

แลตช์ และ ฟลิปฟลอป (Latch and Flip-flop)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเรียนรู้การทำงานของวงจรแลตช์และฟลิปฟลอป
2. วิเคราะห์รูปคลื่น สร้างตารางความจริงจากวงจรแลตช์และฟลิปฟลอปได้

อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

1. ลอจิกเกตไอซี

ทฤษฎี

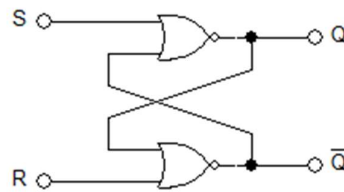
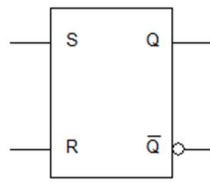
วงจรลอจิกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ วงจรคอมบินเนชัน (Combination) และ วงจรซีควเอนเชียล (Sequential) โดยที่วงจรคอมบินเนชันคือวงจรที่สร้างขึ้นมาจากเกทชนิดพื้นฐานต่าง ๆ โดยการประยุกต์ใช้สมการบูลีน และค่าของระดับลอจิกเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับค่าปัจจุบันของอินพุตเท่านั้น เช่น วงจรบวกเลขฐานสอง ในขณะที่วงจรซีควเอนเชียลจะมีค่าเอาต์พุตขึ้นอยู่กับค่าปัจจุบันของอินพุตและสถานะเดิมของวงจร เช่น วงจรควบคุมลิฟต์ซึ่งในการเคลื่อนลิฟต์แต่ละครั้งวงจรจะต้องนำสถานะหรือขั้นที่ลิฟต์จอดอยู่มาพิจารณาด้วยว่าจะต้องให้ลิฟต์ขึ้นหรือลงกี่ชั้น

อุปกรณ์พื้นฐานที่นำมาเป็นวงจรซีควเอนเชียลคืออุปกรณ์ประเภทหน่วยเก็บข้อมูล ได้แก่ แลตช์ (Latch) และฟลิปฟลอป (Flip-Flop) ซึ่งทั้งสองมีความแตกต่างกันที่แลตช์ใช้ระดับลอจิกในการทำงาน (Level Sensitive) ส่วนฟลิปฟลอปใช้ขอบของสัญญาณในการทำงาน (Edge Sensitive)

แลตช์ (Latch)

แลตช์ เป็นอุปกรณ์ประเภทไบสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Bistable Multivibrator) ซึ่งหมายถึงวงจรที่มีค่าเอาต์พุตที่เป็นไปได้เพียงสองสถานะเท่านั้น นั่นคือสถานะเซต (SET) และรีเซต(RESET) ซึ่งสถานะที่เอาต์พุต Q มีค่าเป็น 1 และ Q' มีค่าเป็น 0 ส่วนสภาวะรีเซต คือสภาวะที่เอาต์พุต Q มีค่าเป็น 0 และ Q' มีค่าเป็น 1

ตัวอย่างวงจรแลตช์พื้นฐานได้แก่ แลตช์แบบ S-R (Set-Reset) ซึ่งมีสัญลักษณ์ดังรูปที่ 6.1a และรูปที่ 6.1b เป็นวงจรแลตช์แบบ S-R ที่สร้างจากนอร์เกต การทำงานของมันจะให้ค่าเอาต์พุตขึ้นกับอินพุต R และ S ดังตารางที่ 6.1 วงจรและสัญลักษณ์ในรูปที่ 6.1a และรูปที่ 6.1b เป็นแลตช์เซต – รีเซตแบบแอคทีฟไฮ (Active High) ส่วนแลตช์แบบ เซต-รีเซตชนิดแอคทีฟโลว์จะสร้างขึ้นจากแนนด์เกตดังรูปที่ 6.2a, 6.2b และตารางที่ 6.2

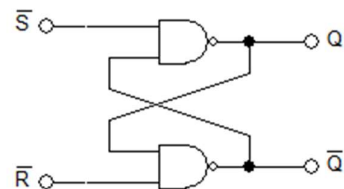
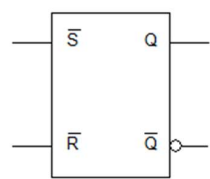


อินพุต		เอาต์พุต		โหมดการ
S	R	Q_{t+1}	$\bar{Q}_{t+1}$	ทำงาน
0	0	Q_t	$\bar{Q}_t$	ไม่เปลี่ยนแปลง
0	1	0	1	รีเซต
1	0	1	0	เซต
1	1	1	1	ห้ามใช้งาน

รูปที่ 6.1a สัญลักษณ์
ของแลตช์แบบ S-R
ชนิดแอกทีฟไฮ

รูปที่ 6.1b วงจรของแลตช์แบบ
S-R ชนิดแอกทีฟไฮ

ตารางที่ 6.1 ตารางความจริงของแลตช์
แบบ S-R ชนิดแอกทีฟไฮ



อินพุต		เอาต์พุต		โหมดการ
$\bar{S}$	$\bar{R}$	Q_{t+1}	$\bar{Q}_{t+1}$	ทำงาน
0	0	1	1	ห้ามใช้
0	1	0	1	เซต
1	0	1	0	รีเซต
1	1	Q_t	$\bar{Q}_t$	ไม่เปลี่ยนแปลง

รูปที่ 6.2a สัญลักษณ์
ของแลตช์แบบ S-R
ชนิดแอกทีฟโลว์

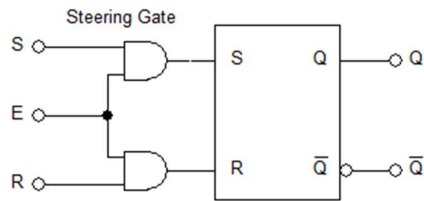
รูปที่ 6.2b วงจรของแลตช์แบบ
S-R ชนิดแอกทีฟโลว์

ตารางที่ 6.2 ตารางความจริงของแลตช์แบบ
S-R ชนิดแอกทีฟโลว์

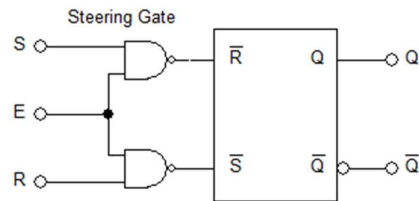
แลตช์ชนิด Gated S-R

แลตช์ชนิด Gated S-R เป็นแลตช์ที่เพิ่มชุดลอจิกเกตซึ่งเรียกว่า Steering Gate เข้าไปในวงจรแลตช์ S-R เพื่อใช้สำหรับเปิด-ปิด การทำงานของแลตช์ S-R ซึ่งตามปกติเมื่ออินพุตของแลตช์ S-R มีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้อาต์พุตมีการเปลี่ยนแปลงทันที แต่สำหรับทำงานของแลตช์ชนิด Gated นั้นจะแตกต่างกัน โดยที่ถ้าหากอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง สถานะของแลตช์จะยังไม่เปลี่ยนแปลงทันที แต่จะต้องรอสัญญาณควบคุมอีกสัญญาณหนึ่งก่อนเพื่ออนุญาตให้แลตช์เปลี่ยนสถานะได้ ซึ่งสัญญาณควบคุมนี้จะเป็นตัวที่ไปเปิดการทำงานของลอจิกเกตที่เพิ่มเข้าไบนั่นเอง

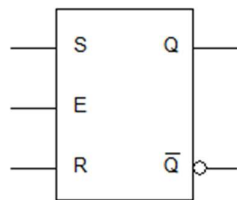
รูปที่ 6.3a เป็นแลตช์ชนิด Gated S-R ที่สร้างจากแลตช์ S-R แบบแอกทีฟไฮ และรูปที่ 6.3b เป็นแลตช์ชนิด Gated S-R ที่สร้างจากแลตช์ S-R แบบแอกทีฟโลว์ ซึ่งทั้งสองวงจรให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน และจะทำงานต่อเมื่อ สัญญาณที่ขา E มีค่าเป็นลอจิก 1 เท่านั้น



รูปที่ 6.3a การสร้างแลตช์ Gated S-R จากแลตช์ชนิดแอกทีฟไฮ



รูปที่ 6.3b การสร้างแลตช์ Gated S-R จากแลตช์ชนิดแอกทีฟโลว์



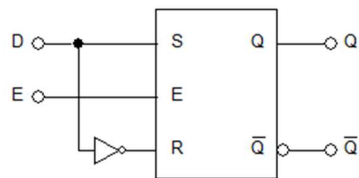
รูปที่ 6.4 สัญลักษณ์ของแลตช์แบบ Gated S-R

อินพุต			เอาต์พุต		โหมดการทำงาน
E	$\bar{S}$	$\bar{R}$	Q_{t+1}	$\bar{Q}_{t+1}$	
1	0	0	Q_t	$\bar{Q}_t$	ไม่เปลี่ยนแปลง
1	0	1	0	1	รีเซต
1	1	0	1	0	เซต
1	1	1	1	1	ห้ามใช้
0	X	X	Q_t	$\bar{Q}_t$	หยุดการทำงาน

ตารางที่ 6.3 ตารางความจริงของแลตช์แบบ Gated S-R

แลตช์ชนิด Gated D

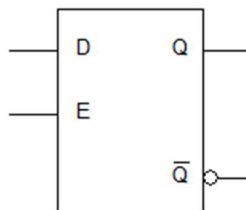
แลตช์ชนิด Gated D หรือมีชื่ออีกชื่อหนึ่งว่า Transparent Latch เป็นวงจรที่ถูกพัฒนามาจากแลตช์ชนิด Gated S-R เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับเก็บข้อมูล การทำงานของมันจะมี 2 โหมด นั่นคือเมื่อสัญญาณ Enable เป็นลอจิก 1 แลตช์จะมีสภาพเหมือนไม่มีตัวตน (Transparent) หรือก็คือสภาพที่เอาต์พุตมีค่าลอจิกเหมือนกับทางอินพุตและเมื่อสัญญาณ Enable มีค่าลอจิกเป็น 0 แลตช์จะอยู่ในสถานะเก็บข้อมูลที่ปรากฏที่ขา D ในช่วงที่ขา Enable มีลอจิกเป็น 1 ครั้งล่าสุด ซึ่งโครงสร้างสัญลักษณ์และ ตารางความจริงของแลตช์ชนิด Gated D แสดงดังรูป 6.5a, 6.5b และ ตารางที่ 6.4



รูปที่ 6.5a การสร้างแลตช์ Gated D จากแลตช์ Gated S-R

อินพุต		เอาต์พุต		โหมดการทำงาน	หมายเหตุ
E	D	Q_{t+1}	$\bar{Q}_{t+1}$		
0	X	Q_t	$\bar{Q}_t$	ไม่เปลี่ยนแปลง	เก็บข้อมูล
0	1	0	1	รีเซต	ไม่มีตัวคน (Transparent)
1	0	1	0	เซต	

ตารางที่ 6.4 ตารางความจริงของแลตช์ Gated D



รูปที่ 6.5b สัญลักษณ์ของแลตช์ Gated D

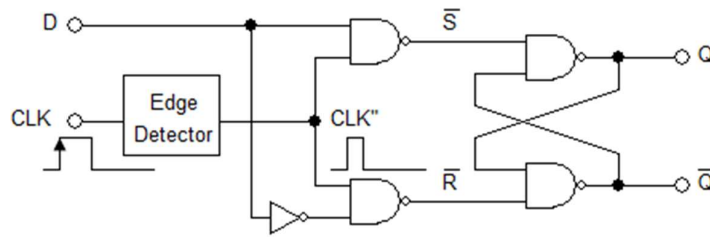
ฟลิปฟล็อป

ฟลิปฟล็อปเป็นอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยนแปลงเอาต์พุตที่ขอบของสัญญาณอินพุตพิเศษที่เรียกว่า สัญญาณนาฬิกา ซึ่งอาจทำงานที่ขอบขาขึ้นและขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาได้ โดยสังเกตที่สัญลักษณ์ หากมีวงกลมที่ขาสัญญาณนาฬิกาแสดงว่าฟลิปฟล็อปตัวนั้นทำงานที่ขอบขาลง และถ้าสัญลักษณ์ของสัญญาณนาฬิกาไม่มีวงกลม แสดงว่าฟลิปฟล็อปตัวนั้นทำงานที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา

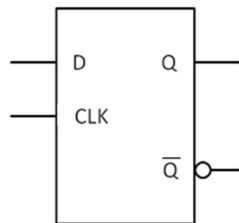
เราสามารถกล่าวได้ว่า แลตช์ที่มีสัญญาณนาฬิกาด้านอินพุตก็คือ ฟลิปฟล็อปนั่นเอง แต่มันจะต่างกับที่แลตช์ใช้สัญญาณ Enable ในการทำงาน ซึ่งมันจะทำงานที่สภาวะต่าง ๆ ตลอดเวลาที่สัญญาณ Enable คงค่าอยู่ในลอจิกระดับใดระดับหนึ่ง แต่สำหรับฟลิปฟล็อปแล้ว มันจะทำงานเฉพาะในกรณีที่สัญญาณนาฬิกามีการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น

ฟลิปฟล็อปแบบ D

ฟลิปฟล็อปแบบ D มีลักษณะการทำงานคล้ายกับแลตช์แบบ Gated D แต่เอาพุตจะมีการเปลี่ยนแปลงในกรณีสัญญาณนาฬิกาเปลี่ยนแปลงเท่านั้นอาจเป็นขาขึ้นหรือขาลงขึ้นอยู่กับชนิดของการกระตุ้น ฟลิปฟล็อป



รูปที่ 6.6 วงจรฟลิปฟล็อป D



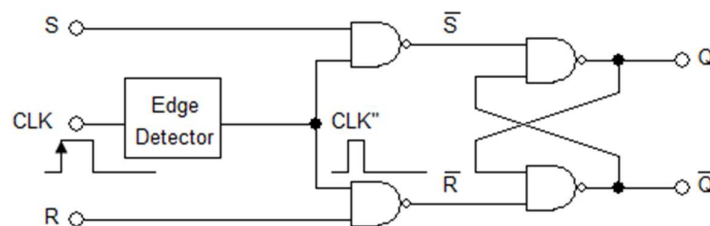
รูปที่ 6.7 สัญลักษณ์ของ
ฟลิปฟล็อป D

อินพุต		เอาต์พุต		โหมดการทำงาน
CLK	D	Q_{t+1}	$\overline{Q}_{t+1}$	
↑	0	0	1	รีเซต
↑	1	1	0	เซต
0	X	Q_t	$\overline{Q}_t$	หยุดการทำงาน
1	X	Q_t	$\overline{Q}_t$	หยุดการทำงาน
↓	X	Q_t	$\overline{Q}_t$	หยุดการทำงาน

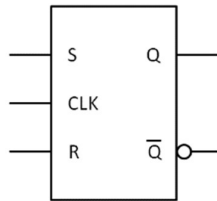
ตารางที่ 6.5 ตารางความจริงของฟลิปฟล็อป D

ฟลิปฟล็อปแบบ S-R

แลตช์ S-R ที่ใช้แน็คเกตและแลตช์ S-R ที่ใช้เอ็นอร์เกต บางครั้งถูกเรียกว่า ฟลิปฟล็อป S-R ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ผิดเมื่ออ้างอิงจากนิยามของฟลิปฟล็อปที่กล่าวในที่นี่ ทั้งนี้เนื่องจากทั้ง 2 วงจร ไม่มีขาสัญญาณนาฬิกาในตัวเอง ในความเป็นจริงแล้วฟลิปฟล็อป S-R จะคล้ายกับแลตช์ Gated S-R ที่ใช้สัญญาณนาฬิกาและวงจรตรวจสอบขอสัญญาณนาฬิกาเพิ่มเข้ามาแทนสัญญาณ Enable



รูปที่ 6.8 วงจรฟลิปฟล็อป



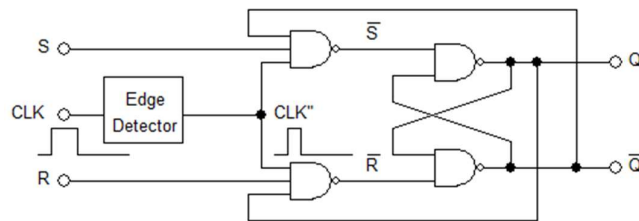
รูปที่ 6.9 สัญลักษณ์ของฟลิปฟล็อป S-R

อินพุต			เอาต์พุต		โหมดการทำงาน
CLK	S	R	Q_{t+1}	$\bar{Q}_{t+1}$	
↑	0	0	Q_t	$\bar{Q}_t$	ไม่เปลี่ยนแปลง
↑	0	1	0	1	รีเซต
↑	1	0	1	0	เซต
↑	1	1	1	1	ห้ามใช้งาน

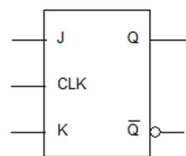
ตารางที่ 6.6 ตารางความจริงของฟลิปฟล็อป S-R

ฟลิปฟล็อป J-K

ฟลิปฟล็อป J-K เป็นฟลิปฟล็อปที่พัฒนาขึ้นจากฟลิปฟล็อป S-R แต่จะมีการแก้ไขในกรณีที่ S และ R เป็นลอจิก 1 ทั้งคู่ ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ห้ามใช้ของฟลิปฟล็อป S-R โดยในฟลิปฟล็อป J-K จะให้ผลลอจิกเป็นการกลับลอจิกเอาต์พุตให้เป็นตรงกันข้าม ซึ่งเราเรียกว่า ท็อกเกิล (Toggle)



รูปที่ 6.10 วงจรฟลิปฟล็อป J-K



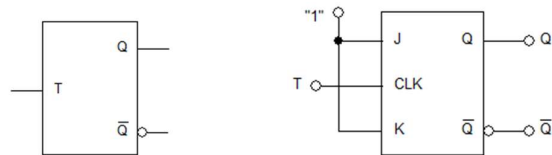
รูปที่ 6.11 สัญลักษณ์ของฟลิปฟล็อป J-K

อินพุต			เอาต์พุต		โหมดการทำงาน
CLK	J	K	Q_{t+1}	$\bar{Q}_{t+1}$	
↑	0	0	Q_t	$\bar{Q}_t$	ไม่เปลี่ยนแปลง
↑	0	1	0	1	รีเซต
↑	1	0	1	0	เซต
↑	1	1	$\bar{Q}_t$	Q_t	ท็อกเกิล

ตารางที่ 6.7 ตารางของของฟลิปฟล็อป J-K

ฟลิปฟล็อป T

ฟลิปฟล็อป T ซึ่ง T ย่อมาจาก Toggle เป็นฟลิปฟล็อปที่สร้างจากฟลิปฟล็อป J-K โดยใช้คุณสมบัติที่ท็อกเกิลที่เกิดขึ้นในฟลิปฟล็อป J-K เท่านั้น ฟลิปฟล็อป T จะมีอินพุตเพียงขาเดียวเท่านั้น โดยเมื่อขา T ถูกกระตุ้นด้วยสัญญาณนาฬิกา มันจะทำการกลับค่าเอาต์พุตให้มีลอจิกเป็นตรงกันข้าม



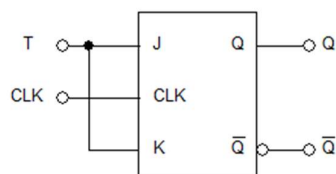
รูปที่ 6.12 สัญลักษณ์และการสร้างฟลิปฟล็อป T จากฟลิปฟล็อป J-K

อินพุต	เอาต์พุต		โหมดการทำงาน
T	Q_{t+1}	$\bar{Q}_{t+1}$	
↑	Q_t^-	Q_t	ท็อกเกิล
↑	Q_t	Q_t^-	ท็อกเกิล

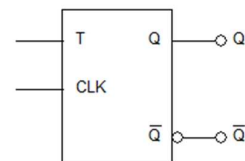
ตารางที่ 6.8 ตารางความจริงของฟลิปฟล็อป T

ฟลิปฟล็อป T แบบมีสัญญาณนาฬิกา

ฟลิปฟล็อป T ชนิดนี้เป็นฟลิปฟล็อป T ที่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา โดยฟลิปฟล็อป จะทำการท็อกเกิลเอาต์พุตในกรณีที่อินพุต T มีลอจิกเป็น 1 และมีสัญญาณนาฬิกาเข้ามากระตุ้นที่ขา CLK แต่ในกรณีที่ค่าลอจิกที่ขา T มีค่าลอจิก 0 นั้นแม้ว่าจะมีสัญญาณนาฬิกาเข้ามากระตุ้นก็ตาม ค่าระดับลอจิกทางเอาต์พุตก็ยังมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 6.13a การสร้างฟลิปฟล็อป T แบบมีสัญญาณนาฬิกาจากฟลิปฟล็อป J-K



รูปที่ 6.13b สัญลักษณ์ของ T แบบมีสัญญาณนาฬิกา

อินพุต		เอาต์พุต		โหมดการทำงาน
CLK	T	Q_{t+1}	Q_t^-	
↑	0	Q_t	Q_t^-	ไม่เปลี่ยนแปลง
↑	0	Q_t	Q_t^-	ไม่เปลี่ยนแปลง
↑	1	Q_t^-	Q_t	ที่ออกเกิด
↑	1	Q_t^-	Q_t	ที่ออกเกิด

ตารางที่ 6.9 ตารางความจริงของฟลิปฟล็อป

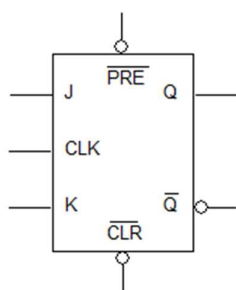
อินพุตแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Input)

อินพุตของฟลิปฟล็อปแบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ อินพุตแบบซิงโครนัส (Synchronous Input) และอินพุตแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Input) ซึ่งอินพุตแบบซิงโครนัสคืออินพุตที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าลอจิกทางเอาต์พุตได้โดยตรง แต่จะต้องรอให้มีสัญญาณนาฬิกาป้อนเข้ามา ก่อน เช่น ขาอินพุต D, J และ K เป็นต้น

อินพุตแบบอะซิงโครนัส คืออินพุตของฟลิปฟล็อปที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าลอจิกทางเอาต์พุตได้ทันทีโดยไม่ต้องรอสัญญาณนาฬิกา ซึ่งขาคเหล่านี้ได้แก่ ขา Preset และขา Clear ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

ขา Preset คือขาอินพุตแบบอะซิงโครนัสที่มีหน้าที่ในการเซตเอาต์พุตของฟลิปฟล็อป ให้อยู่ในภาวะเซต (SET) แบบทันทีทันใดโดยไม่ต้องรอการป้อนสัญญาณนาฬิกา ส่วนขา Clear จะมีหน้าที่ในการรีเซต (RESET) ภาวะเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปแบบทันทีทันใดโดยไม่ต้องรอสัญญาณนาฬิกาเช่นกัน

ขา Clear มีทั้งแบบแอคทีฟไฮและแอคทีฟโลว์ ซึ่งจะทำให้ผลการทำงานที่เหมือนกัน แต่แตกต่างกันเพียงระดับลอจิกที่ป้อนให้ โดยถ้าเป็นขาแบบแอคทีฟไฮ เราจะต้องป้อนลอจิก 1 เพื่อให้มันทำงาน ส่วนถ้าเป็นขาแบบแอคทีฟโลว์ เราจะต้องป้อนลอจิก 0 เพื่อให้มันทำงาน

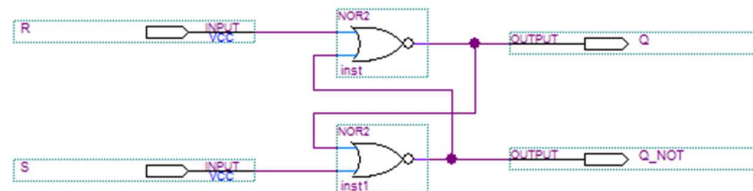


อินพุต		โหมดการทำงาน
$\overline{\text{PRE}}$	$\overline{\text{CLR}}$	
1	1	ทำงานตามโหมดสัญญาณนาฬิกาปกติ
0	1	$Q_t = 1$ (SET โดยไม่สนใจสัญญาณ CLK)
1	0	$Q_t = 0$ (RESET โดยไม่สนใจสัญญาณ CLK)
0	0	ไม่มีการใช้งานในกรณีนี้

รูปที่ 6.14 สัญลักษณ์ของฟลิป ฟล็อป ตารางที่ 6.10 ตารางความจริงของฟลิปฟล็อป J-K ที่มีขา ฟล็อป อินพุตแบบอะซิงโครนัสในโหมดแอกทีฟโลว์

ขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 1 แลตซ์ S-R แบบแอกทีฟไฮ

1. ต่อวงจรตามรูป ที่ 1



รูปที่ 6.15 วงจรสำหรับการทดลองตอนที่ 1

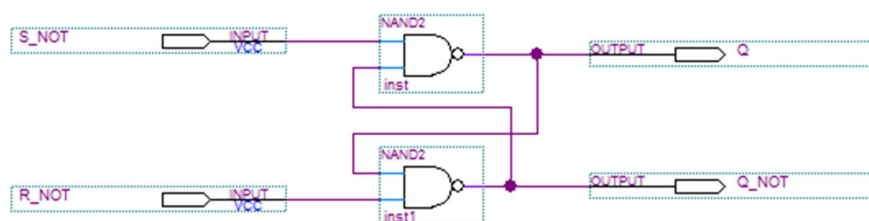
2. ทดสอบวงจร โดยการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์ SW0 และ SW1 แล้วดูผลทางลอจิก ที่ LED D0 และ LED D1 จากนั้นบันทึกผลลงในตาราง

S	R	Q	Q_NOT
(SW1)	(SW0)	(LED D1)	(LED D0)
LOW	LOW		
LOW	HIGH		
HIGH	LOW		
HIGH	HIGH		

ตารางที่ 6.11 ตารางความจริงจากการทดลองตอนที่ 1

ขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 2 แลตซ์ S-R แบบแอกทีฟโลว์

1. ต่อวงจรต่าง ๆ เข้าด้วยกันดังรูป



รูปที่ 6.16 วงจรสำหรับการทดลองตอนที่ 2

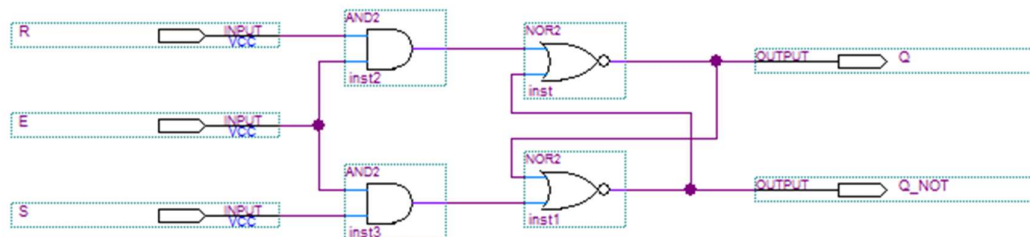
2. ทดสอบวงจร โดยการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์ SW0 และ SW1 แล้วดูผลทางลอจิก ที่ LED D0 และ LED D1 จากนั้นบันทึกผลลงในตาราง

S_NOT (SW1)	R_NOT (SW0)	Q (LED D1)	Q_NOT (LED D0)
LOW	LOW		
LOW	HIGH		
HIGH	LOW		
HIGH	HIGH		

ตารางที่ 6.12 ตารางความจริงจากการทดลองตอนที่ 2

ขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 3 แลตช์ S-R แบบแอกทีฟโลว์

1. ต่อวงจรต่าง ๆ เข้าด้วยกันดังรูป



รูปที่ 6.17 วงจรสำหรับการทดลองตอนที่ 3

2. ทดสอบวงจร โดยการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์ SW0, SW1 และ SW2 แล้วดูผลทางลอจิก ที่ LED D0 และ LED D1 จากนั้นบันทึกผลลงในตาราง

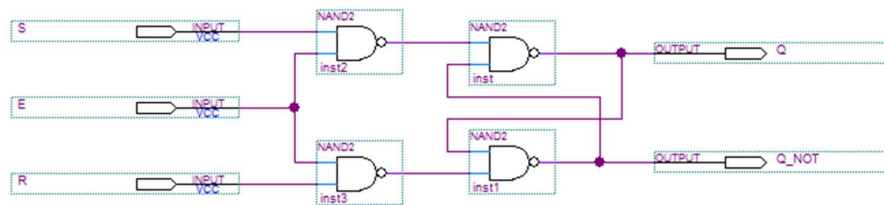
E (SW2)	S (SW1)	R (SW0)	Q (LED D1)	Q_NOT (LED D0)
LOW	LOW	LOW		
LOW	LOW	HIGH		
LOW	HIGH	LOW		
LOW	HIGH	HIGH		
HIGH	LOW	LOW		
HIGH	LOW	HIGH		
HIGH	HIGH	LOW		

HIGH	HIGH	HIGH		
------	------	------	--	--

ตารางที่ 6.13 ตารางความจริงจากการทดลองตอนที่ 3

ขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 4 แลตซ์แบบ Gated S-R ที่สร้างจากแลตซ์ S-R ชนิดแอกทีฟโลว์

1. ต่อวงจรต่าง ๆ เข้าด้วยกันดังรูป



รูปที่ 6.18 วงจรสำหรับการทดลองตอนที่ 4

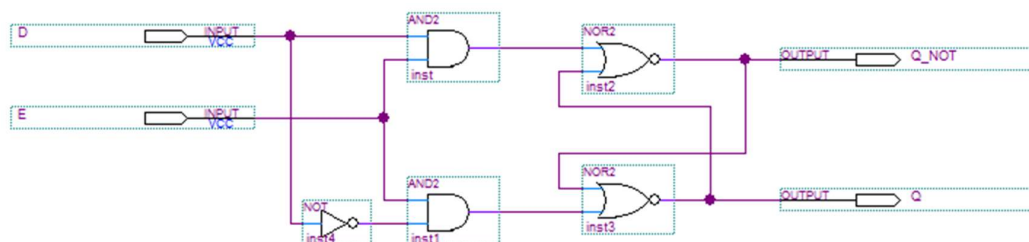
2. ทดสอบวงจรโดยการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์ SW0, SW1 และ SW2 แล้วดูผลทางลอจิกที่ LED D0 และ LED D1 จากนั้นบันทึกผลลงในตาราง

E (SW2)	S (SW1)	R (SW0)	Q (LED D1)	Q_NOT (LED D0)
LOW	LOW	LOW		
LOW	LOW	HIGH		
LOW	HIGH	LOW		
LOW	HIGH	HIGH		
HIGH	LOW	LOW		
HIGH	LOW	HIGH		
HIGH	HIGH	LOW		
HIGH	HIGH	HIGH		

ตารางที่ 6.14 ตารางความจริงจากการทดลองตอนที่ 4

ขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 5 แลตซ์แบบ Gated D

1. ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันดังรูป



รูปที่ 6.18 วงจรสำหรับการทดลองตอนที่ 5

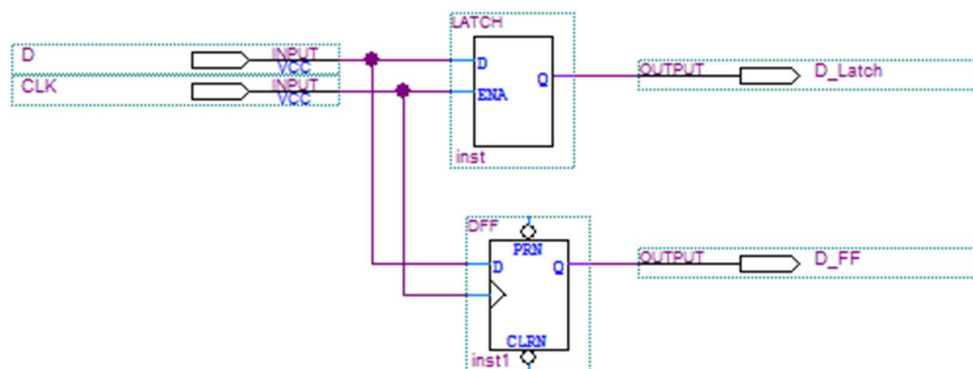
13. ทดสอบวงจรโดยการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์ SW0 และ SW1 แล้วดูผลทางลอจิก ที่ LED D0 และ LED D1 จากนั้นบันทึกผลลงในตาราง

E (SW1)	D (SW0)	Q (LED D1)	Q_NOT (LED D0)
LOW	LOW		
LOW	HIGH		
HIGH	LOW		
HIGH	HIGH		

ตารางที่ 6.15 ตารางความจริงจากการทดลองตอนที่ 5

ขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 6 แลตช์แบบ Gated D และฟลิปฟล็อป D

1. ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันดังรูป (7474= D FF, 7475= D Latch)



รูปที่ 6.19 วงจรสำหรับการทดลองตอนที่ 6

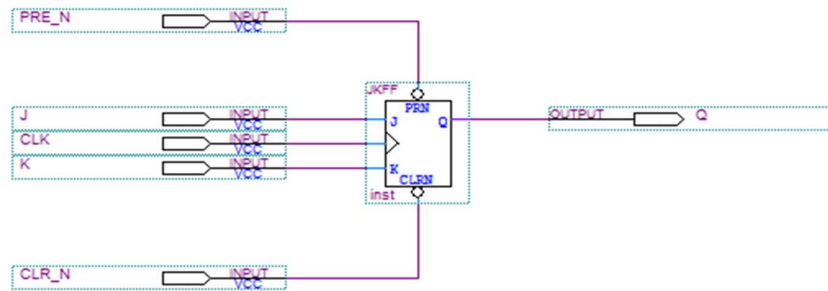
13. ทดสอบวงจรโดยการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์ SW0 และ SW1 แล้วดูผลทางลอจิกที่ LED D0 และ LED D1 จากนั้นบันทึกผลลงในตาราง

CLK (SW1)	D (SW0)	D_Latch (LED D1)	D_FF (LED D0)
LOW	LOW		
LOW	HIGH		
LOW	HIGH		
HIGH	HIGH		

ตารางที่ 6.16 ตารางความจริงจากการทดลองตอนที่ 6

ขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 7 ฟลิปฟล็อปแบบ J-K

1. ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันดังรูป (7476 =Dual J-K FF)



รูปที่ 6.20 วงจรสำหรับการทดลองตอนที่ 7

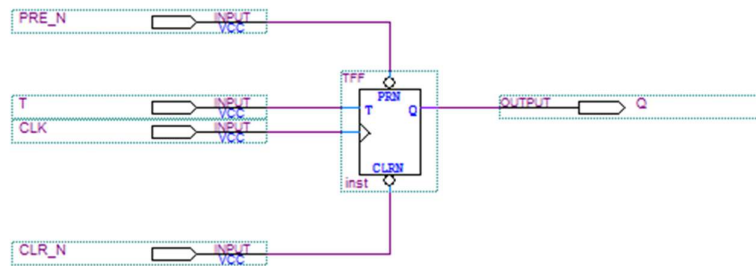
2. ทดสอบวงจรโดยการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์ SW0, SW1, SW2 และ SW3 ทำการกดสวิตช์ PULSE_Q แล้วดูผลทางลอจิกที่ LED D0 จากนั้นบันทึกผลลงในตาราง

PRE_N (SW3)	CLR_N (SW2)	J (SW1)	K (SW0)	CLK (PULSE)	Q (LED D0)
HIGH	HIGH	LOW	LOW	↑	
HIGH	HIGH	HIGH	LOW	↑	
HIGH	HIGH	LOW	HIGH	↑	
HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	↑	
LOW	HIGH	LOW	LOW	↑	
LOW	HIGH	HIGH	LOW	↑	
LOW	HIGH	LOW	HIGH	↑	
LOW	HIGH	HIGH	HIGH	↑	
HIGH	LOW	LOW	LOW	↑	
HIGH	LOW	HIGH	LOW	↑	
HIGH	LOW	LOW	HIGH	↑	
HIGH	LOW	HIGH	HIGH	↑	

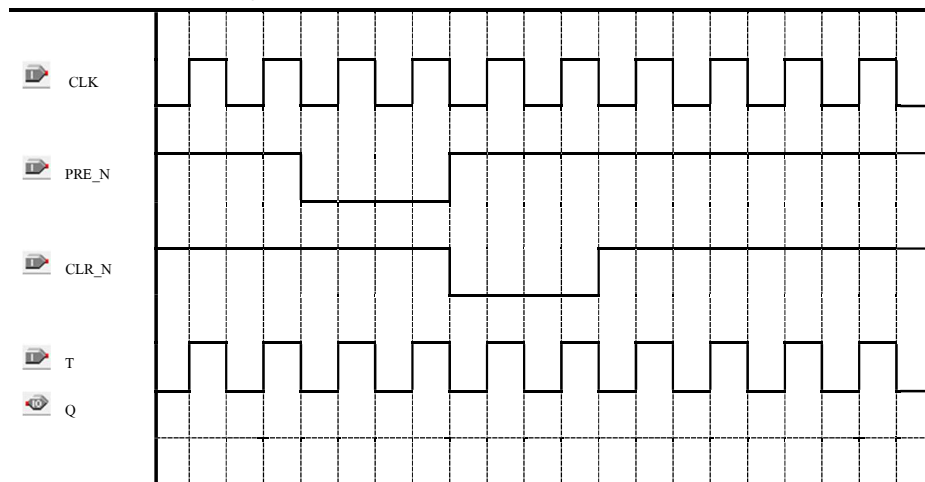
ตารางที่ 6.17 ตารางความจริงจากการทดลองตอนที่ 7

ขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 8 ฟลิปฟล็อปแบบ T

1. ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันดังรูป (7476 =Dual J-K FF)
2. เขียน Timing diagram ลงในรูปที่ 6.22



รูปที่ 6.21 วงจรสำหรับการทดลองตอนที่ 8



รูปที่ 6.22 ผลจำลองการทำงาน

13. ทดสอบวงจร โดยการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์ SW0, SW1 และ SW2 ทำการกดสวิตช์ PULSE_Q แล้วดูผลทางลอจิกที่ LED D0 จากนั้นบันทึกผลลงในตาราง

PRE_N (SW2)	CLR_N (SW1)	T (SW0)	CLK (PULSE)	Q (LED D0)
HIGH	HIGH	LOW	↑	
HIGH	HIGH	HIGH	↑	
LOW	HIGH	HIGH	↑	
LOW	HIGH	LOW	↑	
HIGH	LOW	LOW	↑	
HIGH	LOW	HIGH	↑	

ตารางที่ 6.26 ตารางความจริงจากการทดลองตอนที่ 8

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....