บทที่ ๗

สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เครื่องมือประกอบการสอนระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์ สร้างขึ้นด้วยวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ สร้างระบบและวงจรดิจิตอลคอมพิวเตอร์ชนิด Single-address computing system เบื้องต้น ที่ทำงานแบบ parallel synchronous and sequential processing ขนาด ๘ หลักไบนารี่ มีหน่วยความจำ ๑๖ คำ และมีคำสั่งการทำงาน ๑๐ อย่างคือ HAL, ADD, SUB, CAD, CSB, JPO, JUN, JNE, STO และ CMF ซึ่งประกอบวงจรอยู่ในรูปของอุปกรณ์สาธิต ซึ่งแสดงให้เห็นการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของระบบ

ในการประกอบวงจรได้เลือกใช้ discrete elements คือ ทรานซิสเตอร์ รีซิสเตอร์และไดโอดสร้างวงจรโลจิค และประกอบขึ้นเป็นโลจิคฟังค์ชั่นในส่วนต่าง ๆ ของระบบ โดยที่พยายามเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายในประเทศไทย

การดำเนินการค้นคว้าและวิจัยได้เริ่มด้วยการกำหนดลักษณะการทำงานของคำสั่งแต่ละอย่างเป็น flow diagram และหาลำดับเวลาของการทำงานในแต่ละคำสั่ง จากนั้นแล้วจึงหาซอบเซตและรายละเอียดของโลจิคฟังค์ชั่นในหน่วยต่าง ๆ คือ หน่วย-ความจำ หน่วยคำนวณ และหน่วยควบคุม แล้วจึงเลือกและออกแบบสร้างวงจรโลจิคที่เหมาะสม และประกอบวงจรให้ทำงานตามโลจิคฟังค์ชั่นที่กำหนด ซึ่งการเลือกวงจรจะคำนึงถึงราคาและเสถียรภาพของการทำงานเป็นสิ่งสำคัญ

การติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดได้แยกส่วนตามโลจิคฟังค์ชั่นที่สำคัญของระบบ ซึ่งวงจรที่ประกอบเป็นโลจิคฟังค์ชั่นแต่ละส่วนที่ติดตั้งบนแผงสาธิตสามารถถอดเปลี่ยนได้สะดวกโดยการติด jack ตัวเมียที่แผงสาธิตซึ่งเป็นจุดจ่ายไฟ (power supply) ให้กับวงจรด้วย สำหรับ jack ตัวผู้จะติดไว้ที่ PC board ของวงจร และส่วนที่เป็นทางเดินของโลจิคจากฟังค์ชั่นหนึ่งไปยังอีกฟังค์ชั่นหนึ่งนั้น กระทำโดยติดหลักตัวนำ (post) ที่วงจรและปลายสายที่ใช้ต่อจะมีลักษณะเป็น spring clip นำไปเสียบต่อเข้ากับหลักตัวนำที่ต้องการ

ซึ่งวิธีการนี้ได้นำแบบอย่างมาจากระบบการสร้างอุปกรณ์การสอนของบริษัท Philco International Ltd. ซึ่งเป็นวิธีที่ดีและราคาถูกกว่าแบบอื่น ๆ ที่ใช้ระบบเสียบต่อแบบใช้ jack ทั้งนี้เพราะหลักตัวนำหนึ่ง ๆ สามารถเสียบต่อสายได้หลายเส้นโดยไม่เปลืองเนื้อที่เพิ่มขึ้น

ในการออกแบบและประกอบวงจรจะพบปัญหาเสมอคือ ทรานซิสเตอร์และไดโอดที่ใช้บางตัวมี leakage current สูงและ d.c current gain ต่ำกว่าขอบเขตที่กำหนดไว้ในคู่มือของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งทำให้วงจรทำงานไม่ตรงที่ต้องการ วิธีแก้ปัญหานี้ก็คือต้องตรวจวัดคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์และไดโอดเสียก่อน ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงของ leakage current และ d.c current gain จะมีผลต่อวงจรมากที่สุด อีกประการหนึ่งที่ต้องระวังคือการเกิด cold joint ของจุดบัดกรีและการสัมผัสของจุดต่อระหว่างวงจร

ข้อดีของเครื่องมือที่ประกอบขึ้นนี้คือ วัสดุและอุปกรณ์มีราคาถูกและหาได้ง่ายในประเทศ วงจรแต่ละส่วนสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่ายโดยไม่ต้องบัดกรีออก และเครื่องมือนี้สามารถนำไปสาธิตการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้นชนิด Single-address ได้เป็นอย่างดี ซึ่งแสดงให้เห็นโลจิคฟังค์ชั่นของส่วนต่าง ๆ ของระบบ ตลอดจนการเคลื่อนที่ของคำสั่งและข้อมูลในขณะทำงาน และนอกจากนี้ยังสามารถถอดวงจรแต่ละส่วนมาวิเคราะห์การทำงานของวงจรโลจิคที่ประกอบจาก discrete elements ได้อีกด้วย

สำหรับข้อเสียของเครื่องมือนี้คือ โลจิคฟังค์ชั่นที่มีการทำงานเหมือนกันในแต่ละส่วนไม่สามารถใช้แทนกันได้ ทั้งนี้เพราะวงจรแต่ละส่วนได้เลือกและออกแบบให้มี fan in และ fan out เฉพาะตัว ซึ่งต้องการลดจำนวนอุปกรณ์และ power consumption และนอกจากนี้ยังไม่สามารถเปลี่ยนแปลงการประกอบวงจรโลจิคเพื่อสาธิตการทำงานเบื้องต้นของระบบอื่น ๆ ได้ และมีข้อยุ่งยากและสูญเสียเวลาในการออกแบบและประกอบวงจรแต่ละส่วนมาก

ข้อควรพิจารณาและปรับปรุงในการวิจัยเพื่อพัฒนาเป็นอุปกรณ์สาธิตที่สมบูรณ์

๑. ควรออกแบบให้วงจรที่มีฟังก์ชั่นการทำงานเหมือนกันสามารถใช้แทนกันได้ โดยใช้วงจรที่มีจำนวน fan in และ fan out สูงสุดในระบบเป็นบรรทัดฐาน ทั้งนี้ต้องคำนึงถึง power consumption เป็นองค์ประกอบด้วย

๒. ควรออกแบบวงจรให้สามารถทำงานที่ความเร็วสูงได้

๓. วงจรโลจิคและแผงสาธิตควรจัดให้มีลักษณะเป็น Universal Unit เพื่อใช้ติดตั้งและประกอบวงจรเพื่อแสดงการทำงานของระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์เบื้องต้นแบบอื่น ๆ ได้

๔. หน่วยความจำควรออกแบบให้สามารถขยายจำนวนได้

๕. ควรเพิ่มคำสั่งเกี่ยวกับการอ่านและเขียนออกไปยังภายนอกได้ และปรับปรุงให้สามารถ load program ได้เร็วกว่านี้

๖. ถ้าต้องการใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตเกี่ยวกับ digital system โดยเฉพาะแล้ว ควรใช้ integrated circuit (IC) เพราะมีขนาดเล็กและตัดปัญหายุ่งยากในการออกแบบวงจรเกตลงไปได้มาก