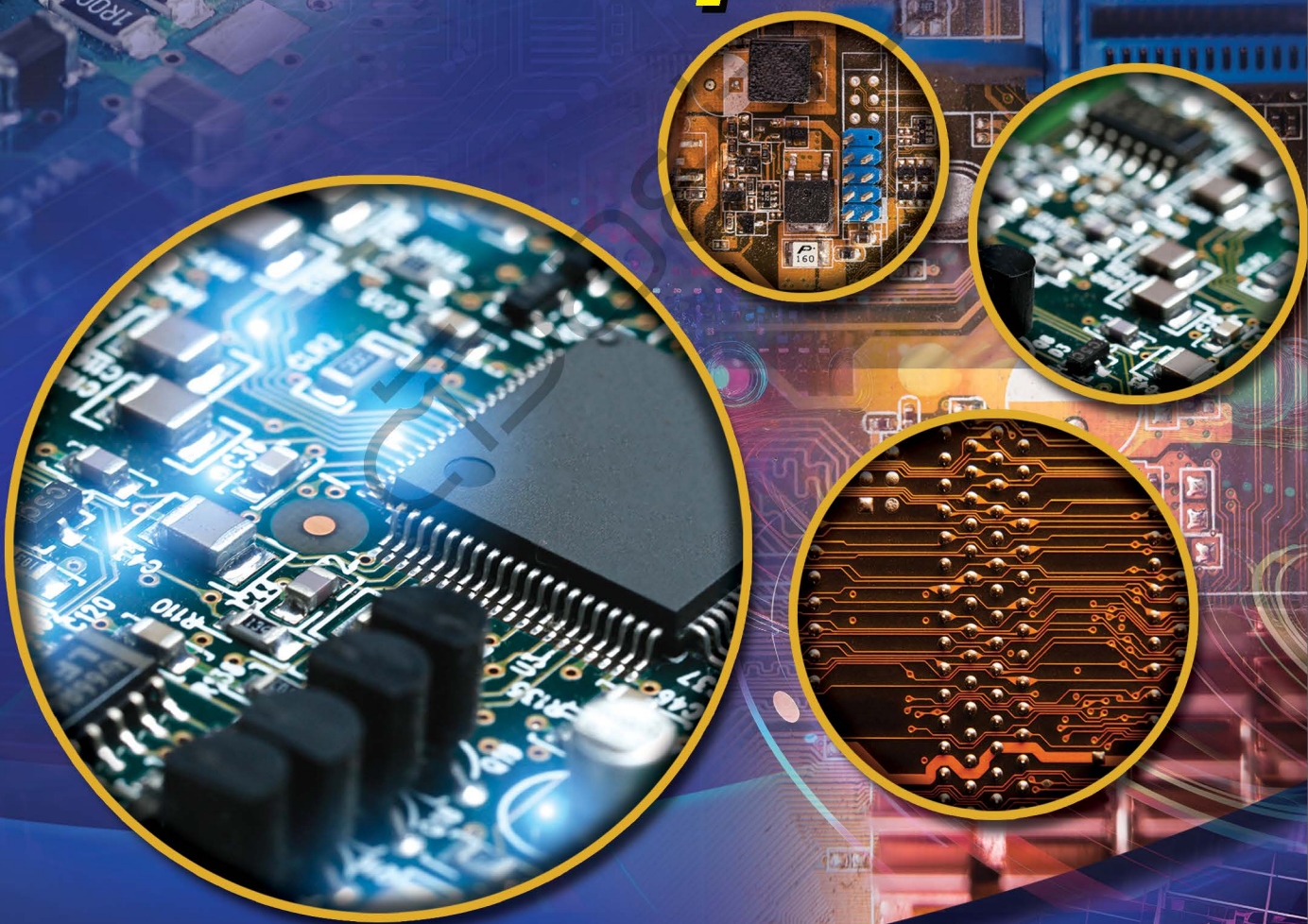


วงจรไอซี

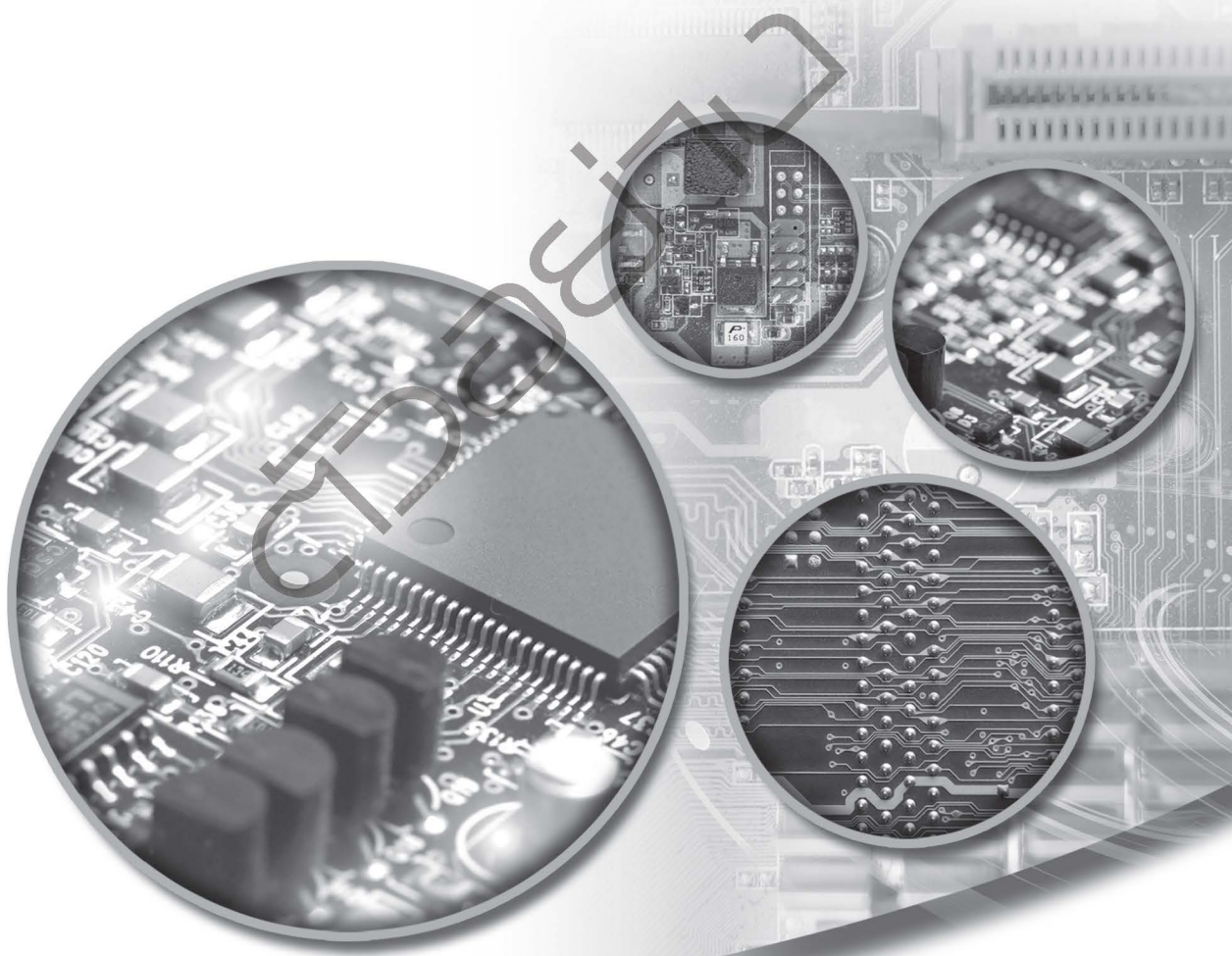
และการประยุกต์ใช้งาน



โดย นภัทร วัฒนเทพินทร์

วงจรไอซี

และการประยุกต์ใช้งาน



โดย นภัทร วัฒนเทพินทร์



บทที่ 1 ไอซีดิจิทัล (The Digital IC)

1.1 บทนำ

ไอซี (IC หรือ Integrated Circuits) หมายถึง วงจรรวม คือ ชิปอิเล็กทรอนิกส์เล็ก ๆ ที่บรรจุไปด้วยวงจรทรานซิสเตอร์จำนวนมากรวมกัน เพื่อทำงานในฟังก์ชันที่ผู้ออกแบบกำหนด ดังนั้น การทำงานของไอซี จึงมีมากมาย สำหรับไอซีดิจิทัล นั้นหมายถึง วงจรรวมที่ทำงานในโหมดของสัญญาณดิจิทัล โดยอาจมีอินพุตเป็นสัญญาณแอนะล็อก หรือดิจิทัล แต่ไอซีดิจิทัลจะให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัลเสมอ

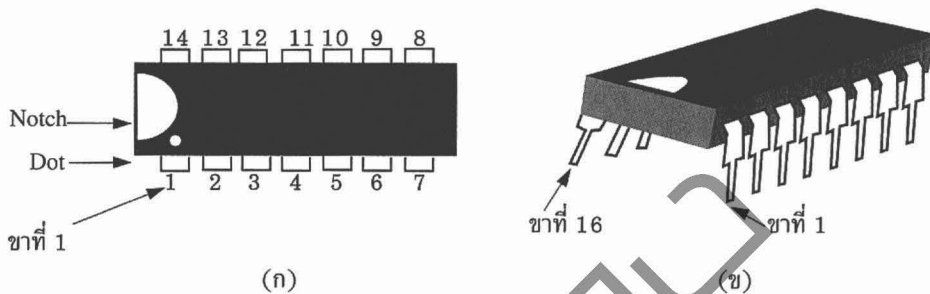
ไอซีดิจิทัล (Digital IC) อาจแบ่งออกได้เป็น 9 กลุ่ม ตามลักษณะการนำไปใช้งานดังต่อไปนี้

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

รายละเอียดและขนาดของไอซีดิจิทัล แต่ละกลุ่มนั้นจะมีความแตกต่างกันทั้งเบอร์ของไอซี ลักษณะการจัดวางขา และคุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุต รวมทั้งลักษณะการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะอธิบายขอบเขตและความหมายของไอซีดิจิทัลเหล่านี้ในโอกาสต่อไป

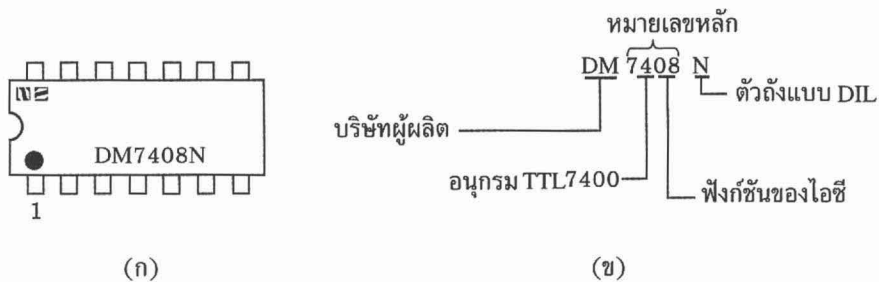
1.2 ลักษณะภายนอกของไอซีดิจิทัล

ลักษณะภายนอกของวงจรรวมทั้งชนิดที่ทีแอลและซีมอส 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

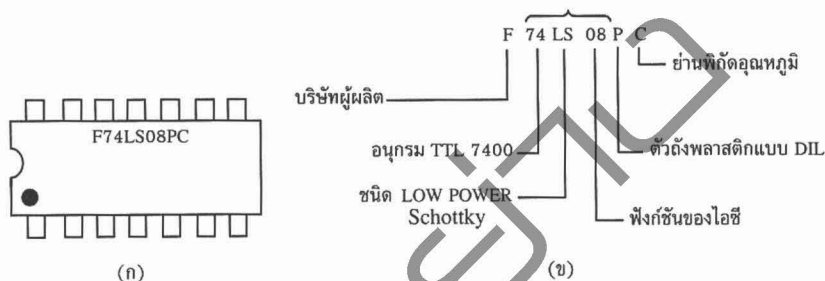


รูปที่ 1.1 ตัวถังไอซี แบบ DIP และการกำหนดขาของไอซี

ด้านบนของตัวไอซี จะเห็นตัวอักษรและสัญลักษณ์บริษัทผู้ผลิตอย่างชัดเจน ตัวอักษรเหล่านี้จะบอกถึงเบอร์ของไอซี ดังกล่าวและบอกถึงชื่อบริษัทผู้ผลิต ลักษณะของตัวถังที่ได้ทำการบรรจุ ตัวอย่างแสดงในรูป 1.2 รหัสของบริษัทผู้ผลิตคืออักษร 2 ตัวแรก เช่น DM คือชื่อบริษัท National Semiconductor Corporation (บางครั้งจะใช้อักษรย่อว่า NS) สำหรับตัวเลขตรงกลางคือ 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” เป็นชนิดของวงจรรวมที่ทีแอลชนิดหนึ่ง และ 7408 คือเบอร์ของวงจรรวมนี้เป็น 2 อินพุตแอนด์เกต ตัวอักษร P จะบอกถึงตัวถังบรรจุแบบพลาสติก DIP และรหัสอักษร C ตัวสุดท้ายเป็นย่านพักอุณหภูมิ ($C = 0$ ถึง $+70^{\circ}C$)



รูป 1.2 ไอซีของ National Semiconductor Corporation (Tokheim : 1990)



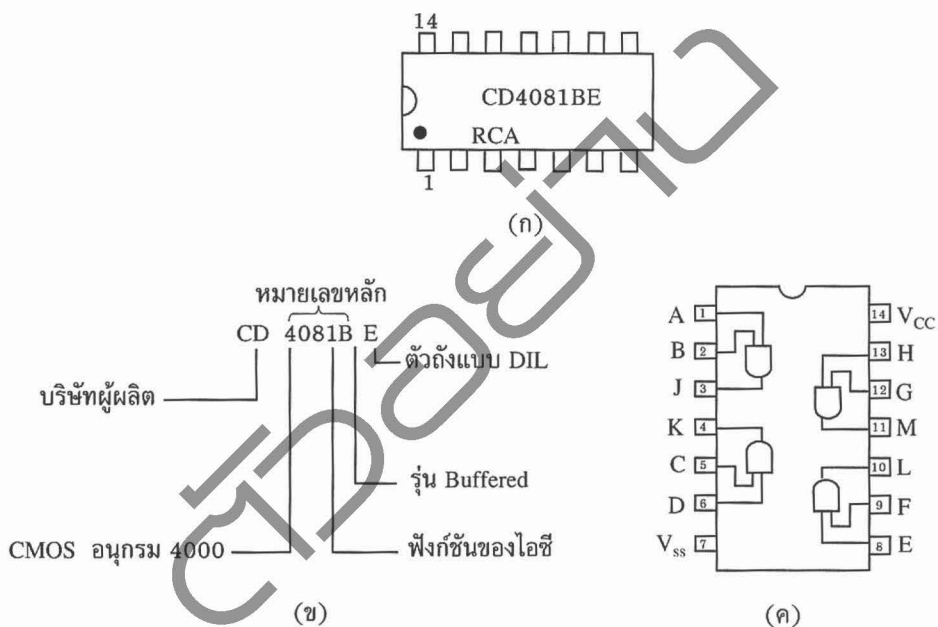
รูป 1.3 ไอซีของ Fairchild digital IC (Tokheim : 1990)

สำหรับตัวอักษรที่บอกชนิดของวงจรรวมทั้งชนิดที่ทีแอลและชนิดซีมอส 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

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

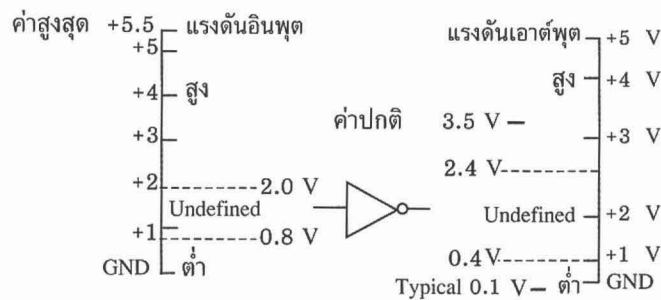
74HC00 ลอจิกเกตชนิดซีมอสที่เป็นที่นิยมใช้คือในอนุกรมหมายเลข 4000 ตัวอย่างเช่น เบอร์ CD4081BE ดังรูปที่ 1.4 (ก) เป็นแอนด์เกต 2 อินพุต ผลิตจากบริษัท RCA ใช้รหัสย่อว่า CD และตัวเลข 40 แสดงว่าเป็นลอจิกเกตชนิดซีมอส ตัวเลข 81 คือฟังก์ชันของแอนด์เกต และตัวอักษร B คือรุ่นที่สอง (รุ่นแรกคือ 4081A) รุ่น B นี้เรียกว่า “Buffered version” เป็นรุ่นที่จ่ายกระแสเอาต์พุตได้สูงกว่ารุ่น A และมีการป้องกันไฟฟ้าสถิต ตัวอักษร E คือรหัสของบริษัท RCA ที่ระบุว่าเป็นตัวถังพลาสติกแบบ DIP ในรูปที่ 1.4 (ค) เป็นการจัดวางขาของแอนด์เกตเบอร์ 4081 มี 4 เกตในทั้งหมด แหล่งจ่ายไฟใช้ 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 และการจัดวาง ขาวจรรวม เบอร์ 4081B CMOS logic (Tokheim : 1990)

1.3 คุณสมบัติทางอินพุต และเอาต์พุตของไอซีดิจิทัล

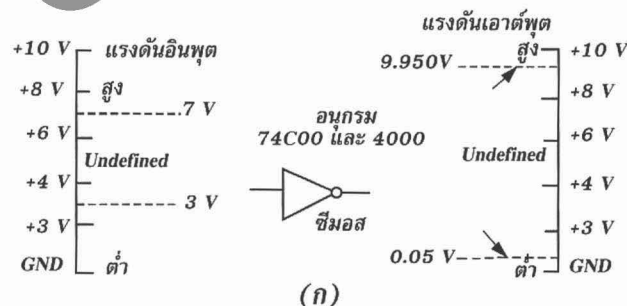
สำหรับระดับแรงดันอินพุต และเอาต์พุต ของไอซีดิจิทัล จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ 1. กลุ่ม TTL 2. กลุ่ม CMOS 74C00 และ 4000 3. กลุ่ม 74HC00 (CMOS) 4. กลุ่ม CMOS 74HCT00 ซึ่งแสดงในรูปที่ 1.5 และ 1.6



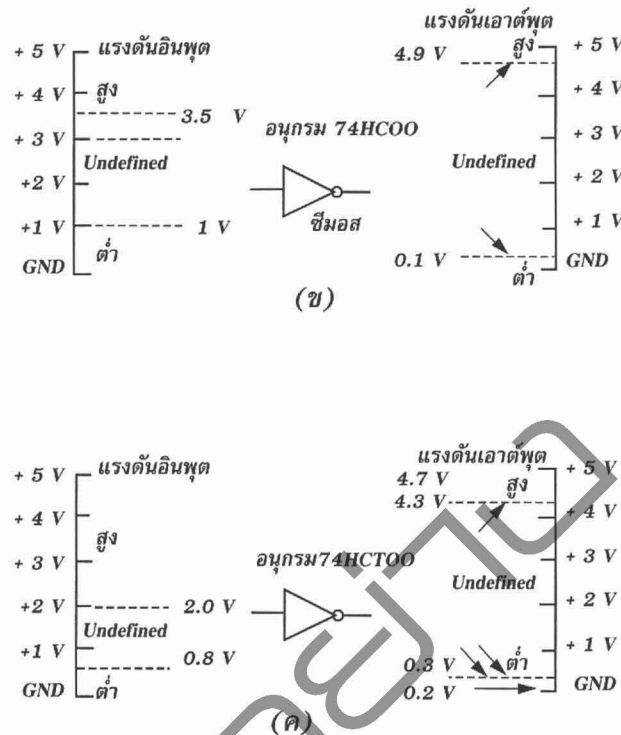
รูปที่ 1.5 ระดับแรงดันลอจิกอินพุตและเอาต์พุตของวงจรรวมชนิดทีทีแอล (TTL)

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

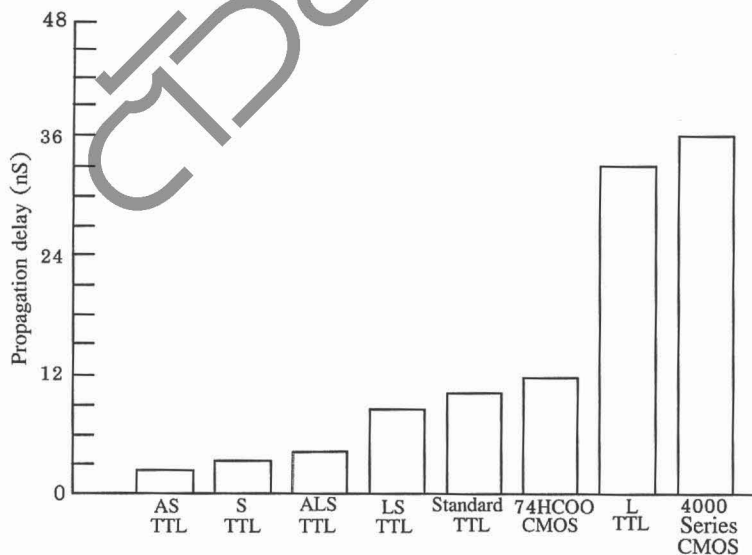
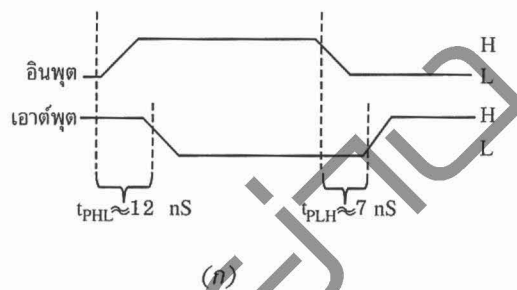
สำหรับไอซีซีมอสในอนุกรม 74HC00 ในรูป 1.6 (ข) เป็นชนิดที่ใช้กับแรงดัน แหล่งจ่ายไฟฟ้าต่ำ (+2 V ถึง +6 V) ระดับแรงดันลอจิกอินพุตของซีมอสอนุกรม 74HC00 เมื่อเป็นลอจิก “1” มีค่าระหว่าง +3.5 V จนถึง +5 V และระดับแรงดันอินพุตเมื่อเป็นลอจิก “0” มีค่าระหว่าง +1 V จนถึง 0 V แต่ระดับแรงดันลอจิกเอาต์พุตเมื่อมีสภาวะลอจิก “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) เหมือนพวกทีทีแอลจากรูป 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 สำหรับไอซีดิจิทัล เวลาประวิงในการทำงานนั้น คิดจากช่วงเวลาที่สัญญาณอินพุตเข้ามาจนกระทั่งช่วงสัญญาณเอาต์พุตแสดงผลทั้งทางด้านสภาวะลอจิก “1” (t_{PHL}) และทางด้านสภาวะลอจิก “0” (t_{PLH}) ตัวอย่างในรูป 1.7 (ก) เป็นรูปคลื่นลอจิกอินพุตและเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เกต

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



รูปที่ 1.7 แสดงเวลาประวิงการแพร่กระจายของไอซีดิจิทัลตระกูลต่าง ๆ เปรียบเทียบกัน

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

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบค่าเวลาประวิงการแพร่กระจายของไอซีชนิดที่ทีแอลและซีมอส

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 และ นีออตเกต 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/transceivers กลุ่มนี้เป็นพวกลอจิก 3 สถานะ และพวกบัฟเฟอร์ เช่น เบอร์ 74x128, 74x240, 4049 และ 4050 เป็นต้น

4) กลุ่ม Flip-Flop/Monostable/Latch กลุ่มนี้เป็นพวกฟลิปฟล็อปชนิดต่าง 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

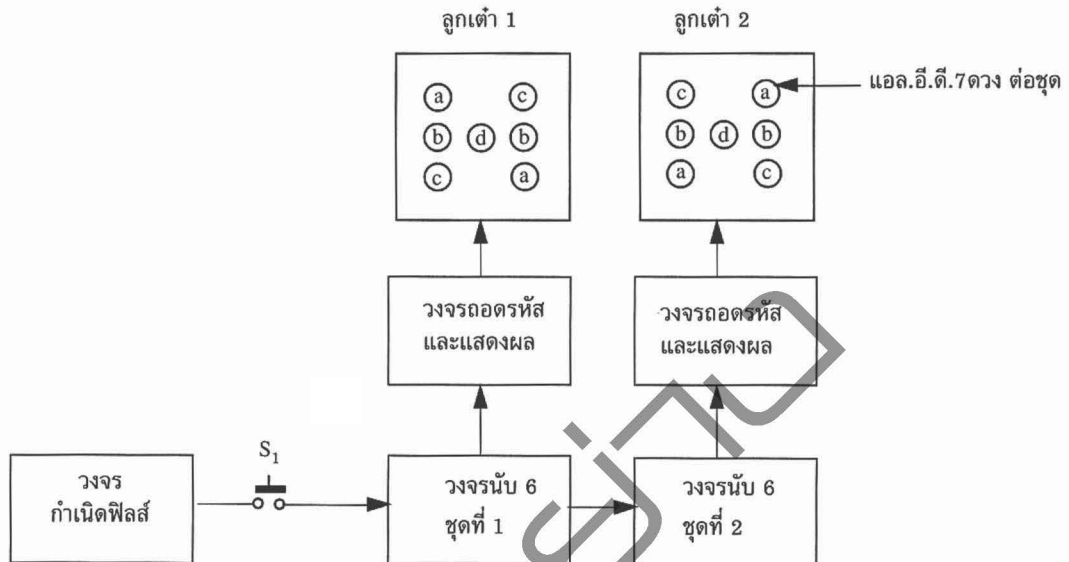
8) กลุ่ม Encoder/Decoder/Driver/Multiplexers/De_Multiplexers ไอซีดิจิตอลกลุ่มนี้ทำงานในหน้าที่ เข้ารหัส - ถอดรหัส ดิจิตอลและการขับตัวแสดงผลเลข 7 ส่วน รวมทั้งทำหน้าที่เป็นมัลติเพลกซ์ และดีมัลติเพลกซ์ เช่น ชนิด TTL เบอร์ 74x47, 74x48, 74x42, 74x138, 74x139, 74x251 และ 74x253 และชนิด CMOS เช่นเบอร์ 4558B,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

1.5.1. วงจรลูกเต๋าอิเล็กทรอนิกส์

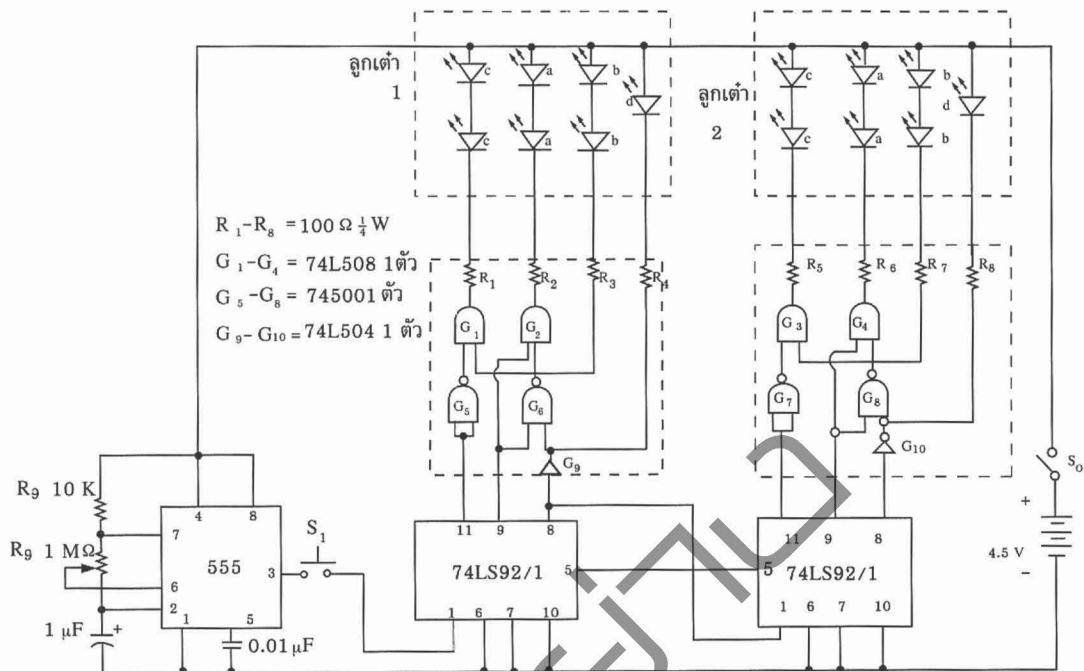
1) แผนภาพการแสดงผลการทำงานของวงจร ลูกเต๋อิเล็กทรอนิกส์ แสดงในรูปที่ 1.8 ประกอบไปด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ วงจรนับ 6 จำนวน 2 วงจร วงจรถอดรหัสและแสดงผล 2 วงจร และ แอล.อี.ดี แสดงผล 2 ชุด เป็นลูกเต๋าลูกที่ 1 และลูกเต๋าลูกที่ 2 เมื่อกดสวิตช์ S_1 วงจร

จะทำงานและเมื่อปล่อยสวิตช์ S_1 จะปรากฏแอล.อี.ดี. ที่ลูกเต๋า 1 และลูกเต๋า 2 แสดงผลสามารถนำไปเล่นเกมต่าง ๆ ได้สะดวกกว่าการใช้ลูกเต๋าลาสติกจำนวน 2 ลูก ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป



รูปที่ 1.8 แผนภาพกรอบแสดงวงจรลูกเต๋าลิเล็กทรอนิกส์

2) วงจรและการทำงานของวงจร ลักษณะของวงจรลูกเต๋าลิเล็กทรอนิกส์ แสดงในรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 แสดงวงจรที่สมบูรณ์ของลูกเต๋าดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์

จากวงจรรูปที่ 1.9 ใช้ไอซี เบอร์ 555 ทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ ซึ่งให้ปรับความถี่ของวงจรโดยการปรับ R_{10} ให้ได้ความถี่ตามต้องการ สวิตช์ S_0 ทำหน้าที่ควบคุมปิด-เปิดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรนี้ โดยใช้แบตเตอรี่ขนาด AA 1.5 V จำนวน 3 ก้อนต่ออนุกรมกัน สำหรับสวิตช์ S_1 เป็นแบบกดติด-ปล่อยดับเมื่อกดจะเกิดไฟรั่วที่ลูกเต๋า 1 และลูกเต๋า 2 เมื่อปล่อย S_1 ไฟจะติดค้าง แสดงผลเป็นลักษณะของลูกเต๋ามีค่า 1-6

วงจรนับ 6 มี 2 ชุด ใช้ไอซีดิจิทัล 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 เกตแอนด์ 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

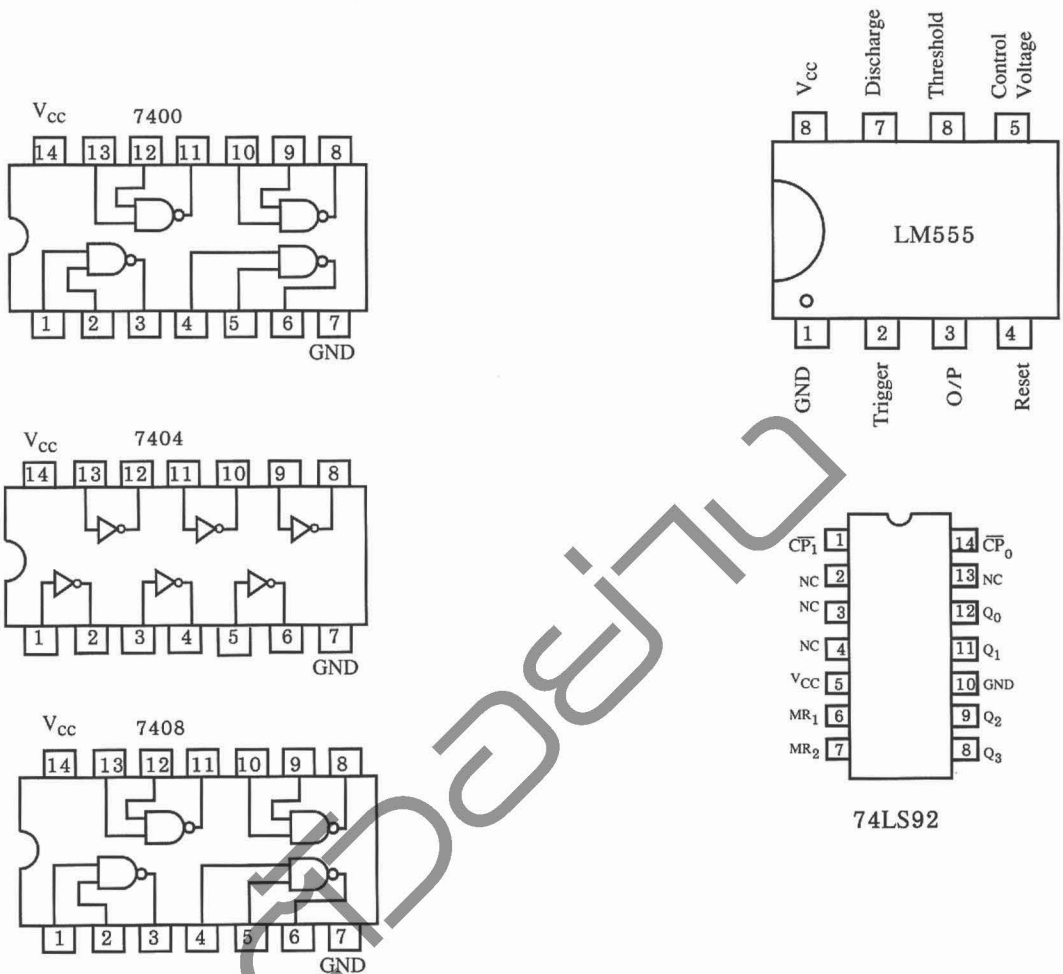
สำหรับลอจิกเกตชนิดแอนดในวงจรคือ G_1, G_2, G_3, G_4 ใช้ไอซีดิจิตอล เบอร์ 74LS08 1 ตัว และเกตแนนดในวงจรคือ G_5, G_6, G_7, G_8 ใช้ไอซีดิจิตอล เบอร์ 74LS00 1 ตัว และน็อตเกตในวงจรคือ G_9, G_{10} ใช้ไอซีดิจิตอล เบอร์ 74LS04 1 ตัว

3) รายการอุปกรณ์

1. ไอซีพร้อมซ็อกเก็ต

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 μ F 16 V แบบมีขั้ว	จำนวน 1 ตัว และ 0.01 μ F จำนวน 1 ตัว
4. โวลุ่มเก็อกม้า 10 M Ω	จำนวน 1 ตัว
5. ถ่าน AA 1.5 V	จำนวน 3 ก้อน พร้อมรังถ่าน
6. สวิตช์ท็อกเกิล ON-OFF 125 V 3 A	จำนวน 1 ตัว
7. สวิตช์กดติด-ปล่อยดับ	จำนวน 1 ตัว
8. แอล.อี.ดี. สีแดง	จำนวน 14 ดวง

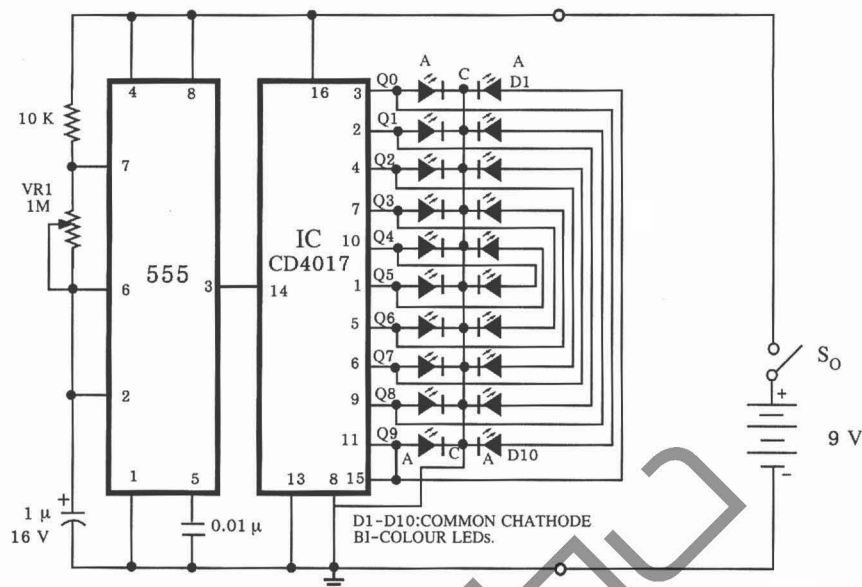
4) รายละเอียดของอุปกรณ์



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 โดยใช้ไอซีดิจิทัลแบบซีมอส เบอร์ 4017 จำนวน 1 ตัว เป็น วงจรนับ และต่ออินพุตของ 4017 รับสัญญาณพัลส์จากไอซี เบอร์ 555 ดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แสดงวงจรไฟวิ่ง 2 สี

2) การทำงานของวงจร ไอซี เบอร์ 555 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่ำ โดยปรับความถี่ที่ต้องการที่ VR₁ 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 จะมีสัญญาณเริ่มต้นมาบังคับให้ ไอซีนับวนกลับไปตำแหน่ง Q0 ใหม่ และทำงานอย่างนี้ตลอดเวลาที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร

สำหรับความถี่ของการแสดงผลของวงจรไฟวิ่ง 2 สี ปรับให้เร็วหรือช้าได้ที่ VR1 และ ลำดับการแสดงผลจะเป็นดังนี้

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

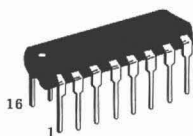
เมื่อแอล.อี.ดี. สีแดงดวงที่ 1 ต้องไล่เรียงไปจนถึงความถี่ 10 จะวนกลับมาที่ลำดับที่ 1 อีกครั้งจนกว่าจะปิดสวิตช์ไฟเลี้ยววงจรไฟวิ่ง 2 สีนี้

3) รายการอุปกรณ์

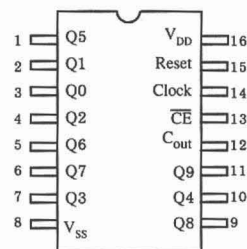
- ไอซีพร้อมซ็อกเก็ต
เบอร์ CD 4017 หรือ MC14017B จำนวน 1 ตัว
เบอร์ LM 555 จำนวน 1 ตัว
- แอล.อี.ดี. 2 สี เบอร์ TLSV5100 จำนวน 10 ตัว
- ตัวต้านทาน $\frac{1}{4}$ W 10 k Ω จำนวน 1 ตัว
- โวลลุ่ม $\frac{1}{2}$ W 1 M Ω จำนวน 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุมีขั้ว 1 μ F 16 V จำนวน 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุ 0.01 μ F 16 V จำนวน 1 ตัว
- แบตเตอรี่แบบ D ขนาด 9 V พร้อมขั้วต่อ จำนวน 1 ชุด

4) รายละเอียดของอุปกรณ์

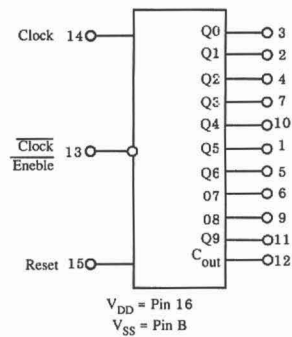
- ไอซี เบอร์ CD4017 (MC14017B)



CD4017, MC14017B
ตัวถังแบบ DIP



การจัดวางขาของ CD4017, MC14017B

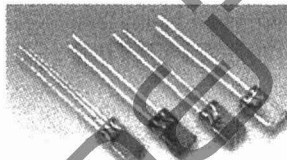


สัญลักษณ์ของ CD4017, MC14017B

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

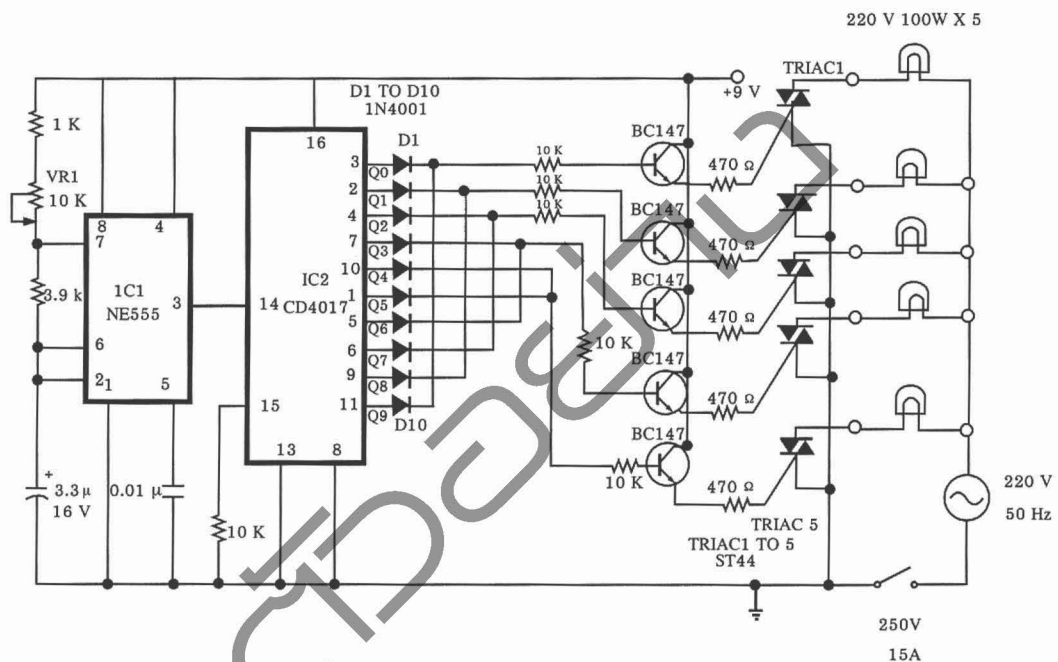
Cathode identified by shorter leads (centre pin common cathode, TLSV5100)

Colour	View Angle	Lum Intensity (mcd)				PIV max.	Mftrs. List No
		@ $I_F = 10\text{mA}$		(mA)			
		min.	typ.	max.			
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 ให้กะพริบได้ตามความถี่ที่ต้องการใช้ในการติดตั้งบนเวที หรือสปอตไลท์สำหรับงานเต้นรำต่าง 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 ใช้ไอซีดิจิทัลชนิดซีมอสเบอร์ CD4017 ทำหน้าที่เป็น วงจรนับสิบ โดยรับสัญญาณพัลส์อินพุตมาจากไอซี เบอร์ 555 ซึ่งปรับความถี่ของไฟเวทีให้การ รับ เร็ว-ช้าได้ โดยการปรับค่าโวลลุ่ม $VR_1 = 10\text{ k}$ เอาต์พุต Q0-Q10 ของไอซี CD4017 (IC2) จะต่อ Q0 และ Q9 ผ่านไดโอด D1 และ D10 ที่ทำงานเป็นแอนด์เกต เพื่อต่อเอาต์พุตของไดโอด ทั้งสองไปขับเบสของทรานซิสเตอร์ 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 เพื่อขับเกต ไทรแอกตัวที่ 2, 3, 4 และ 5 มีลักษณะการทำงานเหมือนไทรแอก 1

สำหรับไทรแอกตัวที่ 1-5 ต่อขับหลอดไฟฟ้าได้ช่องละ 100 วัตต์เมื่อต่อ 5 ช่องวงจร รวมได้ 500 วัตต์ สามารถนำไปต่อกับสเปคโวลต์ สำหรับระดับเวทีได้และควบคุมไฟวิ่งบนเวทีได้อย่างสวยงาม

3) รายการอุปกรณ์

1. ไอซีพร้อมซ็อกเก็ต		
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 k Ω	จำนวน	6 ตัว
ตัวต้านทาน $\frac{1}{4}$ W 1 k Ω , 3.9 k Ω	จำนวน	อย่างละ 1 ตัว
ตัวต้านทาน 1 W 470 Ω	จำนวน	5 ตัว
4. ตัวเก็บประจุมีขั้ว 3.3 μ F 16 V	จำนวน	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ 0.01 μ F 16 V	จำนวน	1 ตัว
5. โวลลุ่ม $\frac{1}{2}$ W 10 k Ω	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

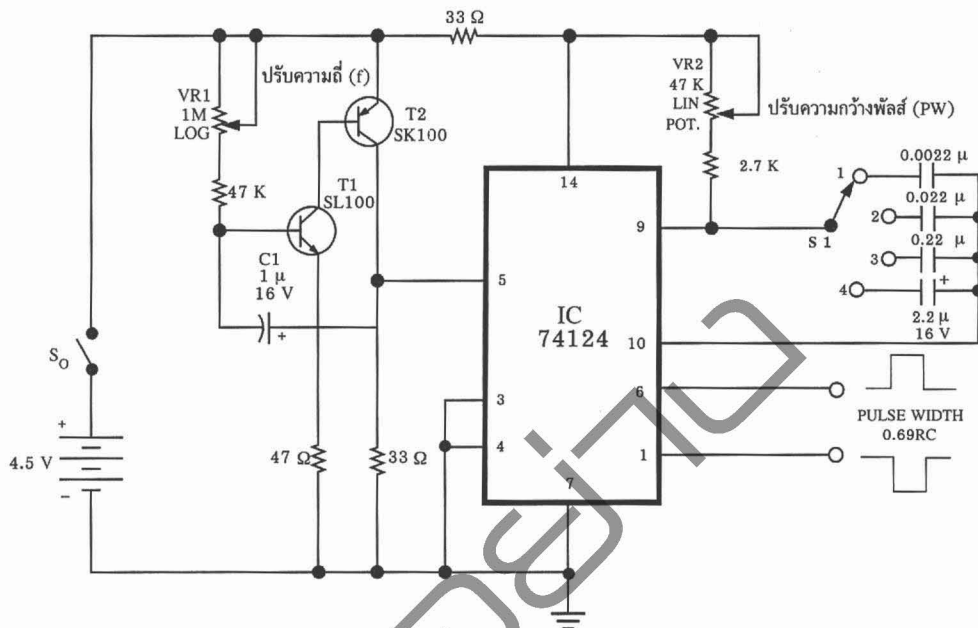
1.5.4. วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

1) ลักษณะของวงจร วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator) สร้างได้หลายแบบ และสามารถใช้อิซิดิจิตอล สร้างได้เช่นกัน โดยใช้ไอซิดิจิตอลในกลุ่มวงจรมัลติไวเบรเตอร์ 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 μ S - 100 μ S

เมื่อ S1 อยู่ตำแหน่งที่ 2 จะได้ความกว้างของพัลส์ในย่าน 100 μ S - 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 ชั้น

2) การทำงานของวงจร เมื่อปิดสวิตช์ S0 วงจรจะได้รับไฟเลี้ยงขนาด 4.5 V จากแบตเตอรี่ AA จำนวน 3 ก้อนต่อเนื่องกัน 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

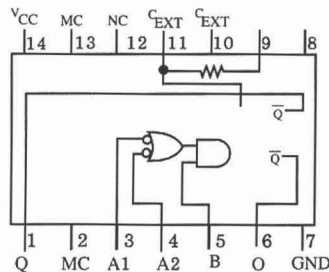
3) รายการอุปกรณ์

1. ไอซีดิจิตอล เบอร์ 74121 หรือ 74LS121	จำนวน 1 ตัว
2. ทρανซิสเตอร์	
เบอร์ SL100	จำนวน 1 ตัว
เบอร์ SK100	จำนวน 1 ตัว
3. ตัวต้านทาน $\frac{1}{2}$ W 5%	
ค่า 47 k Ω	จำนวน 1 ตัว
ค่า 47 Ω	จำนวน 1 ตัว
ค่า 33 Ω	จำนวน 2 ตัว
ค่า 2.7 k Ω	จำนวน 1 ตัว
4. โวลลุ่ม $\frac{1}{2}$ W แบบ B ค่า 1 M Ω	จำนวน 1 ตัว
แบบ A ค่า 47 k Ω	จำนวน 1 ตัว
5. ตัวเก็บประจุมีขั้ว 16 V	
ค่า 1 μ F	จำนวน 1 ตัว
ค่า 2.2 μ F	จำนวน 1 ตัว
6. ตัวเก็บประจุ 50 V	
ค่า 0.0022 μ F	จำนวน 1 ตัว
ค่า 0.022 μ F	จำนวน 1 ตัว
ค่า 0.22 μ F	จำนวน 1 ตัว
7. แบตเตอรี่ AA 3 ก้อนพร้อมรังถ่านและขั้วต่อ	จำนวน 1 ชุด
8. สวิตช์ ON-OFF 125 V 3A	จำนวน 1 ตัว
9. ซีล็กเตอร์สวิตช์ 4 ตำแหน่ง 2 ขั้ว	จำนวน 1 ตัว

4) รายละเอียดอุปกรณ์

ไอซี เบอร์ 74LS121

Monostable Multivibrator



รูปที่ 1.16

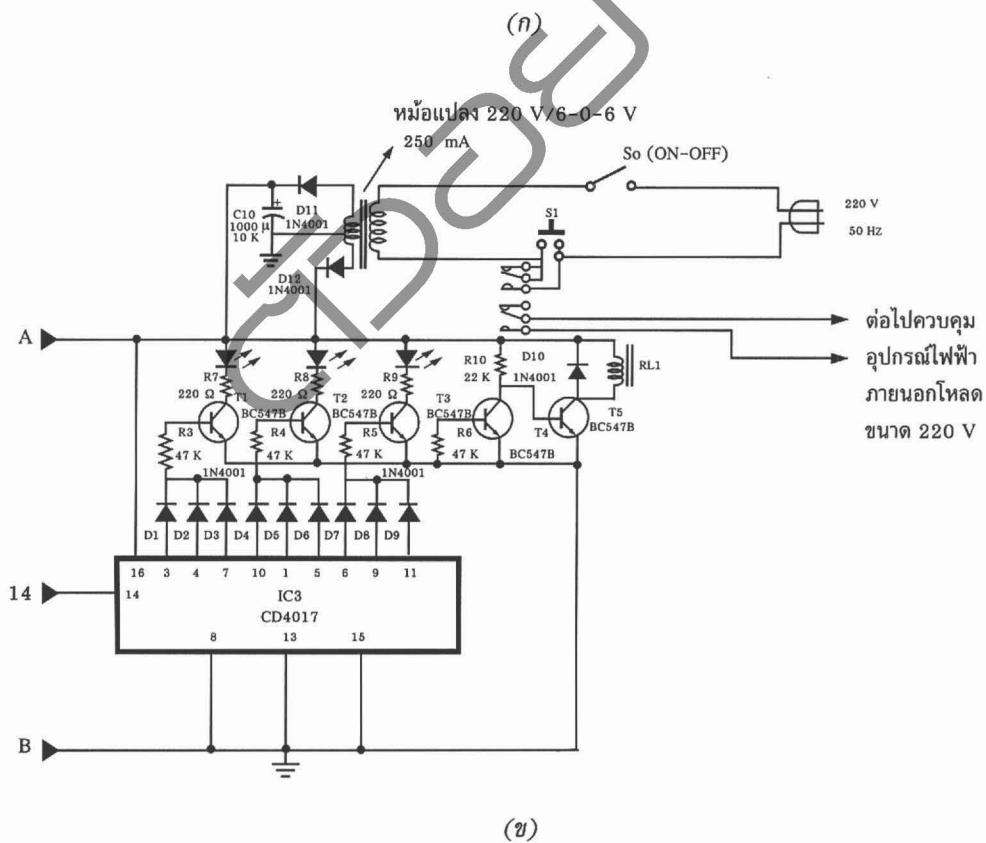
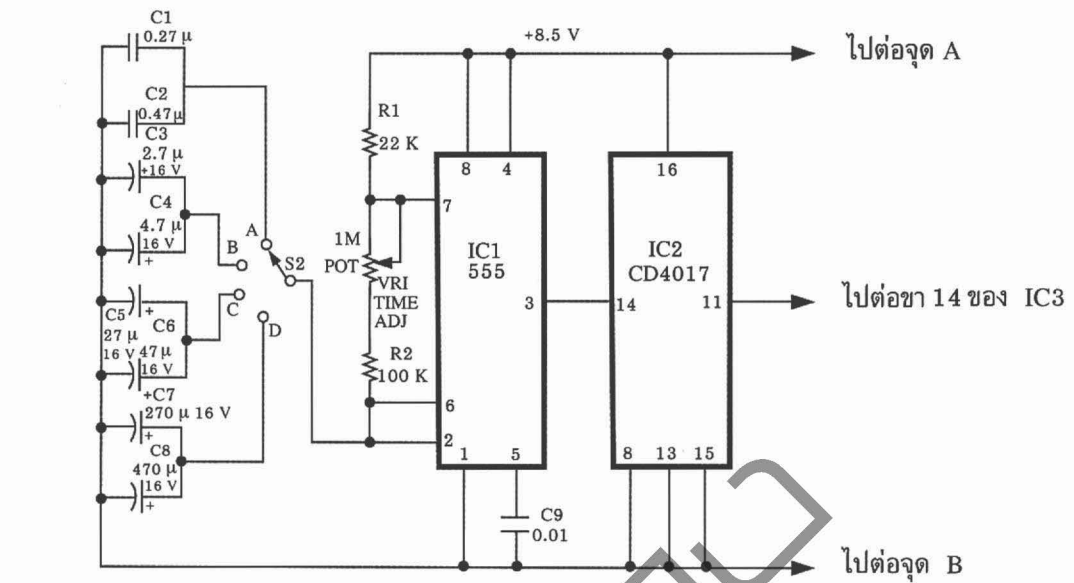
1.6. การประยุกต์ใช้งานไอซีดิจิทัลกลุ่มวงจรนับและตัวตั้งเวลา

1.6.1. ตัวตั้งเวลา 27.7 ชั่วโมง

1) ลักษณะของวงจร ตัวตั้งเวลา 27 ชั่วโมงนี้ เป็นชนิดตั้งเวลาได้และปรับตัวได้ 4 ย่าน โดยใช้สวิตช์เลือกย่านที่ต้องการ ตามที่ออกแบบไว้คือ

ย่าน A	10	วินาที - 100	วินาที (0.16 - 1.66 นาที)
ย่าน B	100	วินาที - 1,000	วินาที (1.66 - 16.66 นาที)
ย่าน C	1,000	วินาที - 10,000	วินาที (16.66 - 166.66 นาที)
ย่าน D	10,000	วินาที - 100,000	วินาที (2.77 - 27.7 ชั่วโมง)

หลักการของตัวตั้งเวลานี้คือ ใช้วงจรอะสเตเบิลกำเนิดฐานเวลาให้กับวงจรนับ โดยใช้ไอซีดิจิทัล เบอร์ CD4017 2 ตัว ตัวแรกคือ IC2 นับ 10 และตัวที่ 2 คือ IC3 เป็นวงจรนับ 9 เมื่อถึงเวลาที่ตั้งค่าไว้ จะมีสัญญาณส่งไปใช้รีเลย์ RL1 ทำงาน เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันสูงภายนอกได้ ลักษณะจากวงจรตั้งเวลา 27.7 ชั่วโมง แสดงในรูปที่ 1.17



รูปที่ 1.17 วงจรตัวตั้งเวลาปรับค่าได้ 27.7 ชั่วโมง

2) การทำงานของวงจร จากวงจรในรูปที่ 1.17 ไอซี 555 (IC1) ทำงานเป็นวงจรอะอสเตเบิลทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมต่อเนื่องที่เรียกว่า สัญญาณนาฬิกา (Clock Pulse) ความถี่ (f) ปรับเลือกโดยสวิตช์เลือก S_2 เพื่อกำหนดเวลา (T) ของตัวตั้งเวลา ($T = \frac{1}{f}$) ตั้งย่าน A, B, C และ D ที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ (1) โวลุ่ม VR1 ทำหน้าที่ปรับค่าต่ำสุด-สูงสุดของเวลาในแต่ละย่านที่ได้เลือกไว้แล้ว เอาต์พุตของ IC1 จะจ่ายสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจรนับ 10 ด้วย ไอซีดิจิตอลเบอร์ CD4017 เป็นชนิดซิมอส (IC2) และ IC3 เบอร์เดียวกันต่อให้เป็นวงจรนับ 9 ดังนั้น IC2 + IC3 จะเป็นวงจรนับ 90 หรือเรียกว่าวงจรหารความถี่อินพุตด้วย 90

ตามสมการ $T_d = (0.693 (R_1 + 2VR_1 + 2R_2) \times C) \times 90$ วินาที

เมื่อ T_d คือเวลาที่ต้องการตั้งค่าของวงจร

และ C คือค่า C ที่เลือกจากสวิตช์ S2

ดังนั้น เวลาที่ตั้งค่าไว้ (T_d) จะถูกส่งมาที่เอาต์พุตของ IC3 โดยต่อผ่านวงจรทรานซิสเตอร์ สวิตช์ T1-T3 เพื่อแสดงผลของเวลาที่ตั้งค่าสำหรับทรานซิสเตอร์ T5 และ T4 เป็นสวิตช์ที่ควบคุมการเปิด-ปิด ของรีเลย์ (RL1) ซึ่งมีหน้าสัมผัสคู่หนึ่งต่อออกไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก

ส่วนวงจรที่ต่อกับเต้ารับ 220 V, 50 Hz จะมีสวิตช์ S_0 เป็นสวิตช์ ปิด-เปิด วงจรไฟสูงที่จ่ายให้กับหม้อแปลง 220 V ที่มีขดทุติยภูมิ 6-0-6 V ที่ขดทุติยภูมิมีไดโอดเรียงกระแส D11-D12 แปลงไฟสลับเป็นไฟตรง เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงดี.ซี ทั้งหมดให้กับวงจรตั้งเวลานี้ ด้วยแรงดันไฟตรงประมาณ 8-8.5 V สำหรับสวิตช์ S_1 เป็นสวิตช์รีเซตในการควบคุมโหนดของวงจรตั้งเวลาปรับค่าได้ 27.7 ชั่วโมง โหนดที่ต่อให้กับวงจรที่ขั้วคอนแทครีเลย์นี้ ต้องเป็นชนิดแรงดัน 220 V เท่านั้น เช่น หลอดไฟฟ้า พัดลม เป็นต้น

3) รายการอุปกรณ์

1. ไอซีดิจิตอลพร้อมซ็อกเก็ต

เบอร์ CD4017

จำนวน 2 ตัว

2. ไอซี เบอร์ NE555 พร้อมซ็อกเก็ต

จำนวน 1 ตัว

3. ตัวต้านทาน $\frac{1}{2}$ W 5%

ค่า 22 k Ω

จำนวน 2 ตัว

ค่า 100 k Ω

จำนวน 1 ตัว

ค่า 220 k Ω

จำนวน 3 ตัว

ค่า 47 k Ω

จำนวน 4 ตัว

4. ตัวเก็บประจุแบบมีขั้ว 16 V

ค่า 2.7 μ F

จำนวน 1 ตัว

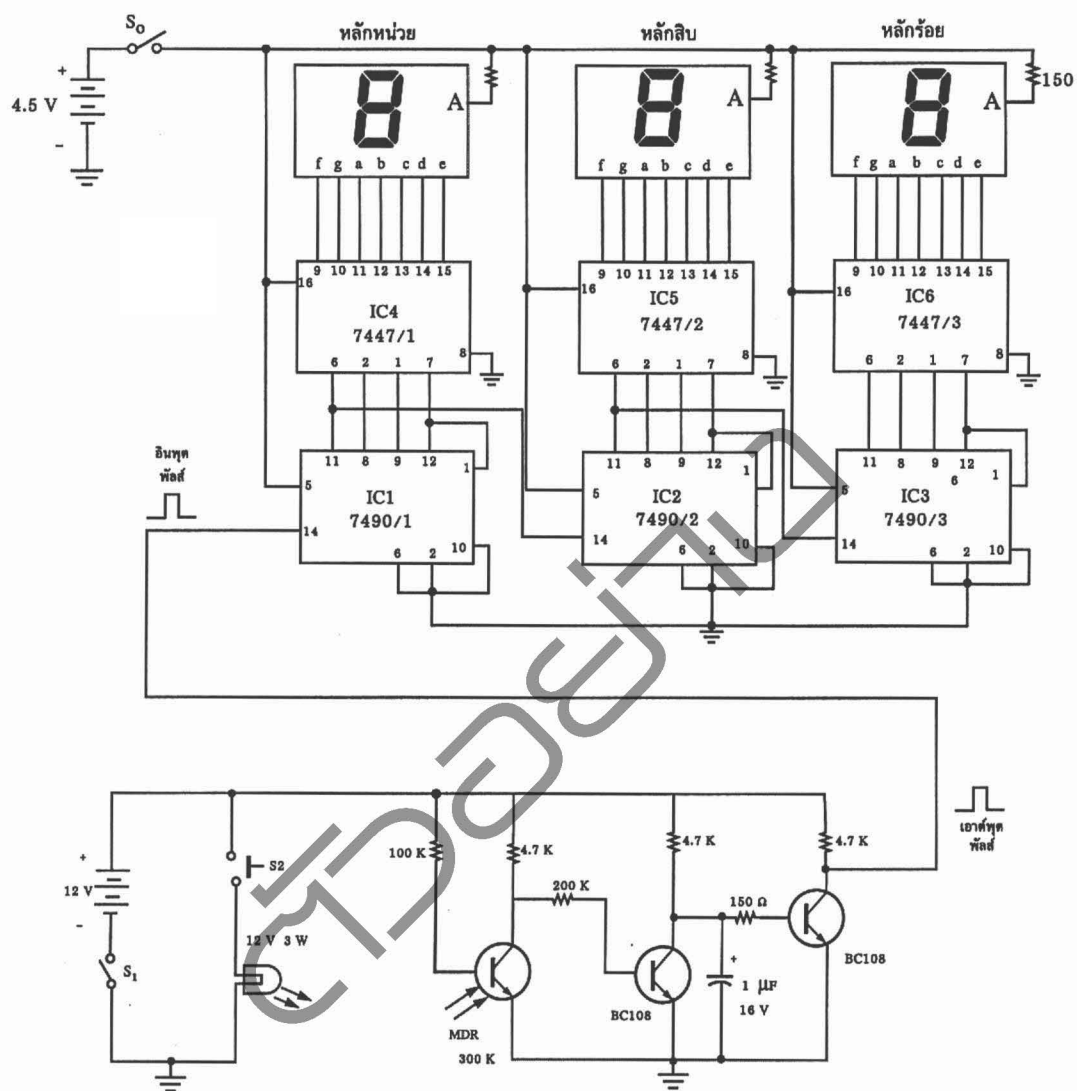
ค่า 4.7 μ F

จำนวน 1 ตัว

ค่า	27 μF	จำนวน	1 ตัว
ค่า	47 μF	จำนวน	1 ตัว
ค่า	270 μF	จำนวน	1 ตัว
ค่า	470 μF	จำนวน	1 ตัว
ค่า	1,000 μF	จำนวน	1 ตัว
5. ตัวเก็บประจุ 16V			
ค่า	0.01 μF	จำนวน	1 ตัว
ค่า	0.27 μF	จำนวน	1 ตัว
ค่า	0.47 μF	จำนวน	1 ตัว
6. โวลลุ่ม $\frac{1}{2}$ W ค่า 1 M Ω			
7. ซีล็กเตอร์สวิตช์ 2 ขั้ว 4 ตำแหน่ง		จำนวน	1 ตัว
8. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC547B		จำนวน	5 ตัว
9. ไดโอด 1N4001		จำนวน	12 ตัว
10. แอล.อี.ดี. สีแดง เขียว เหลือง อย่างละ		จำนวน	1 ตัว
11. สวิตช์ท็อกเกิล 250 V 3 A		จำนวน	1 ตัว
12. สวิตช์เลื่อน 250 V 3 A		จำนวน	1 ตัว
13. รีเลย์ขดลวดดี.ซี. 6V พร้อมช็อคเกิตหน้าสัมผัส 2 NO 2 NC		จำนวน	1 ตัว
14. หม้อแปลง 220 V/6-0-6 V ขนาด 250 mA		จำนวน	1 ตัว

1.6.2. วงจรนับ 0-999

1) ลักษณะของวงจร วงจรนับ 0-999 นี้ใช้สำหรับการนับวัตถุ หรือนับคนผ่านเข้าออก ประตู โดยใช้การตรวจจับด้วยแสงผ่านทางโฟโตทรานซิสเตอร์ เมื่อมีวัตถุผ่านแสง 1 อัน วงจรขมิตต์ทริกเกอร์จะส่งพัลส์สี่เหลี่ยมออกมา 1 พัลส์ พัลส์นี้จะป้อนเข้าสู่วงจรนับ 0-999 และจะมีการแสดงผลทุกครั้งที่มีวัตถุผ่านลำแสงนี้ อย่างไรก็ตาม ระบบการส่ง-รับแสงในรูปที่ 1.18 นี้ เป็นระบบจำลองโดยการกดปุ่มสวิตช์ S_2 เพื่อสมมติว่ามีวัตถุผ่านลำแสง 1 ครั้ง สำหรับวงจรนับ 0-999 ใช้วงจรนับ 10 จำนวน 3 วงจรต่อกัน และแสดงผลด้วยตัวเลข 7 ส่วน สีแดง ชนิดแอลอีดีรวมจำนวน 3 ตัว แสดงผลในหลักหน่วย หลักสิบ และหลักร้อย



รูปที่ 1.18 วงจรนับ 0-999 นับวัตถุที่ผ่านลำแสง

2) การทำงานของวงจร การทำงานของวงจรแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นวงจรรับ-ส่งแสง โดยกำหนดให้การกดสวิตช์ S_2 1 ครั้ง จะมีแสงออกจากหลอดไฟ 12 V 3 W และแรงนี้จะส่งไปยังตัวรับ คือ โฟโตทรานซิสเตอร์ เบอร์ MDR300 เอาต์พุตของ MDR300 จะส่งไปยังวงจรสมิตต์ทริกเกอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC108 จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงที่ได้รับได้ให้เป็นพัลส์สี่เหลี่ยม 1 พัลส์ เมื่อกดสวิตช์ S_2 1 ครั้ง

ส่วนที่ 2 คือ วงจรนับ 0-999 (3 หลัก) เป็นวงจรนับ 10 (0-9) 3 วงจร คือ IC1, IC2 และ IC3 ซึ่งใช้ไอซีดิจิตอล เบอร์ 7490 ต่ออนุกรมกัน เอาต์พุตของ IC1, IC2 และ IC3 จะออกมาตัวละ 4 เอาต์พุต ที่ขา 11, 8, 9, 12 ต่อให้กับอินพุตที่ขา 6, 2, 1, 7 ของตัวขาของรหัสและแสดงผลเบอร์ 7447 ซึ่งเป็นไอซีดิจิตอลที่ทำหน้าที่ขับตัวเลข 7 ส่วนแบบแอนโตร่วม คือ IC4, IC5 และ IC6 ดังรูปที่ 1.18

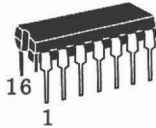
สวิตช์ S_0 คือสวิตช์ ปิด-เปิดวงจรนับ 0-999 และสวิตช์ S_1 เป็นสวิตช์ปิด-เปิด วงจรรับ-ส่งแสง

3) รายการอุปกรณ์

1. ไอซีดิจิตอลพร้อมซ็อกเก็ต	
เบอร์ 7490	จำนวน 3 ตัว
เบอร์ 7447	จำนวน 3 ตัว
2. ตัวเลข 7 ส่วนแบบแอนโตร่วม สีแดง	จำนวน 3 ตัว
3. ตัวต้านทาน $\frac{1}{2}$ W 5%	
ค่า 150 Ω	จำนวน 4 ตัว
ค่า 100 k Ω	จำนวน 1 ตัว
ค่า 4.7 k Ω	จำนวน 3 ตัว
ค่า 200 k Ω	จำนวน 1 ตัว
4. ตัวเก็บประจุแบบมีขั้ว 1 μ F 16 V	จำนวน 1 ตัว
5. หลอดไฟฟ้า 12 V 3 W	จำนวน 1 ชุด
6. สวิตช์กดติด-ปล่อยดับ	จำนวน 1 ตัว
7. สวิตช์ที่อกเกลิล ON-OFF 125 V 3 A	จำนวน 2 ตัว
8. ทรานซิสเตอร์	
เบอร์ BC108	จำนวน 2 ตัว
เบอร์ MDR300	จำนวน 1 ตัว
9. แบตเตอรี่ AA 1.5 V พร้อมรังถ่านและสายต่อ	จำนวน 3 ก้อน
10. แบตเตอรี่ 12 V 2 Ah	จำนวน 1 ก้อน

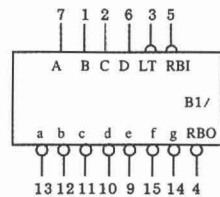
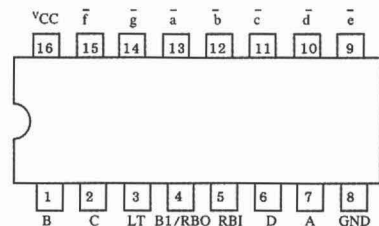
4) รายละเอียดของอุปกรณ์

1. 74LS47 (BCD - to - 7 - Segment decoder/driver.)



74LS47

ตัวถัง DIP

 $V_{CC} = \text{PIN } 16$ $GND = \text{PIN } 8$ 

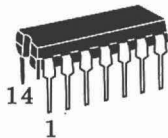
PIN NAMES

สัญลักษณ์ของ 74LS47

A, B, C, D BCD Inputs
 RBI Ripple-Blanking Input
 LT Lamp-Test Input
 BI/RBO Blanking Input or
 Ripple-Blanking Output
 $\bar{a}$, to $\bar{g}$ Outputs

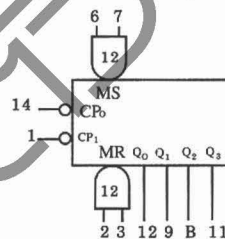
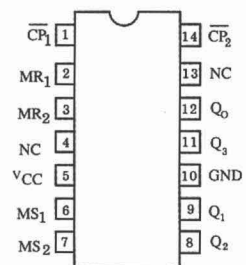
การจัดวางขาของ 74LS47

2. 74LS90 (Decade Counter)



74LS90

ตัวถัง DIP

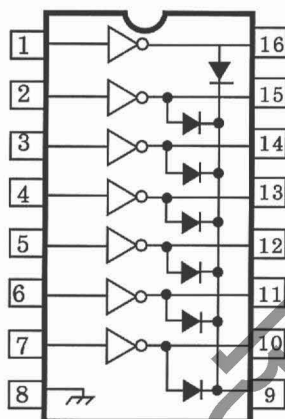
 $V_{CC} = \text{PIN } 10$ $GND = \text{PIN } 10$ $NC = \text{PIN } 4, 13$ 

สัญลักษณ์ของ 74LS90

การจัดวางขาของ 74LS90

1.7. การนำไปใช้งานไอซีดิจิทัลกลุ่มวงจรขับ

ไอซีดิจิทัลในกลุ่มวงจรขับ (Drivers) นี้มีหลายชนิด เช่น Power Drivers ICs ที่ผลิตจากบริษัท Texas Instruments เช่น เบอร์ TPIC6259N (8-bit Addressable Latch) และเบอร์ TPIC6273N (D-type latch) เป็นต้น หรือ วงจรขับแบบดาร์ลิ่งตัน (Darlington Drivers) กลุ่มนี้เป็นวงจรขับที่ให้กำลังเอาต์พุตสูงประมาณ 1-2 W ให้กระแสเอาต์พุต 500 mA และบางเบอร์ถ้าสูงถึง 1-5 A ที่แรงดัน 50V - 80V สามารถรับสัญญาณลอจิกและให้เอาต์พุตทรานซิสเตอร์ของไอซีวงจรขับ ไปขับโหลดได้โดยตรง เช่น มอเตอร์ ดี.ซี. ขนาดเล็ก (3V) หรือรีเลย์ เป็นต้น วงจรขับดาร์ลิ่งตันนี้มีหลายเบอร์ เช่น ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A และ ULN2004A ซึ่งเป็นเบอร์ที่ผลิตโดย Texas Instrument และบริษัท Allegro Microsystems. เป็นต้น การจัดวางขาของวงจรขับดาร์ลิ่งตัน เบอร์ ULN2001A และ ULN2003A แสดงในรูปที่ 1.20



แรงดันเอาต์พุต (V_{CE})

◆ ULN200 XA และ ULN200 XL = 50 V

◆ ULN202 XA และ ULN202 XL = 95 V

แรงดันอินพุต (V_{IN}) = 2.4 V = 8.0 V

กระแสเอาต์พุต (I_C) = 500 mA

กระแสอินพุต (I_{IN}) = 25 mA

กำลังสูญเสีย (P_D) = 1.0 W

อุณหภูมิใช้งาน (T_A) = $-20^{\circ}\text{C} - +85^{\circ}\text{C}$

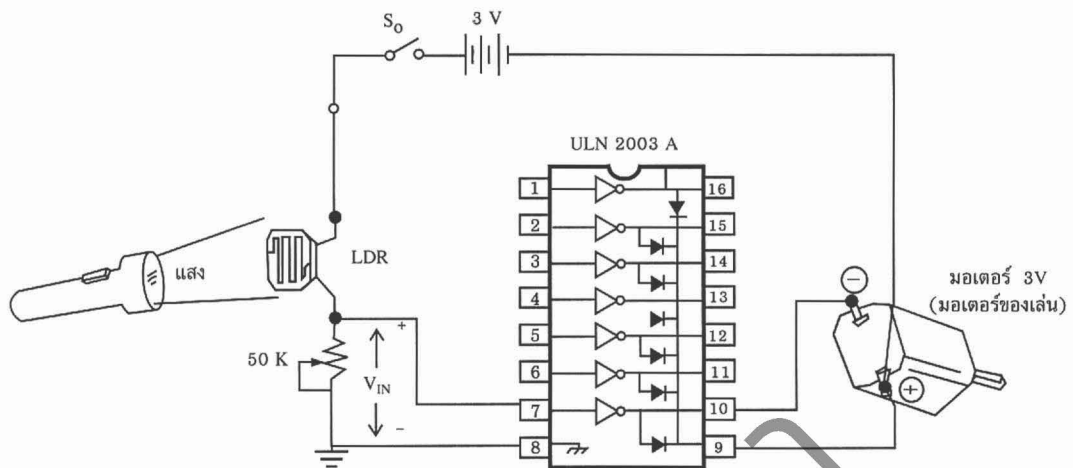
รูปที่ 1.20 แสดงการจัดวางขาและรายละเอียดของกระแสและแรงดัน สำหรับ

ไอซีดิจิทัล เบอร์ ULN200 XA, L และ ULN202 XA, L

(ผลิตภัณฑ์ของ Allegro Microsystems, Inc.)

1.7.1 มอเตอร์ดี.ซี.ควบคุมด้วยแสง

1) ลักษณะของวงจร เป็นการประยุกต์นำไอซีดิจิทัล เบอร์ ULN2003A มาขับมอเตอร์ดี.ซี.ขนาดเล็ก 3 V โดยใช้การขับโดยตรง และให้ใช้แสงควบคุมการทำงานของมอเตอร์ดี.ซี. การใช้แสงนี้จะใช้แสงจากไฟฉาย และในวงจรจะมีตัวรับแสงง่าย ๆ คือ LDR (Light Dependent Resistor) ทำหน้าที่รับแสงและแบ่งแรงดันควบคุมทางอินพุตของไอซี ULN2003 ลักษณะของวงจรแสดงในรูปที่ 1.21



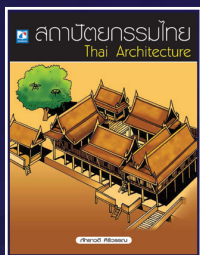
รูปที่ 1.21 วงจรมอเตอร์ดี.ซี. ควบคุมด้วยแสง

2) การทำงานของวงจร ในสภาวะปกติ LDR ไม่ได้รับแสง ค.ต.ท. ของ LDR จะสูงมาก ถ้าใช้ LDR ที่มีค่า ค.ต.ท 10 k Ω ค่าของมันเมื่อไม่มีแสง (มืด) จะเท่ากับ 10 k Ω ขณะนี้ ที่ขา 7 ของไอซี ULN 2003 จะได้รับแรงดันต่ำ (ลอจิก 0) ทำให้สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 10 เป็นลอจิก 1 มอเตอร์จะไม่ทำงาน แต่ถ้าใช้ไฟฉายส่องไปที่ตัว LDR ยิ่งความสว่างมากค่า ค.ต.ท ของ LDR จะลดต่ำลง ผลคือ แรงดัน V_{IN} ที่ตกคร่อม R ปรับค่าได้ดังนั้น มีค่าสูงขึ้นจนถึงลอจิก 1 ที่ไอซีทำงานได้ ($V_{IN} \approx 2.4$ V) ไอซีเบอร์ ULN2003 จะทำงานส่งลอจิก 0 ออกมาที่ขา 10 มอเตอร์ดี.ซี. จะหมุนทันที เพราะว่าแรงดันที่ขา 9 ของ ULN2003 A คือ 3 V และแรงดันที่ขา 10 คือ 0 V มอเตอร์ดี.ซี. จะหมุนขวา เมื่อมีไฟฉายส่องแสงมายัง LDR ดังนั้น มอเตอร์ ดี.ซี. จึงถูกควบคุมด้วยแสงจากไฟฉายเมื่อปิดไฟฉาย หรือให้ระยะของแสงอ่อนลง ค.ต.ท. ของ LDR จะสูงขึ้น ทำให้ V_{IN} มีค่าต่ำลง และเมื่อต่ำลงจนเป็นลอจิก 0 มอเตอร์ ดี.ซี. จะหยุดทำงาน

3) รายการอุปกรณ์

- | | |
|---|--------------|
| 1. ไอซีดิจิทัล พร้อมซ็อกเก็ต เบอร์ ULN2003A | จำนวน 1 ตัว |
| 2. LDR มีค่า R 10 k Ω | จำนวน 1 ตัว |
| 3. มอเตอร์ ดี.ซี. ขนาดจี้วแรงดัน 3 V | จำนวน 1 ตัว |
| 4. เกือกม้า ค.ต.ท. ปรับค่าได้ 50 k Ω $\frac{1}{2}$ W | จำนวน 1 ตัว |
| 5. แบตเตอรี่ AA 1.5 V | จำนวน 2 ก้อน |
| 6. สวิตช์เลื่อน ON-OFF ขนาดจี้ว | จำนวน 1 ตัว |

แนะนำหนังสือ



สถาปัตยกรรมไทย
Thai Architecture



สร้างบ้านด้วยตนเอง



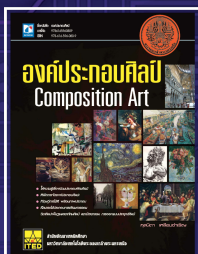
ช่อมำรุ้งรักหาบ้าน
ด้วยตนเอง



เขียนแบบบ้านด้วยตนเอง



ความรู้พื้นฐาน
งานออกแบบตกแต่งภายใน
INTERIOR DESIGNS



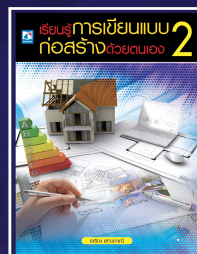
องค์ประกอบศิลป์



เรียนรู้
เขียนแบบเบื้องต้น
ด้วยตนเอง



เรียนรู้
การเขียนแบบก่อสร้าง
ด้วยตนเอง 1



เรียนรู้
การเขียนแบบก่อสร้าง
ด้วยตนเอง 2



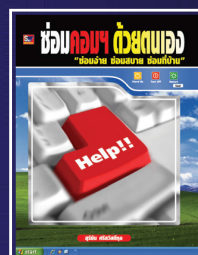
การออกแบบและติดตั้งไฟฟ้า
ภายในบ้าน-อาคารอุตสาหกรรม



เรียนรู้งานอะลูมิเนียม
ด้วยตนเอง



ทำสีบ้านให้สวยด้วยตนเอง



ช่อมคอมฯ ด้วยตนเอง



การเพาะเห็ด
แบบเศรษฐกิจพอเพียง

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
28, 30, 32 ซอยรังสิต-ปทุมธานี 16 ซอย 7
ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์ 0-2958-1125, 0-2958-1127 www.skybook.co.th
e-mail: sales@skybook.co.th, saleskybook@gmail.com

e-book

หมวดงานอาชีพ
วงจรไอซี
และการประยุกต์ใช้งาน

ISBN : 978-616-596-184-4



9 786165 961844

ราคา 240 บาท