บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

มนุษย์รู้จักสร้างเครื่องมือในการช่วยคิดคำนวณ หรือ "คอมพิวเตอร์" เช่นลูกคิด นับเป็นคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน ไม้บรรทัดคำนวณ (Slide Rule) นับเป็นคอมพิวเตอร์อีกแบบหนึ่ง และเครื่องคิดเลขแบบตั้งโต๊ะก็เช่นเดียวกัน เครื่องแต่ละแบบดังกล่าวนี้มีวิธีการใช้แตกต่างกัน แต่สิ่งที่เหมือนกันก็คือการให้ความสะดวกในการคิดเลข คือสามารถใช้ในการบวก ลบ คูณ และหารได้ คอมพิวเตอร์จึงแยกออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เครื่องคำนวณจักรกล (Mechanical Computer) ประเภทนี้ไม่ได้ใช้ไฟฟ้า เช่นลูกคิด, ไม้บรรทัดคำนวณ

2. เครื่องคำนวณจักรกลไฟฟ้า (Electro - Mechanical Computer) ประเภทนี้ใช้ไฟฟ้าช่วยในการทำงาน เช่นเครื่องคิดเลขแบบตั้งโต๊ะ เช่น Facit, Friden, Merchant เป็นต้น

3. เครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิค (Electronic Computer) เป็นเครื่องคำนวณที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีความรวดเร็วในการคำนวณ ได้แก่ เครื่องอีเล็กโทรนิคคอมพิวเตอร์ ซึ่งสร้างโดยบริษัท ไอ บี เอ็ม, บริษัท คอนโทรลเดต้า, บริษัทสเปอรี่แรนด์ และบริษัท เอ็น อี ซี เป็นต้น

ปัจจุบันได้มีการนำวงจร ไอ. ซี. (Inte grated Circuits) ที่ใช้ในเครื่องอีเล็กโทรนิคคอมพิวเตอร์ มาสร้างเป็นเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็ก แต่มีขอบเขตของการทำงานที่จำกัด ส่วนมากมักจะทำการบวก ลบ คูณ และหารได้เท่านั้น แต่ก็ได้มีการพัฒนาให้ทำงานได้มากกว่านี้ เช่นสามารถจะหาค่ารากที่สอง, ค่าลอการิทึม และ

ค่าฟังก์ชั่นตรีโกณมิติต่าง ๆ ได้อีก เนื่องจากใช้ทรานซิสเตอร์เป็นส่วนประกอบจึงมีขนาดเล็กและสะดวกแก่การนำติดตัวไปไหนมาไหนได้ ผิดกับเครื่องคำนวณแบบตั้งโต๊ะซึ่งมีขนาดใหญ่ไม่สะดวกกับการเคลื่อนย้าย

ข้อแตกต่างของเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็ก กับเครื่องอีเล็กโทรนิคคอมพิวเตอร์ ก็คือ เครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็กไม่ต้องมีส่วนที่เป็นสมองจำ (Memory Unit) มีแต่ส่วนรับข้อมูล, ส่วนคำนวณ, ส่วนควบคุม และแสดงผล คือเมื่อคิดคำนวณได้ก็แสดงผลลัพธ์ออกมาเลย ไม่ต้องเก็บไว้ จึงเหมาะสำหรับงานที่ไม่ยุ่งยากนัก เช่น การรวมยอดเงิน, คิดค่าล่วงเวลา, คิดภาษี เป็นต้น

1.2 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็กนี้ ยังมีน้อยมาก เพราะการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องราวของคอมพิวเตอร์ยังเป็นของใหม่สำหรับเมืองไทย และถึงแม้จะมีบริษัทต่างประเทศที่ผลิตเครื่องคำนวณเหล่านี้ส่งมาขาย ก็มักจะปกปิดการวิจัยของตนเป็นความลับ ซึ่งเกี่ยวกับการแข่งขันในทางการค้า การวิจัย และความก้าวหน้าทางด้านนี้ จึงรู้กันเฉพาะในหมู่ช่างเทคนิคของบริษัทผู้ผลิตแต่ละบริษัทเท่านั้น ไม่แพร่หลายออกไป

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาการทำงานและโครงสร้างของวงจร ไอ. ซี. ที่ใช้ในหน่วยคำนวณ, หน่วยควบคุม และหน่วยรับและแสดงผลของเครื่องคอมพิวเตอร์

2. นำวงจรเหล่านั้นมาดัดแปลงออกแบบเป็นวงจรของเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็กที่มีราคาประหยัด แต่ทำงานได้เหมือนเครื่องคำนวณขนาดใหญ่

3. เพื่อทดสอบวงจรต่าง ๆ ที่ออกแบบในส่วนคำนวณ (Arithmetic Unit)

ขอบเขตของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. วงจรที่ทำการออกแบบนี้ มีเฉพาะวงจรการบวกลบคูณและหาร เพราะเป็นงานสำคัญเบื้องต้น

2. แบบของวงจรที่ได้จากการวิจัยนี้ใช้กับเลขทศนิยมได้ 6 หลัก ถ้าต้องการจำนวนหลักมากกว่านี้ก็สามารถทำได้ โดยการเพิ่มจำนวนฟลิพฟล็อพซึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์อีก การทำงานอื่น ๆ ก็คงเหมือนเดิม

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1.4.1 ได้ทราบการทำงานของวงจรไอซี (Inte grated Circuits) ต่าง ๆ ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

1.4.2 ได้แบบของวงจรที่ออกแบบเอง เพื่อนำมาใช้กับหลักการของเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็กได้

1.4.3 ได้แบบวงจรของเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็ก ซึ่งสามารถทำการบวกลบคูณและหาร และแสดงผลลัพธ์ออกมาทางคีย์บอร์ด

1.4.4 แบบของวงจรที่ได้เป็นแนวทางที่จะให้ผู้อื่นทำการวิจัยและออกแบบวงจรอื่น ๆ ต่อไปอีก

1.5 วิธีที่จะดำเนินการวิจัย

วิธีที่จะดำเนินการวิจัยหรือแผนการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1.5.1 คือระบบเลขฐานสอง (Binary System) การเข้าโค๊ด การถอดโค๊ดของเลขฐานสองและเลขทศนิยม (Binary Coded Decimal)

1.5.2 ศึกษาเรื่องราวและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ของพีชคณิตบูลีน (Boolean Algebra) เพื่อทำความเข้าใจการออกแบบของวงจรต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย และเพื่อออกแบบวงจรใหม่ขึ้นตามความต้องการได้

1.5.3 ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของวงจรไอซี (Integrated Circuits) ที่ใช้ในหน่วยคำนวณและหน่วยควบคุมของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น วงจรฟลิพ-ฟล็อพ (Flip-Flop Circuit), วงจรบวกเต็ม (Full - Adder Circuit), วงจรนับ (Counter Circuit) เป็นต้น

1.5.4 หาหลักการในการบวกลบคูณหารเลขฐานสองให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องโดยไม่ต้องกำหนดเครื่องหมายเหมือนตัวเลขที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพราะปกติในการบวกลบ หรือคูณหารเลขสองจำนวน เราทราบเครื่องหมายของผลลัพธ์อยู่แล้ว

1.5.5 ดัดแปลงและออกแบบวงจรบางอย่างที่จะนำมาใช้กับหลักการในข้อ 1.5.4 เช่น วงจร 9 's คอมพลีเมนท์ (9 's Complement Circuit) วงจรแก้ผลบวกของตัวเลขที่ไม่ถูกต้อง (Correct Digit Sum Circuit) วงจรการเข้าโค๊ดและถอดโค๊ด (Encoder And Decoder Circuit) เป็นต้น

1.5.6 ออกแบบวงจรเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็กโดยนำวงจรต่าง ๆ ที่จำเป็นมาประกอบกันโดยคำนึงถึงหลักที่ต้องการใช้เกตและไอซีน้อยที่สุด

1.6 นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค

อซินโครนัส (Asynchronous) อุปกรณ์อซินโครนัสคืออุปกรณ์ที่ส่วนต่าง ๆ (elements) ของอุปกรณ์นั้นไม่ได้ทำงานพร้อมกัน ตัวอย่างเช่น วงจรนับที่เป็นอซินโครนัส (Asynchronous or Ripple Counter) ทุกบิทของวงจรไม่ได้ทำงานพร้อมกัน

แอ็กคิวมิวเลเตอร์ รีจิสเตอร์ (Accumulator Register) คือรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บ (Store) ผลบวกของการบวกเลขฐานสอง

ไบนารี่ (Binary) เลขระบบฐานสอง คือเลขระบบที่มีตัวเลขหรือภาวะเพียง 2 ภาวะ คือ "0" และ "1" เท่านั้น เรียกตัวเลขทั้งสองนี้ว่าเลขไบนารี่ (Binary Digit)

บิท(Bit) มาจากคำเต็มว่า Binary Digit

คล็อค (Clock) คล็อคใช้สำหรับทำให้เกิดพัลซ์ติดต่อกันอย่างสม่ำเสมอ อัตราของพัลซ์ที่เกิดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10×10^{16} พัลซ์ต่อวินาที

1's คอมพลีเมนท์ (1's Complement) 1's คอมพลีเม้นท์หรือคอมพลีเมนท์ของตัวแปรหรือของฟังก์ชั่น คือเลขไบนารี่ที่มีค่าตรงข้าม ถ้าค่าของตัวแปรหรือของฟังก์ชั่นเป็น 0 ค่าของคอมพลีเมนท์จะเป็น 1 เช่น คอมพลีเมนท์ของ 011010 คือ 100101

Decoder เป็นอุปกรณ์ในการถอดโค๊ด คือใช้เปลี่ยนข้อมูลที่อยู่ในรูปของโค๊ดเป็นข้อมูลที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป เช่น เปลี่ยนข้อมูลจากเลขโค๊ด บีซีดี เป็นเลขฐานสิบ เป็นต้น

Encoder เป็นอุปกรณ์ในการเข้าโค๊ด คือใช้เปลี่ยนข้อมูลจากรูปที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปให้เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของโค๊ด เพื่อนำไปใช้งานได้ เช่น เปลี่ยนข้อมูลเลขฐานสิบ เป็นข้อมูลในโค๊ดเลขฐานสอง เป็นต้น

End-Around Carry เป็นตัวทดของบิทที่อยู่ในตำแหน่งซ้ายสุดหรือของบิทสุดท้ายของการบวกข้อมูล ซึ่งจะต้องนำไปบวกกับค่าของบิทที่อยู่ในตำแหน่งแรกหรือตำแหน่งขวาสุด

ฟลิพ-ฟล็อพ (Flip - Flop) คือวงจรอีเล็กโทรนิคที่ใช้เก็บ (Store) ข้อมูลใน 1 บิท ฟลิพ-ฟล็อพ อาจจะอยู่ในภาวะ "1" หรือภาวะ "0" เมื่ออยู่ในภาวะ "1", 1 - เอาพุทของฟลิพ-ฟล็อพจะมี

โวลเตจสูง (Hi - level) และ 0 - เอ๊าพุทจะมีโวลเตจต่ำ (Lo - level) เมื่ออยู่ในภาวะ "0", 1 - เอ๊าพุทจะมีโวลเตจต่ำ และ 0 - เอ๊าพุทจะมีโวลเตจสูง

เกต (Gate) ในที่นี้หมายถึงอีเล็กโทรนิคเกต หมายถึงอุปกรณ์ซึ่งการทำงานของเกตสามารถจะแสดงเป็นฟังก์ชั่นโลยิคของเลขฐานสองได้

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือวงจรที่ใช้ในการเปลี่ยนค่าของตัวแปรหรือฟังก์ชั่นให้เป็นค่าตรงข้ามจากเดิม หรือเป็นค่าคอมพลีเมนท์เช่น เปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 หรือ จาก 1 เป็น 0

Integrated Circuits(IC_s)คือแผ่นซิลิคอนเล็ก ๆ ที่เรียกว่า "chip" ประกอบด้วยอุปกรณ์อีเล็กโทรนิค เช่น ทรานซิสเตอร์, ไดโอด, รีซิสเตอร์ และคาพาซิเตอร์ อุปกรณ์เหล่านี้ต่อกันเป็นวงจรอยู่ภายใน chip จะมีโลหะหรือปลาสติกหุ้ม chip อีกชั้นหนึ่ง และทำเป็นปลายแหลมออกมาเพื่อต่อกับวงจรภายนอกได้

Hi-level หมายถึงระดับโลยิคที่มีค่าโวลเตจสูง ช่วงของโวลเตจจะอยู่ระหว่าง 2.4 - 3.6 โวลท์

Lo-level หมายถึงระดับโลยิคที่มีค่าโวลเตจต่ำ ช่วงของโวลเตจจะอยู่ระหว่าง 0 - 0.4 โวลท์

โมดูลัส (Modulus) โมดูลัสของวงจรนับ คือจำนวนภาวะที่แตกต่างกันของวงจรนับ หรือเป็นจำนวนครบรอบ (Recycle) ของวงจรนับนั้น ๆ

พัลซ์ (Pulse) คือโวลเตจที่เปลี่ยนจากระดับหนึ่งเป็นอีกระดับหนึ่ง และจะคงอยู่ระดับนั้นชั่วระยะเวลาหนึ่ง แล้วจึงกลับไปยังระดับเดิม

ซินโครนัส (Synchronous) อุปกรณ์ซินโครนัสคืออุปกรณ์ที่ส่วนต่าง ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน เช่น วงจรนับที่เป็นแบบซิน-โครนัส (Synchronous Counter) การทำงานของทุกบิท

จะทำงานหรือเปลี่ยนแปลงพร้อม ๆ กัน

Exclusive - OR ฟังก์ชั่น Exclusive - OR จะมีค่าเป็นโลยิค - 1 เมื่อมีอินพุทค่าใดค่าหนึ่งเป็นโลยิค - 1 ถ้ามีอินพุทอยู่ 2, ฟังก์ชั่น Exclusive - OR จะเป็นโลยิค - 1 เมื่ออินพุททั้งสองมีค่าต่างกัน และจะเป็นโลยิค - 0 เมื่ออินพุททั้งสองมีค่าเหมือนกัน

9' s คอมพลีเมนท์ (9's Complement or Natural Binary Coded Decimal Complement) ของเลขจำนวนใด ได้จากการนำเลขจำนวนนี้ไปลบออกจากเลข 9 เช่น 9 's คอมพลีเมนท์ของ 3 คือ 6 เป็นต้น

Transfer เป็นวิธีส่งข้อมูลจากรีจิสเตอร์ตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นแบบอนุกรม (Serial Transfer or Shift) หรือแบบขนาน (Parallel Transfer) การส่งข้อมูลแบบอนุกรมช้ากว่า เนื่องจากใช้จำนวนพัลซ์มากกว่าการส่งข้อมูลแบบขนาน ตัวอย่างเช่น

รีจิสเตอร์ที่มี 20 บิท จะต้องใช้ Shift Pulse 20 ครั้ง ในการย้ายข้อมูลออกจากรีจิสเตอร์ แต่จะใช้พัลซ์เพียงครั้งเดียว ในการส่งข้อมูลออกจากรีจิสเตอร์แบบขนาน