

บทที่ 1

สัญญาณดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์และสวิต

Digital Electronic Signals and Switchs

เค้าโครง

1. อานาลอกและดิจิทัล
2. สัญญาณดิจิทัล
3. รูปคลื่นสัญญาณเวลา
4. การแทนค่าอนุกรม
5. การแทนค่าแบบขนาน

ทำไมวงจรดิจิทัลจึงมีความสำคัญ

วงจรดิจิทัล (Digital Circuits) คืออุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดพิเศษที่ออกแบบให้ มีการทำงานเหมือนกับสวิต On และ Off คำว่าดิจิทัล (Digital) ประยุกต์มาจากสัญญาณรูป คลื่นสี่เหลี่ยมการทำงานของวงจรเหล่านี้ ที่ใช้ในการประมวลผลตัวเลข (Numeric) ที่เป็นค่า 1 หรือ 0

วงจรดิจิทัลมีความสำคัญเพราะว่า เป็นตัวจัดการข่าวสารที่ใช้ในการประมวลผลที่เชื่อถือได้และมีความเร็วสูง วงจรดิจิทัลยังใช้ในการควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานโดยอัตโนมัติ หรือนำไปใช้ควบคุมเครื่องเตาอบไมโครเวฟ หรือการควบคุมเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเสียง เช่น Compact Disk โดยใช้ควบคุมคุณภาพของเสียง หรือการควบคุมการอ่านได้ความเร็วสูง ส่วนในระบบคอมพิวเตอร์ใช้ในการจัดเก็บและค้นคืนข้อมูล ข่าวสารทุกชนิดจะเก็บอยู่ในรูปแบบดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์

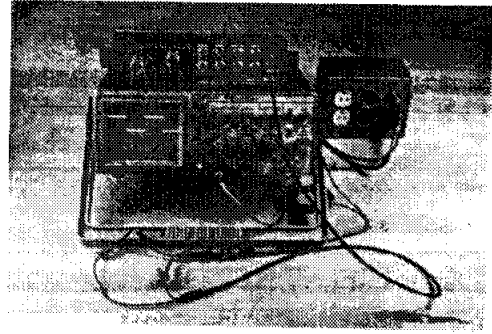
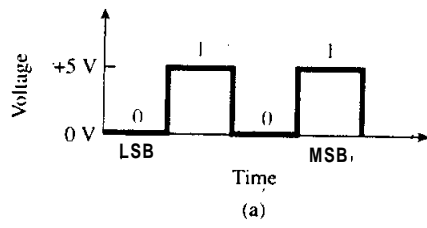
1.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณอนาลอกและดิจิตอล

คำว่าดิจิตอลกลายเป็นคำยอดฮิตเมื่อไม่นานมานี้ เราได้ยินคำว่า Digital Audio Tape (DAT) Digital Oscilloscopes , Digital Multi-meter , และ Digital Computers ทำไมดิจิตอลจึงมีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เหล่านี้ได้อย่างไร

คำจำกัดความของ อนาลอก และ ดิจิตอล

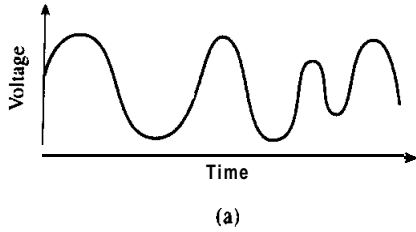
ข้อมูลที่จัดอยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้าที่ถูกสร้างโดยวงจรไฟฟ้าจะอยู่ในรูปของคาบเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันและสัญญาณของกระแสเวลานั้น ตัวอย่างเครื่องรับวิทยุ จะรับพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากเสาอากาศ ซึ่งสัญญาณแรงดันเหล่านี้จะมีคลื่นพาหะที่มีความถี่สูงและสัญญาณเสียงที่มีความถี่ต่ำ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ของวิทยุจะทำการแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณที่เป็นคลื่นพาหะ และส่งสัญญาณเสียงออกที่ลำโพง สัญญาณข้อมูลเหล่านี้จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวิทยุ

ถ้าท่านมองดูสัญญาณเสียงในตัวอย่างจากรูปที่เกิดขึ้นใน Oscilloscope เราจะเห็นรูปคลื่นที่เกิดขึ้นในรูป 1.1 A สังเกตจากระดับแรงดัน (Amplitude) ของสัญญาณจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา แต่ละค่าที่เกิดขึ้นจะมีรูปแบบเป็นหนึ่งเดียว แต่ถ้าเป็นค่าเดียวกันแต่พูดหลายคนก็จะมีรูปแบบสัญญาณที่แตกต่างกัน จากสัญญาณที่เห็นในรูป 1.1 นั้นเป็นรูปแบบของสัญญาณอนาลอก (Analog) เนื่องจากสัญญาณมีค่าต่อเนื่องในเวลาที่เปลี่ยนไป เมื่อเรานำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณดิจิตอลแสดงในรูป 1.1 B สังเกตว่าระดับของสัญญาณชนิดนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นตอน เช่นเมื่อสัญญาณมีค่าเป็น 12 โวลท์ เราจะให้ค่าเป็น 1 หรือ on แต่ถ้าระดับแรงดันมีค่าเป็น 0 โวลท์ เราจะให้ค่าเป็น 0 หรือ Off

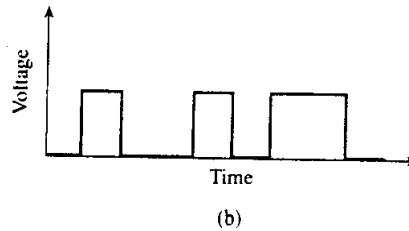


(b)

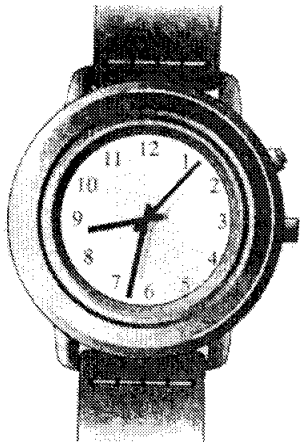
รูป 1.1 รูปคลื่นที่แสดงจาก Oscilloscope (A) Voice signal (B) digital Signal



(a)



(b)



(c)

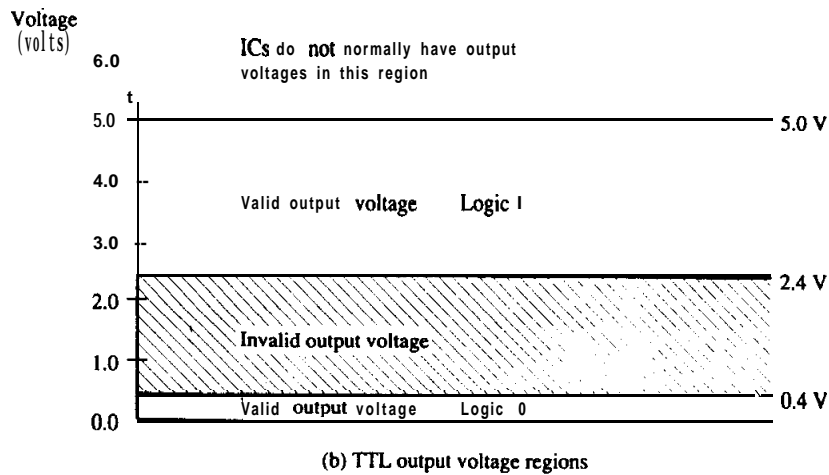
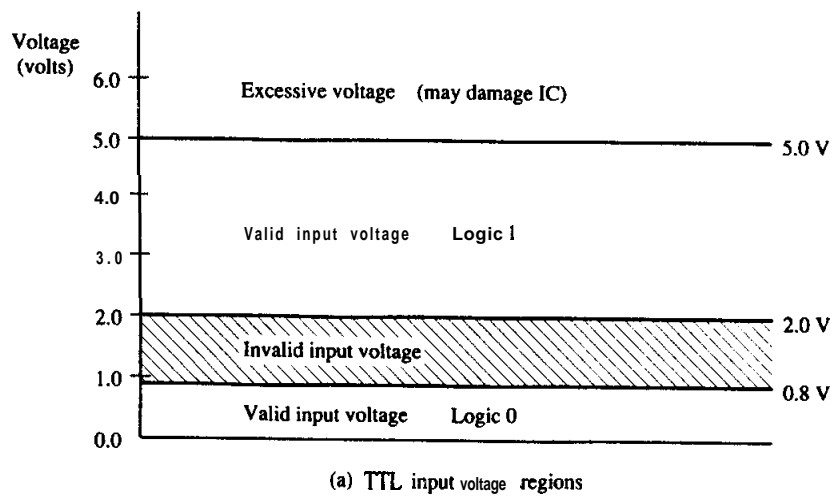


(d)

รูป 1.2 สัญญาณดิจิทัลในรูปของ Discrete steps ซึ่งเป็นตัวอย่าง 4 Steps

1.2 สัญญาณดิจิทัล (Digital Signals)

เราจะมีกำหนดค่าของสัญญาณดิจิทัลออกเป็น 2 ระดับ ที่เป็น ON , OFF หรือ TRUE , FALSE ในการสร้างวงจรระบบดิจิทัลทางปฏิบัติเราจะแทนคุณสมบัติทางกายภาพด้วยค่าของ TRUE และ FALSE Logic ในวงจรไฟฟ้า เราจะกำหนดค่าของแรงดันไฟฟ้าในการทำงานของวงจรลอจิก ที่เป็น TRUE หรือ FALSE เช่น 12 โวลต์ที่มีค่าเป็น TRUE หรือ 1 และ 0 โวลต์ที่มีค่าเป็น FALSE หรือ 0 จากรูป 1.3 แสดงระดับแรงดันที่กำหนดค่าสำหรับมาตรฐานอุตสาหกรรม LSTTL (Low Power Schottky Transistor Transistor Logic) ซึ่งเป็นตระกูลหนึ่งของวงจรดิจิทัล กำหนดระดับแรงดันระหว่าง 0 - 5 โวลต์ จะเห็นว่าค่า FALSE หรือ 0 จะมีค่าแรงดัน 0 - 2.5 โวลต์ ส่วนค่า TRUE หรือ 1 จะมีแรงดัน 3.4 - 5 โวลต์



รูป 1.3 วงจรดิจิทัลในการผลิตระดับแรงดันเข้าพุต

1.3 การทำงานที่แทนด้วยเลขฐานสอง

เมื่อเราได้ศึกษาเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อก กับสัญญาณดิจิทัล เราจะเห็นว่าสัญญาณดิจิทัล จะเก็บข่าวสารได้น้อยกว่าสัญญาณอนาล็อก ซึ่งเปรียบเทียบโดยการเปลี่ยนแปลงของ HIGH หรือ LOW ฉะนั้นเราจะศึกษาในเทอมของคำว่า BINARY DIGIT ที่ใช้แสดงการทำงานของระบบดิจิทัล ซึ่งเป็นพื้นฐานการทำงานของเครื่องจักรที่ซับซ้อน เช่นเครื่องคอมพิวเตอร์

1.4 ไบนารีดิจิทัลลอจิก (BINARY DIGITAL LOGIC)

Digital Logic คือการแทนข่าวสารโดยการใช้ตัวเลขฐานสองหรือเรียกว่าไบนารี ที่มีค่าอยู่ 2 ค่า คือ 1 หรือ 0 การออกแบบวงจรลอจิกที่ยุ่งยากโดยอาศัยหลักการของระบบเลขฐานสองเป็นแนวทางในการออกแบบวงจร ที่จะกำหนดหน้าที่การทำงาน ในรูปของไบนารีแล้วจึงเปลี่ยนมาเป็นดิจิทัลลอจิก

1.5 วงจรดิจิทัล (DIGITAL CIRCUIT MANUFACTURING)

วงจรรวมทุกวันนี้ เป็นวงจที่ใช้เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ (Semi Conductor) เป็นวงจที่บรรจุอยู่ในแผงเกจ มีจำนวนมากมายหลายชนิดของ IC สำหรับการประยุกต์ใช้งานทางดิจิทัล วงจรดิจิทัลได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จากทรานซิสเตอร์ในปี 1950 ซึ่งเป็นวงจที่ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ และเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อถือได้ การทำงานจะมีฟังก์ชันการทำงานอยู่ 2 จังหวะ หรือ 2 สถานะ วงจรดิจิทัลลอจิกยุคแรกๆนั้นที่สร้างบนบอร์ด โดยการรวมทรานซิสเตอร์ หรือ Discrete components , Inductors , Capacitors และ Resistors วงจรเหล่านี้จะอ้างถึง Component Board Circuits เราจะเห็นว่าส่วนมากของวงจรรวม เป็นวงจที่เกิดจากการรวมกันของอุปกรณ์เหล่านี้ การวิจัยทางวิศวกรรมศาสตร์และการพัฒนางจรรวม (Integrated Circuits) หรือเรียกว่า IC หรือ Chips วงจรรวม คือ กระบวนการที่เป็นดริสกรีต ที่นำมาผลิตเป็นวงจเดี่ยวโดยใช้วัสดุสารกึ่งตัวนำ วัสดุสารกึ่งตัวนำส่วนมากจะเป็นซิลิคอน (Silicon) อุปกรณ์บางชนิดที่เป็น Fabricated ใช้ Gallium Arsenide หรือ Germanium การพัฒนาเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำที่สร้างเป็นวงจรรวมเพื่อช่วยลดต้นทุนของวงจรรวมที่มีความเชื่อถือสูง และใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยกว่า ซึ่งเป็นวงจที่ซับซ้อนมากในพื้นที่ขนาดเล็ก

วงจรรวมสารกึ่งตัวนำแบ่งเป็น 5 ประเภท คือ

- Small Scale Integration (SSI)
- Medium Scale Integration (MSI)
- Large Scale Integration (LSI)
- ,Very Large Scale Integration (VLSI)
- Ultra Large Scale Integration (ULSI)

ตาราง 1.1 Integrated Circuit Classification

Classification	Transistors	Typical IC
SSI	10 or less	54174 logic gates
MSI	10 to 100	Counters, adders
LSI	100 to 1000	Small memory ICs, gate arrays
VLSI	1000 to 1 million	Large memory ICs, microprocessors
ULSI	1 million and up	Multifunction ICs

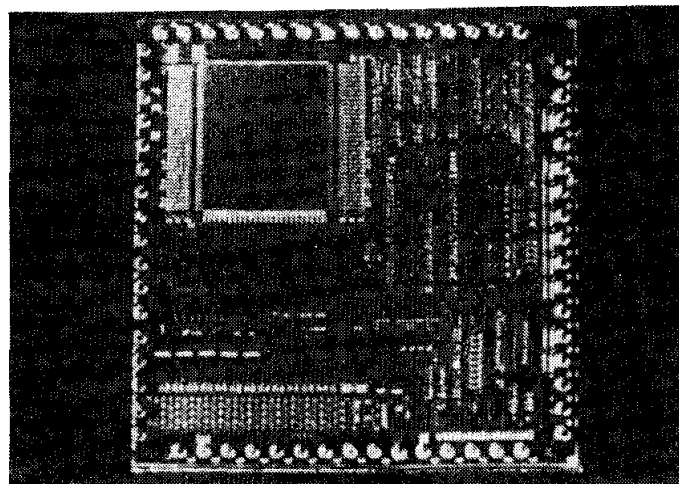


FIGURE I-I(a) A **Semiconductor** Chip (Courtesy IBM Corporation)

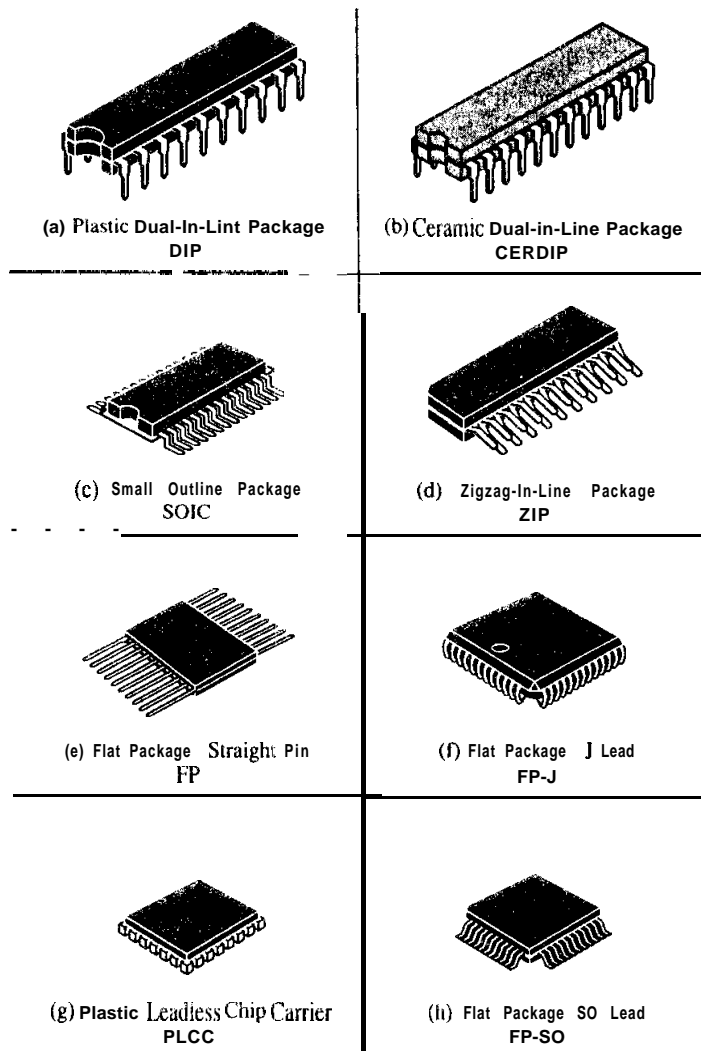


รูปที่ 1.4 Semiconductor chip และ Semiconductor Wafer

1.6 Integrated Circuit Packaging

ส่วนประกอบมาตรฐานในการผลิต เพจเกจไอซี คือ Dual - In - Line - Package หรือ DIP ลอจิกเกตของไอซีส่วนมากในแต่ละเพจเกจจะมี 16 PIN - DIP ตัวหุ้มห่อหรือ DIP จะเป็นพลาสติกหรือเซรามิก ส่วน PIN จะเป็นโลหะ ในกรณีของ DIP Package ชนิด Small Outline IC หรือ SOIC เพจเกจชนิดนี้สามารถเชื่อมกับลายปริ้นซ์ได้โดยตรง บน Printed Circuit Board หรือ PC Board แต่ถ้าเป็นเทคโนโลยีชนิด Surface Mount Technology (SMT) ก็เหมือนกับ SOIC จะอ้างถึงในส่วนของอุปกรณ์ที่ยึดติดกับพื้นผิว (Surface Mount Devices) หรือ SMD การเชื่อมต่อของ DIP จะต้องมีรูบนวงจรมอร์ดสำหรับขาของเพจเกจ

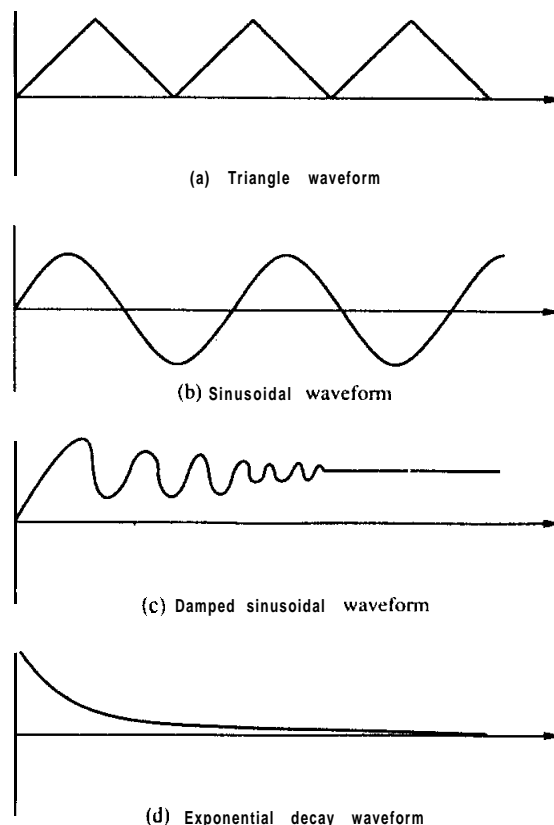
ส่วนไอซีชนิดอื่นๆ รวมถึง Plastic Leadless chip carrier , PLCC , และ Flat pack IC แต่ละชนิดของเพจเกจจะมีจุดเด่นและจุดด้อย ดูรายละเอียดจากคู่มือไอซีของแต่ละชนิดต่อไป

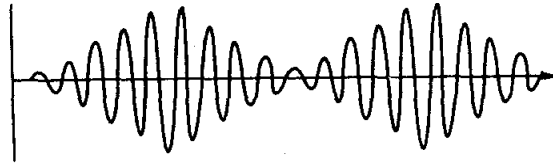


1.7 สัญญาณอนาลอก (Analog Signals)

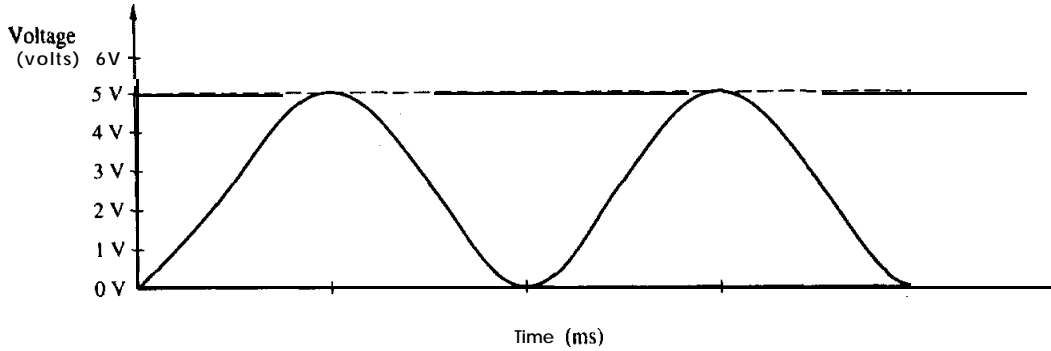
สัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณที่มีลักษณะต่อเนื่องในเวลา que เปลี่ยนไปค่าต่างๆนั้นสามารถวัดได้ สัญญาณเหล่านั้นถ้าใช้ในทางคณิตศาสตร์จะยุ่งยากมาก จากตัวอย่างที่แสดงในรูป 1.6 เป็นรูปคลื่นของสัญญาณอนาลอก การรับรู้ของมนุษย์จะใช้การประมวลผลด้วยสัญญาณ อนาลอก เช่น แรงแต้น อุณหภูมิ เสียง น้ำหนัก ทุกชนิดที่กล่าวจะอยู่ในรูปของอนาลอก เทคโนโลยีทางไฟฟ้าจะต้องเปลี่ยนสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าที่วัดได้วิเคราะห์ได้ ตัว Transducer ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่นกระแสไฟฟ้า แรงแต้นไฟฟ้า ความต้านทาน

กระแสไฟฟ้าและแรงแต้นไฟฟ้า ใช้แสดงในรูปของกราฟขึ้นกับเวลาที่เปลี่ยนแปลง ให้รูปคลื่นออกมาในสัญญาณอนาลอก จากรูป 1.6. แสดงแรงแต้นของรูปคลื่นจากค่า 0 - 5 โวลท์ ภายในช่วงเวลา 190 ms ค่าของสัญญาณอนาลอกจะเปลี่ยนไปตามเวลาที่ซ้ำกัน อ้างถึง Periodic signal ช่วงเวลาที่ซ้ำกันเราเรียกว่า Period แทนด้วยสัญลักษณ์ตัวอักษร T ถ้ารูปคลื่นไม่ทำงานซ้ำกันเราเรียกว่า A period ค่าของ Period ในรูป 1.7 จะเห็นว่าค่า $T = 100 \text{ ms}$





(e) Amplitude modulation waveform



รูปที่ 1.7. Periodic Analog Sine waveform

ตาราง 1.2 Units of Time

Time Unit	Symbol	Equivalence
Second	s	1 second
Millisecond	ms	1×10^{-3} seconds
Microsecond	μ s	1×10^{-6} seconds
Nanosecond	ns	1×10^{-9} seconds
Picosecond	ps	1×10^{-12} seconds
Femtosecond	fs	1×10^{-15} seconds

หน่วยที่แสดงในตาราง 1.2 ด้วยย่อ S คือวินาที สัญญาณโดยทั่วไปจะอ้างถึงความถี่ (Frequency ต่อ period ความถี่ใช้สัญลักษณ์คือ F มีหน่วยเป็น Hertz (Hz) ความถี่กับ Period มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$f = 1/T \text{ Hz}$$

รูปคลื่นอานาลอกที่แสดงในรูป 1.7. ความถี่ = $1/T = 1/100 \text{ ms} = 10 \text{ HZ}$

ตัวอย่าง 1.1 การคำนวณความถี่ ถ้าค่าของ Period = 200 Micro second

$$f = 1/T = 1/200 \times 10^{-6} = 5000 \text{ HZ} = 5 \text{ KHz}$$

ตัวอย่าง 1.2 การคำนวณความถี่ ถ้าค่าของ Period = 10 MHz

$$T = 1/f = 1/1 \times 10^{-7} = 10^{-7} \text{ HZ} = 100 \text{ ns}$$

ตาราง 1.3 Units of Frequency

Frequency Unit	Symbol	Equivalence
Hertz.	HZ	1 Hertz
Kilohertz	KHz	1 x 10 ³ Hertz
Megahertz	MHz	1 x 10 ⁶ Hertz
Gigahertz	GHz	1 x 10 ⁹ Hertz
Terahertz	THz	1 x 10 ¹² Hertz

ตัวอย่าง 1.3 การคำนวณ Period

What are the periods of the upper and lower FM frequencies?

Solution:

$$\text{Lower frequency period: } \frac{1}{88 \text{ MHz}} = 11.36 \text{ ns}$$

$$\text{Upper frequency period: } \frac{1}{108 \text{ MHz}} = 9.26 \text{ ns}$$

1.8 สัญญาณดิจิทัล (Digital Signals)

สัญญาณดิจิทัล เป็นสัญญาณดิสครีต (Discrete) ที่จะมีการสมมุติค่าแรงดันเพียงค่าเดียว ระบบไบนารี 0 และ 1 เราใช้แทนสัญญาณดิสครีต หรือแรงดันดิจิทัล แรงดันดิจิทัลนี้เราอ้างถึง ระดับลอจิก (Logic Levels)

1.8.1 ระดับลอจิก (Logic Levels)

Positive Logic หรือ ลอจิกบวก เป็นการกำหนดค่าของไบนารีตัวเลข 0 เป็นระดับต่ำ และตัวเลขไบนารี 1 เป็นระดับแรงดันสูง ตัวอย่างของลอจิกบวก จะกำหนดค่า 5 โวลต์เป็นลอจิกระดับสูง (High Logic Level) ส่วนการกำหนดค่า 0 โวลต์เป็นลอจิกระดับต่ำ ดังแสดงในตาราง 1.4 เทอม 0 คือค่า LOW ใช้แทนค่าลอจิกระดับต่ำ เทอม 1 ใช้แทนค่า HIGH ใช้แทนค่าลอจิกระดับสูง การใช้ลอจิกบวกทำให้สะดวกต่อการใช้งาน Negative Logic ใช้ลอจิก 0 เป็นค่าแรงดันระดับสูง (High Voltage) และไบนารีตัวเลข 1 มีค่าเป็นแรงดันระดับต่ำ (Low Voltage) ดังแสดงในตาราง

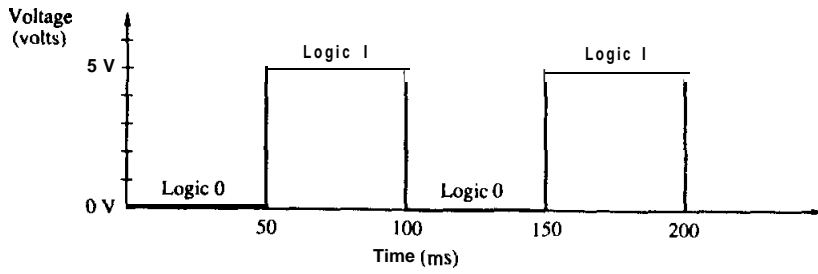
ตาราง 1.4 Positive Logic

Voltage (volts)	Binary	Term
+5	1	HIGH
0	0	LOW

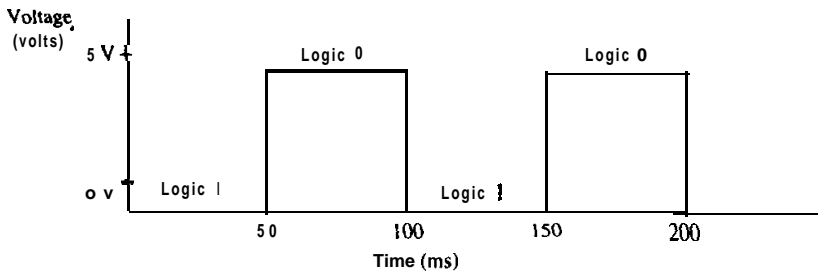
ตาราง 1.5 Negative Logic

Voltage (volts)	Binary	Term
+5	0	LOW
0	1	HIGH

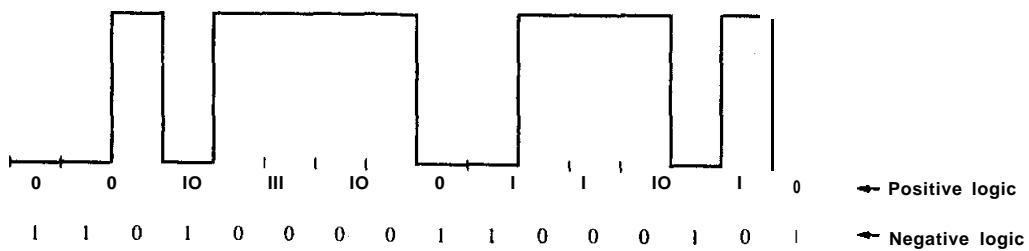
ลอจิกบวกและลอจิกลบสามารถแสดงระดับแรงดันด้วยกราฟ ดังรูป 1.8 ลอจิกบวกกำหนดค่าแรงดันในวงจรดิจิทัล ส่วนลอจิกลบใช้กับเทคโนโลยีทางไฟฟ้า เช่นระบบสื่อสาร ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ก่อนทุกรูปคลื่นของวงจรดิจิทัล



(a) Positive logic digital waveform



(b) Negative logic digital waveform



(c) Graphic representation of 16-bits of data

รูป 1.8 Digital waveform Positive and Negative Logic

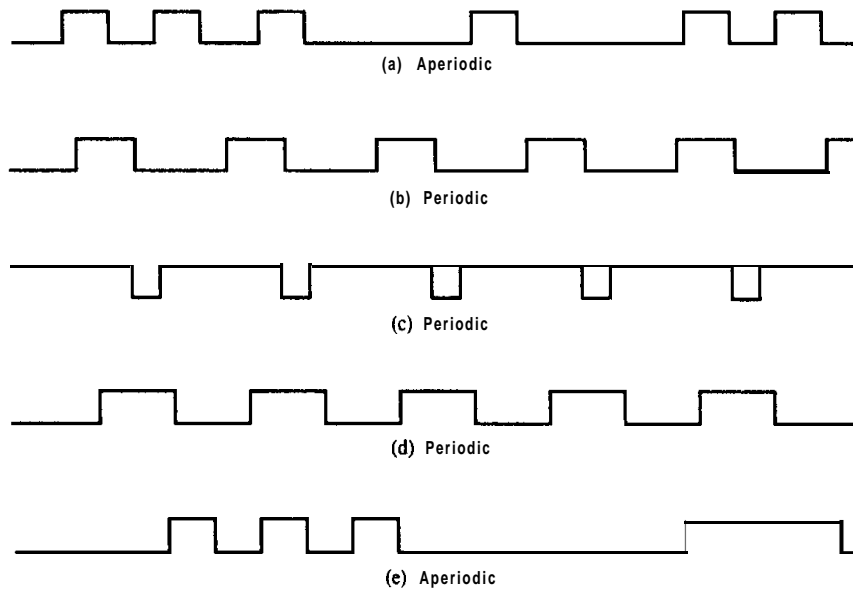
1.8.2 รูปคลื่นดิจิตอล (Digital Waveforms)

รูปคลื่นดิจิตอล ที่แทนด้วยกราฟของระดับลอจิกในแต่ละช่วงเวลา รูปคลื่นที่สมมุติมีค่า 2 ค่า ที่อ้างถึงใน Pulse waveform รูปคลื่นดิจิตอลจะแบ่งเป็นช่วงหรือไม่แบ่งเป็นช่วงเหมือนกับสัญญาณอนาลอก ในรูปที่ 1.9. แสดงการแบ่งเป็นช่วงและไม่แบ่งเป็นช่วง

คำว่า Period ใช้สัญลักษณ์ T และความถี่ใช้สัญลักษณ์ f เราสามารถกำหนดรูปคลื่นดิจิตอลในการทำงานแบ่งเป็นช่วง ความถี่ของรูปคลื่นจะอ้างถึง Pulse repetition หรือ PRR รูป

คลื่นดิจิทัลสามารถกำหนดได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ Positive pulse ค่าแรงดันต่ำเป็น 0 โวลต์ และค่าแรงดันสูงสุดเป็น Positive value ส่วน Negative pulse ค่าแรงดันสูงที่ 0 โวลต์เป็น และค่าแรงดันสูงของพัลส์ เป็นแรงดันลบ แรงดันเหล่านี้สามารถบวกกับค่าคงที่ เราจึงถือว่าเป็น DC offset

ความกว้างของพัลส์ (Pulse width) , t_w เป็นการกำหนดการทำงานของเวลาพัลส์ การทำงานของพัลส์บวก จะทำงานที่แรงดันสูง ส่วนการทำงานของพัลส์ลบ จะทำงานที่แรงดันต่ำ การกำหนดคุณลักษณะที่สำคัญของรูปคลื่นดิจิทัล คือ Duty Cycle คำว่า Duty Cycle คือ เปอร์เซ็นต์การทำงานของรูปคลื่นดิจิทัลใน Period

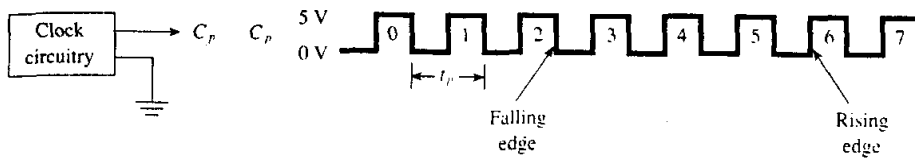


รูป 1.9 Digital wave form

1.9 Clock Waveform timing

สัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของสัญญาณดิจิทัล (trigger) จากรูปที่ 1.10 เป็นรูปแบบของสัญญาณในช่วงเวลาระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลาที่เรียกว่า Periodic หมายความว่าทำให้เกิดรูปคลื่นซ้ำๆกัน รูปคลื่นที่แสดงเป็นสัญญาณนาฬิกา 8 clock คือ 0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 ช่วงเวลาของรูปคลื่นจะกำหนดความยาวเป็นเวลาจากขอบขาลงของสัญญาณ (Falling edge) ของสัญญาณหนึ่งไปอีกสัญญาณต่อไป หรือจากขอบขาขึ้นของสัญญาณหนึ่ง (Rising edge) ไปยังสัญญาณต่อไป ที่ใช้ตัวย่อ T_p ความถี่ของรูปคลื่นจะกำหนดเป็นสมการดังต่อไปนี้

$$f = 1/T_p$$



รูปที่ 1.10 รูปคลื่นสัญญาณนาฬิกา

หน่วยของความถี่ที่เราเรียกว่า hertz (Hz) และหน่วยพื้นฐานของ Period คือ Seconds (s) ความถี่จะอ้างถึง cycles per second (CPS) หรือ Pulses per second (PPS)

ตัวอย่าง 1.4 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาคืออะไร ถ้าค่าของ Period คือ 2 microseconds

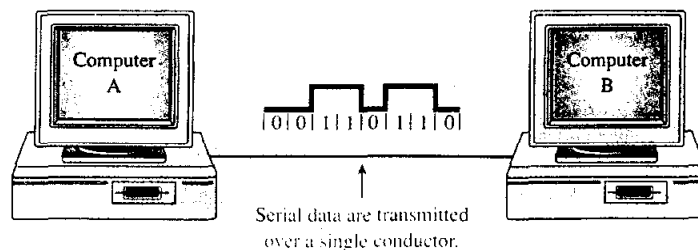
$$f = 1/T_p = 1/2 \text{Microseconds} = .5 \text{ MHz}$$

ตัวอย่าง 1.5 ถ้าความถี่ของรูปคลื่นคือ 4.17 MHz ค่าของ Period คืออะไร

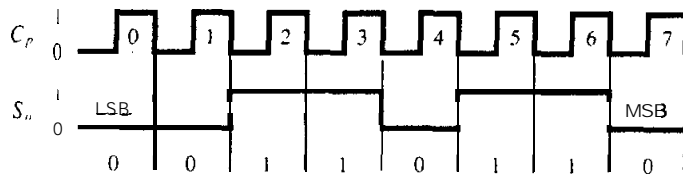
$$T_p = 1/f = 1/4.17 \text{ MHz} = 0.240 \text{ microsecond}$$

1.10 การแทนค่ารูปคลื่นแบบอนุกรม (Serial Representation)

ข้อมูลไบนารีสามารถส่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน รูปแบบของการส่งแบบอนุกรมจะใช้สัญญาณไฟฟ้าผ่านตัวนำ (Conductor) สำหรับให้ข้อมูลเดินทางในตัวนำ การส่งแบบนี้ราคาถูก เพราะใช้สายตัวนำเพียงเส้นเดียว แต่การทำงานช้า เทคนิคของการส่งแบบนี้จะใช้สื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านสายโทรศัพท์จากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง เป็นมาตรฐานของการสื่อสารที่เรียกว่า RS232



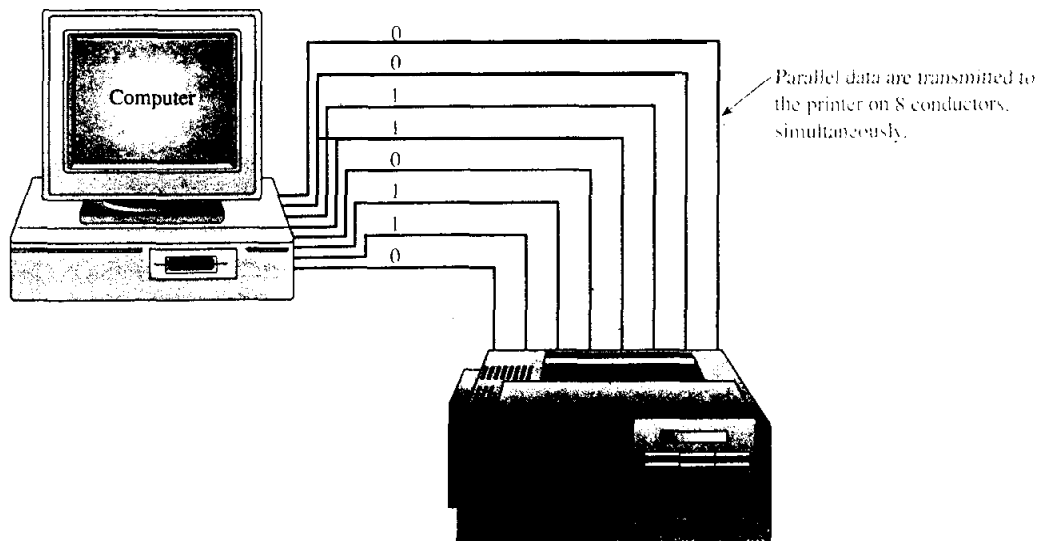
รูปที่ 1.11 การสื่อสารแบบอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์



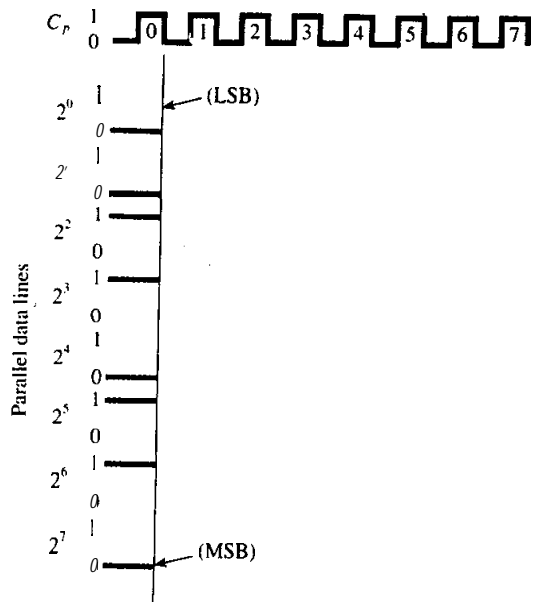
รูปที่ 1.12 การส่งแบบอนุกรมของค่าไบนารี

1.11 การแทนค่ารูปคลื่นแบบขนาน (Parallel Representation)

รูปแบบของการส่งข้อมูลแบบขนานจะแยกการส่งข้อมูลแต่ละบิตในสายตัวนำแต่ละเส้น เช่น ระบบดิจิทัลสำหรับการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตจะต้องใช้สายตัวนำจำนวน 8 เส้น ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง แต่การส่งข้อมูลทำได้เร็วกว่าแบบอนุกรมดังแสดงในรูป



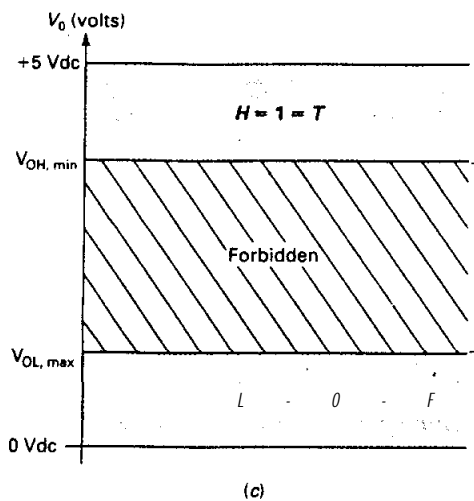
CT 455 รูปที่ 1.13 การสื่อสารข้อมูลแบบขนานระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์



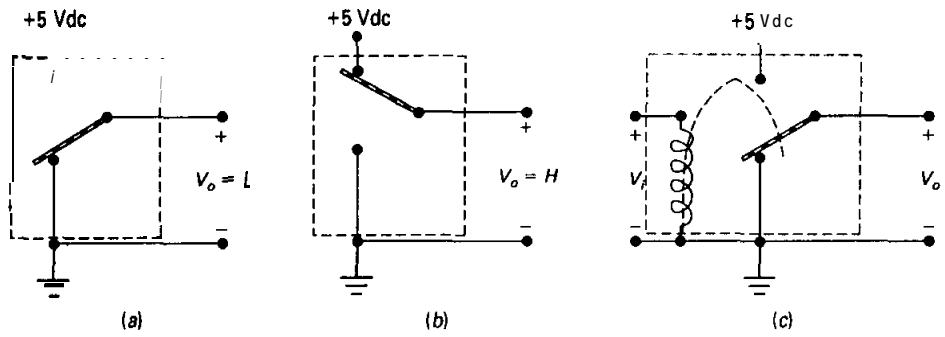
รูปที่ 1.14 การส่งแบบขนานของค่าไบนารี

1.12 ดิจิตอล ลอจิก (Digital Logic)

การจ่ายสัญญาณของลอจิกหรือแรงดันของลอจิกที่แสดงในรูปที่ 1.15 นั้น สามารถสร้างขึ้นได้โดยใช้สวิตที่แสดงในรูปที่ 1.16 ถ้าสวิตมีค่า Down และ $V_o = L = 0 = 0 V_{dc}$ เมื่อสวิตมีค่า UP $V_o = H = 1 = +5 V_{dc}$ การศึกษาเกี่ยวกับลอจิกมีหลักการการทำงานคล้ายกับสวิต



รูปที่ 1.15 ระดับแรงดันของลอจิก

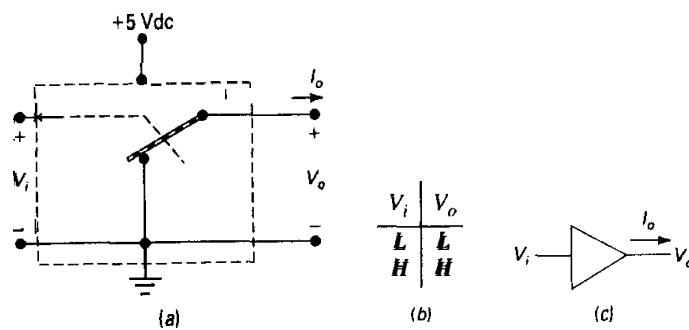


รูปที่ 1.16 a) สวิตช์ b) สวิตช์ c) low relay

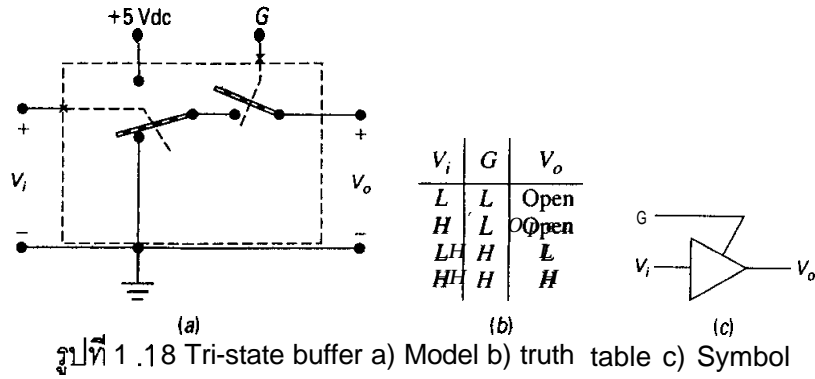
Relay คือ สวิตช์ที่ทำงานโดยการใช้แรงดัน V_i ไปยังคอยล์ (Coil) ที่แสดงในรูปที่ 1.16 c) กระแสในคอยล์ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก เคลื่อนที่ไปยังแขนของสวิตช์จาก contact หนึ่งไปยังอีก contact หนึ่ง หมายถึงเส้นประระหว่างคอยล์กับแขน การทำงานจะเป็น $V_o = L = 0 V_{dc}$ เมื่อ $V_i = 0 V_{dc}$ ถ้ามีการประยุกต์ใช้แรงดัน การทำงานจะเป็น $V_i = H = 0 + 5V_{dc}$

1.12.1 บัฟเฟอร์ (The Buffer)

จากวงจรการทำงานของบัฟเฟอร์ในรูปที่ 1.17 ถ้าต้องการให้มีการไหลกระแส I_o ในไอซีดิจิตอลเรียกว่า Buffer บัฟเฟอร์ก็คือ Electronic switch ที่แสดงในรูปที่ 1.17 a) สวิตช์จะต้องมีการป้อนแรงดันทางอินพุต V_i การทำงานเหมือนกับ Relay ในรูปที่ 1.17 c) เมื่อ V_i มีค่า Low สวิตช์จะ Down และ V_o มีค่า Low แต่เมื่อ V_i มีค่า High สวิตช์จะ Up และ V_o มีค่า High การทำงานของสวิตช์สรุปได้ในตารางรูปที่ 1.17 b)



รูปที่ 1.17 a) Buffer amplifier model b) truth table c) Symbol



รูปที่ 1.18 Tri-state buffer a) Model b) truth table c) Symbol

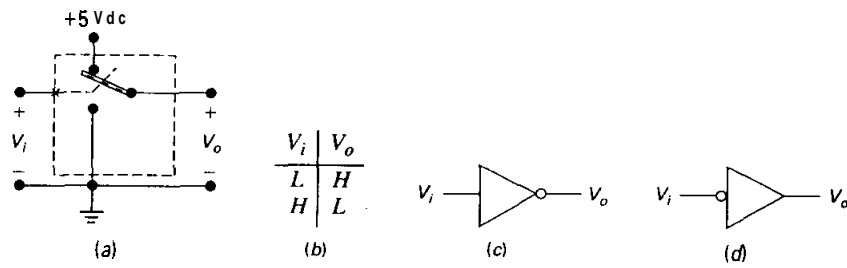
1.12.2 บัฟเฟอร์ 3 สภาวะ (The Tri-State Buffer)

อินพุตของระบบดิจิทัลอาจจะมีสัญญาณมากกว่า 1 อินพุต การเชื่อมต่อสัญญาณอินพุตอาจจะมีการเชื่อมต่อในเวลาหนึ่งหรืออาจจะไม่มีการเชื่อมต่อก็ได้ ฉะนั้นอินพุตของสัญญาณอาจจะต้องการเชื่อมต่อตัวรับมากกว่า 1 ตัวในเวลาหนึ่งก็ได้

วงจรลอจิกในรูปที่ 1.17 a) เป็นตัวอย่างของบัฟเฟอร์โดยการเพิ่มสวิตช์ในการควบคุมการเชื่อมต่อโดยใช้สลาเบล G เมื่อ G มีค่า Low สวิตช์จะเปิด (Open) อินพุตจะไม่มีการเชื่อมต่อ แต่เมื่อ G มีค่า High สวิตช์จะปิด (Closed) อินพุตจะเชื่อมต่อกับอินพุต นั่นคือ สัญญาณ G จะควบคุมการทำงานในการเชื่อมต่อระหว่างอินพุตกับอินพุต ตาราง Truth table รูปที่ 1.17 b) สรุปการทำงานของวงจร ส่วนสัญลักษณ์อยู่ในรูปที่ 1.17 c)

1.12.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

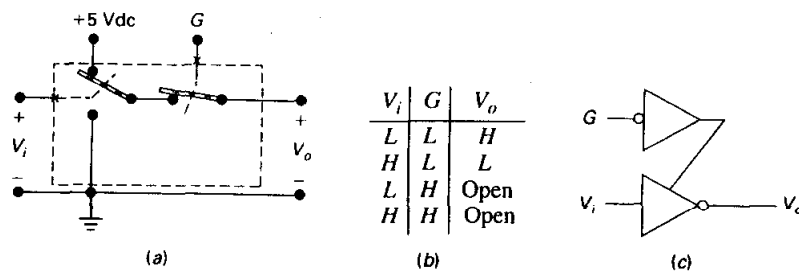
เป็นพื้นฐานการทำงานที่สำคัญที่สุดของระบบดิจิทัล ก็คือการกลับค่าเป็นตรงข้าม (Inversion or Negation) วงจรนี้จะเป็นการเปลี่ยนค่าระดับแรงดันเป็นตรงข้าม วงจรลอจิกชนิดนี้เรียกว่า Inverter หรือบางครั้งเรียกว่า NOT circuit ดังแสดงในรูปที่ 1.18 เมื่ออินพุตมีค่า Low อินพุตจะมีค่า High แต่ถ้าอินพุตมีค่า High อินพุตจะมีค่า Low ตารางการทำงานในรูปที่ 1.18 b) สัญลักษณ์ในรูปที่ 1.18 c) d)



รูปที่ 1.18 Digital Inverter a) Model b) truth table c) Symbol d) another symbol

1.12.4 The Tri-state Inverter

Tri state Inverter มีโครงสร้างที่ง่าย ๆ แสดงในรูปที่ 1.19 a) ตารางการทำงานในรูปที่ 1.19 b) การทำงานจะควบคุมโดยลาเบล G เมื่อ G มีค่า Low ตัวอินเวอร์เตอร์จะต่อกับเข้าพุต เมื่อ G มีค่า High สวิตจะเปิด (Open) เข้าพุตจะไม่ต่อกับอินเวอร์เตอร์ มาตรฐานของสัญลักษณ์ลอจิกแสดงในรูปที่ 1.19 c)

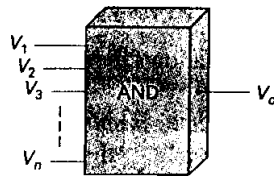


รูปที่ 1.19 a) Inverting Tri state buffer b) Model c) Truth table

1.12.5 The AND Gate

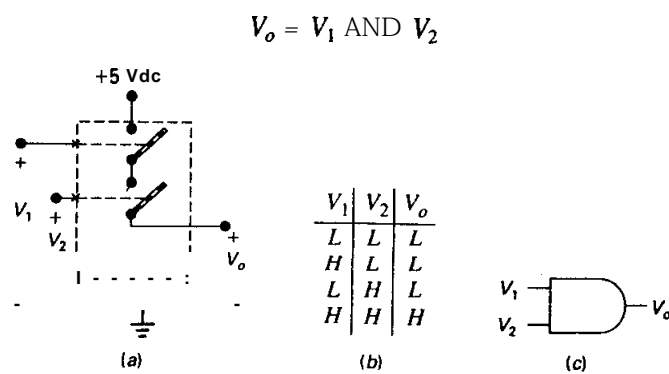
AND Gate เป็นวงจรถิศจิตตอลที่มีอินพุต 2 อินพุตหรือมากกว่าที่เป็นตัวกำหนดสัญญาณเข้าพุต แสดงในรูปที่ 1.20 อินพุตของเกตคือ V_1, V_2, \dots, V_n การทำงานของ AND Gate จะมีกฎดังต่อไปนี้

1. ถ้าอินพุตทุกค่ามีค่า Low เข้าพุตก็จะมีค่า Low
2. V_o หรือเข้าพุตมีค่าเป็น High อินพุตทุกค่าจะต้องมีค่า High
3. $V_o = H$ ค่าของ V_1, V_2, \dots, V_n จะต้องมีความ = H



รูปที่ 1.20 AND Gate

โมเดลการทำงานสำหรับ AND Gate 2 อินพุต แสดงในรูปที่ 1.21 a) ตารางการทำงานในรูปที่ 1.21 b) สัญลักษณ์ ในรูปที่ 1.21 c)

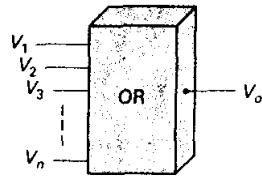


รูปที่ 1.21 a) Two Input AND Gate b) truth table c) Symbol

1.12.6 The OR Gate

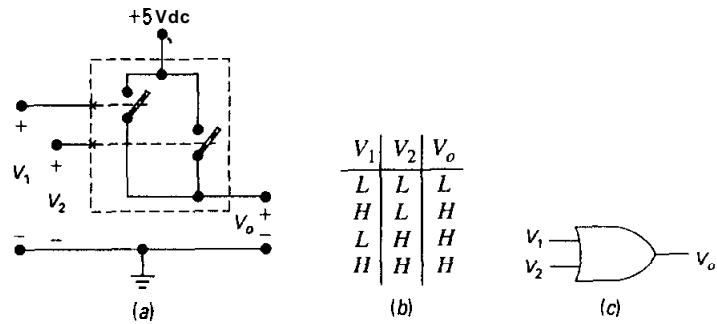
OR Gate เป็นวงจรถติศาสตร์ที่มีอินพุต 2 อินพุตหรือมากกว่าที่เป็นตัวกำหนดสัญญาณเข้าพุต แสดงในรูปที่ 1.22 อินพุตของเกตคือ V_1, V_2, \dots, V_n การทำงานของ OR Gate จะมีกฎดังต่อไปนี้

3. ถ้าอินพุตทุกค่ามีค่า Low เข้าพุตก็จะมีค่า Low
4. V_o หรือเข้าพุตมีค่าเป็น High เมื่ออินพุตทุกค่าจะต้องมีค่า High 1 ค่า
3. $V_o = H$ ค่าของ V_1, V_2, \dots, V_n จะต้อง มีค่า = H อย่างน้อย 1 ค่า



รูปที่ 1.22 OR Gate

โมเดลการทำงานสำหรับ OR Gate 2 อินพุต แสดงในรูปที่ 1.23 a) ตารางการทำงานในรูปที่ 1.23 b) สัญลักษณ์ ในรูปที่ 1.23 c)

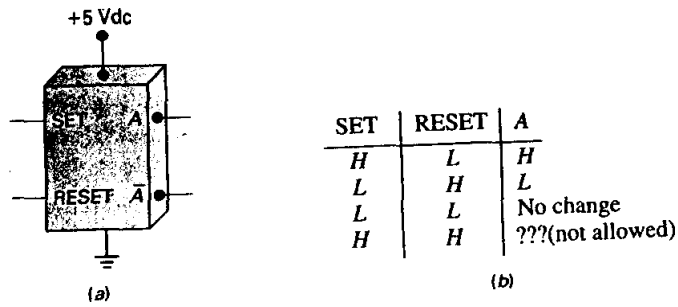


รูปที่ 1.21 a) Two Input OR Gate b) truth table c) Symbol

1.13 Moving and Storing Digital Information

1.13.1 Memory elements

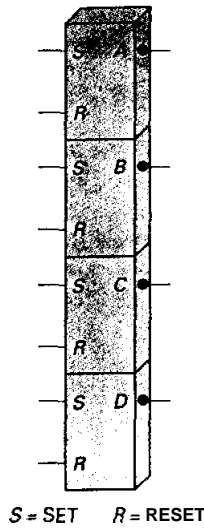
Digital memory elements คือวงจรลอจิกที่สามารถเก็บข้อมูลได้ ตัวอย่างที่ง่ายที่สุดคือวงจรสวิตช์ที่แสดงในรูปที่ 1.22a) และ 1.22b) วงจรสวิตช์ถ้าเข้าพุตมีค่า Low นั่นคือ เข้าพุต $V_o = 0$, $L = 0 = 0 V_{dc}$ สวิตช์สามารถเก็บค่า 0 จากตาราง สวิตช์มีค่า High มันก็จะจำค่า High $V_o = H$ ในกรณีนี้จะเก็บค่าลอจิก 1 ค่า $H = 1 = +5 V_{dc}$



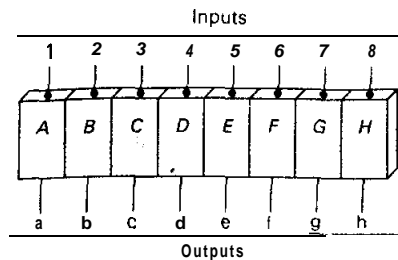
รูปที่ 1.22 a) Flip Flop b) Truth table

1.13.2 Registers

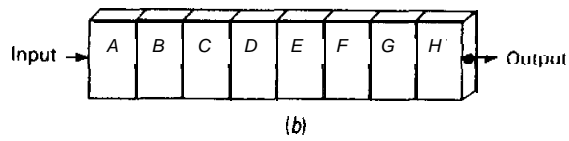
รีจิสเตอร์หมายถึง กลุ่มของฟลิปฟล็อปที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันในการจัดเก็บข้อมูล (สัญญาณทางไฟฟ้า) ในรูปที่ 1.23 เป็นฟลิปฟล็อปขนาด 4 บิตที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูล 4 ระดับของลอจิก เช่น ในการจัดเก็บข้อมูลเลขฐานสองที่มีค่าเท่ากับ 5 ถ้าเราใช้ฟลิปฟล็อป 4 ตัวคือ DCBA = 0101 = LHLH = 5



รูปที่ 1.23 4 bit Register



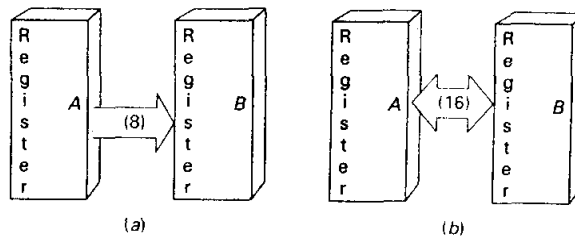
รูปที่ 1.24 Parallel Register



รูปที่ 1.25 Serial Register

1.13.3 Transferring Digital Data

รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล (Binary Number) ที่อยู่ในไมโครโปรเซสเซอร์ของคอมพิวเตอร์ จะมีการเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์หนึ่ง (Source) ไปยังรีจิสเตอร์ตัวอื่นๆ (Destination) โดยตรงผ่านสายเคเบิลที่เชื่อมต่อกันในระบบ สามารถส่งผ่านข้อมูลแบบขนานหรือแบบอนุกรมดัง แสดงในรูปที่ 1.26



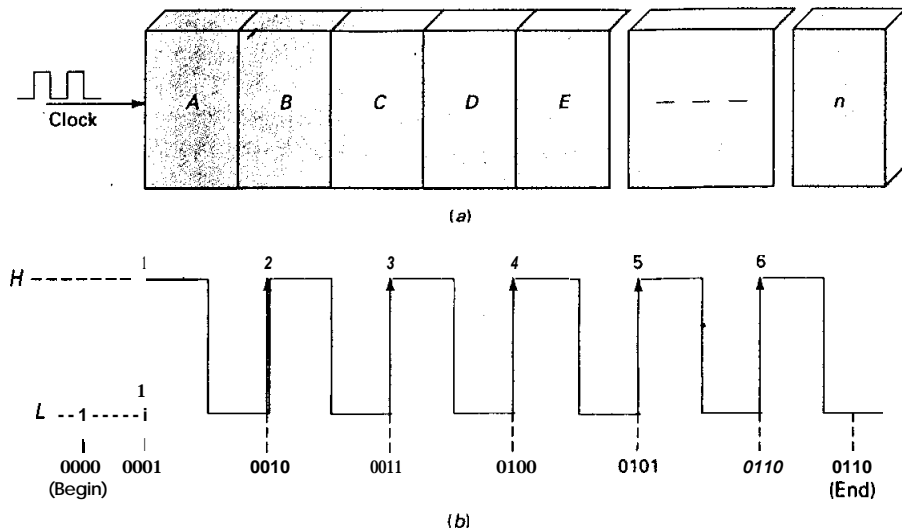
รูปที่ 1.26 การส่งผ่านข้อมูลโดยผ่านบัส

1.14 Digital Operations

1.14.1 วงจรนับ (Counters)

วงจรถูกนำมาใช้ในการนับของระบบดิจิทัลที่เรียกว่า Counter วงจรนับในรูปที่ 1.27 แสดงโครงสร้างโดยการใช้ฟลิปฟลอป n บิต และเพิ่มวงจรรีเลย์ทริกเกอร์ แต่มีลักษณะเหมือนกับรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูล อินพุตของวงจรถูกนับจะเป็นสัญญาณนาฬิกา (Clock) แต่เวลาของสัญญาณนาฬิกาที่เปลี่ยนแปลงจาก Low to High วงจรนับก็จะเพิ่มขึ้นหนึ่ง จากข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในฟลิปฟลอป

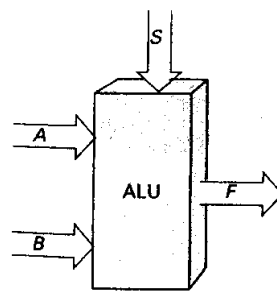
$$\text{Maximum count} = 2^n - 1$$



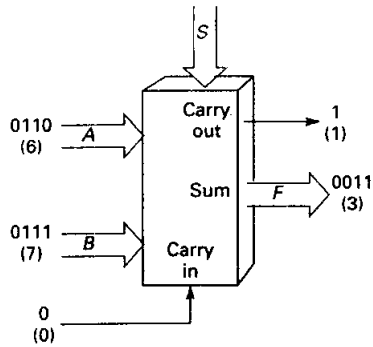
รูปที่ 1.27 โครงสร้างของวงจรนับ n Flip Flop

1.14.2 Arithmetic Logic Unit

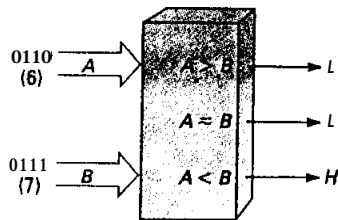
หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) คือวงจรดิจิทัลที่สามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิกได้ พื้นฐานในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของ ALU คือ การบวก การลบ การคูณ การหาร ของตัวเลขดิจิทัล ส่วนการคำนวณทางลอจิก จะรวมถึง การเปลี่ยนค่าตรงกันข้าม (NOT) AND และ OR



รูปที่ 1.28 หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก



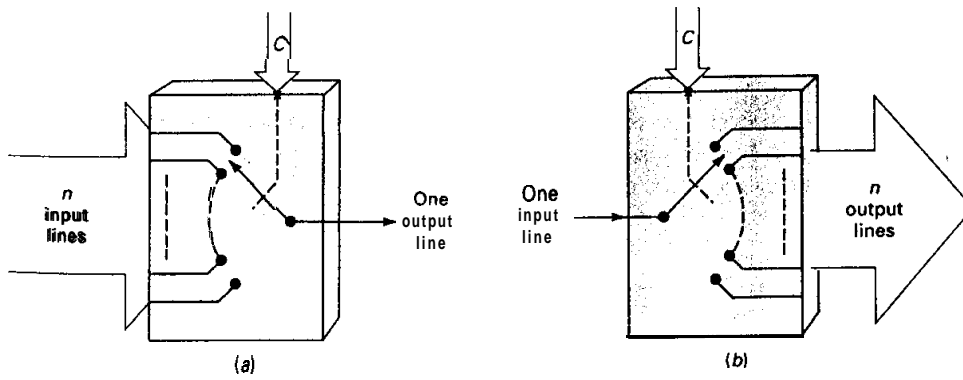
รูปที่ 1.29 การบวกเลขไข ALU



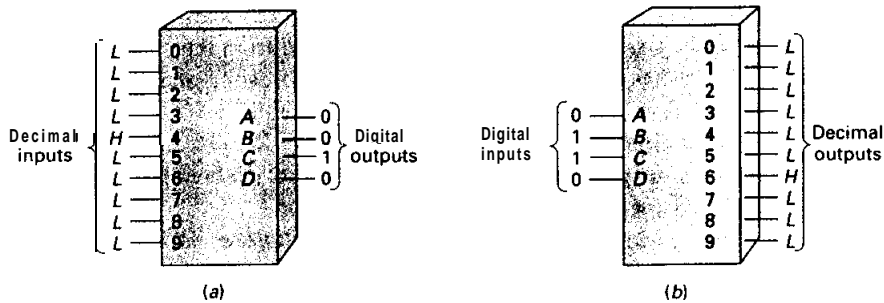
รูปที่ 1.30 วงจรเปรียบเทียบ

1.14.3 INPUT/OUTPUT

การใช้งานของระบบดิจิทัลจะต้องมีการป้อนข้อมูลเข้าไปในระบบและส่งข้อมูลออกจากระบบ ในกรณีของระบบดิจิทัลคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ป้อนเข้าไปสมมุติคือคีย์บอร์ด หรือการป้อนจากฟลอปปีดิสก์ และข้อมูลเหล่านั้นสามารถตรวจสอบได้จากจอภาพที่มองเห็นได้ (CRT) หรือการอ่านผลลัพธ์จากเครื่องพิมพ์ ฉะนั้นระบบดิจิทัลจะต้องมีการเชื่อมโยงกับอุปกรณ์เหล่านี้ในแต่ละเวลาที่ต้องการ วงจรดิจิทัลที่ใช้ในการทำงานคือ Multiplexer , Decoder และอื่นๆอีก



รูปที่ 1.31 วงจร Multiplexer และ Demultiplexer

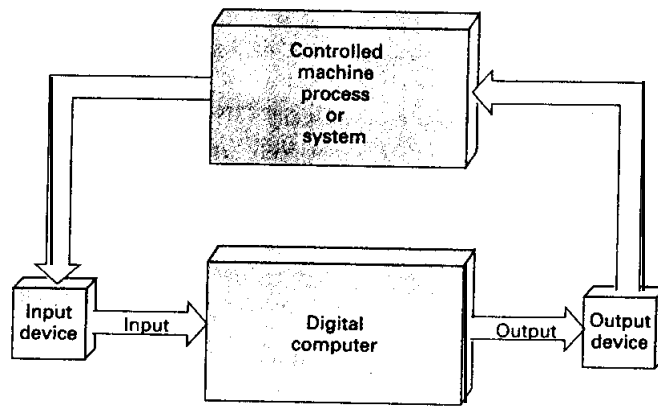


รูปที่ 1.32 วงจร Decoder และ Encoder

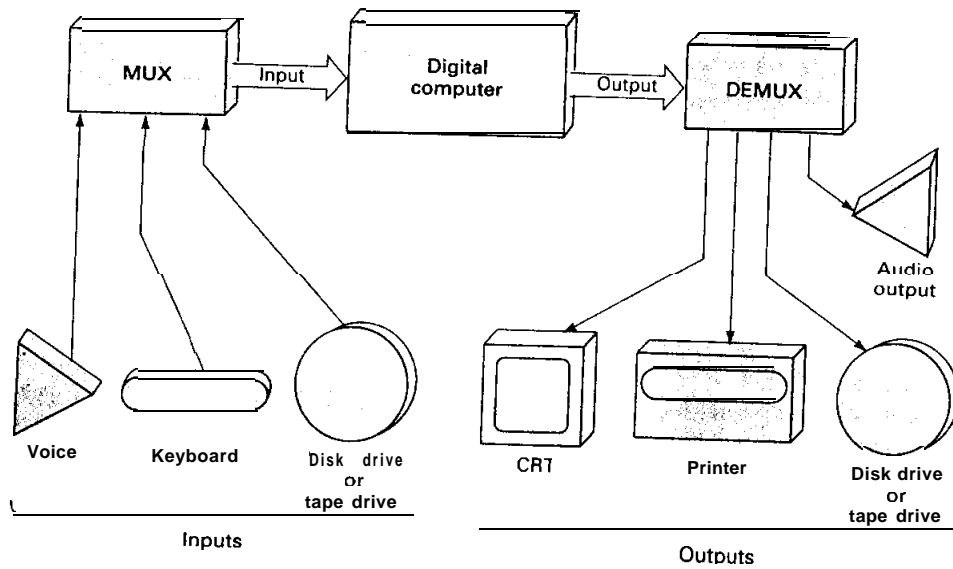
1.15 Digital Computers

1.15.1 Basic Configurations

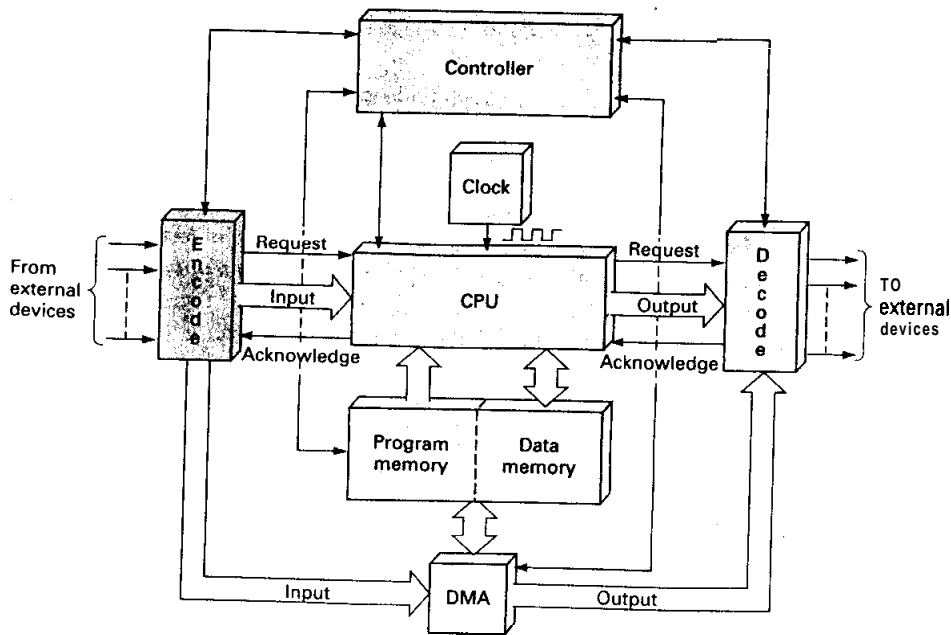
การออกแบบคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักร กรรมวิธี หรือระบบที่แสดงในรูปที่ 1.32 สัญญาณควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ทางด้านอินพุตและส่งสัญญาณออกจากเอาต์พุตคอมพิวเตอร์ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักร การควบคุมจะต้องส่งสัญญาณปัจจุบันย้อนกลับมายังคอมพิวเตอร์ทางด้านอินพุต คอมพิวเตอร์ก็จะทำการวิเคราะห์เงื่อนไขปัจจุบัน และส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของระบบทางด้านเอาต์พุต



รูปที่ 1.33 ระบบควบคุมดิจิทัล



รูปที่ 1.34 โครงรูประบบคอมพิวเตอร์



รูปที่ 1.35 ระบบไมโครโปรเซสเซอร์

สรุป

ในวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์นั้น สัญญาณทางไฟฟ้าที่ใช้ทุกวันนี้ มี 2 ประเภท คือ

สัญญาณดิจิทัล เป็นลักษณะของสัญญาณแบบต่อเนื่อง

สัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณแบบตรีศกรีต มีลักษณะเป็นช่วงๆ

สัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณพื้นฐานในการศึกษาดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ หรือ วงจรดิจิทัลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยใช้ระดับแรงดันที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา แสดงการทำงานของวงจรดิจิทัล

การส่งสัญญาณทางไฟฟ้ามีเทคนิคการส่ง 2 แบบคือแบบอนุกรมและแบบขนาน
ดิจิทัลลอจิกพื้นฐาน Tri state , AND , OR , Buffer , Register , ALU , Input-Output , Computer

แบบฝึกหัด

1. จงอธิบายความแตกต่างของคุณลักษณะที่สำคัญของสัญญาณดิจิทัลกับสัญญาณแอนาล็อก
2. ระบบดิจิทัลมีการจัดการระบบแรงดันสำหรับการกำหนดหน้าที่การทำงานอย่างไร
3. จงเขียนตารางแสดงคุณสมบัติของ 3 อินพุต OR Gate และ 3 อินพุต AND Gate
4. จงอธิบายการทำงานของ Digital Logic มาตามที่ท่านเข้าใจ
5. จงเขียนรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของสัญญาณดิจิทัลที่ป้อนให้กับอินพุตของ AND gate โดยขาหนึ่งของ AND gate มีค่า 1 ตลอดเวลา สัญญาณอินพุตมีค่าดังนี้ 11001110
6. จงอธิบายถึงความแตกต่างของสัญญาณดิจิทัลกับสัญญาณแอนาล็อก
7. จงอธิบายการทำงานของวงจรสวิตช์ที่ชี้แทนการทำงานของลอจิก XOR
8. หลักการของการออกแบบวงจรมติดิจิทัลที่นำไปใช้ในส่วนของดิจิทัลคอมพิวเตอร์มีอะไรบ้าง
9. ท่านมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบดิจิทัลกับระบบคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร