เอกสารอ้างอิง

[1] G. Gielen, H. Walscharts, and W. Sansen, "ISAAC : A Symbolic Simulator for Analog Integrated Circuit." IEEE J. solid-state Circuits, Vol. 24, no. 6, pp. 1587-1597, DEC 1989.

[2] สุเจตน์ จันทรังษ์, "โปรแกรมวิเคราะห์เน็ทเวิร์คแบบสัญลักษณ์" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14, หน้า 5-29 ถึง 5-32, พ.ศ. 2534

[3] สุเจตน์ จันทรังษ์ และ สิทธิชัย โภไคยอุดม, "โปรแกรมวิเคราะห์วงจรแบบสัญลักษณ์" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16, หน้า 521 ถึง 526, พ.ศ. 2536

[4] L.W. Nagel, "SPICE2: A computer program to simulate semiconductor circuits", ERL Memo ERL-M520, University of California, Berkeley, May 1975.

[5] เอกชัย ลีลารัศมี, "การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์คำนวณหาผลตอบสนองเชิงเวลาของวงจรเชิงเส้นทั่วไป", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 7, เล่ม 3 : คอมพิวเตอร์, หน้า ค-131 ถึง ค-141, ธันวาคม 2527

[6] เอกชัย ลีลารัศมี, " การประมาณลักษณะสมบัติให้เป็นเชิงเส้นแบบท่อนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใน เล็ก 5.0 ", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 10, เล่ม 1, หน้า 1-73 ถึง 1-82, พฤศจิกายน 2530

[7] เมธี หวังคุณธรรม และ เอกชัย ลีลารัศมี "เทคนิคการจัดการด้านหน่วยความจำเพื่อเร่งการวิเคราะห์ทางเวลาของวงจรเชิงเส้นแบบท่อน", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18, หน้า 752 ถึง 757, ธันวาคม 2538

[8] C.Ho, A.E. Ruehli and P.A. Brennan, "The Modified Nodal Approach to Network Analysis" IEEE Transaction on Circuits and System, Vol.CAS-25, pp.504-509, June 1975.

[9] L.O. Chua and P.M Lin, "Computer Aided Analysis of Electronic Circuits : Algorithms and Computational Techniques", Prentice Hall, 1975.

[10] Ekachai Leelarasmee, "STDB Designated RD&E Project Final Report", July 1991

[11] Henry Shu-hung Chung and Adrian Ioinovici, "Fast Computer-Aided Simulation of Switching Power Regulators Based on Progressive Analysis of the Switches' State", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 9, No. 2, pp.206-212, March 1994.

[12] Predrag Pejovic and Dragan Maksimovic, "A Method for Fast Time-Domain Simulation of Networks with Switches", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 9, No. 4, pp.449-456, July 1994.

[13] Predrag Pejovic and Dragan Maksimovic, "A New Algorithm for Simulation of Power Electronic Systems Using Piecewise-Linear Device Models", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 10, No. 3, pp.340-348, May 1995.

[14] Borland International, Inc. "Turbo Pascal for DOS Version 7.0", 1992

- Programmer's References
- User's Guide
- Language Guide

[15] เอกชัย ลีลารัศมี, "คู่มือการใช้ เล็ก 6.0", ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2534

[16] Michael Tischer, "PC INTERN system programming", Abacus, February 1992

[17] Brian Long, "The Borland Pascal Problem Solver" Addison-Wesley Publishers, 1993

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โปรแกรม Borland's Turbo Profiler

โปรแกรม Turbo Profiler เป็นหนึ่งในชุดโปรแกรมสำเร็จรูป Borland's Pascal 7.0 [14] ที่ใช้ร่วมกับตัวแปลโปรแกรม เพื่อพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถใช้กับโปรแกรมได้หลายภาษาเช่น ภาษาปาสคาล, ภาษาซี, ภาษาแอสเซมบลี เป็นต้น โดยที่ผู้ที่ต้องการจะใช้โปรแกรม Borland's Turbo Profiler ในการทำโปรแกรมให้เหมาะสมหรือเพิ่มความเร็วให้แก่โปรแกรม ผู้ใช้จะต้องใช้ตัวแปลโปรแกรมของบริษัท Borland International ในการแปลโปรแกรม เช่น Borland's C++, Turbo Pascal, Turbo Assembler เป็นต้น แล้วขั้นตอนในการแปลโปรแกรมต้องสั่งให้ตัวแปลโปรแกรมแทรกรหัสที่ Borland's Turbo Profiler จำเป็นต้องใช้ลงไปในโปรแกรมด้วย แล้วจึงใช้โปรแกรม Borland's Turbo Profiler โหลดโปรแกรมกระทำการนั้นขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์

<u>การใช้งานโปรแกรม Borland's Turbo Profiler</u>

Borland's Turbo Profiler สามารถใช้วัดประสิทธิภาพของโปรแกรมที่จะพัฒนาโดยจะคำนวณหาจาก

- เวลาที่ถูกใช้ไปในแต่ละรูทีนของโปรแกรม
- เวลาที่ถูกใช้ไปในแต่ละบรรทัดของโปรแกรม
- จำนวนบรรทัดที่ถูกกระทำการ
- จำนวนครั้งที่บรรทัดนั้นถูกกระทำการ
- จำนวนครั้งที่รูทีนถูกเรียกใช้, และถูกเรียกโดยรูทีนใด
- รายชื่อแฟ้มข้อมูลที่ถูกเข้าถึง
- เวลาที่แฟ้มข้อมูลใดๆถูกเข้าถึง

ฯลฯ

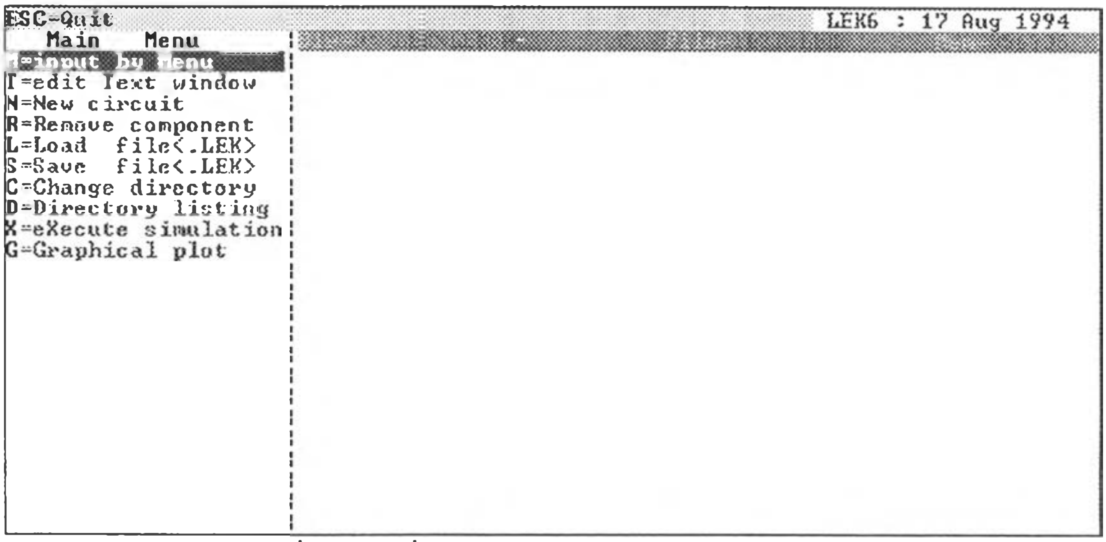
ภาคผนวก ข

“เทอร์โบเล็ก 1.0”

เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีทั้งสองที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ อีกทั้งเพื่อให้เกิดประโยชน์จากการนำไปใช้จริง โปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ชื่อ “เทอร์โบเล็ก” จึงได้เกิดขึ้นโดยการพัฒนาต่อจากโปรแกรม “เล็ก 6.0” ซึ่งในการพัฒนาจะมุ่งเน้นให้โปรแกรม “เทอร์โบเล็ก” สามารถทำการจำลองทางเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในด้านความเร็ว ปริมาณหน่วยความจำที่ใช้ และความคล่องตัวในการใช้งาน ซึ่งรายละเอียดของตัวโปรแกรม มีดังต่อไปนี้

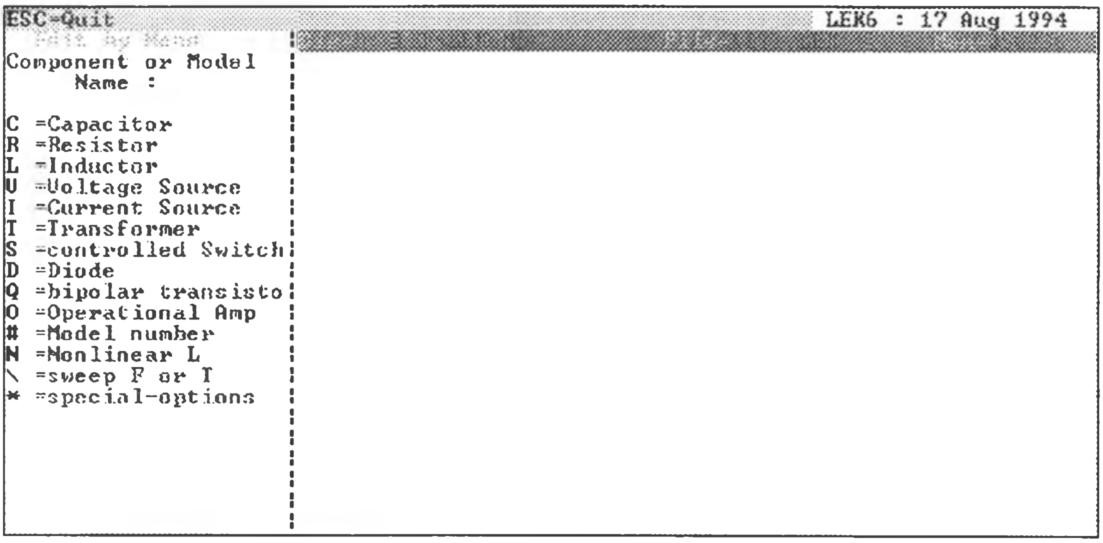
<u>ระบบการติดต่อกับผู้ใช้ของ “เล็ก 6.0”</u>

การติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรม “เล็ก 6.0” ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายกับผู้ใช้ทั่วไป ทั้งที่มี หรือไม่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ [15] และหน้าจอการใช้งานหลักของโปรแกรมได้แสดงไว้ดังรูปที่ ข.1

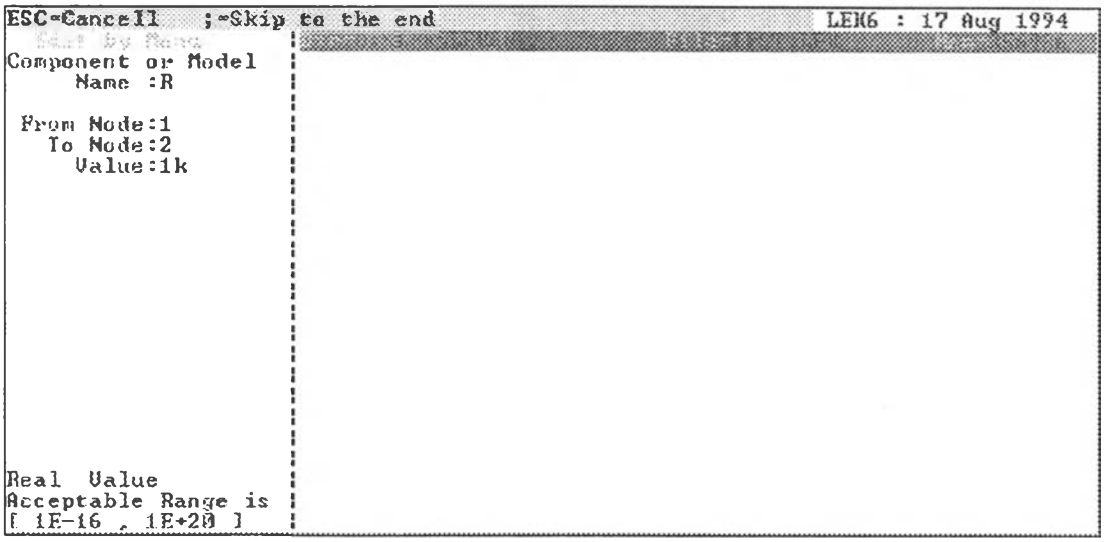


รูปที่ ข.1 ตัวเชื่อมโยงกับผู้ใช้ของโปรแกรม “เล็ก 6.0”

ในการใช้งานโปรแกรม “เล็ก 6.0” ในการวิเคราะห์วงจรนั้น ผู้ใช้ต้องป้อนค่าอุปกรณ์ต่างๆในวงจรผ่านเมนู โดยที่หน้าจอของการป้อนอุปกรณ์ผ่านเมนูนั้นได้แสดงไว้ในรูปที่ ข.2 และอุปกรณ์ที่โปรแกรม “เล็ก 6.0” รู้จักนั้นมีมากมายดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ ข.2(ก) และเพื่อให้เป็นการง่ายต่อการสร้างโปรแกรม “เทอร์โบเล็ก” จึงได้นำเอาโครงโปรแกรมในส่วนตัวเชื่อมโยงกับผู้ใช้ “เล็ก 6.0” มาเป็นต้นแบบในการพัฒนา แล้วจึงทำการพัฒนาเฉพาะในส่วนของขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์เท่านั้น



(ก)



(ข)

รูปที่ ข.2 (ก) ภาพแสดงหน้าจอในการป้อนอุปกรณ์ของโปรแกรม “เล็ก 6.0”
(ข) ภาพแสดงหน้าจอในการป้อนความต้านทานขนาด 1 โอห์ม

ส่วนประกอบที่สำคัญที่เพิ่มมาใน "เทอร์โบเล็ก"

จุดประสงค์ที่พัฒนาโปรแกรม "เทอร์โบเล็ก" ขึ้นมานอกจากเพื่อเป็นต้นแบบในการทดสอบโปรแกรมแล้ว ยังต้องการให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง ดังนั้นจึงมีหลายส่วนที่เพิ่มขึ้นนอกเหนือจากขั้นตอนวิธีพิเศษที่ใช้เร่งความเร็วในการวิเคราะห์ เพื่อทำให้การใช้งานโปรแกรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และส่วนประกอบต่างๆเหล่านั้น มีดังต่อไปนี้

1. สามารถใช้หน่วยความจำยืดขยายในการเก็บค่าผลลัพธ์ ทำให้สามารถทำการจำลองทางเวลาได้เป็นเวลานานกว่าเดิม
2. สามารถพล็อตกราฟไปพร้อมๆกับการวิเคราะห์ได้ ทำให้ผู้ใช้สามารถทราบผลได้เร็วกว่าเดิม
3. สเกลอัตโนมัติ ที่จะปรับขนาดสเกลเองเพื่อให้เห็นกราฟของคำตอบอย่างชัดเจนเสมอตลอดเวลาที่ทำการวิเคราะห์
4. ขั้นตอนวิธีพิเศษที่สามารถวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลาได้อย่างรวดเร็ว

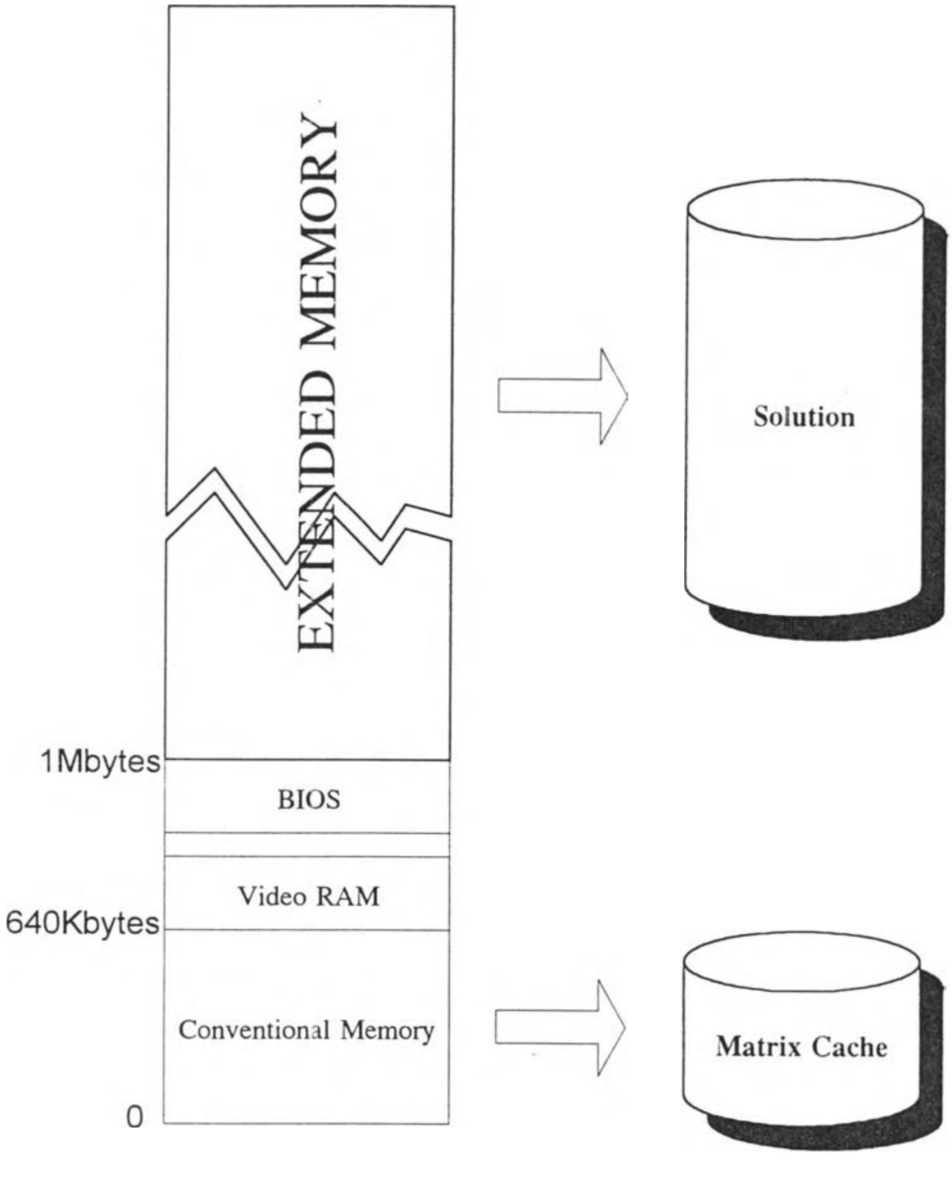
การใช้หน่วยความจำยืดขยายในการเก็บค่าผลลัพธ์ของการคำนวณ

ปัญหาหนึ่งที่ผู้ใช้โปรแกรม "เล็ก 6.0" พบอยู่เสมอในกรณีที่ทำการจำลองทางเวลากับวงจรที่มีขนาดใหญ่คือ หน่วยความจำไม่พอในการเก็บค่าผลลัพธ์ เหตุผลก็เนื่องจากว่าโปรแกรม "เล็ก 6.0" เป็นโปรแกรมที่ดำเนินการภายใต้ระบบปฏิบัติการ DOS จึงสามารถอ้างถึงหน่วยความจำได้ไม่เกิน 640 Kbytes

แต่ในปัจจุบันนี้วิวัฒนาการของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาไปสูงมาก ทำให้ราคาของเครื่องคอมพิวเตอร์ลดลง เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันล้วนแล้วแต่มีหน่วยความจำยืดขยายทั้งสิ้น แต่โปรแกรม "เล็ก 6.0" ไม่สามารถนำเอาทรัพยากรตรงส่วนนี้มาใช้ได้ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น อย่างไรก็ดีระบบปฏิบัติการ DOS ก็ได้ตระหนักถึงปัญหาที่สำคัญในข้อนี้ จึงได้ให้ โปรแกรมย่อยควบคุมอุปกรณ์ (Device Driver) สำหรับผู้ที่ต้องการจะอ้างถึงหน่วยความจำยืดขยายมาด้วยคือ HIMEM.SYS [16] ทั้งหมดนี้จึงเป็นที่มาที่ต้องการจะทำให้โปรแกรม "เล็ก 6.0" สามารถนำเอาหน่วยความจำยืดขยายมาใช้ในการเก็บค่าผลเฉลยของวงจร เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการวิเคราะห์ผลได้เป็นเวลานานกว่าเดิม ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับกลุ่มวงจรที่ต้องทำการจำลองเป็นเวลานานๆ เช่นกลุ่มวงจรแบบสวิตช์

ในการใช้งานหน่วยความจำยืดขยายโดยการเรียกผ่าน HIMEM.SYS นั้นจะมีข้อกำหนดรายละเอียดของเครื่องคอมพิวเตอร์ดังต่อไปนี้

1. ซีพียู ต้องเป็น 80386 หรือสูงกว่า
2. ระบบปฏิบัติการต้องเป็น MS-DOS
3. ขนาดหน่วยความจำต้องมากกว่า 1 Mbytes
4. ต้องทำการแก้ไขแฟ้มข้อมูล CONFIG.SYS ที่อยู่บนคอมพิวเตอร์โดยการเพิ่มคำสั่ง DEVICE=C:\DOS\HIMEM.SYS ลงไป



รูปที่ ข.3 แผนภาพแสดงการใช้หน่วยความจำของโปรแกรม "เทอร์โบเล็ก"

การพล็อตกราฟควบคู่ไปกับการวิเคราะห์วงจร

ประสิทธิภาพอีกข้อหนึ่งที่โปรแกรม "เทอร์โบเล็ก" เหนือกว่าโปรแกรม "เล็ก 6.0" ก็คือ การที่สามารถพล็อตกราฟผลตอบสนองเชิงเวลาไปพร้อมๆกับการวิเคราะห์ได้ และสามารถหยุดการวิเคราะห์ได้ในทันที หากกราฟที่ได้ไม่เป็นไปตามที่คาด โดยไม่ต้องรอให้วิเคราะห์เสร็จเสียก่อน ทำให้ผู้ใช้สามารถทราบผลการวิเคราะห์ได้เร็วกว่าเดิม ซึ่งต่างจากเดิมที่ผู้ใช้จะต้องรอให้การวิเคราะห์เสร็จสมบูรณ์เสียก่อน จึงจะสามารถดูกราฟได้

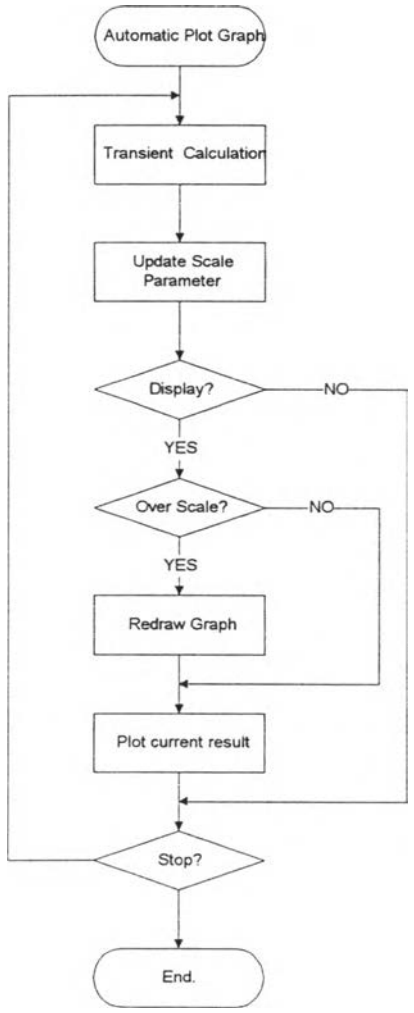
การออกแบบในส่วนพล็อตกราฟแบบพิเศษนี้ ในส่วนการจัดการที่เกี่ยวกับขนาดของสเกลที่จะนำมาพล็อตกราฟนั้น จะต่างไปจากแบบเดิม เนื่องจากว่าในแบบเดิมจะทำการวิเคราะห์จนเสร็จเสียก่อน จึงทำให้ทราบค่าสูงสุดและ ต่ำสุดของสเกลที่จะพล็อตอยู่แล้ว แต่ในแบบใหม่เราจะไม่สามารถทราบขอบเขตของข้อมูลที่จะนำมาพล็อต ซึ่งอาจจะสามารถแบ่งขั้นตอนของการทำงานออกได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การตั้งค่าสเกลในตอนเริ่มต้น
2. การคำนวณโดยไม่แสดงผลในช่วงแรก
3. การปรับค่าสเกลเมื่อผลลัพธ์เกินค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่ตั้งไว้ ขณะทำการวิเคราะห์

กล่าวคือในขั้นต้นก่อนการวิเคราะห์จะต้องเดาช่วงของข้อมูลในตอนเริ่มต้นเสียก่อน เนื่องจากว่าเราไม่สามารถทราบค่าของคำตอบได้ก่อนการคำนวณ และหลังจากทำการวิเคราะห์ไปแล้วจึงทำการปรับค่าช่วงของสเกลให้เหมาะสม เนื่องจากในช่วงแรกของการวิเคราะห์ สเกลของกราฟจะถูกปรับใหม่ และเขียนซ้ำอยู่บ่อยๆ จึงอาจมีส่วนทำให้ผู้ใช้ดูผลไม่รู้เรื่อง และยังส่งผลให้การคำนวณช้าลงไปอีก จึงกำหนดให้การปรับสเกลในช่วงแรก (10% ของเวลาทั้งหมด) จะยังไม่แสดงกราฟให้ผู้ใช้ดู จนกระทั่งผ่านช่วง 10% แรกไปแล้ว จึงจะเริ่มแสดงผลให้ผู้ใช้ดู ซึ่งแผนภูมิสายงานของขั้นตอนวิธีได้แสดงไว้ดังรูปที่ ข.4 และรายละเอียดของการปรับสเกลแบบอัตโนมัตินั้นจะแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อถัดไป

การปรับสเกลแบบอัตโนมัติ

ในการนำเอาวิธีการปรับสเกลแบบอัตโนมัติมาใช้ในขั้นตอนวิธีพล็อตกราฟขณะวิเคราะห์นั้น มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายประการดังนี้



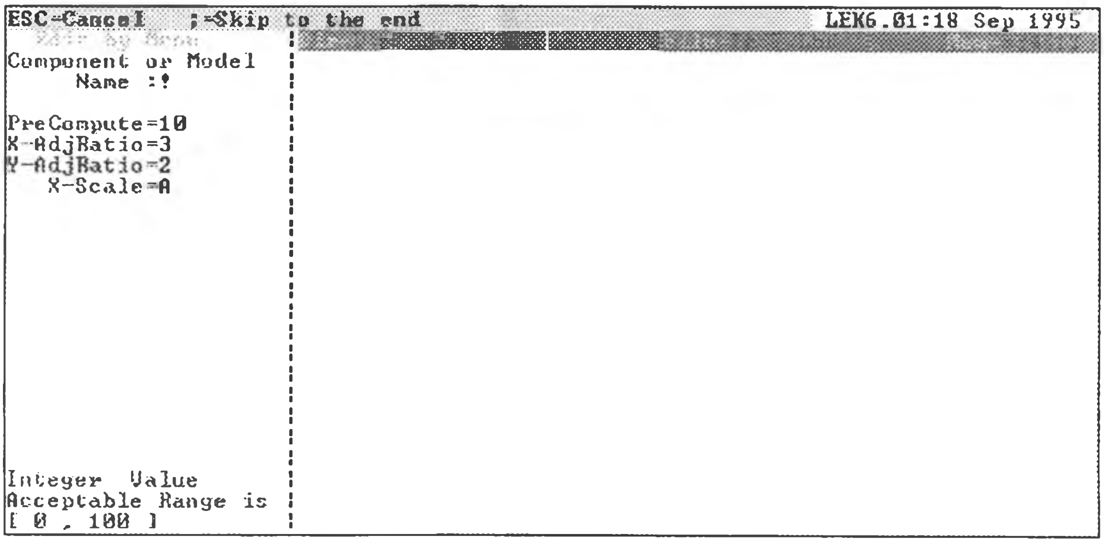
รูปที่ ข.4 แผนภูมิสายงานของขั้นตอนวิธีพล็อตกราฟไปพร้อมกับทำการวิเคราะห์

- โปรแกรมต้องเลือกค่าพารามิเตอร์ทุกตัวที่เหมาะสมเอง เช่น สเกลของกราฟก่อนเริ่มทำการวิเคราะห์
- โปรแกรมต้องคำนวณโดยไม่แสดงผลในช่วงแรกเพื่อจัดเตรียมสเกลที่เหมาะสม
- ควรอนุญาตให้ผู้ใช้แก้ไขค่าพารามิเตอร์ได้หากต้องการ

เมื่อกำหนดคุณสมบัติของโปรแกรมได้ดังนี้แล้ว จึงได้เริ่มกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะใช้ในการควบคุมการแสดงผล ดังในตารางที่ ข.1 และในส่วนที่จะติดต่อกับผู้ใช้ จะกำหนดให้ฟังก์ชันการปรับค่าพารามิเตอร์นั้นเปรียบเสมือนอุปกรณ์ตัวหนึ่ง โดยตั้งให้ชื่อสัญลักษณ์คือ “!” ดังนั้น ถ้าผู้ใช้ต้องการที่จะปรับค่าพารามิเตอร์ จะต้องเลือกเมนูอุปกรณ์ “!” ออกมาเพื่อปรับค่าตามที่ต้องการ โดยที่โปรแกรมจะมีค่าโดยปริยาย (Default) ให้อยู่แล้ว ดังรูปที่ ข.5

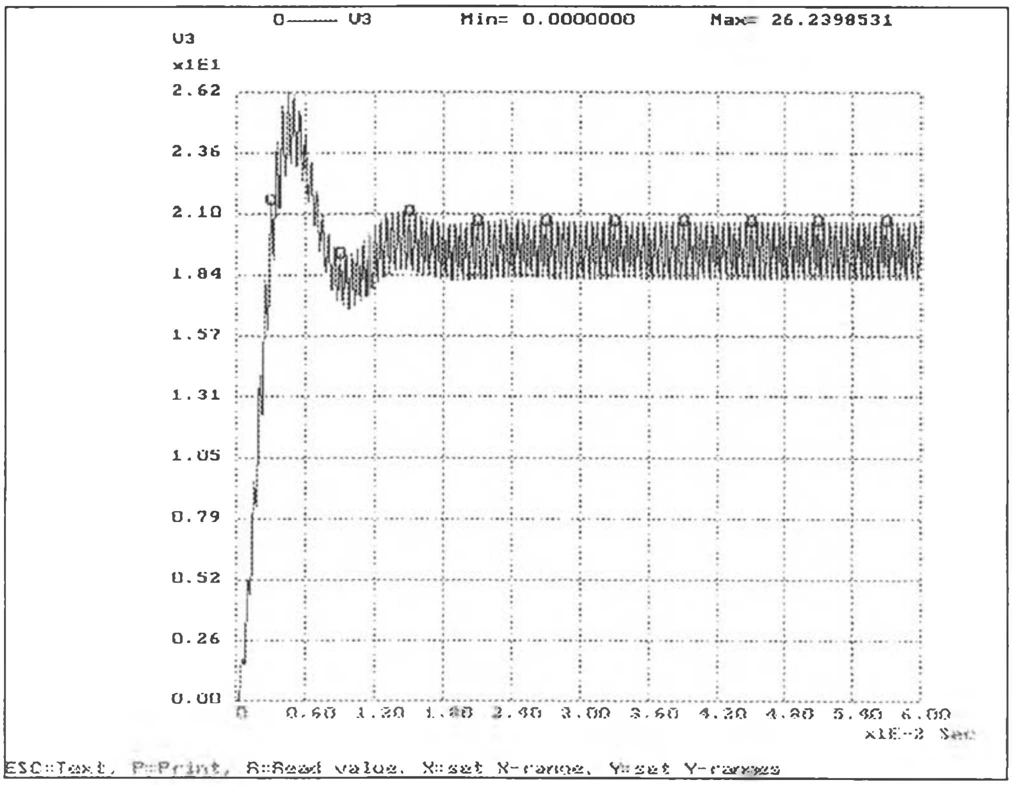
ตัวแปร	ประเภท	อธิบาย
PreCompute	BYTE	เปอร์เซ็นต์ที่ให้ทำการคำนวณโดยไม่แสดงผล
X-AdjRatio	BYTE	อัตราส่วนยืดขยายแกน X เมื่อข้อมูลโตกว่าสเกล
Y-AdjRatio	BYTE	อัตราส่วนยืดขยายแกน Y ข้อข้อมูลโตกว่าสเกล
X-Scale	CHAR	ลักษณะของแกน X มี 2 แบบคือ Fixed Scale และ Auto Adjust
Ymin	ARRAY [1..3] OF REAL	ขนาดสเกลของแกน Y ที่มีค่ามากที่สุด
Ymax	ARRAY [1..3] OF REAL	ขนาดสเกลของแกน Y ที่มีค่าน้อยที่สุด
Xmin	REAL	ขนาดสเกลของแกน X ที่มีค่ามากที่สุด
Xmax	REAL	ขนาดสเกลของแกน X ที่มีค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมการพล็อตกราฟ

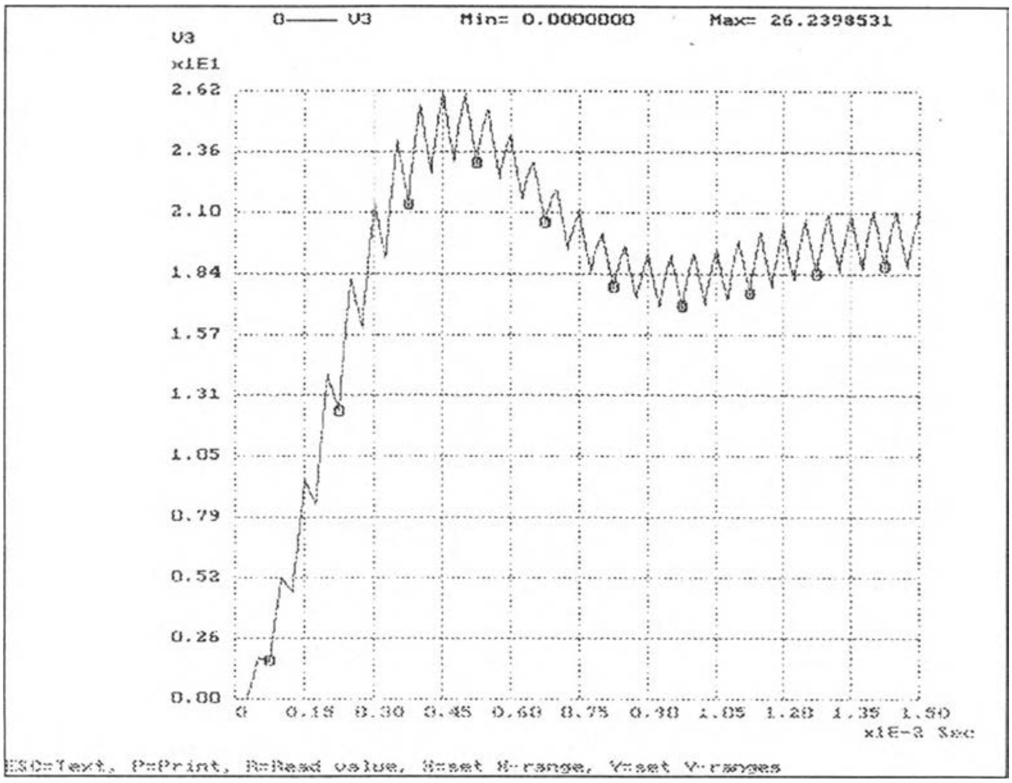


รูปที่ ข.5 ภาพแสดงหน้าจอในการปรับค่าพารามิเตอร์ในส่วนการพล็อตกราฟแบบอัตโนมัติ

ค่าพารามิเตอร์จากตารางที่ ข.1 นั้นมีอยู่ตัวหนึ่งที่น่าสนใจ คือ X-Scale หากผู้ใช้ต้องการดูค่ากราฟในช่วงทรานเซียนต์ จะต้องเลือกตัวแปรนี้เป็นแบบ Auto Adjust เพื่อให้โปรแกรมแสดงข้อมูลให้ดูทีละส่วน แล้วจึงค่อยๆบีบสเกลเข้ามาเมื่อข้อมูลที่จะพล็อตเกินช่วงสเกลไป แทนที่จะกำหนดให้สเกลในแกน X เป็นแบบคงที่ จะทำให้ผู้ใช้ไม่เห็นรายละเอียดของกราฟในช่วงแรก สำหรับบางกรณี เช่นผลที่ได้ในรูป ข.6



(ก)



(ข)

รูปที่ ข.6 ผลที่ได้จากการปรับแกน X เป็นแบบต่างๆกัน (ก) Fixed Scale (ข) Auto Adjust

ประวัติผู้เขียน

นายเมธี หวังคุณธรรม เกิดเมื่อวันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร) จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (แขนงวิชาระบบเชิงเลข) ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งตลอดเวลาในการศึกษาระดับมหาบัณฑิตนี้ได้รับทุนการศึกษาจาก สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และโครงการศิษย์ก้นกุฏิ และได้ส่งบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18 เรื่อง "*เทคนิคการจัดการด้านหน่วยความจำเพื่อเร่งการวิเคราะห์ทางเวลาของวงจรเชิงเส้นแบบท่อน*" ที่จัดโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย