

ປຶ້ມ

ວາງຈຸດຈັດສົ່ງ

2



ປະຫວັດ

ວິທະຍາສາດ

2

คำนำ

หนังสือ ปฏิบัติวงจรดิจิทัล 2 เล่มนี้ เป็นหนังสือที่มีรายละเอียดเนื้อหาต่อเนื่องมาจากหนังสือปฏิบัติวงจรดิจิทัล 1 ตามหลักสูตรของกรมอาชีวศึกษา ในระดับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยเนื้อหาต่าง ๆ ภายในหนังสือเล่มนี้ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับการทำงานและคุณลักษณะสมบัติพื้นฐานของไอซีฟลิปฟล็อป การนำไอซีฟลิปฟล็อปมาออกแบบเป็นวงจรต่าง ๆ การออกแบบวงจรโดยใช้ไอซีอื่น ๆ อาทิเช่น วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกและวงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เป็นต้น ขณะเดียวกันเพื่อให้ผู้ที่ใช้หนังสือเล่มนี้มีความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาต่าง ๆ ภายในหนังสือเล่มนี้มากยิ่งขึ้น ผู้เขียนได้อธิบายถึงการออกแบบวงจรในใบงานต่าง ๆ ไว้ในส่วนของทฤษฎีแล้ว ซึ่งจะเป็นการช่วยให้ผู้ที่ใช้หนังสือเล่มนี้มีความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของวงจรต่าง ๆ ภายในหนังสือเล่มนี้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของผู้เขียนเพื่อที่จะให้ผู้ที่จะใช้หนังสือเล่มนี้ประกอบการเรียนการสอนมีความเข้าใจในวงจรที่ทดลองและสามารถออกแบบวงจรได้เอง ในขณะเดียวกันหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะใช้ประกอบการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในระดับหลักสูตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สำหรับนักศึกษาแผนกไฟฟ้ากำลังได้อีกด้วย

ท้ายนี้ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้ คงจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ศึกษาการออกแบบวงจรดิจิทัลและค้นคว้านำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เขียนก็ต้องขอภัยไว้ในโอกาสนี้ และถ้าผู้อ่านได้เสนอแนะข้อบกพร่องในหนังสือเล่มนี้เพื่อที่ผู้เขียนจะได้นำไปปรับปรุงในโอกาสต่อไปจักขอบคุณเป็นอย่างมาก

สมชาติ แสนธิเลิศ

ลักษณะรายวิชา

1. รหัสและชื่อ	2105-2202 ปฏิบัตววงจรดิจิทัล 2
2. สภาพรายวิชา	วิชาชีพเฉพาะสาขาในหลักสูตร ปวช. สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
3. ระดับรายวิชา	ภาคเรียนที่ 1 ชั้นปีที่ 3
4. พื้นฐาน	วงจรดิจิทัล 1
5. เวลาศึกษา	48 คาบเรียนตลอด 16 สัปดาห์
6. หน่วยกิต	1 หน่วยกิต
7. จุดมุ่งหมายรายวิชา	1. เพื่อให้มีทักษะในการประกอบวงจรดิจิทัล 2. ทดสอบการทำงานของวงจรดิจิทัลโดยใช้ไอซีฟลิปฟล็อปได้ 3. ออกแบบวงจรดิจิทัลโดยใช้ไอซีฟลิปฟล็อปได้ 4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานการทำงานของคอมพิวเตอร์ 5. สามารถใช้คู่มือไอซีเพื่อการเลือกใช้ดิจิทัลไอซีได้ 6. นำไอซีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในงานระบบดิจิทัลได้
8. คำอธิบายรายวิชา	ปฏิบัติ การประกอบวงจรวัดและทดสอบการทำงานของวงจรฟลิปฟล็อป ที่สร้างขึ้นจากลอจิกเกตเบื้องต้น และไอซีฟลิปฟล็อป วงจรนับแบบ ซิงโครนัสและอะซิงโครนัส นับเดินหน้าและถอยหลัง (Count Up and Count Down) ที่สร้างขึ้นจากไอซีฟลิปฟล็อปและไอซีเคาน์เตอร์สำเร็จรูป วงจร Divider วงจรรีจิสเตอร์ที่ข้อมูลเข้า/ออก แบบอนุกรม/ขนาน วงจร โมโนสเตเบิล โดยใช้ไอซีวันชอตและไอซีไทเมอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณ นาฬิกาที่สร้างขึ้นจากนอตเกต, แนนด์เกตและไอซีไทเมอร์ ไอซีหน่วย ความจำร่วมกับไตรสแตต บัฟเฟอร์ วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็น ดิจิตอล วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก วงจรขับ Display วงจรใช้งานด้านดิจิทัลคอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดและควบคุมทาง อุตสาหกรรม

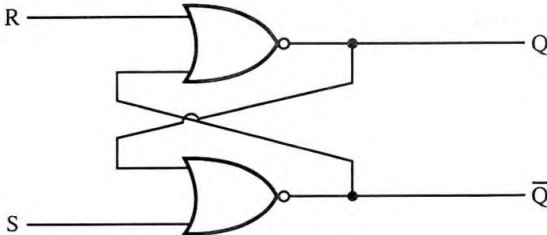
สารบัญ

การทดลองที่ 1	ฟลิปฟลอป	6
การทดลองที่ 2	การแปลงฟลิปฟลอป	21
การทดลองที่ 3	วงจรนับอะซิงโครนัสชนิดนับขึ้น	35
การทดลองที่ 4	วงจรนับอะซิงโครนัสชนิดนับลง	45
การทดลองที่ 5	การออกแบบวงจรนับอะซิงโครนัส	56
การทดลองที่ 6	การออกแบบวงจรนับซิงโครนัสแบบไม่มีรีเซ็ต	67
การทดลองที่ 7	การออกแบบวงจรนับซิงโครนัสแบบมีรีเซ็ต	81
การทดลองที่ 8	วงจรซีฟท์รีจิสเตอร์ชนิดต่าง ๆ	95
การทดลองที่ 9	การออกแบบวงจรซีฟท์รีจิสเตอร์	109
การทดลองที่ 10	วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาชนิดอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	121
การทดลองที่ 11	วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาชนิดโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	138
การทดลองที่ 12	วงจรหน่วยความจำ	155
การทดลองที่ 13	วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก	166
การทดลองที่ 14	วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	179
การทดลองที่ 15	วงจรรับการแสดงผล	187
การทดลองที่ 16	การประยุกต์ใช้งานไอซีดิจิทัล	199
ภาคผนวก		209
บรรณานุกรม		231

การทดลองที่ 1	เรื่อง ฟลิปฟลอป	หน้า 1/15
วัตถุประสงค์ 1. สร้างฟลิปฟลอปจากลอจิกเกตได้ 2. สร้างฟลิปฟลอปจากไอซีสำเร็จรูปได้ ทฤษฎี ฟลิปฟลอปเป็นอุปกรณ์ชนิดมัลติไวเบรเตอร์ (Multivibrator) ชนิดไบสเทเบิล (Bistable) กล่าวคือมีสถานะเอาต์พุต (Output) คงที่อยู่ 2 สถานะ โดยที่สถานะเอาต์พุตทั้งสองของฟลิปฟลอปจะมีสถานะเป็นคอมพลิเมนต์กันและจะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของเอาต์พุตก็ต่อเมื่อมีอินพุตพัลส์ (Input pulse) มากระตุ้น โดยที่ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงสถานะของเอาต์พุตนั้นขึ้นอยู่กับสัญญาณพัลส์อินพุตสุดท้ายที่ป้อนเข้ามา ฟลิปฟลอปสามารถสร้างขึ้นมาจากอุปกรณ์ต่าง ๆ อาทิเช่น จากลอจิกเกตและจากทรานซิสเตอร์ แต่ทั้งนี้ฟลิปฟลอปสามารถที่จะแบ่งชนิดของฟลิปฟลอปตามคุณสมบัติการทำงานได้อยู่ 4 ชนิดคือ 1. R-S ฟลิปฟลอป (R-S flip-flop) แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ 1.1 R-S ฟลิปฟลอปแบบไม่ใช้สัญญาณนาฬิกา การทำ R-S ฟลิปฟลอปจากลอจิกเกต สามารถทำได้โดยใช้ NOR เกต (NOR gate) และ NAND เกต (Nand gate) ได้ดังนี้		

การทดลองที่ 1	เรื่อง ฟลิปฟล็อป	หน้า 2/15
---------------	------------------	-----------

R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากนอร์เกต

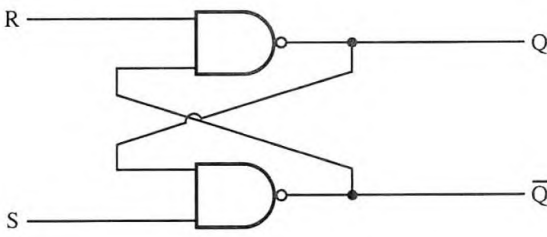


จากรูป R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากนอร์เกตเขียนเป็นตารางความจริงได้ดังนี้

ตารางความจริงของ R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากนอร์เกต

อินพุต		เอาต์พุต		สถานะของเอาต์พุต
R	S	Q	$\bar{Q}$	
0	0	Q	$\bar{Q}$	ไม่เปลี่ยนแปลง
0	1	1	0	เซต
1	0	0	1	รีเซต
1	1		-	กำหนดไม่ได้

R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากแนนด์เกต



การทดลองที่ 1

เรื่อง ฟลิปฟล็อป

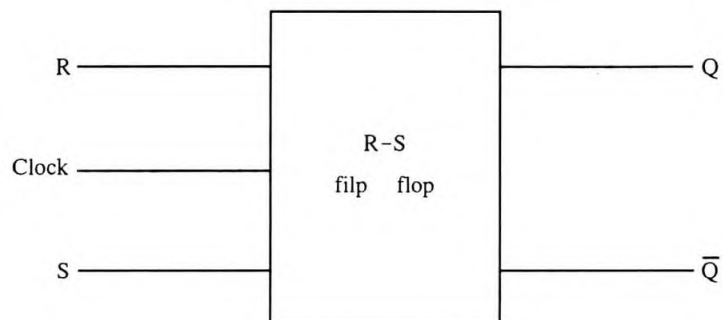
หน้า 3/15

จากรูป R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากแอนด์เกต เขียนเป็นตารางความจริงได้ดังนี้

ตารางความจริงของ R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากแอนด์เกต

อินพุต		เอาต์พุต		สถานะของเอาต์พุต
R	S	Q	$\bar{Q}$	
0	0			กำหนดไม่ได้
0	1	1	0	เซต
1	0	0	1	รีเซต
1	1	Q	$\bar{Q}$	ไม่เปลี่ยนแปลง

1.2 R-S ฟลิปฟล็อปแบบใช้สัญญาณนาฬิกา



การทดลองที่ 1

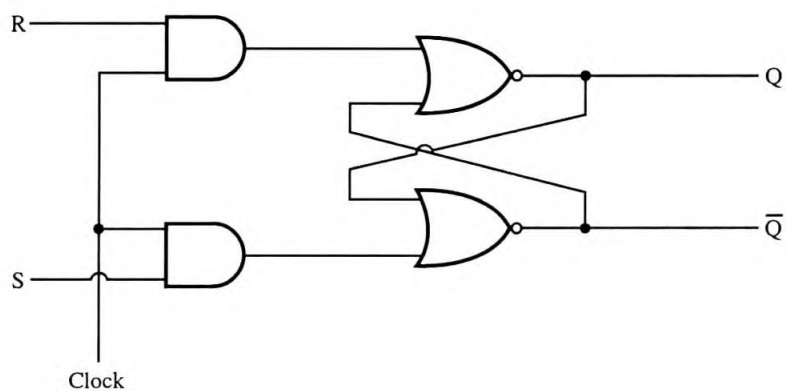
เรื่อง ฟลิปฟลอป

หน้า 4/15

ได้ดังนี้

การทำ R-S ฟลิปฟลอปจากลอจิกเกตสามารถทำได้โดยใช้นอร์เกตและแนนด์เกต

R-S ฟลิปฟลอปที่สร้างจากนอร์เกต



จากรูป R-S ฟลิปฟลอปที่สร้างจากนอร์เกต เขียนเป็นตารางความจริงได้ดังนี้

ตารางความจริงของ R-S ฟลิปฟลอปที่สร้างจากนอร์เกต

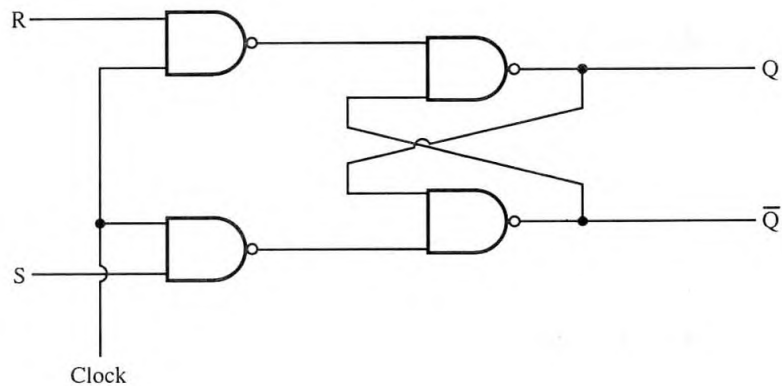
อินพุต			เอาต์พุต		สถานะของเอาต์พุต
Clock	R	S	Q	$\bar{Q}$	
↑	0	0	Q	$\bar{Q}$	ไม่เปลี่ยนแปลง
	0	1	1	0	เซต
	1	0	0	1	รีเซต
	1	1			กำหนดไม่ได้

การทดลองที่ 1

เรื่อง ฟลิปฟล็อป

หน้า 5/15

R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากแอนด์เกต



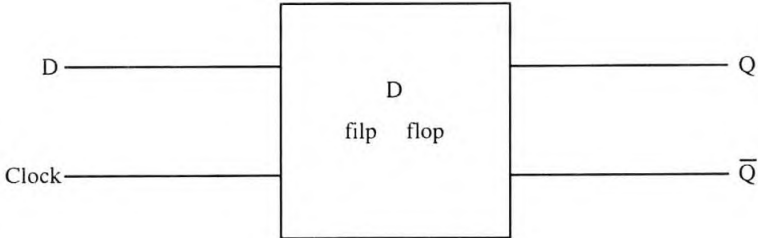
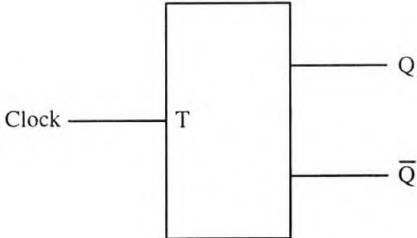
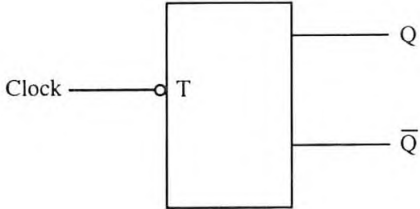
จากรูป R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากแอนด์เกต เขียนเป็นตารางความจริงได้ดังนี้

ตารางความจริงของ R-S ฟลิปฟล็อปที่สร้างจากแอนด์เกต

Clock	อินพุต		เอาต์พุต		สถานะของเอาต์พุต
	R	S	Q	$\bar{Q}$	
	0	0	1	1	กำหนดไม่ได้
↑	0	1	1	0	เซต
↑	1	0	0	1	รีเซต
↑	1	1	Q	$\bar{Q}$	ไม่เปลี่ยนแปลง

2. D ฟลิปฟล็อป (D flip-flop)

คุณสมบัติที่สำคัญของ D ฟลิปฟล็อป คือ จะให้ข้อมูลเอาต์พุตตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้ทางด้านอินพุต โดยข้อมูลทางด้านเอาต์พุตจะมีข้อมูลเหมือนกับข้อมูลที่ป้อนมาทางด้านอินพุต โดยเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมและตารางความจริงได้ดังนี้

การทดลองที่ 1	เรื่อง ฟลิปฟลอป	หน้า 6/15												
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Clock</th><th>D</th><th>$Q_n + 1$</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">↑</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>X</td><td>Q_n</td></tr> </tbody> </table> รูปบล็อกไดอะแกรมและตารางความจริงของ D ฟลิปฟลอป 3. T ฟลิปฟลอป (T flip-flop) ลักษณะการทำงานของ T ฟลิปฟลอปจะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะทุกครั้งที่มีสัญญาณนาฬิกาป้อนเข้าที่ขาสัญญาณนาฬิกาทางด้านอินพุต สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมและตารางความจริงได้ดังนี้   รูปบล็อกไดอะแกรมของ T ฟลิปฟลอปที่มีการทำงานทั้งขอบขาขึ้นและขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา			Clock	D	$Q_n + 1$		0	0	↑	1	1	0	X	Q_n
Clock	D	$Q_n + 1$												
	0	0												
↑	1	1												
0	X	Q_n												

การทดลองที่ 1

เรื่อง ฟลิปฟลอป

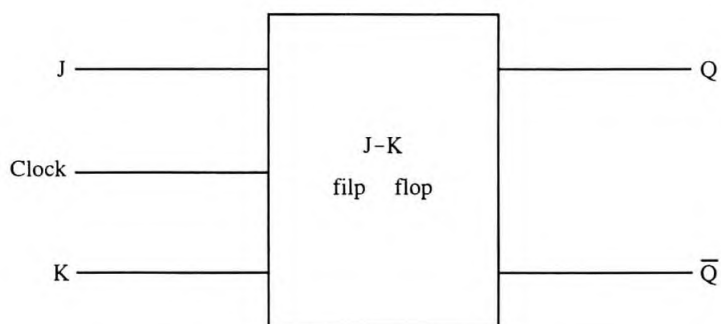
หน้า 7/15

ตารางความจริงของ T ฟลิปฟลอปที่มีการทำงานทั้งขอบขาขึ้นและขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา

Clock	$Q_n + 1$
หรือ ↓	Q_n

4. J-K ฟลิปฟลอป (J-K flip-flop)

สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมและตารางความจริงได้ดังนี้



รูปบล็อกไดอะแกรมของ J-K ฟลิปฟลอป

ตารางความจริงของ J-K ฟลิปฟลอป

อินพุต			เอาต์พุต	
Clock	J	K	$Q_n + 1$	
↓	0	0		
	0	1	0	1
	1	0	1	0
	1	1	$\bar{Q}_n$	Q

การทดลองที่ 1

เรื่อง ฟลิปฟลอป

หน้า 8/15

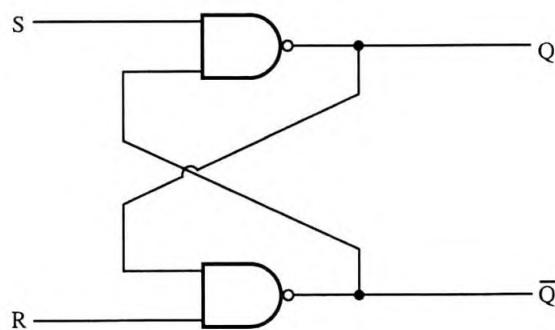
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ไอซี TTL เบอร์ 7400, 7410, 7474, 7476
2. ชุดทดลองดิจิทัล

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

วงจร R-S ฟลิปฟลอปแบบไม่มีสัญญาณนาฬิกาจากลอจิกเกต

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1

2. จากรูปวงจรที่ 1.1 ทดลองป้อนสัญญาณลอจิกเข้าที่ขา R, S ตามตารางที่ 1.1 บันทึกผลการทดลองในสภาวะเอาต์พุตลงในตารางที่ 1.1

การทดลองที่ 1	เรื่อง ฟลิปฟลอป	หน้า 10/15
---------------	-----------------	------------

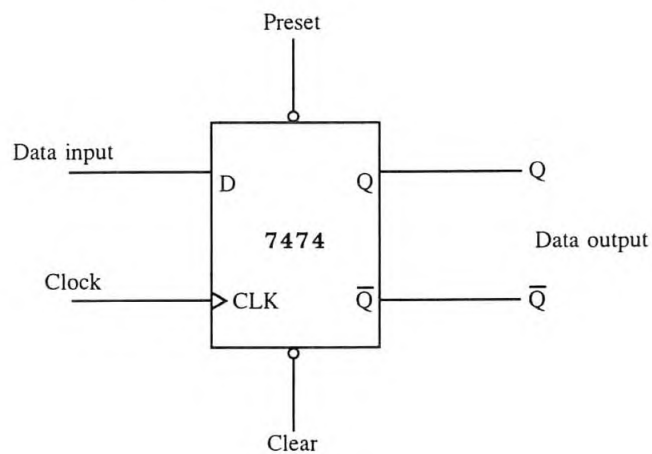
4. จากวงจรในรูปที่ 1.2 ทดลองป้อนสัญญาณลอจิกเข้าที่ขา R, S และสัญญาณนาฬิกาเข้าที่ขา CLK ตามตารางที่ 1.2 บันทึกผลการทดลองในสภาวะเอาต์พุตลงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2

อินพุต			สภาวะปัจจุบัน	เอาต์พุต	
Clock	R	S	Q	Q	$\bar{Q}$
	0	0	0		
	0	0	1		
	0	1	0		
	0	1	1		
	1	0	0		
	1	0	1		
	1	1	0		
	1	1	1		

D ฟลิปฟลอปจากไอซีสำเร็จรูป (IC7474)

5. ประกอบวงจรตามรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3

การทดลองที่ 1	เรื่อง ฟลิปฟลอป	หน้า 11/15
---------------	-----------------	------------

6. จากวงจรในรูปที่ 1.3 ทดลองป้อนสัญญาณลอจิกเข้าที่ขาต่าง ๆ ของ IC7474 ตามตารางที่ 1.3 บันทึกผลการทดลองในสภาวะเอาต์พุตลงในตารางที่ 1.3

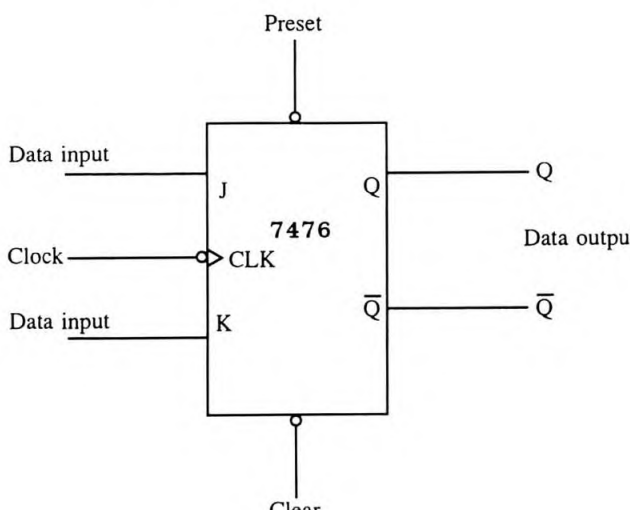
ตารางที่ 1.3

อินพุต				เอาต์พุต	
Preset	Clear	Clock	D	Q	$\bar{Q}$
0	1	X	X		
	0	X	X		
0	0	X	X		
	1		1		
1	1		0		
1	1	0	X		

หมายเหตุ X = เป็นได้ทั้งลอจิก 1 หรือลอจิก 0

JK ฟลิปฟลอปจากไอซีสำเร็จรูป (IC 7476)

7 ประกอบวงจรตามรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4

การทดลองที่ 1

เรื่อง ฟิลิปฟลอป

หน้า 12/15

8. จากวงจรในรูปที่ 1.4 ทดลองป้อนสัญญาณลอจิกเข้าที่ขาต่าง ๆ ของ IC7476 ตามตารางที่ 1.4 บันทึกผลการทดลองในสภาวะเอาต์พุตลงในตารางที่ 1.4

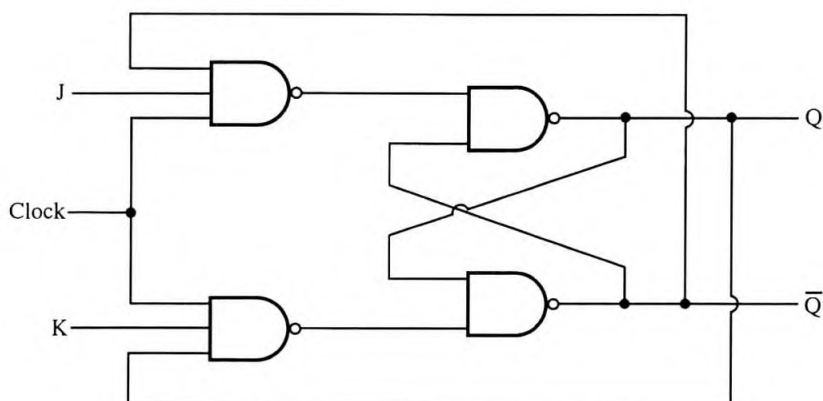
ตารางที่ 1.4

อินพุต					เอาต์พุต	
Preset	Clear	Clock	J	K	Q	$\bar{Q}$
0	1	X	X	X		
1	0	X	X	X		
0	0	X	X	X		
1	1		0	0		
1	1		0	1		
1	1		1	0		
1	1		1	1		

หมายเหตุ X = เป็นได้ทั้งลอจิก 1 หรือลอจิก 0

JK ฟลิปฟลอปจากลอจิกเกต

9. ประกอบวงจรตามรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5

การทดลองที่ 1	เรื่อง ฟลิปฟล็อป	หน้า 13/15
---------------	------------------	------------

10. จากวงจรในรูปที่ 1.5 ทดลองป้อนสัญญาณลอจิกเข้าที่ขาต่าง ๆ ของลอจิกเกตตามตารางที่ 1.5 บันทึกผลการทดลองในสภาวะเอาต์พุตลงในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5

อินพุต			สภาวะปัจจุบัน	เอาต์พุต	
Clock	J	K	Q	Q	$\bar{Q}$
	0	0	0		
	0	0	1		
	0	1	0		
	0	1	1		
	1	0	0		
	1	0	1		
	1	1	0		
	1	1	1		

[illegible]

การทดลองที่ 1	เรื่อง ฟลิปฟลอป	หน้า 15/15
สรุปผลการทดลอง 		

การทดลองที่ 2

เรื่อง การแปลงฟลิปฟล็อป

หน้า 1/14

วัตถุประสงค์

1. ออกแบบวงจรการแปลงฟลิปฟล็อปได้
2. ประกอบวงจรการแปลงฟลิปฟล็อปได้

ทฤษฎี

สิ่งที่จำเป็นที่สุดในการแปลงฟลิปฟล็อปก็คือจะต้องมีคุณสมบัติของตารางความจริงที่สมบูรณ์ของฟลิปฟล็อปและตาราง Excitation (ตารางการกระตุ้นเพื่อกำหนดสถานะเอาต์พุตจากข้อมูลอินพุต) ของฟลิปฟล็อปนั้น ๆ โดยตารางความจริงและตาราง Excitation ของฟลิปฟล็อปแต่ละชนิดนั้นแสดงได้ดังนี้

ตารางความจริงที่สมบูรณ์ของฟลิปฟล็อปแต่ละชนิดสามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้ โดยกำหนดให้ Q_n เป็นอินพุตเพิ่มขึ้นจากเดิม

ตารางความจริงของ R-S ฟลิปฟล็อป

อินพุต			เอาต์พุต
S	R	Q_n	$Q_n + 1$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	X
1	1	1	X

การทดลองที่ 2

เรื่อง การแปลงฟลิปฟlop

หน้า 2/14

ตารางความจริงของ J-K ฟลิปฟlop

อินพุต			เอาต์พุต
J	K	Q_n	$Q_n + 1$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	
1	1	1	0

ตารางความจริงของ D ฟลิปฟlop

อินพุต		เอาต์พุต
D	Q_n	$Q_n + 1$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

ตารางความจริงของ T ฟลิปฟlop

อินพุต		เอาต์พุต
T	Q_n	$Q_n + 1$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

การทดลองที่ 2

เรื่อง การแปลงฟลิปฟล็อป

หน้า 3/14

ตาราง Excitation ของฟลิปฟล็อปแต่ละชนิดนั้นสามารถเขียนแสดงเป็นตารางได้ดังต่อไปนี้

ตาราง Excitation ของ R-S ฟลิปฟล็อป

กำหนดสถานะเอาต์พุต		อินพุต	
Q_n	$Q_n + 1$	S	R
0	→ 0	0	X
0	→ 1	1	0
1	→ 0	0	1
1	→ 1	X	0

ตาราง Excitation ของ T ฟลิปฟล็อป

กำหนดสถานะเอาต์พุต		อินพุต
Q_n	$Q_n + 1$	T
0	→ 0	0
0	→ 1	1
1	→ 0	1
1	→ 1	0

ตาราง Excitation ของ J-K ฟลิปฟล็อป

กำหนดสถานะเอาต์พุต		อินพุต	
Q_n	$Q_n + 1$	J	K
0	→ 0	0	X
0	→ 1	1	X
1	→ 0	X	1
1	→ 1	X	0

ตาราง Excitation ของ D ฟลิปฟล็อป

กำหนดสถานะเอาต์พุต		อินพุต
Q_n	$Q_n + 1$	D
0	→ 0	0
0	→ 1	1
1	→ 0	0
1	→ 1	1

จากตารางความจริงและตาราง Excitation ของฟลิปฟล็อปแต่ละตัวนั้นสามารถที่จะนำมาแปลงฟลิปฟล็อปจากชนิดหนึ่งเป็นอีกชนิดหนึ่ง โดยมีขั้นตอนในการออกแบบดังโจทย์ตัวอย่างต่อไปนี้

จงออกแบบการแปลงฟลิปฟล็อปจาก R-S ฟลิปฟล็อปเป็นชนิด D ฟลิปฟล็อป