื่อ A= 10, B = 11, C = 12, D = 13, E = 14, F = 15)

2.4.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

1. วงจร A/D แบบสัญญาณลาดเอียง

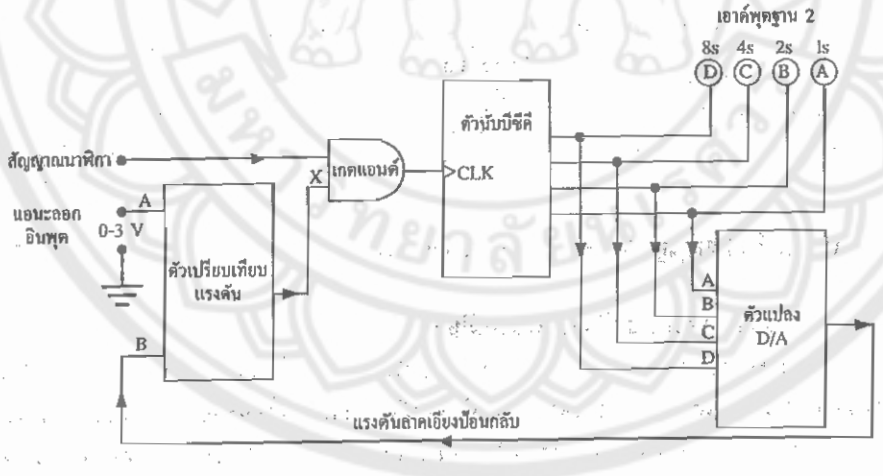
วงจรการแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล วงจรพื้นฐานแสดงในรูปที่ 2.9 นั่นคือด้านอินพุตของวงจรรับแรงดันอนาล็อก และวงจร A/D ทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

ขนาด 4 บิต ค่าแรงดันต่ำสุด 0 V จะให้รหัสดิจิตอลเอาต์พุต 4 บิต เท่ากับ 0000 และค่าแรงดันอินพุตสูงสุด (+3V) จะได้รหัสดิจิตอลเอาต์พุต 4 บิต เท่ากับ 1111



รูปที่ 2.9 การแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล

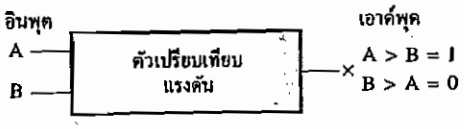
สำหรับแผนภาพกรอบของวงจร A/D โดยละเอียดจะประกอบไปด้วย 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 องค์ประกอบของการแปลงสัญญาณ

2. ตัวเปรียบเทียบแรงดัน ทำหน้าที่เปรียบเทียบอนาล็อกอินพุตที่จุด A กับแรงดันป้อนกลับที่จุด B เพื่อส่งสัญญาณลอจิกไปควบคุมสัญญาณนาฬิกา การทำงานของตัวเปรียบเทียบแรงดันนั้นมีลักษณะของวงจรเป็นแบบมีอินพุตรับแรงดันอนาล็อก 2 อินพุต คือ A และ B เพื่อเปรียบเทียบ

แรงดันดังภาพในรูปที่ 2.11 คือ ถ้าแรงดันอินพุต A > B เอาต์พุต X = 1 และถ้าอินพุต B > A เอาต์พุต X = 0



รูปที่ 2.11 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

3. เกตแอนด์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ เป็นสวิตซ์เปิด – ปิด สัญญาณนาฬิกา เพื่อป้อนเข้าวงจรนับ เกตแอนด์จะเปิดเมื่อได้สัญญาณลอจิก 1 จากวงจรเปรียบเทียบ และจะปิดเมื่อสัญญาณลอจิกเป็น 0

4. **ตัวนับบีซีดี** เป็นอุปกรณ์ที่จะแสดงผลการนับตามจำนวนพัลส์ที่เกตแอนด์จ่ายออกมา และส่งสัญญาณดิจิตอลไปยังวงจร แปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก (D/A)

ลักษณะของวงจรนับส่วนใหญ่ที่ใช้กันนั้นจะนิยมใช้วงจรนับที่เป็นวงจรรวมที่อยู่ในรูปแบบของไอซี (IC) ที่สามารถนำมาใช้งานได้เลยโดยดูจากคุณสมบัติ และการนำไปใช้ตามคู่มือ คุณสมบัติของวงจรนับก็คือ ทำการนับจำนวนพัลส์ตามสัญญาณนาฬิกาที่ได้รับ แล้วส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบสัญญาณดิจิตอล

5. **ตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก** ทำหน้าที่แปลงรหัสดิจิตอลให้เป็นแรงดันอนาล็อก เพื่อป้อนกลับไปยังอินพุต B ซึ่งแรงดันนี้จะเป็นแรงดันของสัญญาณลาดเอียง ตัวอย่างการแปลงที่เข้าง่ายอาจออกแบบวงจรให้แปลงน้ำหนักของตัวเลขฐาน 2 ให้เป็นแรงดันในอัตราส่วน 1:1

6. **วงจรรวมแบบ A/D และ D/A** เป็นไอซีแบบสำเร็จรูปที่สามารถนำมาใช้งานได้เลยโดยศึกษาการใช้งานจากคู่มือของไอซีซึ่งมีข้อดี คือทำงานได้เร็ว มีค่า error ต่ำ เพราะไอซีพวกนี้ส่วนใหญ่จะนำมาใช้กับพวก microprocesser หรือ microcontroler เป็นส่วนใหญ่

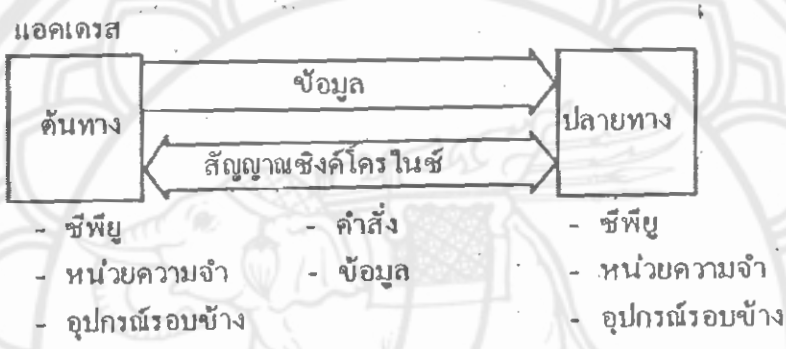
2.5 การส่งอ่านข้อมูล

1.การอินเตอร์เฟสไมโครโปรเซสเซอร์

ดังที่ทราบมาแล้วว่าขบวนการทางคณิตศาสตร์และลอจิกของระบบคอมพิวเตอร์ เกิดขึ้นจาก การทำงานของหน่วยประมวลกลาง ซึ่งเป็นวงจร(Integrated Circuit: IC) หรือที่เรียกกันว่าซีพียูนั้นเอง โดยไอซีตัวนี้จะติดตั้งอยู่บนแผ่นวงจรร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น หน่วยความจำ ROM (Read Only Memory), RAM (Random Access Memory) และอุปกรณ์อื่นๆ ดังนั้น การอินเตอร์

เฟสไมโครโปรเซสเซอร์ก็คือการทำงานร่วมกันระหว่างซีพียู กับอุปกรณ์อื่นๆในการโอนย้ายข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆบนแผ่นวงจรนั้นเอง

นอกจาก ซีพียู จะต้องทำงานสอดคล้องกับ ROM, RAM แล้วยังต้องอินเตอร์เฟสเข้ากับอุปกรณ์ อินพุต ต่างๆอีกด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในขบวนการต่างๆของการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ เช่นในการส่งข้อมูลจากซีพียูไปยังอุปกรณ์อื่น เป็นต้น



รูป 2.12 การอินเตอร์เฟสคอมพิวเตอร์

ข้อมูลที่จะโอนย้ายทุกตัวจะต้องมีแหล่งส่งข้อมูล และแหล่งรับข้อมูลเสมอซึ่งในขบวนการต่างๆ จะมีหลักสำคัญว่า ข้อมูลนั้นเป็นแอดเดรส หรือดาต้า จะส่งไปยังจุดไหน เช่น ส่งไปยังหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O และจะส่งเมื่อไร ขบวนการเหล่านี้ในขบวนการทั่วๆไปจะต้องมีสัญญาณในการตรวจสอบความพร้อมเสมอเพื่อให้ข้อมูลมีการใช้งานอย่างเป็นระเบียบ เช่น ส่งจากซีพียูไปยังอุปกรณ์รอบข้าง เป็นต้น ซึ่งจุดรับส่งข้อมูลหนึ่งๆอาจจะเป็นระหว่างซีพียูด้วยกัน. ซีพียูกับหน่วยความจำ ซีพียูกับอุปกรณ์รอบข้าง ก็ได้ ระหว่างอุปกรณ์รอบข้างด้วยกัน หรือระหว่างหน่วยความจำกับอุปกรณ์รอบข้างด้วยกันก็ได้ โดยที่ข้อมูลที่โอนย้ายไปมานั้นจะอยู่ในลักษณะเลขฐานสอง เช่น 0011010 เลขแต่ละตัวแทนด้วย 1 บิต อาจจะเป็น 8 บิต หรือ 16 บิต ก็แล้วแต่ระบบนั้นๆ

2.5.1 การส่งข้อมูลแบบอนุกรมและแบบขนาน

โดยทั่วไปหลักการส่งข้อมูลในคอมพิวเตอร์ หรือระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกัน จะมีลักษณะของการส่งข้อมูลได้สองแบบ คือการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรมดังกล่าวมาแล้วว่าคำสั่งหรือข้อมูลอยู่ในรูปบิต คือหลายๆบิตมารวมกันเป็นคำ หนึ่ง หรือ คำสั่งหนึ่งๆดั่งรูป 2.13 ได้

แสดงถึงกลุ่มบิตที่มีการใช้งานในไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำ หรือการเขียนคำสั่ง และขบวนการอื่นๆ ล้วนแต่แปลงให้อยู่ในรูปของเลขหนึ่งและเลขศูนย์เสมอ จึงจะทำให้ซีพียูรับรู้และปฏิบัติตามได้ จึงได้มีการกำหนดลักษณะมาตรฐานของข้อมูลดังนี้

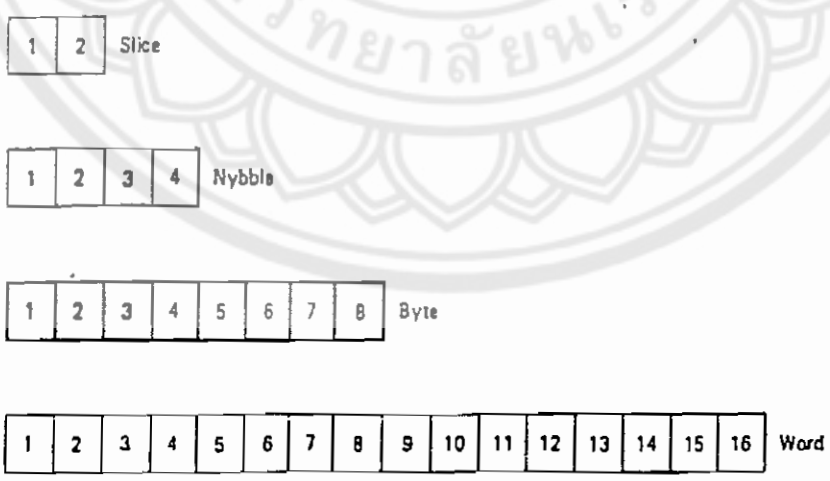
"ถ้าข้อมูลหนึ่งตัวเมื่อแปลงให้อยู่ในเลขฐานสองแล้ว ประกอบด้วย 4 บิตเรียกว่า บิตไมโคร หรือ นิบเบิล (Nybble) และถ้าข้อมูลประกอบไปด้วยกลุ่มของบิต 8 บิต เราเรียกว่าเป็น 1ไบท์เป็นต้น แต่ในระบบอื่นอาจจะมี 16 บิตหรือ 32 บิตเป็น1 ไบท์ก็ได้

เพราะฉะนั้นเมื่อเรารู้ขนาดของข้อมูลแล้วต่อไปเราก็มาดูถึงขนาดของ ข้อแตกต่างระหว่างการส่งข้อมูลในแบบขนาน และแบบอนุกรม

การส่งข้อมูลแบบอนุกรม : ข้อมูลแต่ละบิตตจะถูกส่งเรียงกันออกไป เป็นลำดับต่อเนื่องกันทีละบิต

เช่นข้อมูลเป็น 1010 เลข 0 ทางขวามือสุดซึ่งเป็น LSB (Least Significant bit) ส่งออกไปก่อน ตามด้วยบิตที่สองคือเลข 1 และบิตที่ 3 คือ0 และบิตสุดท้ายคือเลข 1 ซึ่งเป็นตามลำดับโดยสายส่งข้อมูลจะมีอยู่เพียงเส้นเดียวเท่านั้น

การส่งข้อมูลแบบขนาน : ข้อมูลทุกๆบิตจะถูกส่งไปพร้อมๆกันในครั้งเดียว เช่น ถ้าข้อมูลเป็น 1010 ทั้งสี่บิตนี้จะถูกส่งออกไปพร้อมกัน โดยผ่านสายส่งข้อมูลที่มีเส้นโดยแต่ละบิตจะส่งในสายคนละเส้น



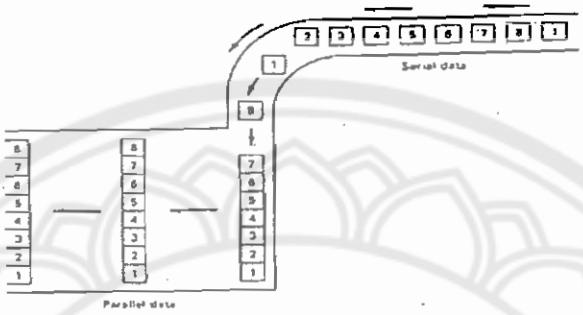
รูปที่ 2.13 แสดงรูปแบบของข้อมูล

ข้อเปรียบเทียบระหว่างการส่งข้อมูลแบบขนานและอนุกรม		
ข้อเปรียบเทียบ	แบบขนาน	แบบอนุกรม
1. ระยะทาง	ปกติจะน้อยกว่า 100 ฟุต	ส่งได้ตั้งแต่ระยะสั้นๆ จนถึงระยะทางเป็นไมล์
2. ความเร็ว	อัตราความเร็วสูงมากในระยะที่ไม่ไกล มากนักกำหนดได้เป็นจำนวนบิตต่อวินาที	อัตราเร็วข้อมูลที่ใช้กันโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0ถึง2 ล้านบิตต่อวินาที
3. ระดับของสัญญาณ	ในการอินเตอร์เฟสจะใช้ระดับสัญญาณที่ใช้กับอุปกรณ์TTL คือสัญญาณลอจิก1 และ 0 จะแทนด้วยระดับแรงดัน 5V และ 0 ตามลำดับ	ใช้มาตรฐานของ EIA-RS 232C คือมีสัญญาณไฟฟ้าขนาด 12 V คืออาจใช้มาตรฐาน 20mA current Loop หรืออาจจะใช้สัญญาณของ TTL ก็ได้
4. ความผิดพลาดของสัญญาณ	ถ้าส่งในระยะทางไกลๆความผิดพลาดของข้อมูลจะเกิดขึ้นได้ง่าย	การผิดพลาดของสัญญาณจะมีน้อยลง
5. ค่าใช้จ่าย	ถ้าส่งในระยะทางไกลๆจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เพราะต้องใช้สายส่งสัญญาณหลายเส้น	สิ้นเปลืองน้อยกว่าหลายเท่าถึงแม้ว่าจะใช้อุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณของข้อมูลจากแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม แล้วส่งผ่านสายส่งใช้อุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นขนานอีก ก็ยังลงทุนน้อยกว่า

ในระบบการสื่อสารข้อมูลนั้น ข้อมูลที่ส่งออกไปจะอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า (เป็น - สัญญาณอนาล็อก) วิ่งผ่านไปตามสาย ซึ่งมักจะเกิดความเสียหายเรื่องความผิดพลาดของสัญญาณขึ้นมาซึ่งปัจจัยอย่างหนึ่งที่เป็นสาเหตุก็คือ ระยะทางที่ส่งผ่านข้อมูล ถ้าระยะทางยิ่งไกลความผิดพลาดของข้อมูลก็จะเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ฉะนั้นในการแก้จุดบกพร่องนี้วิธีต่างๆที่ใช้แก้ปัญหานี้ก็คือ ส่งข้อมูลที่มีความแรงมากๆออกไป หรือมีการใช้วงจรขยายสัญญาณเป็นช่วงๆ เพื่อให้ความแรงของสัญญาณคงที่ตลอดเวลา เป็นต้น

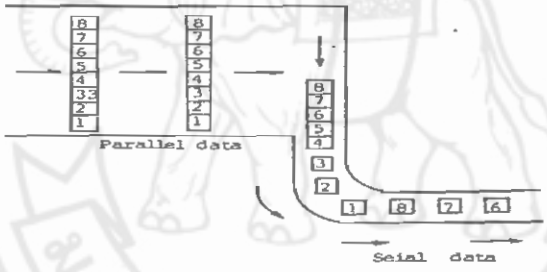
2.5.2 การแปลงรูปแบบข้อมูลแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม

หลังการทำงานของการแปลงรูปแบบข้อมูลนี้ก็โดยอาศัย ซิฟท์จิสเตอร์โดยมีหลักการดังนี้คือข้อมูลที่ส่งเข้ามาจะเป็นสัญญาณอนุกรม โดยส่งเข้ามาที่ละบิตเมื่อเข้ามาถึงรีจิสเตอร์ บิตแต่ละบิตที่ทยอยกันเข้ามาก็จะถูกจัดเก็บเรียงกันอยู่ในรีจิสเตอร์จนกระทั่งครบจำนวนบิตที่ต้องการ รีจิสเตอร์ ก็จะส่งข้อมูลนี้ออกไปดังรูปที่ 2.14



รูป 2.14 การเปลี่ยนแปลงข้อมูลแบบอนุกรมไปเป็นแบบขนาน

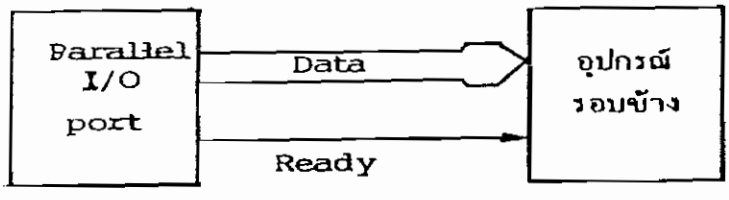
และเมื่อแปลงข้อมูลกลับไปเป็นแบบอนนุกรมอีกครั้ง ก็ทำตามขบวนการที่ตรงกันข้าม รูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การแปลงข้อมูลจากแบบขนานไปเป็นอนุกรม

2.5.3 พอร์ท I/O แบบขนาน

การส่งข้อมูลแบบขนานมีหลักการง่ายกว่าแบบอนุกรม และยังเป็นการลดขั้นตอน เช่น ไม่ต้องทำการแปลงข้อมูลจากขนานไปเป็นแบบอนุกรม ในการส่งข้อมูลแบบขนานนั้น ข้อมูลทุกๆบิตจะถูกส่งออกไปพร้อมกัน เช่น ในกรณีข้อมูลของข้อมูล 8 บิต ก็จะมีสายส่งข้อมูลอยู่ 8 เส้น และจะมีสัญญาณแฮนด์เชคอีกเส้นหนึ่งหรือมากกว่าก็ได้ ดังรูป 2.16



รูป 2.16 การส่งข้อมูลแบบขนาน

คำว่าแฮนด์เชคในทางสื่อสารข้อมูล เราอาจจะมีความหมายได้ว่าคือการซิงค์โครไนซ์ระหว่างอุปกรณ์ทางด้านรับและด้านส่ง นั้นเอง จากรูปที่ 2.16 สายสัญญาณ Ready จะเป็นตัวบอกให้อุปกรณ์ด้านรับทราบว่าถ้าสถานะทางไฟฟ้าของสัญญาณในสายเปลี่ยนจากลอจิก 0 ไปเป็นลอจิก 1 เมื่อใด แสดงว่าข้อมูลทั้ง 8 บิต (ในกรณีที่เป็นข้อมูล 8 บิต) ถูกส่งออกมาจากทางด้านส่งแล้ว

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์

คำว่า คอมพิวเตอร์ หมายถึง เครื่องที่สมารถปฏิบัติตามเป็นชุดอัตโนมัติตามข้อมูลที่ได้รับจุด มุ่งหมายของการปฏิบัติตามคำสั่งอาจเป็นการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ หรือเป็นการควบคุมเครื่องมือ อุปกรณ์บางอย่างหรือทำทั้งสองอย่างผสมผสานกัน เมื่อพูดถึงคอมพิวเตอร์ในสมัยนี้ส่วนมากเราจะหมายถึง ดิจิตอลคอมพิวเตอร์ซึ่งทำงานกับข้อมูลที่เป็นเลขฐานสอง ทั้งนี้เพราะอนาล็อกคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำงานกับข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อกนั้นถือได้ว่าหมดยุคไปแล้ว

2.6.1 ข้อมูลและรูปแบบของข้อมูล

ข้อมูล คือสิ่งที่บ่งบอกสถานะทางกายภาพบางอย่างในเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ เช่น มีแสงสว่างหรือไม่มี สวิตซ์ปิดหรือเปิด อุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส จำนวนนักศึกษากี่คน ตำแหน่ง ชื่ออายุของนักศึกษาแต่ละคนเป็นต้นการที่จะให้คอมพิวเตอร์รับรู้ข้อมูลเหล่านี้ไปทำการประมวลผล (Processing)ซึ่งหมายถึงทำการคำนวณ และตัดสินทางตรรกะนั้น จะต้องทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์ สามารถรับรู้และนำไปทำกระบวนการต่อไปนี้ได้ คำว่า รูปแบบ ในที่นี้ต้องแยกพิจารณาเป็นสองเรื่องคือ รูปแบบทางกายภาพ (Physical Format) กับรูปแบบทางตรรกะ (Logical Format) แต่รูปแบบทั้งสองต้องสัมพันธ์สอดคล้องกัน

คอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบันใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวการในการทำกระบวนการต่างๆ และสื่อที่ใช้ติดต่อกันระหว่างส่วนต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ที่เป็นคอมพิวเตอร์ที่เป็นคอมพิวเตอร์ที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้นคือ ระดับแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นรูปแบบกายภาพของข้อมูลคอมพิวเตอร์ก็คือระดับแรงดันไฟฟ้านั่นเอง เนื่องจากวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์แบบสองสถานะเป็นวงจรที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช่ในระบบคอมพิวเตอร์ จึงได้กำหนดให้รูปแบบทางกายภาพของข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยแรงดันไฟฟ้าสองระดับ ซึ่งแต่ละระดับจะมีค่าโวลต์ขึ้นอยู่กับมาตรฐาน ที่จะว่างให้เหมาะสมกับโครงสร้างของวงจรแต่ละชนิด ส่วนรูปแบบตรรกะของข้อมูลก็กำหนดให้สอดคล้องกันคือ เป็นระบบเลขฐานสอง เช่น อาจกำหนดให้แรงดันทางไฟฟ้าระดับต่ำกว่าแทนด้วย 0 และแรงดันฟ้าระดับสูงกว่าแทนด้วยเลข 1 เป็นต้น รูปแบบตรรกะข้อมูล เป็นวีการเขียนข้อมูลเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อสื่อความหมายกับคนเท่านั้น แต่วงจรภายในวงจรคอมพิวเตอร์ทำงานโดยอาศัยข้อมูลในรูปแบบกายภาพซึ่งเป็นระดับแรงดันไฟฟ้า

หน่วยเล็กที่สุดของข้อมูลก็คือ เลขฐานสองหลักเดียว ซึ่งแทนสถานะที่แตกต่างกันได้เพียง 2 สถานะเท่านั้น เช่น มีแสงสว่างแทนด้วย 1 ไม่มีแสงสว่างแทนด้วย0 เป็นต้น เราเรียกข้อมูลหลักเดียวนี้ว่าเป็นข้อมูลขนาด 1 บิต สำหรับข้อมูลที่มีหลายสถานะ จะต้องแทนด้วยเลขฐานสองหลายบิต เช่นผลการโยนลูกเต๋าซึ่งมี 6 สถานะอาจแทนได้ด้วยเลขฐานสอง 3 บิต จึงเป็นข้อมูลขนาด 3 บิต เป็นต้น หลักทั่วไปคือ ถ้ามี N สถานะ จะต้องใช้ข้อมูลขนาต b บิต ตามสมการเรียกตามความยาวของข้อมูล

$$2^b = N$$

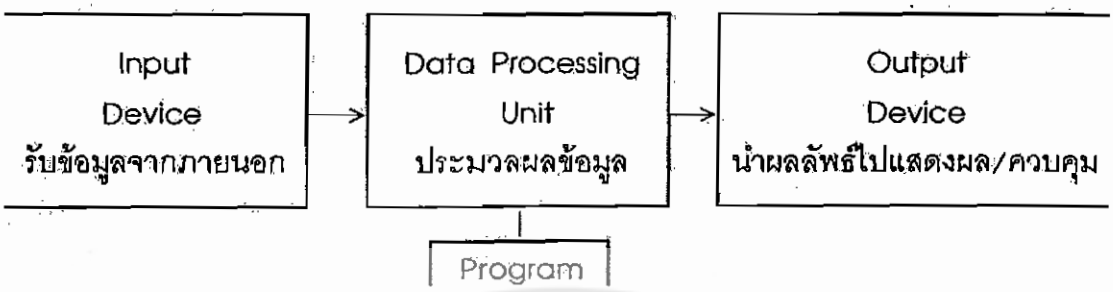
ข้อมูลที่มีขนาดมากกว่า 1 บิตขึ้นไป มีชื่อดังนี้

ข้อมูลที่มีความยาว 4 Bit	เรียกว่า 1 Nibble
ข้อมูลที่มีความยาว 2 Nibble (8 bit)	เรียกว่า 1 Byte
ข้อมูลที่มีความยาว 2 Byte (16 bit)	เรียกว่า 1 Word
ข้อมูลที่มีความยาว 2 Word (32 bit)	เรียกว่า 1 Long word

2.6.2 การประมวลผลในคอมพิวเตอร์

จากหลักการที่กล่าวมาแล้วอาจสรุปได้ว่าข้อมูลคอมพิวเตอร์ หมายถึงตัวเลขหรือบางอย่างที่จะให้คอมพิวเตอร์นำไปใช้ในการคำนวณหรือตัดสิน เพื่อสั่งงานควบคุมปกติจะอยู่ในรูปของเลขฐานสองความยาว 8 bit หรือ16 bit เครื่องคอมพิวเตอร์อาจรับข้อมูลเหล่านี้ เข้ามาจากหน่วยความจำ หรือ อุปกรณ์ต่างๆ เช่น จากเทอร์โมมิเตอร์ จากสายวัด (Probe) หรือ Transducer ต่างๆ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์เหล่านี้เรียกว่า**อุปกรณ์อินพุต (Input Device)** ข้อมูลที่ได้รับเข้าจะต้องผ่านเข้าไปสู่ ส่วนกลางของคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า **หน่วยประมวลผล (Data Processing Unit)**เพื่อทำกระบวนการอื่นๆ ต่อไปตามขั้นตอนที่ได้โปรแกรมไว้แล้วซึ่งรียกว่า การประมวลผล หลังจากนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกส่งไปยังหน่วยแสดงผล ตัวอย่างแสดงผลได้แก่ จอภาพแสดงผล หน่วยแสดงแบบตัวเลข 7 ส่วน (7-Segment Display) หรือผลลัพธ์อาจถูกส่งไปยังรีเลย์เพื่อควบคุม การปิด/เปิดวงจรไฟฟ้าอุปกรณ์ที่ทำหน้ารับข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลของคอมพิวเตอร์ออกไปแสดงผลหรือควบคุม เรียกว่า **อุปกรณ์เอาต์พุต (Output Device)**

อุปกรณ์อินพุต และอุปกรณ์เอาต์พุตนี้มีชื่อเรียกรวมกันว่า อุปกรณ์บริวาร(Peripheral Device)อุปกรณ์เหล่านี้ต้องมีอยู่ในระบบคอมพิวเตอร์ จะขาดเสียมิได้ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับก็ตาม และมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้อุปกรณ์บริวารให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการออกแบบ เพื่อให้สามารถทำงานนำได้ตามต้องการ

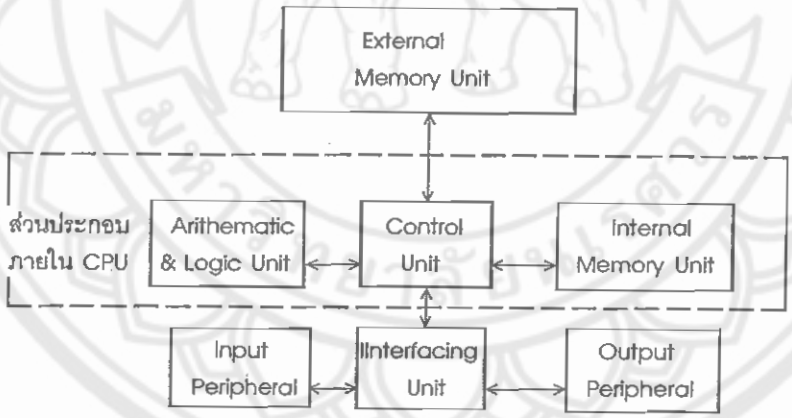


รูปที่ 2.17 การประมวลผลในคอมพิวเตอร์

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ที่จะทำให้ระบบสามารถทำงานได้ตามความต้องการนั้นอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1.ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ประกอบไปด้วยส่วนกลางของระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์บริวาร เป็นส่วนที่มีลักษณะเป็นรูปธรรม สามารถจับต้องและมองเห็นได้โดยตรง

2.ซอฟแวร์ (Software) เป็นข้อมูลหรือโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์มีลักษณะเป็นนามธรรมไม่สามารถจับต้องและมองเห็นได้โดยตรงประกอบไปด้วยโปรแกรมควบคุมระบบ และโปรแกรมใช้งาน



รูปที่ 2.18 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์

องค์ประกอบพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ แบ่งตามลักษณะการทำงานของหน่วยต่างๆ จะประกอบไปด้วย

1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU :Central Processing Unit) เป็นศูนย์กลางในระบบควบคุมการทำงาน และประมวลผลข้อมูลทั้งหมด ประกอบด้วยหน่วยย่อย 3 ส่วน คือ หน่วยควบคุม (Control Unit)หน่วยความจำภายใน (Internal control Unit) หน่วยคณิตศาสตร์และตรรกะศาสตร์(ALU: Ariltmatic and Logic Unit)

2. หน่วยความจำภายนอก (External Memory Unit) เป็นหน่วยที่ใช้เก็บโปรแกรม และข้อมูลต่างๆ ในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน หน่วยนี้จะเป็นหน่วยที่ต่อเพิ่มเข้าไปในระบบ เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมและเก็บข้อมูลได้มากขึ้นกว่าเดิมที่มีเพียงความจำภายใน เช่น คอมพิวเตอร์บางระบบอาจจะมีหน่วยความจำภายนอกเป็น จานแม่เหล็ก เทปแม่เหล็ก หรือ หน่วยความจำที่สร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำ เป็นต้น

3. หน่วยเชื่อมโยง (Interfacing Unit) ทำหน้าที่ เชื่อมโยงให้หน่วยประมวลผลกลางสามารถติดต่อส่อสารกับอุปกรณ์ บริวารต่างๆได้ เช่น หน่วยเชื่อมโยงเข้ากับแป้นพิมพ์ ในขณะที่หน่วยประมวลผลกลางต้องการจะติดต่อกับอุปกรณ์บริวารชุดใด ก็จะรับ/ส่ง สัญญาณผ่านทางหน่วยเชื่อมโยงนี้เสมอ

2.6.3 ชุดคำสั่งและโปรแกรม (Instruction Set and Program)

กระบวนการทำงานของระบบไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละขั้นตอน เป็นกระบวนการเล็กๆ ตามที่รหัสคำสั่งเหล่านี้สั่งว่าให้ทำอะไร เช่น สั่งให้ทำการย้ายข้อมูลที่อยู่ในเรจิสเตอร์หนึ่งไปยังอีกเรจิสเตอร์หนึ่ง หรือ สั่งให้ทำการบวกค่าที่อยู่ในแอ็กคิวมิวเลเตอร์กับค่าที่อยู่ในหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่ระบุไว้ในคำสั่งนั้น เป็นต้น

ไมโครโพรเซสเซอร์แต่ละเบอร์จะมีชุดคำสั่ง เฉพาะ สำหรับไมโครโพรเซสเซอร์ เบอร์นั้นๆและคำสั่งเป็นรหัสที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้วว่าให้ไปโครโพรเซสเซอร์ทำอะไรซึ่งก็จะ เป็นการทำงานที่อยู่ภายในขอบเขตความสามารถของแต่ละรหัส โดยทั่วไปแล้วจะสามารถแยกประเภทของรหัสคำสั่ง ออกได้เป็นกลุ่มๆดังนี้

1. กลุ่มการเคลื่อนย้ายข้อมูล(Data Transter: Load Exchang,etc.)
2. กลุ่มการคำนวณทางคณิตศาสตร์และตรรก(Arithmetic and - logic:Add,OR,etc)
3. กลุ่มการเลื่อนและหมุนข้อมูล(Shift and Rotate :Shift Left,Right,etc)
4. กลุ่มการกระทำข้อมูลในระดับบิต(Bit Manipulation : Bit set,Reset,etc)
5. กลุ่มการข้ามไปทำโปรแกรมอื่น(Branch : Jump,Call and Return,etc)
6. กลุ่มการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก(Input and Output)
7. กลุ่มการสั่งงานควบคุมไมโครโพรเซสเซอร์ทั่วไป(Basic CPU Control)

การทำงานของคำสั่งแต่ละคำสั่ง จะมีขีดความสามารทำกระบวนการกับข้อมูลได้ไม่มากนัก เมื่อต้องการออกแบบระบบให้สามารถทำงานไปตามวัตถุประสงค์ที่ว่างไว้ ก็จะต้องทำการเขียนรหัสคำสั่งต่างๆเรียงต่อกันเป็นกระบวนการที่จะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตามความต้องการ

พร้อมกับเก็บรหัสคำสั่งเหล่านั้นเรียงลำดับไว้ในหน่วยความจำ เพื่อให้ซีพียูเรียกรหัสคำสั่งเหล่านั้นเข้ามากระทำทีละคำสั่งตามลำดับ เกิดเป็นกระบวนการทางข้อมูลได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ วิธีการทำงานตามคำสั่งที่เรียงต่อกันเป็นกระบวนการต่างๆ เรียกว่า การทำงานตามโปรแกรม รหัสคำสั่งที่เขียนเรียงต่อกันในหน่วยความจำก็เรียกว่า **โปรแกรม**

2.6.4 ภาษาเขียนโปรแกรม (Programming Language)

โปรแกรมที่มีรูปแบบเป็นรหัสคำสั่งของไมโครโพรเซสเซอร์เขียนเรียงต่อกันนั้น เรียกว่าเป็นจะโปรแกรม ภาษาเครื่อง(Machine Language) เพราะรหัสคำสั่งต่างๆเหล่านั้นเป็นรหัสที่สามารถรับรู้และนำไปปฏิบัติได้เฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ ไมโครโพรเซสเซอร์เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละรุ่นและไมโครโพรเซสเซอร์แต่ละเบอร์ ก็จะมีภาษาเครื่องที่แตกต่างกันออกไป การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเครื่องจึงเป็นเรื่องที่ยาก เพราะผู้เขียนจะไม่สามารถจดจำรหัสคำสั่งได้หมด และการตรวจแก้ก็จะทำได้ยาก เพราะรหัสคำสั่งไม่สามารถสื่อความหมายกับผู้เขียนได้ จะสามารถรับรู้ และนำไปปฏิบัติได้เฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือไมโครโพรเซสเซอร์เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละรุ่นและไมโครโพรเซสเซโพรเซสเซอร์แต่ละเบอร์ก็จะมีภาษาเครื่องที่แตกต่างกันคอมพิวเตอร์แต่ละรุ่น การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเครื่องจึงเป็นเรื่องที่ยาก เพราะผู้เขียนจะไม่จดจำรหัสคำสั่งได้หมด และการตรวจแก้ก็จะทำได้ยาก เพราะรหัสคำสั่งไม่สามารถสื่อความหมายกับผู้เขียนได้ เพื่อความสะดวกในหารเขียนโปรแกรม จึงได้ผู้พัฒนาวิธีการใหม่ขึ้นมาแทน โดยใช้รหัสคำย่อในภาษาอังกฤษแทนรหัสคำสั่งที่เป็นภาษาเครื่อง รหัสคำย่อเห่านี้ เรียกว่า รหัสนีโมนิก (Mnemonic Code) เมื่อนำรหัสนีโมนิกมาเขียนเรียงต่อกันเป็นโปรแกรม ก็จะเรียกว่า โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language) โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีนี้ไม่สามารถสั่งงานให้ไมโครโพรเซสเซอร์ทำงานได้โดยตรง จึงต้องทำการแปล ภาษาแอสเซมบลีให้เป็น รหัสแอสเซมบลีเสียก่อนเครื่องคอมพิวเตอร์จึงสามารถทำงานตามโปรแกรมที่เครื่องแปลออกมาได้เสียก่อน แต่การแปลภาษาแอสเซมบลีให้เป็นภาษาเครื่องนั้น เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยโปรแกรมแปลที่เรียกว่าแอสเซมเบลอร์ (Assembler) ซึ่งเขียนขึ้นเฉพาะสำหรับไมโครโพรเซสเซอร์เบอร์นั้นๆ

นอกจากภาษาแอสเซสบลี ซึ่งเป็นภาษาระดับต่ำ ก็ยังมีภาษาอื่นๆอีก เช่น ภาษาเบสิก (BASIC : Beginner All propose Symbolic Instruction Code) ภาษาปาสกาล (Pascal) และภาษาซี (C Language)ซึ่งเป็นภาษาระดับสูง ภาษาเหล่านี้ ออกแบบมาให้คล้ายคลึงกับภาษามนุษย์ เพื่อให้ผู้เขียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้ง่าย แต่ละภาษาจะมีกฎเกณฑ์และวิธีเขียนที่กำหนดขึ้นเฉพาะวิธี แต่ในที่สุดการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือไมโครโพรเซสเซอร์ ก็ยังต้องทำงานตามรหัสโปรแกรมที่เป็นภาษาเครื่องอยู่นั้นเอง จึงต้องมีโปรแกรมพิเศษ มาทำหน้าที่แปลภาษาระดับสูงเหล่านี้ให้เป็นภาษาเครื่องโดยมีวิธีที่แตกต่างกันอยู่ 2 วิธีด้วยกัน วิธีแรกทำการแปล ทีละ

ป
TA
593.9
.T54
2552ก
2549
1.0850149

สำนักหอสมุด
17 มี.ค. 2551

คำสั่งแล้วทำตามรหัสคำสั่งแล้วทำตามคำสั่งนั้นทันทีโปรแกรมแปลแบบนี้เรียกว่า อินเทอร์พริเตอร์ (Interpreter) เป็นวิธีการที่ภาษาเบสิกส่วนมากใช้ วิธีที่สอง ทำการแปลโปรแกรมให้เป็นภาษาเครื่องก่อนแล้วจึงนำโปรแกรมภาษาเครื่องนั้นไปใช้งานโปรแกรมแบบนี้เรียกว่า คอมไพเลอร์ (Compiler) ภาษาปาสการและภาษาซีใช้แบบนี้

2.7 การวัดและความผิดพลาด(Measurement and Error)

เนื่องจากความจริงที่ว่า ขั้นตอนดำเนินการของเครื่องวัดที่ใช้ในการวัดจะไม่สมบรูณ์ในทางปฏิบัติดังนั้นจะเกิดความแตกต่างขึ้นระหว่างผลที่ได้จากการวัด และค่าจริงของปริมาณที่ถูกวัด ความแตกต่างนี้จะเรียกว่า ความผิดพลาด (Error) ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถหาความผิดพลาดในการวัดอย่างแน่นอนดังนั้นผลที่ได้จากการวัดจึงไม่แน่นอน ร่วมอยู่ด้วยเสมอ หรืออาจกล่าวได้ว่า มีความผิดพลาดอยู่ในทุกการวัด ถ้าหากความละเอียดของอุปกรณ์เพียงพอ โดยไม่ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของมันเท่าไร เราจะค่าที่แตกต่างระหว่างค่าที่วัดสองค่าเสมอ

2.7.1นิยามของความผิดพลาด (Error)

ในการวัดปริมาณหนึ่ง ถ้าหากค่าที่ได้จากการวัดคือ X (เรียกว่าค่าที่วัดได้) และค่าจริงของปริมาณนั้นคือ X (เรียกว่าค่าจริง) เรานิยามความผิดพลาดของการวัด TM ว่าคือ ผลต่างค่าที่ได้จากค่าจริง หรือ

$$TM = \text{ค่าที่วัดได้} - \text{ค่าจริง}$$

$$= X_m - X_t$$

ดังนั้นเราได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า

$$X_m \neq X_t$$

ซึ่งหมายถึงการวัดแต่ละครั้งค่าที่ได้จากการวัด X จะแตกต่างไปจากค่าจริง X เสมอ เนื่องจากความผิดพลาดของการวัดเป็นลักษณะจำเพาะหรือบอกถึงคุณภาพของการวัด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ถึงแหล่งกำเนิดของความผิดพลาดและการวัด และความเป็นไปได้ของการลดความผิดพลาดดังกล่าวโดยการแยกชนิด ที่มาของความผิดพลาด และการแก้ไขหรือลดความผิดพลาดให้น้อยลงจะกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

ในการวัดเราจะพบกลุ่มของคำที่มีความหมายเกี่ยวข้องกับคำว่า ความผิดพลาด และเป็นค่าที่พบและใช้เสมอๆสำหรับงานด้านการวัด ซึ่งมีนิยามสั้นๆเพื่อให้ง่ายต่อการจดจำ ดังนี้

- ความผิดพลาด (Error): Estimated Uncertainty
- ความเที่ยงตรง (Precision): Shape Definition, a Measure of Degree of Repeatability
- ความถูกต้อง (Accuracy): Closeness to Truth

1. ความผิดพลาด ค่าแก้ (Corrections) และความผิดพลาดตกค้าง (Residual Error)

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด X_m จะถูกต้องถ้าหากว่ามันเท่ากันพอดีกับค่าจริง X_t ของปริมาณที่ถูกวัดโดยปกติค่านี้จำไม่เท่ากัน ผลต่าง $X_m - X_t$ จะเป็นความผิดพลาดในค่าที่อ่านได้ ดังนั้นค่าแก้จะเป็นลบของค่าความผิดพลาด และถูกกำหนดโดยการวัด โดยบริษัทผู้ผลิตหรือโดยห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เราจะใส่ค่าแก้เข้าไปกับค่าที่อ่านได้ เพื่อชดเชยกับผลของค่าความผิดพลาด และค่าหลังจากการใส่ค่าแก้จะถือเป็นค่าจริงที่วัดได้

2. วิธีการวัด (Measurement Method) และกระบวนการวัด (Measurement Processes)

ผลของการวัดจะได้มาจากกระบวนการวัด ซึ่งก็คือ การทำวิธีการวัดที่กำหนดให้เป็นจริง ข้อกำหนดจำเพาะ ของวิธีการวัดจะกล่าวถึง

ก) ชนิดของมาตรฐานของเครื่องวัด และอุปกรณ์อื่นๆที่สำคัญ

ข) วิธีการต่อของอุปกรณ์เหล่านี้

ค) เงื่อนไปสิ่งแวดล้อมที่กำหนด

ง) ขั้นตอนการปฏิบัติ

วิธีการวัดจะต้องกำหนดจำเพาะอย่างชัดเจนเพียงพอที่จะได้ ค่าจริงจากการวัดที่มีความถูกต้องตามความต้องการ จะต้องมีการอธิบายอย่างละเอียดถึงวิธีการจัดการกับผลกระทบต่างๆ ความผิดพลาดจากการต่อ เงื่อนไขต่างๆ เมื่อมีการใช้เครื่องวัดมาตรฐานหรืออุปกรณ์อื่นๆที่จำเพาะภายใต้เงื่อนไขที่จำเพาะ โดยผู้ทำการที่จำเพาะ เพื่อให้ได้ผลจากการวัด กระบวนการวัดควรจะสอดคล้องกับความต้องการ

3. ความถูกต้อง (Accuracy) และความเที่ยงตรง (Precision)

ในการวัดค่า "ความเที่ยงตรง" และ "ความถูกต้อง" ถือว่าเป็นลักษณะจำเพาะของกระบวนการวัดความถูกต้อง หมายถึงค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริงมากเพียงใด ในขณะที่ความเที่ยงตรงจะมีสองความหมาย ความหมายแรกหมายถึง Sharp Definition หรือสามารถวัดได้ละเอียด เครื่องวัดที่ความละเอียดสูงหมายถึง มันมีสเกลที่แบ่งย่อยละเอียดมากทำให้สามารถอ่านได้ละเอียด ในอีกความหมายหนึ่งคือ ความเที่ยงตรงหมายถึงค่าที่วัดเข้าใกล้กันเพียงใด ในความหมายหลังนี้จะหมายถึง ความคงเส้นคงวา หรือ ความสามารถซ้ำค่าเดิมของผลการวัด เครื่องวัดที่เที่ยงตรงสูงหมายถึง ค่าที่ได้จากการวัดจะมีการกระจายน้อยกว่าเครื่องวัดที่มีความเที่ยงตรงต่ำ ถ้าหากความเที่ยงตรง ที่เครื่องสามารถชี้ค่า ถูกกำหนดเป็น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสูงสุดของสเกล การวัดปริมาณเดียวภายใต้สภาวะต่างๆ เหมือนกันหลาย ๆ ครั้งทุกครั้งจะให้อยู่ภายใน $6_{0.5}$

ปกติผู้เริ่มต้นใช้เครื่องมือวัด จะยอมรับเชื่อถือค่าที่แสดงบนหน้าปัดเขาพยายามอ่านค่า หรือบันทึกค่าโดยมิได้พิจารณาว่า ความถูกต้องจะสอดคล้องกับความเที่ยงตรงหรือไม่ เมื่อเราต้องการหาค่าซึ่งมีความถูกต้องถึงระดับหนึ่ง จำเป็นอย่างยิ่งที่เครื่องวัดที่ใช้ต้องมีความเที่ยงตรงถึงระดับนั้น แต่ความเที่ยงตรงไม่ได้เป็นประกันความถูกต้อง

นอกจากนี้ ในการศึกษาหรือเกี่ยวข้องกับงานด้านการวัดและเครื่องวัด เราจะพบคำที่เกี่ยวข้องกับความถูกต้องและความเที่ยงตรงอย่างใกล้ชิด คำเหล่านี้คือ

ก. การแยกชัด(Resolution or Discrimination) บอกถึงคุณภาพ ซึ่งแสดงลักษณะจำเพาะของความสามารถของเครื่องวัดในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเล็กๆ ของปริมาณที่ถูกวัด ปกติจะสามารถเพิ่มความสามารถในการแยกชัดโดยการเพิ่มอัตราการขยายของภาคตรวจรู้ (Sensing) เช่น เราสามารถใช้วงจรขยายสัญญาณเพื่อทำให้สัญญาณที่ต้องการมีขนาดใหญ่ขึ้น บ่อยครั้งในการแสดงค่าตัวเลขผู้แสดงจะนิยมแบบผิดๆ ว่ามันมีความสำคัญในการซ้ำค่าเดิม และความถูกต้อง การที่มีการแยกชัดอย่างเพียงพอเป็นสิ่งจำเป็น แต่เป็นเงื่อนไขที่ไม่พอเพียงสำหรับเครื่องวัดที่ต้องการ

ข. ความไว(Sensitivity) หมายถึงอัตราส่วนของสัญญาณเอาต์พุต (หรือการตอบสนอง) ของเครื่องวัดต่อการเปลี่ยนแปลงของอินพุต หรือ ค่าวัดที่ถูกต้อง

ค. ความสามารถสอบย้อน(Traceability) ความถูกต้องของเครื่องมือวัดจะขึ้นอยู่กับความรู้ว่าค่าที่สัมพันธ์อย่างไรกับค่ามาตรฐาน (Standard) ที่ตกลงยอมรับ กระบวนการที่เชื่อมต่อความถูกต้องจากเครื่องวัดที่ใช้กับมาตรฐานชั้นต้น เรียกว่าความสามารถสอบย้อน ความถูกต้องเป็นสิ่งที่ถูกกำหนดให้แก่เครื่องมือวัดโดยความตกลง คือมันจะไม่ได้มาอย่างอัตโนมัติจากการออกแบบที่ดีแต่เพียงอย่างเดียว

ง. ความเป็นเชิงเส้น(Linearity) บ่อยครั้งที่คิดว่าความถูกต้องถูกนำมาปนกับคำว่า ความเป็นเชิงเส้น ความเป็นเชิงเส้นแสดงว่าค่าที่วัดได้วางตัวอย่างไรบนสเกลที่เป็นเชิงเส้น และ เป็นสัดส่วน สเกลอาจมีความเป็นเชิงเส้นอย่างมากหากมีการไบอัส (Bias) ในความชัน (Slope) หรือมี ออฟเซ็ต (Offset) จากค่าที่ถูกกำหนดดังนั้นมันจึงไม่ถูกต้อง

จ. การปรับเทียบ(Calibration) ความถูกต้องจะมีความสำคัญเพิ่มขึ้น เมื่อกลุ่มผู้ใช้ที่แตกต่างกันหลายกลุ่มใช้หน่วยที่ตกลงใช้เหมือนกันในการแสดงและใช้ผล เขาเหล่านั้นจะไม่สามารถทำงานในลักษณะเดียวกัน นอกเสียจากว่า เครื่องมือวัดที่แต่ละคนใช้ถูกตั้งให้อ่านเป็นค่าเดียวกัน เมื่อป้อนด้วยอินพุตค่าเดียวกัน

2.8 เลขนัยสำคัญ (Significant Figures)

ความเที่ยงตรงของการทำการวัดจะประกอบด้วยสองลักษณะจำเพาะ

ก) ความเข้ากันได้

ข) ตัวเลขของเลขนัยสำคัญ

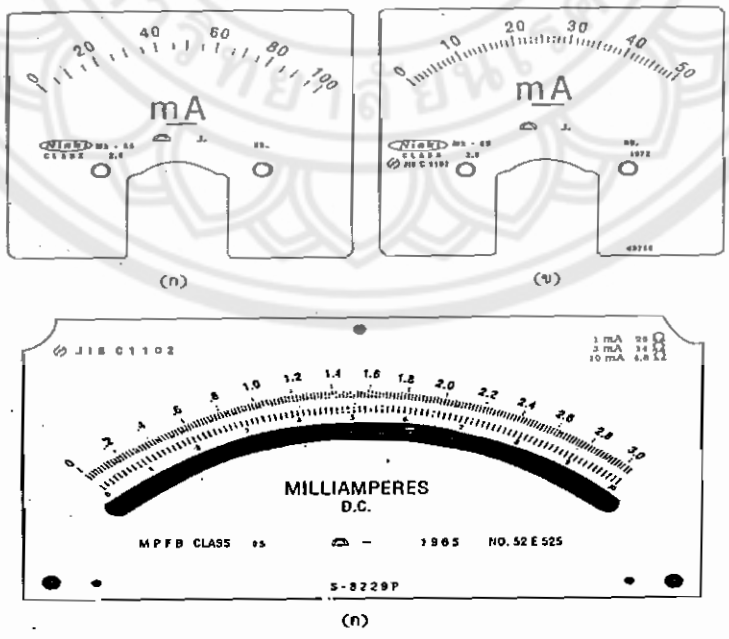
ความเข้ากันได้จะสัมพันธ์กับความสามารถของเครื่องวัด ในการวัดถึงระดับความละเอียดสูงสุดที่ต้องการโดยหน่วยที่กำลังวัด การเข้ากันได้เป็นเงื่อนไขที่จำเป็นแต่ยังไม่เพียงพอสำหรับการวัดที่ละเอียดเที่ยงตรง ในทางกลับกันเป็นความจำเป็นที่จะต้องรู้ว่า เมื่อใดที่ควรหลีกเลี่ยงการวัดที่มีเลขนัยสำคัญมากเกินไปเช่นเดียวกับน้อยเกินไป

เลขนัยสำคัญ คือ เลขที่บรรจุสาระเกี่ยวกับขนาดของปริมาณ และ จะต้องแตกต่างไปจากเลขทศนิยมธรรมดา ความผิดพลาดธรรมดาต้องกำหนดเป็นค่าตัวเลข โดยที่ตัวเลขที่นัยสำคัญน้อยที่สุด แม้จะเป็นเลขศูนย์ จะให้สาระเกี่ยวกับความไม่แน่นอนของการวัดหรืออาจบอกว่า ตัวเลขหลักสุดท้ายจะแทนด้วยขนาดของความไม่แน่นอน

ในการคำนวณตัวเลข การใช้เลขที่มีจำนวนหลักเกินกว่าส่วนที่มันบรรจุสาระมาคำนวณ จะเป็นการเสียเวลาและเหน็ดเหนื่อยเกินความจำเป็น และเป็นการเพิ่มโอกาสให้คำนวณผิดพลาด

1. การจำแนกชนิดของความผิดพลาด

ความผิดพลาดจะปรากฏเสมอในทุกการวัด เนื่อง มาว่าจากเราไม่สามารถทำการวัดโดยไม่มีความผิดพลาดดังนั้นในการกำหนดรายละเอียดของแต่และการวัด จะต้องรวมถึงความพยายามในการหาขนาดและแหล่งกำเนิดความผิดพลาดของมัน ด้วยเหตุนี้ การมีความเข้าใจและการจำแนกชนิดของความผิดพลาด จึงเป็นขั้นตอนแรกในความพยายามที่จะลดความผิดพลาด ถ้ามีการออกแบบและทำการคลองอย่างดี จะสามารถลดความผิดพลาดสู่ระดับที่ผลกระทบของมันน้อยกว่าค่าที่กำหนดหรือยอมได้ เราสามารถจำแนกชนิดต่างๆของความผิดพลาดได้ดังนี้



รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบหน้าปัดของแอมมิเตอร์

1. ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด(Gross Errors)
2. ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ (Systematic Errors) หรือ ไปอัส (Bias) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น
   - ความผิดพลาดเนื่องจากเครื่องวัด(Instrumental Errors)
   - ความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อม(Environmental Errors)
3. ความผิดพลาดตกค้าง (Residual Errors) หรือความผิดพลาดแบบแลนดอม (Random Errors)
4. ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำกาวัด

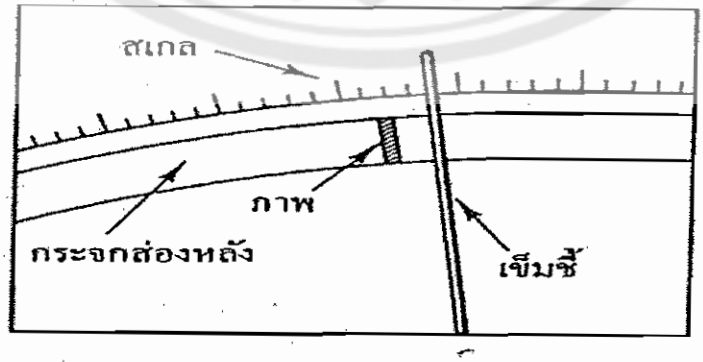
คำว่า Gross หมายถึง ความไม่ประณีต ความไม่มีสามัญสำนึก ความผิดพลาดในกรฯนี้จะมีหลายลักษณะ

ก) เกิดจากการขาดระมัดระวังหรือไม่มีวินัยในการวัด ทำให้อ่านค่าไม่ถูกต้อง เหมาะสม บันทึกค่าที่ได้แตกต่างไปจากค่าที่อ่านได้ ปรับเครื่องไม่ถูกต้อง หรือเกิดจากการคำนวณผิดพลาด

ข) เกิดจากขาดความรู้ความเข้าใจในเครื่องวัด ทำให้เลือกเครื่องวัดที่ไม่เหมาะสมกับงาน หรือใช้งานเครื่องวัดเกิดขีดจำกัดของเครื่องวัด

ค) ขาดความรู้ความเข้าใจในการวัด โดยปกติจะมีสองแนวทางในการปริมาณ นั้นคือ
   - ทำการวัดปริมาณ ในลักษณะที่ปริมาณที่ต้องการวัดนั้นไม่เปลี่ยนแปลงโดยวิธีที่ใช้
   - ยอมรับความคิดที่ว่า ปริมาณเปลี่ยนแปลงไปโดยกระบวนการวัด แล้วทำการวัดปริมาณที่เปลี่ยนแปลง จากนั้นจึงทำการแก้ผลเนื่องจากการรบกวน

ง) ความผิดพลาดในการอ่านค่า(Observation Errors) ในการอ่านเครื่องวัดแบบเข็มชี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งปรากฏ ของเข็มชี้ เนื่องจากตำแหน่งตาของผู้อ่านค่าแตกต่างไป ความผิดพลาดนี้เรียกว่า ความผิดพลาด Parallax วิธีปกติในการกำจัดความผิดพลาดนี้ทำโดยการใช้กระจกติดอยู่ในแนวระนาบเดียวกับสเกลใต้เข็มชี้ การอ่านค่าจะต้องพยายามให้เข็มชี้ทับกับภาพให้เข็มชี้จากสเกลของเครื่องวัด



รูปที่ 2.20 ความผิดพลาดเนื่องจากการอ่านค่า

นอกจากนั้นพบว่า จะสามารถลดความผิดพลาดจากการอ่านสเกล ให้น้อยที่สุดได้ เมื่อทั้งความกว้างของเข็มชี้ และความกว้างของขีดแบ่งช่อง มีค่าประมาณหนึ่งส่วนสิบของระยะห่างระหว่างขีดแบ่งช่อง อัตราส่วนนี้จะพบในเครื่องวัดทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูงมาก สำหรับเครื่องวัดซึ่งสเกลได้ถูกออกแบบมาอย่างดี

ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ

ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ คือความผิดพลาดซึ่งยังคงเหมือนเดิม ในการวัดค่าของปริมาเดียวกันซ้ำๆกัน

ก) ความผิดพลาดในเครื่องวัด ในส่วนนี้จะกล่าวถึง ต้นเหตุของความผิดพลาดในเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้กลไกเบี่ยงเบนเข็มชี้เป็นแสดงผลหรือชี้ค่าสมดุล แม้ว่าต้นเหตุของความผิดพลาดบางอย่างที่จะพูดถึงจะไม่มีในกรณีที่ใช้กลไกแสดงผลเป็นตัวเลข แต่ส่วนใหญ่จะคงยังปรากฏอยู่ เมื่อผู้ศึกษาได้เรียนรู้ถึงต้นเหตุของความผิดพลาดของเครื่องวัด จะสามารถเข้าใจได้ว่าความผิดพลาดของการอ่านค่าที่ได้จากเครื่องวัดจะเป็นผลมาจากสาเหตุหลายประการ

ข) ความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่การวัดดำเนินการอยู่ จะมีอิทธิพลต่อค่าหรือผลการวัดที่ได้ สิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบกระเทือนเทคโนโลยีชีวภาพและค่าที่วัด รวมถึงอุณหภูมิ ความดัน ความชื้น การสั่นสะเทือน หรือการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระแสเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าบ้าน ตัวแปรเหล่านี้เรียกว่า ตัวแปรอิทธิพล (Influence Variable) เนื่องจากมันมี อิทธิพลต่อการวัดโดยตรง

1. ความผิดพลาดตกค้างหรือแบบแรนดอม(Random)

ความผิดพลาดแบบแลนดอม คือความผิดพลาดที่มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการวัดปริมาณเดียวกันซ้ำกันเกิด Drift, Cyclic หรือรูปแบบอื่นๆที่คาดการณ์ได้ ระหว่างข้อมูลการวัดที่ทำซ้ำๆกัน ค่าความผิดพลาดที่คงที่ในผลของการวัดที่ซ้ำๆ กัน จะไม่สามารถเห็นได้จากการวัดดูข้อมูล เราจะยังไม่ทราบขนาดรวมทั้ง เครื่องหมายของค่าความผิดพลาดจนกว่าจะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากกระบวนการวัดอื่น หรือวิธีอื่น ผู้ทำการวัดจะต้องสามารถกำหนดของเขตของความผิดพลาดแบบเป็นระบบ เพื่อให้คนอื่นที่จำเป็นต้องใช้ผลการทดลอง (ข้อมูล) เหล่านี้ได้เข้าใจถึงความไม่แน่นอนของข้อมูล

2. การลดความผิดพลาดในการวัด

2.1 การลดความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด

ก) มีความรู้ความเข้าใจ สิ่งที่ผู้ทำการวัดทุกคนจะต้องมีคือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะจำเพาะ (Characteristic) ขีดจำกัด (Limitation) และสมรรถนะตามปกติของอุปกรณ์วัดทุก

ชิ้นที่ใช้จะต้องมีความ เข้าใจทฤษฎีพื้นฐานของการวัด เพื่อสามารถเข้าใจปัญหาด้านการวัดทั้งหมดที่เผชิญอยู่ผู้ทำการวัดจะต้องมีความสามารถในการเลือกเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ผล กับทฤษฎี

ข) มีเทคนิค เช่น การแทนเครื่องมือที่มีปัญหาด้วยเครื่องมือที่คล้ายกัน การสลับที่กันระหว่างเครื่องมือ ที่คล้ายกัน การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์เพื่อดูผลกระทบของพารามิเตอร์นั้นต่อระบบการวัดโดยรวมใช้วิธีเป็นอิสระแตกต่างกัน ในการวัดปริมาณเดียวกันใช้การวัดซ้ำปริมาณเดียวกันเป็นต้น

ค) มีวินัย มีการวางแผนขั้นตอนดำเนินการ มีความสุขรอบคอบในการวัดในการบันทึกค่าโดยตรงอย่างมีระเบียบตามลำดับบันทึกรายละเอียดทุกสิ่งที่เกี่ยวข้องในการจัดการวัดรวมถึงเงื่อนไขต่างๆ

2. 2 การลดความผิดพลาดแบบเป็นระบบ

เนื่องจากลักษณะจำเพาะของความผิดพลาดแบบเป็นระบบคือ ความผิดพลาดชนิดนี้จะมีขนาดและเครื่องหมายที่เหมือนกัน สำหรับทุกๆการวัดที่ซ้ำกัน ถ้าหากเรารู้ขนาดและเครื่องหมายเราสามารถใส่ค่าแก้เข้าไป ทำให้สามารถกำจัดความผิดพลาดนี้ได้ อย่างไรก็ตามแม้ทำการวัดที่ซ้ำกัน เราจะทราบความหมายของความผิดพลาดเป็นอย่างไร ถ้าหากการวัดโดนรบกวนด้วยไบอัสเดียวกัน วิธีเดียวที่จะสามารถตรวจจับไบอัสนี้ก็คือ ทำการวัดค่าโดยใช้เครื่องวัดอื่นหรือใช้วิธีการอื่น

2.3 การลดความผิดพลาดแบบแรนดอม(Random)โดยวีการทางสถิติ

จะยังคงมีแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในค่าที่อ่านได้ ซึ่งไม่สามารถหาค่าโดยวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้กับความผิดพลาดแบบเป็นระบบก็คือ แหล่งกำเนิดนี้จะมีขนาดและเครื่องหมายที่แปรไป และเมื่อรวมความผิดพลาดเหล่านี้ผลของมันจะกระทบต่อเครื่องวัดในลักษณะแบบแลนดอม มันเป็นความผิดพลาดที่หลงเหลืออยู่หลังจากคิดความผิดพลาดแบบเป็นระบบแล้ว ในเครื่องวัดบางแบบเราจะไม่สังเกตเห็นความผิดพลาดแบบแลนดอม แต่เครื่องมือที่มีความละเอียดสูงเราจะพบเห็นความกระจายของค่าที่อ่านได้ เราจะสามารถนำวิธีการทางสถิติมาใช้หาค่าประมาณที่ดีที่สุดของขนาดจริงของค่าที่กระจาย