

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พีดับบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์แปลงไฟตรง 12 โวลต์เป็นไฟสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรท์ซ

PWM INVERTER 12Vdc to 220 Vac 50 Hz



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

11 ธ.ค. 2550
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ตามการใดๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีดับบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์แปลงไฟตรง 12 โวลต์เป็นไฟสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรท์ซ

PWM INVERTER 12Vdc to 220 Vac 50 Hz



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง พัดับบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์แปลงไฟตรง 12 โวลต์เป็นไฟสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์

ผู้จัดทำ

1. นาย จักรพล ฤทัยชนารัตน์ รหัส 47010091

2. นาย จักรพันธ์ ลิมาพงษ์ภาส รหัส 47010093

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. พลผดุง ผดุงกุล



อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีดีบับลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์แปลงไฟตรง 12 โวลต์เป็นไฟสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์

นาย จักรพล ฤทัยธนารัตน์ รหัส 47010091
นาย จักรพันธ์ ลิมาพงษ์ภาส รหัส 47010093
อ.พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการแปรผันไฟตรง 12 V จากแบตเตอรี่ ให้กลายเป็นสัญญาณรูปไซน์ 220 Vac ความถี่ 50 Hz โดยจะใช้สัญญาณ PWM ในการควบคุมการสวิตซ์ซึ่งสัญญาณ PWM นี้จะทำการสร้างโดย microcontroller MCS-51 และมีการส่งสัญญาณป้อนกลับไปที่ microcontroller เพื่อปรับความกว้างของ PWM เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เปลี่ยนแปลง จากนั้นนำสัญญาณที่ได้จากการสวิตซ์ต่อเข้าหม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันไฟสลับให้เป็น 220 Vac

โดยงานที่จะทำในเทอมการศึกษาที่ 2 คือ เพิ่มส่วนของการป้อนกลับเพื่อควบคุมมอดูลชั้นอินเดคของสัญญาณ PWM ,ผ่านสัญญาณที่ได้เข้าหม้อแปลง และออกแบบลายวงจร

PWM inverter 12Vdc to 220 Vac 50 Hz

Mr. Jakkrapon Ruethaithanarat ID.47010091
Mr. Jakkrapan Limapongpas ID.47010093
Mr.Ponpadoong Padoongkul Advisor
Educational Year 2007

Abstract

This project is convert 12 V from battery to sine wave 220 Vac frequency 50 Hz. Generate PWM signal from microcontroller MCS-51 for control switching and send feedback signal to microcontroller for adjust width of PWM when voltage of battery is change and use signal from switch connect with transformer to increase voltage to 220 Vac

In second semester is design feedback circuit for controlling modulation index of PWM signal, transfer signal to transformer and design PCB

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สามารถส่งออกไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือจากหลายบุคคล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อ.พลผดุง ผดุงกุล ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และที่ขาดไม่ได้คือ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจ และการสนับสนุนด้านกำลังทรัพย์

จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

นาย จักรพล ฤทัยธนารัตน์
นาย จักรพันธ์ ลิมาพงษ์ภาส
ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 อินเวอร์เตอร์	2
2.1 ชนิดของอินเวอร์เตอร์	2
2.1.1 อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งแรงดัน (Voltage Source Inverter)	2
2.1.2 อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งกระแส (Current Source Inverter)	2
2.2 การการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulate, PWM)	3
2.3 การสร้าง pulse โดย MCS-51	5
2.3.1 Pulses	5
2.3.2 Longer Delays	7
2.4 Field Effect Transistor	7
2.4.1 โครงสร้างของMOSFET	8
2.4.2 การทำงานเชิงกายภาพของ MOSFET	9
2.4.3 สัญญลักษณ์ของMOSFET	17
2.5 หลักการทำงานของการแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D)	18
2.5.1 Successive Approximation	18
บทที่ 3 การออกแบบ	17
3.1 บล็อกไดอะแกรม	21
3.2 วงจรที่ออกแบบ	22
3.3 การเขียน โปรแกรมควบคุมการสวิตช์	25
3.4 การออกแบบค่า R_1	26
3.5 การออกแบบ R_2	26
3.6 การเลือกใช้ชอตต์กีไดโอด (schottky diode)	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง	27
4.1 ผลการทดลองโดยวัดที่พอร์ท 1.6 เทียบกับพอร์ท 1.7	27
4.2 ผลการทดลองโดยวัดที่เอาท์พุทของออปโตไอโซเลเตอร์ทั้งสองตัวเปรียบเทียบกับ	30
4.3 ผลการทดลองโดยวัดผลที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ ไอจีบีทีเมื่อใส่ค่าความต้านทานเป็น	33
โหลด	
4.4 ผลการทดลองเมื่อ โหลดพลังงานค่าต่างๆ	37

4.4.1 หลอดไฟ 5 วัตต์	37
4.4.2 หลอดไฟ 25 วัตต์	39
4.4.3 หลอดไฟ 40 วัตต์	41
4.4.4 หลอดไฟ 60 วัตต์	43
4.4.5 หลอดไฟ 100 วัตต์	45
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผล	47
5.1 สรุปผล	47
5.2 ปัญหา และแนวทางการแก้ไข	47
กิตติกรรมประกาศ	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 การใช้เทคนิค PWM กับวงจรทอนระดับ	4
รูปที่ 3.0 บล็อกไดอะแกรม	21
รูปที่ 3.1 วงจรที่ออกแบบทั้งหมด	22
รูปที่ 3.2 วงจรส่วนMCS-51 กับ Opto-Isolator	23
รูปที่ 3.3 วงจรส่วนOpto-Isolator กับ MOSFET	23
รูปที่ 3.4 วงจรส่วนFeedback Control	24
รูปที่ 3.5 วงจรส่วนIC Regulator	24
รูปที่ 3.6 วงจรส่วนSnubber	24
รูปที่ 4.1 แสดงผลใน 1 คาบของสัญญาณทั้ง 2 พอร์ท	27
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณของพอร์ท 1.6 ในช่วงที่ 1	28
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณของพอร์ท 1.6 ในช่วงที่ 2	28
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณของพอร์ท 1.6 ในช่วงที่ 3	29
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณของพอร์ท 1.6 ในช่วงที่ 4	29
รูปที่ 4.6 แสดงผลใน 1 คาบของสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ทั้ง 2 ตัว	30
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 1	30
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 2	31
รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 3	31
รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 4	32
รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 5	32
รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณการสวิตช์ที่ขาคอลเล็กเตอร์ช่วงที่ 1	33
รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณการสวิตช์ที่ขาคอลเล็กเตอร์ช่วงที่ 2	33
รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณการสวิตช์ที่ขาคอลเล็กเตอร์ช่วงที่ 3	34
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณการสวิตช์ที่ขาคอลเล็กเตอร์ช่วงที่ 4	34
รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณการสวิตช์ที่ขาคอลเล็กเตอร์ช่วงที่ 1	35
รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณการสวิตช์ที่ขาคอลเล็กเตอร์ช่วงที่ 2	35
รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณการสวิตช์ที่ขาคอลเล็กเตอร์ช่วงที่ 3	36
รูปที่ 4.19 แสดงสัญญาณการสวิตช์ที่ขาคอลเล็กเตอร์ช่วงที่ 4	36
รูปที่ 4.20 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 1 ของโหลด 5W	37
รูปที่ 4.21 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 2 ของโหลด 5W	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.22 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 3 ของโหลด 5W	38
รูปที่ 4.23 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4 ของโหลด 5W	38
รูปที่ 4.24 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 1 ของโหลด 25W	39
รูปที่ 4.25 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 2 ของโหลด 25W	39
รูปที่ 4.26 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 3 ของโหลด 25W	40
รูปที่ 4.27 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4 ของโหลด 25W	40
รูปที่ 4.28 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 1 ของโหลด 40W	41
รูปที่ 4.29 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 2 ของโหลด 40W	41
รูปที่ 4.30 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 3 ของโหลด 40W	42
รูปที่ 4.31 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4 ของโหลด 40W	42
รูปที่ 4.32 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 1 ของโหลด 60W	43
รูปที่ 4.33 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 2 ของโหลด 60W	43
รูปที่ 4.34 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 3 ของโหลด 60W	44
รูปที่ 4.35 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4 ของโหลด 60W	44
รูปที่ 4.36 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 1 ของโหลด 100W	45
รูปที่ 4.37 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 2 ของโหลด 100W	45
รูปที่ 4.38 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 3 ของโหลด 100W	46
รูปที่ 4.39 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4 ของโหลด 100W	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การแปรผันพลังงานไฟกระแสตรงเป็นไฟกระแสสลับ เช่น การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงในรถยนต์จากแบตเตอรี่ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในรถยนต์ที่ต้องการใช้ไฟกระแสสลับ และการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเมื่อยามที่เกิดไฟดับ ดังนั้นจึงเห็นว่าการแปรผันพลังงานในลักษณะนี้มีความสำคัญ และใช้ได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งเครื่องที่ทำการแปรผันพลังงานในลักษณะนี้เรียกว่า “อินเวอร์เตอร์”

อินเวอร์เตอร์(Inverter) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสตรงให้เป็นไฟกระแสสลับ โดยใช้การสวิตช์ โดยเราจะใช้หลักการของ PWM (Pulse Width Modulation) ในการสร้างสัญญาณควบคุมการสวิตช์

โดยอินเวอร์เตอร์ที่ทำการออกแบบจะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ส่วนของการขับสวิตช์ ส่วนของหม้อแปลง และส่วนของการป้อนสัญญาณกลับมาเพื่อควบคุม

- ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการควบคุมการสวิตช์โดยสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงค่ามอดดูเลชันอินเดค(modulation-index)ของสัญญาณได้
- ส่วนของการขับสวิตช์จะใช้อปโตไอโซเลเตอร์(opto-isolator)ในการรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์
- ส่วนของ ออปโตไอโซเลเตอร์ขับขา Gate ของ MOSFET
- ส่วนของหม้อแปลงเพื่อทำการเพิ่มแรงดันขึ้นไปที่ 220 Vrms
- ส่วนของการป้อนสัญญาณกลับมาเพื่อเปลี่ยนแปลงค่ามอดดูเลชันอินเดค

โดยในทอม 2 นี้จะมีขอบเขตการทำงาน คือ ออกแบบวงจรให้สมบูรณ์แล้วลองloadให้ได้กำลังงานสูงสุดเท่าที่วงจรจะรับได้

บทที่ 2

อินเวอร์เตอร์

2.1 ชนิดของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์สามารถแบ่งตามชนิดของแหล่งจ่ายได้ 2 ชนิดคือ

1. อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งแรงดัน (Voltage Source Inverter ,VSI)
2. อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งกระแส (Current Source Inverter ,CSI)

สำหรับปริญญาโทเลือกใช้อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งแรงดัน

2.1.1 อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งแรงดัน (Voltage Source Inverter)

อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งแรงดันใช้แรงดันไฟตรงค่าคงที่ ทำให้แรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์คงที่ด้วย ซึ่งไม่ขึ้นกับโหลด โดยใช้การมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM)

ข้อดีของอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งแรงดัน

- สามารถควบคุมแรงดันและความถี่ได้ง่าย
- ปรับความถี่ได้ในย่านกว้างๆ
- ใช้กับมอเตอร์พร้อมกันหลายๆ ตัวพร้อมกันได้

ข้อเสียของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้แหล่งแรงดันคือ

- มักมีปัญหาในเรื่องการลัดวงจร (Short Through) ของอุปกรณ์สวิตซ์ภายในกิ่งเดียวกันของอินเวอร์เตอร์ ซึ่งในทางปฏิบัติมีการสร้างเวลาหยุดพัก (Dead Time) เป็นตัวช่วยป้องกัน

2.1.2 อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งกระแส (Current Source Inverter)

อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งกระแสประกอบด้วยทรินสเตอร์เร็คตีไฟร์ ที่สามารถควบคุมได้โดยควบคุมเฟสของเอซีไลน์ และยังมีอินดักเตอร์ตัวใหญ่ต่ออนุกรมอยู่แต่ไม่มีตัวเก็บประจุต่อขานานเพื่อสร้างแหล่งจ่ายกระแสซึ่งแตกต่างจากอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งแรงดัน ส่วนควบคุมสัญญาณกระแสที่เปลี่ยนความถี่ได้อาจใช้อุปกรณ์ทรินสเตอร์ร่วมกับไดโอด

ข้อดีของอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งกระแส

- ไม่มีโอกาสที่จะมีการลัดวงจรเหมือนใน VSI
- กำลังสูญเสียต่ำเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ทรินสเตอร์

ข้อเสียของอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรมีขนาดใหญ่ราคาแพง
- ไม่สามารถทำงานในขณะไม่มีโหลดได้
- ไม่สามารถใช้กับมอเตอร์หลายตัวพร้อมกันได้

2.2 การการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulate, PWM)

การมอดูเลตความกว้างของพัลส์ (PWM) เป็นเทคนิคการแบ่งรูปคลื่นใน 1 คาบ ออกเป็นพัลส์ย่อยๆ หลายพัลส์ โดยที่แต่ละพัลส์อาจมีความกว้างไม่เท่ากัน

การเฉลี่ยเฉพาะที่ของสัญญาณ PWM

แรงดันเอาต์พุต V_o ของวงจรทอนระดับสัญญาณคั้งรูป 2.1(ก) สามารถ เปลี่ยนแปลงได้ระหว่างค่า 0 ถึงค่า V_s โดยที่วัฏจักรงาน D มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าเราให้ D เป็นฟังก์ชันของเวลา $d(t)$ โดยที่ $d(t)$ มีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างช้าๆ เมื่อเทียบกับคาบของการสวิตช์ ซึ่งถ้าเป็นในกรณีเช่นนี้ เราสามารถสังเคราะห์แรงดันเอาต์พุต V_o ซึ่งมีค่าเฉลี่ยจะเป็นฟังก์ชันของเวลาและมีค่าเท่ากับ $d(t)V_s$ อย่างไรก็ตามเวลาในการเฉลี่ยค่า V_o จำเป็นต้องเป็นช่วงเวลานานเมื่อเทียบกับคาบเวลาของการสวิตช์ T แต่คาบเวลาดังกล่าวจะต้องสั้นกว่าเมื่อเทียบกับคาบเวลาของ $d(t)$

การเฉลี่ยค่าแรงดันเอาต์พุต V_o ในที่นี้หมายถึงการเฉลี่ยเฉพาะที่ (local averaging) และจะใช้สัญลักษณ์ $\overline{V_o}(t)$ สำหรับสัญลักษณ์ $\langle V_o \rangle$ หมายถึงค่าเฉลี่ยจริงซึ่งเป็นค่าคงตัว หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ค่าเฉลี่ยดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ ซึ่งได้จากการกรองสัญญาณแรงดันเอาต์พุตด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยขจัดความถี่สูงออกและคงเหลือไว้แต่สัญญาณความถี่ต่ำๆ เช่น องค์ประกอบหลักมูล (fundamental component) ในขณะที่ถ้าส่วนค่าเฉลี่ยที่ได้จากการกรองทุกความถี่ออก จะคงเหลือไว้แต่องค์ประกอบไฟตรง

สำหรับวงจรทอนระดับสัญญาณแสดงในรูปที่ 2.1(ก) ถ้าเราให้วัฏจักรงาน $d(t)$ เป็นฟังก์ชันไซนูซอยด์

$$d(t) = 0.5 + m_a \sin(\omega_a t) \quad (2.1)$$

เราจะได้แรงดันเอาต์พุตที่เป็นองค์ประกอบไฟตรงบวกกับไซนูซอยด์ ได้ดังนี้

$$V_o = 0.5V_s + m_a V_s \sin(\omega_a t) \quad (2.2)$$

m_a คือ อัตราการมอดูเลตขนาด $m_a \leq 0.5$

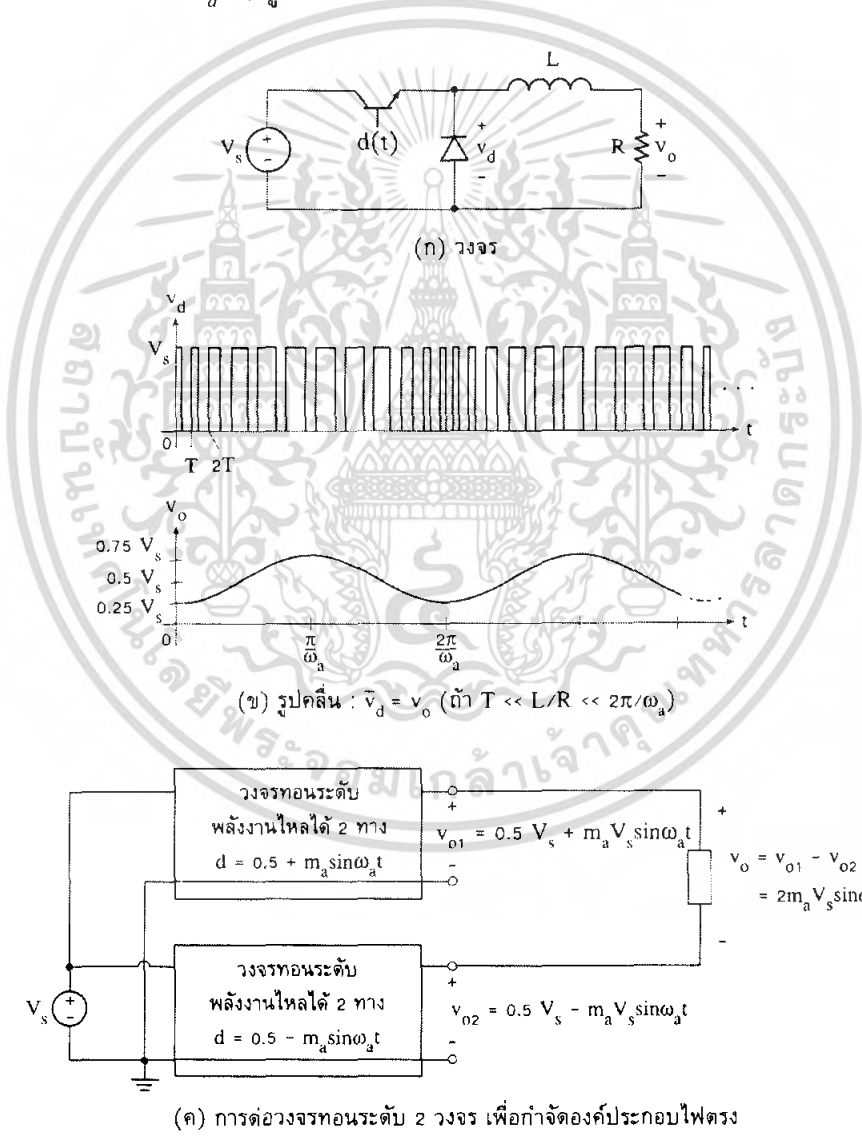
ω_a คือ ความถี่ในการมอดูเลต

โดยมีเงื่อนไขดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T \leq \frac{L}{R} \leq \frac{2\pi}{\omega_a} \quad (2.3)$$

แรงดัน V_d เป็นพัลส์ที่มีความถี่เท่ากับ $1/T$ แต่มีความกว้างพัลส์ที่ไม่คงตัว เราเรียกรูปคลื่นที่วัฏจักรงานเป็นฟังก์ชันทางเวลาของรูปคลื่นสัญญาณ PWM ค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของรูปคลื่น PWM หรือ \bar{V}_d จะเป็นฟังก์ชันทางเวลา ถ้าเราทำการกรอง V_d ด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ L และ R โดยมีพารามิเตอร์เป็นไปตามเงื่อนไขสมการที่ (2.3) ดังนั้นค่าความถี่การสวิตช์จะถูกกรองออกไป แต่ความถี่ ω_a ไม่ถูกลดทอน



รูปที่ 2.1 การใช้เทคนิค PWM กับวงจรทอนระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.1(ข) V_o คือค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของรูปคลื่น PWM เนื่องจาก $d(t)$ เป็นฟังก์ชันไซน์ชอยด์ ค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของรูปคลื่น PWM จึงเป็นรูปไซน์ชอยด์ด้วย แต่ $d(t)$ อาจเป็นฟังก์ชันของเวลาใดๆ (ที่เป็นไปตามเงื่อนไขสมการที่ (2.3)) $V_o(t)$ ก็จะเป็นฟังก์ชันที่เหมือนกับ $d(t)$

อย่างไรก็ดี แรงดันเอาต์พุต V_o ของวงจรทอนระดับสัญญาณยังมีองค์ประกอบไฟตรงผสมอยู่ (เป็นไปตามสมการที่ (2.2) และรูปที่ 2.1 (ข)) ดังนั้นการกำจัดองค์ประกอบไฟตรงสามารถทำได้โดยการต่อวงจรทอนระดับ 2 วงจร โดยที่สัญญาณมอดูเลตของวงจรทั้งสองมีเฟสต่างกัน 180° (ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ค)) เมื่อนำสัญญาณด้านเอาต์พุตมาลบกัน จะส่งผลให้แรงดันไฟตรงก็จะหักล้างกันไปเหลือแต่แรงดันไฟสลับ อย่างไรก็ตาม ใดก็ดี เนื่องจากกระแสด้านออก i_o เป็นกระแสสลับวงจรทอนระดับที่ใช้จะต้องเป็นชนิดที่พลังงานไหลได้ 2 ทิศทาง กล่าวคือ แต่ละวงจรใช้สวิตช์ ที่กระแสไหลได้ 2 ทาง จำนวน 2 ตัวถ้าให้สัญญาณมอดูเลตเป็นฟังก์ชันใดๆ แต่องค์ประกอบความถี่สูงสุดยังเป็นไปตามเงื่อนไขสมการที่ (2.3) แรงดันด้านออกจะเป็นฟังก์ชันเดียวกับสัญญาณมอดูเลตเพียงแต่จ่ายกำลังได้มากขึ้น ในแง่นี้จึงทำหน้าที่เป็นวงจรขยายกำลังแบบวิธีสวิตช์ (Switchmode power amplifier)

$$m_f = \frac{f}{f_a} \tag{2.4}$$

m_f = อัตราการมอดูเลตความถี่

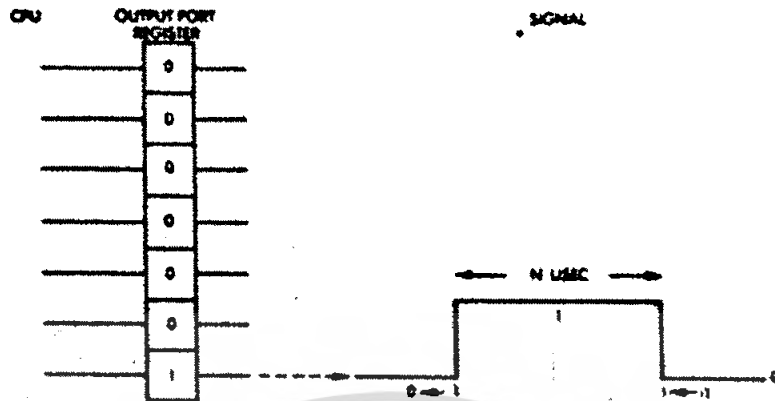
f = ความถี่การสวิตช์

f_a = ความถี่การมอดูเลต

2.3 การสร้าง pulse โดย MCS-51

2.3.1 Pulses

สัญญาณ Pulses สามารถสร้างได้โดย การทำให้ Output Bit ที่ต้องการ มีสถานะ ON แล้วก็ทำให้สถานะของ Output Bit เดียวกันนี้ เปลี่ยนเป็น OFF ก็จะได้สัญญาณ Pulse ตามต้องการ แต่อย่างไรก็ดี ในการสร้างสัญญาณ Pulse ให้มีคาบเวลาได้ตามที่กำหนดนั้น จะมีสิ่งหนึ่งที่ต้องทำคือ หลังจากที่ทำให้ Bit นั้นๆ เปลี่ยนจาก '0' -> '1' แล้วจะต้องหน่วงเวลา (Delay) เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด จึงค่อยเปลี่ยนสถานะของ Bit นั้นๆ กลับเป็น '0' ('1' -> '0')



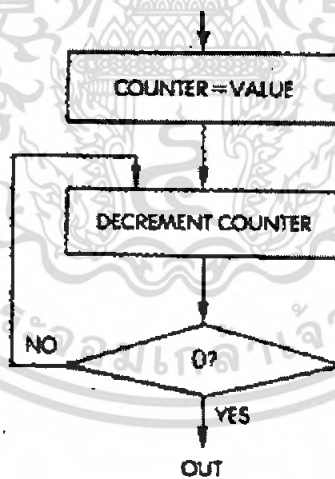
Delay Generation and Measurement

การสร้าง Delay สามารถทำได้โดยการวิธีการของ Software หรือ Hardware ก็ได้ ในการหน่วงเวลาโดยใช้ Software นั้น สามารถทำได้โดยการให้ CPU ทำงานในลักษณะ ของการวน Loop ตาม จำนวนครั้งที่กำหนด ซึ่งเวลาที่ CPU ใช้ในการทำงานคือเวลาที่เรต้องการจะหน่วงนั่นเอง

DELAY: MOV R7, #5 ; 1 M.Cycle

NEXT: DEC R7 ; 1 M.Cycle

CJNE R7, #0, NEXT ; 2 M.Cycles



**** ค่าเวลาของการทำงานคำสั่งต่างๆ สามารถดูได้จากตารางคำสั่ง ****

ดังนั้นเราจะสามารถคำนวณ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานได้ คือ

$$\text{Delay} = (1 + (1+2) * 5) = 16 \text{ M.Cycles}$$

ถ้ากำหนดให้เวลาที่ใช้ในแต่ละ Machine Cycle เท่ากับ 1 μ Sec. (12 MHz) ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการทำโปรแกรมนี้ จะเป็น 16 μ Sec. ถ้าเราต้องการการ Delay ที่มากขึ้นก็จะสามารถทำได้โดยวิธีการง่ายๆ คือ การหาคำสั่งให้ CPU ทำมากขึ้นในแต่ละรอบของการทำงาน เช่นการแทรกคำสั่ง NOP เข้าไป

DELAY: MOV R7, #5 ; 1 M.Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NEXT: DEC R7 ; 1 M.Cycle

NOP ; 1 M.Cycle

...

CJNE R7, #0, NEXT ; 2 M.Cycles

2.3.2 Longer Delays

การสร้าง Software Delay ที่นานขึ้นนั้น สามารถทำได้โดยการใช้ Counter ที่นับ รอบของการวน Loop ที่มีขนาดมากขึ้น เช่น การใช้งานของ คู่ Register (ได้เป็น 16 Bit) หรือถ้าต้องการ Delay Time ที่มากกว่านี้ ก็สามารถทำได้โดยการใช้ Register ที่มากขึ้น

DELAY: MOV R7, #5 ; 1 M.Cycle

LOOP1: MOV R6, #0 ; 1 M.Cycle

LOOP2: DEC R6 ; 1 M.Cycle

CJNE R6, #0, LOOP2 ; 2 M.Cycles

DEC R7 ; 1 M.Cycle

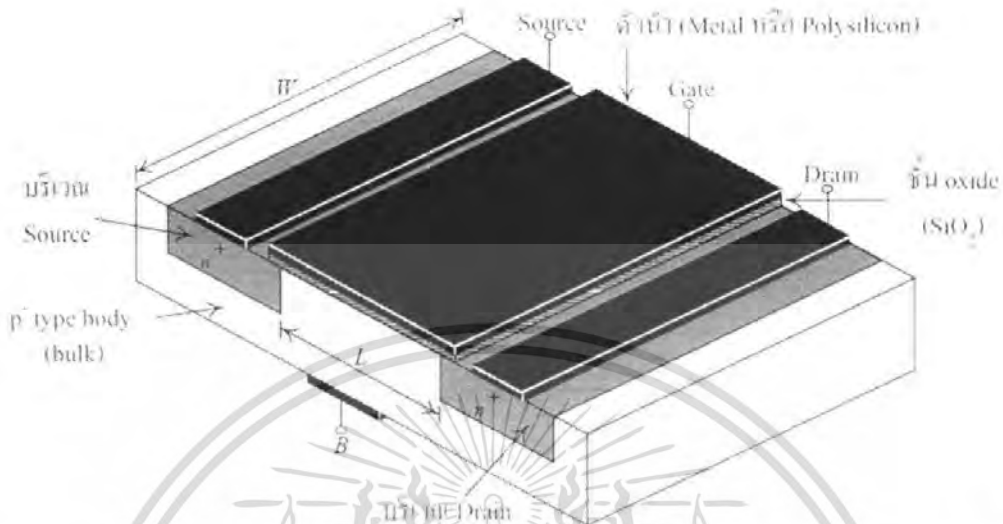
CJNE R7, #0, LOOP1 ; 2 M.Cycles

อย่างไรก็ดี การใช้งานของ Software Delay ที่มี Delay Time มากๆ นี้ จะมีข้อเสียคือ การให้ CPU ทำการ Delay มันจะไม่ทำอย่างอื่นเลยเป็นระยะเวลาที่นาน ... โดยทั่วไปแล้วการทำ Delay ที่มีระยะเวลาหลายๆ นั้นจะใช้ Hardware Delay แทน เช่นในระบบที่ต้องการการตอบสนองที่รวดเร็วและแน่นอน หรือในกรณีที่ระบบ Microcomputer นั้นมีการใช้งานของ Interrupt แล้ว จะทำให้เวลาที่ได้จากการทำ Software Delay นั้นไม่ถูกต้อง ถ้าการวน Loop ถูก Interrupt

2.4 Field Effect Transistor

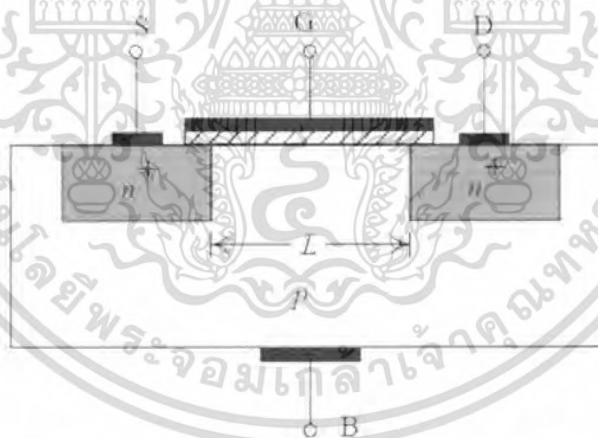
เฟต (Field-Effect Transistor, FET) ปัจจุบันอุปกรณ์เฟตประเภทหนึ่งที่เรียกว่ามอสเฟต (Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงจรรวมแบบดิจิทัล ตั้งแต่ดิจิทัลเกตแบบต่าง ๆ ไปจนถึงไมโครโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำ ๑ ทั้งนี้ความนิยมของ MOSFET มีสาเหตุมาจากการที่เราสามารถสร้างทรานซิสเตอร์แบบมอสเฟตให้มีขนาดเล็กมากได้ ทำให้งจรรวมขนาดใหญ่มาก (VLSI) ในปัจจุบันโดยมากจะถูกสร้างขึ้นมาจากด้วยเทคโนโลยีแบบ MOS

2.4.1 โครงสร้างของ MOSFET



เนื่องจากความสมมาตรในเชิงโครงสร้าง ขา D และ S ของ NMOS ในวงจรจะถูกกำหนดจากแรงดันที่ปรากฏที่ขาทั้งสอง กล่าวคือถ้าแรงดันที่ขาใดสูงกว่าขานั้นจะเป็น D

MOSFET ชนิด n-channel (NMOS)

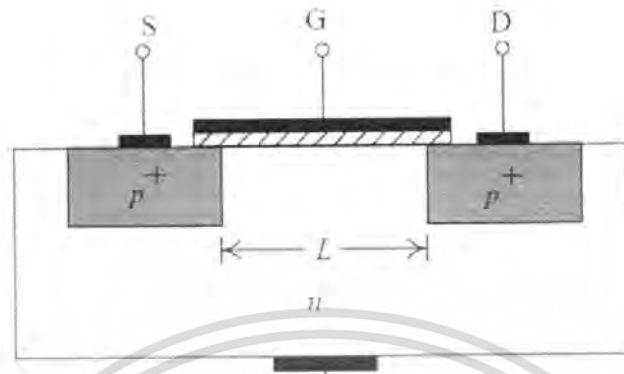


เราสามารถอธิบายการทำงานของ NMOS ในวงจร digital ได้ง่าย ๆ ก็คือแรงดันที่ G จะควบคุมกระแสจาก D ไป S โดยการควบคุมความต้านทานระหว่างขาทั้งสอง กล่าวคือ

- ถ้า V_G ต่ำ ขา D และ S จะเสมือนเปิดวงจรทำให้ไม่มีกระแสไหล
- ถ้า V_G สูงจะเกิดช่องนำกระแสระหว่าง D และ S ทำให้มีกระแสไหลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOSFET ชนิด p-channel (PMOS)



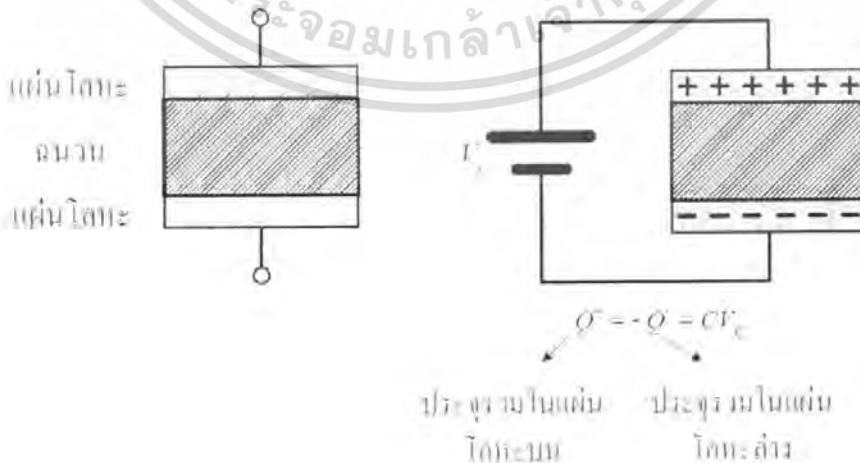
การทำงานของ PMOS จะตรงข้ามกับของ NMOS กล่าวคือ

- ถ้า V_G สูง S และ D จะเสมือนเปิดวงจรทำให้ไม่มีกระแสไหล
- ถ้า V_G ต่ำจะเกิดช่องนำกระแสระหว่าง S และ D ทำให้มีกระแสไหลได้

เนื่องจากความสมมาตรในเชิงโครงสร้าง ขา D และ S ของ PMOS ในวงจรจะถูกกำหนดจากแรงดันที่ปรากฏที่ขาทั้งสอง กล่าวคือถ้าแรงดันที่ขาใดสูงกว่าขานั้นจะเป็น S

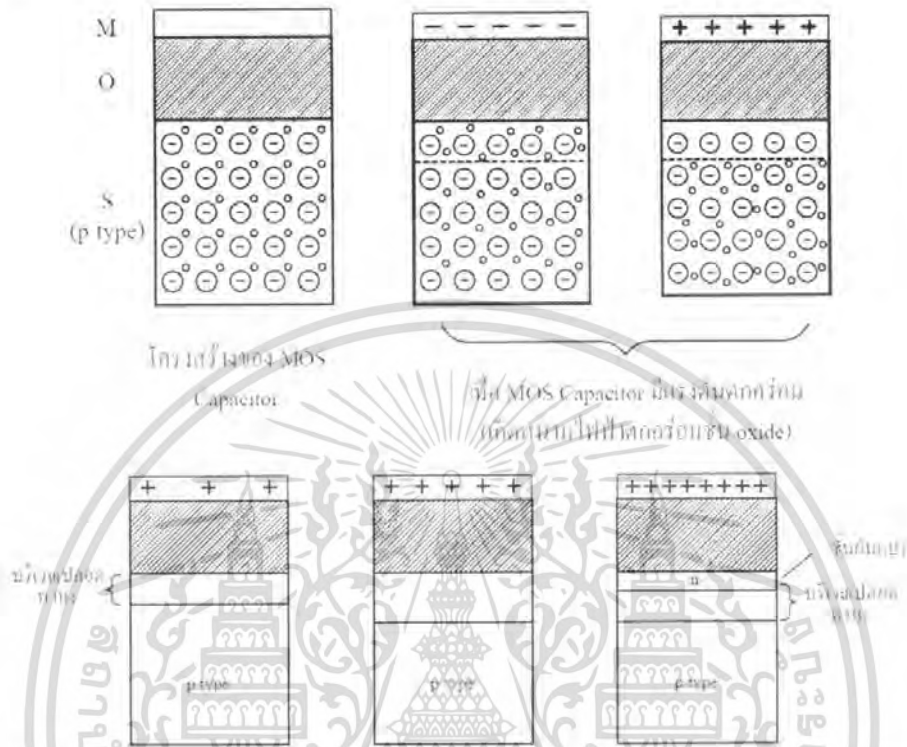
2.4.2 การทำงานเชิงกายภาพของ MOSFET

แรงดันที่ตกคร่อมฉนวนจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง



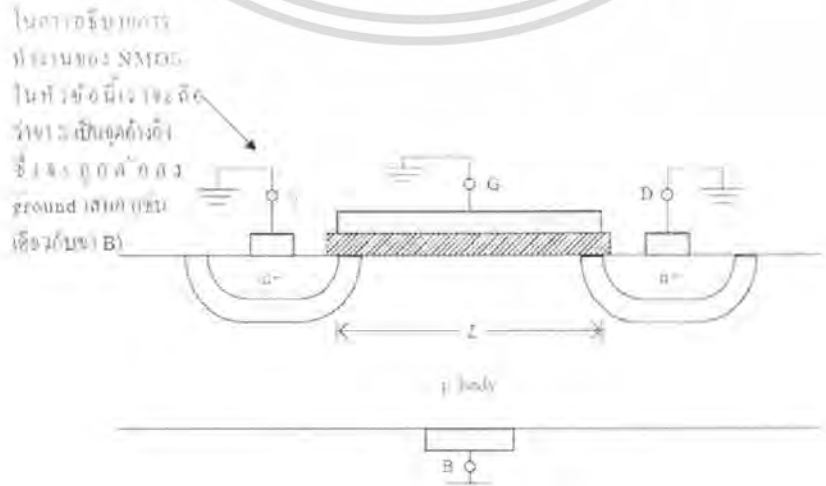
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOS Capacitor



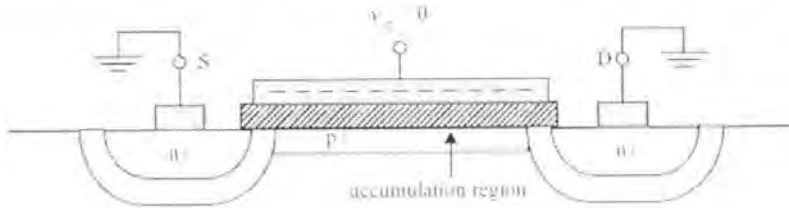
เมื่อเพิ่มแรงดันคร่อม MOS Capacitor มากขึ้น สนามไฟฟ้าที่คร่อมชั้น oxide จะแรงขึ้นทำให้โฮลถูกผลักลง ไปด้วยด้านล่างมากขึ้น ส่งผลให้บริเวณ ปลายคพาหะที่ติดชั้น oxide มีความหนาแน่นมากขึ้นเรื่อยๆ อย่างไรก็ตามเมื่อถึงขีดเปลี่ยน (threshold) สนามไฟฟ้าจะดึงอิเล็กตรอนอิสระซึ่งเป็นพาหะส่วนน้อยในสารกึ่งตัวนำชนิด P ขึ้นมาทำให้เกิดชั้นผกผันแปร (inversion layer) ขึ้น

NMOS operation



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมไว้สำหรับการศึกษาและเพื่อจุดประสงค์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

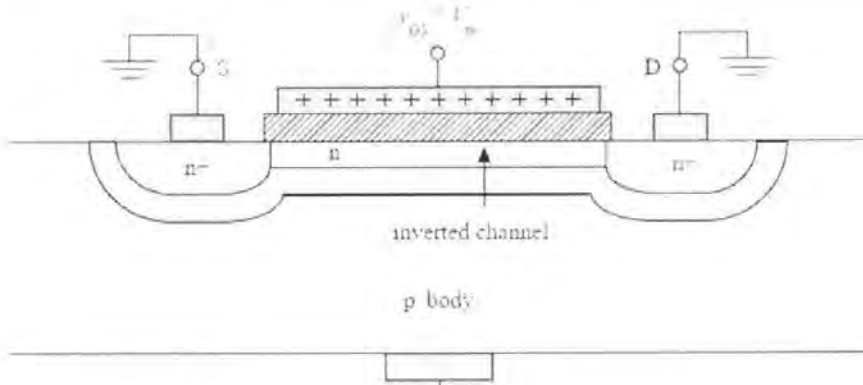
(ปรกติเราไม่ต้องการให้รอยต่อ PN ดังกล่าวอยู่ในสภาวะ on ดังนั้นในบางครั้งเรานิยมต่อขา B เข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันต่ำสุดของวงจร VSS หรืออาจทำการเชื่อมต่อขา B และ S เข้าด้วยกัน)



เมื่อ $v_D = v_S = v_B = 0$ และ v_G มีค่าเป็นลบ โยลใน body จะถูกดึงดูดขึ้นมาบริเวณด้านบน ทำให้เกิดบริเวณ p+ ขึ้นเรียกว่าย่านรวมตัว (accumulation region)



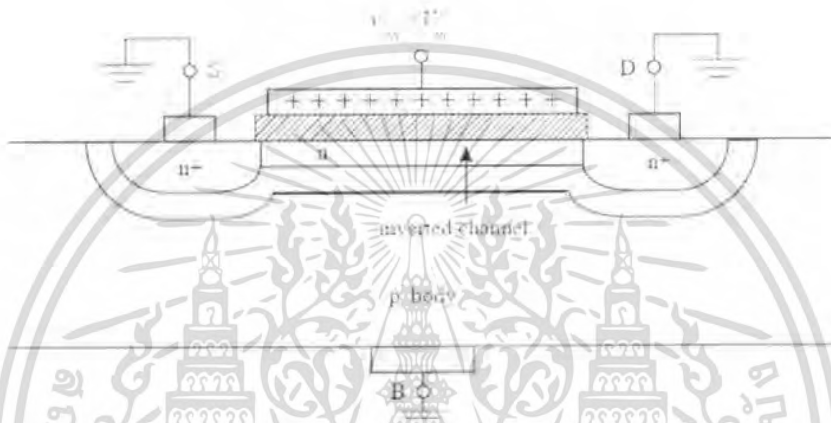
ในกรณีที่ $v_D = v_S = v_B = 0$ และ $v_G > 0$ แต่มีขนาดเล็ก ๆ โยลจะถูกผลักออกจากบริเวณด้านบน ทำให้เกิดบริเวณปลอดพาหะขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

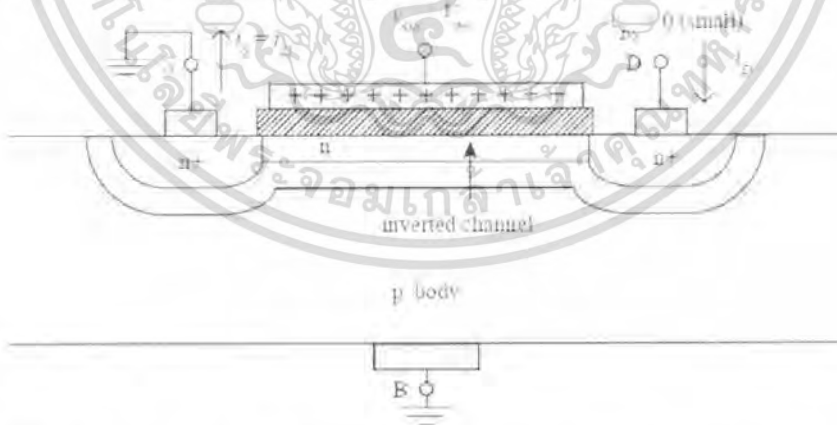
ถ้าเราเพิ่ม v_G ให้สูงขึ้นถึงขีด threshold สนามไฟฟ้าที่ตกคร่อมชั้น oxide จะดึงดูดอิเล็กตรอนอิสระที่เป็นพาหะส่วนน้อยใน body ขึ้นมาทำให้เกิด channel (ช่องนำกระแสบริเวณ S และ D)

- เราเรียกแรงดันตกคร่อมชั้น oxide ที่ต่ำที่สุดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนจาก p เป็น n ในบริเวณใต้ชั้น oxide ว่า threshold voltage, V_{th}
- จากรูปจะเห็นได้ว่า channel ที่เชื่อม S และ D เกิดได้ก็ต่อเมื่อ $v_{GS} = v_{GD} > V_{th}$



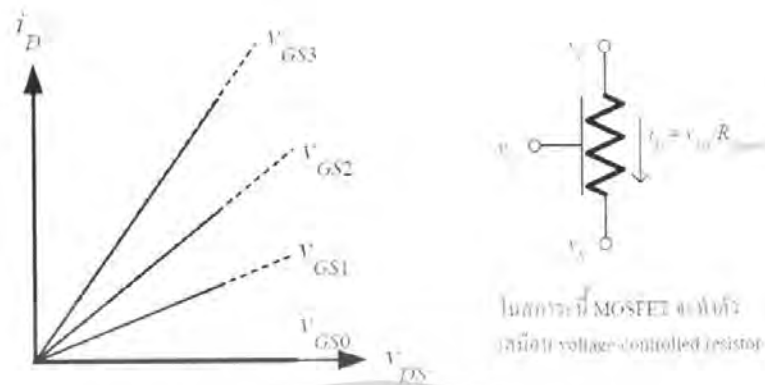
ในกรณีที่ $v_{GS} > V_{th}$ สภาพนำไฟฟ้าของ channel จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพาหะใน channel ซึ่งมีค่าแปรผันตามแรงดัน $V_{eff} = v_{GS} - V_{th}$

Note หนังสือบางเล่มจะเรียก V_{eff} ว่า $v_{DS}(sat)$, V_{GT} หรือ v_{OV}

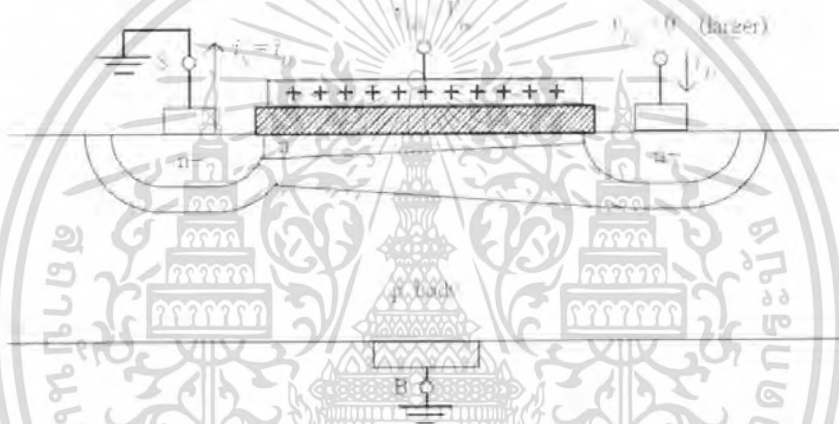


ในกรณีที่ $v_{GS} > V_{th}$ และ v_{DS} มีค่าเป็นบวกเล็ก ๆ จะเกิดกระแสไหลใน channel เท่ากับ $v_{DS}/R_{channel}$ เมื่อ $R_{channel}$ คือความต้านทานของ channel ซึ่งจะมีค่าผกผันกับ V_{eff} จะเห็นได้ว่าการไหลของกระแสจะถูกควบคุมด้วยสนามไฟฟ้าที่ตกคร่อม oxide ด้วยเหตุนี้เราจึงเรียกอุปกรณ์ลักษณะนี้ว่า Field-Effect Transistor (FET) นอกจากนี้กระแสใน FET เคลื่อนที่ของพาหะชนิดเดียว (electron ในกรณี NMOS) --> Unipolar Junction Transistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

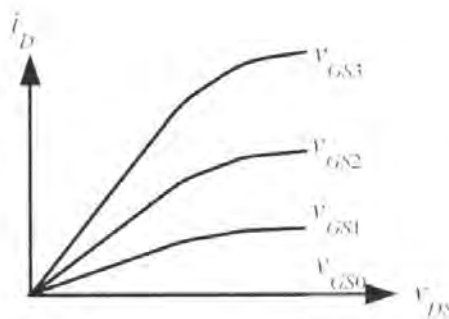


$$V_{GS3} > V_{GS2} > V_{GS1} > V_m > V_{GS0}$$



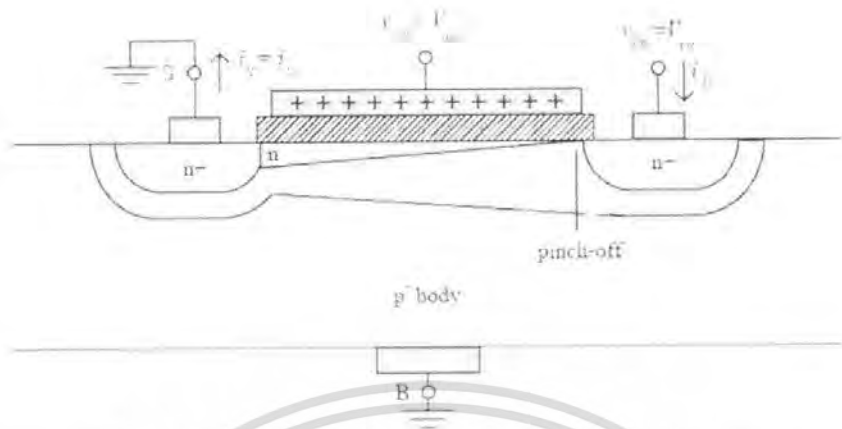
เมื่อ v_{DS} มีค่าสูงขึ้น ความลึก channel จะเสมือนไม่เท่ากันตลอด* โดยบริเวณติด D จะมีค่าเล็กน้อยลง ในขณะที่บริเวณติด S จะมีความลึกเท่าเดิม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแรงดันที่ตกคร่อมชั้น oxide ที่บริเวณ D (v_{GD}) จะต่ำกว่าแรงดันที่ตกคร่อมชั้น oxide ที่บริเวณ S (v_{GS}) ทั้งนี้รูปร่างของ channel เปลี่ยนไปทำให้ความต้านทานเพิ่มขึ้น

* ในความเป็นจริงสิ่งที่ไม่เท่ากันตลอดคือความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระใน channel ซึ่งจะมากที่สุดบริเวณติดกับ S และน้อยที่สุดบริเวณใกล้ D



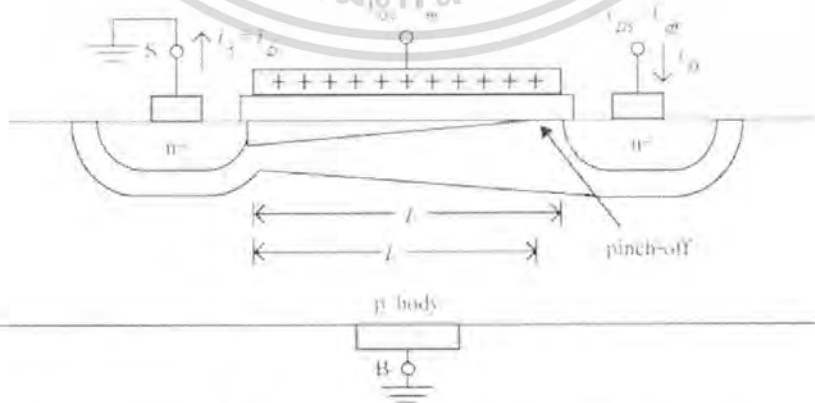
$$V_{GS3} > V_{GS2} > V_{GS1} > V_m > V_{GS0}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ถ้าเราเพิ่ม v_{DS} ให้สูงขึ้นจนกระทั่ง $v_{DS} = V_{eff}$ จะทำให้ $v_{GD} = V_{tn}$ และจะเกิดการขาดตอน (pinch-off) ของ channel ช่วงที่ติดกับบริเวณ D พอดี

ของ channel ช่วงที่ติดกับบริเวณ D พอดี

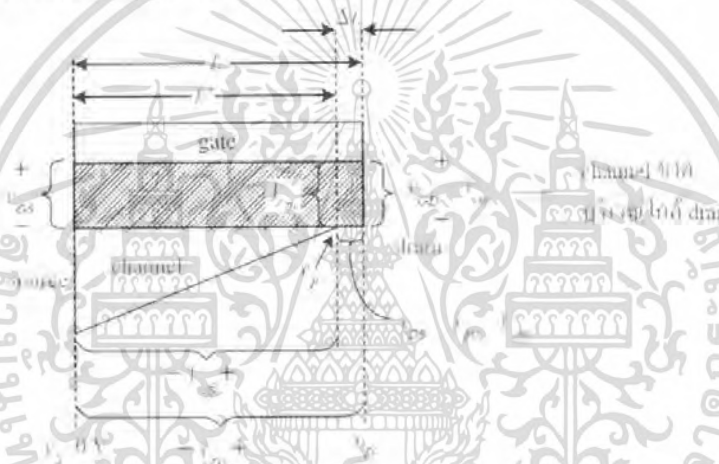


เมื่อ $v_{DS} > V_{eff}$ จุด pinch-off จะเลื่อนไปทางซ้ายเล็กน้อย (ทำให้ความยาวของ channel ลดลงจาก L เป็น L').

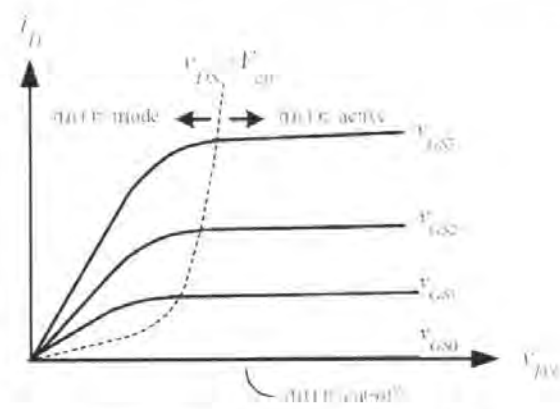
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ดูเหมือนว่าภายใต้เงื่อนไข กระแส i_D จะหยุดไหลเนื่องจาก channel "ได้ถูกตัดขาด"
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อย่างไรก็ตามสิ่งที่เกิดขึ้นคือกระแสจะยังคงไหลอยู่ เพราะอิเล็กตรอนที่วิ่งจาก S เข้าสู่ channel จะมีความเร็วมากขึ้นเรื่อย ๆ จนมาถึงจุด pinch-off อิเล็กตรอนจะถูกสนามไฟฟ้าที่ระหว่างจุด pinch-off และบริเวณ D กวาดให้เข้าไปสู่บริเวณ D ได้อย่างรวดเร็ว



เนื่องจาก $v_D = v_G - V_{th}$ (หรือ $v_{DS} = v_{GS} - V_{th} = V_{eff}$) ทำให้แรงดันที่ตกคร่อม channel จะยังคงเท่า
 กับ V_{eff} เสมอ ส่งผลให้ i_D ไหลค่อนข้างคงที่ และสนามไฟฟ้าที่คร่อมระหว่างจุด pinch-off กับบริเวณ D คือ $v_{DP}/\Delta(L)$ Channel length modulation effect: จาก $i_D = V_{eff}/R_{channel}$ ในทางปฏิบัติเมื่อ v_{DS} เพิ่มขึ้นจะทำให้ i_D สูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการหดของ channel จะทำให้ $R_{channel}$ ลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรในสังกัดของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในทางปฏิบัติแรงดันระหว่าง B และ S จะทำให้ V_{tn} มีค่าเปลี่ยนไป ซึ่งก็จะไปส่งผลกระทบต่อกระแส i_D เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **Body Effect**

NMOS:

$V_{tn} > 0$ (typical ~ 0.8 V), $V_{eff} = V_{sg} - V_{tn}$

สถานะ เงื่อนไข ช่องนำกระแส

ตัดขาด (cut-off) $V_{GS} < V_{tn}$ ไม่มี

ไตรโอด (triode) $V_{GS} > V_{tn}$ และ $v_{DS} < V_{eff}$ เกิดช่องนำกระแสระหว่าง drain และ source

แอ็คทีฟ*(active) $V_{GS} > V_{tn}$ และ $v_{DS} > V_{eff}$ ช่องนำกระแสตัดขาดและมีแรงดันตกคร่อม V_{eff}

Cut-off: $V_{eff} < 0$

Triode: $V_{eff} > V_{DS} > 0$

Active: $V_{DS} > V_{eff} > 0$

PMOS:

$V_{tp} < 0$, $V_{eff} = V_{sg} - |V_{tp}|$

สถานะ เงื่อนไข ช่องนำกระแส

ตัดขาด (cut-off) $V_{SG} < |V_{tn}|$ ไม่มี

ไตรโอด (triode) $V_{SG} > |V_{tn}|$ และ $v_{SD} < V_{eff}$ เกิดช่องนำกระแสระหว่าง drain และ source

แอ็คทีฟ*(active) $V_{SG} > |V_{tn}|$ และ $v_{SD} > V_{eff}$ ช่องนำกระแสตัดขาดและมีแรงดันตกคร่อม V_{eff}

Cut-off: $V_{eff} < 0$

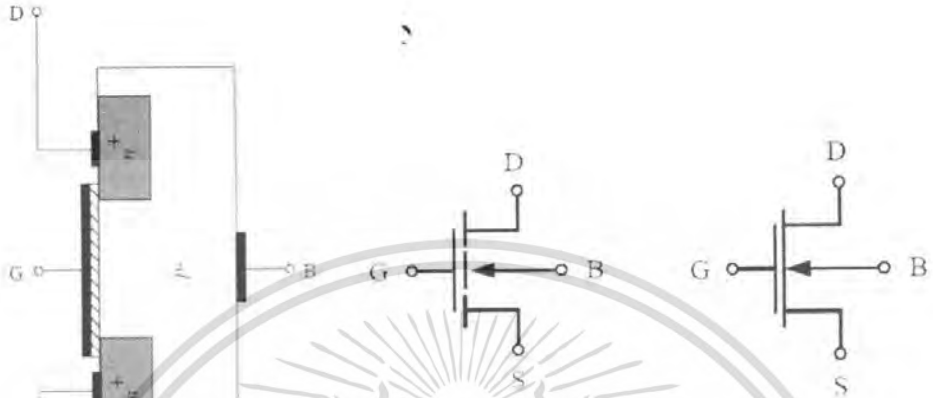
Triode: $V_{eff} > V_{SD} > 0$

Active: $V_{SD} > V_{eff} > 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

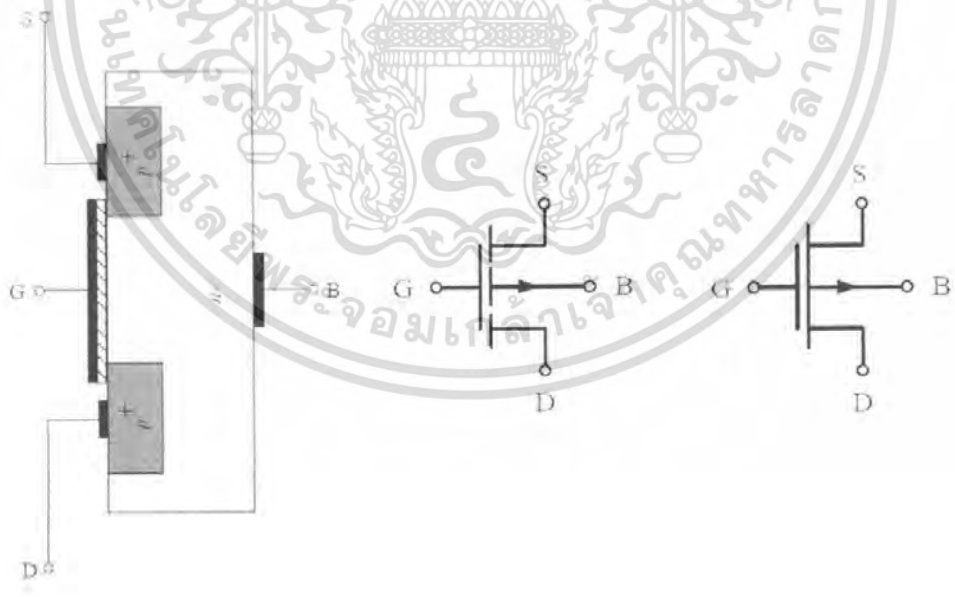
2.4.3 สัญลักษณ์ MOSFET

NMOS



สัญลักษณ์ 3-terminal symbol

PMOS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **82445** เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลักการทำงานของ การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D)

สัญญาณที่ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มี 2 ชนิด คือ สัญญาณอนาล็อก และสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาล็อก จะใช้ใน อุปกรณ์ต่างๆ ไป และใช้ในการควบคุมแบบเก่า

ในปัจจุบันมีไมโครโปรเซสเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาช่วยในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย ซึ่งทำให้การควบคุมนั้นทำได้ง่าย และรวดเร็วยิ่งขึ้น แต่ในการควบคุมนั้น เราจำเป็นต้องใช้ สัญญาณดิจิตอลในการติดต่อกับ ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ในความเป็นจริงนั้น เราใช้สัญญาณอนาล็อกในการควบคุม ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วจึงนำสัญญาณนั้นเข้ามาสู่ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ควบคุมระบบต่อไป

แม้ว่าสัญญาณอนาล็อกนั้นมีความแน่นอน และแม่นยำสูง แต่สัญญาณอนาล็อกนั้นก็ควบคุมได้ยาก เนื่องจากในสภาพแวดล้อม มีสัญญาณรบกวนอยู่มาก และการที่จะทำให้ การควบคุมแบบอนาล็อกมีความสามารถควบคุม เท่ากับการควบคุมแบบดิจิตอลนั้น ทำได้ยาก เนื่องจากวงจรควบคุมแบบอนาล็อกจะต้องมีความซับซ้อนสูง

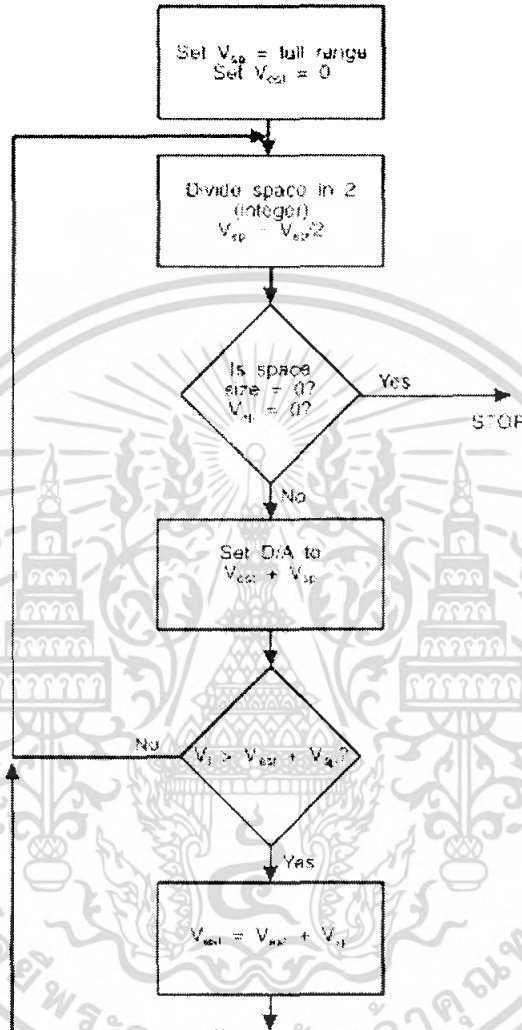
อย่างไรก็ตาม สัญญาณดิจิตอลก็ไม่สามารถทดแทนความละเอียดของสัญญาณอนาล็อกได้อย่างสมบูรณ์ แต่ทำให้การควบคุมนั้นทำได้ง่าย และสะดวกยิ่งขึ้น

2.5.1 Successive Approximation

ใช้หลักการของ "binary search" ในการหาคำตอบ โดยนำค่าผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับค่ากึ่งกลางของช่วง เพื่อให้ทราบว่า ค่านั้นๆ มากกว่า หรือน้อยกว่า โดยจะปรับช่วงให้แคบลงมาเรื่อยๆ แล้วเปรียบเทียบกับผลลัพธ์กับค่ากึ่งกลางของช่วงไปเรื่อยๆ จนได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่น เลขที่เป็นคำตอบคือ 3 จากช่วงของคำตอบที่ 0-7 ครั้งแรกเอาค่า $(0+7)/2 = 4$ มาเปรียบเทียบกับ ได้ผลว่า คำตอบที่ต้องการอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 4 ครั้งที่ 2 ก็เลือกค่า $(0+4)/2 = 2$ มาเปรียบเทียบกับ ได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการอยู่ในช่วงที่มากกว่า 2 แต่น้อยกว่า 4 ครั้งที่ 3 ก็เลือกค่า $(2+4)/2 = 3$ มาเปรียบเทียบกับ ได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

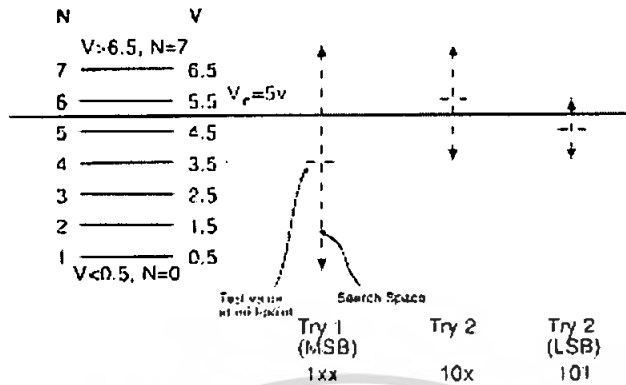
จากหลักการที่กล่าวมาอาจเขียน flow chart ได้ดังนี้



ข้อดีของวิธีนี้ คือ เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ n รอบแน่นอน (สำหรับ n bit converter ซึ่งอ้างอิงได้ $2n$ ระดับ และระดับ V_{in} ที่คงที่) ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าแบบ "Counting Algorithm"

แต่มีข้อเสีย คือถ้า V_{in} เปลี่ยนทันทีทันใด ขณะที่กำลังทำ binary search อยู่ นั่น คำตอบที่ได้จะผิดพลาด ตัวอย่างเช่น เปลี่ยน V_{in} จาก 5 Volt เป็น 2 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



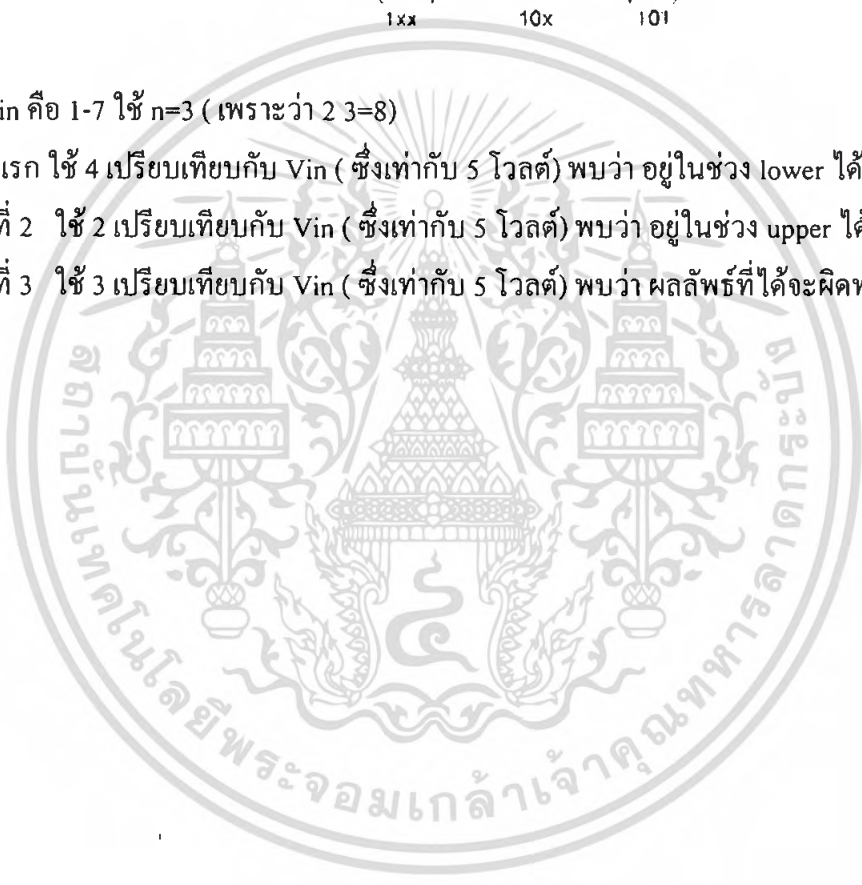
ช่วงของ V_{in} คือ 1-7 ใช้ $n=3$ (เพราะว่า $2^3=8$)

ครั้งแรก ใช้ 4 เปรียบเทียบกับ V_{in} (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า อยู่ในช่วง lower ได้ 1xx

ครั้งที่ 2 ใช้ 2 เปรียบเทียบกับ V_{in} (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า อยู่ในช่วง upper ได้ 10x

ครั้งที่ 3 ใช้ 3 เปรียบเทียบกับ V_{in} (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จะผิดพลาด ได้

100



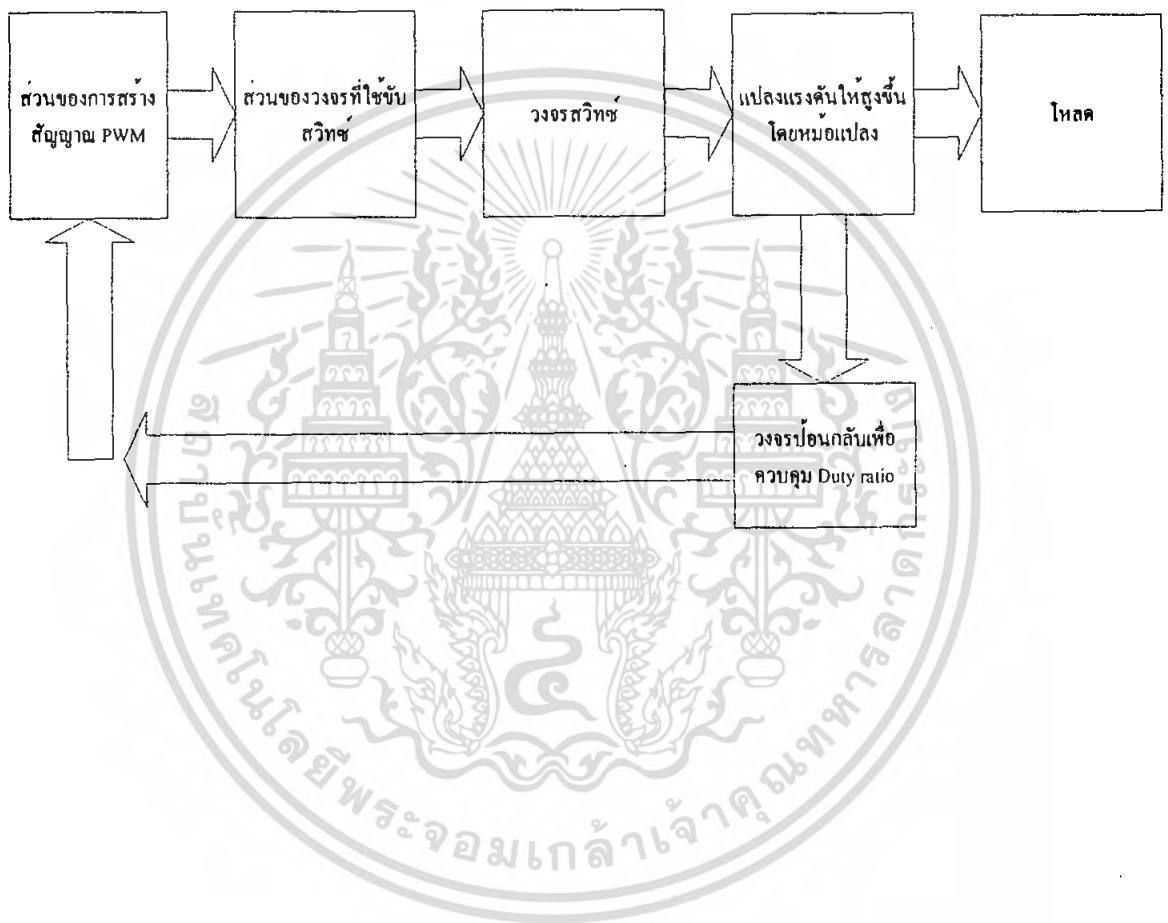
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

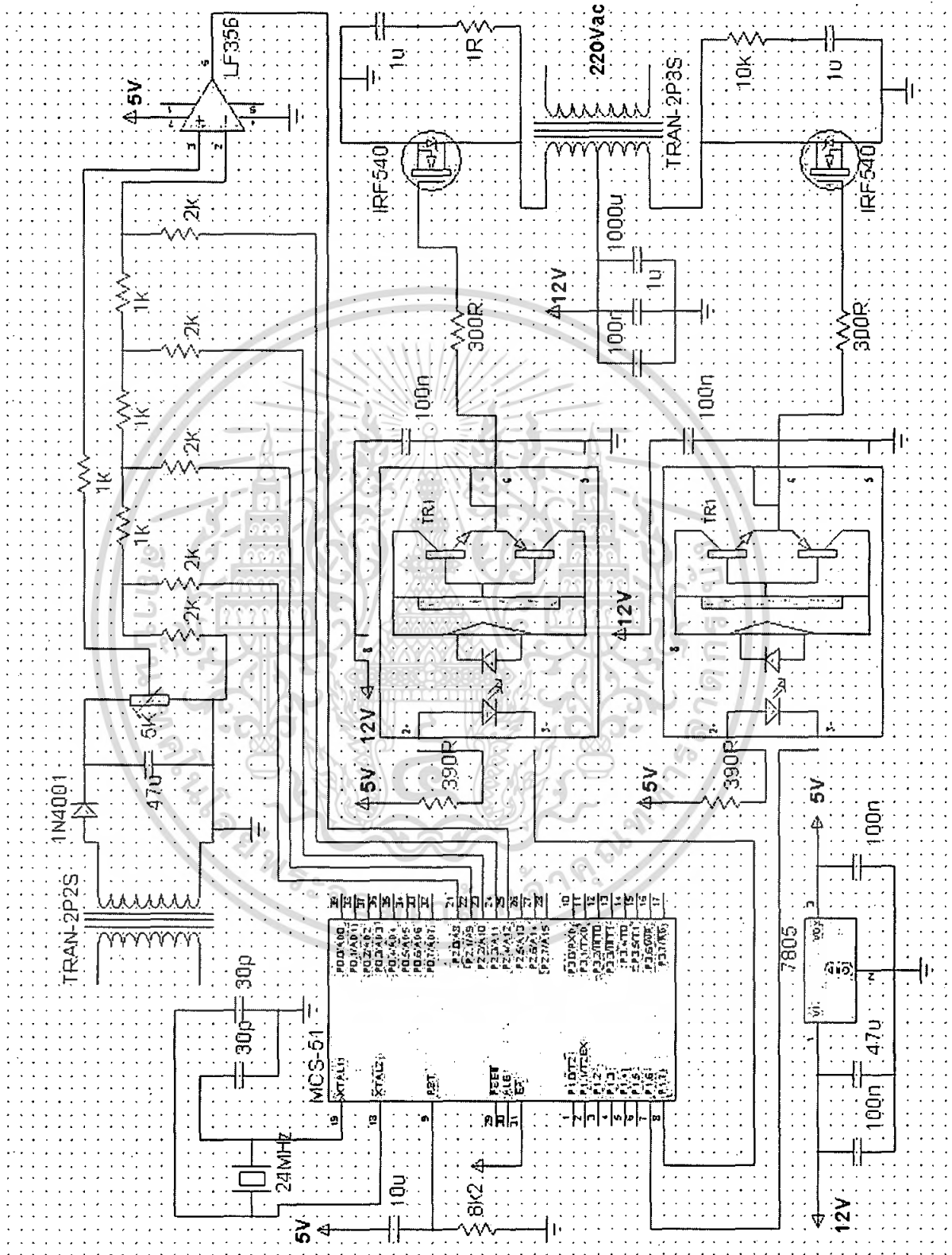
3.1 บล็อกไดอะแกรม

บล็อกไดอะแกรม



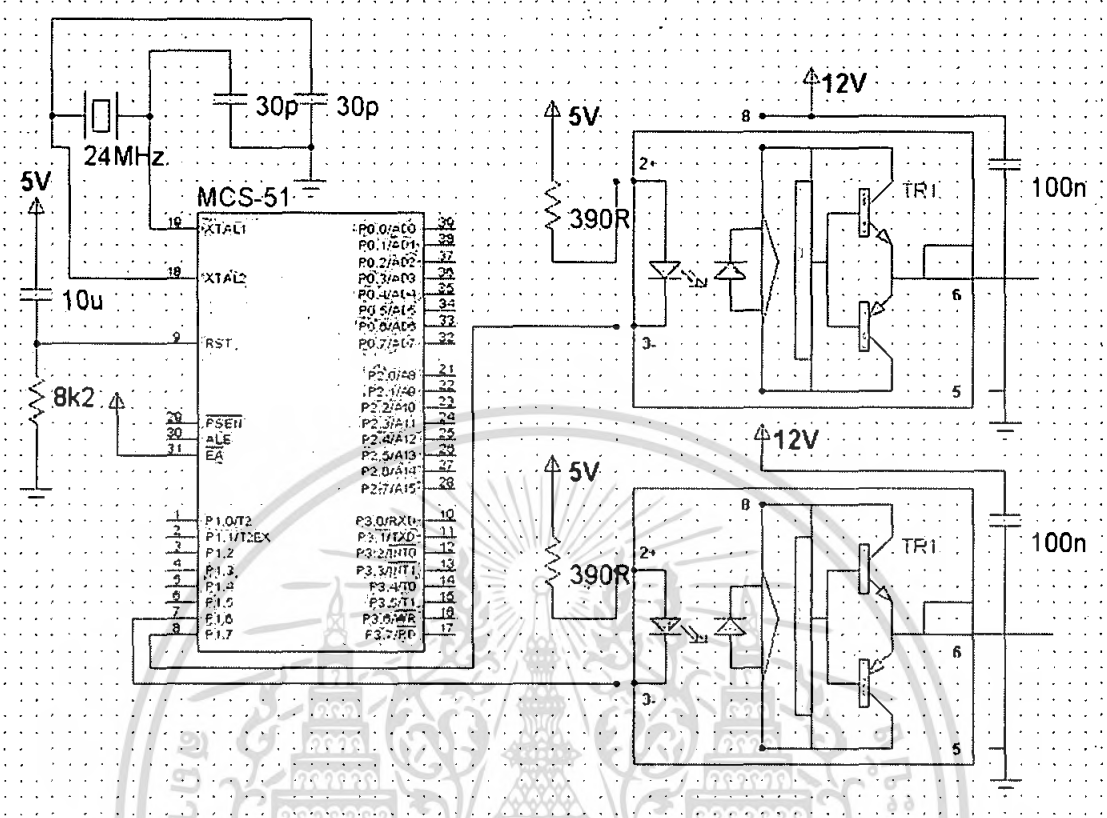
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรที่ออกแบบ

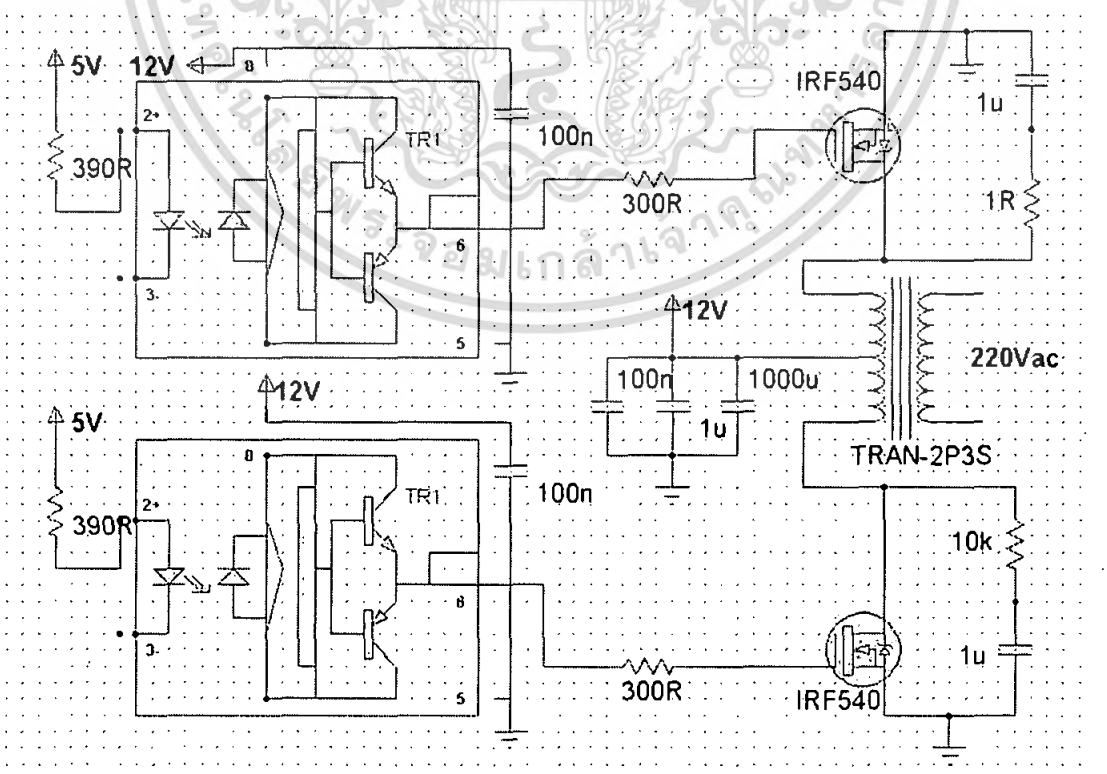


รูป 3.1 วงจรที่ออกแบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



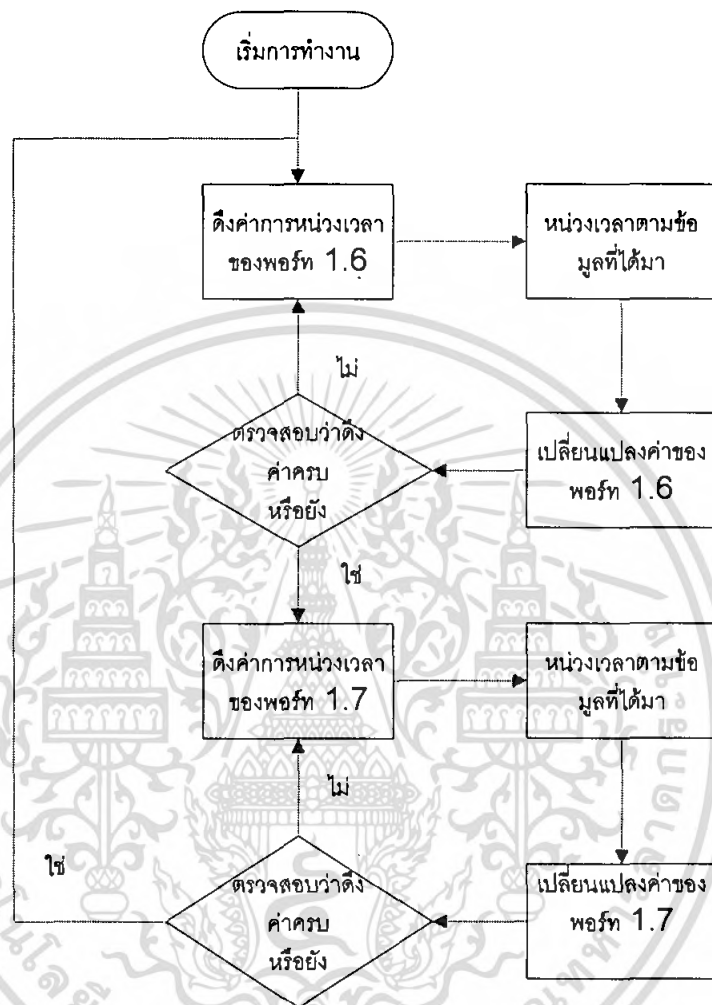
รูป3.2 วงจรส่วนMCS-51 กับ Opto-Isolator



รูป3.3 วงจรส่วนOpto-Isolator กับ MOSFET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมการสวิตช์



ซึ่งกำหนดให้การควบคุมสวิตช์เป็นในลักษณะ Active Low

โดยหลักการในการกำหนดพัลส์ คือ

$$\text{จาก } V = A \sin \theta \quad (3.1)$$

$$\text{และ } V = \frac{T_{ON}}{T} A \quad (3.2)$$

$$\therefore T_{ON} = T \sin \theta \quad (3.3)$$

โดย A คือ ขนาดของรูปสัญญาณไซน์

T_{ON} คือ คาบเวลาของพัลส์ในช่วงที่มีค่าเป็น 0

T คือ คาบเวลาของการสวิตช์ ซึ่งทำการสวิตช์ที่ความถี่ 10 กิโลเฮิร์ต ดังนั้น ค่าเวลาจึงเท่ากับ

100 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

θ คือ มุมของสัญญาณขาอิน โดยจะไล่ตั้งแต่มุม $0^\circ, 1.8^\circ, 3.6^\circ, \dots, 88.2^\circ$ ซึ่งเมื่อไล่ค่าครบตามนี้ จะทำให้

ได้ T_{ON} 1 ใน 4 ของสัญญาณขาอิน 50 เฮิร์ต ส่วนช่วงที่ 2 ทำการไล่ค่ากลับจาก 88.2° จนถึง 0°

3.4 การออกแบบค่า R_1

ค่าเทสโวลของไดโอดที่ฝั่งอินพุทของออปโตไอโซเลเตอร์คือ 5 มิลลิแอมแปร์ จึงได้ทำการ ออกแบบค่า R_1 ไว้ที่ 390 โอห์ม เพื่อให้มีกระแสไหลประมาณ 10 มิลลิแอมแปร์

3.5 การออกแบบ R_2

เป็นการออกแบบ โดยใส่ค่า 300 โอห์ม เพื่อให้ใช้เวลาในการทำให้สวิทช้อนใช้เวลา ประมาณ $1 \mu S$ เพื่อให้กระแสในหม้อแปลงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเป็นผลให้สัญญาณ แรงดันเกินที่ V_{ds} ลดลง

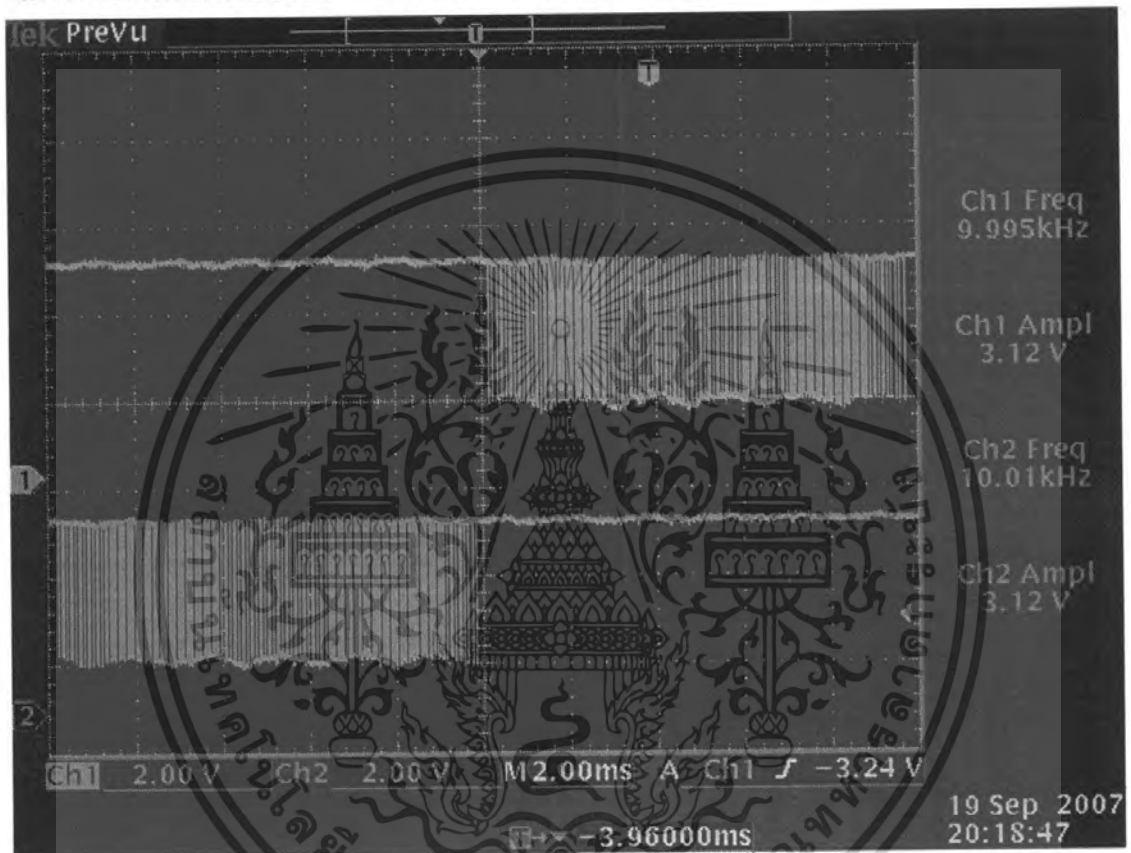
3.6 เลือกใช้มอสเฟตที่มีไดโอดอยู่ภายใน

เพื่อให้มีเส้นทางให้กระแสไหลในช่วงที่มอสเฟตหยุดทำงาน โดยเมื่อมอสเฟตตัวใดหยุดทำงาน แกนแม่เหล็กจะคายพลังงาน โดยให้กระแสไหลผ่าน ไดโอดที่คร่อมอยู่ที่มอสเฟตอีกตัวหนึ่ง

บทที่ 4

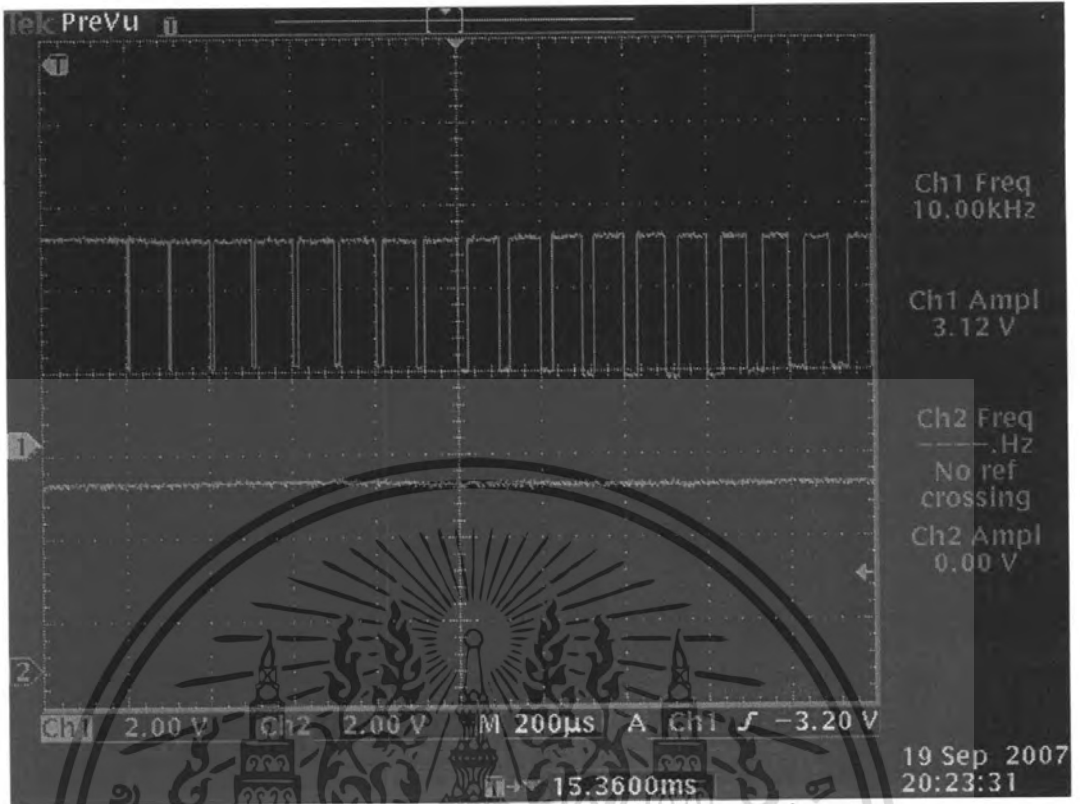
ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองโดยวัดที่พอร์ท 1.6 เทียบกับพอร์ท 1.7

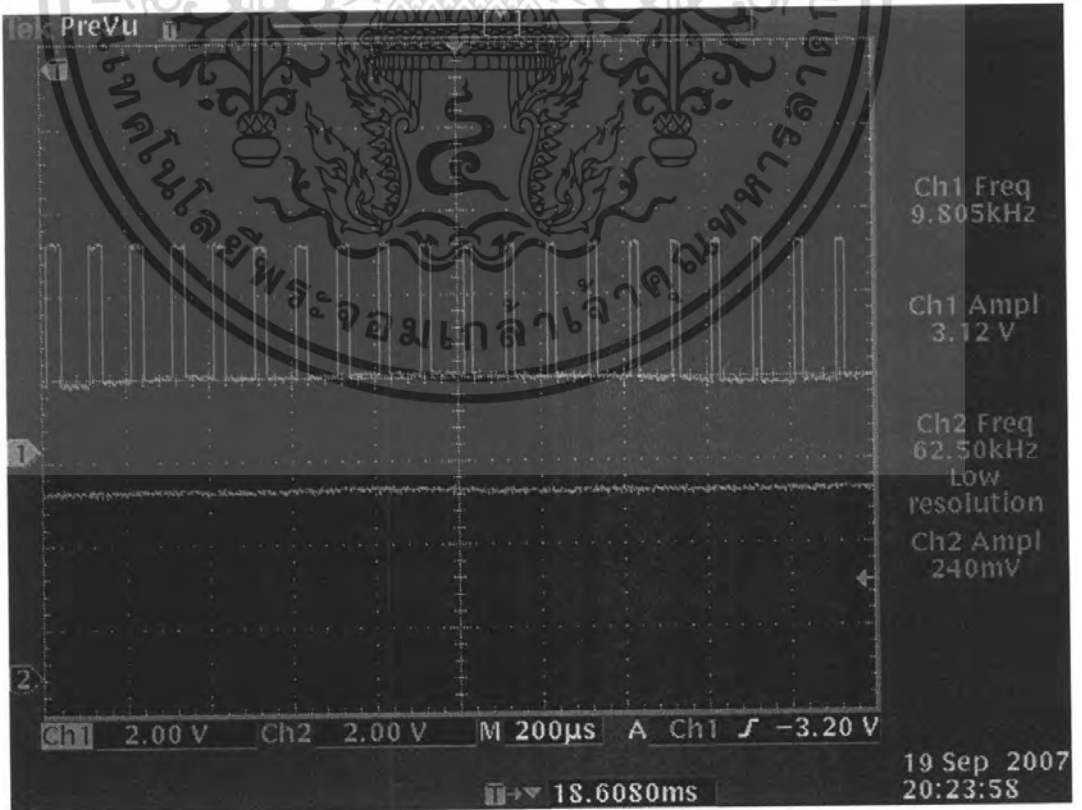


รูปที่ 4.1 แสดงผลใน 1 คาบของสัญญาณทั้ง 2 พอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

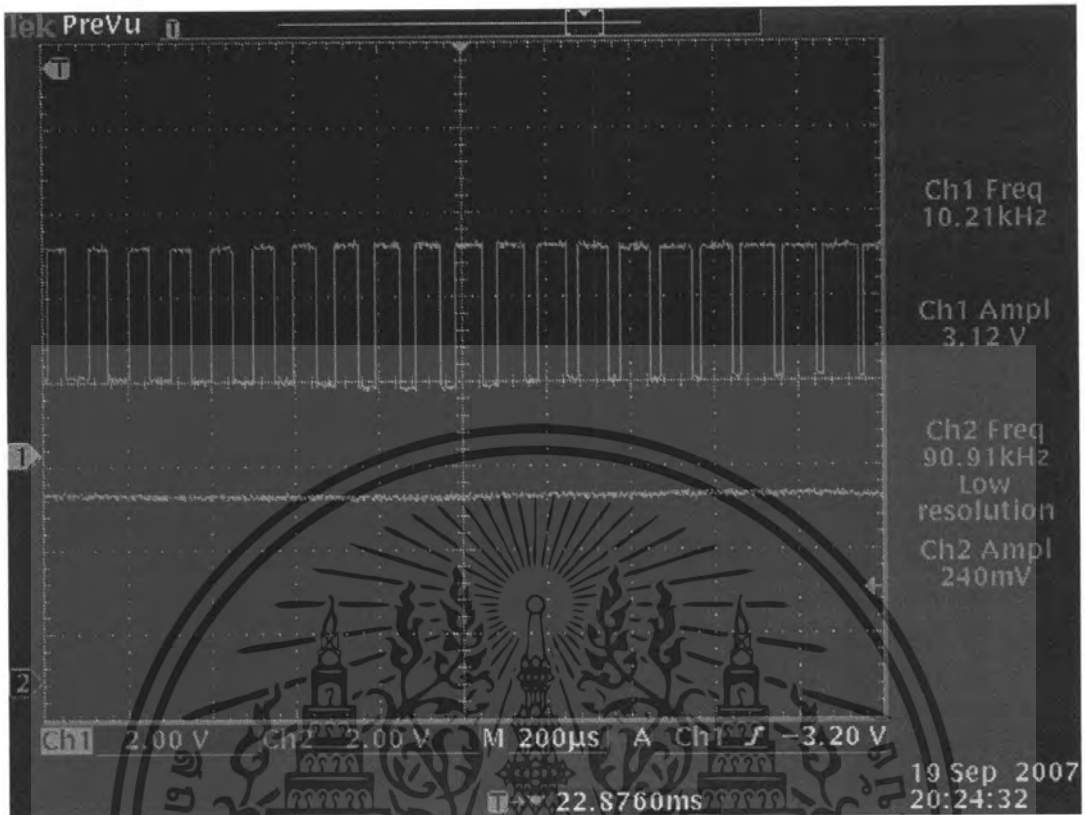


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณของพอร์ท 1.6 ในช่วงที่ 1

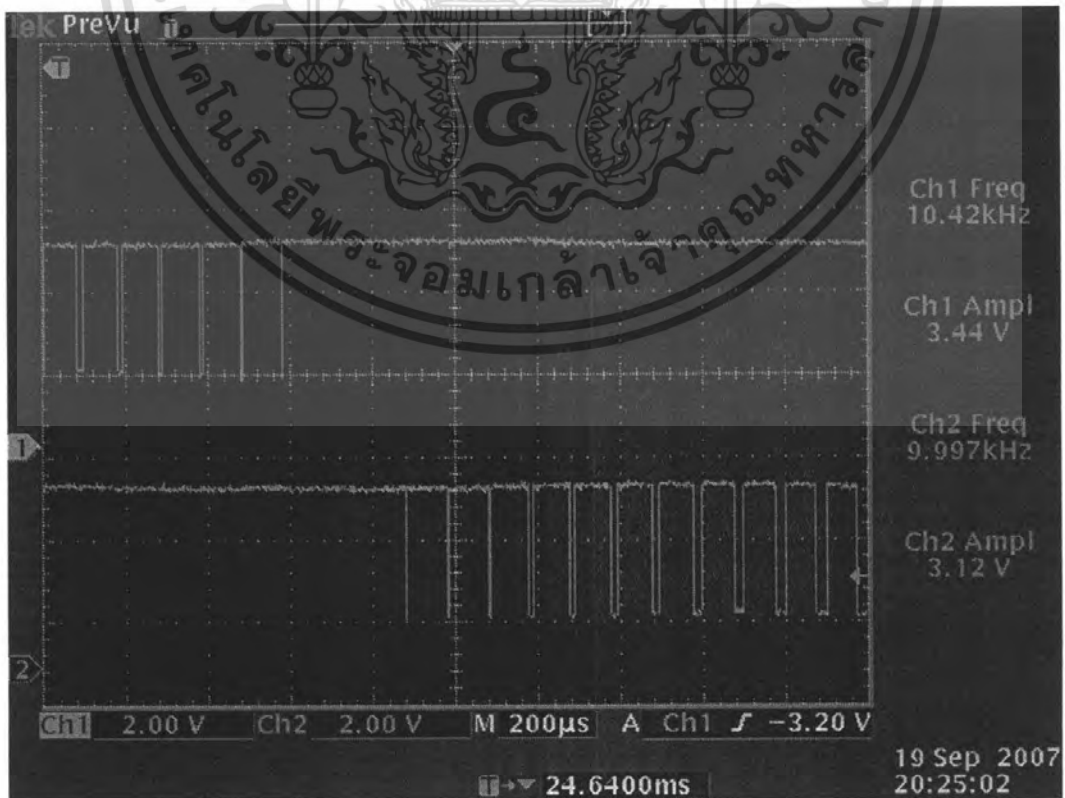


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณของพอร์ท 1.6 ในช่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

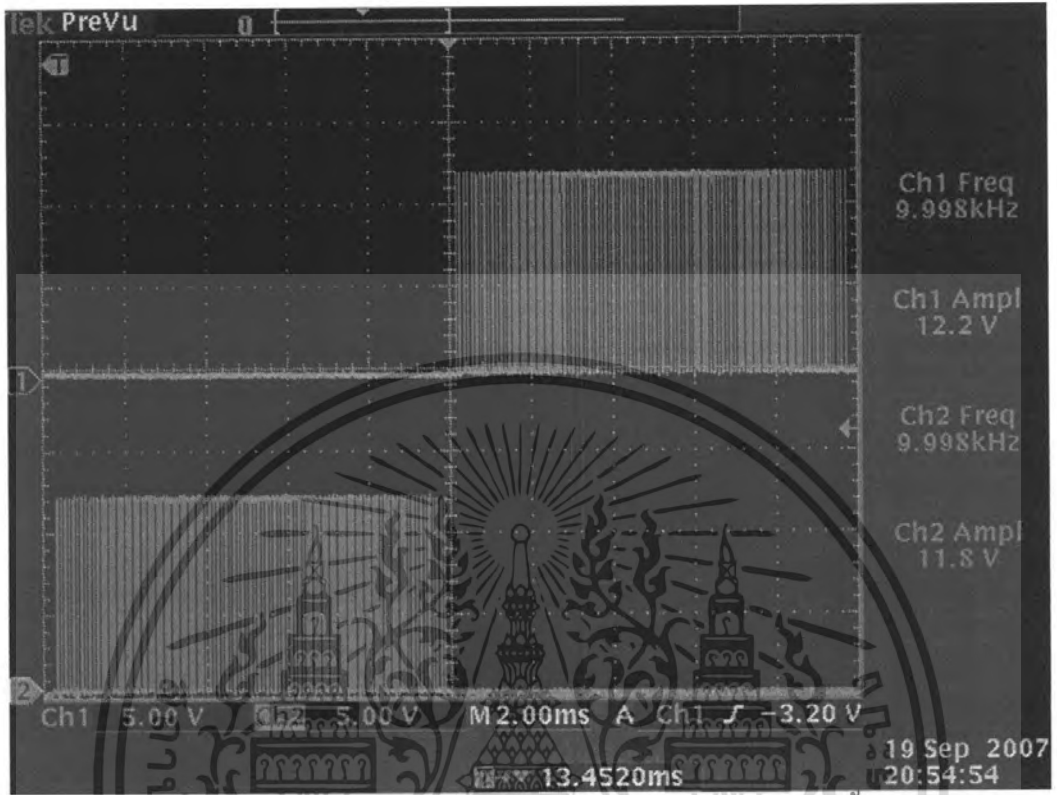


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณของพอร์ท 1.6 ในช่วงที่ 3

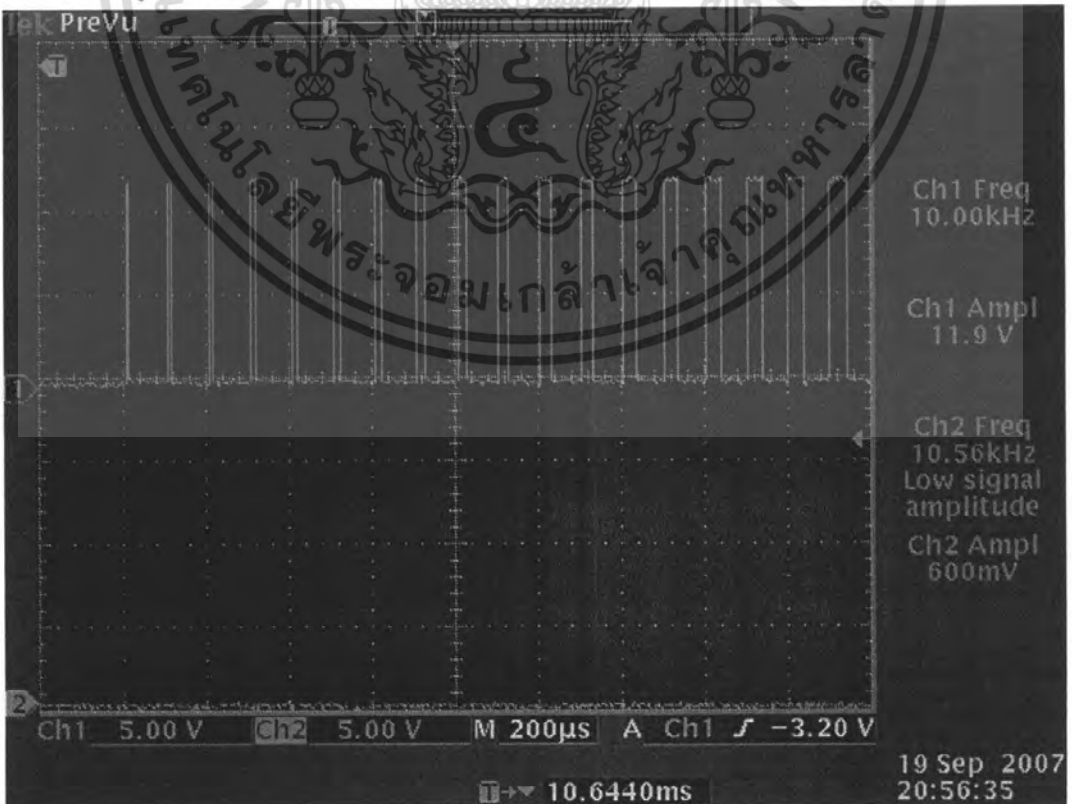


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณของพอร์ท 1.6 ในช่วงที่ 4
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองโดยวัดที่เอาท์พุทของออปโตไอโซเลเตอร์ทั้งสองตัวเปรียบเทียบกัน

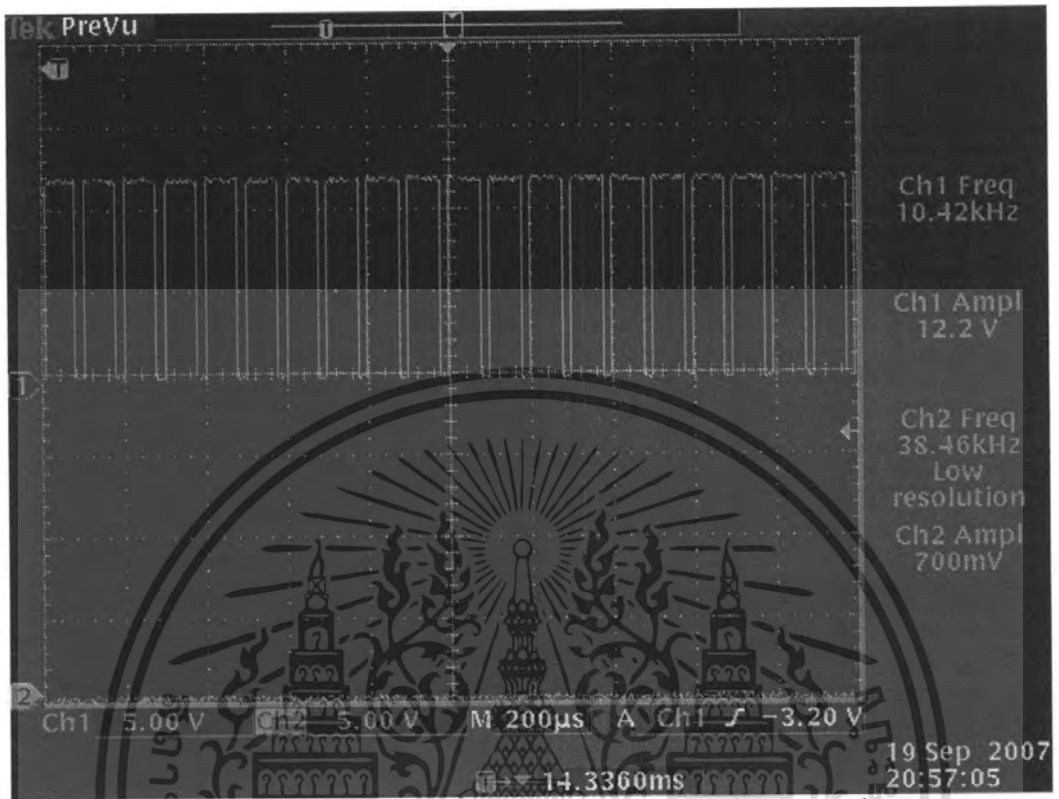


รูปที่ 4.6 แสดงผลใน 1 คาบของสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ทั้ง 2 ตัว

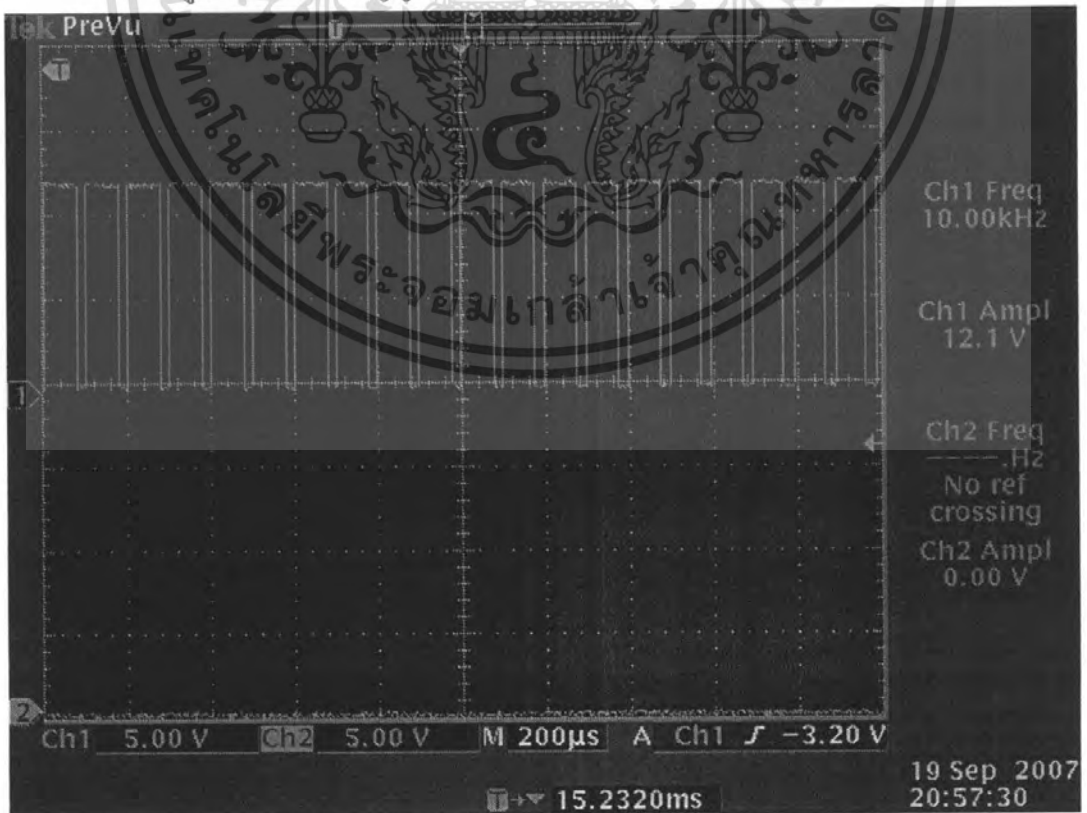


รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

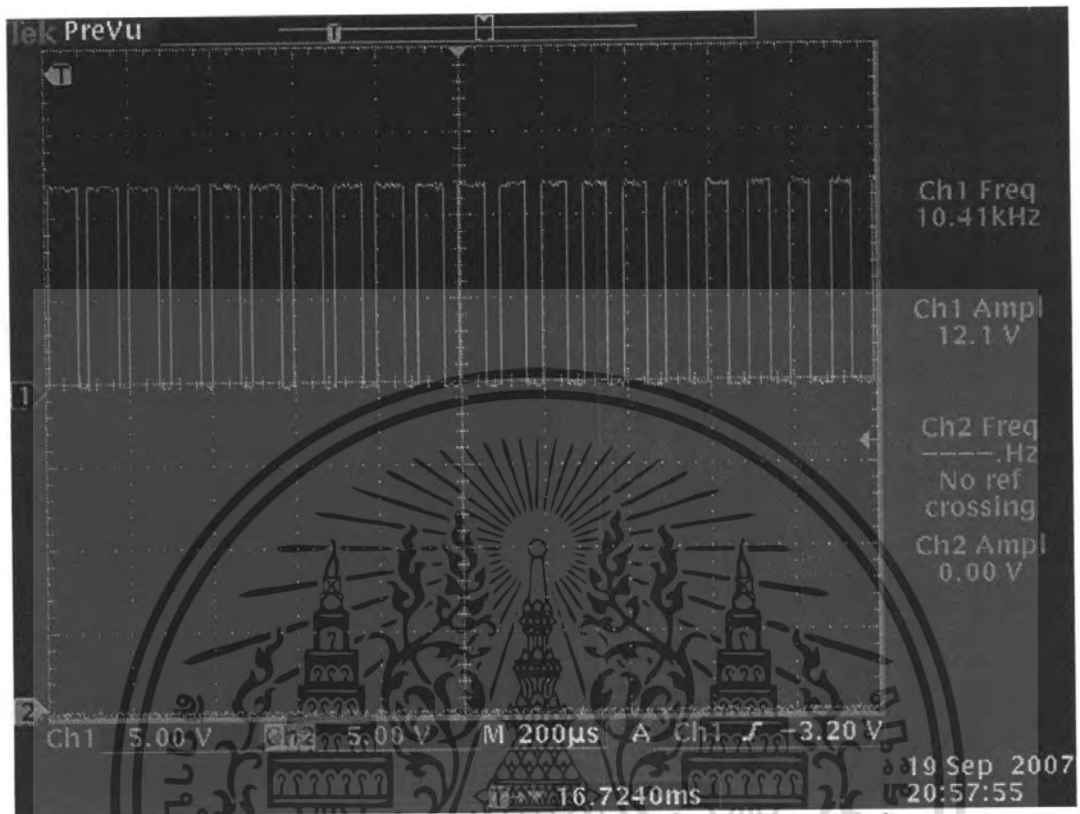


รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่ออกโดไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 2

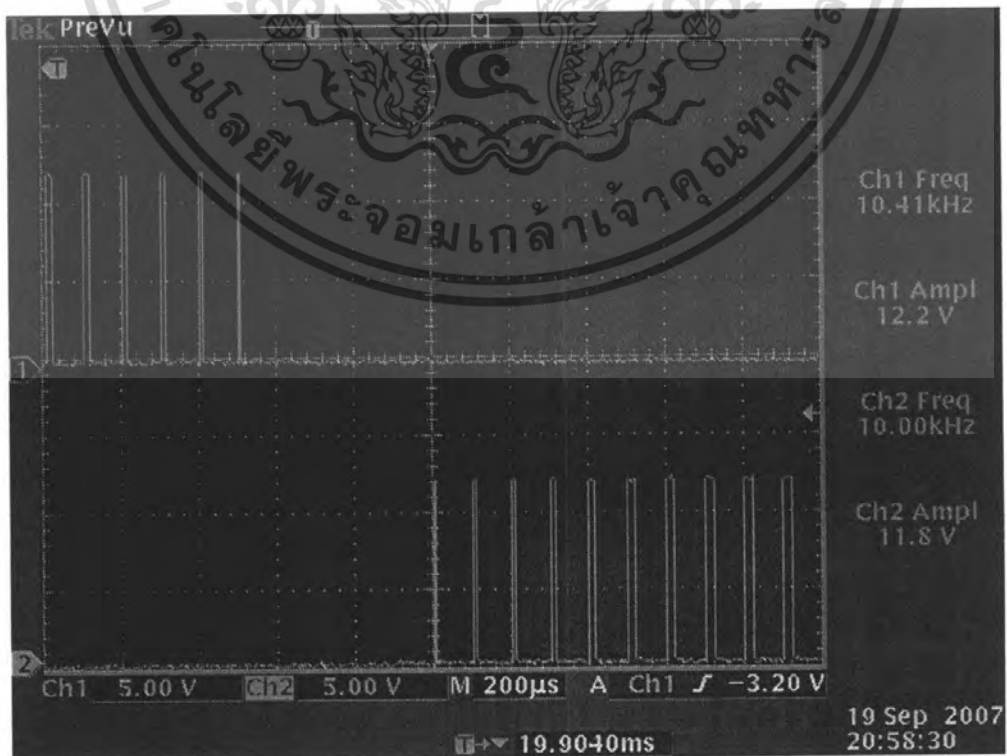


รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณที่ออกโดไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



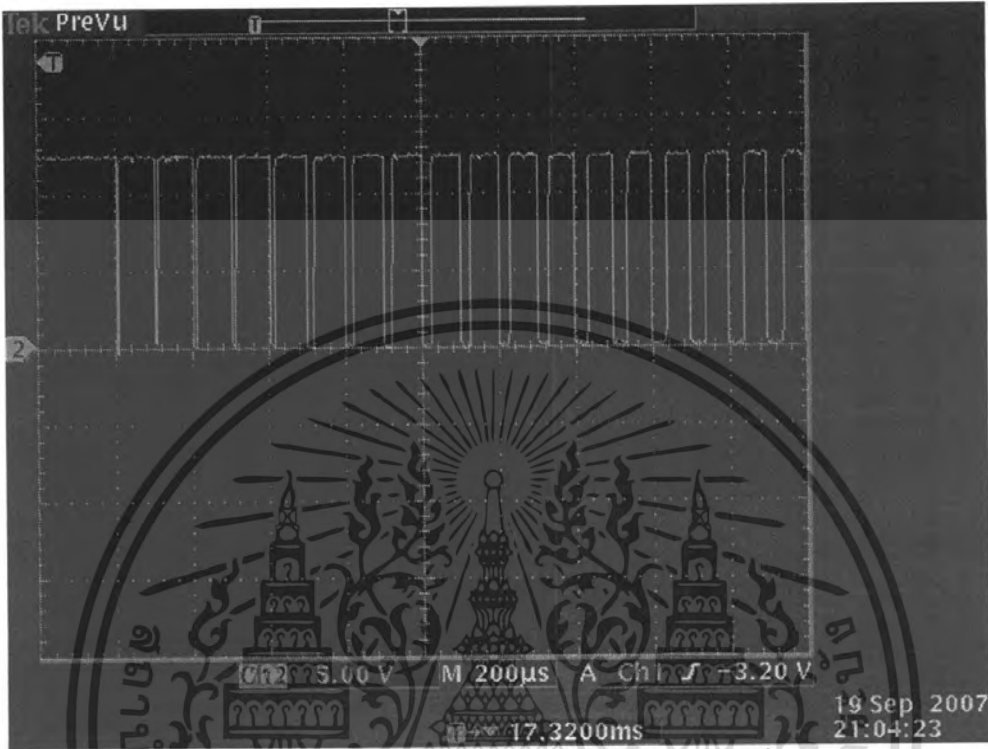
รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 4



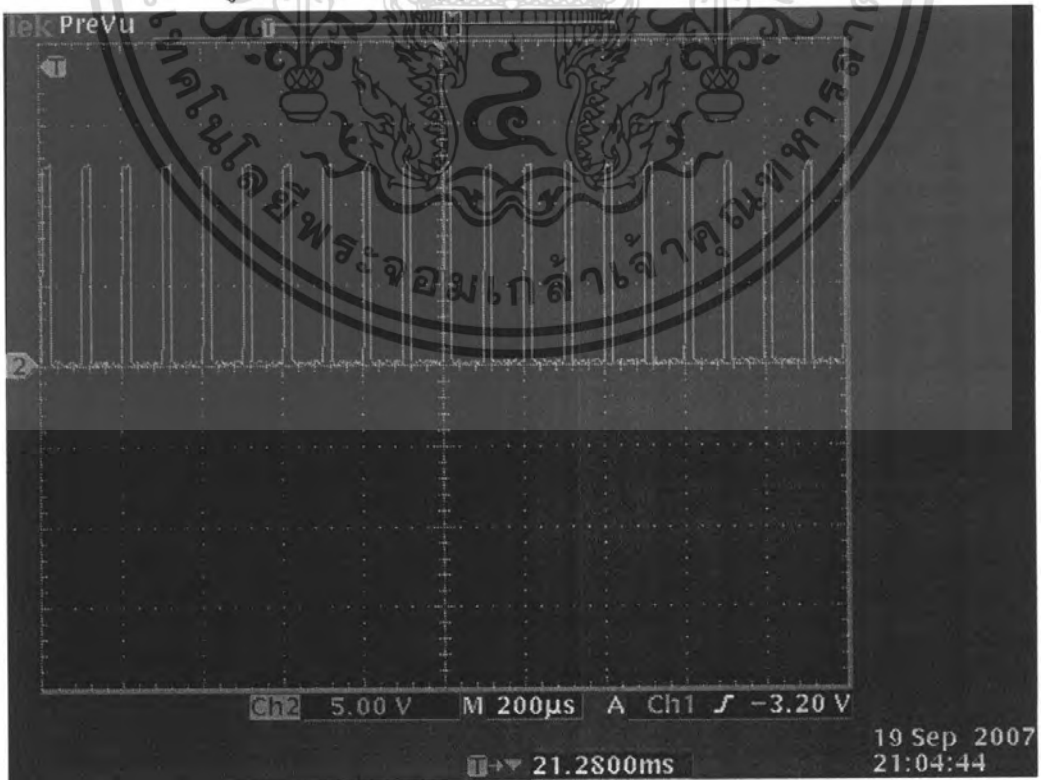
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณที่ออปโตไอโซเลเตอร์ตัวที่ 1 ในช่วงที่ 5 ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองโดยวัดผลที่ขาเดรนของมอสเฟตที่เมื่อใส่ค่าความต้านทานเป็นโหลด

4.3.1 $R = 1.2\text{ k}\Omega$

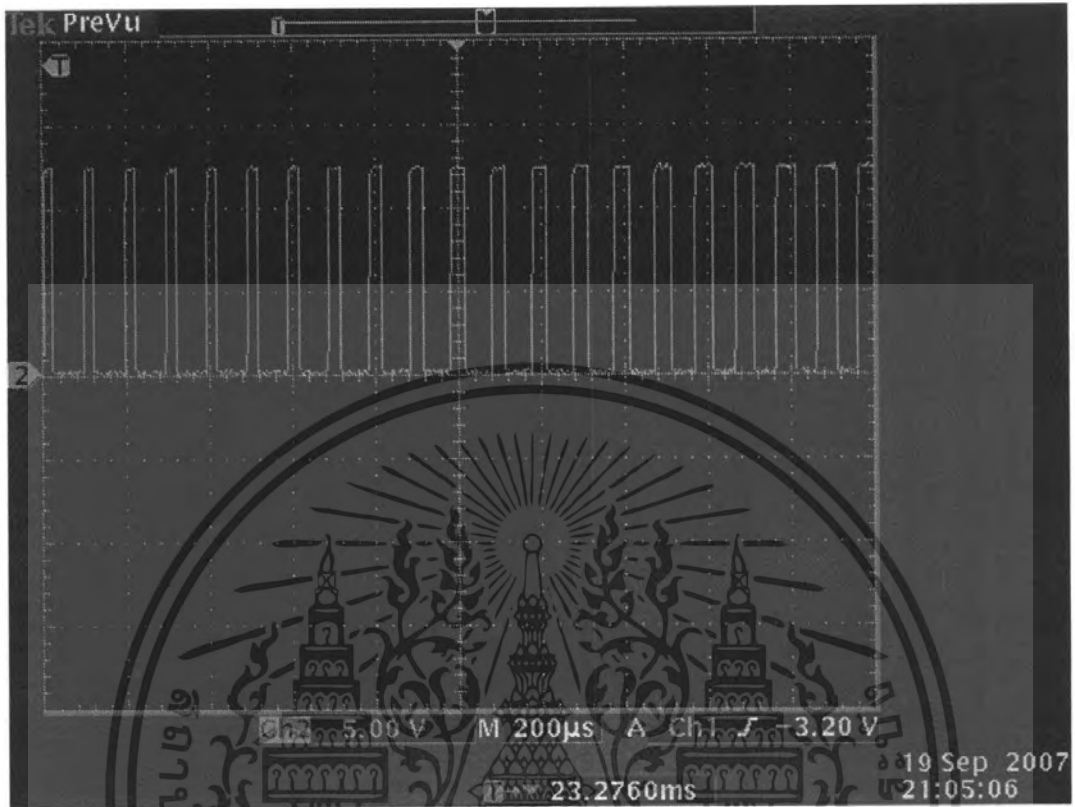


รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณการสวิตซ์ที่ขาเดรนช่วงที่ 1

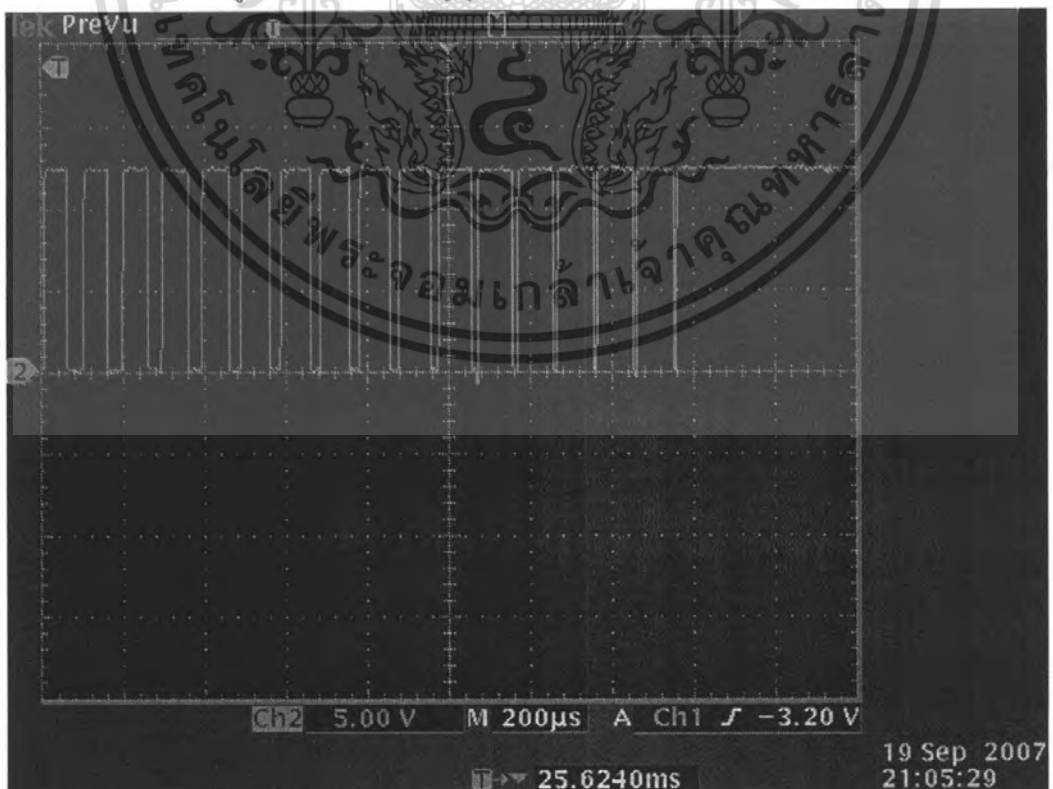


รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณการสวิตซ์ที่ขาเดรนช่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



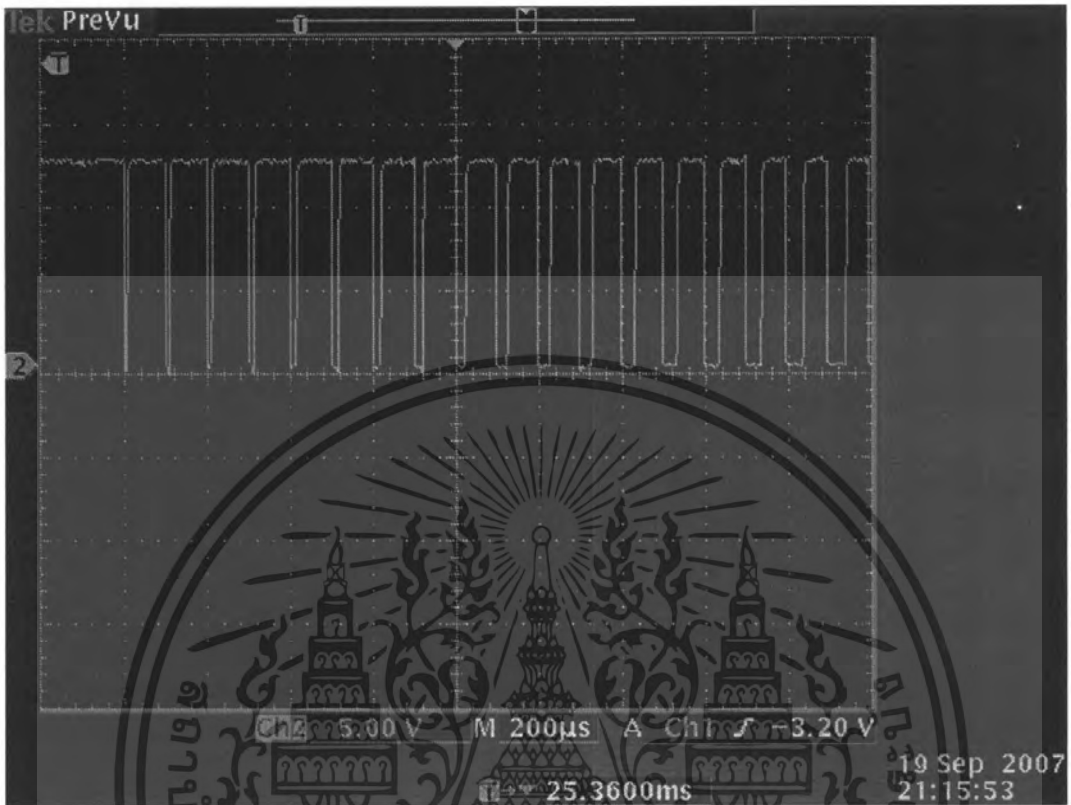
รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณการสวิตซ์ที่ขาเดรนช่วงที่ 3



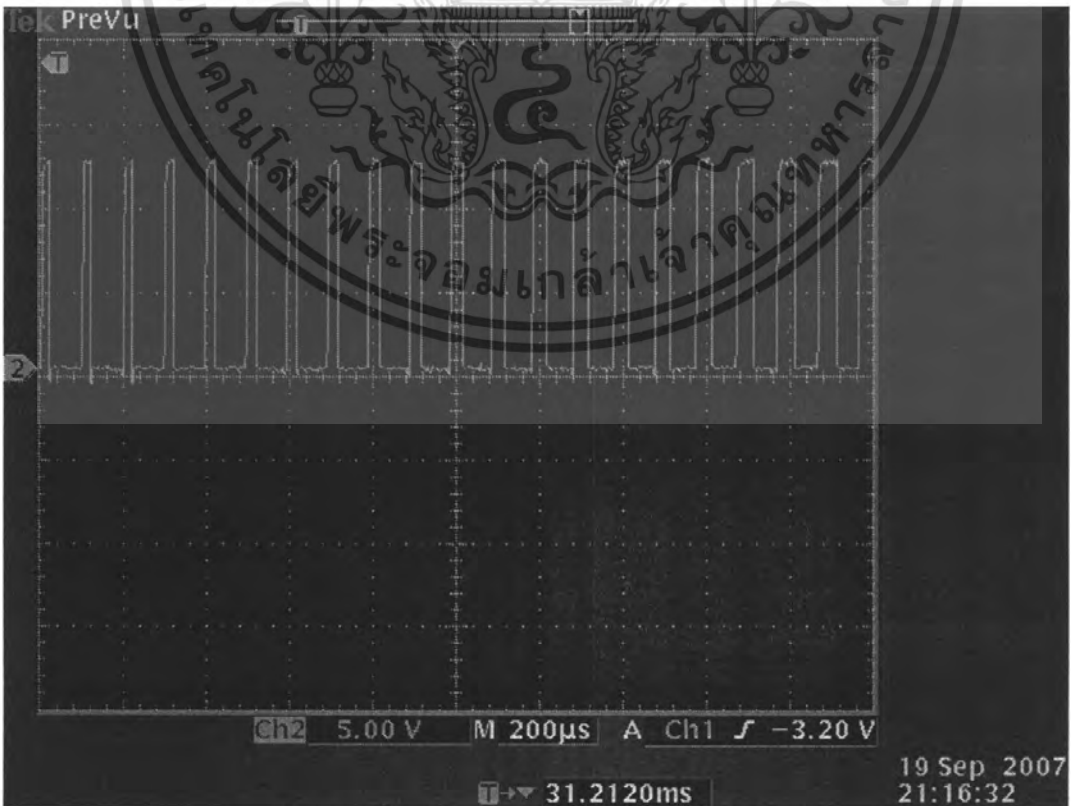
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณการสวิตซ์ที่ขาเดรนช่วงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

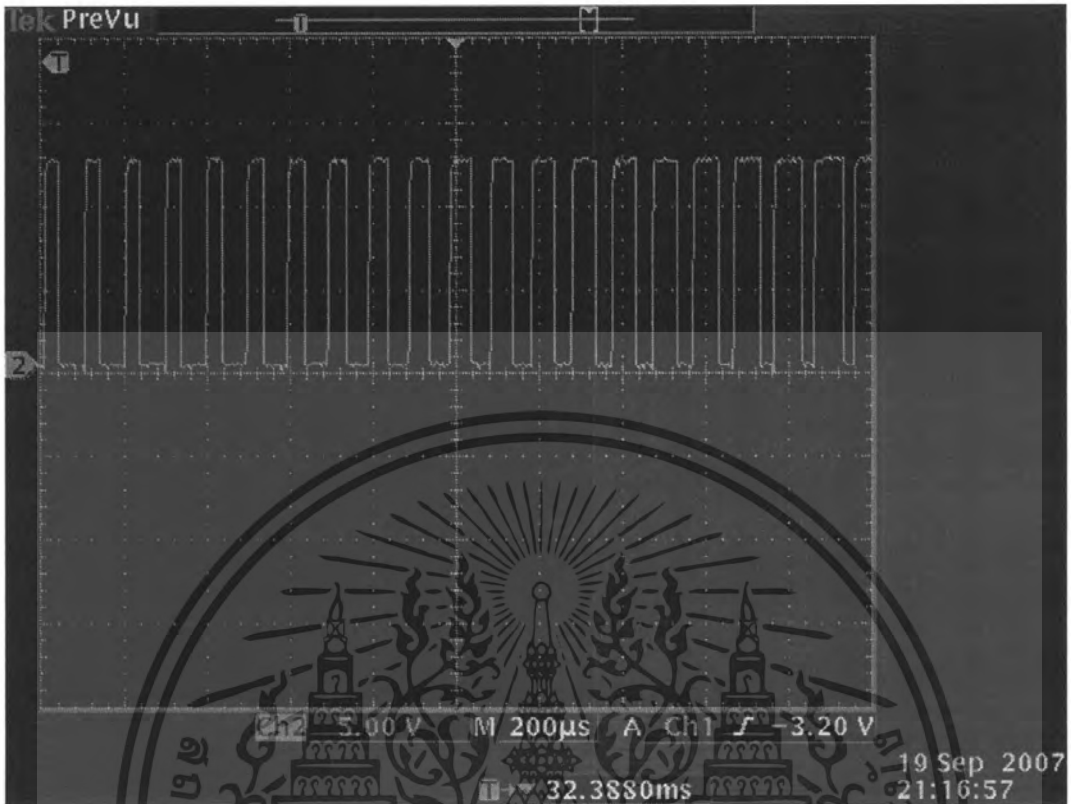
4.3.2 R = 2 kΩ



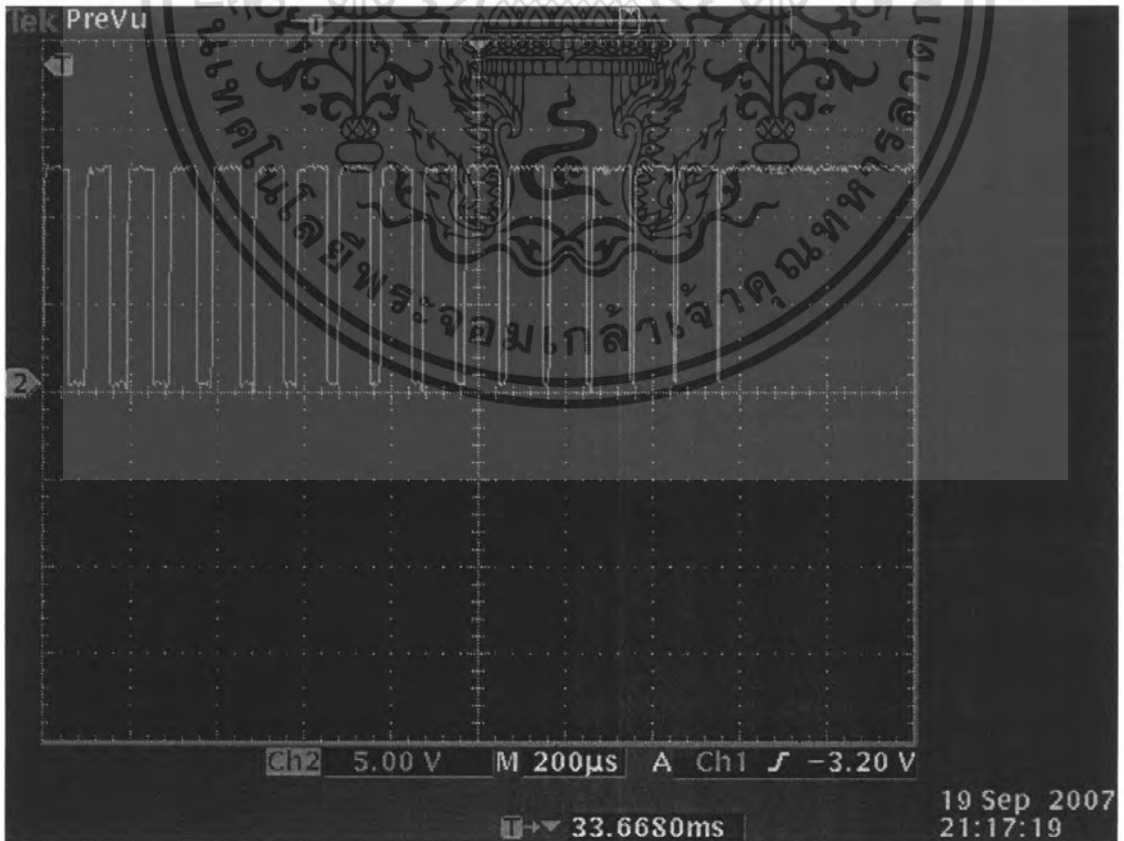
รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณการสวิตซ์ที่ขาเดรนช่วงที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณการสวิตซ์ที่ขาเดรนช่วงที่ 2 นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณการสวิตซ์ที่ขาเดรนช่วงที่ 3



รูปที่ 4.19 แสดงสัญญาณการสวิตซ์ที่ขาเดรนช่วงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

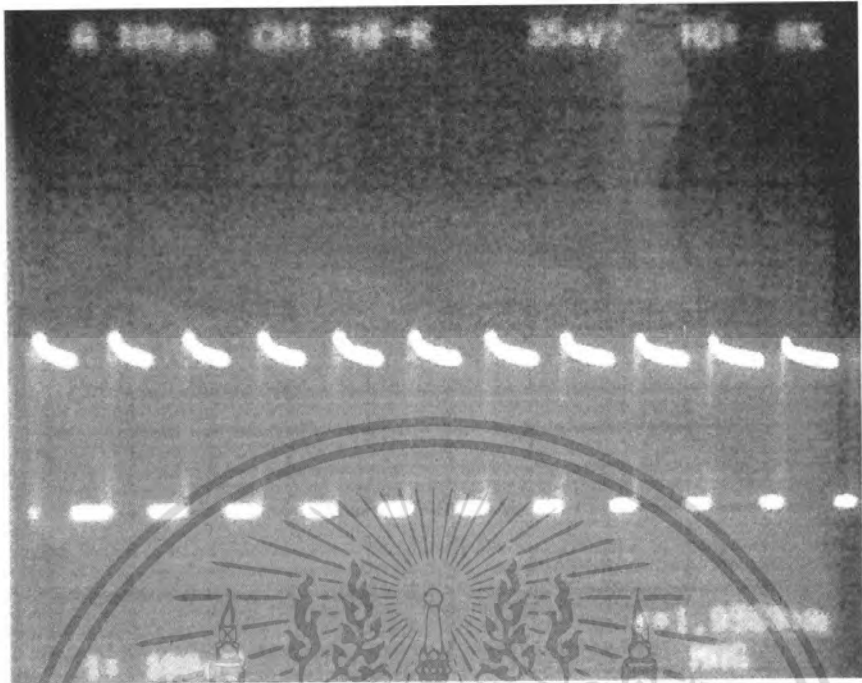
4.4 ผลการทดลองเมื่อโหลดพลังงานค่าต่างๆ

4.4.1 หลอดไฟ 5 วัตต์ $V_{dc} = 12.31$ $V_{ac} = 320$



รูปที่ 4.21 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



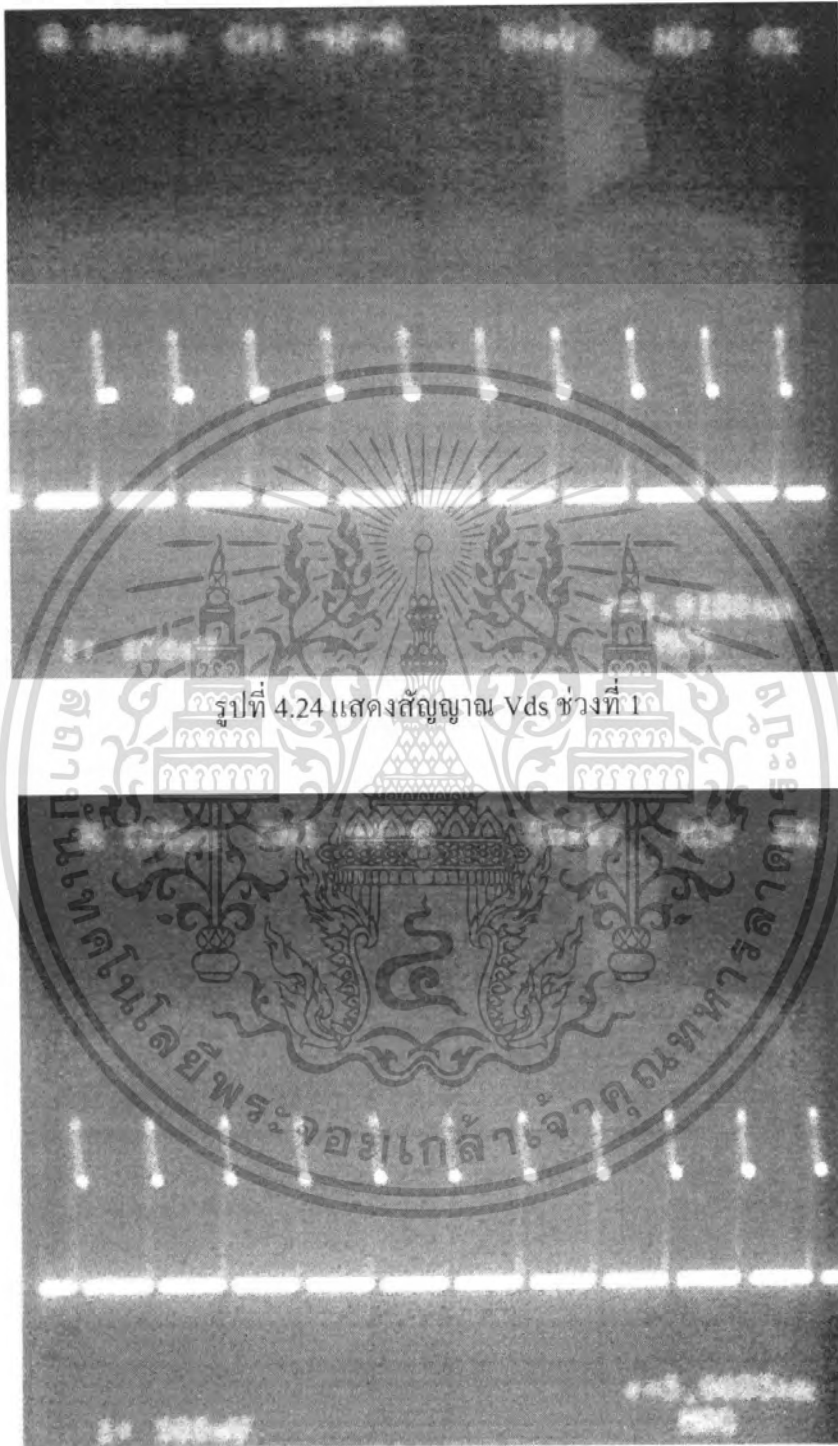
รูปที่ 4.22 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 3



รูปที่ 4.23 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4

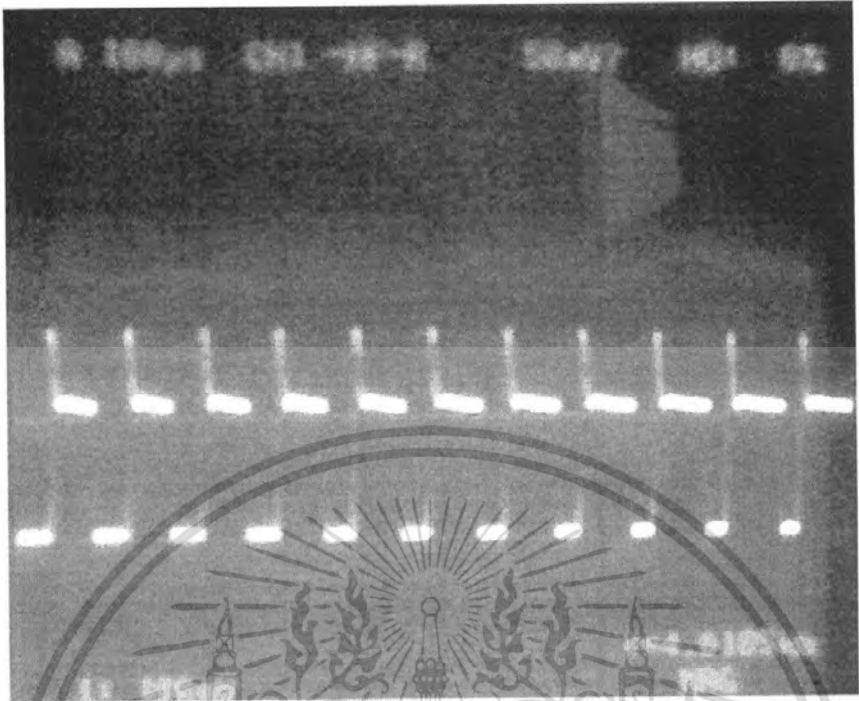
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 หลอดไฟ 25 วัตต์ $V_{dc} = 12.26$ $V_{ac} = 285$

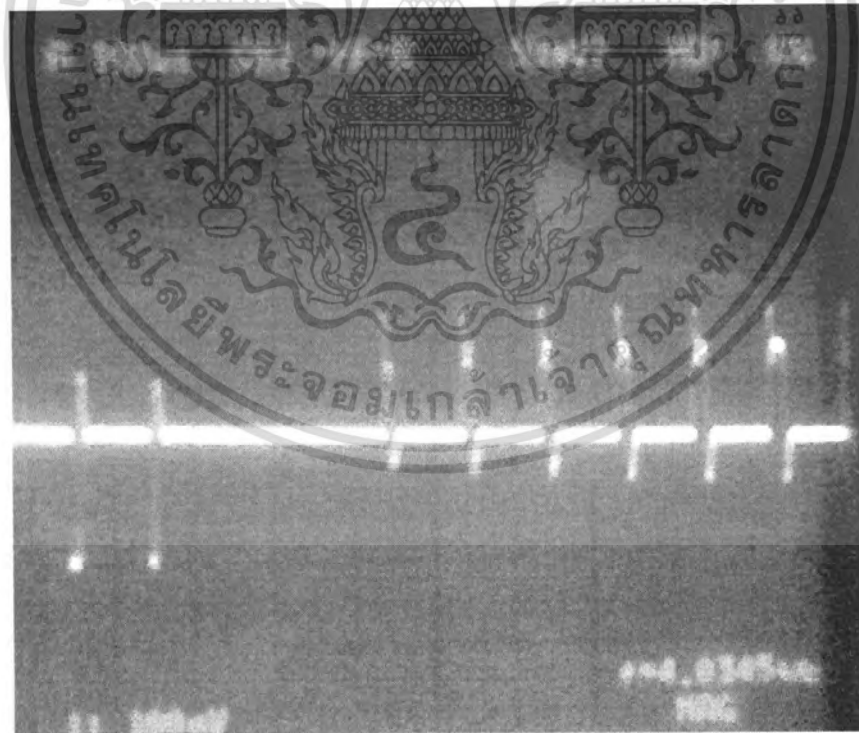


รูปที่ 4.25 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 3



รูปที่ 4.27 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

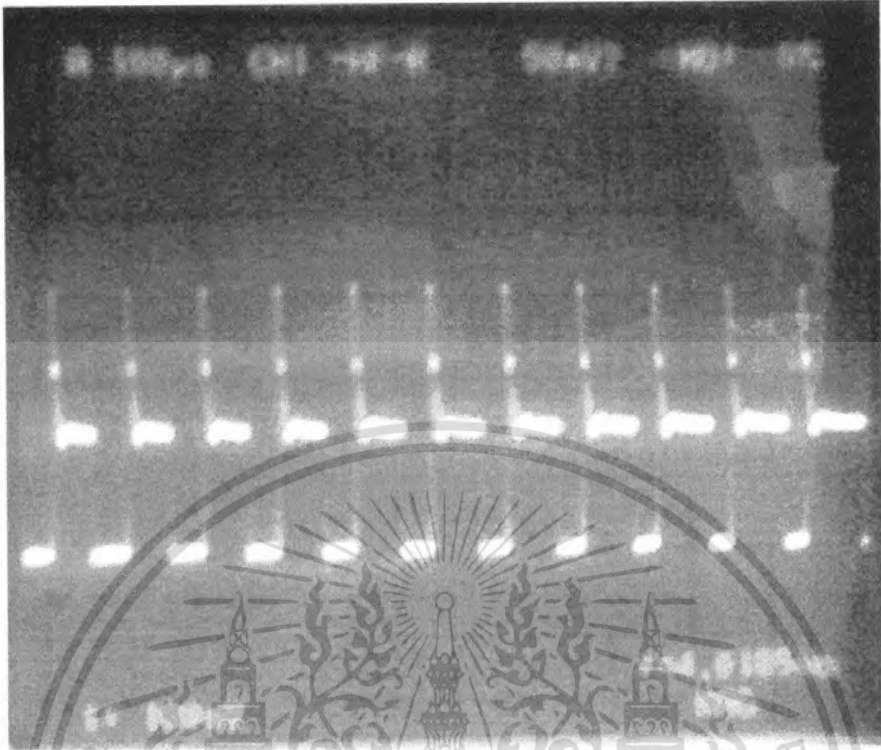
4.4.3 หลอดไฟ 40 วัตต์ $V_{dc} = 12.18$ $V_{ac} = 249$



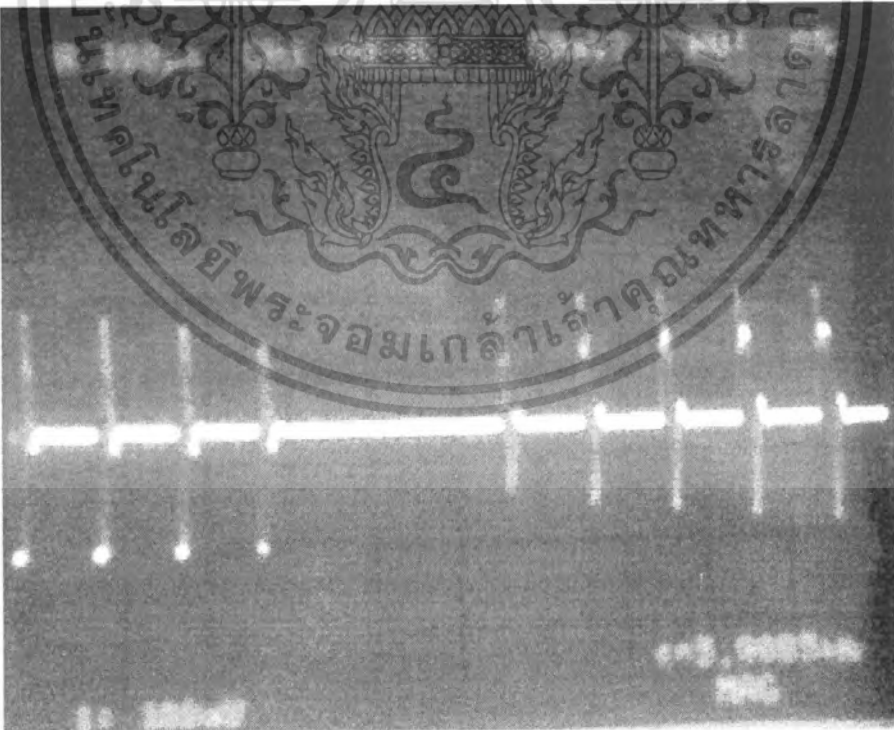
รูปที่ 4.28 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 1

รูปที่ 4.29 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 3



รูปที่ 4.31 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 หลอดไฟ 60 วัตต์ $V_{dc} = 12.13$ $V_{ac} = 200$



รูปที่ 4.32 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 1

รูปที่ 4.33 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 2

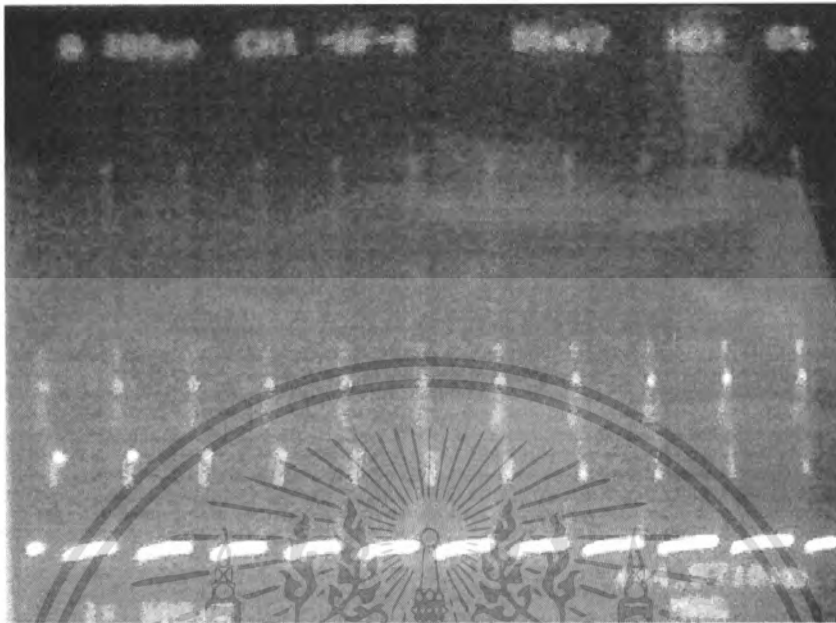
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 แสดงสัญญาณ Vds ช่วงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 หลอดไฟ 100 วัตต์ $V_{dc} = 12.2$ $V_{ac} = 150$

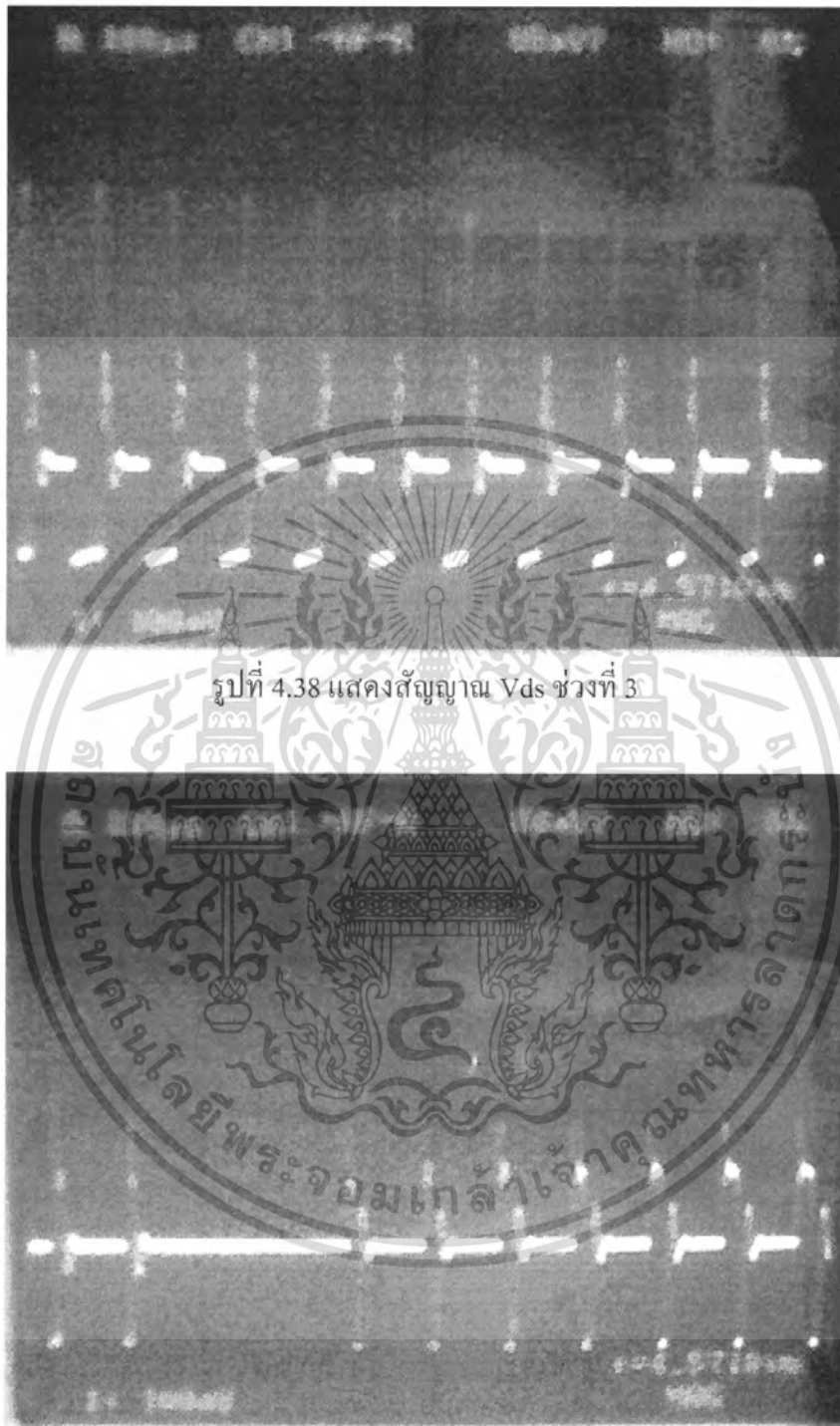


รูปที่ 4.36 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 1



รูปที่ 4.37 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 3

รูปที่ 4.39 แสดงสัญญาณ V_{ds} ช่วงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์ และสรุปผล

5.1 สรุปผล

ผลการทดลองที่ได้จากการวัดสัญญาณที่พอร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นได้ลักษณะของสัญญาณ PWM ตามต้องการแต่ยังคงมีทรานเซียนท์ซึ่งมีแนวทางที่จะแก้ไขคือปรับขนาดของสายตัวนำที่ต่อกับไฟเลี้ยงให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม

ผลการทดลองที่ได้จากการวัดสัญญาณที่เอาต์พุทของออปโตไอโซเลเตอร์นั้นได้ลักษณะของสัญญาณ PWM ตามที่ต้องการ โดยที่สัญญาณที่ได้ไม่มีทรานเซียนท์เกิดขึ้นเหมือนกับการวัดจากพอร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลการทดลองโดยวัดที่ขาเดรนโดยมีความต้านทานเป็นโหลดเพื่อทดสอบการสวิตช์มอสเฟทนั้นได้ผลเป็นไปตามที่ต้องการ

จากผลการทดลองเมื่อทำการโหลดพลังงานด้วยหลอดไฟค่าต่างๆแล้ว ผลปรากฏว่าแรงดันสูงสุดที่ฝั่งเอาต์พุทลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อทำการเพิ่มหลอดไฟที่มีวัตต์เพิ่มขึ้นทำให้เมื่อลงโหลดด้วยหลอดไฟ 100 วัตต์แล้วเหลือแรงดันเพียงแค่ 150 Vac

ส่วนผล V_{ds} นั้นเมื่อทำการโหลดพลังงานมากขึ้นก็จะยังทำให้ V_{ds} มากขึ้นด้วยโดยที่หลอดไฟ 100 วัตต์จะมี V_{ds} ประมาณ 60 โวลต์ ซึ่งสามารถลดได้อีกโดยการเปลี่ยนแปลงสแน็บเบอร์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันเกิน 100 โวลต์ เพราะวามอสเฟทที่ใช้สามารถทนแรงดันได้ 100 โวลต์

5.2 ปัญหา และแนวทางการแก้ไข

- จากปัญหาของการที่เมื่อทำการโหลดเพิ่มมากขึ้นแล้วเกิดการลดลงของแรงดันเอาต์พุทที่หม้อแปลงนั้นสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มความละเอียดของการป้อนกลับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จาก 4 บิต ให้มากขึ้นซึ่งก็จะสามารถแก้ไขปัญหาในตรงนี้ได้โดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนหม้อแปลง โดยการเพิ่มนั้นอาจจะเพิ่มจนกระทั่งโอเวอร์มอดคูเลชันเพื่อให้ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสมีค่าเพิ่มกลับมามีค่าอยู่ที่ 220 โวลต์เท่าเดิม
- หรือการแก้ไขปัญหาของการเกิดแรงดันตกที่เอาต์พุทของหม้อแปลงนั้นอาจจะทำได้ด้วยการลดความถี่การสวิตช์ลงจาก 10 กิโลเฮิร์ตซ์ เป็น 1 กิโลเฮิร์ตซ์
- แรงดันที่ขั้วเดรนของมอสเฟทที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มโหลดนั้นก็สามารแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนสแน็บเบอร์โดยเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุให้มากขึ้น และลดค่าความต้านทานลง โดยที่ค่าใหม่คอนแสตนไม่เกิน 1 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความต้านทานจากออปโตไอโซเลเตอร์ถ้าเป็นไปได้ควรที่จะเปลี่ยนค่าให้กลับลงมาเป็นความต้านทานค่าน้อย เพราะการใส่ค่ามากจะทำให้การสวิทช์ในช่วงสวิทช์ออนนั้นช้าลง และเกิดกำลังงานสูญเสียมากขึ้น ซึ่งเมื่อเปลี่ยนกลับมาเป็นความต้านทานค่าน้อยแล้ว ก็ต้องหาวิธีป้องกันทรานเซียนท์ที่เกิดขึ้นเมื่อตอนสวิทช์ออนด้วย
- ถ้าหากต้องการที่จะเพิ่มโหลดได้มากขึ้นกว่านี้ควรที่จะเปลี่ยนมอสเฟทให้สามารถทนกระแสได้สูงขึ้นกว่านี้อีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้