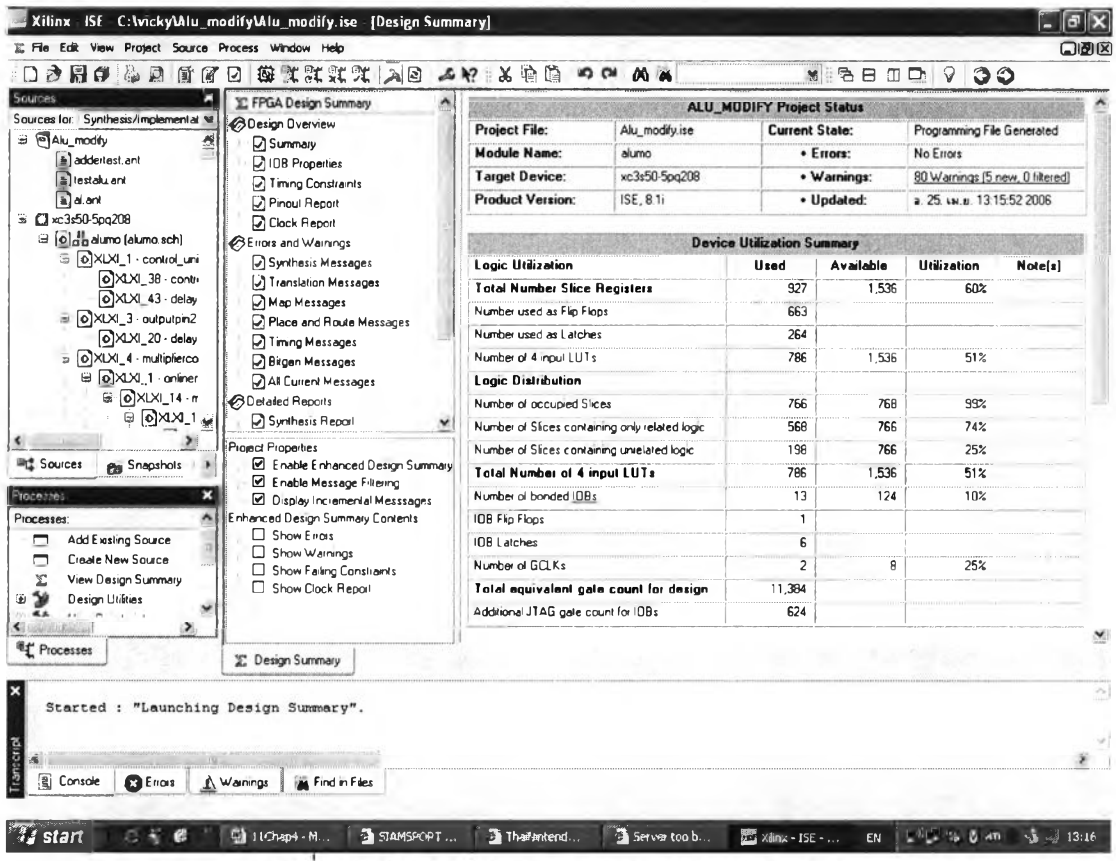
บทที่ 4

การทดสอบวงจร

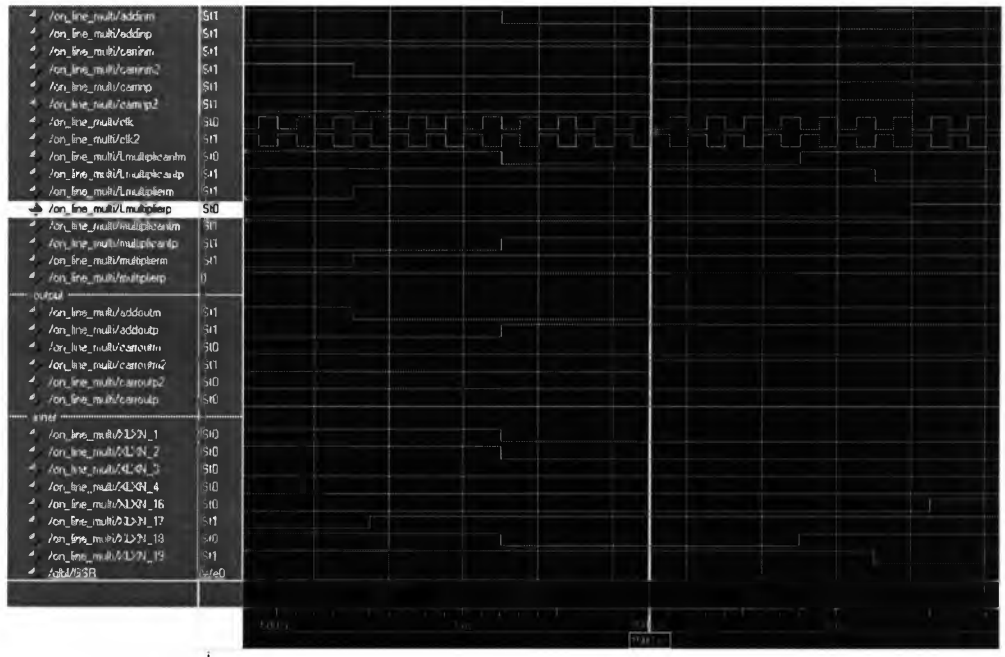
หลังจากที่ได้ทำการออกแบบวงจรดำเนินการทางคณิตศาสตร์แบบเชื่อมตรง และออกแบบวงจรควบคุมหน่วยคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม Xilinx ISE Version 8.1i [8] ซึ่งวงจรที่ได้จากการออกแบบจะเป็นไฟล์นามสกุล .VHD ตัวอย่างโปรแกรม Xilinx ISE Version 8.1i ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างโปรแกรม Xilinx ISE Version 8.1i

หลังจากที่ได้วงจรจากการออกแบบด้วยโปรแกรม Xilinx ISE Version 8.1i แล้ว จึงนำไปจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมโมเดลซิม (Model Sim XE III) [9] เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณค่าของวงจรแบบเชื่อมตรงทั้ง 3 แบบ และวงจรควบคุมสัญญาณขาเข้า และวงจรควบคุมสัญญาณขาออก

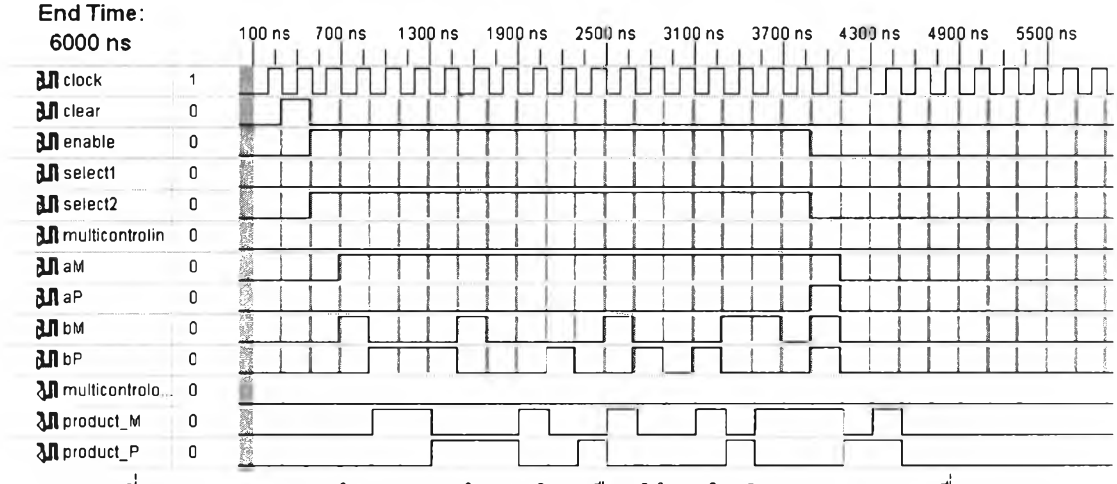
ซึ่งการป้อนชุดข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ที่ส่วนรับเข้า (Input) ของวงจร ซึ่งโปรแกรมโมเดลซิมนี้จะสามารถแสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ภายในวงจรดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผลของการจำลองการทำงานบนโปรแกรมโมเดลซิม

4.1 ผลการจำลองการทำงานของวงจรบวกแบบเชื่อมตรง

ในการวิจัยนี้จะใช้ โปรแกรมโมเดลซิม ในการจำลองการทำงานของหน่วยเลขคณิตแบบเชื่อมตรงโดยกำหนดให้ใช้วงจรบวกแบบเชื่อมตรง



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการจำลองการทำงานโดยเลือกใช้ตัวดำเนินการบวกแบบเชื่อมตรง

เมื่อทำการป้อนสัญญาณเชิงเลขเข้าไปในหน่วยเลขคณิตแบบเชื่อมตรง โดย มีการใส่สัญญาณควบคุม คือ

Enable	1
Select1	0
Select2	1

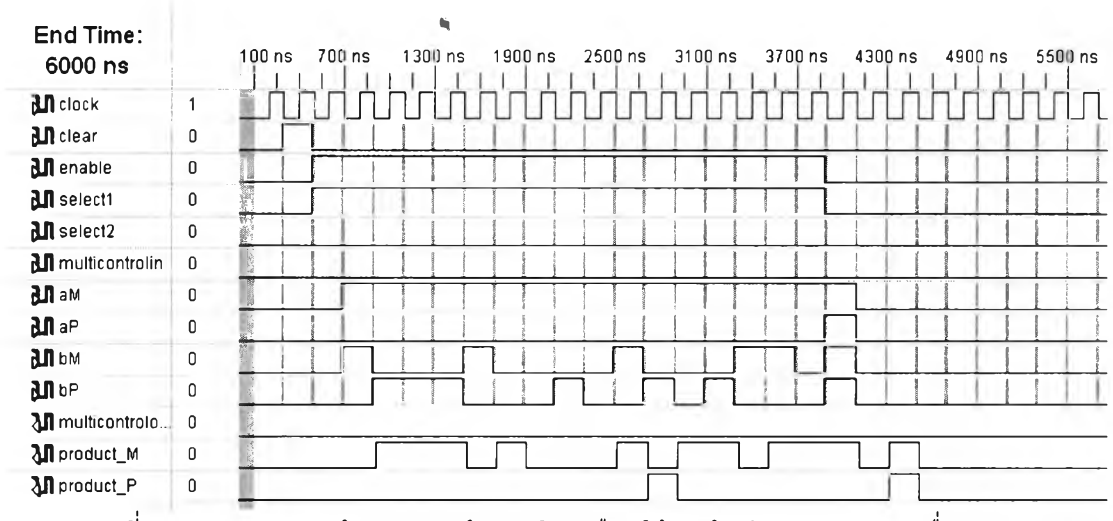
และป้อนค่าสัญญาณเชิงเลขคณิตแบบซ้ำซ้อนไปพร้อมๆกัน โดยผลลัพท์ตัวแรกออกต่อเมื่อผ่านไป 2 รอบสัญญาณนาฬิกานั่นคือมีค่าความหน่วงเชื่อมตรงเท่ากับ 2 ซึ่งหลังจากนั้นจะมีผลลัพท์ออกมาเรื่อยๆในทุกๆข้อมูลที่ป้อนเข้าไป โดยจะได้ผลลัพธ์หรือข้อมูลออกสิ้นสุดเมื่อมีการป้อนสัญญาณเชิงเลขผ่านไปเป็นระยะเวลา 2 รอบสัญญาณนาฬิกาและจะปรากฏสัญญาณซึ่งแสดงว่าจบข้อมูลทั้งหมด คือ สัญญาณ product_P และ product_M มีค่าเท่ากับ 1 ดังรูป 4.4 จากผลการทดลองพบว่าวงจรบวกได้ให้ผลลัพท์การคำนวณถูกต้อง และสามารถทำงานกับขนาดของข้อมูลป้อนเข้าไปได้อย่างไม่จำกัดโดยแสดงผลการทดลองส่วนหนึ่งไว้ในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าข้อมูลเข้าและออกจากการจำลองการทำงานของวงจรบวกแบบเชื่อมตรง

ขนาดของข้อมูล	ข้อมูลเข้า						ข้อมูลออก		
	ตัวตั้ง (ตามเลขฐาน)			ตัวบวก (ตามเลขฐาน)			ผลลัพธ์ (ตามเลขฐาน)		
	2		10	2		10	2		10
	aP	aM	Ai	bP	bM	Bi	Product_P	Product_M	Product
4	0000	0111	-7	0000	0111	-7	0000	1110	-14
4	1010	0001	9	0010	1001	-7	0100	0010	2
8	00001000	11100000	-216	10010100	00101001	107	00100101	10010010	-109
8	11000000	00000001	191	01010100	00101001	43	11110100	00001010	234
16	0111111011100100	0000000100011011	32201	0111101110001001	0000010001110100	30485	1111100100100000	0000010001000010	62686
16	1101010000110001	0100101000001000	43561	0100110101000000	0010001010000010	10942	1000000010010100	0000000100101001	32619
32	00000110001000011 000011000000100	11110000000110000 1 10000011110001	-3925269229	0000001100000010 0000000000100000	00010100111100001 111100111011111	-300874175	000010000000000000 10000100100010	111000000000100000 00001001010000	-3624395 054
32	00001110001000011 000011000000100	10000000100011000 0 01000011111001	-1919585013	0110111100000010 0000010000100000	00010000110000001 111100111011111	1581320769	000100001010100010 01010100010010	110100001010101110 01010100110110	-3500905782
64	0101010010101010 1 0101011111110101 0 1010101010000000 1 0111101011111	0000001001000000 0 0000000000000010000 0000010010111100 0 0000000000	5938748147 434286943	0000010101010001 1110100101010011 0010101101001100 1010111110100001	0000100000001100 0 0010010000001000 0 0001000001001000 0 0000000001100	-196514273 760202859	011010100100100100 101001010101010000 010000100010010000 0000010100	000101010010010001 010100101010101000 000100001000100000 0001001010	613526242119 4489802
64	1000000110101000 0 0111100101000000 1 1100000000000010 1 0100101010001	0000001001010000 0 0000010101101000 0 0010100000000101 0 0000000100	9175023514 531420493	0110000000001110 0000000000001000 0000000000000100 0010000001000010	1001010100100000 0 0011011000000011 0 0000110000001110 0 0101000011001	- 3824148692 537928151	110010001000100010 101000010000000000 000010000000000001 0001001000	000101000010001001 010010000000000001 000000000000010000 0100100100	129991722070 69348644

4.2 ผลการจำลองการทำงานของวงจรลบแบบเชื่อมตรง

ในการวิจัยนี้จะใช้ โปรแกรมโมเดลซิม ในการจำลองการทำงานของหน่วยเลขคณิตแบบเชื่อมตรงโดยกำหนดให้ใช้วงจรลบแบบเชื่อมตรง



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการจำลองการทำงานโดยเลือกใช้ตัวดำเนินการลบแบบเชื่อมตรง

เมื่อทำการป้อนสัญญาณเชิงเลขเข้าไปในหน่วยเลขคณิตแบบเชื่อมตรง โดย มีการใส่สัญญาณควบคุม คือ

Enable	1
Select1	1
Select2	0

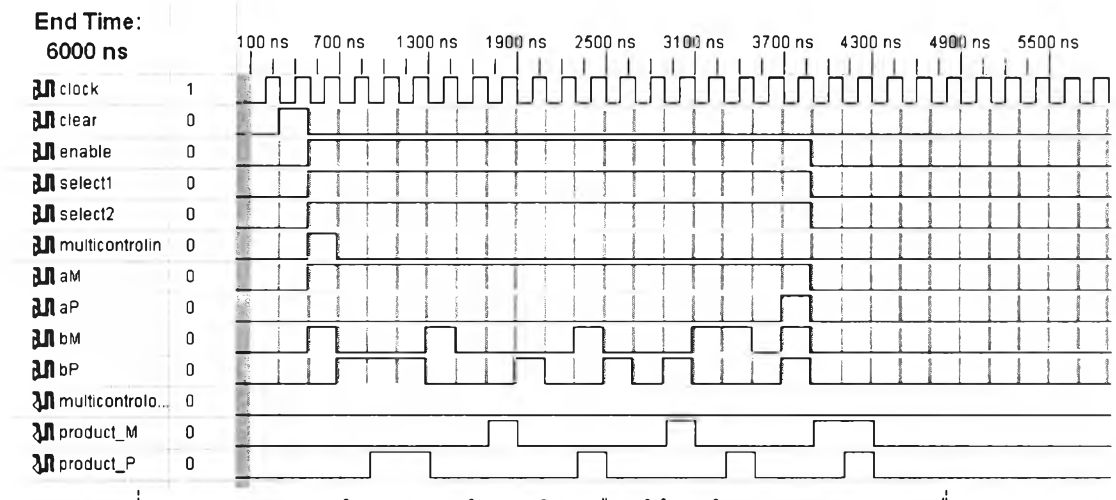
เมื่อทำการป้อนสัญญาณเชิงเลขเข้าไปในวงจรลบแบบเชื่อมตรง โดยผลลัพท์ตัวแรกออกต่อเมื่อผ่านไป 2 รอบสัญญาณนาฬิกานั่นคือมีค่าความหน่วงเชื่อมตรงเท่ากับ 2 โดยที่ผลลัพธ์หรือค่าข้อมูลครบสมบูรณ์สุดท้ายจะออกมาเมื่อมีการป้อนข้อมูลสุดท้ายเข้า ผ่านไปเป็นระยะเวลา 2 รอบสัญญาณนาฬิกา จากผลการทดลองพบว่าวงจรลบได้ให้ผลลัพท์การคำนวณถูกต้อง และสามารถทำงานกับขนาดของข้อมูลป้อนเข้าไปได้อย่างไม่จำกัดโดยแสดงผลการทดลองส่วนหนึ่งไว้ในตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าข้อมูลเข้าและออกจากการจำลองการทำงานของวงจรลบแบบเชื่อมตรง

ขนาดของข้อมูล	ข้อมูลเข้า						ข้อมูลออก		
	ตัวตั้ง (ตามเลขฐาน)			ตัวบวก (ตามเลขฐาน)			ผลลัพธ์ (ตามเลขฐาน)		
	2		10	2		10	2		10
	aP	aM	Ai	bP	bM	Bi	Product_P	Product_M	Product
4	0000	0111	-7	0000	0111	-7	0000	0000	0
4	1010	0001	9	0010	1001	-7	10000	00000	16
8	00001000	11100000	-216	10010100	00101001	107	001000001	110000100	-323
8	11000000	00000001	191	01010100	00101001	43	10101000	00010100	148
16	0111111011100100	0000000100011011	32201	0111101110001001	0000010001110100	30485	0100000101001000	0011100010010100	1716
16	1101010000110001	0100101000001000	43561	0100110101000000	0010001010000010	10942	1000000010010100	0000000100101001	32619
32	00000110001000011 000011000000100	11110000000110000 110000011110001	-3925269229	00000011000000100 000000000100000	00010100111100001 111100111011111	-300874175	000010000000000000 10000100100010	11100000000010000 000001001010000	-3624395054
32	00001110001000011 000011000000100	10000000100011000 001000011111001	-1919585013	01101111000000100 000010000100000	00010000110000001 111100111011111	1581320769	000100001010100010 01010100010010	11010000101010111 001010100110110	-3500905782
64	01010100101010101 01010111111101010 10101010100000001 0111101011111	00000010010000000 00000000000000100 00000001001011110 0000000000000	5938748147 434286943	00000101010100011 11010010101001100 10101101001100101 0111110100001	00001000000011000 00100100000010000 00010000010010000 0000000001100	-1965142737 60202859	011010100100100100 101001010101010000 010000100010010000 0000010100	000101010010010000 101010010101010100 000001000010001000 0000001001010	6135262421194 489802
64	10000001101010000 01111001010000001 11000000000000101 0100101010001	00000010010101000 00000010101101000 00001010000000010 1000000000100	9175023514 531420493	01100000000011100 00000000000100000 00000000000100001 0000001000010	10010101001000000 00110110000000110 00001100000011100 0101000011001	-3824148 6925379281 51	110010001000100010 101000010000000000 000010000000000001 0001001000	000101000010001000 101001000000000000 010000000000000010 0000100100100	1299917220706 9348644

4.3 ผลการจำลองการทำงานของวงจรคูณแบบเชื่อมตรง

ในการวิจัยนี้จะใช้ โปรแกรมโมเดลซิม ในการจำลองการทำงานของหน่วยเลขคณิตแบบเชื่อมตรงโดยกำหนดให้ใช้วงจรคูณแบบเชื่อมตรง



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการจำลองการทำงานโดยเลือกใช้ตัวดำเนินการคูณแบบเชื่อมตรง

จากรูปที่ 4.5 เมื่อทำการป้อนสัญญาณเชิงเลขเข้าไปในหน่วยเลขคณิตแบบเชื่อมตรง โดยมีการใส่สัญญาณควบคุม คือ

Enable	1
Select1	1
Select2	1

ซึ่งจะต้องมีการป้อนค่าควบคุมเพิ่มอีก 1 สัญญาณคือ Multicontrolin = 1 เป็นเวลา 1 รอบสัญญาณนาฬิกาเพื่อเป็นการสั่งให้วงจรคูณเริ่มต้นทำงาน โดยทั้งนี้จะเป็นตัวดำเนินการเดียวที่จำเป็นต้องมีการสั่งให้เริ่มทำงานอีก 1 สัญญาณ

ซึ่งในงานวิจัยนี้วงจรที่ออกแบบนั้นจะมีขนาด 64 ดิจิตซึ่งจากผลการจำลองการทำงานพบว่ามีค่าความหน่วงเชื่อมตรงเท่ากับ 2 และเราให้ความสนใจข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลขนาดเท่ากับขนาดของข้อมูล Ai และ Bi ที่ได้ทำการป้อนเข้า เช่น ขนาดของ Ai และ Bi เท่ากับ 32 ดิจิต ดังนั้นผลลัพท์จะมีขนาด 32 ดิจิตเช่นกันดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ผลลัพท์การคำนวณที่ได้จะมีความผิดพลาด แต่เนื่องจากความผิดพลาดของการคำนวณจะเกิดกับเลขในหลักที่มีค่านัยสำคัญน้อย ซึ่งถ้าข้อมูลมีขนาดที่ใหญ่มากซึ่งเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะมีค่าน้อยมากๆ เมื่อเทียบกับค่าทั้งหมดที่คำนวณได้ และถ้าหากเราต้องการผลลัพท์ที่ถูกต้องครบถ้วนเราสามารถปรับปรุงการทำงานของหน่วยควบคุมสัญญาณขาเข้า และหน่วยควบคุมสัญญาณขาออกเพื่อให้ส่งผลลัพท์การคำนวณทั้งหมดออกมาได้โดยไม่มีการตัดทอนโดยแสดงผลการทดลองส่วนหนึ่งไว้ในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าข้อมูลเข้าและออกจากการจำลองการทำงานของวงจรคูณแบบเชื่อมตรง

ขนาดของข้อมูล	ข้อมูลเข้า						ข้อมูลออก		
	ตัวตั้ง (ตามเลขฐาน)			ตัวบวก (ตามเลขฐาน)			ผลลัพธ์ (ตามเลขฐาน)		
	2		10	2		10	2		10
	aP	aM	Ai	bP	bM	Bi	Product_P	Product_M	product
4	0000	0111	-7	0000	0111	-7	1100	0000	48
4	1010	0001	9	0010	1001	-7	1111	0000	-60
8	00001000	11100000	-216	10010100	00101001	107	01010001	10101000	-22272
8	11000000	00000001	191	01010100	00101001	43	01000000	00100000	8192
16	0111111011100100	0000000100011011	32201	0111101110001001	0000010001110100	30485	0100010100000100	0000101010000010	981598208
16	1101010000110001	0100101000001000	43561	0100110101000000	0010001010000010	10942	0010000010010010	0000010000101001	476643328
32	00000110001000011000011000000100	11110000000011000011000011110001	-3925269229	00000011000000010000000000100000	00010100111100001111100111011111	-300874175	00100000100001000001000000010000	00010000001000000100010001001000	11810121369 10913536
32	00001110001000011000011000000100	10000000100011000001000011111001	-1919585013	01101111000000100000010000100000	00010000110000001111100111011111	1581320769	00101010001000000001000010101000	01010100010000000100000101010000	-303547964 6960353280
64	0101010010101010101010111111101010101010100000100100000000101111011111	0000001001000000000000000000100000000000001001011110000000000000	593874814743 4286943	0000010101010001111010010101001001101110011001010111110100001	0000100000000110000010010000000100000000100100000000000000100000	-1965142737602 02859	0000011100100000010000000010010100000001001001000001000100100100000010000010	0000100000000000100000100000010100000001010000000010100000010000	-116704877 92377990209 16427063556 046848
64	1000000110101000001111001010000001110000000000101010010101000001	0000001001010100000000001010110100000001010000000000101000000000	917502351453 1420493	0110000000001110000000000000100000000000000100001000000010000000	1001010100100000000110111000000001100000111000010100000010000000	-38241486925 37928151	0000010100010010000001000010000001000000100100000000100100000000	0010010010001010100000100000100000100000000100000000100000000000	-350866541 77100078104 74280895613 8684416

4.4 ขนาดของวงจรที่ได้ทำการออกแบบและจำลองการทำงาน

หลังจากที่ได้ทำการจำลองการทำงานของตัวดำเนินการแบบเชื่อมตรง บวก ลบ และคูณแล้ว จึงทำกระบวนการสังเคราะห์วงจรเพื่อหาขนาดของวงจรที่ได้ทำการออกแบบพบว่ามีปริมาณการใช้เกต(Gate) เป็นปริมาณรวมทั้งหมด 11406 เกตซึ่งแบ่งเป็นวงจรควบคุมสัญญาณขาเข้าละวงจรควบคุมสัญญาณขาออก 672 เกต วงจรบวก 75 เกต โดยที่วงจรคูณระดับดิจิตจะมีขนาด 165 เกต และวงจรบวกแบบอนุกรม 99 เกตซึ่งถ้าต้องการวงจรคูณขนาด 64 ดิจิตจะมีขนาดเท่ากับ 10659 เกตโดยประมาณเพราะวงจรคูณนั้นจำเป็นจะต้องมีปริมาณหน่วยของวงจรคูณระดับดิจิตมากกว่าหรือเท่ากับขนาดของข้อมูลที่จะนำเข้ามาทำการประมวลผล เพราะอาจมีผลการประมวลผลที่ผิดพลาดเนื่องจากจะมีข้อมูลบางส่วนจะหายไปจากการคำนวณ

ตารางที่ 4.4 ปริมาณของเกตสำหรับตัวดำเนินการแบบเชื่อมตรง

ตัวดำเนินการระดับดิจิต	ปริมาณเกตที่ใช้
ตัวดำเนินการบวก	75
ตัวดำเนินการลบ	77
ตัวดำเนินการคูณรวมกับวงจรบวกแบบอนุกรม	264

โดยจะสามารถคำนวณขนาดของตัวดำเนินการคูณได้จาก

ปริมาณเกต = (N * 165) + 99 โดยที่ 99 เกตจะเป็นขนาดของวงจรบวกแบบอนุกรมที่ใช้ในการรวมผลของข้อมูลที่ได้จากวงจรคูณระดับดิจิต

เช่น ตัวดำเนินการคูณขนาด 64 ดิจิตจะมีขนาดเท่ากับ

(64 * 165) + 99 = 10659 เกต