บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1958 ที่ได้มีการค้นพบวิธีสร้างวงจรรวม (Integrated Circuit, IC.) (S.M. Sze,1988)ตั้งแต่วงจรรวมในระดับ Small Scale Integrated Circuit (SSI) พัฒนามาจนกระทั่งเป็นวงจรรวมขนาดใหญ่มาก Very Large Scale Integrated circuit (VLSI) ที่สามารถบรรจุวงจรทรานซิสเตอร์ได้จำนวนนับแสนตัวลงในแผ่นซิลิกอนที่มีขนาดเพียงตารางมิลลิเมตร รวมทั้งเทคโนโลยีของขบวนการผลิตที่ได้พัฒนาจนกระทั่งค่าใช้จ่ายในขบวนการผลิตได้ลดต่ำลงเป็นอย่างมาก ทำให้การสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสลับซับซ้อนมากเป็นไปได้ง่ายขึ้น วงจรรวมที่มีการพัฒนามาในปัจจุบันก็ได้มีการแบ่งเป็นวงจรรวมที่ออกแบบและผลิตเป็นผลิตภัณฑ์มาตรฐาน ซึ่งการใช้งานสามารถนำมาต่อเป็นวงจรได้หลายประเภท โดยอาจต้องใช้อุปกรณ์วงจรรวมจำนวนมากนับสิบถึงร้อยตัวเพื่อนำมาต่อกันเป็นวงจรที่ต้องการใช้งาน วงจรรวมประเภทนี้มีตั้งแต่ระดับ SSI เช่นเกทต่าง ๆ ฟลิบฟลอบไปจนกระทั่งถึงวงจรรวม VLSI เช่นไมโครโปรเซสเซอร์วงจรคอนโทรลเลอร์ ฯลฯ โดยมีชื่อที่ใช้เรียกวงจรรวมที่ออกแบบมาเป็นมาตรฐานนี้ว่า Standard Product Integrated Circuit หรือ SPIC (บวร ปภัสราทร, 2531) และวงจรรวมอีกประเภทหนึ่งซึ่งมักจะเป็นวงจรรวมในระดับ VLSI เป็นวงจรรวมที่ออกแบบและผลิตขึ้นเพื่อใช้งานเฉพาะตามวัตถุประสงค์ที่ออกแบบขึ้นมาใช้วงจรรวมประเภทนี้จะถูกนำไปใช้เฉพาะงานโดยตรงเช่น ชิพเซ็ทในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นวงจรรวมที่รวมเอาส่วนซึ่งเคยใช้วงจรรวมมาตรฐานหลาย ๆ ตัวนำมาออกแบบเพื่อใช้ในไมโครคอมพิวเตอร์รุ่นเดียวโดยเฉพาะ สามารถใช้ลดจำนวนวงจรรวมที่เคยใช้นับสิบตัวเหลือเพียงวงจรรวมขนาดใหญ่เพียงตัวเดียว วงจรรวมในนาฬิกาดิจิตอลก็เป็นวงจรรวมเฉพาะที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นนาฬิกาอย่างเดียวซึ่งสามารถใช้โดยมีอุปกรณ์ภายนอกเพียงตัวต้านทานหรือคริสตอลเพียง 2-3 ตัวเท่านั้น ฯลฯ วงจรรวมที่ออกแบบเพื่อใช้เฉพาะงานเหล่านี้มีชื่อเรียกโดยรวมว่า Application Specific Integrated Circuit หรือ ASIC (Joseph D.Giacomo,1989) ซึ่งวงจรรวม ASIC ยังสามารถแบ่งตามรูปแบบของการออกแบบและสร้างวงจรรวมได้อีกเป็นวงจรรวมฟูลคัสตอม (Full Custom) (Thomas E.Dillinger,1988) ซึ่งจะต้องออกแบบหน้ากากที่ใช้ผลิตวงจรรวมตั้งแต่ระดับของทรานซิสเตอร์ประกอบขึ้นมาเป็นวงจรขนาดใหญ่ วงจรรวมเซลมาตรฐาน (Standard Cell) ผู้ออกแบบจะนำเอาเซลล์มาตรฐานที่ผู้ผลิตได้สร้างขึ้นนำมาต่อรวมกันขึ้นเป็น

วงจรใหญ่ตามที่ต้องการอยู่บนแผ่นวงจรรวมเดียวกัน วงจรรวมเกทอาเรย์ผู้ออกแบบจะนำสัญญลักษณ์ของอุปกรณ์มาตรฐานมาต่อกันเป็นวงจรเช่นเดียวกับ การใช้เซลมาตรฐาน แต่โรงงานผู้ผลิตจะนำไปแปลงรูปแบบไปเป็นรูปแบบของทรานซิสเตอร์อาเรย์แล้วจึงนำไปผลิต วงจรรวมทั้ง 3 แบบที่กล่าวมาแล้วการผลิตวงจรรวมต้องนำไปผลิตที่โรงงานโดยผู้ออกแบบจะส่งแบบวงจรตามความเหมาะสมของวงจรรวมแต่ละประเภท และยังมีวงจรรวมที่ผู้ออกแบบสามารถจัดสร้างวงจรนั้นเองได้คือวงจรรวม Programmable Logic Device หรือ PLD (Roger C. Alford,1989) ซึ่งเป็นวงจรรวมที่สามารถโปรแกรมเพื่อกำหนดการต่อวงจรภายในตัววงจรรวมที่ได้เตรียมวงจรดิจิตอลพื้นฐานและทางเดินสายสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อภายในระหว่างวงจรต่าง ๆ ภายในตัวอุปกรณ์วงจรรวม การโปรแกรมวงจรก็คือการกำหนดการเชื่อมต่อระหว่างจุดต่าง ๆ ของวงจรภายในอุปกรณ์นั่นเอง อุปกรณ์วงจรรวม PLD นี้บางรุ่นยังสามารถโปรแกรมแล้วยกเลิกเพื่อนำไปใช้โปรแกรมใหม่ได้ด้วย

วิทยาการของการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันทำให้มนุษย์สามารถนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ช่วยในการดำเนินการต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วถูกต้องมีประสิทธิภาพได้โดยการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้งานตามที่ต้องการร่วมกับระบบฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถโปรแกรมกำหนดการทำงานให้เปลี่ยนแปลงหน้าที่ไปได้ในสารพัดรูปแบบ ระบบฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของการสร้างวงจรไปตามการค้นพบเทคโนโลยีของการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเริ่มต้นตั้งแต่หลอดสูญญากาศ (หากไม่นับรวมระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้รีเลย์เป็นส่วนประกอบ) พัฒนาเป็นทรานซิสเตอร์ วงจรรวม จนกระทั่งเป็นไมโครอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในวงจรรวมขนาดใหญ่มากในปัจจุบันซึ่งผลของการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นี้ก็ได้ส่งผลให้ขนาดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดลดลง สามารถสร้างวงจรที่มีความซับซ้อนมาก ๆ การทำงานของวงจรที่เร็วขึ้น ความเชื่อถือได้ที่เพิ่มสูงขึ้น ราคาของอุปกรณ์ที่ลดลงและมีแนวโน้มที่จะต่ำลงมากจากการพัฒนาขบวนการผลิต ทำให้ฮาร์ดแวร์ของระบบคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาคุณสมบัติในลักษณะเช่นเดียวกัน แต่ในส่วนของซอฟต์แวร์ในระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งขบวนการในการผลิตส่วนใหญ่ เป็นการพัฒนาโดยใช้ปัญญาของมนุษย์ซึ่งนับวันมูลค่าของวัตถุดิบและขบวนการ ซึ่งใช้ความสามารถเฉพาะของมนุษย์จะมีราคาเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ สวนทางกับแนวโน้มราคาที่ต่ำลงของฮาร์ดแวร์ แม้ว่าในปัจจุบันจะได้มีศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (Software Engineering) ที่มีผู้พยายามค้นคิดการสร้างซอฟต์แวร์ในลักษณะที่เป็นศาสตร์มากขึ้นเพื่อให้มีขั้นตอนที่แน่นอนรวมทั้งมีเครื่องมือที่ใช้ช่วยสร้างซอฟต์แวร์ต่าง ๆ แต่ในปัจจุบันมูลค่าของซอฟต์แวร์ก็ยังไม่มีแนวโน้มที่จะลดมูลค่าลงแต่อย่างใด

เนื่องจากเทคโนโลยีในการออกแบบและผลิตฮาร์ดแวร์ในปัจจุบันสามารถสร้างวงจรที่มีความซับซ้อนมาก ๆ ได้ในขนาดที่ยอมรับได้ในราคาที่ ไม่สูงและมีแนวโน้มที่จะลดต่ำในด้านราคาและขนาดสูงขึ้นในด้านความซับซ้อนและความเร็วในการทำงาน ง่ายขึ้นในด้านการผลิตและออกแบบ โดยเทคโนโลยีของวงจรรวมขนาดใหญ่มากที่ใช้เฉพาะกิจ (ASIC) และใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (VLSI CAD) (Steven M.Rubin, 1987) จึงได้มีผู้ที่ได้ค้นคิดขบวนการเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลในโปรแกรมซึ่งเดิมขบวนการเหล่านั้นเคยสร้างโดยใช้ซอฟต์แวร์อัลกอริทึ่ม มาเป็นขบวนการที่จัดการโดยใช้ฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับการจัดการข้อมูลแต่ละแบบแทน เช่นที่มีผู้ออกแบบและผลิตอยู่ในต่างประเทศแล้ว ได้แก่วงจรรวมที่ใช้เรียงลำดับข้อมูล (Sorter) วงจรรวมสำหรับการเข้ารหัสและถอดรหัส (Encrytor and Decryptor) Digital Signal Processing (Joseph Di Giacomo, 1989) ฯลฯ แต่อัลกอริทึ่มที่เป็นฮาร์ดแวร์อีกหลายประเภทก็ยังเป็นที่ศึกษาอยู่ทั้งในมหาวิทยาลัยและห้องปฏิบัติการเพื่อหารูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุดของอัลกอริทึ่มแต่ละแบบ

การใช้วงจรรวมเฉพาะกิจ (ASIC) ในประเทศไทยยังมีการออกแบบใช้งานน้อยมาก ซึ่งในปัจจุบันได้มีโครงการวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบวงจรราม โดยได้รับความสนับสนุนงบประมาณและเครื่องมือจาก ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และการพลังงาน และรัฐบาลประเทศออสเตรเลียสนับสนุนซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบวงจรรวม CIRCAD II (CIRCAD II,1989) และค่าใช้จ่ายสำหรับการส่งวงจรรวมไปเจือสาร ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อส่งเสริมให้มีการออกแบบวงจรรวมและใช้วงจรรวมทั้งทางด้านธุรกิจและในการศึกษาวิจัย (เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับจัดสร้างและพิสูจน์แนวทฤษฎีต่าง ๆ เช่น multiprocessor, neural network ฯลฯ)

วิทยานิพนธ์เรื่องการออกแบบวงจรรวมขนาดใหญ่มากเพื่อจัดการข้อมูลแถวคอยเป็นโครงการที่ทำการศึกษาหาแนวทางการออกแบบอัลกอริทึ่มเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลแถวคอย (queue) ที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นวงจรรวมขนาดใหญ่มากโดยจะออกแบบเพื่อจัดสร้างวงจรรวมฟูลคัสตอม เซมิคัสตอมโดยใช้เซลมาตรฐาน และใช้อุปกรณ์ที่โปรแกรมได้ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ที่ต้องใช้การจัดการโครงสร้างข้อมูลแถวคอยได้และยังใช้เป็นแนวทางในการศึกษาออกแบบวงจรรวมอัลกอริทึ่มอื่น ๆ ต่อไปในภายหน้าด้วย

2. วัตถุประสงค์

1) ศึกษาและออกแบบวิธีการจัดการข้อมูลแถวคอย (queue) โดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2) ออกแบบวงจรจัดการข้อมูลแถวคอยเป็นวงจรรวมที่ใช้อุปกรณ์โปรแกรมได้ วงจรรวมเซมิคัสตอมที่ใช้เซลมาตรฐาน และวงจรรวมฟูลคัสตอม

3) เปรียบเทียบการใช้วงจรรวมที่ได้ออกแบบและจัดสร้าง

3. ขอบเขตของการวิจัย

1) ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจัดการข้อมูลแถวคอย (queue) โดยมีตัวอย่างการใช้งานเป็นพรินเตอร์สปูลเลอ (printer spooler) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนได้แก่ ส่วนควบคุมสปูลเลอร์ (Printer Spool Controller) เป็นส่วนควบคุมการทำงานหลัก ส่วนจัดการข้อมูลแถวคอย (Queue Management) และส่วนของหน่วยความจำ

ส่วนของวงจรที่จะทำในการวิจัยนี้ได้แก่ ส่วนควบคุมสปูลเลอร์และส่วนจัดการข้อมูลแถวคอยเท่านั้น ส่วนหน่วยความจำจะใช้อุปกรณ์หน่วยความจำภายนอกแบบสแตติกแรม (Static RAM)

2) เครื่องต้นแบบที่จัดสร้างใช้อุปกรณ์วงจรรวมเกทอาเรย์ที่โปรแกรมได้ Programmable Gate Array (PGA.) ของไซลิง (Xilinx) โดยใช้ระบบพัฒนาวงจรของไซลิง

3) ออกแบบวงจรรวมเซลมาตรฐานใช้ไลบรารีของแฮริสเอสซี 3000 (Harris SC3000 Library) การออกแบบวงจรรวมฟูลคัสตอมระดับหน้ากากใช้ซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเซอแคดทู (CIRCAD II) และทดสอบการทำงานของวงจรรวมโดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน (simulator)

4) เปรียบเทียบการใช้วงจรรวมในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ผลการทำงานที่ได้จากโปรแกรมจำลองการทำงาน ลักษณะงานที่เหมาะสมต่อการสร้างวงจรรวม ความซับซ้อนในการออกแบบและจัดสร้าง ขนาด/จำนวนอุปกรณ์ในวงจรรวม ค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างวงจรรวม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาวิธีจัดการข้อมูลแถวคอยที่เหมาะสมต่อการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2) ออกแบบวงจรควบคุมข้อมูลแถวคอยและพรินเตอร์สปูลเลอ

3) แปลงวงจรให้เหมาะสมต่อการใช้วงจรรวมชนิดต่างๆ

4) ออกแบบจัดสร้างวงจรรวมบนอุปกรณ์ที่โปรแกรมได้และทดสอบผลการทำงาน

5) ออกแบบวงจรรวมเซลมาตรฐานและฟูลคัสตอมและจำลองผลการทำงาน

6) สรุป- เปรียบเทียบการใช้วงจรรวม

5. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1) มีแนวทางในการออกแบบและจัดสร้างอัลกอริทึ่มเพื่อดำเนินการข้อมูลแบบต่าง ๆ โดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์แทนการใช้โปรแกรม

2) มีข้อมูลสำหรับการเลือกใช้วงจรรวมระหว่างวงจรรามที่ต้องส่งไปเจือสารและที่สามารถโปรแกรมได้เอง

3) วงจรสปูลเลอร์สำหรับเครื่องพิมพ์จากผลของการวิจัยนี้สามารถนำไปจัดสร้างวงจรรวมเพื่อใช้งานจริง หรือพัฒนาให้มีความสามารถมากขึ้น