วงจรนับ (Counter)

หัวใจของการควบคุมสเตปและเวลาในระบบดิจิทัล

รายวิชา วงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ผู้สอน มัลลิกา สิทธิโชค

NotebookLM

ทำไมโลกดิจิทัลถึงขาด “วงจรนับ” ไม่ได้?

วงจรนับ (Counter) คืออุปกรณ์พื้นฐานที่เกิดจากการนำฟลิปฟลอป (Flip-Flop) มาต่อกัน เพื่อทำหน้าที่จดจำและนับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณนาฬิกา (Clock Pulse)

การนับจำนวน
(Event Counting)
นับชิ้นงานในสายพานการผลิตของโรงงาน (0-9999)

ตัวหารความถี่
(Frequency Division)
สร้างฐานเวลาที่แม่นยำสำหรับนาฬิกาดิจิทัล

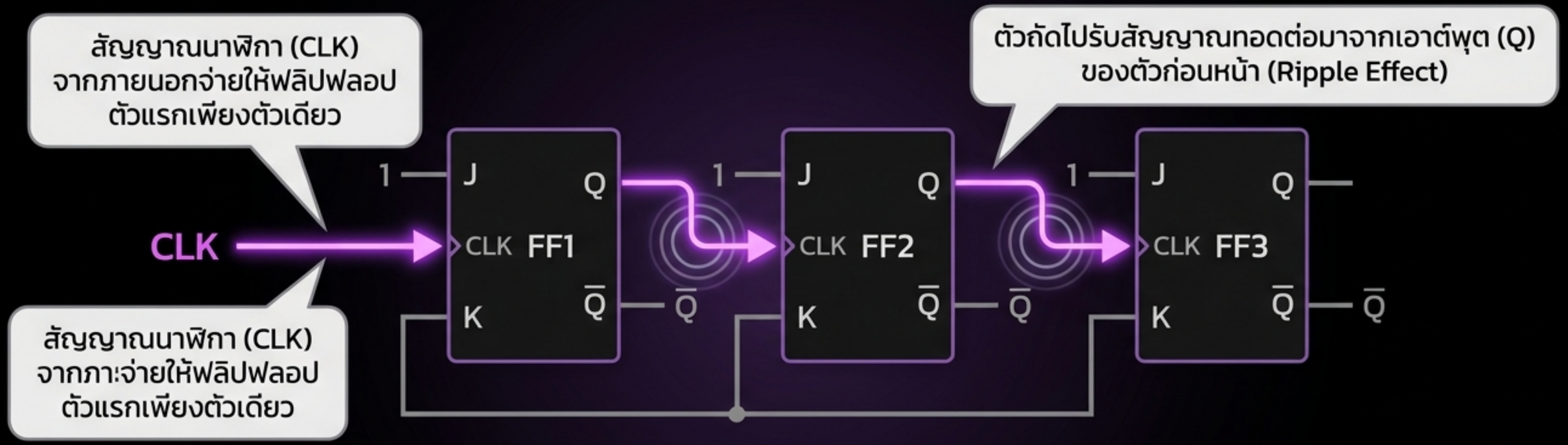
การสร้างลำดับ
(Sequence Generation)
อ้างอิงตำแหน่ง Address ในหน่วยความจำหรือไฟวิ่ง

ผู้สอน มัลลิกา สิทธิโชค

NotebookLM

วงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous / Ripple Counter)

ทำงานแบบระลอกคลื่น ง่ายแต่งานหนัก



ข้อดี	ข้อจำกัดหลัก
โครงสร้างง่าย ต่อวงจรไม่ซับซ้อน และประหยัดพลังงาน	เกิด **ค่าความหน่วงเวลาสะสม (Propagation Delay)** จากฟลิปฟลอปแต่ละตัว ทำให้ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการความถี่สูงมากๆ

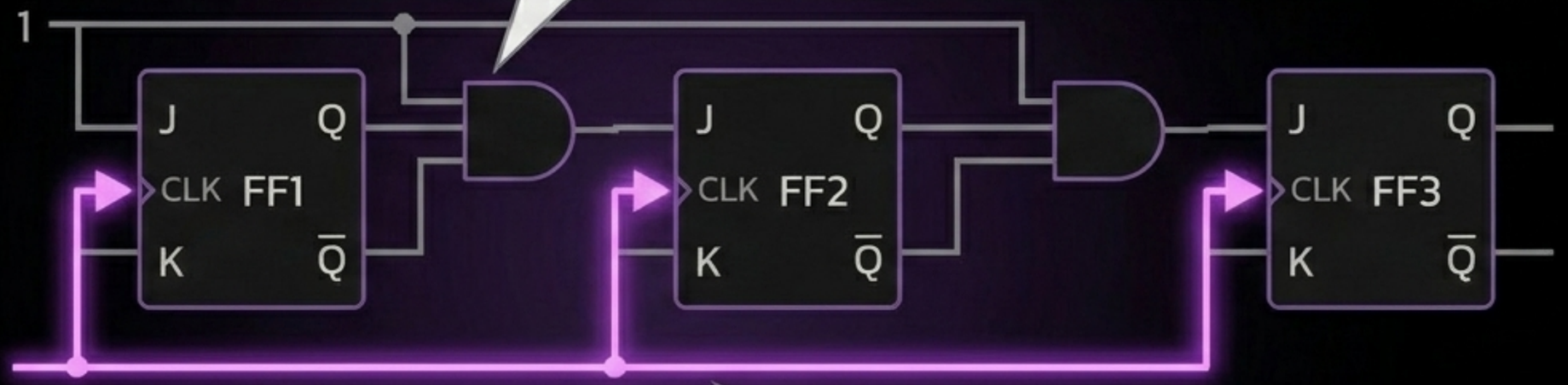
ผู้สอน มัลลิกา สิทธิโชค

NotebookLM

วงจรนับแบบเข้าจังหวะ (Synchronous / Parallel Counter)

ทำงานพร้อมเพรียง รวดเร็วและแม่นยำ

การเปลี่ยนสถานะจะถูกควบคุมอย่างแม่นยำด้วยลอจิกเกต (Logic Gate) คุมอินพุต J และ K ล่วงหน้า



สัญญาณนาฬิกาหลัก (Universal CLK)
จ่ายให้ฟลิปฟลอป ทุกตัวพร้อมกันทั้งหมด

✓ ข้อดี	✗ ข้อจำกัดหลัก
ขจัดปัญหาค่าความหน่วงเวลาสะสม (No Ripple Effect) ทำงานได้เร็วมาก และมีเสถียรภาพสูง ไม่เกิด Decoding Error	ยิ่งจำนวนบิตมาก วงจรเกตควบคุมจะยิ่งซับซ้อน และบริโภคพลังงานสูงขึ้น

ผู้สอน มัลลิกา สิทธิโชค

NotebookLM

เปรียบเทียบสเปกหมัดต่อหมัด: Async vs. Sync

	Asynchronous (ไม่เข้าจังหวะ)	Synchronous (เข้าจังหวะ)
การรับสัญญาณ CLK	เข้าแค่บิตแรก (ทอดต่อกัน)	เข้าทุกบิตพร้อมกัน (ขนาน)
ความเร็ว (Speed)	❌ ช้า (ติดปัญหา Propagation Delay)	✅ เร็วสูงมาก (ตอบสนองทันที)
ความซับซ้อนวงจร	✅ ง่าย (ใช้เกตควบคุมน้อย)	❌ ซับซ้อน (ลอจิกควบคุมเยอะ)
ข้อผิดพลาด (Decoding Error)	มีโอกาสเกิดขึ้นที่ความถี่สูง	ไม่เกิดความผิดพลาด
ชื่อเรียกทางเทคนิค	Ripple Counter / Serial Counter	Parallel Counter

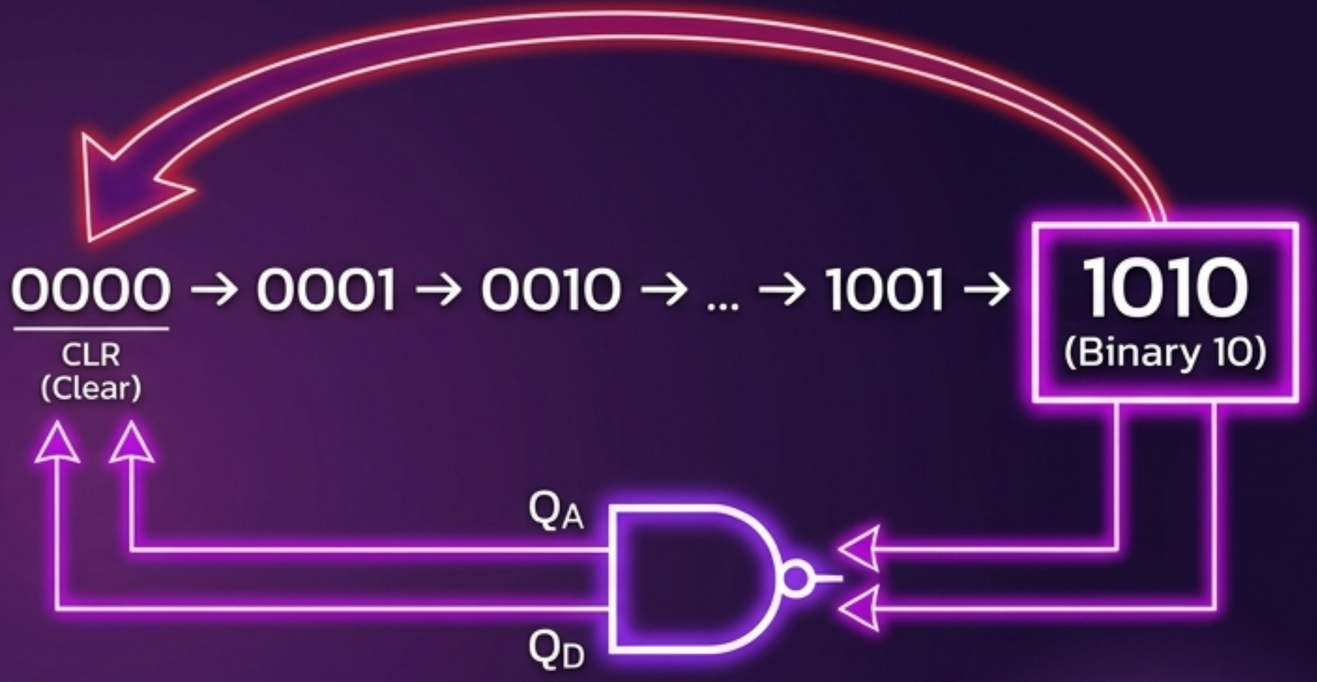
ผู้สอน มัลลิกา สิทธิโชค

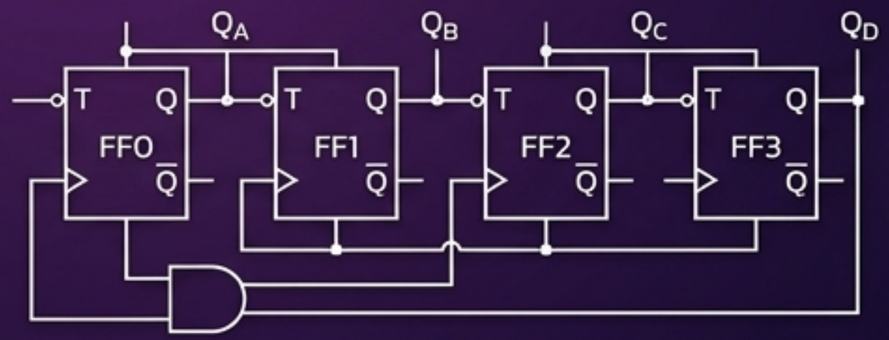
NotebookLM

นับตามสั่งด้วยการตัดยอด (Modulus Counter / Mod-N)

วงจรไม่จำเป็นต้องนับจนเต็มบิตเสมอไป

- Modulus คือการกำหนดให้วงจรนับไปถึงค่าที่ต้องการ แล้ว รีเซ็ต (Reset) ตัวเองกลับไปที่ 0
- ตัวอย่าง: วงจรนับ 10 (Decade Counter / Mod-10)
  - ฟลิปฟลอป 4 ตัว ปกตินับได้ 0-15 (16 สเตต)
  - หากต้องการให้นับ 0-9 เราต้องสกัดจับสถานะที่ 10 (Binary 1010)
  - นำเอาต์พุตที่มีลอจิกเป็น 1 (QA และ QD) มาเข้า NAND Gate เพื่อสร้างสัญญาณไปกระตุ้นขา CLR (Clear) ทำลายสถานะให้กลับเป็นศูนย์ทันที



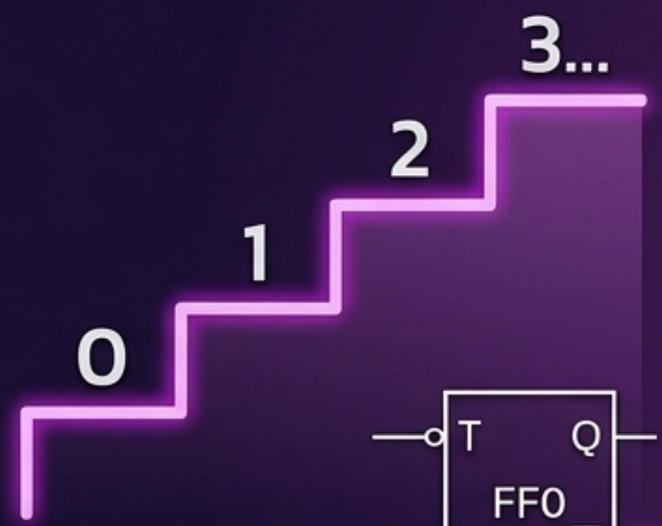


ผู้สอน มัลลิกา ...

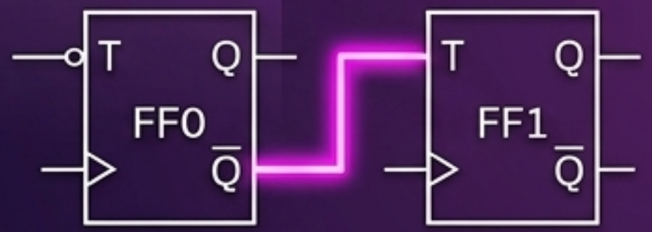
NotebookLM

สลับทิศทางเดินหน้าและถอยหลัง (Up / Down Counters)

นับขึ้น - Count Up



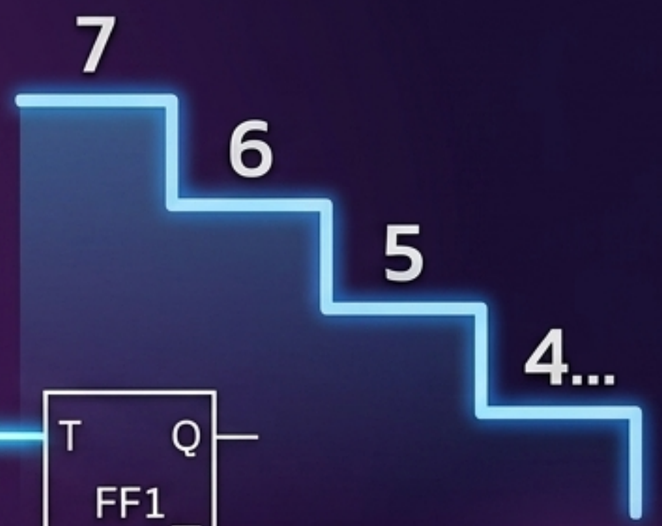
ในวงจรแบบ Synchronous รุ่นใหม่ๆ จะมีขา Up/Down Control สามารถสลับได้ทันทีในชิปตัวเดียวผ่านลอจิกเกต

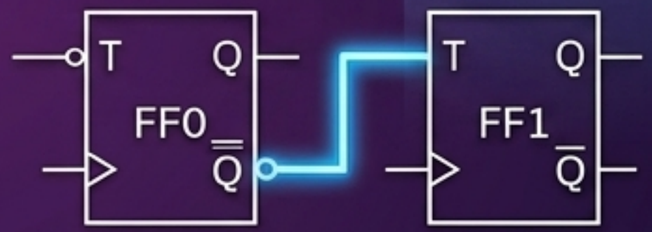


ตัวเลขเรียงจากน้อยไปหามาก

การต่อวงจร Async:
นำเอาต์พุตสภาวะบกจสภาวะปกติ (Q) ไปใช้เป็นสัญญาณนาฬิกากระตุ้นฟลิปฟลอปบิตถัดไป

นับลง - Count Down





ตัวเลขเรียงจากมากไปหาน้อย

การต่อวงจร Async:
เปลี่ยนไปนำเอาต์พุตสภาวะตรงข้าม ($\overline{Q}$-bar) ไปกระตุ้นตัวถัดไปแทน

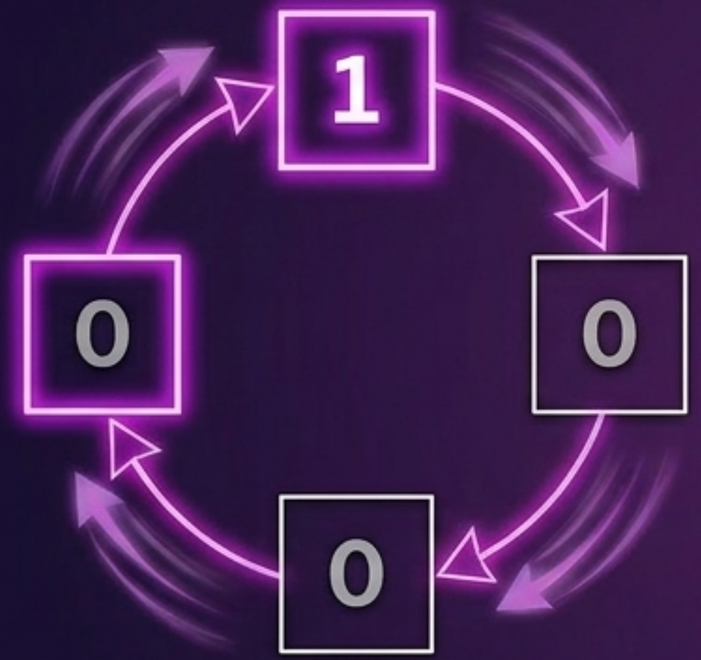
ผู้สอน มัลลิกา ฮิทธิโยธา

NotebookLM

วงจรนับแบบกะข้อมูล (Shift Register Counters)

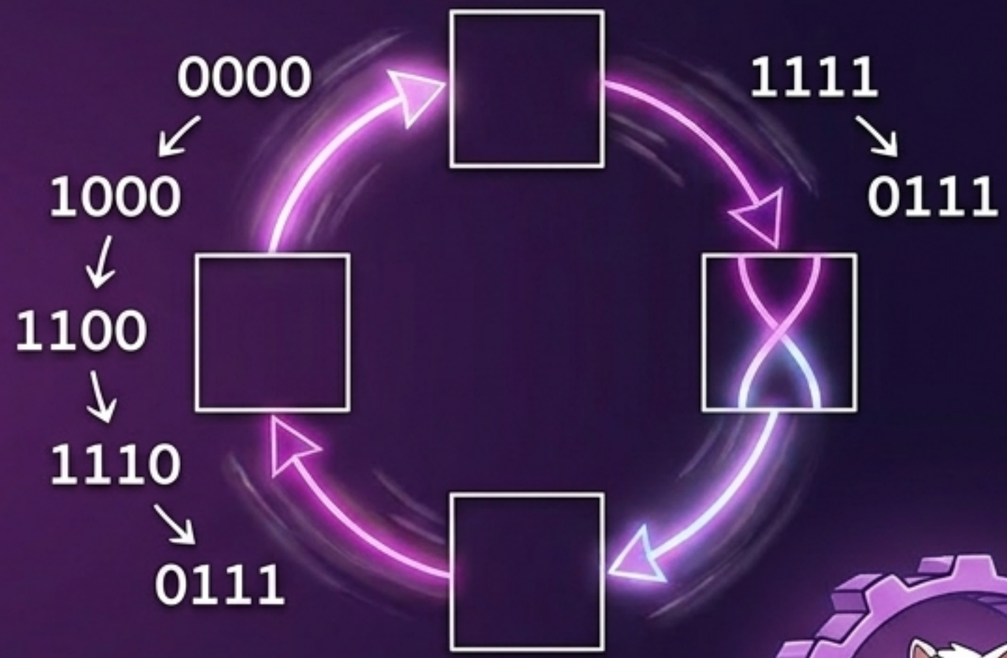
ลำดับวนซ้ำจากการป้อนกลับ (Feedback Loop)

1. Ring Counter



- เอาต์พุตตัวสุดท้าย ป้อนกลับเข้าอินพุตตัวแรกโดยตรง
- มีสถานะ 1 เพียงตัวเดียวที่วิ่งวนไปเรื่อยๆ (N States)
- ถอดรหัสง่ายมาก นิยมนำไปสร้างวงจรไฟวิ่ง (LED Chaser) หรือสแกนลำดับ

2. Johnson Counter / Twisted Ring



- นำเอาต์พุตตัวสุดท้าย แบบกลับสภาวะ (Q-bar) ป้อนกลับเข้าตัวแรก
- กลุ่มของบิต 1 จะค่อยๆ ยืดออกและหดลง สร้าง State ได้มากกว่าฮาร์ดแวร์เท่าเดิม (2N States)

ผู้สอน มัลลิกา [illegible]

NotebookLM

ก้าวสู่การใช้งานจริงในอุตสาหกรรม (Practical Commercial ICs)

ชิปวงจรนับยอดนิยมสำหรับแผงวงจร

IC 7493

- วงจรนับ 4 บิต แบบ Asynchronous
- ต่อโครงสร้างเป็นตัวหารความถี่ 16 (Divide-by-16) ได้ง่าย

IC 7490

- วงจรนับ 10 (Decade Counter) แบบ Asynchronous
- ไอซียอดฮิตสำหรับสร้างนาฬิกาดิจิทัลและระบบแบ่งความถี่ฐานสิบ

IC 74193

- วงจรนับ 4 บิต แบบ Synchronous (นับขึ้นและนับลงได้)
- ความเร็วสูง มีขา Preset เพื่อตั้งค่าเริ่มต้นได้อย่างอิสระยืดหยุ่น

ผู้สอน มัลลิกา ภิทธิโชค

NotebookLM

สรุปภาพรวม: หัวใจของวงจรนับ (Key Takeaways)

สถาปัตยกรรม (Architecture)

- Async: ต่ออนุกรม, ประหยัดไฟ, แต่มีข้อเสียเรื่องความหน่วงเวลา
- Sync: ต่อสัญญาณนาฬิกาขนาน, รวดเร็วแม่นยำ, แลกมากับลอจิกที่ซับซ้อน

วงจรนับ (Counter)

การประยุกต์ใช้ (Applications)

- ตัวหารความถี่
- ระบบควบคุมลำดับขั้น
- ไฟวิ่ง
- ฐานเวลาของระบบคอมพิวเตอร์

การปรับแต่ง (Customization)

- ทิศทาง: เลือกนับขึ้น (Up) หรือ นับลง (Down) ได้ตามสภาวะเอาต์พุต
- Modulus: ดักจับลอจิกเพื่อสั่ง Reset (CLR) ให้นับถึงขีดจำกัดที่ต้องการ (เช่น Mod-10)

ผู้สอน มัลลิกา [illegible]

NotebookLM