บทที่ 5

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อสรุป

วงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้สามารถจัดลำดับการบวกได้ ทำให้วงจรไม่เป็นระเบียบแต่ก็มีข้อดีคือจำนวนของวิถีวิกฤติ (critical path) และเซลล์ของวงจรบวกในวิถีวิกฤติน้อยกว่า เมื่อเทียบกับวงจรคูณแบบแถวลำดับและวงจรคูณแบบเก็บตัวทด ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้มีความเหมาะสมสำหรับการออกแบบให้มีกำลังต่ำได้ดีกว่าวงจรคูณทั้งสองแบบที่กล่าวมาเพราะมีเซลล์วงจรบวกที่ไม่อยู่ในวิถีวิกฤติมากกว่า และขณะเดียวกันความซับซ้อนของความหน่วงของวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้ก็มีค่าน้อยกว่าเพราะว่าวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้มีค่าความหน่วงขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของวงจรซึ่งอยู่ในระดับ O(log(N))

ในการออกแบบวงจรกำลังต่ำจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างประกอบกันดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุดก็คงจะเป็น แรงดันแหล่งจ่าย ทั้งนี้เพราะกำลังของวงจรแปรตามขนาดของแรงดันแหล่งจ่ายในเชิงกำลังสอง ดังแสดงในสมการที่ (3-1) ดังนั้นในการออกแบบวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้กำลังต่ำ จึงได้เลือกใช้เทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่เพราะการเปลี่ยนระดับแรงดันแหล่งจ่ายจะมีผลต่อกำลังมากที่สุด ซึ่งจากการทดสอบวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้เมื่อใช้เทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่ในบทที่ 3 จะได้ว่าการใช้เทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่สามารถลดกำลังของวงจรได้โดยไม่ทำให้ค่าการหน่วงของวงจรแตกต่างกันมากนัก และค่าการหน่วงที่แตกต่างกันนี้ก็เป็นผลมาจากการเพิ่มตัวเปลี่ยนระดับที่ใส่เข้าไป

เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างของวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้ที่ทำงานที่แรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่ V_{DDH} = 3.3 V และ V_{DDL} = 2.5 V กับวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้ที่ทำงานที่แรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่ V_{DDH} = 3.3 V และ V_{DDL} = 1.8 V จะได้ว่าเมื่อลดแรงดันแหล่งจ่ายลง ทำให้การจัดวางเซลล์วงจรบวกในวงจรคูณเปลี่ยนแปลงไป คือ แนวโน้มของวงจรบวกที่จะต้องทำงานที่แรงดันสูงจะเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองการทำงานของวงจรคูณจะได้ว่าเมื่อความแตกต่างระหว่างแรงดันสูงและแรงดันต่ำมีมากขึ้นค่ากำลังของวงจรก็ลดลงมากขึ้นด้วย

การทดสอบหาผลของการนำเทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่มาใช้ในการออกแบบวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้ทำได้โดยการออกแบบและวาดลายวงจรจริง การวาดลายวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้จะทำทั้งที่ทำงานที่แรงดันแหล่งจ่ายเดียวและวงจรที่ทำงานที่แรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่ ซึ่งผลจากการจำลองการทำงานของลายวงจรคูณในบทที่ 4 มีความแม่นยำสูงกว่าการจำลองการทำงานของแผนภาพเค้าร่างวงจรในบทที่ 3 ทั้งนี้เพราะการจำลองการทำงานของลายวงจรได้รวม

เอาผลของตัวเก็บประจุแฝงที่โนดต่างๆในวงจรเข้าไว้แล้วด้วย

ผลที่ได้ในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งเป็นการออกแบบวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้ขนาด 16 X 16 บิตโดยใช้เทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่ สามารถลดกำลังลงได้ 42.56 % ขณะที่ค่าการหน่วงเพิ่มขึ้นเพียง 5 % ซึ่งผลจากการจำลองการทำงานของลายวงจรที่ได้เป็นการยืนยันได้ว่าการออกแบบวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้โดยใช้เทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่สามารถลดกำลังของวงจรได้โดยไม่ทำให้ค่าความหน่วงของวงจรลดลง เมื่อนำผลที่ได้นี้มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่มีในปัจจุบันจะเปรียบเทียบกันได้ค่อนข้างยากเพราะค่ากำลังที่ได้มีความแตกต่างกันอันเป็นผลมาจากความแตกต่างระหว่างการเลือกโครงสร้างของวงจร, เทคนิคที่ใช้ในการออกแบบ, ขนาดของวงจรและแรงดันแหล่งจ่ายที่เลือกใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในวิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบวงจรคูณแบบโครงสร้างต้นไม้กำลังต่ำโดยได้เลือกใช้เทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่ ซึ่งเทคนิคในการลดกำลังสูญเสียในระบบมีด้วยกันหลายเทคนิค โดยอาจจะเลือกใช้เทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายหลายค่า (Multiple supply voltage) ซึ่งในที่นี้ขอเสนอแนะให้แบ่งแรงดันแหล่งจ่ายออกเป็น 3 ค่า คือ แรงดันสูง แรงดันกลาง และแรงดันต่ำ ทั้งนี้แรงดันสูงจะถูกจ่ายให้กับเซลล์ที่อยู่ในวิถีวิกฤติ ส่วนแรงดันต่ำก็จะจ่ายให้เซลล์ที่อยู่ในวิถีอื่นๆ ซึ่งเมื่อมีวิถีวิกฤติเกิดขึ้นใหม่ก็ให้เซลล์ที่อยู่ในวิถีวิกฤติใหม่นี้ทำงานที่แรงดันกลางแทน ซึ่งอาจจะทำนายผลที่เกิดขึ้นได้ว่าการลดกำลังและค่าการหน่วงที่เพิ่มขึ้น อาจจะได้ผลที่ดีกว่าในกรณีที่ใช้เทคนิคแรงดันแหล่งจ่ายไฟคู่ แต่ในการออกแบบวงจรด้วยเทคนิคนี้มีความยุ่งยากมากกว่า