บทที่ 2

การวิเคราะห์แบบ DC

DC ANALYSIS

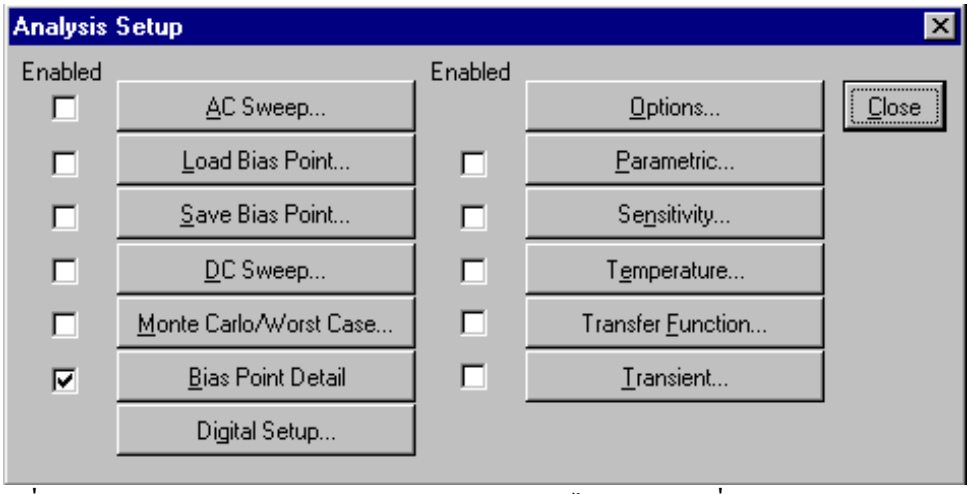
วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษา เข้าใจ และ สามารถวิเคราะห์วงจรแบบ DC โดยการใช้ SPICE เข้าช่วยได้
2. เพื่อให้นักศึกษา เข้าใจ กฎของ KIRCHHOFF
3. เพื่อให้นักศึกษา เข้าใจ หลักการของ VOLTAGE DIVISION และ VOLTAGE DIVIDER
4. เพื่อให้นักศึกษา เข้าใจ หลักการของ CURRENT DIVISION และ CURRENT DIVIDER
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถหา ค่าความต้านทานสมมูล ระหว่างโหนด 2 โหนดได้

ปรกติการวิเคราะห์วงจรของโปรแกรม SPICE จะแบ่งออกเป็น 3 แบบใหญ่ๆ คือ

1. การวิเคราะห์วงจรแบบ DC หรือแบบไฟตรง
2. การวิเคราะห์วงจรแบบ AC หรือแบบไฟสลับ
3. การวิเคราะห์วงจรแบบ TRANSIENT หรือแบบการเปลี่ยนแปลงกับเวลา

นอกเหนือจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ นี้แล้วยังมีการวิเคราะห์แบบ ต่างๆ อีกซึ่งสามารถตั้ง รูปแบบการวิเคราะห์ได้ โดยการเซตที่ เมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียด ในบทต่อๆไป



รูปที่ 2.1 แสดงหนาจอ รูปแบบการวิเคราะห ของ SPICE ไดจากเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP

โดยในบทนี้ เราจะกล่าวถึงการวิเคราะห์แบบ DC เท่านั้น ถ้านักศึกษาสังเกตุจากหน้าจอ รูปแบบการวิเคราะห์ของ SPICE จากเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จะพบว่า การวิเคราะห์แบบ DC ประกอบด้วย 2 แบบ กล่าวคือ การวิเคราะห์แบบ DC BIAS POINT DETAIL และการวิเคราะห์แบบ DC SWEEP

แบบที่หนึ่ง เป็นการวิเคราะห์แบบ DC BIAS POINT DETAIL ซึ่ง SPICE จะทำการวิเคราะห์ทุกครั้งเสมอ ก่อนทำการวิเคราะห์แบบอื่น เป็นการวิเคราะห์ หาจุดปฏิบัติงานของ วงจรเชิงเส้น (LINEAR CIRCUITS) และไม่เป็นเชิงเส้น (NON-LINEAR CIRCUITS) โดยจะบอกค่าแรงดันไฟ DC ที่โหนดทุกโหนด และกระแสที่ไหลผ่าน แหล่งจ่ายแรงดันอิสระ (INDEPENDENT VOLTAGE SOURCE) ทุกตัว (โดยกระแสที่ไหล เข้าขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดัน จะเป็นกระแส

ที่เป็นบวก และกระแสที่ไหลเข้าขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดัน จะเป็นกระแสลบ) ทั้งนี้นักศึกษาสามารถดูผลได้จาก OUTPUT FILE (ไฟล์ นามสกุล *.OUT) โดยใช้เมนู คำสั่ง ANALYSIS / EXAMINE OUTPUT

แบบที่สอง เป็นการวิเคราะห์แบบ DC SWEEP ใช้ในการวิเคราะห์วงจรแบบ DC เมื่อแหล่งจ่ายไฟ DC มีการกวาดค่า การเปลี่ยนแปลงแหล่งจ่ายไฟ DC สามารถทำได้ทั้งแบบ เชิงเส้น (LINEAR SWEEP), แบบ ที่ละสิบเท่า (DECADE SWEEP) , แบบที่ละสองเท่า (OCTAVE SWEEP) หรือ แบบกำหนดค่าลงไป (LIST VALUE)

การวิเคราะห์แบบ DC BIAS POINT DETAIL

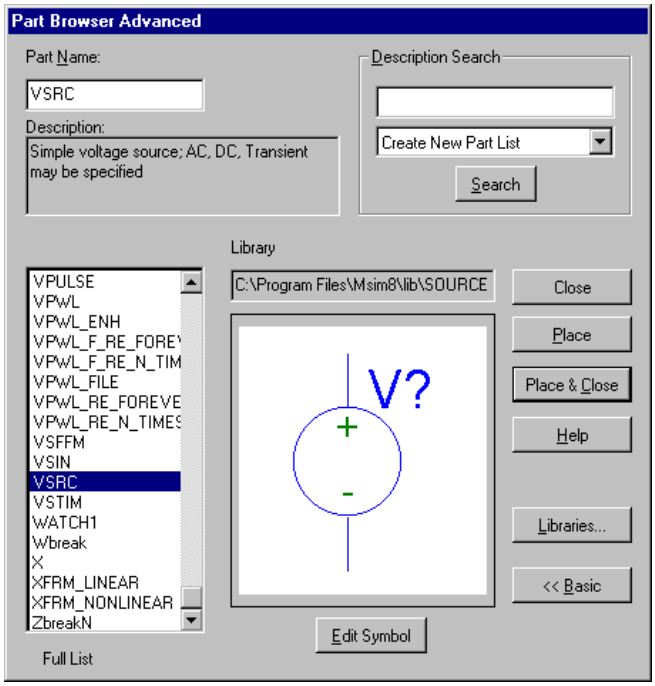
สามารถเซตได้ โดยการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP แล้วทำการกากบาท ✔ ที่หน้าวิธีการวิเคราะห์แบบ BIAS POINT DETAIL ซึ่งปรกติโดยทั่วไปแล้ว SPICE จะทำการวิเคราะห์แบบนี้อยู่แล้วก่อนที่จะเนียนการวิเคราะห์เราต้อง ศึกษาแหล่งจ่ายไฟอิสระและการวิเคราะห์แหล่งจ่ายไฟก่อน

แหล่งจ่ายไฟชนิดอิสระ(independent source)

มี 2 แบบคือแหล่งจ่ายแรงดันและแหล่งจ่ายกระแส

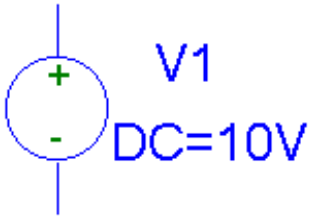
แหล่งจ่ายแรงดัน(Voltage source)

ให้นักศึกษาเข้า DRAW ตามด้วย GET NEW PATH หรือ Ctrl+G เพื่อเรียกอุปกรณ์ใหม่



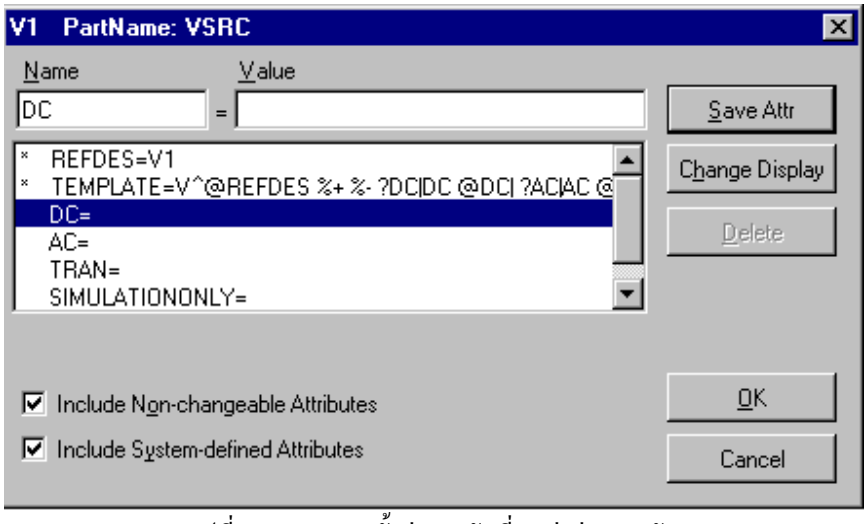
รูปที่ 2.2 แสดงการเรียก แหล่งจ่ายแรงดันมาใช้

ในการตั้งค่าของ VOLTAGE SOURCE ให้กดดับเบิ้ลคลิ๊ก ที่MOUSE ด้านซ้ายที่ตัวอุปกรณ์หน้าจอจะขึ้นดังรูปที่2.3



รูปที่ 2.3 แสดงรูปของตัวแหล่งจ่ายแรงดัน

กดENTERบรรทัด DC เพื่อตั้งค่าแรงดันที่ SOURCE แล้วเลื่อน MOUSE ไปที่ช่อง VALUE กำหนดค่าให้ SOURCE กด ENTERแล้วเลื่อนไปกด OK เป็นการสิ้นสุดการตั้งค่า SOURCE

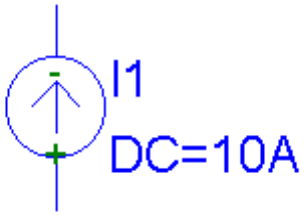


รูปที่ 2.4 แสดงการตั้งค่าแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดัน

ถ้าต้องการให้มีการแสดงค่าแรงดันออกหน้าจอเหมือนความต้านทานให้กด Change Display เลือกสิ่งที่ต้องการแสดงออกหน้าจอ

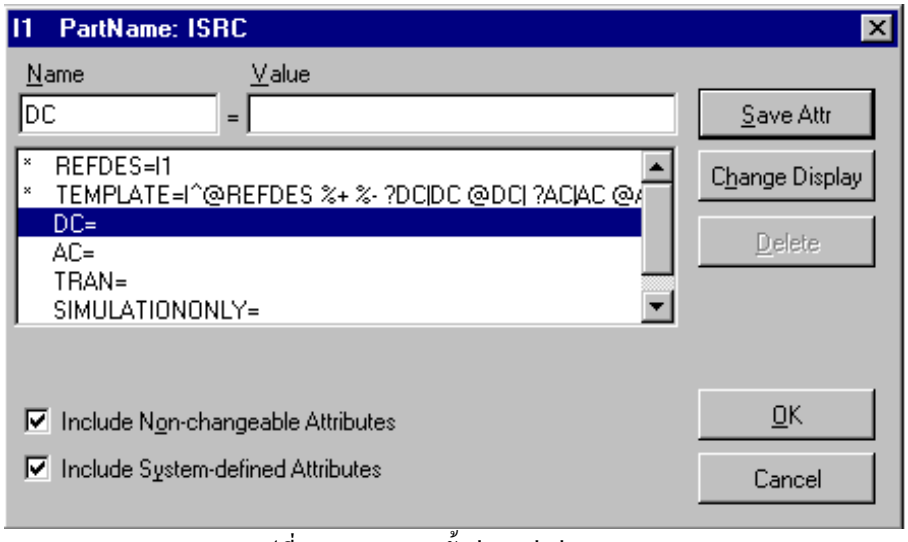
แหล่งจ่ายกระแส(Current Source)

ให้นักศึกษาเข้า DRAW ตามด้วย GET NEW PATH หรือ Ctrl+G เพื่อเรียกอุปกรณ์ใหม่ เขียนว่า ISRC



รูปที่ 2.5 แสดงรูปของ แหล่งจ่ายกระแส

ในการตั้งค่าของ Current Source ให้กดดับเบิ้ลคลิ๊ก ที่MOUSE ด้านซ้ายที่ตัวอุปกรณ์หน้าจอจะขึ้นดังรูป 2.6



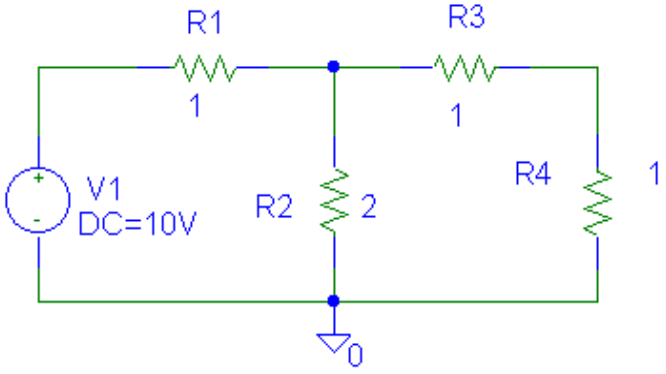
รูปที่ 2.6 แสดงการตั้งค่าแหล่งจ่ายกระแส

กดENTERบรรทัด DC เพื่อตั้งค่าแรงดันที่ SOURCE แล้วเลื่อน MOUSE ไปที่บรรทัด VALUE ใส่ค่าให้ SOURCE กด ENTERแล้วเลื่อนไปกด OK เป็นการสิ้นสุดการตั้งค่า SOURCE ถ้าต้องการให้มีการแสดงค่าแรงดันออกหน้าจอเหมือนความต้านทานให้กด Change Display เลือกสิ่งที่ต้องการแสดงออกหน้าจอ

เมื่อแหล่งจ่ายเป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแล้ว การวิเคราะห์วงจรต้องเป็นการวิเคราะห์แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงด้วย

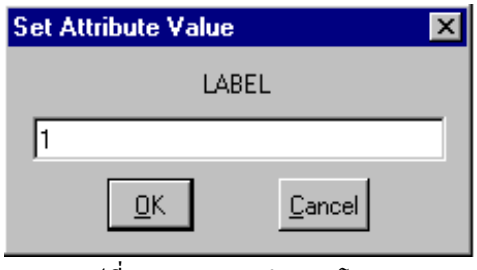
BIAS POINT DETAIL

เป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์ไฟตรง โดยกำหนดค่าของ SOURCE โดยตรง

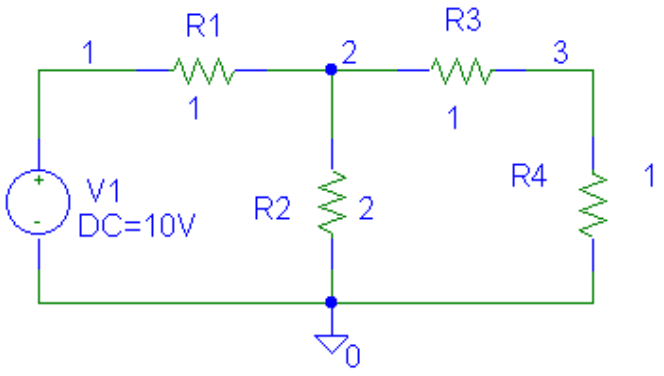


รูปที่ 2.7 แสดงรูปที่จะใช้ในการวิเคราะห์แบบ BIAS POINT DETAIL

กำหนด node (ตำแหน่งของอุปกรณ์)โดยการกดดับเบิ้ลคลิ๊กที MOUSE ด้านซ้ายที่ line ของตัวอุปกรณ์

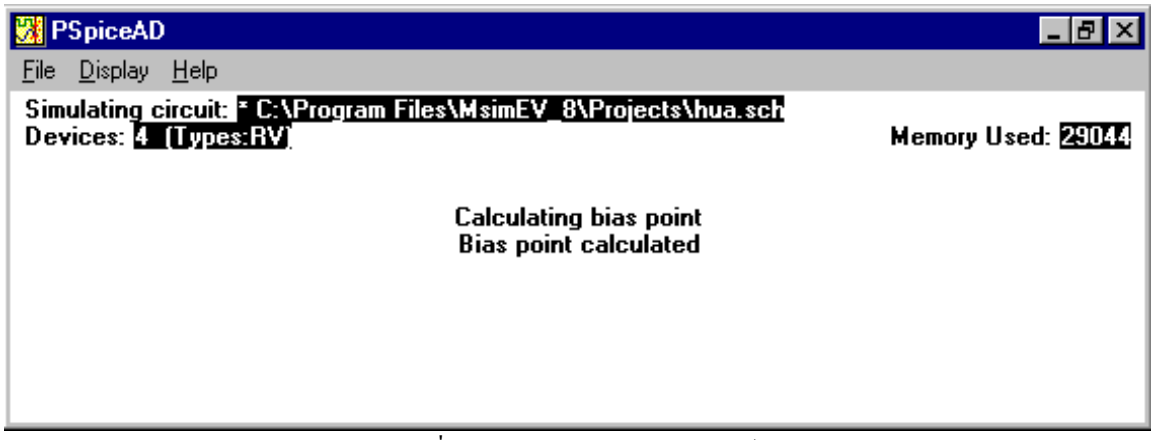


รูปที่ 2.8 แสดงการกำหนดโหนด



รูปที่2.9 แสดงการกำหนดโหนดที่ตัวของวงจร

ที่กราวน์โหนด จะเป็นโหนด 0 อยู่แล้วไม่ต้องกำหนด จัดการ SAVE File (Ctrl+S) แล้วเข้า ANALYSIS ที่ Simulateหรือกด (F11)

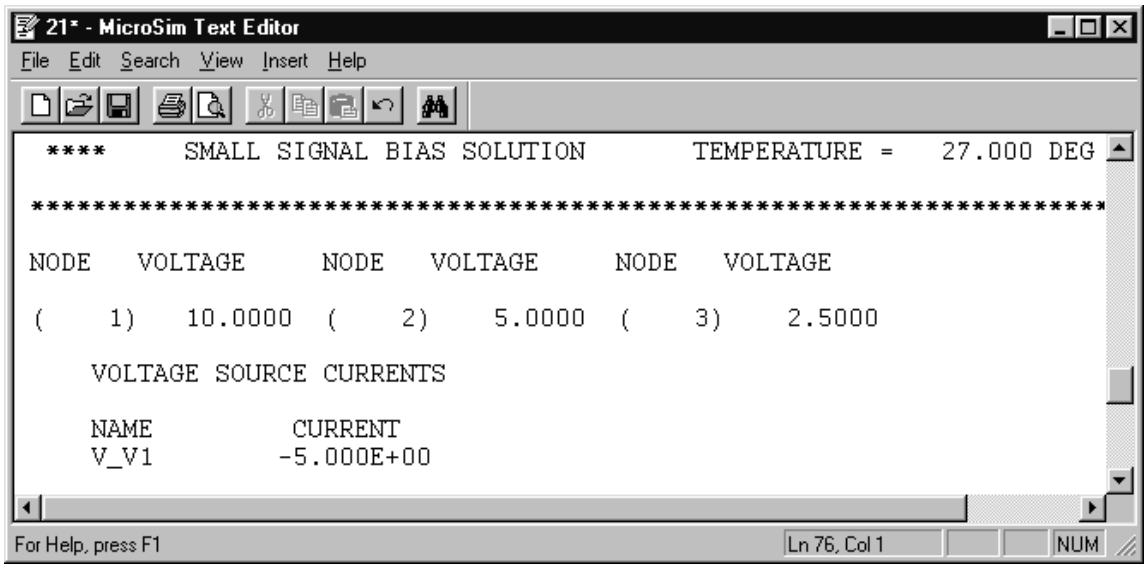


รูปที่ 2.10 แสดงผลของการวิเคราะห์

การดูคำตอบของการวิเคราะห์ดูได้ 2 แห่ง

1)ดูจากการวิเคราะห์ File.output

เข้า File แล้วเข้า Examine output เพื่อดูผลจาก File.output

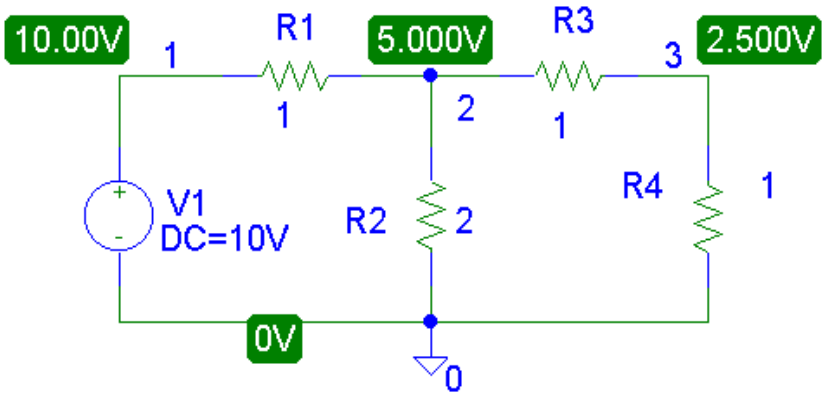


รูปที่ 2 .11 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์

เป็นการบอกศักดาที่โหนดเทียบกับกราวน์เช่นโหนด 3 เทียบกับกราวน์ได้ VOLTAGE = 2.5 V

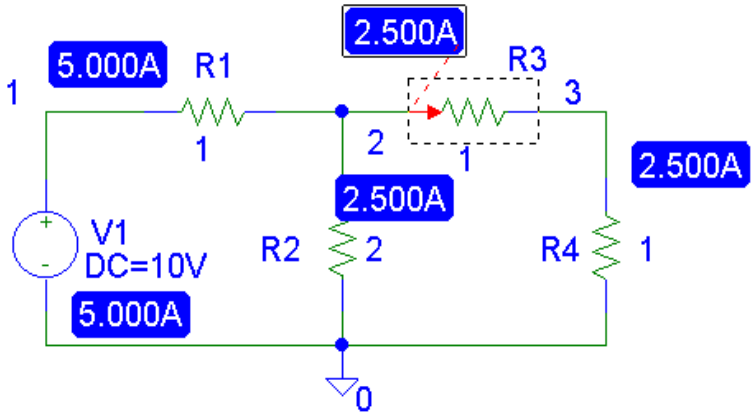
2) ดูผลจากรูปหน้าจอ

ค่าของแรงดันจะถูกแสดงค่าที่ หน้าจอโดยการกดปุ่มทีมีเครื่องหมาย " V " ซึ่งค่าของแรงดันนั้นเป็นแรงดันเทียบกับกราวน์ เหมือนคำตอบที่ได้จาก File.output แต่ถ้าต้องการแรงดันที่ตกคร่อม อุปกรณ์ไม่เทียบกราวน์เช่นตกคร่อม R3 หรือ V(2,3) ก็ทำได้โดยใช้ V(2) –V(3) =2.5V



รูปที่ 2.12 แสดงผลการวิเคราะห์ที่เป็นแรงดัน

ค่ากระแสจะถูกแสดงค่าที่ หน้าจอโดยการกดปุ่มทีมีเครื่องหมาย " I "ส่วนทิศทางของกระแสหาได้โดยกดที่กรอบของคำตอบก็จะเห็นทิศทางของกระแส



รูปที่ 2.13 แสดงผลการวิเคราะห์ที่เป็นกระแส

ตัวอย่างการวิเคราะห์วงจรแบบ DC โดยใช้ SPICE

การวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KCL (KIRCHHOFF CURRENT LAW)

จากกฎของ KIRCHHOFF เกี่ยวกับกระแส (KCL) ที่กล่าวไว้ว่า ผลรวมของกระแสที่โหนดใดๆ หรือที่พื้นผิวปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ เขียนเป็นสมการได้ว่า $\sum i_n = 0$

โดยถ้าสมมุติกระแสที่ไหลเข้า มีเครื่องหมายเป็นบวก กระแสที่ไหลออกก็จะต้องมีค่าเป็นลบ หรือกลับกัน

จากรูปให้นักศึกษาเขียนวงจร KCL ตามรูปดังต่อไปนี้

1. กด CTRL+G พิมพ์ ISRC เป็นการดึงแหล่งจ่ายกระแสอิสระ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

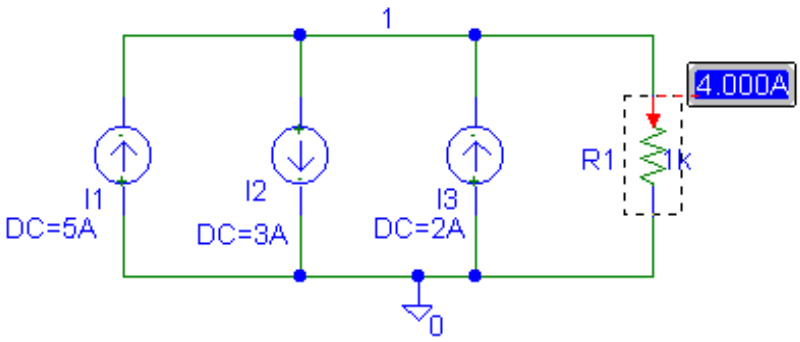
2. นักศึกษาสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการได้ โดยการ CLICK ซ้ายที่ตัวอุปกรณ์ หรือ สายสัญญาณ ให้เป็นสีแดง จากนั้นสามารถหมุนอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การหมุนจะหมุนไปทีละ 90 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) โดยการ กด CTRL+R หรือสามาถพลิกอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การพลิกจะพลิกโดยใช้แกนตั้งเป็นแกนพับ) โดยกด CTRL+F

3. กด CTRL+G พิมพ์ R เป็นการดึงตัวต้านทาน จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

4. กด CTRL+G พิมพ์ AGND เป็นการดึงอนาลอกกราวน์ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

หมายเหตุ วงจรของการ RUN SPICE จำเป็นจะต้อง มีกราวน์ ในวงจรอย่างน้อย หนึ่งแห่งเสมอ

6. กด CTRL+W เป็นการวาดสายสัญญาณ โดยจะสังเกตุเห็นว่า CURSOR จะเปลี่ยนเป็นรูปดินสอ จากนั้นทำการลากสายสัญญาณดังรูป โดยการ CLICK ซ้ายที่จุดที่ต้องการเชื่อมสายสัญญาณ และ DOUBLE CLICK ขวา ที่จุดสุดท้ายของสายสัญญาณ
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางสายสัญญาณ



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรการวิเคราะห์ KCL

7. ทำการกำหนดหมายเลขโหนดของอุปกรณ์ ตามรูป โดยการ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่สายสัญญาณที่ต้องการ จากนั้นพิมพ์หมายเลขโหนดลงไป

หมายเหตุ หมายเลขโหนดจะเป็นเท่าใดก็ได้ ใช้ในการอ้างอิงใน OUTPUT FILE แต่โหนดหมายเลข 0 ต้องเป็นกราวน์โหนดเสมอ ซึ่ง SPICE จะกำหนดมาให้เป็นเช่นนั้นอยู่แล้ว

8. ทำการกำหนดค่าของอุปกรณ์ โดยสำหรับตัวต้านทาน ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ ค่าของอุปกรณ์ แล้วพิมพ์ค่าที่ต้องการลงไป และสำหรับค่าของ แหล่งจ่ายกระแส ISRC ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ตัว ISRC จะปรากฏหน้าจอสำหรับการเซตค่า ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ช่อง DC = พิมพ์ค่าของแหล่งจ่ายที่ต้องการ จากนั้นกด ENTER หรือกด SAVE

ATTRIBUTE จากนั้นให้ CLICK ที่ช่อง CHANGE ATTRIBUTE แล้ว กากบาทที่ ช่อง VALUE เพื่อเป็นการแสดงค่า ของแหล่งจ่าย

หมายเหตุ นักศึกษาสามารถจะทำการเลื่อนค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ ได้โดยการ CLICK ซ้ายที่ค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ จากนั้นทำการ DRAG ไปยังบริเวณที่ต้องการ

9. ทำการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จากนั้นกากบาทที่ ช่อง BIAS POINT DETAIL แล้วกด F11 เพื่อเป็นการ RUN SPICE

10. จะปรากฏค่า กระแสขนาด 4 A ผ่านความต้านทานผลจาก I1 - I2 + I3 = IR

การวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KVL (KIRCHHOFF VOLTAGE LAW)

จากกฎของ KIRCHHOFF เกี่ยวกับลูปปิดของแรงดัน (KVL) ที่กล่าวไว้ว่า ผลรวมของแรงดัน ในลูปปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ เขียนเป็นสมการได้ว่า $\sum V_n = 0$

โดยถ้าสมมุติทิศทางเดินกระแสสมมุติในลูปปิด มีเครื่องหมายเป็นบวก กระแสสมมุติไหลเข้าที่ขั้วบวก แรงดันก็จะมีเครื่องหมายเป็นบวก แต่ถ้ากระแสสมมุติไหลเข้าที่ขั้วลบ แรงดันก็จะมีเครื่องหมายเป็นลบ

จากรูปให้นักศึกษาเขียนวงจร KVL ตามรูปดังต่อไปนี้

1. กด CTRL+G พิมพ์ VSRC เป็นการดึงแหล่งจ่ายแรงดันอิสระ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

2. นักศึกษาสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการได้ โดยการ CLICK ซ้ายที่ตัวอุปกรณ์ หรือ สายสัญญาณ ให้เป็นสีแดง จากนั้นสามารถหมุนอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การหมุนจะหมุนไปทีละ 90 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) โดยการ กด CTRL+R หรือสามาถพลิกอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การพลิกจะพลิกโดยใช้แกนตั้งเป็นแกนพับ) โดยกด CTRL+F

3. กด CTRL+G พิมพ์ R เป็นการดึงตัวต้านทาน จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

4. กด CTRL+G พิมพ์ IPROBE เป็นการดึงตัววัดกระแส DC จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

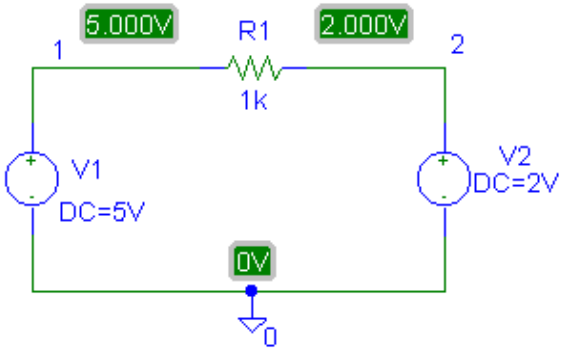
5. กด CTRL+G พิมพ์ AGND เป็นการดึงอนาลอกกราวน์ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

หมายเหตุ วงจรของการ RUN SPICE จำเป็นจะต้อง มีกราวน์ ในวงจรอย่างน้อย หนึ่งแห่งเสมอ

6. กด CTRL+W เป็นการวาดสายสัญญาณ โดยจะสังเกตุเห็นว่า CURSOR จะเปลี่ยนเป็นรูปดินสอ จากนั้นทำการลากสายสัญญาณดังรูป โดยการ CLICK ซ้ายที่จุดที่ต้องการเชื่อมสายสัญญาณ และ DOUBLE CLICK ขวา ที่จุดสุดท้ายของสายสัญญาณ
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางสายสัญญาณ

7. ทำการกำหนดหมายเลขโหนดของอุปกรณ์ ตามรูป โดยการ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่สายสัญญาณที่ต้องการ จากนั้นพิมพ์หมายเลขโหนดลงไป

หมายเหตุ หมายเลขโหนดจะเป็นเท่าใดก็ได้ ใช้ในการอ้างอิงใน OUTPUT FILE แต่โหนดหมายเลข 0 ต้องเป็นกราวน์โหนดเสมอ ซึ่ง SPICE จะกำหนดมาให้เป็นเช่นนั้นอยู่แล้ว



รูปที่ 2.15 แสดงวงจรการวิเคราะห์ KVL

8. ทำการกำหนดค่าของอุปกรณ์ โดยสำหรับตัวต้านทาน ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ ค่าของอุปกรณ์ แล้วพิมพ์ค่าที่ต้องการลงไป และสำหรับค่าของ แหล่งจ่ายกระแส VSRC ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ตัว VSRC จะปรากฏหน้าจอสำหรับการเซตค่า ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ช่อง DC = พิมพ์ค่าของแหล่งจ่ายที่ต้องการ จากนั้นกด ENTER หรือกด SAVE ATTRIBUTE จากนั้นให้ CLICK ที่ช่อง CHANGE ATTRIBUTE แล้ว กากบาทที่ ช่อง VALUE เพื่อเป็นการแสดงค่า ของ แหล่งจ่าย

หมายเหตุ นักศึกษาสามารถจะทำการเลื่อนค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ ได้โดยการ CLICK ซ้ายที่ค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ จากนั้นทำการ DRAG ไปยังบริเวณที่ต้องการ

9. ทำการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จากนั้นกากบาทที่ ช่อง BIAS POINT DETAIL แล้วกด F11 เพื่อเป็นการ RUN SPICE

10. ที่โหนดที่ 1 จะปรากฏแรงดันขนาด 5 V และที่โหนดที่ 2 จะปรากฏแรงดันขนาด 3V นั้นคือแรงดันที่ตกคร่อม R1 มีค่าเท่ากับ 2 V โดยมีขั้วบวก ที่ซ้ายมือของ R1 และขั้วลบ ที่ขวามือของ R1

การวิเคราะห์วงจรโดยวิธี VOLTAGE DIVISION

จากหลักการวิเคราะห์วงจร ตามหลักการของการแบ่งแรงดัน (VOLTAGE DIVISION) เมื่อมีตัวต้านทานหลายๆ คัวต่ออนุกรมกันจะพบว่า แรงดันที่ตกคร่อมตัวตานทานใดๆ จะมีค่าเท่ากับ ค่าความต้านทานของตัวมันเอง คูณกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวที่อนุกรม หารด้วย ผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวที่อนุกรมกัน

และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $$V_n = \left(\frac{R_n}{\sum R}\right) * V$$

เมื่อ V_n เท่ากับ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่ต้องการทราบ

V เท่ากับ แรงดันรวมที่ตกคร่อมตัวต้านทานอนุกรมทุกตัว

R_n เท่ากับ ค่าของตัวต้านทานที่ต้องการทราบแรงดัน

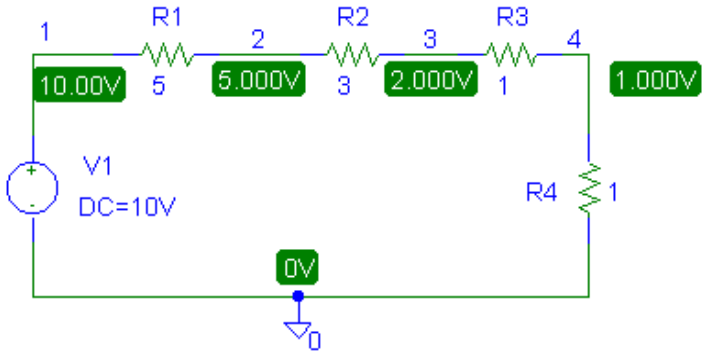
$\sum R$ เท่ากับ ผลรวมของค่าความต้านทานอนุกรม

จากรูปให้นักศึกษาเขียนวงจร VOLTAGE DIVISION ตามรูปดังต่อไปนี้

1. กด CTRL+G พิมพ์ VSRC เป็นการดึงแหล่งจ่ายแรงดันอิสระ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

2. นักศึกษาสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการได้ โดยการ CLICK ซ้ายที่ตัวอุปกรณ์ หรือ สายสัญญาณ ให้เป็นสีแดง จากนั้น สามารถหมุนอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การหมุนจะหมุนไปทีละ 90 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) โดยการ กด CTRL+R หรือ สามาถพลิกอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การพลิกจะพลิกโดยใช้แกนตั้งเป็นแกนพับ) โดยกด CTRL+F

3. กด CTRL+G พิมพ์ R เป็นการดึงตัวต้านทาน จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรโดยวิธี VOLTAGE DIVISION

4. กด CTRL+G พิมพ์ AGND เป็นการดึงอนาลอกกราวน์ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

หมายเหตุ วงจรของการ RUN SPICE จำเป็นจะต้อง มีกราวน์ ในวงจรอย่างน้อย หนึ่งแห่งเสมอ

5. กด CTRL+W เป็นการวาดสายสัญญาณ โดยจะสังเกตุเห็นว่า CURSOR จะเปลี่ยนเป็นรูปดินสอ จากนั้นทำการลากสายสัญญาณดังรูป โดยการ CLICK ซ้ายที่จุดที่ต้องการเชื่อมสายสัญญาณ และ DOUBLE CLICK ขวา ที่จุดสุดท้ายของสายสัญญาณ
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางสายสัญญาณ

6. ทำการกำหนดหมายเลขโหนดของอุปกรณ์ ตามรูป โดยการ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่สายสัญญาณที่ต้องการ จากนั้นพิมพ์หมายเลขโหนดลงไป

หมายเหตุ หมายเลขโหนดจะเป็นเท่าใดก็ได้ ใช้ในการอ้างอิงใน OUTPUT FILE แต่โหนดหมายเลข 0 ต้องเป็นกราวน์โหนดเสมอ ซึ่ง SPICE จะกำหนดมาให้เป็นเช่นนั้นอยู่แล้ว

7. ทำการกำหนดค่าของอุปกรณ์ โดยสำหรับตัวต้านทาน ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ ค่าของอุปกรณ์ แล้วพิมพ์ค่าที่ต้องการลงไป และสำหรับค่าของ แหล่งจ่ายกระแส VSRC ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ตัว VSRC จะปรากฏหน้าจอสำหรับการเซตค่า ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ช่อง DC = พิมพ์ค่าของแหล่งจ่ายที่ต้องการ จากนั้นกด ENTER หรือกด SAVE ATTRIBUTE จากนั้นให้ CLICK ที่ช่อง CHANGE ATTRIBUTE แล้ว กากบาทที่ ช่อง VALUE เพื่อเป็นการแสดงค่า ของ แหล่งจ่าย

หมายเหตุ นักศึกษาสามารถจะทำการเลื่อนค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ ได้โดยการ CLICK ซ้ายที่ค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ จากนั้นทำการ DRAG ไปยังบริเวณที่ต้องการ

8. ทำการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จากนั้นกากบาทที่ ช่อง BIAS POINT DETAIL แล้วกด F11 เพื่อเป็นการ RUN SPICE

11. ที่โหนดที่ 1 จะปรากฏแรงดันขนาด 10 V ,ที่โหนดที่ 2 จะปรากฏแรงดันขนาด 5 V ,ที่โหนดที่ 3 จะปรากฏแรงดันขนาด 2 V และที่โหนดที่ 4 จะปรากฏแรงดันขนาด 1 V ตามที่แสดงให้เห็น นั้นคือ แรงดันที่ตกคร่อม R1 มีค่าเท่ากับ 5 V ,แรงดัน

ที่ตกคร่อม R2 มีค่าเท่ากับ 3 V ,แรงดันที่ตกคร่อม R3 มีค่าเท่ากับ 1 V และแรงดันที่ตกคร่อม R1 มีค่าเท่ากับ 1 V ตามหลักการของ VOLTAGE DIVISION นั้นเอง

การวิเคราะห์วงจรโดยวิธี VOLTAGE DIVIDER

สำหรับหลักการของ VOLTAGE DIVIDER คือ ส่วนหนึ่งของวงจร VOLTAGE DIVISION เพียงแต่คิดผลของการแบ่งแรงดัน เนื่องจากตัวตานทานที่ต่ออนุกรมกันเพียง 2 ตัวเท่านั้น กล่าวคือ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่ต้องการทราบ มีค่าเท่ากับ ค่าของตัวตานทานนั้น คูณ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานอนุกรมทั้งสอง หารด้วยผลรวมขอค่าความต้านทานทั้ง 2 ที่อนุกรมกัน ดังสมการ $V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) * V_{12}$

เมื่อ R_1 เท่ากับ ค่าความต้านทานที่ต้องการทราบแรงดันตกคร่อม

R_2 เท่ากับ ค่าความต้านทานอนุกรมอีกตัวที่เหลือ

V_1 เท่ากับ ค่าแรงดันที่ตกคร่อม R_1

V_{12} เท่ากับ ค่าแรงดันรวมที่ตกคร่อม R_1 และ R_2

และสำหรับ แรงดันที่ตกคร่อม R_2 ก็สามารถหาได้ในทำนองเดียวกัน

จากรูปให้นักศึกษาเขียนวงจร VOLTAGE DIVIDER ตามรูปดังต่อไปนี้

1. กด CTRL+G พิมพ์ VSRC เป็นการดึงแหล่งจ่ายแรงดันอิสระ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

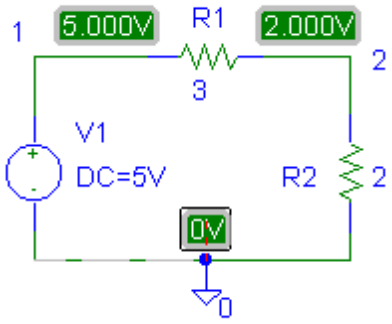
2. นักศึกษาสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการได้ โดยการ CLICK ซ้ายที่ตัวอุปกรณ์ หรือ สายสัญญาณ ให้เป็นสีแดง จากนั้นสามารถหมุนอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การหมุนจะหมุนไปทีละ 90 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) โดยการ กด CTRL+R หรือสามาถพลิกอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การพลิกจะพลิกโดยใช้แกนตั้งเป็นแกนพับ) โดยกด CTRL+F

3. กด CTRL+G พิมพ์ R เป็นการดึงตัวต้านทาน จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

4. กด CTRL+G พิมพ์ AGND เป็นการดึงอนาลอกกราวน์ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

หมายเหตุ วงจรของการ RUN SPICE จำเป็นจะต้อง มีกราวน์ ในวงจรอย่างน้อย หนึ่งแห่งเสมอ

5. กด CTRL+W เป็นการวาดสายสัญญาณ โดยจะสังเกตุเห็นว่า CURSOR จะเปลี่ยนเป็นรูปดินสอ จากนั้นทำการลากสายสัญญาณดังรูป โดยการ CLICK ซ้ายที่จุดที่ต้องการเชื่อมสายสัญญาณ และ DOUBLE CLICK ขวา ที่จุดสุดท้ายของสายสัญญาณ
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางสายสัญญาณ



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรโดยวิธี VOLTAGE DIVIDER

6 ทำการกำหนดหมายเลขโหนดของอุปกรณ์ ตามรูป โดยการ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่สายสัญญาณที่ต้องการ จากนั้นพิมพ์หมายเลขโหนดลงไป

หมายเหตุ หมายเลขโหนดจะเป็นเท่าใดก็ได้ ใช้ในการอ้างอิงใน OUTPUT FILE แต่โหนดหมายเลข 0 ต้องเป็นกราวน์โหนดเสมอ ซึ่ง SPICE จะกำหนดมาให้เป็นเช่นนั้นอยู่แล้ว

7. ทำการกำหนดค่าของอุปกรณ์ โดยสำหรับตัวต้านทาน ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ ค่าของอุปกรณ์ แล้วพิมพ์ค่าที่ต้องการลงไป และสำหรับค่าของ แหล่งจ่ายกระแส VSRC ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ตัว VSRC จะปรากฏหน้าจอสำหรับการเซตค่า ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ช่อง DC = พิมพ์ค่าของแหล่งจ่ายที่ต้องการ จากนั้นกด ENTER หรือกด SAVE ATTRIBUTE จากนั้นให้ CLICK ที่ช่อง CHANGE ATTRIBUTE แล้ว กากบาทที่ ช่อง VALUE เพื่อเป็นการแสดงค่า ของ แหล่งจ่าย

หมายเหตุ นักศึกษาสามารถจะทำการเลื่อนค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ ได้โดยการ CLICK ซ้ายที่ค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ จากนั้นทำการ DRAG ไปยังบริเวณที่ต้องการ

8. ทำการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จากนั้นกากบาทที่ ช่อง BIAS POINT DETAIL แล้วกด F11 เพื่อเป็นการ RUN SPICE

9. ที่โหนดที่ 1 จะปรากฏแรงดันขนาด 5 V และที่โหนดที่ 2 จะปรากฏแรงดันขนาด 2 V ตามที่แสดงให้เห็นโดย นั้นคือ แรงดันที่ตกคร่อม R1 มีค่าเท่ากับ 3 V และแรงดันที่ตกคร่อม R2 มีค่าเท่ากับ 2 V ตามหลักการของ VOLTAGE DIVIDER นั้นเอง

การวิเคราะห์วงจรโดยวิธี CURRENT DIVISION

จากหลักการวิเคราะห์วงจร ตามหลักการของการแบ่งกระแส (CURRENT DIVISION) เมื่อมีตัวต้านทานหลายๆ คัวต่อขนานกันจะพบว่า กระแสที่ไหลผ่านตัวตานทานใดๆ จะมีค่าเท่ากับ ค่าความนำไฟฟ้าของตัวมันเอง (ค่าความนำไฟฟ้า {G} มีค่าเท่ากับ ส่วนกลับของค่าความต้านทาน {R}) คูณกับกระแสที่ไหลผ่าน ตัวนำไฟฟ้าทุกตัวที่ขนานกัน หารด้วย ผลรวมของค่าความนำไฟฟ้าทุกตัวที่ขนานกัน

และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $$I_n = \left(\frac{G_n}{\sum G}\right) * I$$

เมื่อ I_n เท่ากับ กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่ต้องการทราบ

I เท่ากับ กระแสรวมที่ไหลผ่านตัวต้านทานขนานทุกตัว

G_n เท่ากับ ค่าของตัวนำไฟฟ้าที่ต้องการทราบกระแสไหลผ่าน

$\sum G$ เท่ากับ ผลรวมของค่าความนำไฟฟ้าที่ขนานกัน

จากรูปให้นักศึกษาเขียนวงจร CURRENT DIVISION ตามรูปดังต่อไปนี้

1. กด CTRL+G พิมพ์ ISRC เป็นการดึงแหล่งจ่ายกระแสอิสระ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

2. นักศึกษาสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการได้ โดยการ CLICK ซ้ายที่ตัวอุปกรณ์ หรือ สายสัญญาณ ให้เป็นสีแดง จากนั้นสามารถหมุนอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การหมุนจะหมุนไปทีละ 90 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) โดยการ กด CTRL+R หรือสามาถพลิกอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การพลิกจะพลิกโดยใช้แกนตั้งเป็นแกนพับ) โดยกด CTRL+F

3. กด CTRL+G พิมพ์ R เป็นการดึงตัวต้านทาน จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

4. กด CTRL+G พิมพ์ AGND เป็นการดึงอนาลอกกราวน์ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

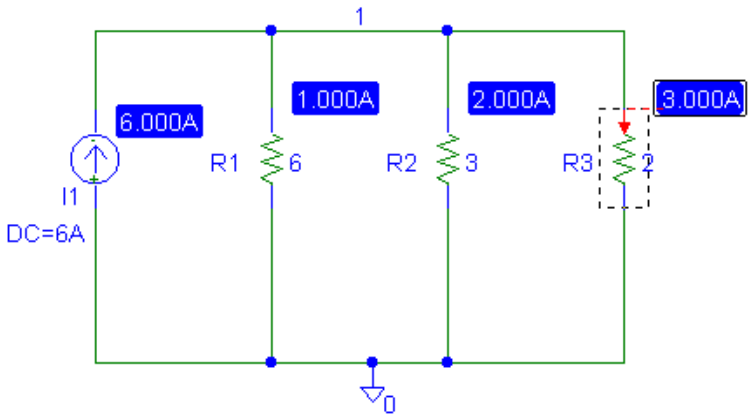
หมายเหตุ วงจรของการ RUN SPICE จำเป็นจะต้อง มีกราวน์ ในวงจรอย่างน้อย หนึ่งแห่งเสมอ

5. กด CTRL+W เป็นการวาดสายสัญญาณ โดยจะสังเกตุเห็นว่า CURSOR จะเปลี่ยนเป็นรูปดินสอ จากนั้นทำการลากสายสัญญาณดังรูป โดยการ CLICK ซ้ายที่จุดที่ต้องการเชื่อมสายสัญญาณ และ DOUBLE CLICK ขวา ที่จุดสุดท้ายของสายสัญญาณ
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางสายสัญญาณ

6. ทำการกำหนดหมายเลขโหนดของอุปกรณ์ ตามรูป โดยการ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่สายสัญญาณที่ต้องการ จากนั้นพิมพ์หมายเลขโหนดลงไป

หมายเหตุ หมายเลขโหนดจะเป็นเท่าใดก็ได้ ใช้ในการอ้างอิงใน OUTPUT FILE แต่โหนดหมายเลข 0 ต้องเป็นกราวน์โหนดเสมอ ซึ่ง SPICE จะกำหนดมาให้เป็นเช่นนั้นอยู่แล้ว

7. ทำการกำหนดค่าของอุปกรณ์ โดยสำหรับตัวต้านทาน ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ ค่าของอุปกรณ์ แล้วพิมพ์ค่าที่ต้องการลงไป และสำหรับค่าของ แหล่งจ่ายกระแส ISRC ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ตัว ISRC จะปรากฏหน้าจอสำหรับการเซตค่า ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ช่อง DC = พิมพ์ค่าของแหล่งจ่ายที่ต้องการ จากนั้นกด ENTER หรือกด SAVE ATTRIBUTE จากนั้นให้ CLICK ที่ช่อง CHANGE ATTRIBUTE แล้ว กากบาทที่ ช่อง VALUE เพื่อเป็นการแสดงค่า ของแหล่งจ่าย



รูปที่ 2.18 แสดงวงจรโดยวิธี CURRENT DIVISION

หมายเหตุ นักศึกษาสามารถจะทำการเลื่อนค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ ได้โดยการ CLICK ซ้ายที่ค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ จากนั้นทำการ DRAG ไปยังบริเวณที่ต้องการ

7. ทำการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จากนั้นกากบาทที่ ช่อง BIAS POINT DETAIL แล้วกด F11 เพื่อเป็นการ RUN SPICE

8. ค่ากระแสที่ผ่าน R1 มีกระแสขนาด 1 A ไหล ค่ากระแสที่ผ่าน R2 มีกระแสขนาด 2 A ไหล ค่ากระแสที่ผ่าน R3 มีกระแสขนาด 3 A ไหล ตามหลักการของ CURRENT DIVISION นั้นเอง

หมายเหตุ R1 = 6 Ohm สัมพันธ์กับ G1 = 1/6 Mho

R2 = 3 Ohm สัมพันธ์กับ G2 = 1/3 Mho

R3 = 2 Ohm สัมพันธ์กับ G3 = 1/2 Mho

การวิเคราะห์วงจรโดยวิธี CURRENT DIVIDER

สำหรับหลักการของ CURRENT DIVIDER คือ ส่วนหนึ่งของวงจร CURRENT DIVISION เพียงแต่คิดผลของการแบ่งกระแส เนื่องจากตัวตานทานที่ต่อขนานกันเพียง 2 ตัวเท่านั้น กล่าวคือ กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่ต้องการทราบ มีค่าเท่ากับ ค่าของตัวนำไฟฟ้านั้น คูณกับ กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานขนานทั้งสอง หารด้วยผลรวมขอวค่าความนำไฟฟ้าทั้ง 2 ที่ตัวที่ขนานกัน ดังสมการ $$I_1 = \left(\frac{G_1}{G_1 + G_2} \right) * I_{12}$$

เมื่อ G_1 เท่ากับ ค่าความนำไฟฟ้าที่ต้องการทราบกระแสไหลผ่าน

G_2 เท่ากับ ค่าความนำไฟฟ้าขนานอีกตัวที่เหลือ

I_1 เท่ากับ ค่ากระแสที่ไหลผ่าน G_1

I_{12} เท่ากับ ค่ากระแสรวมที่ไหลผ่าน G_1 และ G_2

และสำหรับ กระแสที่ไหลผ่าน G_2 ก็สามารถหาได้ในทำนองเดียวกัน

จากรูปให้นักศึกษาเขียนวงจร CURRENT DIVIDER ตามรูปดังต่อไปนี้

1. กด CTRL+G พิมพ์ VSRC เป็นการดึงแหล่งจ่ายแรงดันอิสระ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

2. นักศึกษาสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการได้ โดยการ CLICK ซ้ายที่ตัวอุปกรณ์ หรือ สายสัญญาณ ให้เป็นสีแดง จากนั้นสามารถหมุนอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การหมุนจะหมุนไปทีละ 90 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) โดยการ กด CTRL+R หรือสามาถพลิกอุปกรณ์ที่เลือกได้ (การพลิกจะพลิกโดยใช้แกนตั้งเป็นแกนพับ) โดยกด CTRL+F

3. กด CTRL+G พิมพ์ R เป็นการดึงตัวต้านทาน จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

4. กด CTRL+G พิมพ์ AGND เป็นการดึงอนาลอกกราวน์ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

หมายเหตุ วงจรของการ RUN SPICE จำเป็นจะต้อง มีกราวน์ ในวงจรอย่างน้อย หนึ่งแห่งเสมอ

5. กด CTRL+W เป็นการวาดสายสัญญาณ โดยจะสังเกตุเห็นว่า CURSOR จะเปลี่ยนเป็นรูปดินสอ จากนั้นทำการลากสายสัญญาณดังรูป โดยการ CLICK ซ้ายที่จุดที่ต้องการเชื่อมสายสัญญาณ และ DOUBLE CLICK ขวา ที่จุดสุดท้ายของสายสัญญาณ
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางสายสัญญาณ

6 ทำการกำหนดหมายเลขโหนดของอุปกรณ์ ตามรูป โดยการ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่สายสัญญาณที่ต้องการ จากนั้น พิมพ์หมายเลขโหนดลงไปตามรูป

หมายเหตุ หมายเลขโหนดจะเป็นเท่าใดก็ได้ ใช้ในการอ้างอิงใน OUTPUT FILE แต่โหนดหมายเลข 0 ต้องเป็นกราวน์โหนดเสมอ ซึ่ง SPICE จะกำหนดมาให้เป็นเช่นนั้นอยู่แล้ว

7. ทำการกำหนดค่าของอุปกรณ์ โดยสำหรับตัวต้านทาน ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ ค่าของอุปกรณ์ แล้วพิมพ์ค่าที่ต้องการลงไป และสำหรับค่าของ แหล่งจ่ายกระแส VSRC ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ตัว VSRC จะปรากฏหน้าจอสำหรับการเซตค่า ให้ DOUBLE CLICK ซ้าย ที่ช่อง DC = พิมพ์ค่าของแหล่งจ่ายที่ต้องการ จากนั้นกด ENTER หรือกด SAVE ATTRIBUTE จากนั้นให้ CLICK ที่ช่อง CHANGE ATTRIBUTE แล้ว กากบาทที่ ช่อง VALUE เพื่อเป็นการแสดงค่า ของ แหล่งจ่าย

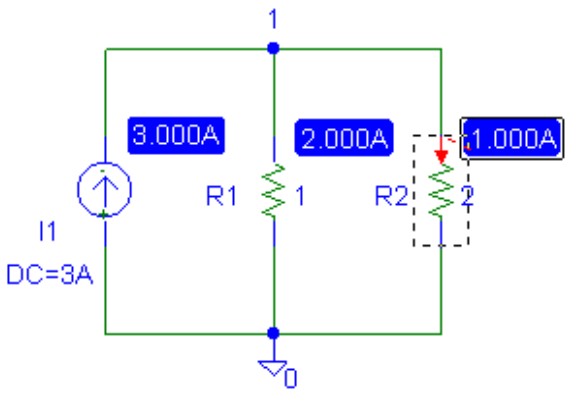
หมายเหตุ นักศึกษาสามารถจะทำการเลื่อนค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ ได้โดยการ CLICK ซ้ายที่ค่า หรือ ชื่อของอุปกรณ์ จากนั้นทำการ DRAG ไปยังบริเวณที่ต้องการ

8. ทำการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จากนั้นกากบาทที่ ช่อง BIAS POINT DETAIL แล้วกด F11 เพื่อเป็นการ RUN SPICE

9. จะพบว่ามีกระแสขนาด 2 A ไหลผ่าน R1 จากบนลงล่าง ,และมีกระแสขนาด 1 A ไหลผ่าน R2 จากบนลงล่าง ซึ่งเป็นไปตามหลักการของ CURRENT DIVIDER นั้นเอง

หมายเหตุ R1 = 1 Ohm สัมพันท์กับ G1 = 1 Mho

R2 = 2 Ohm สัมพันท์กับ G2 = 1/2 Mho



รูปที่ 2.19 แสดงวงจรโดยวิธี CURRENT DIVIDER

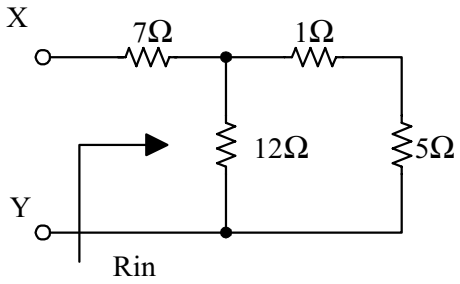
การหาความต้านทานสมมูล ระหว่างโหนดสองโหนด (Req)

ต่อมาเป็นการหาค่าความต้านทานระหว่าง โหนด X-Y ใดๆ โดยวิธีการนี้จะใช้ได้สำหรับกรณีที่วงจรที่จะหา Req นั้น ไม่มีแหล่งจ่ายไม่อิสระ (DEPENDENT SOURCE) และถ้ามีแหล่งจ่ายอิสระ (INDEPENDENT SOURCE) แหล่งจ่ายอิสระนั้น ต้องมีค่าเป็น ศูนย์ กล่าวคือ สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันอิสระ (INDEPENDENT VOLTAGE SOURCE) จะต้อง SHORT CIRCUIT (V=0) และแหล่งจ่ายกระแสอิสระ (INDEPENDENT CURRENT SOURCE) จะต้อง OPEN CIRCUIT (I=0)

ต่อมาให้ป้อนแหล่งจ่ายกระแสอิสระขนาด 1 A เข้าที่ขั้ว X พอร์ท X-Y ดังรูป จากนั้นให้ SPICE คำนวณหาแรงดันที่ตกคร่อมขั้ว X-Y โดยคือขั้ว X เป็น บวก ค่าของแรงดันที่ได้นั้นจะมีค่าเท่ากับ ความต้านทานเสมือนที่มองเข้ามาจากขั้ว X-Y ตามกฎของ OHM

ตัวอย่างที่ 2.1

ตัวอย่างการหาค่าความต้านทานเสมือนของวงจรแรก เมื่อลองคิดดูอย่างคร่าวๆ จะพบว่ามีค่าเท่ากับ 11 โอห์ม เนื่องจาก 5 โอห์ม อนุกรมกับ 1 โอห์ม ได้ 6 โอห์ม จากนั้นเอาไปขนานกับ 12 โอห์ม ได้ 4 โอห์ม แล้วเอาไปอนุกรมกับ 7 โอห์ม ได้ 11 โอห์ม



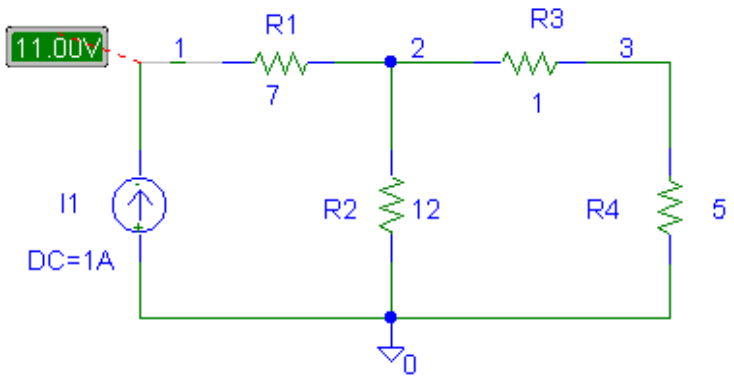
รูปที่ 2.20 แสดงรูปวงจร R NETWORK ที่ต้องการหา Req ระหว่างโหนด X-Y

ต่อมาเราจะใช้ SPICE ทำการหาบ้าง ให้นักศึกษาต่อวงจรใน SCHEMATIC ตามรูปต่อไปนี้

1. กด CTRL+G พิมพ์ ISRC เป็นการดึงแหล่งจ่ายกระแสอิสระ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์ แล้วเซตให้มีค่าเท่ากับ 1 A
2. กด CTRL+G พิมพ์ R เป็นการดึงตัวต้านทาน จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์
3. กด CTRL+G พิมพ์ AGND เป็นการดึงอนาลอกกราวน์ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

หมายเหตุ วงจรของการ RUN SPICE จำเป็นจะต้อง มีกราวน์ ในวงจรอย่างน้อย หนึ่งแห่งเสมอ

4. กด CTRL+W เป็นการวาดสายสัญญาณ โดยจะสังเกตุเห็นว่า CURSOR จะเปลี่ยนเป็นรูปดินสอ จากนั้นทำการลากสายสัญญาณดังรูป โดยการ CLICK ซ้ายที่จุดที่ต้องการเชื่อมสายสัญญาณ และ DOUBLE CLICK ขวา ที่จุดสุดท้ายของสายสัญญาณ
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางสายสัญญาณ



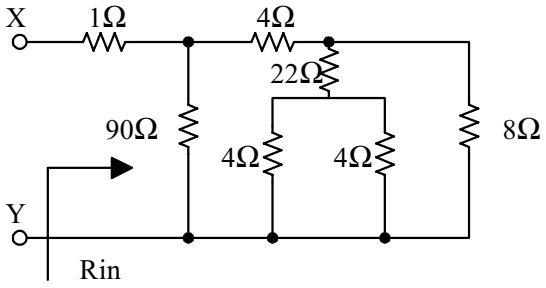
รูปที่ 2.21 แสดงรูปวงจร สำหรับ R NETWORK ที่ต้องการหา Req ระหว่างโหนด X-Y ข้างต้น

5. ทำการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จากนั้นกากบาทที่ ช่อง BIAS POINT DETAIL แล้วกด F11 เพื่อเป็นการ RUN SPICE

7. จะพบว่าแรงดันที่โหนด X มีค่าเป็น 11 V ในขณะที่แรงดันที่โหนด Y ซึ่งเป็นกราวน์ มีค่าเป็น 0V ,ดังนั้นความต้านทานเสมือนที่มองเข้ามาจากขั้ว X-Y มีค่าเท่ากับ 11 โอห์ม

ตัวอย่างที่ 2.2

ตัวอย่างการหาค่าความต้านทานเสมือนของวงจรต่อมา เมื่อลองคิดดูอย่างคร่าวๆ จะพบว่ามี่ค่าเท่ากับ 10 โอห์ม เนื่องจาก 4 โอห์ม สองตัวขนานกันได้ 2 โอห์ม จากนั้นเอาไปอนุกรมกับ 22 โอห์ม ได้ 24 โอห์ม เอาไปขนานกับ 8 โอห์ม ได้ 6 โอห์ม เอาไปอนุกรมกับ 4 โอห์ม ได้ 10 โอห์ม เอาไปขนานกับ 90 โอห์ม ได้ 10 โอห์ม ดังนั้นความต้านทานเสมือนที่ขั้ว X-Y มีค่าเท่ากับ 10 โอห์ม

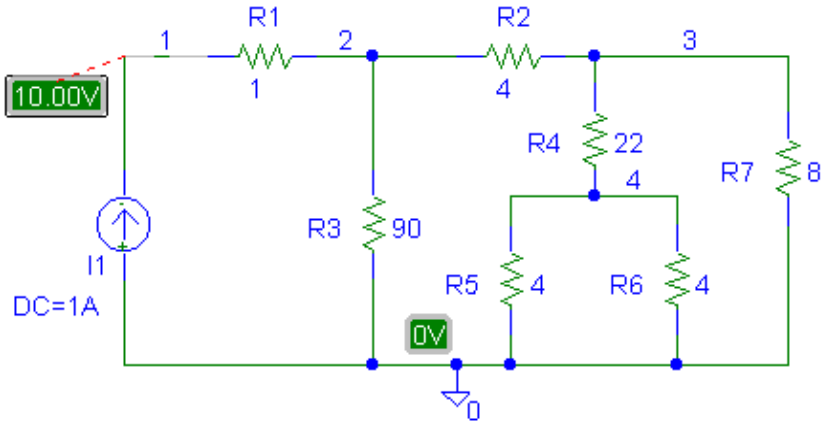


รูปที่ 2.22 แสดงรูปวงจร R NETWORK ที่ต้องการหา Req ระหว่างโหนด X-Y

ต่อมาเราจะใช้ SPICE ทำการหาบ้าง ให้นักศึกษาต่อวงจรใน SCHEMATIC ตามรูปต่อไปนี้

1. กด CTRL+G พิมพ์ ISRC เป็นการดึงแหล่งจ่ายกระแสอิสระ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์ แล้วเซตให้มีค่าเท่ากับ 1 A

2. กด CTRL+G พิมพ์ R เป็นการดึงตัวต้านทาน จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์



รูปที่ 2.23 แสดงรูปวงจร สำหรับ R NETWORK ที่ต้องการหา Req ระหว่างโหนด X-Y ข้างต้น

3. กด CTRL+G พิมพ์ AGND เป็นการดึงอนาลอกกราวน์ จากนั้นวาง (CLICK ซ้าย) ลงไปดังรูป
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางอุปกรณ์

หมายเหตุ วงจรของการ RUN SPICE จำเป็นจะต้อง มีกราวน์ ในวงจรอย่างน้อย หนึ่งแห่งเสมอ

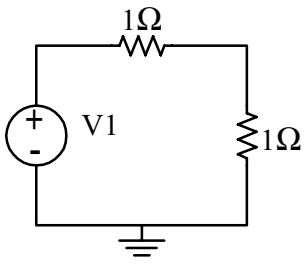
4. กด CTRL+W เป็นการวาดสายสัญญาณ โดยจะสังเกตุเห็นว่า CURSOR จะเปลี่ยนเป็นรูปดินสอ จากนั้นทำการลากสายสัญญาณดังรูป โดยการ CLICK ซ้ายที่จุดที่ต้องการเชื่อมสายสัญญาณ และ DOUBLE CLICK ขวา ที่จุดสุดท้ายของสายสัญญาณ
จากนั้น CLICK ขวา เป็นอันสิ้นสุดการวางสายสัญญาณ

5. ทำการเลือกเมนูคำสั่ง ANALYSIS / SETUP จากนั้นกากบาทที่ ช่อง BIAS POINT DETAIL แล้วกด F11 เพื่อเป็นการ RUN SPICE

6. จะพบว่าแรงดันที่โหนด X มีค่าเป็น 10 V ในขณะที่แรงดันที่โหนด Y ซึ่งเป็นกราวน์ มีค่าเป็น 0V ,ดังนั้นความต้านทานเสมือนที่มองเข้ามาจากขั้ว X-Y มีค่าเท่ากับ 10 โอห์ม

การวิเคราะห์แบบ DC SWEEP

การวิเคราะห์แบบ DC อีกแบบ คือการวิเคราะห์แบบ DC SWEEP กล่าวคือเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าของ แหล่งจ่ายไฟ DC (อาจเป็นแหล่งจ่ายกระแส หรือแหล่งจ่ายแรงดันก็ตาม) ชนิดอิสระ (INDEPENDENT SOURCE) ทั้งนี้ SPICE จะทำการคำนวณค่าของ OUTPUT สำหรับค่าของแหล่งจ่ายแต่ละค่า



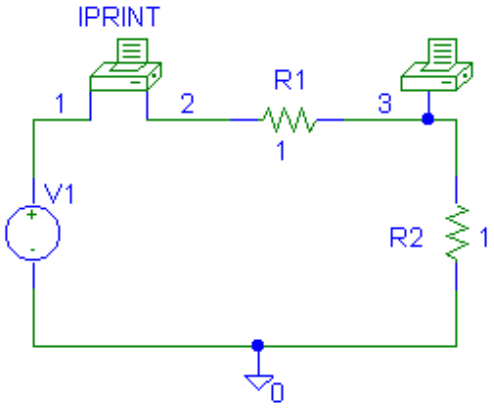
รูปที่ 2.24 แสดงรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์

อุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดันไม่สามารถใช้ VIEWPOINT ได้อีกต้องมีอุปกรณ์ใหม่ที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าก็คือVPRINT

รูปที่ 2.25 แสดงการใช้อุปกรณ์วัดแรงดัน(VPRINT1,VPRINT2)

รูปที่ 2.26 แสดงการใช้อุปกรณ์วัดกระแส(IPRINT)

วิธีการใช้ VPRINT1 ให้นำไปต่อขนานที่โหนดที่ต้องการจะวัดค่าแรงดัน ส่วน IPRINT ให้นำไปต่ออนุกรมระหว่าง line ที่วัดค่ากระแสต้องหรือแรงดันไฟฟ้าต้องวางอุปกรณ์ในการวัดให้ถูกต้องด้วยคือ ถ้าจะวัดกระแสต้องแทรกลงไปในเส้น ส่วนการวัดแรงดันไฟฟ้าสามารถวางที่จุดที่เราต้องการวัดได้เลย

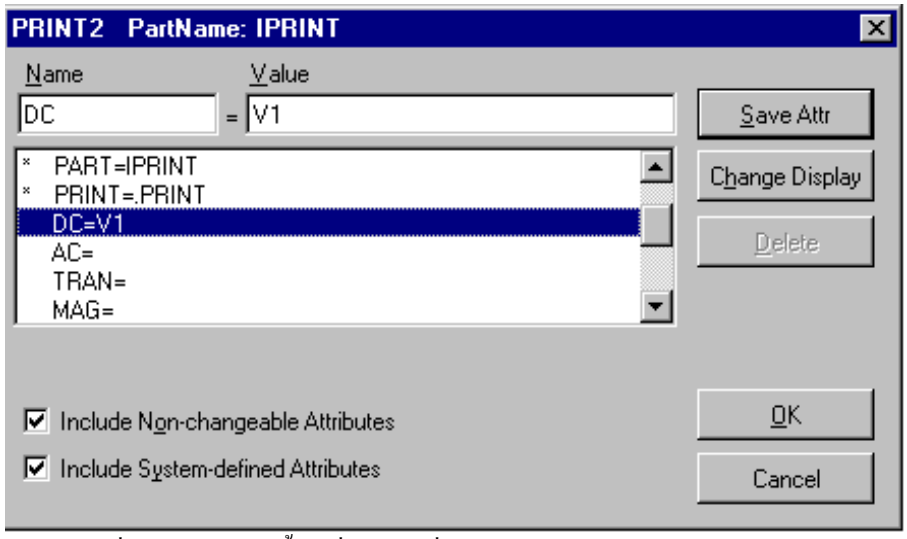


รูปที่ 2.27 แสดงการวางเพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแส

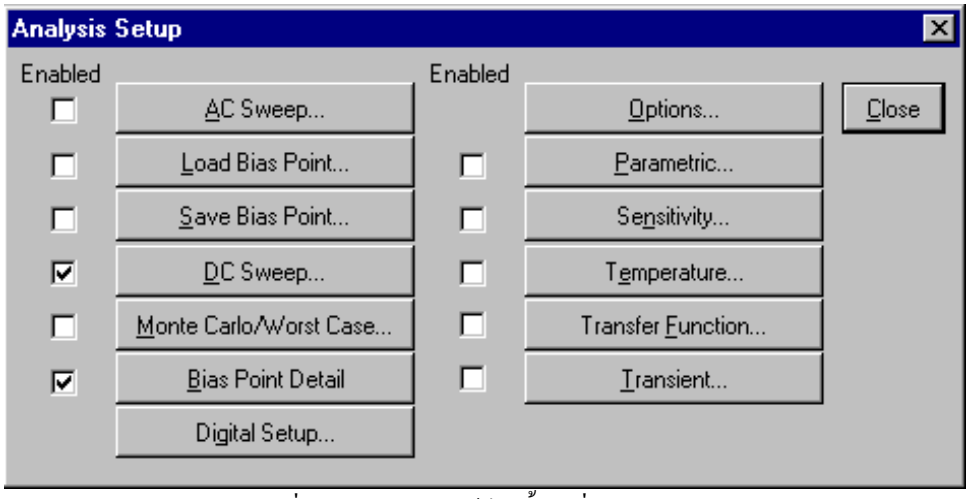
ให้ ตั้ง ค่าของ VPRINT1 และ IPRINT เพื่อบอกว่าต้องการแสดงผลของค่า SOURCE ไหนให้เลื่อน MOUSE ไปที่อุปกรณ์ IPRINT และ VPRINT1 กดMOUSE ดับเบิ้ลคลิ๊ก 2 ครั้งทางด้านซ้าย ตั้งค่าที่บรรทัด DC แล้วใส่ค่าที่ VALUE เป็นชื่อ SOURCE ทีต้องการจะไปเช่น

VALUE = V1 กด ENTER กด OK เป็นการสิ้นสุดการตั้งค่า IPRINT และ VPRINT1

การตั้งค่า SOURCE ให้มีค่าที่เราต้องการหลายค่าต้องไปที่ ANALYSIS แล้วไปที่ SETUP กด ENTER



รูปที่ 2.28 แสดงการตั้งค่าที่อุปกรณ์ที่จะใช้ในการวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.29 แสดงการเข้าไปตั้งค่าที่ DC SWEEP

กดMOUSE ทำเครื่องหมายด้านหน้าบรรทัด DC SWEEP เป็นการบอกว่าเราจะใช้ FUNCTION DC SWEEP ในการวิเคราะห์หลังจากนั้นให้กดลงไปในปุ่ม DC SWEEP เพื่อตั้งค่า SOURCE V1

Swept Var Type เป็นการตั้งค่าว่าต้องการให้สิ่งใดเปลี่ยนแปลงค่าเช่นต้องการเปลี่ยนแปลงค่าของ

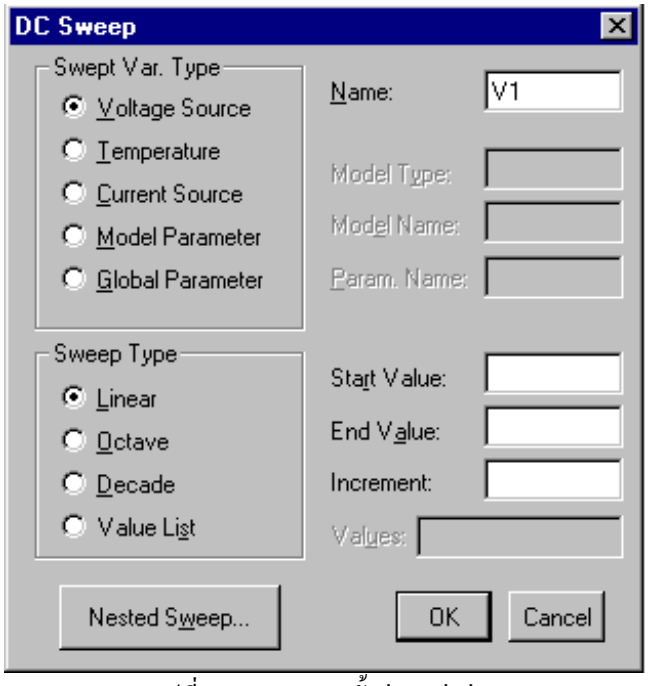
VOLTAGE SOURCE ก็กดด้านหน้าของ VOLTAGE SOURCE

SWEEP TYPE เป็นรูปแบบของการเพิ่มค่า SOURCE

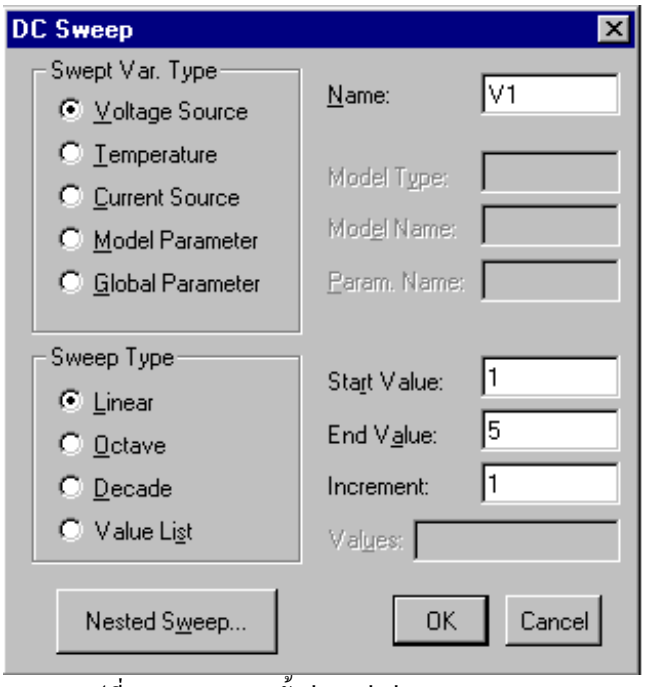
- LINEAR เพิ่มแบบเชิงเส้น เช่นต้องการให้ SOURCE V1 เพิ่มจาก 1 - 5 V เพิ่มที่ละหนึ่งได้ค่าเท่ากับ 1 , 2 , 3 4 , 5

-OCTAVE เพิ่มที่ละ 2 เท่า เช่นต้องการให้ SOURCE V1 เพิ่มจาก 1 - 16 V เพิ่มที่ละ 2 เท่า

เท่ากับ 1 , 2 , 4 , 8 , 16

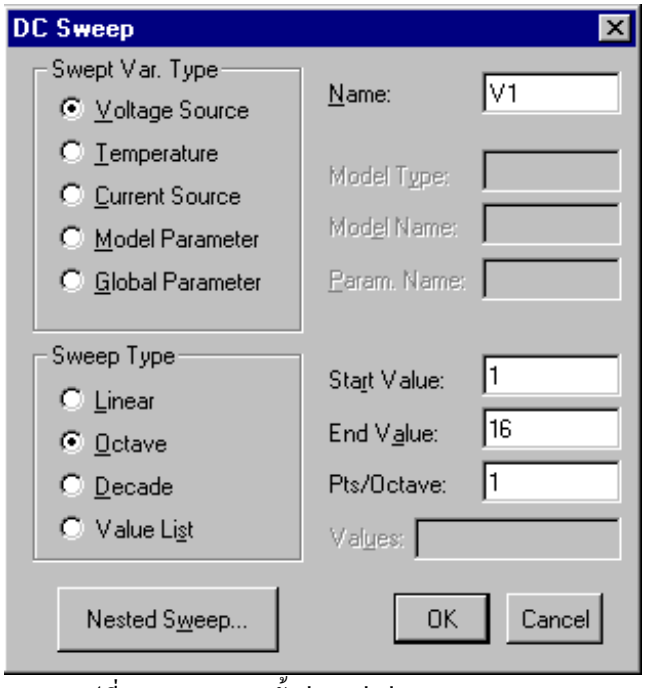


รูปที่ 2.30 แสดงการตั้งค่าแหล่งจ่าย

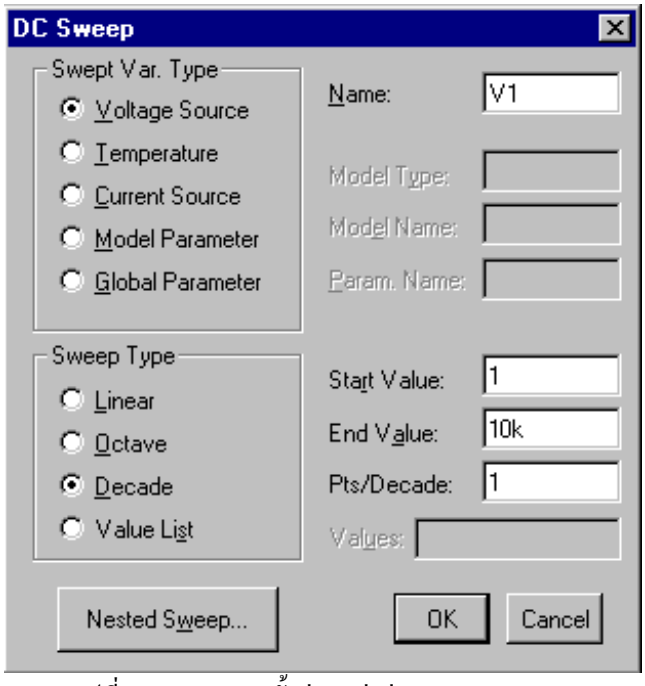


รูปที่ 2.31 แสดงการตั้งค่าแหล่งจ่ายแบบ LINEAR

-DECADE เพิ่มที่ละ 10 เท่า เช่นต้องการให้ SOURCE V1 เพิ่มจาก 1 - 10K V เพิ่มที่ละ 10 เท่า เท่ากับ 1 , 10 , 100 , 1K , 10K

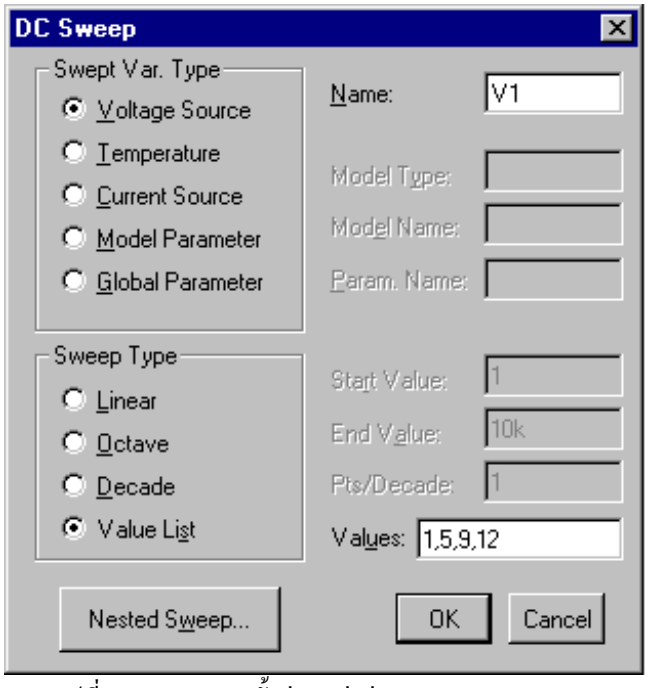


รูปที่ 2.32 แสดงการตั้งค่าแหล่งจ่ายแบบ OCTAVE



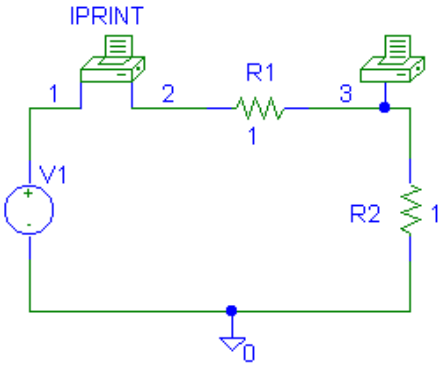
รูปที่ 2.33 แสดงการตั้งค่าแหล่งจ่ายแบบ DECADE

-VALUE LIST เป็นการใส่ค่า VOLTAGE ตามที่ต้องการโดยไม่สนใจว่าค่าของ VOLTAGE จะมีการเพิ่มเป็น STEP หรือไม่ เช่นต้องการให้ SOURCE V1 เพิ่มจาก 1 , 5 , 9 , 12



รูปที่ 2.34 แสดงการตั้งค่าแหล่งจ่ายแบบ VALUE LIST

ตัวอย่างที่ 2.3 ให้วัดค่าค่าแรงดันที่ตกคร่อม R2 และกระแสที่ SOURCE จ่ายให้กับวงจรโดยให้ SOURCE V1 = 1 , 5 9 , 12




```
****     DC TRANSFER CURVES    TEMPERATURE =   27.000 DEG C
******************************************************************************

  V_V1         I(V_PRINT2)

   1.000E+00    5.000E-01
   5.000E+00    2.500E+00
   9.000E+00    4.500E+00
   1.200E+01    6.000E+00
```

รูปที่ 2.35 คำตอบที่เป็นค่าของกระแส

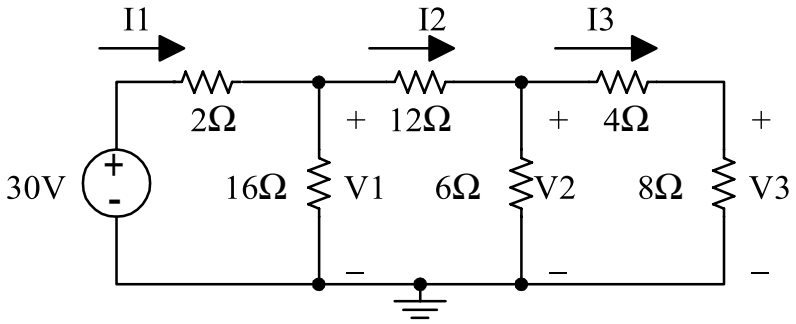
```
****     DC TRANSFER CURVES   TEMPERATURE =   27.000 DEG C

******************************************************************************

  V_V1         V(3)

   1.000E+00   5.000E-01
   5.000E+00   2.500E+00
   9.000E+00   4.500E+00
   1.200E+01   6.000E+00
```

รูปที่ 2.36 คำตอบที่เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า

คำตอบที่ได้จะแสดงอยู่ในรูป V(3)เท่านั้นถ้าต้องการวัดค่าแรงดันที่โหนดอื่นๆต้องใส่ VPRINT2ที่โหนดอื่นๆด้วย

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงใช้ SPICE หาค่า กระแส i1 , i2 , i3 และแรงดัน v1 , v2 , v3

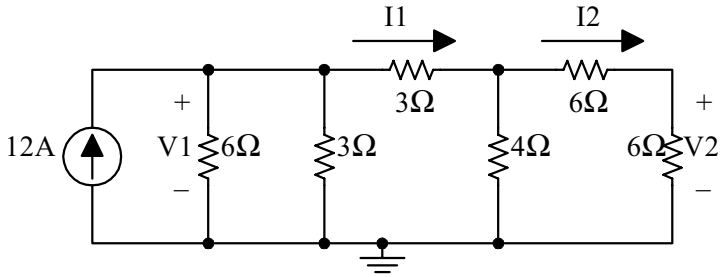


I1 =_____A , V1 =_____V

I2 =_____A , V2 =_____V

I3 =_____A , V3 =_____V

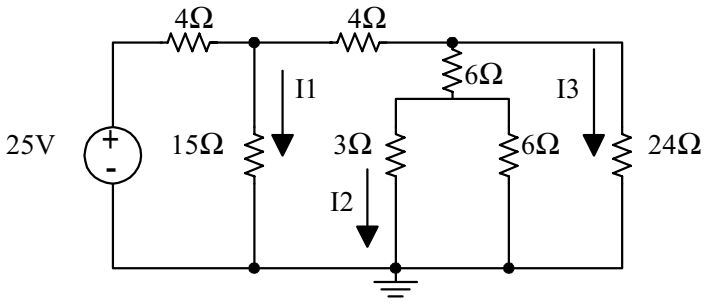
2. จงใช้ SPICE หาค่า กระแส i1 , i2 และแรงดัน v1 , v2



I1 =_____A , V1 =_____V

I2 =_____A , V2 =_____V

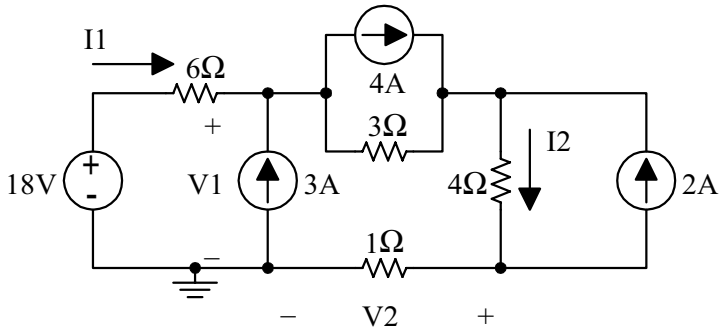
3. จงใช้ SPICE หาค่า กระแส i1 , i2 , i3



I1 =_____A , I2 =_____A

I3 =_____A

4. จงใช้ SPICE หาค่า กระแส i1 , i2 และแรงดัน v1 , v2



I1 =_____A , V1 =_____V

I2 =_____A , V2 =_____V

5. จงหาค่าของ V,I ถ้าแหล่งจ่ายกระแสจ่าย 1 , 3 , 7 , 11 , 15A