5

การศึกษาและพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

นายเรวัตร หวังปรีดาเลิศกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-567-294-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012933

I 10293103

A STUDY AND DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC CIRCUIT ANALYSIS PROGRAM

Mr. Rawat Wangpreedalertkul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1987

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
โดย	นาย เรวัตร หวังปรีดาเลิศกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชนี โพธารามิก)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
ชื่อนิสิต นายเรวัตร หวังปรีดาเลิศกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2529

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป โดยมีขีดความสามารถในการวิเคราะห์วงจรได้ทั้งวงจรเชิงเส้น และวงจรไม่เชิงเส้น ที่ประกอบด้วยไดโอด และทรานซิสเตอร์และออปแอมป์ การวิเคราะห์แบ่งได้เป็น 4 ลักษณะคือ วิเคราะห์หาจุดทำงานสงบ ลักษณะสมบัติโอนย้าย ผลตอบสนองเชิงเวลา และผลตอบสนองเชิงความถี่

การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มด้วยการรับข้อมูลของวงจรที่ต้องการวิเคราะห์ นำไปจำลองเป็นโมเดลสมการคณิตศาสตร์ โดยวิธี Modified Nodal Analysis จากนั้นจึงวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามอัลกอริทึมในแต่ละกรณี วิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นหลักในที่นี้ คือ วิธีสมการเมตริกซ์แบบ LU Factorization วิธี Newton-Raphson และวิธี Multistep Integration

โปรแกรมนี้ได้รับการพัฒนาและทดสอบผลการใช้งานบนมินิคอมพิวเตอร์ VAX-11/750 ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มาแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง พบว่าสามารถวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจ เป็นที่คาดหวังว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถพัฒนาต่อให้ทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมนี้เผยแพร่ไปยังผู้ใช้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น

Thesis Title	A Study and Development of an Electronic Circuit Analysis Program.
Name	Mr. Rawat Wangpreedalertkul.
Thesis Advisor	Assc. Prof. Ekachai Lelarasmee.
Department	Electrical Engineering.
Academic Year	1986

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop a program for analysing arbitrary electronic circuits. The program can handle both linear and non-linear circuits consisting of diodes, transistor and operational amplifiers. Type of analysis can be devided into four catagories. They are

- D.C. operating point analysis,
- D.C. transfer characteristics,
- transient response analysis,
- frequency response analysis.

The circuit equations are formulated by modified nodal analysis method and solved by using appropriate numerical methods based on the LU-Factorization, the Newton-Raphson and the multistep integration methods.

The program was developed and test run on the VAX-11/750 minicomputer at Chiang Mai University. Satisfactory results were obtained. It is hoped that the subject of this dissertation will be further

developed for transferring on to microcomputers so that wide-spread usage will be possible.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร. เอกชัย ลีลารัศมี ซึ่งได้ให้คำแนะนำอันมีค่า ในการพัฒนาโปรแกรม SPEC และการแนะนำแก้ไขโปรแกรมให้ทำงานได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งเจ้าหน้าที่จากบริษัทบางกอกดาต้าเซ็นเตอร์ และสำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หลายท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ในการพัฒนาโปรแกรมภายใต้เครื่องคอมพิวเตอร์ VAX-11/750 เจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ในการทดสอบโปรแกรมกับโปรแกรม SPICE ผศ.ดร.กิติ ลิขิตอนุรักษ์ และอ.จิรศักดิ์ วิลาสเดชานนท์ ที่ได้ทดสอบการใช้งานของโปรแกรมและตรวจทานแก้ไขต้นฉบับของ วิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ประวัติความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตของการวิจัย 2

1.3 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง 2

2. การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเชิงเส้น 4

2.1 กล่าวนำ 4

2.2 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธี Nodal Analysis 4

2.3 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธี Modified Nodal Analysis 7

2.4 การหาคำตอบของสมการเมตริกซ์ 9

2.5 การสร้างสมการเมตริกซ์ด้วยวิธีประทับองค์ประกอบ 13

3. การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบไม่เชิงเส้น 18

3.1 กล่าวนำ 18

3.2 ระบบสมการแบบไม่เชิงเส้น 18

3.3 การหาคำตอบของสมการไม่เชิงเส้นด้วยวิธี Newton-Raphson 19

3.4 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าไม่เชิงเส้น 22

3.4.1 โมเดลเชิงเส้นของไดโอด 22

3.4.2 โมเดลเชิงเส้นของทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อไบโพลาร์ .. 24

3.4.3 ขั้นตอนของการวิเคราะห์วงจรไม่เชิงเส้น 27

3.4.4 Modified Newton-Raphson Method 27

4. การวิเคราะห์ผลตอบสนองความถี่ของวงจร 31
4.1 กล่าวนำ 31
4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลตอบสนองความถี่ 31
4.3 โมเดลสัญญาณขนาดเล็กขององค์ประกอบวงจรไม่เชิงเส้น 31
4.3.1 โมเดลสัญญาณขนาดเล็กของไดโอด 32
4.3.2 โมเดลสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อไบโพลาร์ 33
5. การวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลา 37
5.1 กล่าวนำ 37
5.2 การอินทิเกรตแบบ Forward Euler 37
5.3 การอินทิเกรตแบบ Backward Euler 37
5.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลา 42
6. รายละเอียดในการพัฒนาโปรแกรม SPEC 44
6.1 ขั้นตอนการพัฒนา 44
6.2 โครงสร้างโปรแกรม 45
6.3 การใช้เนื้อที่หน่วยความจำโปรแกรมร่วมกัน 45
6.4 รายละเอียดโปรแกรมแต่ละส่วน 46
6.4.1 ส่วนโปรแกรมหลัก 46
6.4.2 ส่วนรับข้อมูล 47
6.4.3 ส่วนวิเคราะห์จุดทำงานสงบ 48
6.4.4 ส่วนวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเวลา 49
6.4.5 ส่วนวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงความถี่ 49
6.4.6 ส่วนแสดงผลลัพธ์ 50
6.4.7 ส่วนทำงานสนับสนุน 50
6.5 โครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม SPEC 51
7. การทำงานทั่วไปของโปรแกรม SPEC 61
7.1 การติดต่อกับผู้ใช้งาน 61
7.2 การป้อนข้อมูลวงจรที่ต้องการวิเคราะห์ 62
7.2.1 การป้อนข้อมูลโดยตรง 62

7.2.2 การป้อนข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล 62
7.3 ภาษาอินพุท 63
7.4 ภาคแสดงผลลัพธ์ 65
7. การทดสอบโปรแกรม SPEC 67
7.1 ทดสอบจับเวลาการทำงานของโปรแกรม SPEC 67
7.2 ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม 71
8. สรุปและเสนอแนะ 120
9. เอกสารอ้างอิง 122

ภาคผนวก

ก. คุณสมบัติของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรสำเร็จรูป SPEC 123
ข. อัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 124
ค. คู่มือการใช้งานโปรแกรม SPEC version 1.0 131
ง. Source listing 233

ประวัติ 233

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อ	หน้า
2.5.1	แบบประทับขององค์ประกอบวงจรแบบพื้นฐาน	16
3.3.1	--	21
7.1.1	คำสั่งต่าง ๆ ของ SPEC	61
7.2.1	รายละเอียดของฟิลด์ต่าง ๆ	64
8.1.1	ความเร็วในการทำงานของโปรแกรม SPEC	68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อ	หน้า
2.1	--	5
2.2	--	8
2.3	--	13
3.1	--	20
3.2	--	23
3.3	Ebers-Moll Model ของทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อ NPN	24
3.4	โมเดลเชิงเส้นของทรานซิสเตอร์	26
3.5	--	28
4.1	โมเดลสัญญาณขนาดเล็กของไดโอด	33
4.2	Hybrid-pi Model ของทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อของ NPN	35
5.1	โมเดลทัดเทียมแบบ Backward Euler ของตัวเก็บประจุ	40
5.2	โมเดลทัดเทียมแบบ Backward Euler ของตัวเก็บเหนี่ยวนำ	41
7.2	ขั้นตอนของการป้อนข้อมูลโดยตรง	62
7.3	การป้อนข้อมูลวงจรแบบมีแฟ้มข้อมูล	63
8.1	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรกับเวลาที่ใช้ในการสร้างและแก้สมการเมตริกซ์	70
8.2.1	TTL Inverter	116
8.2.2	Transistor Schmitt Trigger	117
8.2.3	Cascode Amplifier	118
8.2.4	Differential Amplifier	119

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย