กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบกำเนิดสัญญาณซายน์หลายเฟสโหมดกระแสที่ควบคุมได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ สำเร็จได้ เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูลข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจแก่ผู้เขียน

ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ได้ให้คำแนะนำและกำลังใจในการทำงาน และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่ได้สนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ช่วยส่งเสริมสนับสนุนกระตุ้นเตือน และเป็นกำลังใจตลอดมาให้ผู้เขียนจัดทำรายงานการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรุงศักดิ์ อัตพุฒ

กรกฎาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(1)
บทคัดย่อ	(2)
ABSTRACT	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(6)
สารตาราง	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 มอสทรานซิสเตอร์	5
2.2 วงจรสะท้อนกระแส	11
2.3 หลักการพื้นฐานของทรานส์ลิเนียร์	18
2.4 วงจรขยายคลาส AB แบบทรานส์ลิเนียร์ลูป	21
2.5 วงจรขยายความนำถ่ายโอน	24
2.6 วงจรสายพานกระแส	29
2.7 วงจรขยายส่งผ่านความนำสายพานกระแสที่ควบคุมด้วยกระแส	36
2.8 หลักการของวงจรกำเนิดสัญญาณ	38
2.9 หลักการกำเนิดสัญญาณซายน์แบบหลายเฟส	45
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	54
2.11 สรุป	58
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	59
3.1 การพัฒนาและออกแบบวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแส	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การวิเคราะห์วงจรในกรณีไม่เป็นอุดมคติ	65
3.3 การพัฒนาและออกแบบระบบกำเนิดสัญญาณซายน์แบบหลายเฟส	69
3.4 การเปรียบคุณสมบัติของวงจรกับวงจรอื่น	75
3.5 สรุป	76
บทที่ 4 ผลการวิจัย	78
4.1 ผลการจำลองการทำงานของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่ง	78
4.2 ผลการจำลองการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบหลายเฟส	83
4.3 ผลการทดลองวงจรด้วยการต่อวงจรจริง	86
4.4 สรุป	90
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผล	91
5.2 ข้อเสนอแนะ	92
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบจำลองของมอสทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย	97
ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์	98
ประวัติผู้ทำรายงานการวิจัย	110

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของ NMOS	6
2.2 โครงสร้างของ PMOS	7
2.3 การไบอัส (ก) NMOS (ข) PMOS	8
2.4 สัญลักษณ์แบบต่างๆของมอสเฟต	9
2.5 คุณสมบัติทางเอาต์พุตของมอสเฟต	11
2.6 บล็อกไดอะแกรมของวงจรสะท้อนกระแส (ก) ชนิดบวก (ข) ชนิดลบ	12
2.7 วงจรสะท้อนกระแสแบบพื้นฐานที่ใช้มอสชนิดเอ็นแชนแนล	13
2.8 คุณสมบัติที่เอาต์พุตของวงจรในภาพที่ 2.7 ในกรณี M_1 และ M_2 สมพงษ์กัน	14
2.9 (ก) แบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของ M_1 (ข) วงจรสมมูลย์ของแบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของ M_1	15
2.10 (ก) แบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของวงจรสะท้อนกระแส (ข) วงจรสมมูลของแบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของภาพ (ก)	16
2.11 วงจรสมมูลย์ของสัญญาณขนาดเล็กของวงจรสะท้อนกระแสในภาพที่ 2.7	16
2.12 วงจรสะท้อนกระแสแบบมีจุดออกหลายจุด	18
2.13 รูปแบบทั่วๆ ไปของวงจรทรานส์ลิเนียร์ลูป	20
2.14 วงจรขยายคลาส AB แบบทรานส์ลิเนียร์ลูป	22
2.15 สัญลักษณ์ของ OTA	25
2.16 วงจรสมมูลย์ทางอุดมคติของ OTA	25
2.17 วงจรขยายความนำถ่ายโอนชนิดใช้มอสทรานซิสเตอร์อย่างง่าย	26
2.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสจุดออก ที่เป็นฟังก์ชั่นของแรงดันผลต่างอินพุต	27
2.19 วงจรสมบูรณ์ของ OTA ที่มีโครงสร้างแบบมอสทรานซิสเตอร์	28
2.20 วงจรสายพานกระแสยุคที่หนึ่ง (CCI)	29
2.21 วงจรสายพานกระแสยุคที่สอง (CCII)	31
2.22 วงจรสายพานกระแสยุคที่สองแบบปรับค่าโดยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์	32
2.23 วงจรสายพานกระแสยุคที่สองแบบควบคุมได้ด้วยกระแส	33
2.24 วงจรสายพานกระแสกระแสยุคที่สาม	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.25 CCCCTA (ก) สัญลักษณ์ (ข) วงจรสมมูล 36
2.26 โครงสร้างภายในของ CCCCTA 37
2.27 บล็อกไดอะแกรมแสดงองค์ประกอบของวงจรกำเนิดสัญญาณ 40
2.28 บล็อกไดอะแกรมของวงจรที่มีการป้อนกลับแบบบวก 40
2.29 ความหมายทางเกณฑ์ของบาร์คฮูเซ่น 42
2.30 โครงสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์เฟสเดียว 43
2.31 การดัดแปลงของวงจรกำหนดความถี่ 45
2.32 ผลตองสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน 47
2.33 โครงสร้างของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์หลายเฟสที่
สร้างทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน 48
2.34 สัญญาณซายน์ 3 เฟสที่มีความต่างเฟสของสัญญาณข้างเคียง 120 องศา 50
2.35 สัญญาณซายน์ 3 เฟสที่มีความต่างเฟสของสัญญาข้างเคียง 60 องศา 50
2.36 ผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ตามสมการที่ 2.76 51
2.37 ผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ตามสมการที่ 2.77 52
2.38 โครงสร้างของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์หลายเฟสที่
ใช้วงจรกรองผ่านทุกความถี่ 52
2.39 วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบหลายเฟสที่ใช้ CCCII 54
2.40 วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบหลายเฟสที่ใช้ CCCII
ร่วมกับอุปกณ์พาสซีฟที่ต่อลงกราวนด์ 55
2.41 วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบหลายเฟสที่ใช้ CDTA 56
2.42 วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบหลายเฟสที่ใช้ CDTA
ที่อยู่บนพื้นฐานของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่ง 56
2.43 วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบหลายเฟสที่ใช้ CDTA
โดยปราศจากวงขยายภายนอก 57
3.1 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย 60
3.2 แผนผังการพัฒนาวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแส 61
3.3 วงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแสที่ควบคุมอัตราขยายกระแสได้ 62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.4 วงจรเทียบเคียงของ CCCCTA เมื่อพิจารณาที่ความถี่สูง 67
3.5 วงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งเมื่อพิจารณาที่ความถี่สูง 68
3.6 โครงสร้างของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ 2 เฟส 69
3.7 วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ 2 เฟส 71
3.8 โครงสร้างของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ n เฟส 71
3.9 วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ n เฟส 74
4.1 โครงสร้างภายในของ CCCCTA ที่ใช้ในการจำลองการทำงาน 79
4.2 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่ง 80
4.3 ผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งเมื่อปรับค่า I_{B1} 80
4.4 ผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งเมื่อปรับค่า I_{B2} 81
4.5 ผลตอบสนองทางโดเมนเวลาที่เมื่อปรับค่า I_{B2} 81
4.6 ผลตอบสนองทางโดเมนเวลาที่ความถี่ต่างๆ 82
4.7 ผลการจำลองวงจรกำเนิดสัญญาณ 2 เฟส 83
4.8 ผลการจำลองวงจรกำเนิดสัญญาณ 3 เฟส 84
4.9 ผลการจำลองวงจรกำเนิดสัญญาณ 4 เฟส 85
4.10 ความถี่ของการกำเนิดสัญญาณเมื่อเปลี่ยน
ค่าตัวเก็บประจุและกระแสไบแอส I_{B1} 86
4.11 วงจรที่ใช้ในการทดลองจริง 87
4.12 ภาพถ่ายของวงจรที่สร้างขึ้น 87
4.13 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองจริงที่ความถี่ 379kHz 88
4.14 สเปคตรัมของสัญญาณที่ความถี่ 379kHz 88
4.15 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองจริงที่ความถี่ 502kHz 89
4.16 สเปคตรัมของสัญญาณที่ความถี่ 502kHz 89

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ความสัมพันธ์ของจำนวนเฟสเงื่อนไขและความถี่
ของการออสซิลเลตของโครงสร้างวงจรตามภาพที่ 2.33(ก) 49
2.2 ความสัมพันธ์ของจำนวนเฟสเงื่อนไขและความถี่
ของการออสซิลเลตของโครงสร้างวงจรตามภาพที่ 2.33(ข) 49
3.1 คุณสมบัติของวงจรกำเนิดสัญญาณแบบหลายเฟส
จากบล็อกไดอะแกรมในภาพที่ 3.8 73
3.2 ผลการเปรียบคุณสมบัติของการเปรียบ
คุณสมบัติของวงจรกับวงจรอื่นกับวงจรอื่น 75
4.1 ขนาดของทรานซิสเตอร์ 79