

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	I
บทคัดย่อ.....	II
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	X
สัญลักษณ์และคำย่อ.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.....	3
1.6 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.7 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เทคโนโลยีของซีมอส และทฤษฎีของมอสเฟต.....	5
2.1 บทนำ.....	5
2.1.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างวงจรรวมกับวงจรรดิสครีท.....	5
2.1.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างทรานซิสเตอร์แบบเฟตกับแบบไบโพลาร์.....	6
2.2 เทคโนโลยีของมอส.....	8
2.3 โครงสร้างของมอสเฟต.....	9
2.4 สัญลักษณ์ของมอสเฟต.....	12
2.5 หลักการพื้นฐานของมอสเฟต.....	13
2.5.1 การทำงานของมอสเฟต.....	13
2.5.1.1 กรณีที่ $V_T > V_{GS} > 0$ และ $V_{DS} > 0$; (Cutoff: ช่วงไม่นำกระแส)...14	
2.5.1.2 กรณีที่ $V_{GS} > V_T$ และ V_{DS} มีค่าน้อย; (Ohmic Region: ย่านไม่อิ่มตัว).....	16

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.1.3	กรณีที่ $V_{GS} > V_T$ และ $(V_{GS} - V_{DS}) > V_T$ หรือ $V_{DS} < V_{DS(Sat)}$	17
2.5.1.4	กรณีที่ $V_{GS} > V_T$ และ $V_{DS} = V_{DS(Sat)}$; (Pinch off Point: จุดพินช์ออฟ).....	18
2.5.1.5	กรณีที่ $V_{GS} > V_T$ และ $V_{DS} > V_{DS(Sat)}$; (Saturation Region: ย่านอิ่มตัว).....	19
2.5.1.6	กรณีย่านพังทลาย (Breakdown Region).....	21
2.5.2	สมการกระแสในช่วงต่าง ๆ ของมอสเฟต.....	21
2.5.2.1	ช่วงไม่นำกระแส (Cut-off Region).....	21
2.5.2.2	ย่านไม่อิ่มตัว (Triode Region หรือ Ohmic Region).....	22
2.5.2.3	ย่านอิ่มตัว (Saturation Region).....	22
2.6	ชนิดของมอสเฟต.....	22
2.7	แบบจำลองของมอสเฟต.....	25
2.7.1	แบบจำลองของมอสเฟตสำหรับสัญญาณขนาดเล็กที่ความถี่ต่ำ.....	25
2.7.2	แบบจำลองของมอสเฟตสำหรับสัญญาณขนาดเล็กที่ความถี่สูง.....	27
2.7.3	แบบจำลองระดับหนึ่ง (Level 1 Model).....	30
2.7.4	แบบจำลองระดับสอง (Level 2 Model).....	31
2.7.5	แบบจำลองระดับสาม (Level 3 Model).....	31
2.8	บทสรุป.....	31
บทที่ 3	วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน.....	33
3.1	บทนำ.....	33
3.2	หลักการของวงจรที่นำเสนอ.....	33
3.3	วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันที่นำเสนอและวงจรย่อย.....	34
3.3.1	หลักการเบื้องต้นในการออกแบบวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน.....	34
3.3.2	วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน.....	35
3.3.3	วงจรทรานซิสเตอร์ที่เป็นความต้านทาน.....	36

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.4 วงจรเลื่อนระดับแรงดัน (Voltage Level Shifter Circuits).....	37
3.4 วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ซีมอสแบบ สมบูรณ์.....	39
3.5 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของวงจร.....	41
3.5.1 การวิเคราะห์อินพุตปฏิบัติงานด้านบวก.....	41
3.5.2 การวิเคราะห์อินพุตปฏิบัติงานด้านลบ.....	42
3.5.3 การวิเคราะห์การตอบสนองทางความถี่.....	42
3.6 ผลการทดลอง และผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice.....	44
3.7 บทสรุป.....	48
บทที่ 4 การประยุกต์ใช้งานวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน.....	49
บทที่ 5 บทสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	60
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก.....	66

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สัญลักษณ์ของมอสเฟทชนิด (Enhancement) และมอสเฟทชนิด (Depletion).....	13
3.1 พารามิเตอร์ของมอสทรานซิสเตอร์ ของ T14Y MOSIS 0.25 μm	45
3.2 แสดงค่า (W/L) ของมอสทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรความต้านทานที่นำเสนอ.....	45
3.3 ขนาดของแรงดันไบอัสมอสทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรความต้านทานที่นำเสนอ.....	45
4.1 พารามิเตอร์การจำลองผลการประยุกต์ใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส.....	51
4.2 พารามิเตอร์การจำลองผลการประยุกต์ใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส.....	54
4.3 พารามิเตอร์การจำลองผลการประยุกต์ใช้เป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่านปรับค่าความถี่ ได้ด้วยแรงดัน.....	57

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนผังของเทคโนโลยีวงจรรวม.....	8
2.2 โครงสร้างของมอส (MOS: Metal-Oxide Semiconductor).....	9
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุ (C) กับแรงดัน (V).....	9
2.4 โครงสร้างของมอสเฟต (MOSFET: Metal-Oxide Semiconductor FET).....	10
2.5 โครงสร้างของมอสทรานซิสเตอร์แบบเอ็นฮานซ์เมนต์ชนิดเอ็น.....	11
2.6 โครงสร้างของเทคโนโลยีซีมอส.....	12
2.7 การทำงานและคุณสมบัติ $I_D - V_{DS}$ ของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เมนต์ ชนิดเอ็นแซนแนล ขณะที่ V_{GS} มีค่าคงที่ และ V_{DS} มีค่าอยู่ในช่วงต่าง ๆ.....	16
2.8 ความสัมพันธ์ของกระแสเดรน และแรงดันที่ขาเดรนกับขอส.....	20
2.9 ย่านพังทลาย กระแสเดรนของมอสเฟตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อ $V_D \geq V_B$	21
2.10 โครงสร้างของมอสเฟตแบบ D-MOSFET.....	23
2.11 โครงสร้างของมอสเฟตแบบ E-MOSFET.....	24
2.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง I_D กับ V_{DS} (ก) E-MOSFET (ข) D-MOSFET.....	25
2.13 แบบจำลองของมอสเฟตสำหรับสัญญาณขนาดเล็กที่มีความถี่ต่ำ.....	25
2.14 แบบจำลองมอสเฟตสำหรับสัญญาณขนาดเล็กที่ฐานรองไม่ได้ต่ออยู่กับขอส.....	26
2.15 แบบจำลองวงจรสมมูลของมอสเฟตที่มีความถี่สูง.....	28
2.16 การหาอัตราขยายกระแสขณะที่ปีดวงจร.....	29
3.1 มอสเฟตและกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสเดรนและแรงดันที่ขาเดรนและขอส.....	34
3.2 วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์.....	35
3.3 วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันที่นำเสนอ.....	37
3.4 วงจรเลื่อนระดับแรงดัน ก) ด้านบวก ข) ด้านลบ.....	38
3.5 วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน โดยใช้ซีมอส.....	39
3.6 วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน โดยใช้ซีมอสที่จัดวงจรใหม่.....	40
3.7 วงจรสมมูลของมอสทรานซิสเตอร์ในการวิเคราะห์หาค่าการตอบสนองทางความถี่.....	41
3.8 คุณสมบัติทางไฟตรงของวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์จากการคำนวณ.....	44
3.9 คุณสมบัติทางไฟตรงของวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน จากการเลียนแบบการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice.....	46

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับแรงดันควบคุม (V_C).....	47
3.11 วงจรที่ใช้ทดสอบเพื่อหาผลตอบสนองความถี่ของวงจร (VCGR).....	47
3.12 ผลตอบสนองความถี่ของวงจร (VCGR) ที่นำเสนอ.....	48
4.1 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส.....	50
4.2 ผลการจำลองการทำงานของวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส.....	52
4.3 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส.....	52
4.4 ผลการจำลองการทำงานของวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส.....	54
4.5 การตอบสนองทางขนาดเชิงความถี่ของวงจรกรองความถี่สูงผ่านในทางอุดมคติ.....	55
4.6 วงจรกรองความถี่สูงผ่านปรับค่าความถี่ได้ด้วยแรงดัน.....	58
4.7 ผลการจำลองการทำงานของวงจรกรองความถี่สูงผ่านปรับค่าความถี่ได้ด้วยแรงดัน.....	58
ข 1 (ก) แบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของมอสทรานซิสเตอร์.....	70
(ข) แบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของมอสทรานซิสเตอร์ย่านอิมิตว.....	70
ข 2 วงจรเลื่อนระดับแรงดันที่ใช้ในการวิเคราะห์ย่านอินพุตปฏิบัติงาน.....	74
ข 3 วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน.....	76
ข 4 แบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของวงจรภาพที่ ข 3.1.....	76

สัญลักษณ์และคำย่อ

G	ขั้วเกต (Gate) ของมอสทรานซิสเตอร์
D	ขั้วเดรน (Drain) ของมอสทรานซิสเตอร์
S	ขั้วซอร์ส (Source) ของมอสทรานซิสเตอร์
W	ระยะห่างระหว่างขั้วเดรนและขั้วซอร์ส เป็นความกว้างของ มอสทรานซิสเตอร์ (W : Channel Width)
L	ระยะห่างระหว่างขั้วเดรนและขั้วซอร์ส เป็นความยาวของ มอสทรานซิสเตอร์ (L : Channel Length)
V_{DD}	แรงดันไฟเลี้ยงบวกสำหรับวงจร
V_{SS}	แรงดันไฟเลี้ยงลบสำหรับวงจร
V_{IN}	แรงดันอินพุต
V_C	แรงดันควมคุม
$CMOS$	คอมพริเมนต์ทำรี MOS
$VCGR$	ความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน
$VLSC$	วงจรเลื่อนระดับแรงดัน
<i>Saturation Region</i>	ช่วงการนำกระแสอิ่มตัว
<i>Non- Saturation Region</i>	ช่วงการนำกระแสไม่อิ่มตัว
$PSpice$	โปรแกรมเลียนแบบการทำงานสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และวงจรไฟฟ้า
<i>Model</i>	แบบจำลอง ที่ใช้อ้างอิงเป็นสมการต่าง ๆ