การออกแบบวงจรซีเควนเชียนลอจิกด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ
Designing a Sequential Logic Circuit Using Evolution Algorithms

สนธยา วันชัย[1]
Sontaya Wanchai[1]
[1]อาจารย์ประจำ สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยเรื่องการออกแบบวงจรซีเควนเชียนลอจิกด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบวงจรซีเควนเชียลลอจิกโดยใช้วิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการและหาประสิทธิภาพวงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่โปรแกรมออกแบบวงจรซีเควนเชียลลอจิกด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการและชุดทดลงดิจิตอล ผู้วิจัยกำหนดวงจรในการทดลองออกแบบจำนวน 4 วงจรประกอบด้วยวงจรคอมบิเนชั่นและวงจรซีเควนเชียล

ผลการวิจัย หลังการออกแบบวงจรซีเควนเชียนลอจิกด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ ผู้วิจัยแบ่งวงจรที่ออกแบบเป็น 2 วงจรคือวงจรคอมบิเนชั่นและวงจรซีเควนเชียล วงจรที่ออกแบบไว้ทั้งหมด 4 วงจรโดยที่ทั้ง 4 วงจรนั้นได้เปรียบเทียบกับวิธีการออกแบบและประสิทธิภาพของวงจรดิจิตอลกับวิธีแบบปกติและวงจรที่ออกแบบด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการได้แก่วงจรที่ 1 วิธีการปกติจะใช้เกททั้งหมด 5 ตัว ส่วนวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการใช้เกท 4 ตัว จำนวนเกทลดลง 1 ตัวคิดเป็นร้อยละ 20 วงจรที่ 2 วิธีการปกติจะใช้เกททั้งหมด 9 ตัว ส่วนวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการใช้เกท 6 ตัว จำนวนเกทลดลง 3 ตัวคิดเป็นร้อยละ 33.33 วงจรที่ 3 วิธีการปกติจะใช้เกททั้งหมด 10 ตัว ส่วนวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการใช้เกท 5 ตัว จำนวนเกทลดลง 5 ตัวคิดเป็นร้อยละ 50 วงจรที่ 4 วิธีการปกติจะใช้เกททั้งหมด 11 ตัว ส่วนวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการใช้เกท 7 ตัว จำนวนเกทลดลง 4 ตัวคิดเป็นร้อยละ 36.36 สำหรับประสิทธิภาพของวงจรจะมีผลลัพธ์การทำงานเหมือนกับวิธีการปกติได้ผลลัพธ์ตรงกันแต่ใช้จำนวนเกทประกอบวงจรน้อยกว่า

คำสำคัญ : การออกแบบวงจร, วงจรซีเควนเชียลลอจิก, วิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ

Abstract

The research report about design sequential logic circuit using evolution algorithms. There was objective to study for design sequential logic circuit using evolution algorithms and search efficiency of circuit. A tool that use in the research was program for design sequential logic circuit using evolution algorithms by C language and digital lab set . Researcher define 4 circuit to test, compose a combination and sequential circuit.

Result of research, after design sequential logic circuit using evolution algorithms, The researcher divides the circuit that designs 2 circuits are combination and sequential circuit. 4 circuit

to design. Compare circuit design method and efficiency of normal design and evolution algorithms design. Circuit 1 , normal design use 5 gates , and evolution algorithms design use 4 gates , 1 gate decrease , 20 percentages. Circuit 2 , normal design use 9 gates , and evolution algorithms design use 6 gates , 3 gate decrease , 33.33 percentages. Circuit 3 , normal design use 10 gates , and evolution algorithms design use 5 gates , 5 gate decrease , 50 percentages. Circuit 4 , normal design use 11 gates , and evolution algorithms design use 7 gates , 4 gate decrease , 36.36 percentages. For the efficiency of the circuit has result of work equal normal design, but use gate component less than.

Keywords : Circuit Design, Sequential Logic Circuit, Evolution Algorithms.

บทนำ

ในปัจจุบันวิวัฒนาการของเทคโนโลยีสร้างความสะดวกสบายให้กับมนุษย์มาก เช่นการสื่อสารโทรคมนาคม การศึกษา การแพทย์ สิ่งปลูกสร้าง ที่อยู่อาศัย การขนส่งฯ การใช้งานเทคโนโลยีต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ผู้คนสามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตและรายได้เพิ่มมากขึ้น หากย้อนกลับไปดูจุดกำเนิดของเทคโนโลยี การได้มาซึ่งวิธีการที่จะทำให้เทคโนโลยีเข้ามาอยู่ในชีวิตประจำวันได้ จะต้องอาศัยขั้นตอนการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ นักประดิษฐ์ วิศวกร ที่ได้ทำการทดลอง ทำซ้ำจนได้คำตอบที่จะทำให้ ไม่เกิดข้อผิดพลาด เกิดปัญหาภายหลังได้ ดังนั้นหากนักวิทยาศาสตร์ นักประดิษฐ์หรือวิศวกรจะคิดขั้นตอนที่ครอบคลุมผลลัพธ์ทั้งหมดได้ จำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการทดลองและเครื่องมือที่ทันสมัย ที่จะทำให้ได้คำตอบต้องการ โดยเฉพาะงานทางด้านคอมพิวเตอร์ ดิจิตอลหรือทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องอาศัยเครื่องมือที่ทันสมัยและครบทุกด้านที่จะทำให้การวิเคราะห์รายละเอียดของวงจรหรืออัลกอริทึมดังกล่าวตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

วงจรซีเควนเชียลมีเป็นวงจรทางด้านดิจิตอลที่ความสำคัญวงจรหนึ่ง โดยลักษณะของวงจรซีเควนเชียลจะมีการกำหนดอินพุทที่มีปริมาณไม่แน่นอนและมีเอาท์พุทเพียง 1 หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานตัวอย่างการนำแนวคิดวงจรซีเควนเชียลไปใช้งาน เช่น การเปิดปิดลิฟท์ กำหนดอินพุทให้ผู้เปิดลิฟท์อยู่ชั้นที่ 1 โปรแกรมที่ควบคุมการทำงานของลิฟท์จะต้องรู้ข้อมูลอินพุทอย่างน้อย 2 ค่าคือ ตำแหน่งผู้กดลิฟท์และตำแหน่งของลิฟท์เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวลิฟท์ไปยังตำแหน่งที่ผู้กดลิฟท์เรียกร้องมา โดยปัญหาที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการตัดสินใจของวงจรซีเควนเชียลที่ได้รับสัญญาณอินพุทมากกว่า 1 ค่า โดยจะต้องทำการตัดสินใจและประมวลผลให้ได้ผลลัพท์ที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด การออกแบบวงจรซีเควนเชียลจึงต้องมีการออกแบบให้ครอบคลุมทุกจุดประสงค์หรือความต้องการที่จะใช้งานที่ตั้งไว้

ขั้นตอนวิธีการวิวัฒนาการ (Evolution Algorithms) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการค้นหาคำตอบที่ใช้หลักวิธีการทางธรรมชาติและหลักการทางพันธุกรรม มาประยุกต์ใช้ โดยจะเป็นวิธีการคำนวณค่าคำตอบที่ได้ว่ามีวิวัฒนาการในขั้นตอนการหาคำตอบว่าเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด จีเนติกอัลกอริทึม Genetic Algorithms : GAs เป็นวิธีการหนึ่งของขั้นตอนวิธีการวิวัฒนาการ ซึ่งจะใช้กระบวนการทางชีววิทยาได้แก่ Selection , Crossover และ Mutation กระทำกัน

ระหว่างประชากรจนได้พ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ใหม่เป็นรุ่นๆ จนมีวิวัฒนาการที่คงที่หรือเพียงพอสำหรับคำตอบที่ต้องการ

จากสภาพปัญหาของวงจรซีเควนเชียลที่ต้องรองรับสัญญาณอินพุทมากกว่า 1 ค่า สำหรับการนำไปประมวลผลให้ได้คำตอบที่ครอบคุมทั้งหมดและข้อดีของวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการที่สามารถนำมาหาวิธีการที่เหมาะสมมากที่สุดได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการมาทำการออกแบบวงจรซีเควนเชียนลอจิก โดยจะเป็นวงจรต้นแบบสำหรับการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือทางภาคอุตสาหกรรมต่อไป

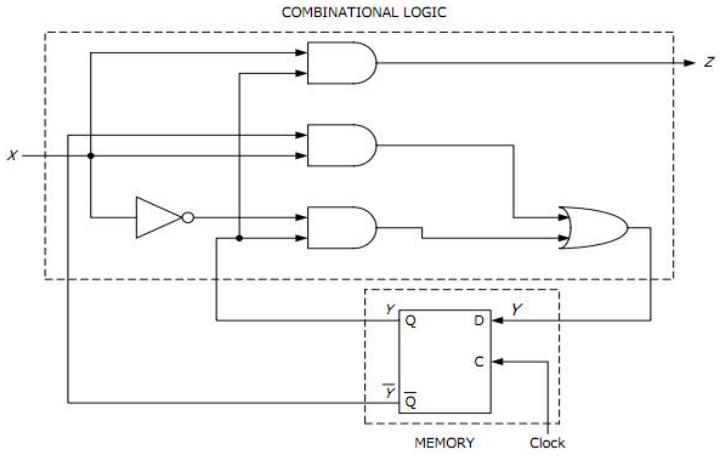
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบวงจรซีเควนเชียลลอจิกโดยใช้วิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพวงจรซีเควนเชียลลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. หลักการวงจรซีเควนเชียลลอจิก โดยทั่วไปการออกแบบวงจรดิจิตอลจะพิจารณองค์ประกอบด้านลักษณะของวงจรที่มีหลายรูปแบบ เช่น วงจร Combination Logic และวงจร Sequential Logic ซึ่งจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน การแสดงผล การรับค่าสัญญาณอินพุท ตัวอย่างภาพรวมของการออกแบบวงจรดิจิตอลดังรูปที่ 1 (ณรงค์ บัวทอง, 10 ตุลาคม 2557)

ในภาพที่ 1 เป็นวงจรแบบ Synchronous Sequential เพราะมีสัญญาณนาฬิกาต่ออยู่กับหน่วยความจำ ซึ่งเป็น D Flip-flop และจะวิเคราะห์ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 Synchronous Sequential ร่วมกับ D-FF
ที่มา (จิระศักดิ์ สิทธิกร, 20 กรกฎาคม 2558)

จากตัวอย่างในภาพที่ 1 โดยวงจรซีเควนเชียล เป็นวงจรที่มีการประยุกต์ใช้งานหลายๆด้านเช่นการควบคุมลิฟท์ที่ต้องรับค่าอินพุทหลายทางเพื่อการประมวลผล การทำงานของวงจรซีเควนเชียลเกิดจากการนำสภาวะของระบบในขณะนั้นมาร่วมประมวลผลกับอินพุทของระบบ ซึ่งแตกต่างจากการทำงานของวงจรคอมบิเนชั่นที่เอาท์พุทเกิดจากการ

ประมวลผลอินพุทเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เหมือนกับการใช้การ Feedback Control ในวงจรควบคุมอุตโนมัติ ซึ่งการออกแบบวงจรชีเควนเชียลจะต้องออกแบบให้ครอบคลุมกับจุดประสงค์และมีการใช้อุปกรณ์ที่น้อยที่สุด

2. ทฤษฎีวิวัฒนาการ ทฤษฎีแห่งการวิวัฒนาการที่มีขึ้นในศควรรษที่ 19 ตามความเชื่อของทฤษฎีการวิวัฒนาการนี้แล้ว สิ่งมีชีวิตต่างๆ บนโลกนี้ มิได้ถูกสร้างขึ้นมาโดยพระผู้เป็นเจ้าหากแต่ก่อกำเนิดขึ้นมาด้วยความบังเอิญ ได้ปฏิเสธการสร้างของพระผู้เป็นเจ้าที่มีอยู่ให้เห็นอย่างชัดเจน ทฤษฎีวิวัฒนาการของนักวิทยาศาสตร์ ที่สำคัญๆ ได้แก่

2.1 ทฤษฎี ของลามาร์ค (Jean Lamarck)

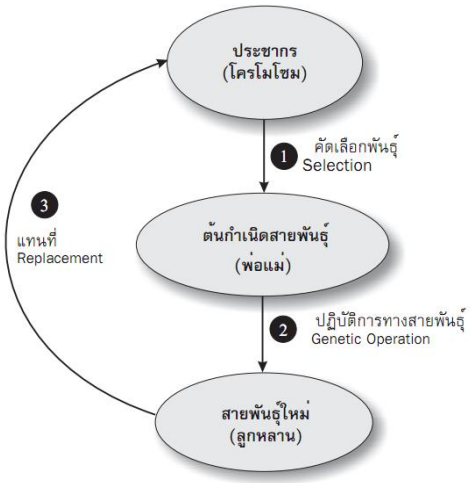
2.2 ทฤษฎี ของชาร์ลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin)

วัฏจักรของ GAs โดยธรรมชาติแล้วประกอบไปด้วย 3 กระบวนการที่สำคัญได้แก่

1. การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) คือขั้นตอนในการคัดเลือกประชากรที่ดีในระบบ ไปเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป

2. ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation) คือกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมด้วยวิธีการทางสายพันธุ์ เป็นขั้นตอนการสร้างลูกหลาน ซึ่งได้จากการรวมพันธุ์ของต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้ได้ลูกหลานที่มีส่วนผสมผสานมาจากพ่อแม่ หรือได้จากการแปรผันยีนของพ่อแม่เพื่อให้ได้ลูกหลานสายพันธุ์ใหม่เกิดขึ้น

3. การแทนที่ (Replacement) คือขั้นตอนการนำเอาลูกหลานกำเนิดใหม่ไปแทนที่ประชากรเก่าในรุ่นก่อน เป็นขบวนการในการคัดเลือกว่าควรจะเอาลูกหลานในกลุ่มใด จำนวนเท่าไร ไปแทนประชากรเก่าในกลุ่มใด



ภาพที่ 2 วัฏจักรของ GAs

ที่มา (บังอร กลับบ้านเกาะ, 11 สิงหาคม 2558)

3. การเขียนโปรแกรมภาษาซี การเขียนโปรแกรมภาษาซีสามารถเขียนแบบมีเงื่อนไข เป็นลักษณะของการเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อหาหนทางการทำงาน ที่ถูกต้องให้เป็นไปตามความต้องการของเงื่อนไขหรือของทิศทางการทำงานที่ต้องการ โดยผลของการ เปรียบเทียบข้อมูลหรือการทดสอบเงื่อนไขมีความเป็นไปได้ 2 ทิศทาง คือ ผลการเปรียบเทียบที่ให้ผล ค่าเป็นจริง (True) และ ผลการเปรียบเทียบที่ให้ผลค่าเป็นเท็จ (False) การเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อน ไขจึงมี

ประโยชน์มากสำหรับคอมพิวเตอร์ในการตัดสินใจในทิศทางการทำงานตามเงื่อนไขต่าง ๆ ตามทิศ ทางที่ต้องการได้ด้วยตัวเอง (ดอนสัน ปงผาบ, 2546)

วิธีดำเนินการวิจัย

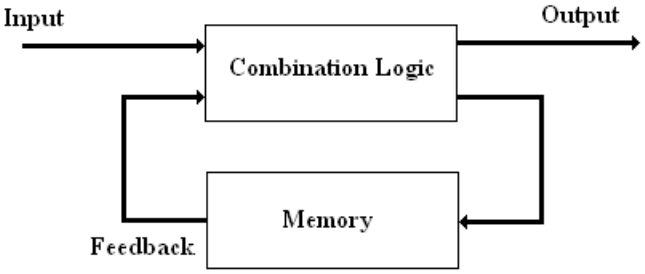
การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนของการวิจัยออกได้ดังนี้

1. ส่วนของการออกแบบวงจรซีเควนเชียล ผู้วิจัยเขียนโปรแกรมการออกแบบวงจรด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ เขียนด้วยโปรแกรมภาษาซี
2. ส่วนผลการออกแบบวงจรซีเควนเชียล การรายงานผลการประมวลผลข้อมูลของโปรแกรมการต่อวงจรจากผลการออกแบบวงจร
3. ผลการออกแบบวงจรซีเควนเชียล นำไปต่อวงจรจริงและดูผลลัพธ์จากการต่อวงจร เพื่อพิสูจน์ผลที่ได้รับ
4. เปรียบเทียบผลการต่อวงจรเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรที่ออกแบบด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ

ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยที่อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมหลังที่ 2 คณะเทคโนโลยี การเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบวงจรซีเควนเชียนลอจิกด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ ด้วยโปรแกรมภาษาซี การกำหนดโครงสร้างการเข้ารหัสโครโมโซม เข้าสู่แบบบิตสตริง (Bit string)ในการประมวลผลแบบเจเนติกอัลกอริทึม (GAs) การประมวลผลวงจรจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือวงจรคอมบิเนชั่นและส่วนหน่วยความจำ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรคอมบิเนชั่นและหน่วยความจำ

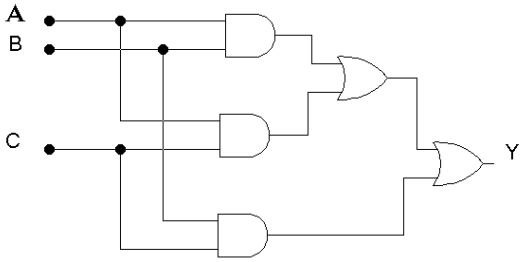
ผลการทดลอง ผู้วิจัยกำหนดประชากรครั้งแรกที่ N = 10 ขนาดของการครอสโอเวอร์ที่ร้อยละ 70 (0.7) และค่ามิวเตชั่น 0.8 ผลการทดลองวงจร ผู้วิจัยกำหนดไว้ 2 ส่วนคือวงจรคอมบิเนชั่นและวงจรซีเควนเชียลได้ผลการวิวัฒนาการวงจรดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงเอาท์พุทฟังก์ชั่นและจำนวนเกตที่ออกแบบด้วยวิธีปกติ

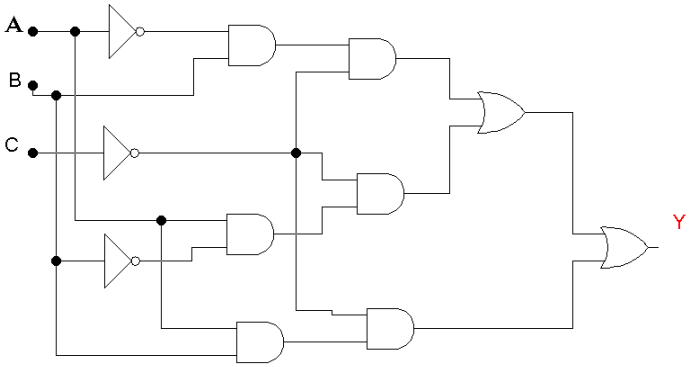
ลำดับวงจรที่	เอาท์พุทฟังก์ชั่น	จำนวนเกต
1	A B + A C + BC	5
2	$\overline{A}\,B\,\overline{C}$ + $A\,\overline{B}\,\overline{C}$ + $AB\,\overline{C}$	9
3	$D_1=\overline{Y}_1(X+Y_2)$, $D_2=\overline{(Y_1+X)}$, $CK_1=Y_2X$, $CK_2=X+Y_2$, $Z=Y_1Y_2X$	10
4	$D_1=Y_1+X\overline{Y}_2$, $D_2=X+\overline{(Y_2+X)}$, $CK_1=X+Y_2$, $CK_2=Y_1X$, $Z=\overline{(Y_1+X)}Y_2$	11

จากตารางที่ 1 ค่าเอาท์พุทฟังก์ชั่นและจำนวนเกตที่ออกแบบด้วยวิธีปกติจะมีขนาดที่แตกต่างกันออกไปโดยวงจรที่ 1 และ 2 เป็นวงจรคอมบิเนชั่นทั่วไปจะมีความซับซ้อนน้อยโดยจำนวนของเกทที่ใช้จะไม่มากส่วน วงจรที่ 3 และ 4 เป็นวงจรซีเควนเชียลที่มีตัวตรวจสอบน้อยแต่ก็มีปริมาณของเกทมากกว่าวงจรคอมบิเนชั่นทั่วไป

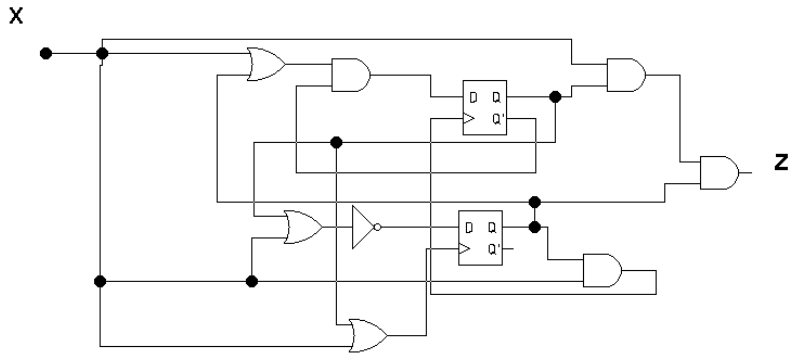
จากค่าในผลลัพธ์ของวงจรลอจิกเกทที่ได้ในตารางที่ 1 ผู้วิจัยได้นำมาเขียนวงจรให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้นแสดงในภาพที่ 4 - 7 ดังนี้



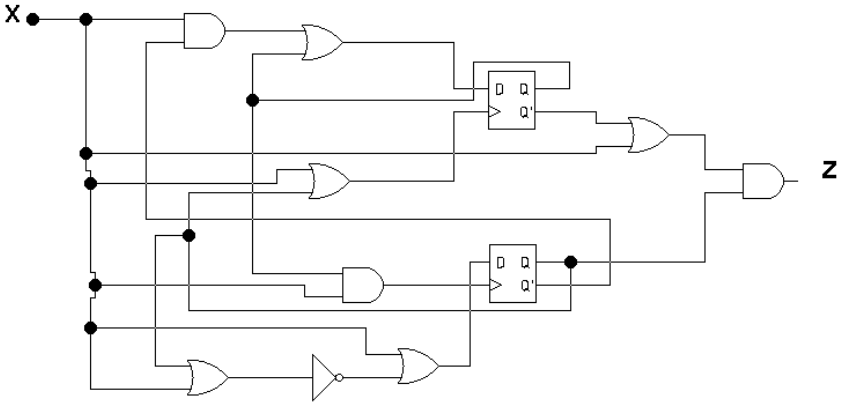
ภาพที่ 4 วงจรลอจิกเกท AB+AC+BC



ภาพที่ 5 วงจรลอจิกเกท $\overline{A}\,B\,\overline{C}$ + $A\,\overline{B}\,\overline{C}$ + $AB\,\overline{C}$



ภาพที่ 6 วงจรลอจิกเกท $D_1= \overline{Y}_1(X+ Y_2)$, $D_2= \left(\overline{Y_1 + X}\right)$, $CK_1= Y_2 X$, $CK_2=X+Y_2$, $Z=Y_1Y_2X$



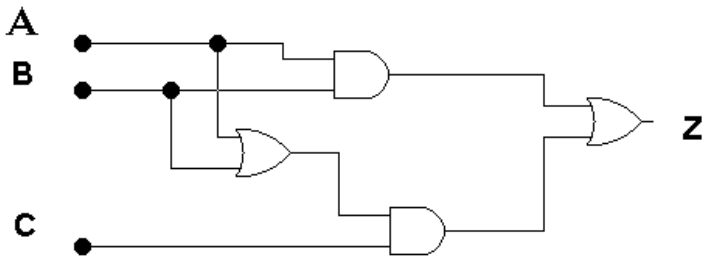
ภาพที่ 7 วงจรลอจิกเกท $D_1= Y_1 + X\overline{Y}_2$, $D_2=X+\left(\overline{Y_1 + X}\right)\overline{Y}_2$, $CK_1= X+Y_2$, $CK_2= Y_1 X$, $Z= \left(\overline{Y_1 + X}\right)Y_2$

ตารางที่ 2 แสดงเอาท์พุทฟังก์ชั่นและจำนวนเกตที่ออกแบบด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ

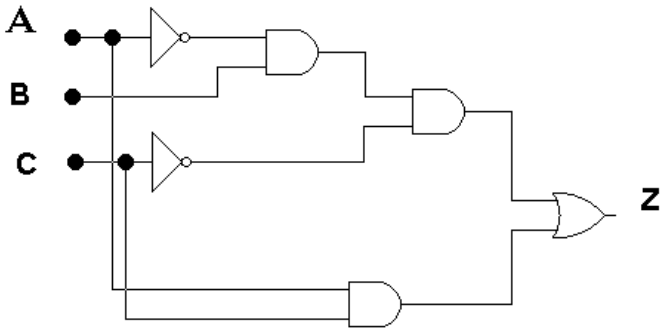
ลำดับวงจรที่	เอาท์พุทฟังก์ชั่น	จำนวนเกต
1	A B + (A+B) C	4
2	$\overline{A}$ B $\overline{C}$ + A $\overline{C}$	6
3	$D_1= \overline{Y}_1$, $D_2= \overline{Y}_1$, $CK_1= Y_2 X$, $CK_2=X$, $Z=Y_1Y_2X$	5
4	$D_1= Y_1 + X\overline{Y}_2$, $D_2=X$, $CK_1= CK_2=CK$, $Z= \left(\overline{Y_1 + X}\right)Y_2$	7

จากตารางที่ 2 ค่าเอาท์พุทฟังก์ชั่นและจำนวนเกตที่ออกแบบด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการโดยหลักจากใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมาแล้วนำมาประมวลผลค่าวงจรด้วยวิธีการวิวัฒนาการแล้วได้ค่าจำนวนเกทที่แสดงผลเอาท์พุทเหมือนกับการออกแบบวงจรปกติและมีจำนวนเกทน้อยที่สุดแล้ว

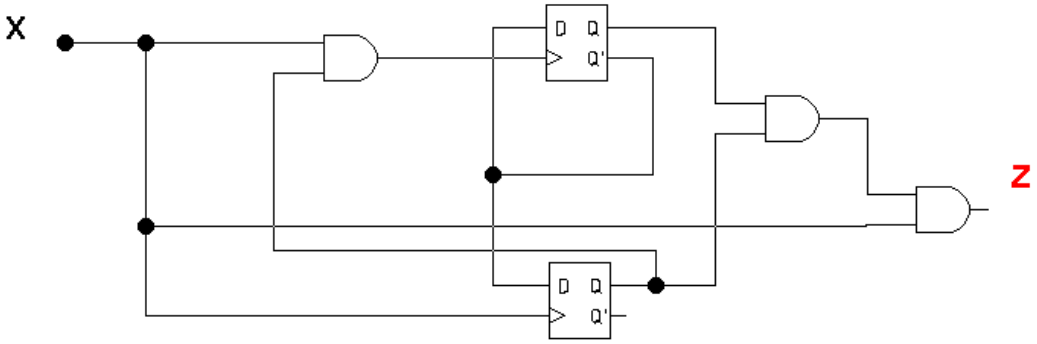
จากค่าในผลลัพธ์ของวงจรลอจิกเกทที่ได้ในตารางที่ 2 ผู้วิจัยได้นำมาเขียนวงจรให้เห็นภาพที่ชัดขึ้นแสดงในภาพที่ 8 - 11 และได้ทดลองต่อวงจรจากการวิวัฒนาการจริงแสดงดังภาพที่ 12-13



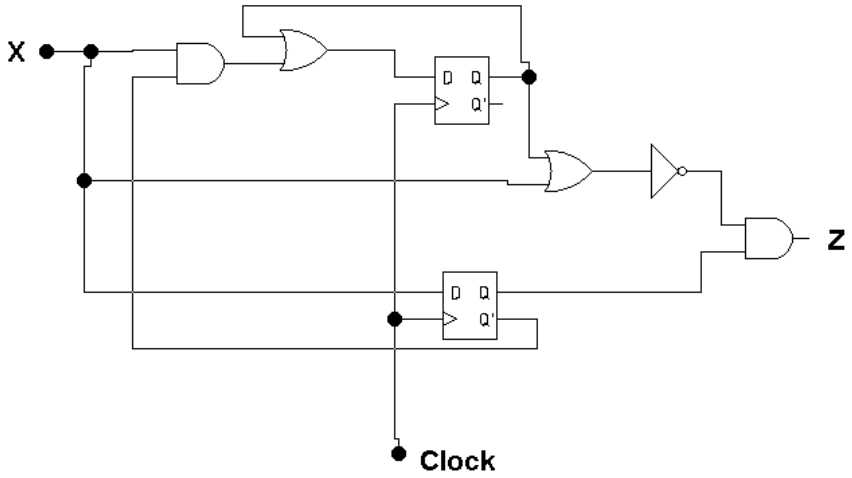
ภาพที่ 8 วงจรลอจิกเกท A B + (A+B) C



ภาพที่ 9 วงจรลอจิกเกท $\overline{A}B\overline{C} + A\overline{C}$



ภาพที่ 10 วงจรลอจิกเกท $D_1 = \overline{Y}_1$, $D_2 = \overline{Y}_1$, $CK_1 = Y_2 X$, $CK_2 = X$, $Z = Y_1 Y_2 X$

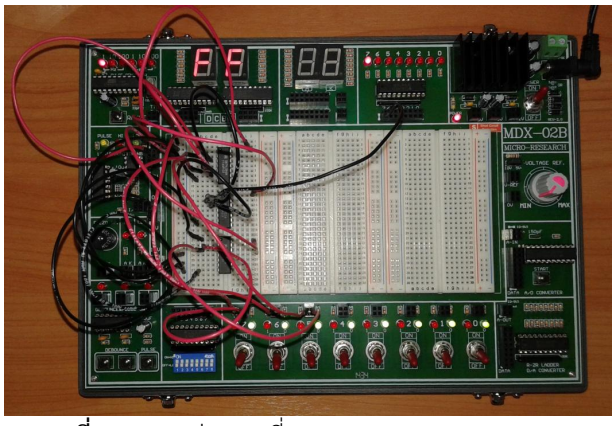


ภาพที่ 11 วงจรลอจิกเกท $D_1= Y_1 + X\overline{Y}_2$, $D_2=X$, $CK_1= CK_2=CK$, $Z=\left(\overline{Y_1 + X}\right)Y_2$

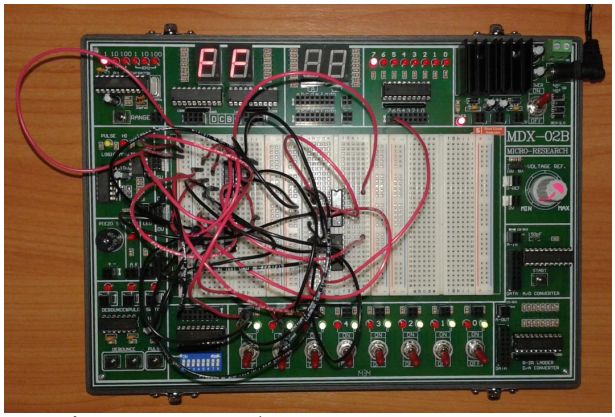
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพวงจรที่ออกแบบด้วยวิธีปกติและวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ

ลำดับวงจรที่	การออกแบบวงจร		ผลต่าง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง(%)
	วิธีปกติ	วิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ		
1	5	4	1	+20.00
2	9	6	3	+33.33
3	10	5	5	+50.00
4	11	7	4	+36.36

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวงจรที่ออกแบบด้วยวิธีการปกติและวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการผลปรากฏว่า การออกแบบวงจรด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการสามารถลดปริมาณเกทที่ใช้ประกอบสำหรับการสร้างวงจรลงได้สูงสุดถึง 50 % แต่วงจรที่ลดได้นั้นจะมีปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมคือหาปริมาณวงจรที่ใช้เกทน้อยจะแม้จะใช้วิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการก็จะลดปริมาณเกทได้ไม่มาก



ภาพที่ 12 การต่อวงจรที่1 F(A,B,C) = A B + (A+B) C



ภาพที่ 13 การต่อวงจรที่2 F(A,B,C) = $\overline{A}\,B\,\overline{C} + A\,\overline{C}$

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลการออกแบบวงจรซีเควนเชียนลอจิกด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ ผู้วิจัยแบ่งวงจรที่ออกแบบเป็น 2 วงจรคือวงจรคอมบิเนชั่นและวงจรซีเควนเชียลโดยที่วงจรซีเควนเชียลประกอบด้วยวงจรคอมบิเนชั่นร่วมกับหน่วยความจำ วงจรที่ออกแบบไว้ทั้งหมด 4 วงจรโดยที่ทั้ง 4 วงจรนั้นได้เปรียบเทียบกับวิธีการออกแบบและประสิทธิภาพของวงจรดิจิตอลกับวิธีแบบปกติคือการใช้วิธีการคาร์นอร์แมบ ผลการออกแบบวงจรดังตารางที่ 4-3 ในวงจรที่ 1 วิธีการปกติจะใช้เกททั้งหมด 5 ตัว ส่วนวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการใช้เกท 4 ตัว จำนวนเกทลดลง 1 ตัวคิดเป็นร้อยละ 20 วงจรที่ 2 วิธีการปกติจะใช้เกททั้งหมด 9 ตัว ส่วนวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการใช้เกท 6 ตัว จำนวนเกทลดลง 3 ตัวคิดเป็นร้อยละ 33.33 วงจรที่ 3 วิธีการปกติจะใช้เกททั้งหมด 10 ตัว ส่วนวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการใช้เกท 5 ตัว จำนวนเกทลดลง 5 ตัวคิดเป็นร้อยละ 50 วงจรที่ 4 วิธีการปกติจะใช้เกททั้งหมด 11 ตัว ส่วนวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการใช้เกท 7 ตัว จำนวนเกทลดลง 4 ตัวคิดเป็นร้อยละ 36.36 จะเห็นว่าวิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการที่นำมาใช้ สามารถที่จะลดปริมาณการใช้เกทลงแต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการต่อวงจรยังคงเหมือนเดิม แต่จากการทดลอง วงจรที่ออกแลลนั้นจำนวนเกทที่ลดลง จะมีปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมคือหาปริมาณวงจรที่ใช้เกทน้อยจะแม้จะใช้วิธีการขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการก็จะลดปริมาณเกทได้ไม่มาก

สำหรับประสิทธิภาพของวงจรจะมีผลลัพธ์การทำงานเหมือนกับวิธีการปกติได้ผลลัพธ์ตรงกันแต่ใช้จำนวนเกทประกอบวงจรน้อยกว่า

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่ายที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเจ้าหน้าที่ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำและความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ บวบทอง. เอกสารคำสอนวิชา วฟ 320 การออกแบบวงจรดิจิตอล. [online]. 2548.
แหล่งที่เข้าถึง : http://narong.ece.engr.tu.ac.th/digital/index.html. [10 ตุลาคม 2557].

ดอนสัน ปงผาบ. การเขียนโปรแกรมภาษาซีในงานควบคุม . ท.กรุงเทพ : สำนักพิมพ์ ส.ส.
พิมพ์ครั้งที่ 2. 2546.

บังอร กลับบ้านเกาะ. ผลงานวิจัยเรื่องการค้นคืนสารสนเทศออนไลน์โดยใช้จีเนติกอัลกอริทึม. [online]. 2553. แหล่งที่เข้าถึง : http://www.nectec.or.th/NTJ/No7/papers/No7_full_1.pdf.
[11 สิงหาคม 2558].

จิระศักดิ์ สิทธิกร. เอกสารประกอบการสอน Advance digital. [online]. 2549. แหล่งที่เข้าถึง :
http://www.kmitl.ac.th/~ksjirasa/Lecture/AdvDigital/lec09.pdf. [20 กรกฎาคม 2558].

อภิรักษ์ ขัดวิลาศ. บทความวิชาการ การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก. 2011.