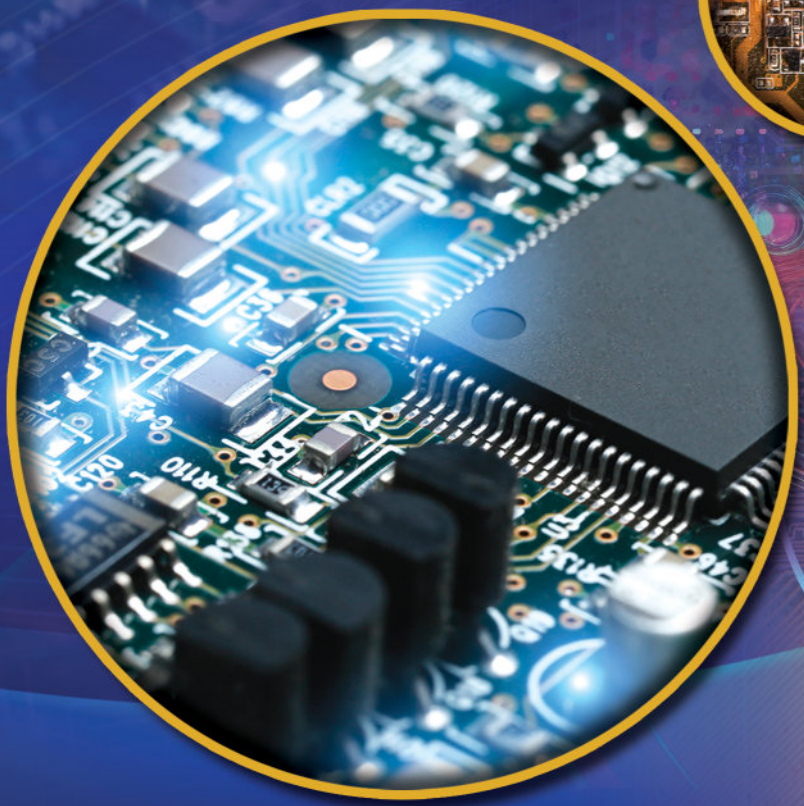
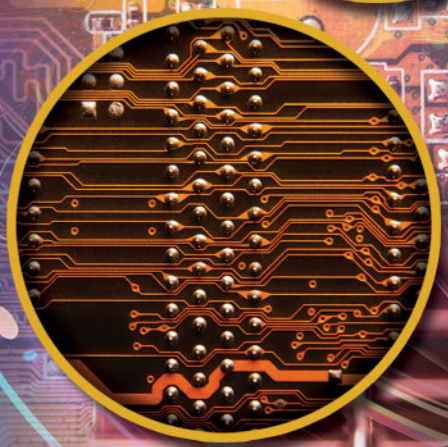
SKYBOOK

e-book

# วงจรไอซี

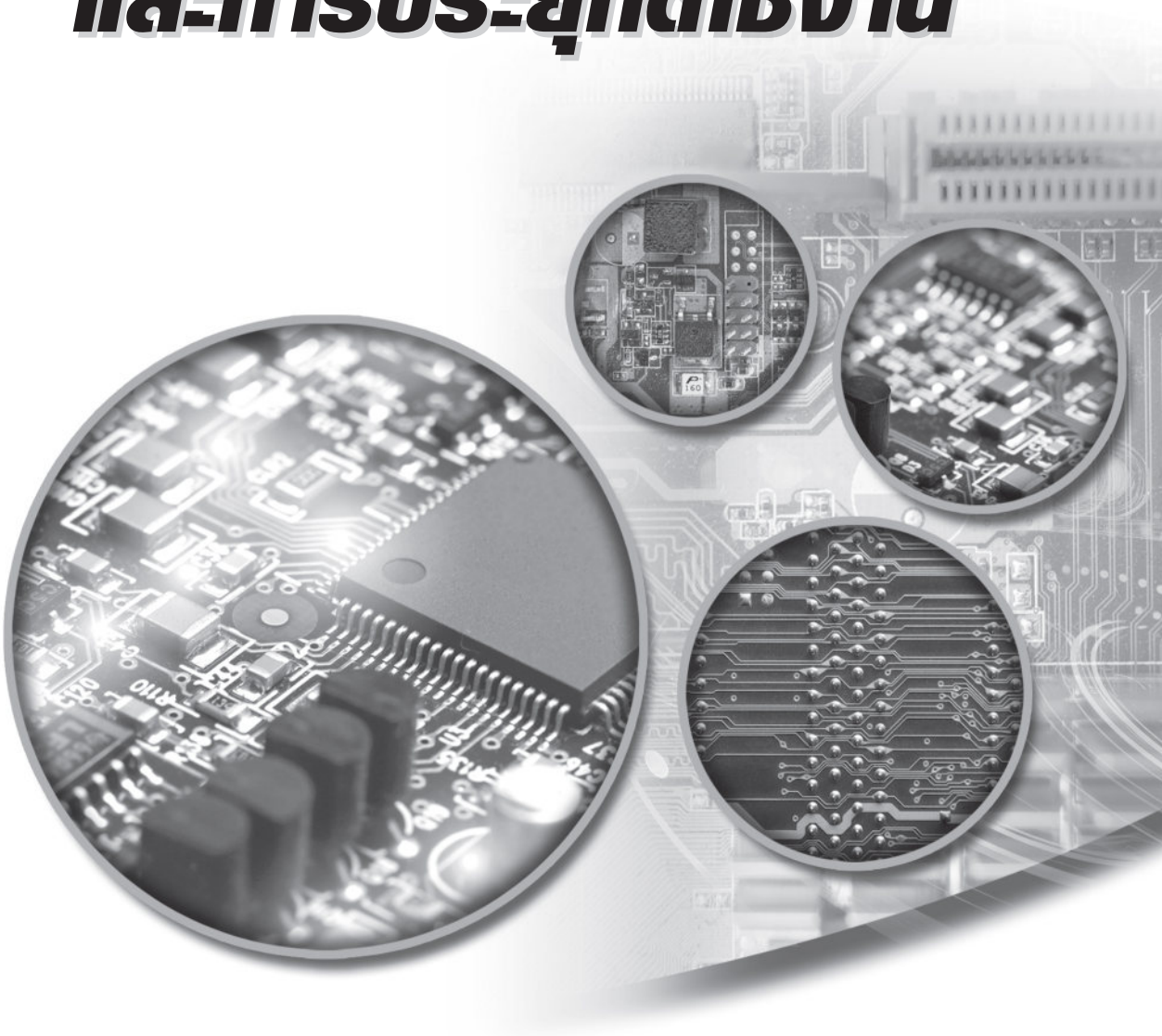
## และการประยุกต์ใช้งาน





โดย นภัทร วัจนเทพินทร์

# วงจรไอซี
## และการประยุกต์ใช้งาน



โดย นภัทร วัจนเทพินทร์

# คำนำ

หนังสือชื่อ "วงจรไอซี และการประยุกต์ใช้งาน" เล่มนี้ เรียบเรียงขึ้นเนื่องจากการปรับปรุงหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ครั้งล่าสุด เมื่อปี พ.ศ. 2546 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เพื่อให้เนื้อหาก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีในปัจจุบัน ผู้เขียนจึงเรียบเรียงเนื้อหาไว้ครบถ้วนตามที่หลักสูตรกำหนด และนำวงจรการประยุกต์ใช้งานจริงที่ใช้อยู่ในปีปัจจุบันมานำเสนอในหนังสือเล่มนี้หลากหลายวงจร ซึ่งวงจรเหล่านี้เป็นวงจรที่สามารถสร้างใช้งานจริงได้ และมีบางวงจรที่เป็นวงจรซึ่งผ่านการออกแบบจากนักวิชาการมาแล้ว แต่ยังไม่ได้สร้างใช้งานจริง ซึ่งผู้เรียนสามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบวงจรไอซีได้ด้วยตนเอง

อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีของไอซีไม่มีโอกาสที่จะหยุดอยู่กับที่ ดังนั้น ผู้เรียนจึงควรค้นคว้าเพิ่มเติมจากวารสารต่าง ๆ ด้านอิเล็กทรอนิกส์และนำมาออกแบบใช้งานต่อไป ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ของตน เพื่อพัฒนาตนเองเข้าสู่การเรียนในระดับที่สูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อวงการอาชีวศึกษาได้ไม่มากก็น้อย ต้องขอขอบคุณสำนักพิมพ์ สกายบุ๊กส์ ที่มุ่งมั่นผลิตตำราวิชาการทางช่างอุตสาหกรรมทุก ๆ สาขา ด้วยคุณภาพดีเยี่ยมมาอย่างต่อเนื่อง และด้วยความระลึกถึงพระคุณของบิดา-มารดา ของผู้เขียน และท้ายที่สุดต้องขอบคุณสมาชิกครอบครัว "วัจนเทพินทร์" ซึ่งเติมเต็มความสุขในชีวิตของผู้เขียนมาตลอดระยะเวลา 12 ปี

นายนภัทร วัจนเทพินทร์

# สารบัญ

หน้า

# บทที่ 1 ไอซีดิจิตอล (The Digital IC)

## 1.1 บทนำ

ไอซี (IC หรือ Integrated Circuits) หมายถึง วงจรรวม คือ ชิพอิเล็กทรอนิกส์เล็ก ๆ ที่บรรจุไปด้วยวงจรทรานซิสเตอร์จำนวนมากรวมกัน เพื่อทำงานในฟังก์ชันที่ผู้ออกแบบกำหนด ดังนั้น การทำงานของไอซี จึงมีมากมาย สำหรับไอซีดิจิตอล นั้นหมายถึง วงจรรวมที่ทำงานในโหมดของสัญญาณดิจิตอล โดยอาจมีอินพุตเป็นสัญญาณแอนะล็อก หรือดิจิตอล แต่ไอซีดิจิตอลจะให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิตอลเสมอ

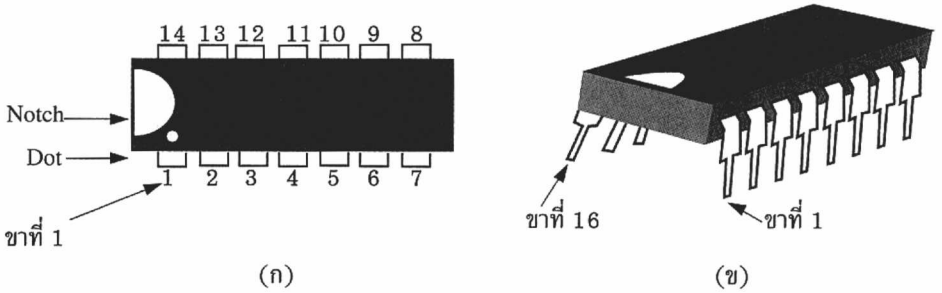
ไอซีดิจิตอล (Digital IC) อาจแบ่งออกได้เป็น 9 กลุ่ม ตามลักษณะการนำไปใช้งาน ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มอนุกรม 74 (74 Series Legic Famillies)
2. กลุ่มอนุกรม “4000 B” (CMOS series. 4000 B)
3. กลุ่มลอจิกที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic)
4. กลุ่มไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor & Support IC)
5. กลุ่มประมวลสัญญาณ (Digitalsignal Processing)
6. กลุ่มหน่วยความจำ (Memory $IC_s$ & Memory Cards)
7. กลุ่มวงจรขับ (Driver $IC_s$ & Linear Drivers)
8. กลุ่มวงจรอินเตอร์เฟซ (Interface & Delay Line & Data bus Isolator & SCSI Interface)
9. กลุ่มวงจรนับและตัวตั้งเวลา (Timers & Counters)

รายละเอียดและขนาดของไอซดิจิตอล แต่ละกลุ่มนั้นจะมีความแตกต่างกันทั้งเบอร์ของไอซี ลักษณะการจัดวางขา และคุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุต รวมทั้งลักษณะการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะอธิบายขอบเขตและความหมายของไอซีดิจิตอลเหล่านี้ในโอกาสต่อไป

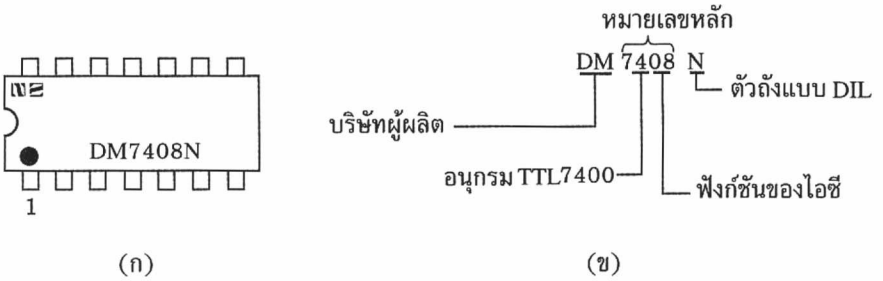
## 1.2 ลักษณะภายนอกของไอซีดิจิตอล

ลักษณะภายนอกของวงจรรวมทั้งชนิดทีทีแอลและซีมอส จะบรรจุลงในตัวถังพลาสติก เรียกว่า DIP (Dual In Line Package) ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ก), (ข) ซึ่งมีทั้งชนิด 14 ขา และ 16 ขา โดยขาที่ 1 จะอยู่ใกล้กับตำแหน่งจุด (Dot) หรือช่อง (Notch) ดังแสดงในรูปที่ 1.1

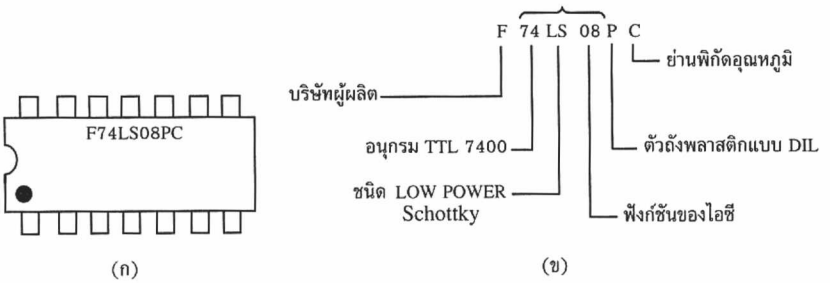



**รูปที่ 1.1** *ตัวถังไอซี แบบ DIP และการกำหนดขาของไอซี*

ด้านบนของตัวไอซี จะเห็นตัวอักษรและสัญลักษณ์บริษัทผู้ผลิตอย่างชัดเจน ตัวอักษรเหล่านี้จะบอกถึงเบอร์ของไอซี ดังกล่าวและบอกถึงชื่อบริษัทผู้ผลิต ลักษณะของตัวถังที่ได้ทำการบรรจุ ตัวอย่างแสดงในรูป 1.2 รหัสของบริษัทผู้ผลิตคืออักษร 2 ตัวแรก เช่น DM คือชื่อบริษัท National Semiconductor Corporation (บางครั้งจะใช้อักษรย่อว่า NS) สำหรับตัวเลขตรงกลาง คือ 7408 หมายถึงฟังก์ชันของวงจรรวมนี้คือเบอร์ 7408 เป็น 2 อินพุตแอนด์เกต และตัวอักษรตัวสุดท้ายคือ N คือรหัสของบริษัทผู้ผลิตกำหนดว่าเป็นตัวถังแบบ (DIP) เป็นต้น หรือในรูปที่ 1.2 แสดง ไอซี เบอร์ 74LS08 ตัวอักษรตัวหน้าคือ F แสดงชื่อบริษัทผู้ผลิตคือ Fairchild Camera and Instrument Corporation ตัวอักษรตัวกลางคือ LS เป็นตัวอักษรย่อแทนคำว่า “Low Power Schottky” เป็นชนิดของวงจรรวมทีทีแอลชนิดหนึ่ง และ 7408 คือเบอร์ของวงจรรวมนี้เป็น 2 อินพุตแอนด์เกต ตัวอักษร P จะบอกถึงตัวถังบรรจุแบบพลาสติก DIP และรหัสอักษร C ตัวสุดท้ายเป็นย่านพิกัดอุณหภูมิ (C = 0 ถึง +70° C)




**รูป 1.2** *ไอซีของ National Semiconductor Corporation (Tokheim : 1990)*



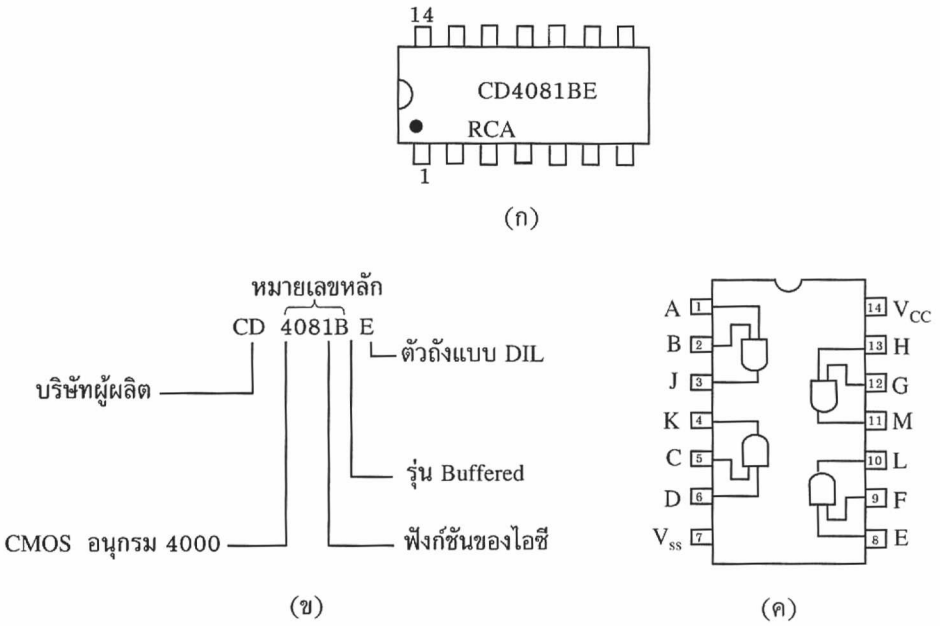

**รูป 1.3** *ไอซีของ Fairchild digital IC (Tokheim : 1990)*

สำหรับตัวอักษรที่บอกชนิดของวงจรรวมทั้งชนิดทีทีแอลและชนิดซีมอส มีหลายแบบ เนื่องจากโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

| | | |
|---|---|---|
| ALS | = | Advanced Low-power Schottky TTL logic |
| C | = | CMOS logic |
| H | = | High-speed TTL logic |
| HC | = | High-speed CMOS logic |
| HCT | = | High-speed CMOS logic with TTL input |
| L | = | Low-power TTL logic |
| LS | = | Low-power Schottky TTL logic |
| S | = | Schottky TTL logic |

เนื่องจากข้อเสียของไอซีทีทีแอลที่กินกำลังไฟฟ้าสูง ทำให้บริษัทผู้ผลิตได้พัฒนาลอจิกเกตที่มีโครงสร้างใหม่ ใช้มอสเฟตแทนทรานซิสเตอร์ ในปี ค.ศ. 1960 จึงเรียกชื่อว่า CMOS (ย่อมาจากคำว่า Complementary Metal Oxide Semiconductor) บริษัทผู้ผลิตได้ผลิตออกมา ในอนุกรมหมายเลข 4000 แล้วต่อมาได้ผลิตออกมาอีกหลายรุ่นในอนุกรมหมายเลข 74C00 และหมายเลข

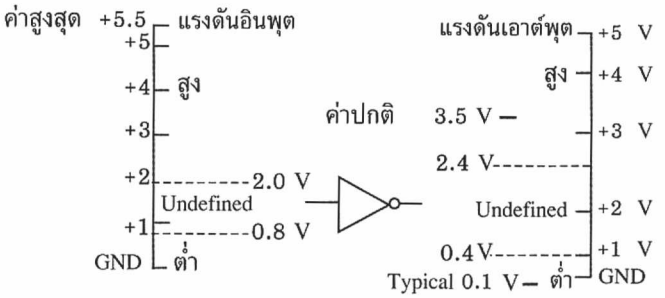
74HC00 ลอจิกเกตชนิดซีมอสที่เป็นที่นิยมใช้คือในอนุกรมหมายเลข 4000 ตัวอย่างเช่น เบอร์ CD4081BE ดังรูปที่ 1.4 (ก) เป็นแอนด์เกต 2 อินพุต ผลิตจากบริษัท RCA ใช้รหัสย่อว่า CD และตัวเลข 40 แสดงว่าเป็นลอจิกเกตชนิดซีมอส ตัวเลข 81 คือฟังก์ชันของแอนด์เกต และตัวอักษร B คือรุ่นที่สอง (รุ่นแรกคือ 4081A) รุ่น B นี้เรียกว่า "Buffered version" เป็นรุ่นที่จ่ายกระแสเอาต์พุตได้สูงกว่ารุ่น A และมีการป้องกันไฟฟ้าสถิต ตัวอักษร E คือรหัสของบริษัท RCA ที่ระบุว่าเป็นตัวถังพลาสติกแบบ DIP ในรูปที่ 1.4 (ค) เป็นการจัดวางขาของแอนด์เกตเบอร์ 4081 มี 4 เกตในทั้งหมด แหล่งจ่ายไฟใช้ขั้ว $V_{DD}$ (ขา 14) และ $V_{SS}$ (ขา 7) ปกติ $V_{DD}$ จะรับไฟบวกได้ตั้งแต่ +3 $V_{dc}$ ถึง + 18 $V_{dc}$ และขา $V_{SS}$ ต่อกับจุดดิน (GND)




**รูป 1.4** *ไอซีของบริษัท RCA และรหัสของเบอร์ชนิดซีมอส และการจัดวางขาวงจรรวม เบอร์ 4081B CMOS logic (Tokheim : 1990)*

## 1.3 คุณลักษณะทางอินพุต และเอาต์พุตของไอซีดิจิตอล

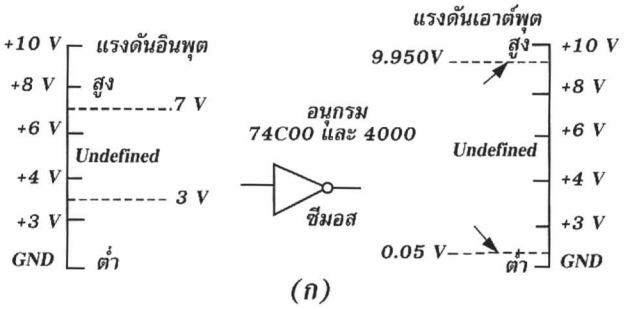
สำหรับระดับแรงดันอินพุต และเอาต์พุต ของไอซีดิจิตอล จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ 1. กลุ่ม TTL 2. กลุ่ม CMOS 74C00 และ 4000 3. กลุ่ม 74HC00 (CMOS) 4. กลุ่ม CMOS 74HCT00 ซึ่งแสดงในรูปที่ 1.5 และ 1.6



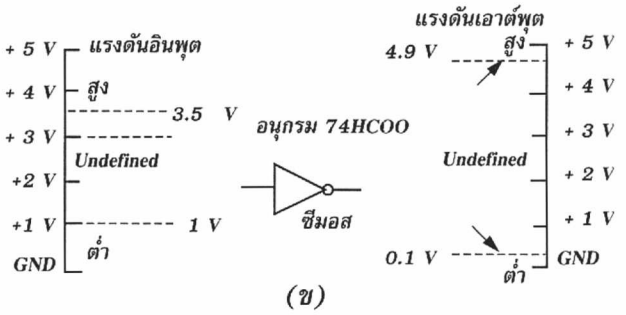

**รูปที่ 1.5** *ระดับแรงดันลอจิกอินพุตและเอาต์พุตของวงจรรวมชนิดทีทีแอล (TTL)*

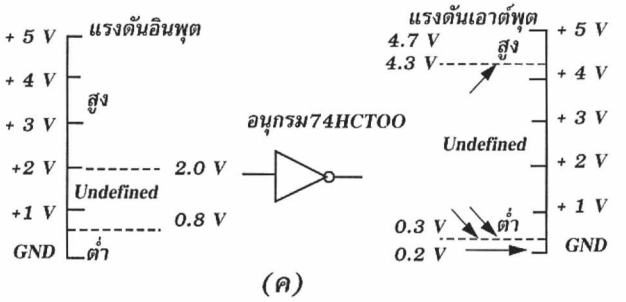
จากรูป 1.5 จะพบว่าไอซีทีทีแอลยอมรับระดับแรงดันลอจิกอินพุตที่เป็นลอจิก “1” ตั้งแต่ +2.0 V จนถึง +5.5 V และลอจิก “0” ตั้งแต่ +0.8 จนถึง 0 V สำหรับระดับแรงดันลอจิกเอาต์พุตของไอซีทีทีแอลในสภาวะลอจิก “1” แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าอยู่ระหว่าง +2.4 V ถึง +5 V โดยมีค่าปกติประมาณ +3.5 V และแรงดันเอาต์พุตในสภาวะลอจิก “0” จะมีค่าระหว่าง +0.4 V ถึง 0 V โดยค่าปกติประมาณ +0.1 V

สำหรับไอซีตระกูลซีมอสมีหลายอนุกรม เช่น อนุกรม 4000 และ 74C00 ดังแสดงในรูป 1.6 (ก) จะมีระดับแรงดันลอจิกอินพุตและเอาต์พุตแตกต่างจากพวกทีทีแอล กล่าวคือ ระดับแรงดันลอจิกอินพุตของซีมอส (4000 และ 74C00) ในสภาวะ “1” จะมีค่าตั้งแต่ +7 V จนถึง +10 V และระดับแรงดันอินพุตในสภาวะ “0” จะมีค่าตั้งแต่ +3 V จนถึง 0 V ในขณะที่ระดับแรงดันของลอจิกเอาต์พุตที่ลอจิก “1” มีแรงดันตั้งแต่ +9.95 V ถึง +10 V และระดับแรงดันเอาต์พุตที่ลอจิก “0” มีค่าตั้งแต่ 0.05 V ถึง 0 V เป็นต้น




**รูป 1.6** *แสดงระดับแรงดันลอจิก “1” และ “0” ของไอซีซีมอสอนุกรมต่าง ๆ เช่น 4000, 74C00, 74HC00 และ 74HCT00*




**รูป 1.6** *(ต่อ) แสดงระดับแรงดันลอจิก "1" และ "0" ของไอซีซีมอสอนุกรมต่าง ๆ เช่น 4000, 74000, 74HC00 และ 74HCT00*

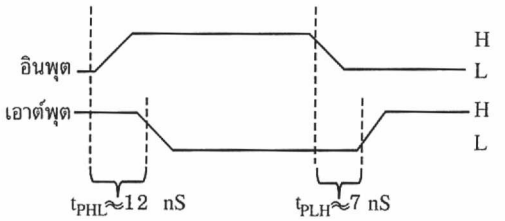
สำหรับไอซีซีมอสในอนุกรม 74HC00 ในรูป 1.6 (ข) เป็นชนิดที่ใช้กับแรงดัน แหล่งจ่ายไฟฟ้าต่ำ (+2 V ถึง +6 V) ระดับแรงดันลอจิกอินพุตของซีมอสอนุกรม 74HC00 เมื่อเป็นลอจิก "1" มีค่าระหว่าง +3.5 V จนถึง +5 V และระดับแรงดันอินพุตเมื่อเป็นลอจิก "0" มีค่าระหว่าง +1 V จนถึง 0 V แต่ระดับแรงดันลอจิกเอาต์พุตเมื่อมีสภาวะลอจิก "1" จะมีแรงดันอยู่ระหว่าง +4.9 V ถึง 5 V และระดับแรงดันในสภาวะ "0" จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 V ถึง 0 V

ไอซีซีมอสอีกอนุกรมหนึ่งคือ อนุกรม 74HCT00 เป็นวงจรรวมที่ออกแบบมาให้เชื่อมต่อกับไอซีทีทีแอลได้โดยตรง เนื่องจากใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด (+5 V, 0 V) เหมือนพวกทีทีแอล จากรูป 1.6 (ค) จะเห็นว่าระดับแรงดันลอจิกอินพุตของ 74HCT00 จะเท่ากับวงจรรวมทีทีแอล กล่าวคือ ที่ลอจิก "1" มีค่าแรงดันตั้งแต่ +2 V ถึง +5 V และที่ลอจิก "0" มีค่าแรงดันตั้งแต่ 0.8 V ถึง 0 V แต่ระดับแรงดันเอาต์พุตที่ลอจิก "0" และ "1" ต่างกัน คือที่ลอจิก "1" จะมีระดับแรงดัน +4.3 V ถึง +5 V (ค่าโดยทั่วไปคือ 4.7 V) และที่ลอจิก "0" จะมีค่าแรงดันตั้งแต่ 0.3 V ถึง 0 V (ค่าโดยทั่วไป 0.2 V)

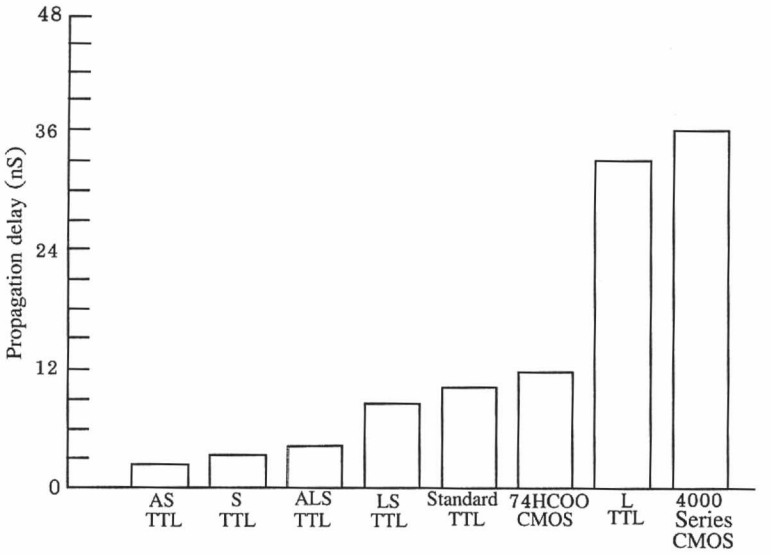
## 1.4 เวลาประวิงการแพร่กระจาย (Propagation Delay Time)

เวลาประวิงการแพร่กระจาย หรืออาจเรียกย่อ ๆ ว่าเวลาในการทำงาน สำหรับไอซีดิจิตอล เวลาประวิงในการทำงานนั้น คิดจากช่วงเวลาที่สัญญาณอินพุตเข้ามาจนกระทั่งช่วงสัญญาณเอาต์พุตแสดงผลทั้งทางด้านสภาวะลอจิก "1" ($t_{PHL}$) และทางด้านสภาวะลอจิก "0" ($t_{PLH}$) ตัวอย่างในรูป 1.7 (ก) เป็นรูปคลื่นลอจิกอินพุตและเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เกต

จะเห็นว่าค่า $t_{PHL} \cong 7$ nS และ $t_{PLH} \cong 12$ nS ค่าเวลาประวิงการทำงาน (Propagation Delay Time) คือ $(t_{PHL} + t_{PLH}) / 2 \cong (7 \text{ nS} + 12 \text{ nS}) / 2 \cong 10$ nS เป็นต้น




*(ก)*




*(ข)*

**รูปที่ 1.7** *แสดงเวลาประวิงการแพร่กระจายของไอซีดิจิตอลตระกูลต่าง ๆ เปรียบเทียบกัน*

เมื่อพิจารณากราฟรูป 1.7 (ข) จะพบว่าเวลาประวิงในการทำงานของไอซีดิจิตอลตระกูลทีทีแอลจะทำงานเร็วที่สุด ยกเว้น Low power-TTL และไอซีตระกูลซีมอสอนุกรม 74HC00 จะทำงานเร็วที่สุด จากกราฟรูป 1.7 (ข) สรุปได้ดังตารางดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 1.1** *เปรียบเทียบค่าเวลาประวิงการแพร่กระจายของไอซีชนิดทีทีแอลและซีมอส*

| Family | | Propagation delay time (nS) | Power dissipation (mW) |
|---|---|---|---|
| TTL | AS | 2 | 20 |
| | S | 3 | 20 |
| | ALS | 4 | 2 |
| | LS | 8 | 2 |
| | Standard | 10 | 10 |
| | L | 30-32 | 1 |
| CMOS | 74HC00 | 12 | 0.01 |
| | 4000 | 36 | 0.01 |

## 1.5 การนำไปใช้งานของไอซีดิจิตอล กลุ่มอนุกรม 74 และอนุกรม 4000

ไอซีดิจิตอลกลุ่ม 74 และ 4000 นี้ มีทั้งชนิด TTL และ CMOS รวมกันแล้วมากกว่า 1,800 เบอร์ มีหลายฟังก์ชันและแบ่งออกเป็นหลายกลุ่ม ตัวอย่างเช่น

**1) กลุ่มลอจิกเกต (Gates)** ประกอบไปด้วย เกตแบบ แอนด์ ออร์ นอร์ แนนด์ และน๊อตเกต เป็นต้น

**2) กลุ่มชมิตต์ทริกเกอร์ (Schmitt trigger)** เช่น เบอร์ 74x13, 74x14 และ 74x132 เป็นต้น สำหรับ ชนิด TTL และเบอร์ 4093B, 4106B, 40106B สำหรับชนิด CMOS เป็นต้น

**3) กลุ่ม Line/Bus/trans sceivers** กลุ่มนี้เป็นพวกลอจิก 3 สถานะ และพวกบัฟเฟอร์ เช่น เบอร์ 74x128, 74x240, 4049 และ 4050 เป็นต้น

**4) กลุ่ม Flip-Flop/Monostable/Latch** กลุ่มนี้เป็นพวกฟลิปฟลอบชนิดต่าง ๆ เช่น D, T, JK และ RS ใช้ในวงจรควบคุมและกำเนิดพัลส์ รวมทั้งโมโนสเตเบิล เช่น เบอร์ 74x74, 74x75, 74x76, 74x107 และ 74x121 สำหรับชนิด TTL และเบอร์ 4013B, 4027B, 4043B และ 4099B สำหรับชนิด CMOS เป็นต้น

**5) กลุ่ม Arithmetic Function** กลุ่มนี้คือ ไอซีดิจิตอลที่ทำหน้าที่วงจรบวก-ลบ เลขฐานสอง ขนาด 1 บิต ถึง 8 บิต วงจรเปรียบเทียบทางดิจิตอล (Digital Comparators) เป็นต้น เช่น เบอร์ 74x83, 74x85, 74x183 สำหรับชนิด TTL และเบอร์ 4008B, 4032B, 4585B สำหรับชนิด CMOS เป็นต้น

**6) กลุ่ม Counter** กลุ่มนี้คือ ไอซีดิจิตอลที่ทำหน้าที่เป็นวงจรนับแบบต่าง ๆ เช่นวงจรนับเลขฐานสองขนาด 4/8 บิต วงจรนับรหัส BCD เลขฐานสิบ เป็นต้น เช่น ชนิด TTL เบอร์ 74x90, 74x92 และ 74x93 และชนิด CMOS เบอร์ 4017B, 4160B, 4161B และ 4569B เป็นต้น

**7) กลุ่ม Shift Registers** กลุ่มนี้ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำชั่วคราวและตัวเลื่อนข้อมูลช่วยในการเก็บข้อมูลดิจิตอล ก่อนรับ - ส่ง ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ดิจิตอลต่อดิจิตอล เช่น ชนิด TTL เบอร์ 74x95, 74x96, 74x165, 74x295 และชนิด CMOS เบอร์ 4006B, 4014B, 4094B, 4194B เป็นต้น

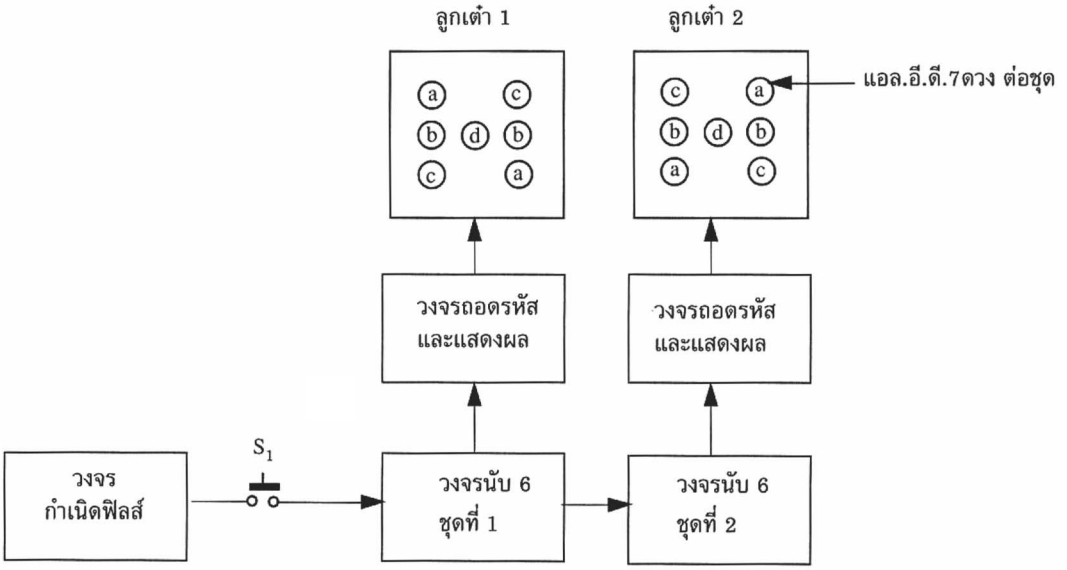
**8) กลุ่ม Enconder/Decoder/Driver/Multiplexers/De_Multiplexers** ไอซีดิจิตอลกลุ่มนี้ทำงานในหน้าที่ เข้ารหัส - ถอดรหัส ดิจิตอลและการขับตัวแสดงผลเลข 7 ส่วน รวมทั้งทำหน้าที่เป็นมัลติเพลกซ์ และดีมัลติเพลกซ์ เช่น ชนิด TTL เบอร์ 74x47, 74x48, 74x42, 74x138, 74x139, 74x251 และ 74x253 และชนิด CMOS เช่นเบอร์ 4558B, 4555B, 4543B, 4544B และ 4028B เป็นต้น

สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ ในการเลือกใช้ ไอซีดิจิตอล กลุ่มอนุกรม 74 นั้นยังมีการแบ่งตามตระกูลลอจิก อีก 7-8 ตระกูล เช่น ตระกูลมาตรฐาน (STD) ตระกูล LS ตระกูล ALS, HCT, ACT, FAST และ AC เป็นต้น ในบริษัทผู้ผลิตแต่ละแห่งอาจไม่ผลิตเบอร์เดียวกันทุกตระกูล เช่น ไอซีเบอร์ 74x13 ของบริษัทเนชั่นแนล เซมิคอนดักเตอร์ จะผลิตเพียง 3 ตระกูลเท่านั้น คือ 7413, 74LS13 และ 74F13 เป็นต้น สำหรับชื่อฟังก์ชันของไอซีอนุกรม 74 จะต้องดูจากคู่มือบริษัทผู้ผลิต จึงจะทราบและเลือกใช้งานได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในภาคผนวก (ก) จากหน้า 625/RS ไอซีดิจิตอลชนิด CMOS อนุกรม 4000 ก็เช่นกัน สามารถดูรายละเอียดอื่น ๆ เพิ่มเติมได้จากภาคผนวก (ข) และในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงการประยุกต์นำไอซีดิจิตอลไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์รูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้รู้แนวทางการนำไปใช้งาน นั่นเอง

### *1.5.1. วงจรลูกเต๋าอิเล็กทรอนิกส์*

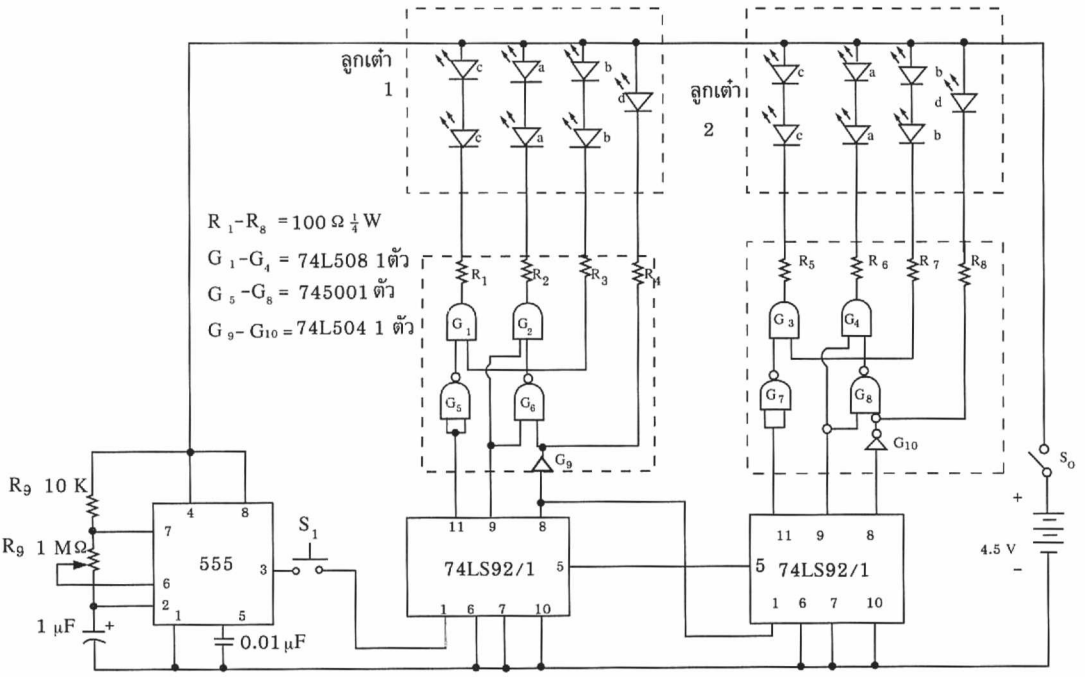
**1) แผนภาพกรอบแสดงการทำงานของวงจร** ลูกเต๋าอิเล็กทรอนิกส์ แสดงในรูปที่ 1.8 ประกอบไปด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ วงจรนับ 6 จำนวน 2 วงจร วงจรถอดรหัสและแสดงผล 2 วงจร และ แอล.อี.ดี แสดงผล 2 ชุด เป็นลูกเต๋าลูกที่ 1 และลูกเต๋าลูกที่ 2 เมื่อกดสวิตช์ $S_1$ วงจร

จะทำงานและเมื่อปล่อยสวิตช์ $S_1$ จะปรากฏแอล.อี.ดี. ที่ลูกเต๋า 1 และลูกเต๋า 2 แสดงผลสามารถนำไปเล่นเกมส์ต่าง ๆ ได้สะดวกกว่าการใช้ลูกเต๋าพลาสติกจำนวน 2 ลูก ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป




**รูปที่ 1.8** *แผนภาพกรอบแสดงวงจรลูกเต๋าอิเล็กทรอนิกส์*

2) **วงจรและการทำงานของวงจร** ลักษณะของวงจรลูกเต๋าอิเล็กทรอนิกส์ แสดงในรูปที่ 1.9




**รูปที่ 1.9** *แสดงวงจรที่สมบูรณ์ของลูกเต๋าอิเล็กทรอนิกส์*

จากวงจรรูปที่ 1.9 ใช้ไอซี เบอร์ 555 ทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ ซึ่งให้ปรับความถี่ของวงจรโดยการปรับ $R_{10}$ ให้ได้ความถี่ตามต้องการ สวิตช์ $S_O$ ทำหน้าที่ควบคุมปิด-เปิดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยววงจรนี้ โดยใช้แบตเตอรี่ขนาด AA 1.5 V จำนวน 3 ก้อนต่ออนุกรมกัน สำหรับสวิตช์ $S_1$ เป็นแบบกดติด-ปล่อยดับเมื่อกดจะเกิดไฟวิ่งที่ลูกเต๋า 1 และลูกเต๋า 2 เมื่อปล่อย $S_1$ ไฟจะติดค้าง แสดงผลเป็นลักษณะของลูกเต๋าที่มีค่า 1-6

วงจรนับ 6 มี 2 ชุด ใช้ไอซีดิจิตอล เบอร์ 74LS92 และต่อวงจรให้นับ 6 ไอซี ตัวที่ 1 (74LS92/1) รับสัญญาณพัลส์จาก ไอซีเบอร์ 555 เพื่อทำการนับ 6 และส่งเอาต์พุตเป็นสัญญาณให้วงจรนับ 6 ชุดที่ 2 ด้วยไอซี ตัวที่ 2 (74LS92/2) โดยความถี่การนับของไอซี ตัวที่ 2 จะต่ำกว่าความถี่ของไอซีตัวแรก 6 เท่า (ถ้าความถี่อินพุตของไอซีตัวแรกเท่ากับ 60 Hz ความถี่อินพุตของไอซี ตัวที่ 2 จะเท่ากับ 10 Hz)

วงจรถอดรหัสและแสดงผลจะมี 2 ชุด สำหรับวงจรนับ 6 ทั้ง 2 วงจร แต่ละวงจรจะเหมือนกันคือ ใช้เกตแอนด์ 2 ตัว เกตแนนด์ 2 ตัว และน็อตเกตอีก 1 ตัว วงจรนี้จะถอดรหัสการนับที่ได้มาจากเอาต์พุตขาที่ 11, 9, 8 ของไอซี เบอร์ 74LS92 และไปขับแอล.ซี.ดี. จำนวน 7 ดวงต่อลูกเต๋า 1 ตัว โดยตำแหน่ง ของ แอล.ซี.ดี. ระบุด้วยตัวอักษร a, b, c และ d คือมีแอล.ซี.ดี

ตัว a, b และ c อย่างละ 2 ดวงต่อลูกเต๋า 1 ตัว และตัว d มี 1 ดวงต่อลูกเต๋า 1 ตัว ตำแหน่งของมันแสดงในรูปที่ 1.8

สำหรับลอจิกเกตชนิดแอนด์ในวงจรคือ $G_1$, $G_2$, $G_3$, $G_4$ ใช้ไอซีดิจิตอล เบอร์ 74LS08 1 ตัว และเกตแนนด์ในวงจรคือ $G_5$, $G_6$, $G_7$, $G_8$ ใช้ไอซีดิจิตอล เบอร์ 74LS00 1 ตัว และน็อตเกตในวงจรคือ $G_9$, $G_{10}$ ใช้ไอซีดิจิตอล เบอร์ 74LS04 1 ตัว

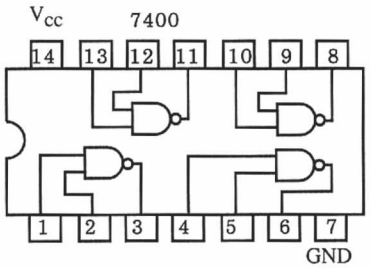
**3) รายการอุปกรณ์**

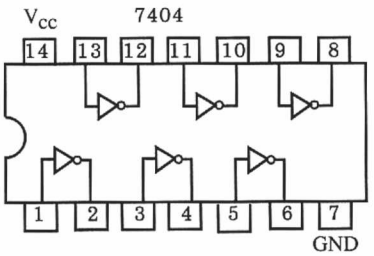
1. ไอซีพร้อมซ็อคเก็ต

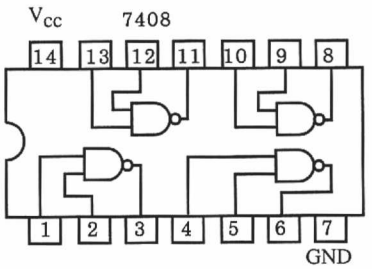
| | | |
|---|---|---|
| เบอร์ 74LS00 | จำนวน | 1 ตัว |
| เบอร์ 74LS08 | จำนวน | 1 ตัว |
| เบอร์ 74LS04 | จำนวน | 1 ตัว |
| เบอร์ 74LS92 | จำนวน | 2 ตัว |
| เบอร์ LM555 | จำนวน | 1 ตัว |

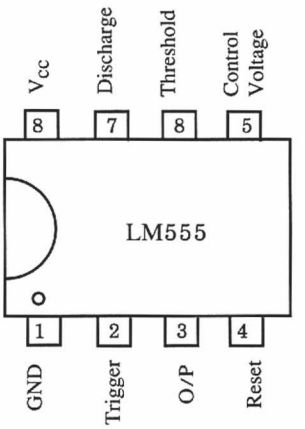
| | | |
|---|---|---|
| 2. ตัวต้านทาน $\frac{1}{4}$ W 5% ค่า 100 Ω | จำนวน | 8 ตัว และ 10 k จำนวน 1 ตัว |
| 3. ตัวเก็บประจุ 1 μF 16 V แบบมีขั้ว | จำนวน | 1 ตัว และ 0.01 μF จำนวน 1 ตัว |
| 4. โวลลุ่มเกือกม้า 10 MΩ | จำนวน | 1 ตัว |
| 5. ถ่าน AA 1.5 V | จำนวน | 3 ก้อน พร้อมรังถ่าน |
| 6. สวิตซ์ท็อกเกิล ON-OFF 125 V 3 A | จำนวน | 1 ตัว |
| 7. สวิตซ์กดติด-ปล่อยดับ | จำนวน | 1 ตัว |
| 8. แอล.อี.ดี. สีแดง | จำนวน | 14 ดวง |

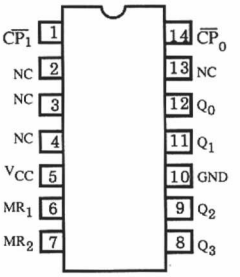
**4) รายละเอียดของอุปกรณ์**



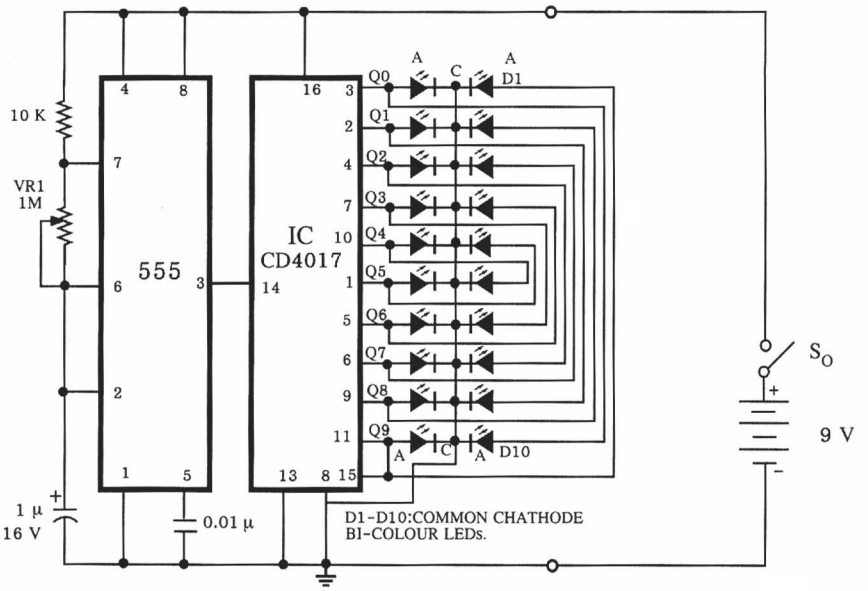




74LS92

รูปที่ 10

## *1.5.2. วงจรไฟวิ่ง 2 สี*

**1) ลักษณะของวงจร** วงจรไฟวิ่ง 2 สี จะใช้ แอล.อี.ดี. แบบ 2 สี (Bi-colour LEDS) จำนวน 10 ตัว เลือกสีแดง-เขียว โดยใช้ไอซีดิจิตอลแบบซีมอส เบอร์ 4017 จำนวน 1 ตัว เป็นวงจรนับ และต่ออินพุตของ 4017 รับสัญญาณพัลส์จากไอซี เบอร์ 555 ดังรูปที่ 1.11




**รูปที่ 1.11** *แสดงวงจรไฟวิ่ง 2 สี*

2) **การทำงานของวงจร** ไอซี เบอร์ 555 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่ำ โดยปรับความถี่ที่ต้องการที่ $VR_1$ สัญญาณพัลส์เอาต์พุตของไอซี เบอร์ 555 ต่อออกที่ขา 3 และต่อเข้าขา 14 ของไอซีดิจิตอล เบอร์ CD4017 ซึ่งเป็นวงจรนับสิบ (0-9) หรือชื่อว่า Decade Counter เอาต์พุตของ CD4017 มี 10 เอาต์พุต คือขา Q0 - Q9 โดยต่อเอาต์พุตดังกล่าวเข้ากับ แอล.อี.ดี. แบบ 2 สี ดังรูปที่ 1.11 ขา 15 ของไอซีดิจิตอล เบอร์ CD4017 คือขารีเซ็ต (RST) ขา 15 นี้จะรับสัญญาณลอจิกมาจาก Q9 ดังนั้น เมื่อเอาต์พุต Q0 - Q9 ทำงาน จะมีสัญญาณเริ่มต้นมาบังคับให้ไอซีนี้นับวนกลับไปที่ตำแหน่ง Q0 ใหม่ และทำงานอย่างนี้ตลอดเวลาที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร

สำหรับความถี่ของการแสดงผลของวงจรไฟวิ่ง 2 สี ปรับให้เร็วหรือช้าได้ที่ VR1 และลำดับการแสดงผลจะเป็นดังนี้

| ลำดับที่ | สีแดง | สีเขียว |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 10 |
| 2 | 2 | 9 |
| 3 | 3 | 8 |
| 4 | 4 | 7 |

| ลำดับที่ | สีแดง | สีเขียว |
|---|---|---|
| 5 | 5 | 6 |
| 6 | 6 | 5 |
| 7 | 7 | 4 |
| 8 | 8 | 3 |
| 9 | 9 | 2 |
| 10 | 10 | 1 |

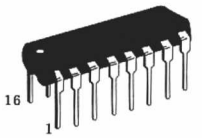
เมื่อแอล.อี.ดี. สีแดงดวงที่ 1 ต้องไล่เรียงไปจนถึงความถี่ 10 จะวนกลับมาที่ลำดับที่ 1 อีกครั้งจนกว่าจะปิดสวิตซ์ไฟเลี้ยววงจรไฟวิ่ง 2 สีนี้

**3) รายการอุปกรณ์**

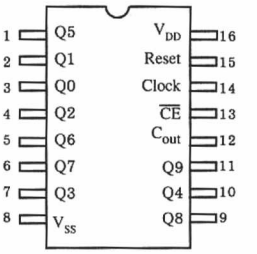
1. ไอซีพร้อมซ็อคเก็ต
   เบอร์ CD 4017 หรือ MC14017B จำนวน 1 ตัว
   เบอร์ LM 555 จำนวน 1 ตัว
2. แอล.อี.ดี. 2 สี เบอร์ TLSV5100 จำนวน 10 ตัว
3. ตัวต้านทาน $\frac{1}{4}$ W 10 kΩ จำนวน 1 ตัว
4. โวลลุ่ม $\frac{1}{2}$ W 1 MΩ จำนวน 1 ตัว
5. ตัวเก็บประจุมีขั้ว 1 μF 16 V จำนวน 1 ตัว
6. ตัวเก็บประจุ 0.01 μF 16 V จำนวน 1 ตัว
7. แบตเตอรี่แบบ D ขนาด 9 V พร้อมขั้วต่อ จำนวน 1 ชุด

**4) รายละเอียดของอุปกรณ์**

1. ไอซี เบอร์ CD4017 (MC14017B)

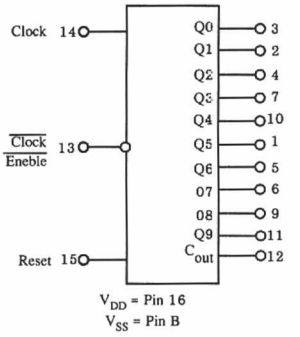



CD4017, MC14017B
ตัวถังแบบ DIP




การจัดวางขาของ CD4017,MC14017B

รูปที่ 12

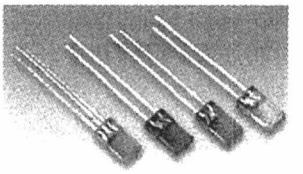



*สัญลักษณ์ของ CD4017, MC14017B*

*วงจรนับสิบ (Decade counter)*

**รูปที่ 12** *(ต่อ)*

## 2. แอล.อี.ดี. 2 สี (Bi-Colour LED) เบอร์ TLSV5100



H = 9.5, W = 5.0, D = 2.5

Lead Pitch 2.54 (1.27 spacing TLSV5100) Leads 25 x 0.5 sq

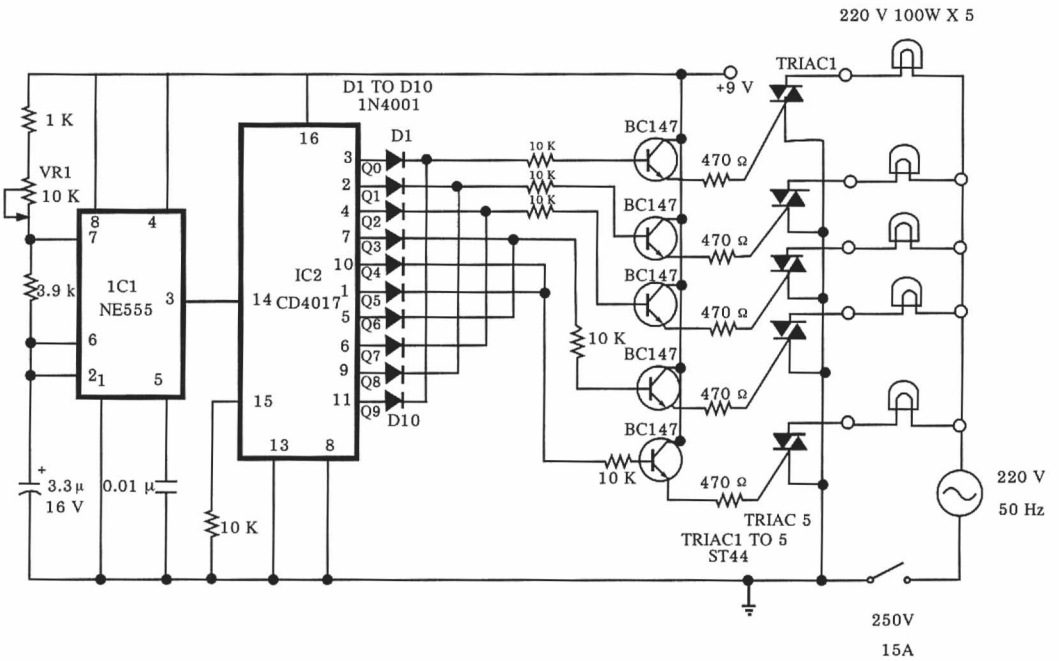
Cathode indetified by shorter leads (centre pin common cathode, TLSV5100)

| | View | Lum Intensity (mcd) @ $I_F$ = 10mA | | $I_F$ (mA) | PIV | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Colour | Angle | min. | typ. | max. | max. | Mftrs. List No |
| **Tinted Top Diffused Lens** | | | | | | |
| Red | 100° | 1.0 | 2.0 | 30 | 6 | TLSH5101 |
| Green | 100° | 1.0 | 2.0 | 30 | 6 | TLSG5101 |
| Yellow | 100° | 1.0 | 2.0 | 30 | 6 | TLSY5101 |
| **Bi-Colour** | | | | | | |
| HE Red/Green | 100° | 1.0 | 2.0 | 30 | 6 | TLSV5101 |

**รูปที่ 13**

## 1.5.3 วงจรควบคุมไฟเวที 500 วัตต์ 5 ช่อง

**1) ลักษณะของวงจร** วงจรควบคุมไฟเวที 5 ช่อง สามารถควบคุมไฟแสงสว่าง 220 V 100 W ได้จำนวน 5 ช่องเอาต์พุต ให้กระพริบได้ตามความถี่ที่ต้องการใช้ในการติดตั้งบนเวที หรือสปอตไลต์สำหรับงานเต้นรำต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี มีประสิทธิภาพสูง สร้างได้ง่ายและมีราคาถูก แสดงในรูปที่ 1.14




**รูปที่ 1.14** *วงจรควบคุมไฟเวที 500 วัตต์ 5 ช่อง*

**2) การทำงานของวงจร** วงจรควบคุมไฟเวที 500 วัตต์ 5 ช่องนี้แบ่งออกเป็น 2 ภาค คือ ภาควงจรควบคุม และภาควงจรกำลัง

ภาควงจรควบคุม ในรูปที่ 1.14 ใช้ไอซีดิจิตอลชนิดซีมอสเบอร์ CD4017 ทำหน้าที่เป็นวงจรนับสิบ โดยรับสัญญาณพัลส์อินพุตมาจากไอซี เบอร์ 555 ซึ่งปรับความถี่ของไฟเวทีให้การรับ เร็ว-ช้าได้ โดยการปรับค่าโวลลุ่ม $VR_1$ = 10 k เอาต์พุต Q0-Q10 ของไอซี CD4017 (IC2) จะต่อ Q0 และ Q9 ผ่านไดโอด D1 และ D10 ที่ทำงานเป็นแอนด์เกต เพื่อต่อเอาต์พุตของไดโอดทั้งสองไปขับเบสของทรานซิสเตอร์ BC147 ตัวที่ 1 ทรานซิสเตอร์ BC147 นี้จะเป็นตัวจ่ายกระแส

เกตของไทรแอก 1 (TRIAC1) ในทำนองเดียวกัน Q1 และ Q8 ต่อ คู่กัน Q2 และ Q7, Q3 และ Q6, Q4 และ Q5 ต่อร่วมกันเพื่อจ่ายให้เบสของทรานซิสเตอร์ BC147 ตัวที่ 2, 3, 4 และ 5 เพื่อขับเกตไทรแอกตัวที่ 2, 3, 4 และ 5 มีลักษณะการทำงานเหมือนไทรแอก 1

สำหรับไทรแอกตัวที่ 1-5 ต่อขับหลอดไฟฟ้าได้ช่องละ 100 วัตต์เมื่อต่อ 5 ช่องวงจรรวมได้ 500 วัตต์ สามารถนำไปต่อกับสปอตไลต์ สำหรับประดับเวทีได้และควบคุมไฟวิ่งบนเวทีได้อย่างสวยงาม

**3) รายการอุปกรณ์**

| | | |
|---|---|---|
| 1. ไอซีพร้อมซ็อคเก็ต | | |
| IC 1 เบอร์ NE555 | จำนวน | 1 ตัว |
| IC2 เบอร์ CD4017 | จำนวน | 1 ตัว |
| 2. ไดโอด D1 ถึง D10 เบอร์ 1N4001 | จำนวน | 10 ตัว |
| 3. ตัวต้านทาน $\frac{1}{2}$ W 10 kΩ | จำนวน | 6 ตัว |
| ตัวต้านทาน $\frac{1}{4}$ W 1 kΩ, 3.9 kΩ | จำนวน | อย่างละ 1 ตัว |
| ตัวต้านทาน 1 W 470 Ω | จำนวน | 5 ตัว |
| 4. ตัวเก็บประจุมีขั้ว 3.3 μF 16 V | จำนวน | 1 ตัว |
| ตัวเก็บประจุ 0.01 μF 16 V | จำนวน | 1 ตัว |
| 5. โวลลุ่ม $\frac{1}{2}$ W 10 kΩ | จำนวน | 1 ตัว |
| 6. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC 147 | จำนวน | 5 ตัว |
| 7. ไทรแอก เบอร์ ST44 หรือเทียบเท่า | จำนวน | 5 ตัว |
| 8. หลอดสปอตไลท์สีต่าง ๆ พร้อมขั้ว | | |
| ขนาดไม่เกิน 100 W 220 V | จำนวน | 5 ชุด |
| 9. แบตเตอรี่แบบ D ขนาด 9 V พร้อมขั้ว | จำนวน | 1 ชุด |

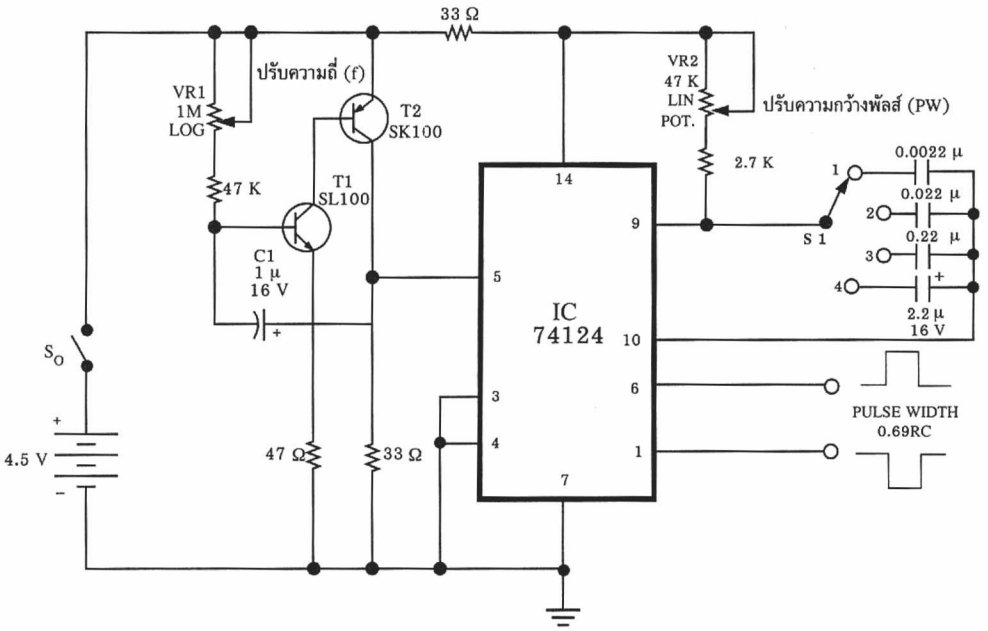
## *1.5.4. วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์*

**1) ลักษณะของวงจร** วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator) สร้างได้หลายแบบและสามารถใช้ไอซีดิจิตอล สร้างได้เช่นกัน โดยใช้ไอซีดิจิตอลในกลุ่มวงจรมัลติไวเบรเตอร์ เช่น ไอซี เบอร์ 74121 เป็นต้น วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ในรูปที่ 1.15 นี้ สามารถปรับความกว้างพัลส์ (Pulse Width) ได้ 4 ค่าโดยการเลือกที่สวิตช์ S1 ไปยังตำแหน่ง 1, 2, 3 และ 4 กล่าวคือ

เมื่อ S1 อยู่ตำแหน่งที่ 1 จะได้ความกว้างของพัลส์ในย่าน 10 μS - 100 μS

เมื่อ S1 อยู่ตำแหน่งที่ 2 จะได้ความกว้างของพัลส์ในย่าน 100 μS - 1 mS

เมื่อ S1 อยู่ตำแหน่งที่ 3 จะได้ความกว้างของพัลส์ในย่าน 1 mS - 10 mS และเมื่อ S1 อยู่ตำแหน่งที่ 4 จะได้ความกว้างของพัลส์ในย่าน 10 mS - 100 mS ลักษณะของพัลส์เอาต์พุตเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 1.15




**รูปที่ 1.15** *วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ปรับความกว้างของพัลส์ได้ 4 ขั้น*

2) **การทำงานของวงจร** เมื่อปิดสวิตช์ S0 วงจรจะได้รับไฟเลี้ยวขนาด 4.5 V จากแบตเตอรี่ AA จำนวน 3 ก้อนต่ออนุกรม วงจรทรานซิสเตอร์ T1 เบอร์ SL 100 และ T2 เบอร์ SK 100 ทำหน้าที่เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ผลิตสัญญาณฟันเลื่อย (Saw tooth) ซึ่งปรับความถี่ได้ระหว่าง 1 Hz - 20 Hz โดยปรับค่าความถี่ได้ที่ VR1 เป็นโวลลุ่มค่า 1 MΩ แบบ Log หรือชนิด B เป็นแบบไม่เชิงเส้น สัญญาณฟันเลื่อยจะจ่ายเข้าที่อินพุตขา 5 ของ ไอซีดิจิตอลเบอร์ 74121 ไอซีเบอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นวงจรโมโนสเตเบิล คือ สร้างพัลส์เอาต์พุตที่เป็นสี่เหลี่ยม ซึ่งขนาดความกว้างของพัลส์ (PW = Pulse Width) ปรับได้โดยค่า R และ C ซึ่ง R คือ R ที่ต่อขา 9 และ C ที่ต่อขา 9-10 ในวงจรนี้ออกแบบให้เลือกค่า PW ได้ 4 ย่าน ตามสวิตช์เลือก S1 ตำแหน่งที่ 1, 2, 3 และ 4 และในแต่ละย่านสามารถปรับ PW ได้โดยการปรับที่ VR2 เป็นโวลลุ่มค่า 47 kΩ แบบเชิงเส้น (Linear Pot) หรือ ชนิด A เช่น ถ้าเลือก S1 ที่ตำแหน่ง 4 จะได้ย่าน PW ของพัลส์เอาต์พุตที่ขา 6 ในย่าน 10 mS-100 mS โดยปรับค่าที่ต้องการที่โวลลุ่ม VR2 สำหรับเอาต์พุตที่ขา 1 เป็นพัลส์ที่กลับเฟส (Inverse) กับพัลส์ที่ขา 6