

การจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ด้วยโปรแกรม

PSpice

- ใช้โปรแกรม PSpice AD Student Release 9.1
ในการวิเคราะห์และจำลองการทำงาน
- เน้นการเขียน Schematic และ Circuit File
- วิเคราะห์วงจรเรียงกระแสทุกแบบ วงจรชอปเปอร์
และวงจรอินเวอร์เตอร์
- เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอุตสาหการ
วิศวกรรมศาสตร์ และวิศวกรไฟฟ้าและผู้สนใจ

การจำลองการทำงาน วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ด้วยโปรแกรม

PSpice

โดย...

ผศ. นภัทร วัจนเทพินทร์



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

SKYBOOK COMPANY LIMITED

515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

โทร. 0-2958-1125-7, 0-2567-5119 โทรสาร. 0-2567-5105

e-mail: sales@skybook.co.th

www.skybook.co.th

“การจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ด้วยโปรแกรม PSpice”

พิมพ์ครั้งที่ 1 กุมภาพันธ์ 2548

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ห้ามคัดลอกถ่ายเอกสารหรือพิมพ์

หรือวิธีหนึ่งวิธีใดของหนังสือเล่มนี้ก่อนได้รับอนุญาต

จากบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

ราคา 175 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

นักตร วังนเทพินทร

การจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ด้วยโปรแกรม PSpice -- ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์,
2548.

256 หน้า

1. วงจรดิจิทัล (อิเล็กทรอนิกส์) 2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ I. ชื่อเรื่อง

621 . 3815

ISBN: 974-389-579-5

S7901-30-02-05

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
515/276-8 อ.วิเศษ-ปทุมธานี อ.ปะชาธิปัตย์ อ.ชัยบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทร. 0-2958-1125-7, 0-2567-5119 โทรสาร. 0-2567-5105
e-mail: sales@skybook.co.th

www.skybook.co.th

พิมพ์ที่ บริษัท สยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด

459 ซอยพินิจอุปถัมภ์ (ลาดพร้าว 48) แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310

โทรศัพท์ : 0-2694-3010



การเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลังในระดับปริญญาตรีทั้งในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม (ไฟฟ้า) และวิศวกรรมไฟฟ้า เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวงจรเรียงกระแส ควบคุมได้ วงจรชอปเปอร์ และวงจรอินเวอร์เตอร์ นอกเหนือจากวิธีการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องแล้ว ยังมีภาคปฏิบัติการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาวิเคราะห์คุณลักษณะของวงจรเหล่านั้น รวมทั้งวิธีการควบคุมและการสร้างสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม และศึกษาเกี่ยวกับผลของโหลดชนิดต่าง ๆ อีกด้วย

การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice Student Release 9.1 จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถออกแบบและจำลองการทำงานของวงจรที่ได้ศึกษาอยู่ในเนื้อหาวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง โดยสามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของวงจรได้ เช่น สัญญาณจุดชนวนเกิดของ SCR ค่าวัฏจักรหน้าที่ของสัญญาณมอดูเลต ความกว้างพัลส์ที่ใช้ควบคุมวงจรชอปเปอร์ หรือการจำลองการทำงานของอินเวอร์เตอร์แบบมอดูเลตด้วยคลื่นไซน์ เป็นต้น วิธีการจำลองด้วยโปรแกรม PSpice นี้ นับว่าประหยัดสะดวก และปลอดภัยกว่าการเข้าปฏิบัติการในห้องทดลอง และสามารถลดการสูญเสีย เนื่องจากการเสียหายของอุปกรณ์การทดลองอีกด้วย

ปัจจุบันขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมจำลองการทำงาน มีสูงขึ้น ทำให้โปรแกรม PSpice เป็นที่นิยมและมีความเชื่อถือสูงมาก อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมที่ใช้งานกันแพร่หลายทั่วโลก ทั้งในกลุ่มนักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมไฟฟ้า รวมทั้งนักวิจัย นับว่าเป็นที่ได้เปรียบของนักศึกษาในประเทศไทย



เนื่องจากโปรแกรม PSpice ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในหนังสือเล่มนี้ เป็นโปรแกรมที่ทางบริษัท OrCad เจ้าของผลิตภัณฑ์ให้ผู้สนใจเข้ามา Download ได้ฟรีในเว็บไซต์ของบริษัท

สำหรับการจำลองวงจรต่าง ๆ ในวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลังนั้น เมื่อใช้โปรแกรม PSpice จะมีข้อดีอย่างมากในด้านการวิเคราะห์ฟูรีเยร์และฮาร์มอนิกของกระแสแรงดันในส่วนต่าง ๆ ของวงจร ซึ่งสะดวกรวดเร็วกว่าการคำนวณด้วยมือและมีความแม่นยำสูง ซึ่งผู้ศึกษาวิชาดังกล่าวจะใช้ได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

ในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น 4 บทเรียนคือ บทนำเกี่ยวกับโปรแกรม PSpice ที่จะกล่าวถึงความเป็นมาและวิธีการใช้โปรแกรม PSpice ซึ่งไม่ละเอียดนักเนื่องจากมีใช้วัตถุประสงค์หลักของหนังสือเล่มนี้ ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับผู้ที่เคยใช้โปรแกรม PSpice มาบ้างแล้ว บทเรียนที่เหลือแบ่งออกเป็นการจำลองวงจรเรียงกระแส และวงจรเรียงกระแสทั้ง 1 เฟส และ 3 เฟส ในบทนี้จะนำเสนอตัวอย่างวงจรต่าง ๆ ในลักษณะ Step - by - Step และยังเน้นวิธีการเขียน Circuit Files อีกด้วย สำหรับการจำลองการทำงานของวงจรขอปเปอร์จะวิเคราะห์เฉพาะขอปเปอร์ระบบ Single Quadrant โดยเน้นการใช้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง คือ ทรานซิสเตอร์สองรอยต่อ (BJT) และมอสเฟตกำลัง (PowerMOSFET) เช่นเดียวกับวงจรอินเวอร์เตอร์จำลองการทำงานทั้งอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส และ 3 เฟส ทั้งแบบ Six - Step และแบบ SPWM และ MPWM

สำหรับไฟล์ตัวอย่างต่าง ๆ ในหนังสือเล่มนี้ได้บรรจุไว้ในแผ่น CD - ROM รวมทั้งได้แนบไฟล์ Zip ของโปรแกรม PSpice Student Release 9.1 ที่ผู้เขียนได้ Download มาไว้ให้ผู้สนใจได้นำไป UNZIP และติดตั้งในคอมพิวเตอร์ได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลา Download มา ซึ่งอาจเกิดปัญหาและสามารถประหยัดเวลาอีกด้วย

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณสำนักพิมพ์ สกายบุ๊กส์ จำกัด ที่เล็งเห็นความสำคัญของการเผยแพร่ตำราภาษาไทยที่มีคุณภาพอย่างสม่ำเสมอ ขอขอบคุณสำหรับ

กำลังใจที่ไม่เคยจางหายไปจากชีวิตผู้เขียน แม้ยามเหน็ดเหนื่อยหรือท้อใจ จะได้รับการเติมให้เต็มเปี่ยมอยู่เสมอจาก ด.ญ.ภัทราภรณ์ ด.ช.ภณภัทร บุตรสุดที่รัก และจากคุณวัชรภรณ์ ภรรยาที่แสนดีของผู้เขียน

—

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภัทร วัฒนเทพินทร์



บทที่ 1 โปรแกรม OrCad PSpice ----- 8

1.1 ความเป็นมาของ Pspice	8
1.2 ข้อจำกัดของ PSpice Student Release 9.1	9
1.3 การติดตั้งโปรแกรม PSpice Student Release 9.1	11
1.4 การใช้งานโปรแกรม PSpice Student Release 9.1	12

บทที่ 2 การวิเคราะห์วงจรเรียงกระแส ----- 25

2.1 บทนำ	25
2.2 การใช้โปรแกรม PSpice วิเคราะห์วงจรเรียงกระแส	25
2.3 การใช้โปรแกรม PSpice วิเคราะห์วงจรเรียงกระแส 1 เฟสควบคุมได้	64
2.4 ปัญหาของ PSpice Release 9.1 (Student Version)	82
2.5 การใช้โปรแกรม PSpice วิเคราะห์วงจรเรียงกระแส 3 เฟสควบคุมได้	97
2.6 การวิเคราะห์ฟูริเยร์ (Fourier Analysis)	118

บทที่ 3 การวิเคราะห์วงจรชอปเปอร์ด้วยโปรแกรม PSpice ----- 133

3.1 บทนำ	133
3.2 การสร้างสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์	134
3.3 วงจรดี.ซี.ชอปเปอร์	137

บทที่ 4 การวิเคราะห์วงจรอินเวอร์เตอร์ด้วยโปรแกรม PSpice ----- 180

4.1 อินเวอร์เตอร์ VSI แบบขั้นบันได ----- 182

4.2 อินเวอร์เตอร์ VSI แบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ ----- 196

ภาคผนวก ----- 227

ภาคผนวก ก. ----- 228

ภาคผนวก ข. ----- 231

ภาคผนวก ค. ----- 233

ภาคผนวก ง. ----- 235

ภาคผนวก จ. ----- 237

ภาคผนวก ฉ. ----- 238

ภาคผนวก ช. ----- 248

ภาคผนวก ซ. ----- 253

1

• โปรแกรม OrCad PSpice •

1.1 ความเป็นมาของ PSpice

ประวัติของโปรแกรม PSpice มีมายาวนานไม่น้อยกว่า 50 ปี โปรแกรม PSpice เดิมอยู่ในกลุ่มของซอฟต์แวร์ที่เรียกว่า SPICE ย่อมาจากคำเต็มว่า Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้าอยู่ในกลุ่มงาน Circuit Simulation จากนั้นมีการพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ SPICE2 ใช้เวลาพัฒนานานถึง 30 ปี โดยในปี 1950 - 1960 บริษัท IBM ได้พัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้าชื่อ ECAP และมีการพัฒนาต่อไป โปรแกรม ECAP นี้ เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาโปรแกรมชื่อ CANCER ที่มหาวิทยาลัยแห่งแคลิฟอร์เนีย แห่งเบิร์คลีย์ (The University of California - Berkeley) ซึ่งโปรแกรมนี้นี้เป็นพื้นฐานการพัฒนากลายเป็นโปรแกรม SPICE ซึ่งพัฒนาขึ้นที่เบิร์คลีย์ตั้งแต่ปี 1970 และกลางปี 1970 เป็นโปรแกรม SPICE2 เพื่อตอบสนองการจำลองการทำงานของวงจรตามมาตรฐานเดียวกันกับอุตสาหกรรม ต่อมากลายเป็น SPICE3 ซึ่งเป็นการปรับปรุง SPICE2 ให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการทำงานแบบ CAD อย่างไรก็ตามการพัฒนา SPICE2 ได้รับทุนวิจัยจากกองทุนของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ซึ่งวิจัยและพัฒนาโดยทีมนักวิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยด้านอิเล็กทรอนิกส์ของเบิร์คลีย์ จึงไม่สามารถนำไปใช้ในทางการค้าได้ ต่อมาจึงมีบริษัทต่าง ๆ ได้นำรูปแบบของ SPICE2 มาวิจัยและพัฒนาต่อเพื่อผลิตในเชิงธุรกิจ และใช้กันอย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา และได้ใช้กับวิศวกรไฟฟ้าทั่วโลก

อาจกล่าวได้ว่าโปรแกรม SPICE นั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ใช้กับคอมพิวเตอร์เมนเฟรม (Mainframe Version) และกลุ่มที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer Version) ซึ่งอาจจะแบ่งออกได้ตามชื่อต่าง ๆ ของโปรแกรมในตระกูล SPICE ดังต่อไปนี้

โปรแกรม SPICE ในกลุ่มเมนเฟรม มีดังนี้

1. HSICE ของบริษัท Meta - Softwave
2. RAD - SPICE ของบริษัท Meta - Softwave
3. IG - SPICE ของ A.B. Associates
4. I - SPICE ของ NCSS Time Sharing
5. Precise ของ Electronic Engineering Software
6. PSpice ของ MicroSim

7. AccuSim ของ Mentor Graphics
8. Spectre ของ Cadence Design
9. SPICE - Plus ของ Valid Logic

โปรแกรม SPICE ในกลุ่มคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มีดังนี้

1. AllSpice ของบริษัท Acotech
2. IS - SPICE ของ Intusoft
3. Z - SPICE ของ Z - Tech
4. SPICE - Plus ของ Analog Design Tools
5. DSPICE ของ Daisy Systems
6. PSpice ของ MicroSim
7. OrCad PSpice ของ OrCad

สำหรับโปรแกรม PSpice ที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้ เป็นโปรแกรม PSpice Student Release 9.1 ซึ่งบริษัท OrCad เป็นเจ้าของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เนื่องจากบริษัท OrCad ได้เข้าถือรวมกิจการของบริษัท MicroSim ซึ่งเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์เดิมของโปรแกรม PSpice (เดิมชื่อ MicroSim Designlab) และได้พัฒนาโปรแกรม PSpice ให้มีขีดความสามารถสูงขึ้นอีก กล่าวคือ ได้ผนวกรวมเอาความสามารถในการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board; PCB) ของโปรแกรม OrCad เดิมเข้ากับความสามารถอันโดดเด่นในการจำลองการทำงานโดยโปรแกรม PSpice เข้าด้วยกัน สำหรับในเวอร์ชันที่กล่าวถึงนี้เป็นเวอร์ชัน Demo นักศึกษาและวิศวกรผู้สนใจทั่วไปสามารถเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรม PSpice Student Release 9.1 ได้จากเว็บไซต์ของบริษัท OrCad คือ <http://orcadpcb.com/pspice> และที่ ftp://ftp.orcad.com/dwn_file/PSpice/Docs/9_1_SR/. และสำหรับผู้ที่ต้องการแผ่น CD Starter Kit ที่อธิบายเกี่ยวกับฟังก์ชันต่าง ๆ ของโปรแกรม สามารถเข้าไปขอได้ที่ www.orcad.com ในปัจจุบัน (ปี 2002 - 2003) โปรแกรม PSpice ของบริษัท OrCad คือ PSpice v.9.2.3

1.2 ข้อจำกัดของ PSpice Student Release 9.1

สำหรับโปรแกรม PSpice ที่ดาวน์โหลดมาจากเว็บไซต์ของ OrCad นั้น คุณจะได้อะไรโปรแกรม 2 ส่วนคือ

1. PSpice Release 9.1
2. Capture Release 9.1

โปรแกรมที่ได้มานี้เป็นโปรแกรมฟรีสำหรับนักศึกษาจึงมีข้อจำกัดบ้าง แตกต่างกับเวอร์ชันเต็มของ PSpice กล่าวคือ



โปรแกรม PSpice A/D การจำลองการทำงานของวงจรมีข้อจำกัดคือ

- ต่อวงจรได้ไม่เกิน 64 โหนด
- มีทรานซิสเตอร์เรียกใช้ได้ 10 ตัว
- มีอุปกรณ์ดิจิทัลเบื้องต้นใช้ได้ 65 ตัว
- เรียกใช้สายต่อทั้งหมดได้ไม่เกิน 10 เส้น
- เรียกใช้สายส่งแบบคู่ได้ 4 คู่
- มีไลบรารี (Library) ของอุปกรณ์แอนะล็อก 39 ตัว และดิจิทัล 134 ตัว
- คุณสมบัติของอุปกรณ์ใน PSpice Model Editor จำกัดเฉพาะไดโอด
- ใน PSpice Stimulus Editor จำกัดให้สร้างได้เฉพาะสัญญาณไซน์และสัญญาณนาฬิกา

เท่านั้น

- ใน PSpice Optimizer จำกัดไว้ที่ 1 เป้าหมาย (Goal) 1 พารามิเตอร์ และ 1 ข้อบังคับ (Constraint)

- ไม่สามารถสร้างรูปแบบ CSDF จากไฟล์ Data ได้
 - สามารถแสดงข้อมูลการจำลองจาก Simulations Performed ด้วยตัวจำลองการทำงาน
- ในรุ่น Student เท่านั้น

โปรแกรม PSpice Schematic มีข้อจำกัดดังนี้

- สามารถวางอุปกรณ์ในโปรแกรม Schematic ได้ไม่เกิน 50 ตัว
- สามารถเขียนวงจรลงในกระดาษขนาดมาตรฐาน A เท่านั้น (เช่น A4, A3.....)

โปรแกรม PSpice Capture มีข้อจำกัดดังนี้

- มีไลบรารีให้ใช้ได้เพียง 1 ไลบรารี ไม่รวมไลบรารีของโปรแกรม Capture มาตรฐาน
- ไม่สามารถ Save อุปกรณ์ที่เกินกว่า 60 ตัว (คุณสามารถเรียกมาในส่วนของ การออกแบบได้ แต่ Save ไม่ได้)

- ไม่สามารถ Save ไลบรารีที่บรรจุอุปกรณ์มากกว่า 15 ตัวได้

ความสามารถต่ำสุดของคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้กับ PSpice Student Release 9.1
ควรมีคุณลักษณะดังนี้

- อินเทล เพนเทียม 90 MHz หรือโปรเซสเซอร์ที่เทียบเท่า
- โปรแกรมวินโดวส์ 95, 98 หรือ NT
- หน่วยความจำแรมไม่น้อยกว่า 16 MB (ควรเป็น 32 MB)
- พื้นที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ไม่น้อยกว่า 90 MB
- มีเครื่องอ่าน CD - ROM
- มีเมาส์

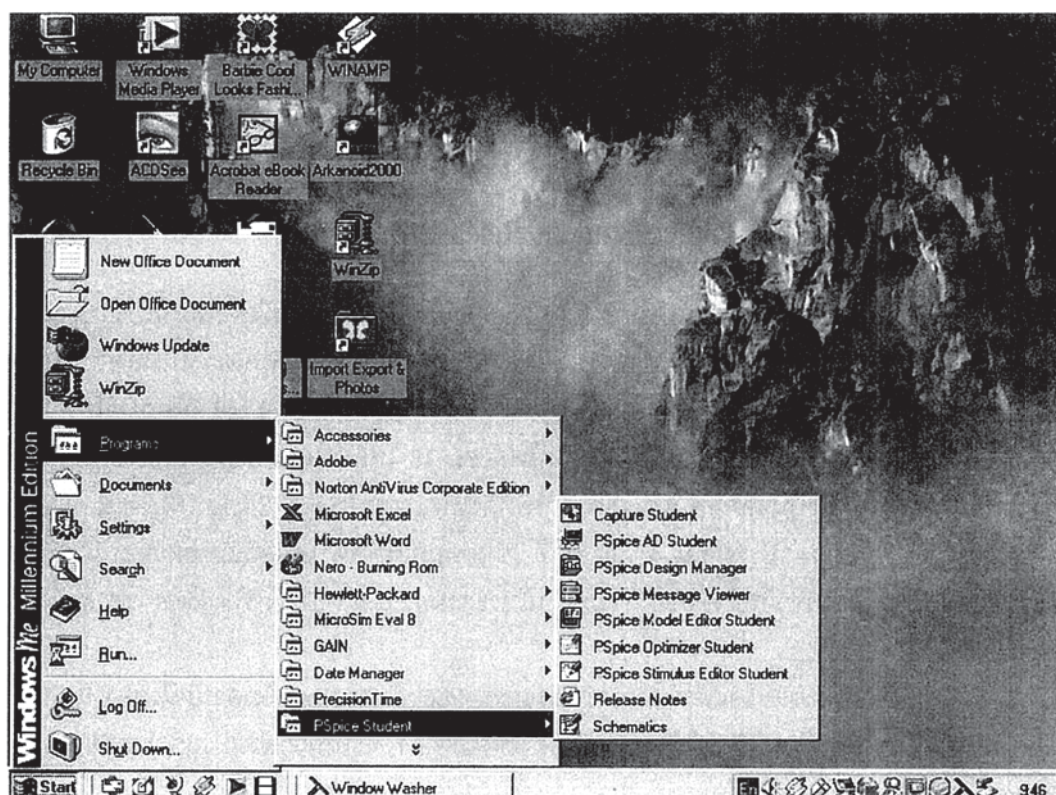
สำหรับโปรแกรม PSpice Student Release 9.1 นั้น หากมีข้อสงสัยทางเทคนิคสามารถส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ไปที่ที่ปรึกษาทางเทคนิคสำหรับบริการลูกค้าได้ที่อีเมลแอดเดรส : mailto:tech.support@pspice.com

1.3 การติดตั้งโปรแกรม PSpice Student Release 9.1

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าโปรแกรม PSpice Student ที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้เป็นโปรแกรมที่เผยแพร่แบบฟรี ซึ่งดาวน์โหลดมาจากเว็บไซต์ของบริษัท OrCad เมื่อคุณดาวน์โหลดโปรแกรม PSpice มาแล้วจะได้ไฟล์แบบ Zip ที่ชื่อ 91pspsu.exe มีขนาดประมาณ 27.9 MB ให้คุณใช้โปรแกรม Winzip ทำการ Unzip ไฟล์ดังกล่าวก่อนจะปรากฏไฟล์ย่อย 18 ไฟล์ ให้คุณ Run ไฟล์ชื่อ Setup และทำตามขั้นตอนที่แนะนำบนจอภาพ คุณจะทำการติดตั้งโปรแกรม PSpice Student Release 9.1 ได้เสร็จสมบูรณ์ โดยใช้เวลาประมาณ 4 - 5 นาที (ขั้นตอนการติดตั้งโดยละเอียดหากคุณต้องการทราบอาจศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือชื่อ การใช้งานโปรแกรม PSpice A/D for Windows โดย อ.กัมพลทองเรือง)

หลังจากติดตั้งเสร็จแล้วจะปรากฏโปรแกรม PSpice Student เป็นส่วนหนึ่งของ Program File ในเมนูหลักของวินโดวส์ที่คุณใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 จะเห็นว่าส่วนประกอบของ PSpice Student Release 9.1 มี 9 ส่วนคือ

1. Capture Student
2. PSpice AD Student
3. PSpice Design Manager
4. PSpice Message Viewer
5. PSpice Model Editor Student
6. PSpice Optimizer Student
7. PSpice Stimulus Editor Student
8. Release Notes
9. Schematics



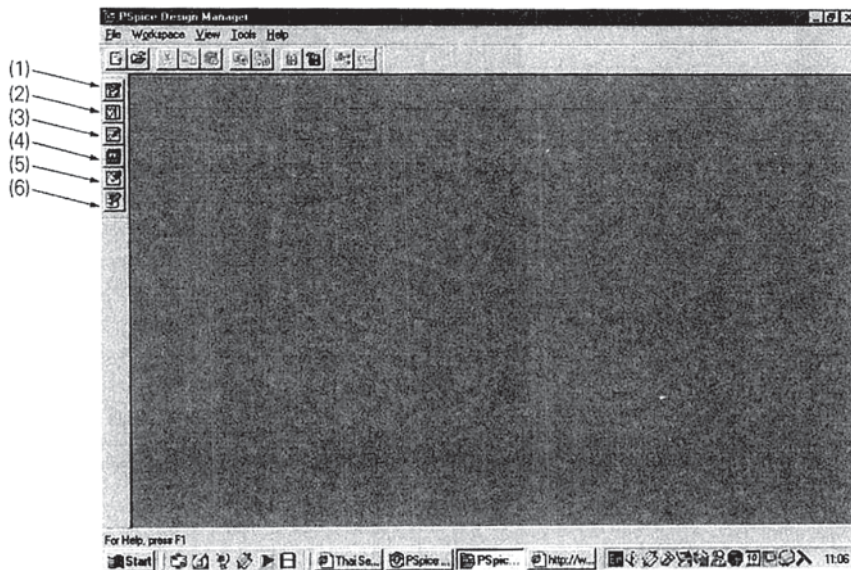
รูปที่ 1.1 แสดงโปรแกรม PSpice Student Release 9.1 หลังจากติดตั้งเสร็จแล้วใน PC

1.4 การใช้งานโปรแกรม PSpice Student Release 9.1

ในเวอร์ชันนี้โปรแกรม PSpice จะมีโปรแกรมชื่อ PSpice Design Manager เป็นโปรแกรมคล้ายกับผู้จัดการระบบในการออกแบบวงจรและจำลองการทำงาน หากคลิกที่ไอคอนของ Design Manager จะปรากฏหน้าจอภาพดังรูปที่ 1.2 ซึ่งในโปรแกรม Design Manager นี้จะเชื่อมโยงกับโปรแกรมต่าง ๆ ของ PSpice อีก 6 โปรแกรมคือ

1. Schematics
2. PSpice A/D
3. Optimizer
4. Model Editor
5. Stimulus Editor
6. Text Editor

ดังนั้น ในการเริ่มใช้งานโปรแกรม PSpice คุณอาจเข้าไปที่ส่วนของ Design Manager เพื่อใช้โปรแกรมอื่น ๆ ในการออกแบบวงจรไฟฟ้าที่คุณต้องการ และนำไปใช้จำลองการทำงานได้

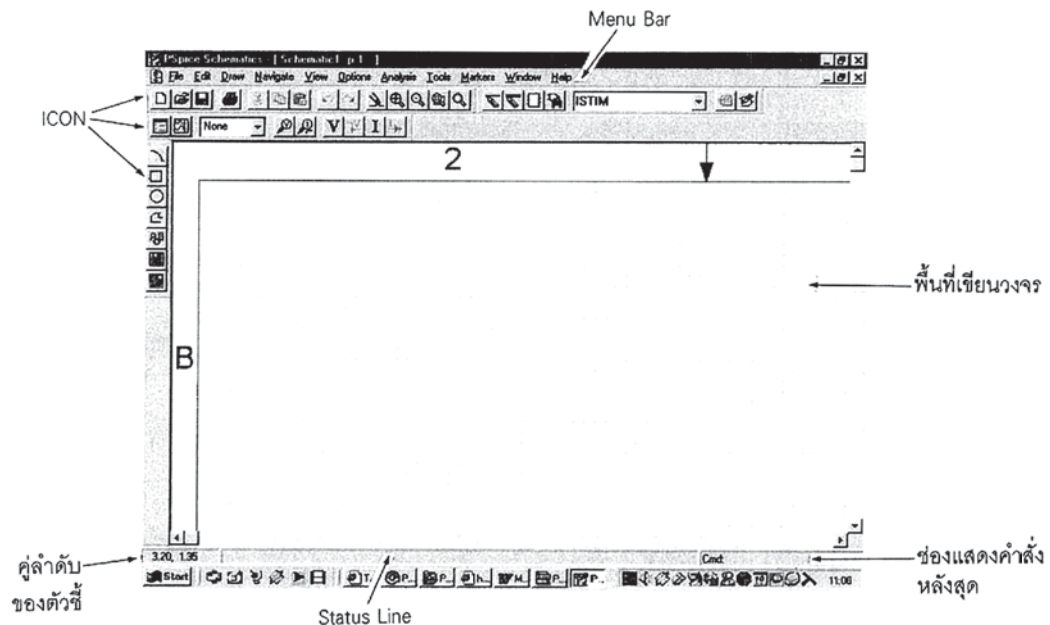


รูปที่ 1.2 แสดงภาพของโปรแกรม PSpice Design Manager

1.4.1 การใช้งานโปรแกรม PSpice Schematic

โปรแกรม PSpice Schematic นี้ ใช้สำหรับการเขียนวงจรไฟฟ้าและกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ของวงจร เมื่อคุณเขียนเสร็จแล้วคุณจะต้อง Save File ก่อนที่จะนำไปจำลองการทำงานโดยโปรแกรม PSpice AD ดังนั้น Schematic คือโปรแกรมแรกที่จะเรียกใช้งาน และจะเป็นตัวกลางให้คุณเรียกโปรแกรมอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการจำลองการทำงานและการแสดงค่าต่าง ๆ รวมทั้งรูปคลื่นที่ต้องการวัดอีกด้วย ดังนั้น โปรแกรม Schematic จึงมีความสำคัญ ในส่วนนี้จะกล่าวถึงคำสั่งต่าง ๆ ในโปรแกรม Schematic แต่จะไม่ยกตัวอย่างวิธีการเขียนภาพกราฟฟิก หรือเขียนวงจรไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Schematic ดังนั้น หากคุณต้องการศึกษารายละเอียดเบื้องต้นว่าการเขียนวงจรด้วยโปรแกรม Schematic คุณควรศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือ Easy PSpice For Windows โดย ธีรชัย ชยวณิช ในบทที่ 4 หน้า 29 - 33

จากรูปที่ 1.2 ถ้าคุณคลิกที่หมายเลข <1> จะเป็นการ Run โปรแกรม Schematic และจะปรากฏหน้าต่างแรกของโปรแกรม Schematic ดังรูปที่ 1.3 ซึ่งประกอบไปด้วยเมนูหลัก (Menu Bar) และแถบปุ่มเครื่องมือหรือไอคอน (ICON) รวมทั้งพื้นที่สำหรับเขียนภาพกราฟฟิกหรือวงจรไฟฟ้าและส่วนประกอบอื่น ๆ



รูปที่ 1.3 แสดงหน้าต่างแรกของโปรแกรม Schematic

เมนูหลักของ Schematic มี 9 เมนูคือ

1. เมนู File เป็นรายการคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการจัดการแฟ้มข้อมูลและการพิมพ์
2. เมนู Edit เป็นรายการคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขหรือตัดต่อข้อมูล
3. เมนู Draw เป็นรายการคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภาพวงจร
4. เมนู View เป็นรายการคำสั่งเกี่ยวกับการปรับมุมมอง เพื่อให้สะดวกต่อการสร้างภาพ
5. เมนู Options เป็นรายการคำสั่งเกี่ยวกับการกำหนดค่าตัวเลือกต่าง ๆ ของโปรแกรม Schematic
6. เมนู Analysis เป็นรายการคำสั่งเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล การจำลองการทำงาน และการแสดงผลลัพธ์ของข้อมูล
7. เมนู Makers เป็นรายการคำสั่งเกี่ยวกับการสังเกตและการวิเคราะห์ และการกำหนดตำแหน่งในการดูรูปคลื่นสัญญาณในวงจร
8. เมนู Window เป็นรายการคำสั่งเกี่ยวกับการจัดการหน้าต่างย่อยของแผนภาพวงจร
9. เมนู Help เป็นรายการคำสั่งเกี่ยวกับการขอความช่วยเหลือด้านคำอธิบายต่าง ๆ ในการใช้งานโปรแกรม Schematic

สำหรับเมนูหลักทั้ง 9 เมนูนี้ จะมีเมนูย่อยอยู่ในอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งได้แสดงรายละเอียดและความหมายของเมนูย่อยเหล่านั้นในภาคผนวก ข ซึ่งคุณสามารถอ่านเพิ่มเติมได้ อย่างไรก็ตาม

การฝึกฝนโดยการเปิดโปรแกรมและเขียนวงจรลงในโปรแกรม Schematic จะทำให้เกิดความเข้าใจลักษณะการใช้คำสั่งต่าง ๆ ของโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตามคุณอาจใช้แถบปุ่มเครื่องมือหรือไอคอน ช่วยในการทำงานของโปรแกรม Schematic ได้ด้วยเช่นกัน ปุ่มเครื่องมือต่าง ๆ และการแสดงชื่อและความหมายของปุ่มเหล่านั้นแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงแถบปุ่มเครื่องมือ (ไอคอน) ของโปรแกรม Schematic

ไอคอน	ชื่อ	คำอธิบาย
	New File	เปิดไฟล์ใหม่
	Open File	เปิดไฟล์เก่า
	Save File	บันทึกไฟล์
	Print	พิมพ์แบบวงจรที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ออกกระดาษ
	Zoom In	ขยายส่วนที่เล็ก ๆ ออก
	Zoom Out	ย่อส่วนที่ใหญ่ ๆ ให้เล็ก
	View Area	แสดงรายละเอียดเฉพาะพื้นที่ที่เลือกเอาไว้
	View Fit	แสดงรายละเอียดทั้งหมดที่อยู่บนหน้าจอ
	Draw Wire	เขียนสายตัวนำเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า
	Draw Bus	เขียนบัสตัวนำ
	Draw Block	เขียนบล็อก
	Draw Text	เขียนตัวอักษร
	Select Part	แสดงหน้าต่าง Part Browser Dialog Box
	Select Part List	เพื่อเลือกอุปกรณ์มาใช้เก็บรายการอุปกรณ์ที่เรียกใช้แล้ว เพื่อความสะดวกในการเรียกใช้ครั้งต่อไป
	Edit Attributes	แก้ไข Attributes ของอุปกรณ์ที่ถูกเลือก
	Edit Symbol	เปิดโปรแกรม Symbol Editor เพื่อแก้ไขสัญลักษณ์ของอุปกรณ์



ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

ไอคอน	ชื่อ	คำอธิบาย
	Analysis Setup	เปิดหน้าต่าง Analysis Setup เพื่อปรับรายละเอียดของการวิเคราะห์
	Simulate	จำลองสถานการณ์วงจรที่ได้ออกแบบ
	Redraw	เขียนวงจรที่แสดงบนจอใหม่
	Enable Bias Voltage Display	แสดงค่าแรงดันที่ได้จากการวิเคราะห์วงจร
	Enable Bias Current Display	แสดงค่ากระแสที่ได้จากการวิเคราะห์วงจร
	Current Marker	ตัวบอกระแส
	Voltage/Level Marker	ตัวบอกระดับแรงดัน
	Marker Color	กำหนดสีของตัวบอก
	Undo	ยกเลิกคำสั่งที่ทำไปแล้ว
	Redo	ทำคำสั่งซ้ำ
	Draw Arc	วาดส่วนโค้ง
	Draw Box	วาดกรอบ
	Draw Circle	วาดวงกลม
	Draw Polyline	วาดเส้นอิสระ
	Draw Text Box	วาดกรอบอักษร
	Insert Picture	แทรกภาพ

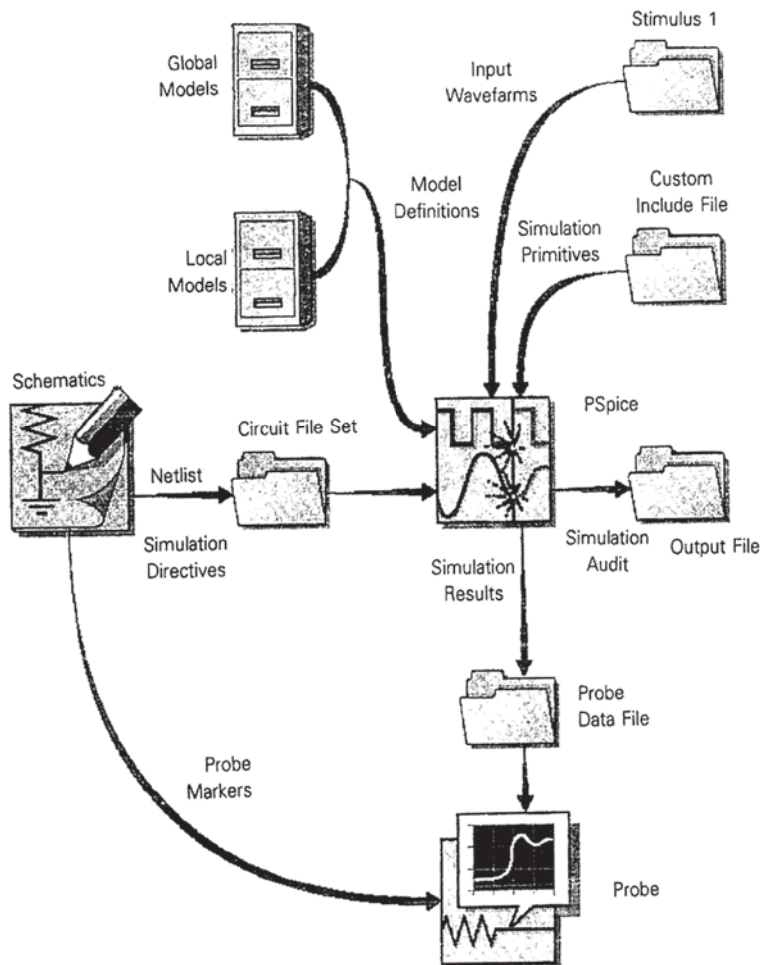
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าโปรแกรม Schematic มีความสำคัญมาก เพราะเป็นจุดเริ่มต้นในการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice (PSpice AD) เพราะว่าเมื่อคุณเขียนภาพกราฟฟิกเสร็จ และกำหนดว่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของวงจรสมบูรณ์แล้ว Save ไฟล์ไว้ เมื่อคุณคลิกที่เมนู Analysis/Simulate โปรแกรม Schematic จะเรียกส่วนอื่น ๆ ที่เชื่อมโยงกับการ Simulate มา Run เองโดยอัตโนมัติ ดังนั้น การเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการ Simulate ของโปรแกรม PSpice จะสร้างแฟ้มข้อมูลชนิดใดขึ้นมาบ้าง และแฟ้มเหล่านั้นนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

กระบวนการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม PSpice แสดงดังรูปที่ 1.4 ประกอบด้วยโปรแกรมหลัก ๆ 3 โปรแกรมคือ

1. โปรแกรม Schematics ทำหน้าที่เป็นส่วนการเขียนกราฟฟิกของวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการจะวิเคราะห์หาค่าผล เมื่อบันทึก (Save) แบบภาพกราฟฟิกของวงจรไฟฟ้าที่เขียนขึ้นจากโปรแกรมนี้ ไฟล์ที่ได้จะมีนามสกุล .sch

2. โปรแกรม PSpice (หรือ PSpice AD) ทำหน้าที่วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่เขียนจากโปรแกรม Schematics ผลการวิเคราะห์จะแสดงออกทางไฟล์เอาต์พุต (Output File) และไฟล์ข้อมูล Probe สำหรับไฟล์เอาต์พุตแสดงในรูปตัวอักษร สามารถดูได้ด้วยโปรแกรมพิมพ์เอกสารทั่วไป เช่น Notepad หรือ Word เป็นต้น ไฟล์ชนิดนี้มีนามสกุล .out ส่วนไฟล์ข้อมูล Probe จะแสดงออกในรูปกราฟผ่านทางโปรแกรม Probe ไฟล์ชนิดนี้มีนามสกุล .dat

3. โปรแกรม Probe ทำหน้าที่แสดงผลการวิเคราะห์วงจรในรูปของกราฟ ไฟล์ที่ใช้กับโปรแกรมชนิดนี้จะมีนามสกุลเป็น .dat



รูปที่ 1.4 แสดงความสัมพันธ์ของโปรแกรม Schematic โปรแกรม PSpice (PSpice AD) และโปรแกรม Probe



เมื่อคุณเขียนวงจรเสร็จแล้ว Save จะได้ไฟล์นามสกุล .sch (Schematic File หรือไฟล์ภาพวงจร) ก่อนทำการ Run Simulate ซอฟต์แวร์จะสร้างไฟล์ที่จำเป็นขึ้นมา 3 ชนิดคือ

- ก. ไฟล์วงจร (Circuit File นามสกุล .cir)
- ข. ไฟล์แสดงค่าอุปกรณ์ในวงจร (Netlist File นามสกุล .net)
- ค. ไฟล์แสดงการต่ออุปกรณ์ในวงจร (Alias File นามสกุล .als)

Circuit File เป็นไฟล์หลักที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม โดยจะอ้างถึงชนิดของการวิเคราะห์ ไลบรารี และไฟล์ Netlist กับไฟล์ Alias และไฟล์อื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ รายละเอียดของไฟล์วงจรเปิดดูได้จากโปรแกรมพิมพ์เอกสารทั่วไป หรือดูผ่านทางไอคอน  (View Simulation Output File)

Netlist File เป็นไฟล์ที่แสดงรายการค่าของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ระหว่างโนดสองโนดใด ๆ

Alias File เป็นไฟล์ที่แสดงรายการของอุปกรณ์ที่เขียนขึ้นว่าหาใดต่ออยู่กับโนดใดบ้าง

นอกจากโปรแกรม Schematic ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีโปรแกรมย่อยอีกหนึ่งโปรแกรมซึ่งบางครั้งมีความจำเป็นต้องใช้งาน เพื่อสร้างสัญญาณรูปคลื่นที่เป็นอินพุตป้อนให้กับวงจร ในขณะที่โปรแกรม PSpice กำลังจำลองสถานการณ์ โปรแกรมนี้คือ Stimulus Editor ทำหน้าที่สร้างสัญญาณอินพุต เช่น สัญญาณไซน์ สัญญาณดิจิตอล ไฟล์ที่สร้างขึ้นมามีนามสกุล .stl

จากที่กล่าวมาแล้วพอสรุปได้ว่า กระบวนการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม PSpice จะมีไฟล์หลักแรกเริ่มคือ ไฟล์ .sch จากนั้นจะแตกออกเป็นไฟล์ 3 ไฟล์คือ ไฟล์ .cir ไฟล์ .net ไฟล์ .als เมื่อการจำลองสถานการณ์สมบูรณ์จะแตกออกอีก 2 ไฟล์เพื่อใช้แสดงผล ไฟล์นั้นคือ ไฟล์ .out และไฟล์ .dat

ดังนั้น ส่วนการทำงานที่สำคัญที่สุดของโปรแกรม PSpice Student มี 2 ส่วนคือ

1. โปรแกรม PSpice Schematic ใช้สร้างภาพกราฟฟิวงจร กำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ของอุปกรณ์ในวงจร และกำหนดค่าและเงื่อนไขหรือวิธีการจำลองการทำงานและการดูผลลัพธ์

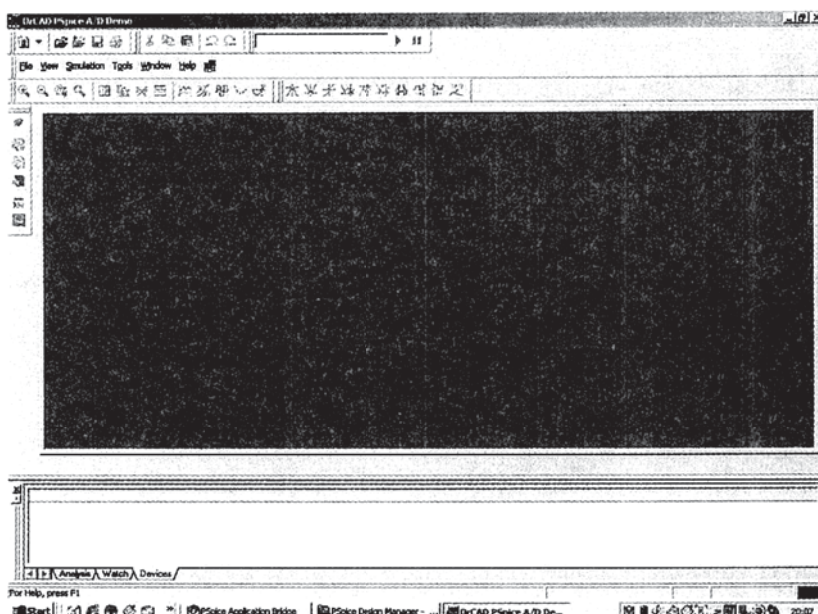
2. โปรแกรม PSpice AD ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรที่เขียนไว้ใน Schematic และโปรแกรม Probe ใช้ในการดูผลลัพธ์และวิเคราะห์ผลของการจำลองการทำงาน สำหรับโปรแกรม Probe นี้จะเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม PSpice AD หน้าต่างแรกของโปรแกรม Probe จะเหมือนกับ PSpice AD แต่ปุ่มคำสั่งต่าง ๆ ของ Probe จะไม่ Active ถ้าไม่ได้สั่ง Run โปรแกรม Probe

1.4.2 การใช้งานปัสสนม PSpice AD

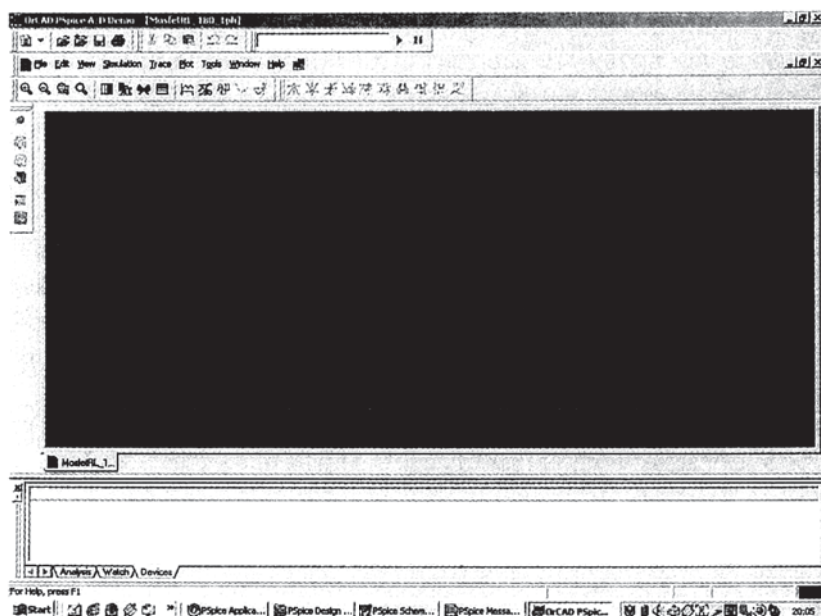
โปรแกรม PSpice AD หรือ โปรแกรม PSpice AD Student เป็นส่วนหนึ่งของซอฟต์แวร์ PSpice ที่ทำหน้าที่คำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจรตามเงื่อนไขและวิธีการวิเคราะห์ที่ผู้ใช้งานกำหนด และวงจรสามารถแสดงผลการจำลองการทำงานของวงจรที่คุณสร้างขึ้นให้เห็นได้ทั้งในรูปแบบของข้อความจากไฟล์ .out และ .net รวมทั้งแสดงให้เห็นรูปคลื่นที่ต้องการวัดด้วยโปรบ (โปรแกรม Probe) ที่จุดต่าง ๆ ของวงจรแสดงให้เห็นลักษณะเดียวกันกับรูปคลื่นสัญญาณที่คุณวัดได้จากเครื่องมือวัด เช่น ออสซิลโลสโคป

โปรแกรม PSpice AD จะถูกเรียกขึ้นโดยอัตโนมัติ เมื่อคุณสั่งจำลองการทำงาน (คำสั่ง Analysis/Simulate) ในขณะที่คุณวาดภาพกราฟฟิกวงจรไฟฟ้าและ Save แล้วในโปรแกรม Schematic หากไม่มีข้อผิดพลาดใด ๆ ในการเขียน Schematic จะมีการ Run โปรแกรม PSpice AD อัตโนมัติ และจะมีการเปิดโปรแกรม Probe ด้วยเพื่อเตรียมในการแสดงผลลักษณะของรูปคลื่นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สำหรับหน้าต่างแรกของโปรแกรม Probe แสดงดังรูปที่ 1.6 จะเห็นว่าหน้าต่าง Probe จะเป็นพื้นสีดำและปรากฏแกนของเวลาบนส่วนล่างของจอภาพและปุ่ม แถบเครื่องมือที่รองรับการทำงานของโปรแกรม Probe จะ Active ขึ้นในส่วนล่างของเมนูหลัก ซึ่งต่างจากหน้าต่างแรกของโปรแกรม PSpice AD ดังรูปที่ 1.5

คุณอาจเปิดโปรแกรม PSpice AD ได้โดยการคลิกที่เมนูหลักของโปรแกรม PSpice Student ที่หน้าต่างแรกของ Program File ที่เปิดโดย Windows ที่ติดตั้งในเครื่องของคุณ หรือคุณเปิดโปรแกรม PSpice AD อีกวิธีหนึ่งได้โดยการเข้าสู่โปรแกรม PSpice Design Manager และคลิกที่ 'โคดตอนที่ <2>' ในรูปที่ 1.2 ก็ได้เช่นกัน เมื่อคุณเปิดโปรแกรม PSpice AD นั้น จะปรากฏหน้าต่างแรกของโปรแกรมดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงหน้าต่างแรกของโปรแกรม PSpice AD Student



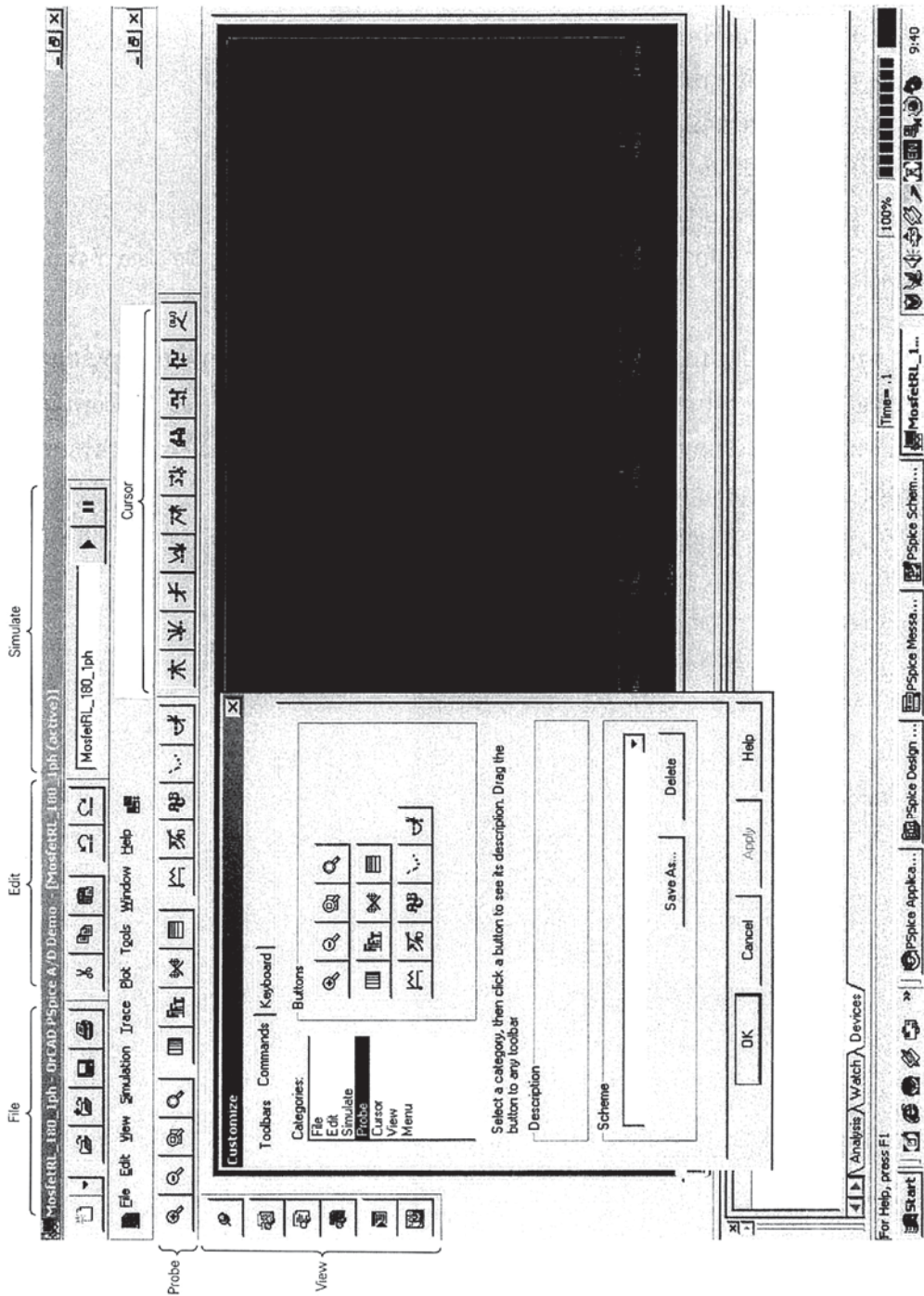
รูปที่ 1.6 แสดงหน้าต่างของ PSpice AD เมื่อเปิดโปรแกรม Probe

สำหรับกลุ่มคำสั่งหลัก (ปุ่มต่าง ๆ ที่แถบเครื่องมือ) ในรูปที่ 1.5 และ 1.6 นั้นรวมกันอยู่ใน PSpice AD แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มคือ

1. File เกี่ยวกับการเพิ่มข้อมูลและการพิมพ์ผลลัพธ์
2. Edit เกี่ยวกับการแก้ไข ตัดต่อข้อมูล
3. Simulate เกี่ยวกับการจำลองการทำงานของไฟล์ .cir, .sch
4. Probe เกี่ยวกับการพล็อตกราฟ การวิเคราะห์และมุมมอง
5. Cursor เกี่ยวกับการอ่านค่าต่าง ๆ บนรูปกราฟที่พล็อต
6. View เกี่ยวกับการเปิด/ซ่อนไฟล์รูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดจากผลการ Simulate ทั้งที่เป็น

ไฟล์ .txt, .dat

ซึ่งคำสั่งในรูปแบบปุ่มตัวเลือกทั้ง 6 กลุ่มนี้แสดงในรูปที่ 1.7 สำหรับเมนูหลักและความหมายของคำสั่งต่าง ๆ ในเมนูหลักคือ เมนู File Edit View Simulation Plot Tool Window และ Help ได้อธิบายไว้โดยละเอียดแล้วในภาคผนวก ข และรายละเอียดและความหมายของไอคอนต่าง ๆ ในรูปที่ 1.7 แสดงในตารางที่ 1.2



รูปที่ 1.7

ตารางที่ 1.2 แสดงไอคอนของโปรแกรม PSpice AD

ไอคอน	ชื่อ	คำอธิบาย
	New	เปิดไฟล์ใหม่ที่ต้องการ Simulate หรือเปิดไฟล์ชนิด Text
	Open	เปิดไฟล์ข้อมูล
	Append	เปิดไฟล์ข้อมูลภาพนามสกุล .dat
	Save	Save ไฟล์ที่กำลังทำงานอยู่
	Print	สั่งพิมพ์รูปคลื่น, พิมพ์ไฟล์ทางเครื่องพิมพ์
	Cut	ตัดส่วนที่เลือกและวางเก็บไว้ในคลิปบอร์ด
	Copy	คัดลอกส่วนที่เลือกและเก็บไว้ในคลิปบอร์ด
	Paste	วางแทรกส่วนที่เก็บไว้ในคลิปบอร์ด
	Undo	ยกเลิกคำสั่งสุดท้าย
	Redo	ทำซ้ำคำสั่งสุดท้าย
	Run	รันไฟล์ที่ต้องการ Simulate
	Pause	หยุดไฟล์ที่กำลัง Simulate ชั่วขณะ
	Zoom In	ขยายภาพบริเวณจุดที่เลือกไว้
	Zoom Out	ย่อภาพบริเวณจุดที่เลือกไว้
	Zoom Area	ขยายภาพบริเวณพื้นที่ที่กำหนด
	Zoom Fit	แสดงกราฟทั้งหมดแบบเต็มจอภาพ
	Log X Axis	เปิด/ปิด สเกลของแกน X ให้เป็นแบบ Log สเกลหรือแบบ Linear สเกล
	Fourier	ทำการแปลงฟูริเยร์แบบ FFT จากข้อมูลที่พล็อตแล้วในกราฟ และแสดงผลในโดเมนความถี่ ปุ่มนี้เป็นแบบเปิด/ปิด เมื่อกดอีกครั้งจะกลับมาแสดงรูปคลื่นในโดเมนเวลาตามเดิม
	Performance Analysis	เปิด/ปิด การวิเคราะห์ Performance
	Log Y Axis	เปิด/ปิด สเกลของแกน Y ให้เป็นแบบ Log หรือ Linear