การออกแบบวงจรเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็ก

นายประสาท อร่ามกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หน่วยวิชาคอมพิวเตอร์ศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2517

001579

I16411365

CIRCUIT DESIGN OF THE SMALL ELECTRONIC CALCULATOR

Mr. Prasart Aramkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Division of Computer Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1974

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....
คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ .....ประธานกรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล ผดุงชีวิต

อาจารย์ ดร.สมควร บรูมินเหนทร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบวงจรเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิค ขนาดเล็ก

ชื่อ นายประสาท อร่ามกุล หน่วยวิชาคอมพิวเตอร์ศาสตร์

ปีการศึกษา 2516

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีการนำ ไอ.ซี. (Integrated Circuits) ที่ใช้ในเครื่องอีเล็กโทรนิคคอมพิวเตอร์ มาสร้างเป็นเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิค ขนาดเล็ก แต่มีขอบเขตการทำงานที่จำกัด ส่วนมากมักจะทำการบวกลบคูณและหารได้เท่านั้น แต่ก็ได้มีการพัฒนาให้ทำงานได้มากกว่านี้ เช่นสามารถจะหาค่ารากที่สอง, ค่าลอการิทึม และค่าฟังก์ชันตรีโกณมิติต่าง ๆ ได้อีก เนื่องจากใช้ ไอ.ซี. เป็นส่วนประกอบ จึงมีขนาดเล็ก และสะดวกแก่การนำติดตัวไปไหนมาไหนได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาโครงสร้างและการทำงานของ ไอ.ซี. ที่ใช้ในส่วนคำนวณของเครื่องอีเล็กโทรนิคคอมพิวเตอร์ เช่น วงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ หรือวงจรฟลิพ-ฟล็อพ, วงจรบวกเต็มและวงจรนับเป็นต้น

2. หาหลักการทำงานของเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิค คือหลักการของการบวกลบคูณและหาร ที่ง่าย และสะดวกในการออกแบบมากที่สุด โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องหมายหน้าจำนวนเลขเหมือนหลักการของเครื่องอีเล็กโทรนิคคอมพิวเตอร์

3. ออกแบบและทดสอบวงจรของเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิค ขนาดเล็กตามหลักการในข้อ 2 โดยใช้ จำนวนโลยิคเกต น้อยที่สุด

ผลของการวิจัย

1. ได้แบบของวงจรเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิค ขนาดเล็ก ซึ่งสามารถ

บวกลบคูณหารเลขทศนิยมได้ผลลัพธ์สูงสุด 6 หลัก

2. แบบของวงจรสามารถแสดงผลลัพธ์ตัวเลขทศนิยมทางส่วนต่าง ๆ ของหลอดภาพ 7 ส่วน (Seven - Segment Display)

การวิจัยครั้งนี้ทำเฉพาะการบวก ลบ คูณ และหารซึ่งเป็นหลักการของเครื่องคำนวณอีเล็กโทรนิคขนาดเล็กทั่ว ๆ ไป ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นแนวทางที่จะให้ผู้อื่นทำการวิจัยในการออกแบบวงจรที่ใช้กับการคำนวณอย่างอื่นต่อไป

Thesis Title: Circuit Design of the Small Electronic Calculator

Name : Mr. Prasart Aramkul, Division: Computer Science

Academic Year: 1973

ABSTRACT

At the present time, integrated circuits (ICs) that are used in electronic computers are also used in small electronic calculators. The application for these ICs are limited because they are designed for only addition, subtraction, multiplication and division. The second generation of these ICs can perform square-root, logarithmic and trigonometric function operations. ICs help make the calculator small and portable.

The objectives of this research are:

1. To study the circuit and the operation of ICs in the arithmetic unit of the electronic computer, for example, bistable - multivibrator or flip-flop circuit, full-adder circuit and counter circuit.

2. To find the simplest method of addition, subtraction, multiplication and division without using the sign and magnitude as in the electronic computer.

3. To design and test the circuit of the small electronic calculator according to number 2. above, by using the minimum number of logic gates.

It was found that:

1. Circuit diagrams for decimal addition subtraction, multiplication and division of the small electronic calculator with the maximum of 6 - digit display unit were designed.

2. A seven - segment display unit was chosen for the output display.

This research concentrated on the addition, subtraction, multiplication and division which are the essential operations of any small portable electronic calculator. Further research in this field can be made in designing circuits to perform special functions or routines or constants.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ พณฯ บุญชนะ อัตถากร ที่ได้กรุณาตรวจแบบและโครงร่างของวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. อิทธิพล ผดุงชีวิต ที่กรุณาตรวจแก้ตัวเรื่องของวิทยานิพนธ์ จนเป็นที่เรียบร้อย

นอกจากนี้ผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.สมควร บรูมินเหนทร์ อาจารย์ ชัยศิริ ปัณฑิตานนท์ แห่งศูนย์คอมพิวเตอร์ศาสตร์ อาจารย์ น.ท.โสภณ วิบูลย์พานิช แห่ง ร.ร.นายเรืออากาศ ที่ช่วยให้คำแนะนำปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดทำ

หัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ จัดเป็นประเภทการสังเคราะห์ (Synthesis) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการศึกษาวิชาการทางคอมพิวเตอร์เกี่ยวกับการทำงานของเครื่อง และเป็นผลให้การศึกษาวิชาการทางด้านโปรแกรมเข้าใจง่ายขึ้น

ประสาท อร่ามกุล

10 เมย. 17

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการภาพประกอบ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 การสำรวจและการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง 2

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 3

1.5 วิธีที่จะดำเนินการวิจัย 3

1.6 นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค 4

2. แบบต่าง ๆ ของวงจรที่ใช้ในการวิจัย

2.1 วงจรเกต (Gating Circuits) 9

2.2 โคดของเลขทศนิยม (Decimal Code) 10

2.3 วงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ หรือวงจร ฟลิพ-ฟล็อพ (Bistable Multivibrator or Flip - Flop Circuit) 12

หน้า

2.4 วงจรบวกเต็ม (Full - Adder Circuit) 20
2.5 วงจรนับและการเปลี่ยนโค้ดการนับ (Counter Circuit and Decoding Technique)..... 24
2.6 วงจรแก้ผลบวก (Correct - Digit Sum Circuit).... 28
2.7 การเข้าโค้ดและการถอดโค้ด (Encoding and Decoding) 31
2.8 อสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์หรือคล็อค (Astable Multivibrator or Clock) 37
2.9 วงจร 9's คอมพลีเมนท์ (9's Complement Circuit).. 40
2.10 การส่งผ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์แบบอนุกรม (Shift Registers) 43
2.11 วงจรรีจิสเตอร์ 4 บิท (4 - Bit Right - Shift Left - Shift Registers)..... 48
2.12 วงจรนับ บีซีดี (Synchronous 4 bit up/down Counter) 50

3. ตัวเรื่อง
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 52
3.2 ผลการวิจัย 58
3.3 การทดสอบวงจรที่ออกแบบในส่วนคำนวณ 68
3.4 อภิปรายผลการวิจัย 74

4. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ
4.1 สรุปการวิจัย 75
4.2 ข้อเสนอแนะ 77

บรรณานุกรม 78
ภาคผนวก 80
ประวัติการศึกษา 84

รายการตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่

1. การโค๊ดเลขทศนิยมเป็นเลขฐานสอง 11
2. ตารางจริงของการบวกเต็ม 20
3. ตารางจริงของ Switch - Tail Ring Counter..... 27
4. ตารางจริงของผลบวกและการแก้ผลบวกของเลขโค๊ดบีซีดี... 28
5. ตารางจริงของการเปลี่ยนโค๊ดบีซีดีเป็นไลน์ 7 ไลน์ 34
6. 9's คอมพลีเมนท์ของเลขโค๊ดบีซีดี. 40
7. การทำงานของ Shift - Left Register..... 45
8. การทำงานของ Shift - Left Register เมื่อ Apply pulse สลับกัน 46
9. การทำงานของ Shift - Right Register..... 47
10. ตารางจริงของ Ring Counter และพัลซ์ที่ใช้ 64

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.	วงจรฟลิพ-ฟล็อพใช้อินเวอร์เตอร์แสดงการทำงาน	12
2.	แสดงการเซ็ทและรีเซ็ทของวงจรฟลิพ-ฟล็อพและตารางจริง	13
3.	ฟลิพ-ฟล็อพ RS	14
4.	บล็อคไดอะแกรมของฟลิพ-ฟล็อพ RST	15
5.	บล็อคไดอะแกรมของฟลิพ-ฟล็อพ JK	16
6.	การทำงานแบบอซินโครนัสของฟลิพ-พล็อพ JK	16
7.	การทำงานแบบซินโครนัสของฟลิพ-พล็อพ	17
8.	ฟลิพ-พล็อพมาสเตอร์-สเลพ	18
9.	Karnaugh Maps ของการบวกเต็ม.....	21
10.	โอยิคไดอะแกรมของวงจรบวกเต็ม	22
11.	วงจรบวกเต็มของ IBM 704 - 709	23
12.	วงจรนับโมดูลัส - 6 กับ NAND เกตที่ใช้เปลี่ยนโค๊ด	24
13.	รูปคลื่นของวงจรนับโมดูลัส -6 กับตัวเปลี่ยนโค๊ด	25
14.	Switch - Tail Ring Counter	26
15.	โอยิคไดอะแกรมของการบวกและแก้ผลบวก.....	30
16.	โอยิคไดอะแกรมของตัวเข้าโค๊ดจากเลขทศนิยมเป็น บีซีดี.....	31
17.	เมทริกไดโอดของตัวเข้าโค๊ดจากเลขทศนิยมเป็น บีซีดี.....	33
18.	แสดงตัวเลขทศนิยมโดยใช้หลอดภาพ 7 ส่วน	34
19.	โอยิคไดอะแกรมของตัวถอดโค๊ด บีซีดี เป็นไลน์ 7 ไลน์	36
20.	วงจรอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (คล็อค) และโอยิคไดอะแกรม	37
21.	รูปคลื่นโวลเตจของเบสและคอลเล็คเตอร์ของวงจรอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์หรือคล็อค	38
22.	โอยิคไดอะแกรมของการหา 9's คอมพลีเมนท์ของเลขโค๊ด บีซีดี.....	41

ภาพที่		หน้า
23.	วงจร 9's คอมพลีเมนท์ที่ดัดแปลงแล้ว	42
24.	Shift - Left Registers	44
25.	Shift - Right Registers.....	47
26.	วงจรรีจิสเตอร์ 4 บิท	48
27.	วงจรนับ บีซีดี	51
28.	ไดอะแกรมของการทำงานในการบวกลบ คูณและหาร	52
29.	โฟลิคไดอะแกรมของการบวกลบใช้ 9's คอมพลีเมนท์ของตัวลบ	58
30.	โฟลิคไดอะแกรมของการคูณวิธี Repeated - Addition	59
31.	โฟลิคไดอะแกรมของการหารวิธี Repeated - Subtraction	60
32.	ส่วนรับผลและคำนวณ	
33.	วงจรบล็อกไดอะแกรมของหลอดภาพ 7 ส่วน	
34.	การใช้ 4- input NAND gate แทน 4- input OR gate	66
35.	การใช้ 6- input NAND gate แทน 6- input AND gate	66
36.	การใช้ 6- input NAND gate แทน 6- input NOR gate	67
37.	การใช้ 2- input NAND gate แทน 2- input OR gate	67
38.	การทดสอบวงจรที่ออกแบบในการบวกลบ	68
39.	การทดสอบวงจรที่ออกแบบในการคูณ	70
40.	การทดสอบวงจรที่ออกแบบในการหาร	71