เอกสารประกอบการสอน

วิชา ระบบดิจิตอลเบื้องต้น (Introduction to Digital System)
รหัสวิชา 4121703
บทที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าและดิจิตอลอิเล็กทรอนิคส์
(Knowledge of electrical and electronic and digital)
หลักสูตรระดับปริญญาตรี
พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2554)

โดย

จุฑาวุฒิ จันทรมาลี

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิคส์
(Knowledge of electrical and electronic digital)

ไฟฟ้า คือ ความร้อน และแสงสว่าง คือพลังงาน (energy) ในรูปแบบต่างๆกัน สิ่งมีชีวิตทั้งหลายต้องการพลังงานทั้งสิ้น พลังงาน สามารถกักเก็บ และปลดปล่อยออกมา เพื่อใช้ประโยชน์ต่างๆกัน ในโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิง(fuel) จะถูกเผาไหม้ เพื่อปล่อยพลังงานออกมา และนำไปผลิต เป็นกระแสไฟฟ้า พลังงานสามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้เมื่อเราเปิดสวิตซ์ไฟกระแสไฟฟ้าจะวิ่งมาที่หลอดทำให้เกิดแสงสว่าง นั่นคือพลังงานสามารถแปรสภาพไปเป็นความร้อน และแสงสว่างได้ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1.1 ไฟฟ้าสถิตย์ (Static Electricity) เป็นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการขัดสี เช่นไฟฟ้าในบรรยากาศ ซึ่งเกิดจากการขัดสีของกลุ่มเมฆกับบรรยากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้า ให้แก่กันและอาจทำให้กลุ่มเมฆ แต่ละกลุ่มมีประจุแตกต่างกัน ประจุที่แตกต่างกันเมื่อเข้ามาใกล้กันก็จะวิ่งเข้าหากัน ทำให้เกิดฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และฟ้าผ่า

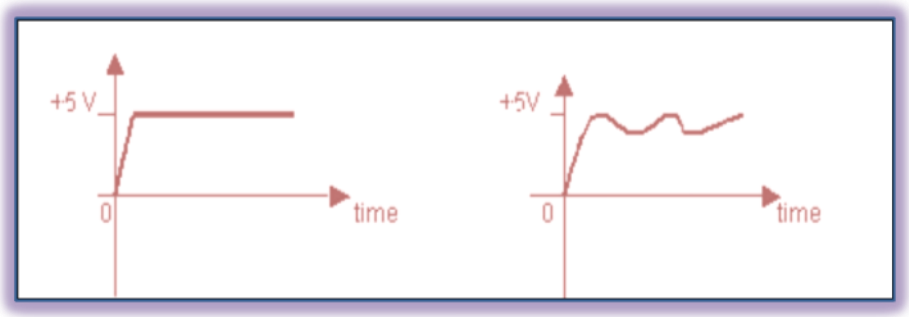
เราสามารถสร้างไฟฟ้าสถิตย์ได้ง่าย ๆ ด้วยการนำวัถตุมาขัดสีกัน เช่น ไม้บรรทัดพลาสติกกับเส้นผม แท่งอำพันกับผ้าขนสัตว์ และสามารถจะพิสูจน์การเกิดประจุได้ด้วยการนำเอาไม้บรรทัดหรือแท่งอำพัน ไปแตะกับเศษกระดาษเบา ๆ ถ้าเศษกระดาษติดขึ้นมาแสดงว่า เกิดมีประจุที่แตกต่างกันระหว่างไม้บรรทัดและเศษกระดาษ

1.2 ไฟฟ้ากระแส (Dynamic Electricity) เป็นไฟฟ้าที่สามารถส่งให้ไหลไปในตัวนำได้ ได้แก่ ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายของการไฟฟ้า แบตเตอรี่ เซลล์ไฟฟ้า เป็นต้น ไฟฟ้ากระแสแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.2.1 ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) ไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้า DC เป็นไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลทางเดียวตลอดและมีขนาดหรือปริมาณค่อนข้างคงที่ มีขั้วบาก ลบ แน่นอน แสดงได้ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

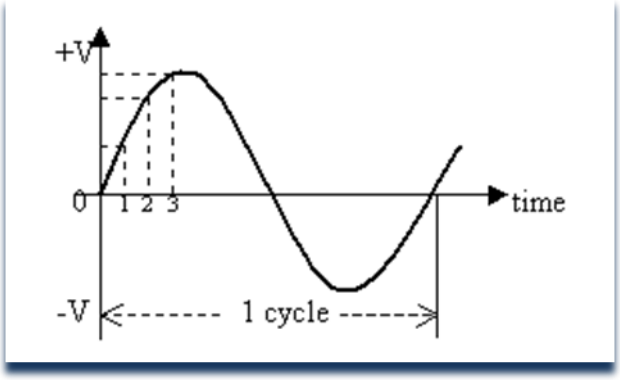
ก. ไฟฟ้ากระแสตรงแบบราบเรียบ (Pure DC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ขนาดคงที่สม่ำเสมอ ได้จากแบตเตอรี่ เซลล์ไฟฟ้า เป็นต้น

ข. ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระเพื่อม (Steady DC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการกระเพื่อมของแรงดันซึ่งได้จาก DC-Generator เป็นต้น



รูปที่ 1.1 แสดงกราฟของไฟฟ้ากระแสตรงแบบเรียบและแบบกระเพื่อม

1.2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) ไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้า AC เป็นไฟฟ้าที่มีขนาดและทิศทางการไหลเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แสดงได้ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงกราฟรูปคลื่นของไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปจะเห็นว่าแต่ละเวลา (time ที่ 0,1,2,3,.....) ที่ผ่านไปขนาดของแรงดัน จะเปลี่ยนไปตลอดเวลา คือจะเปลี่ยนจาก 0 Volt ที่ time 0 แรงดันจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนสูงสุดทางบวก ที่ time 3 แล้วก็จะลดลงมาที่ 0 Volt อีก ขณะเดียวกันก็จะกลับขั้วการไหล (กระแสจะไหลย้อนกลับ) และมีแรงดันเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน (ทางขั้วลบ) สลับหมุนเวียนอยู่เช่นนี้เรื่อย ๆ

การเปลี่ยนแปลงของแรงดันในทางบวกหนึ่งครั้งและทางลบหนึ่งครั้ง รวมเรียกว่า 1 Cycle การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้จะเกิดขึ้นหลาย ๆ ครั้ง (Cycle) ใน 1 วินาที สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับที่เราใช้กันอยู่ตามอาคารบ้านเรือน จะเปลี่ยนแปลง 50 Cycle ต่อวินาที เราเรียนจำนวนการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า ความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับ (Frequency) 50 cycle/sec หรือ 50 Herze (Hz)

1.3 ปริมาณและหน่วยวัดทางไฟฟ้า

1.3.1 ระบบของหน่วยวัด (System Unit)

หน่วยวัดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ หน่วยวัดระบบ SI (SI System) ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบ MKS (Meter-Kilogram-Second) โดยนำมาปรับปรุงให้เหมาะสม เพราะระบบนี้สามารถที่จะแตกหน่วยออกเป็นหน่วยย่อยได้ง่ายและสะดวกในการคำนวณซึ่งระบบใหม่ที่ตั้งขึ้นมานี้เรียกว่า ระบบหน่วยย่อยสากล (The International System of Units) ดังแสดงได้จากตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงคำนำหน้าของหน่วยในระบบ SI

ตารางแสดงคำนำหน้าของหน่วยในระบบ SI (Muller-Schwarz:1981:303)			
ปริมาณ		คำนำหน้า	สัญญลักษณ์
ค่าตัวเลข	ค่าเลขยกกำลัง		
1,000,000,000,000	10^{12}	tera	T
1,000,000,000	10^{9}	giga	G
1,000,000	10^{6}	mega	M
1,000	10^{3}	kilo	k
0.001	10^{-3}	milli	m
0.000,001	10^{-6}	micro	μ
0.000,000,001	10^{-9}	nano	n
0.000,000,000,001	10^{-12}	pico	p
0. 000,000,000,000,001	10^{-15}	femto	f
0. 000,000,000,000,000,001	10^{-18}	atto	a

1.3.2 กระแสไฟฟ้า คือ จำนวนของประจุที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดบนจุดใดจุดหนึ่งของตัวนำ ในเวลา 1 นาที (Muller-Schwarz:1981:141) หรือ คืออัตราการไหลของประจุ โดยวัดปริมาณของประจุผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ณ จุดใดจุดหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยเวลา (วินาที) (Mottershead:1982:32) ดังนั้นจึงสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

$$I = Q/t \text{ ampere (A)}$$

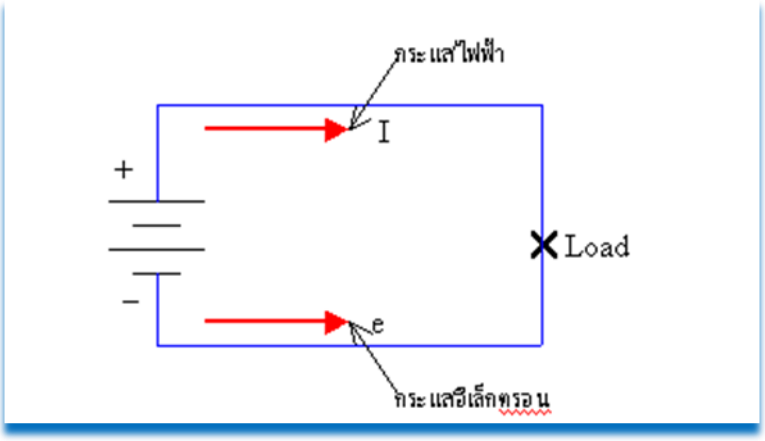
กำหนดให้ I คือกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์
Q คือจำนวนประจุมีหน่วยเป็น คูลอมป์ (C)
t คือเวลาเป็นวินาที ที่ประจุไหลผ่าน

ดังนั้นกระไฟฟ้า 1 แอมแปร์ มีค่าเท่ากับ อัตราการไหลของประจุอิเล็กตรอน 6.242×10^{18} ตัวต่อวินาที (Muller-Schwarz:1981:15)

ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

ได้กล่าวมาแล้วว่า กระแสไฟฟ้าคืออัตราการไหลของประจุไฟฟ้า แต่ถ้าเป็นการไหลของอิเล็กตรอนในตัวนำ ซึ่งอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเป็น ลบ (-) ดังนั้นการไหลของกระแสไฟฟ้าจึงไหลจากขั้วลบของแหล่งจ่ายไปยังขั้วบวก ของแหล่งจ่าย ซึ่งทิศทางการไหลนี้เป็นทิศทางการไหลของ

กระแสอิเล็กตรอน (electron flow) แสดงได้ดังรูปที่ 1.3

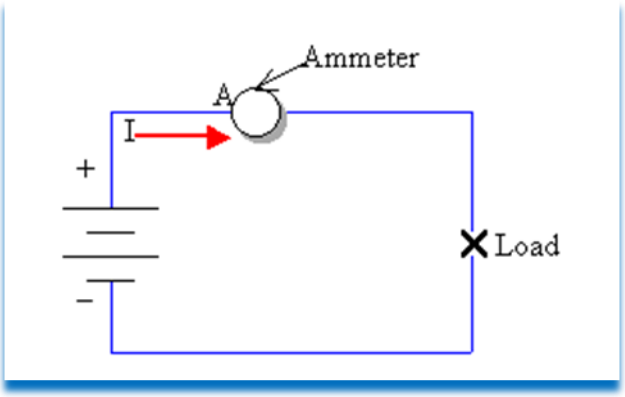


รูปที่ 1.3 แสดงทิศทางไหลของแกแสไฟฟ้าและกระแสอิเล็กตรอน

โดยทั่วไปในการอธิบายกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทางเทคโนโลยี ไฟฟ้า-อีเล็กทรอนิกส์ จะกำหนดให้ทิศทางการไหล ของกระแสไฟฟ้า ตรงข้ามกับการไหลของกระแสอีเล็กตรอน กล่าวคือจะไหลจากขั้วบวกของแหล่งจ่าย ไปยังขั้วลบของแหล่งจ่าย ทิศทางการไหลนี้เรียกว่า **กระแสนิยม** (Conversional current) โดยทั่วไปจะเรียกว่า **กระแสไฟฟ้า** (ยืน:2520:80)

เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

หน่วยวัดกระแสไฟฟ้า คือ แอมแปร์ ดังนั้นเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าจึงเรียกว่า **แอมมิเตอร์** (Ammeter) เมื่อต้องการจะทราบว่าในวงจรปิดใด ๆ มีกระแสจำนวนเท่าใดไหลในวงจร ก็จะต้องต่อเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า หรือ แอมมิเตอร์ แทรกเข้าในวงจรโดยให้กระแสไฟฟ้าที่ต้องการจะวัดไหลผ่านตัวแอมมิเตอร์ หรือต่ออนุกรมกับวงจรนั่นเอง แสดงได้ดังรูปที่ 1.4



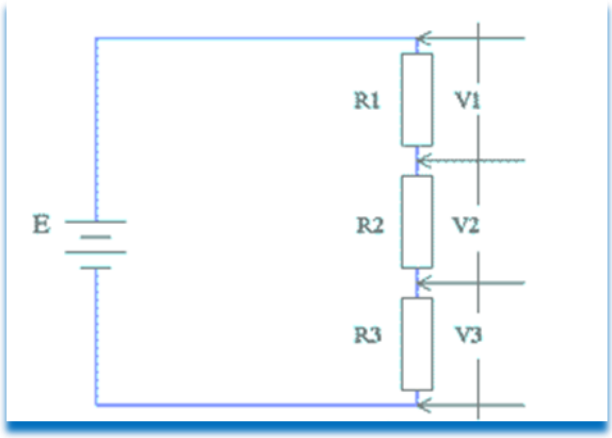
รูปที่ 1.4 แสดงการต่อแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า

1.3.3 แรงดันไฟฟ้า (Voltage) การที่จะทำให้กระแสเคลื่อนที่ไปในตัวนำได้นั้น จะต้องมีแรงดันจำนวนหนึ่งมาผลักให้ประจุหรือกระแสเคลื่อนที่ แรงดังกล่าวเรียกว่า Voltage (แรงดัน หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า) ซึ่งเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ (Muller-Schwarz: 1981:17)

1. Electromotive force (emf) เป็นแรงดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า แหล่งจ่ายพลังงานเหล่านี้สามารถ ได้รับมาหลายทางด้วยกัน ได้แก่

- โดยการขัดสี เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตย์
- โดยแรงกดดันบนผลึกของสารบางอย่าง เช่น หินควอร์ต
- โดยแสงสว่าง เช่น Photoelectric cell ,Solar cell
- โดยความร้อน เช่น Thermocouple
- โดยปฏิกริยาเคมี เช่น แบเตอรรี เซลล์ไฟฟ้า
- โดยอำนาจแม่เหล็ก เช่น Generator ,Dynamo

2. Voltage Drop หรือ Potential difference เป็นแรงดันที่ผู้ใช้ได้รับ ซึ่งเป็นแรงดันตกคร่อมบนโหลด (Load) หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ต่ออยู่ในวงจรนั่นเอง แสดงได้ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงแรงดันตกคร่อม (Voltage Drop) บนตัวต้านทาน R1, R2 และ R3

จากรูปข้างบน แสดงให้เห็นว่า E เป็นแรงดันที่แหล่งจ่าย ส่วน V1,V2 และ V3 เป็นแรงดันตกคร่อมที่ R1,R2 และ R3 ตามลำดับ หรือเป็นแรงดันที่ผู้ใช้ได้รับนั่นเอง

หน่วยของแรงดันวัดเป็น **โวลท์ (Volt)** ใช้สัญลักษณ์ V ตั้งชื่อตามผู้ค้นพบคือ Alessandro Volta นักฟิสิกส์ชาวอิตาลี 1745-1827 (Muller-Schwarz:1981:18) แรงดัน 1 โวลท์ เป็นแรงดันที่ทำให้เกิดงาน (Work) 1 จูล (Joule) ที่สามารถดันประจุ 1 คูลอมป์ (Coulomb) ให้เคลื่อนที่ไปได้ระหว่างจุดสองจุด และเขียนเป็น

สมการได้ดังนี้ (Mottershead:1982:29)

$$1\ V = 1\ Joule/Coulomb$$

$$\text{หรือ} \quad V = W/Q\ (Volt)$$

กำหนดให้ *W = งานที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็น จูล*

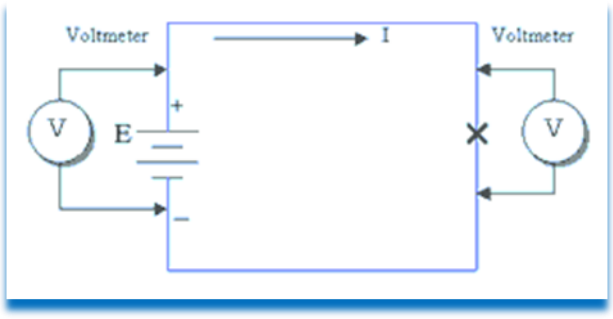
Q = จำนวนประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็น คูลอมป์

ตัวอย่างขนาดของแรงดันต่าง ๆ

ฟ้าผ่า	หลาย ๆ MV
ระบบจ่ายไฟแรงสูง	10 - 380 kV
ระบบไฟที่ใช้ในอาคาร	100 - 240 V
เซลล์ไฟฟ้าแบบตะกั่วกรด เซลล์ละ	2 V
ไฟฟ้าเกิดจากความร้อน	2- 3 mV
แรงดันของเครื่องรับส่งวิทยุ	2 - 3 μV

เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า

การวัดแรงดันทำได้โดยการใช้ โวลท์มิเตอร์ (Voltmeter) ซึ่งจะต้องนำโวลท์มิเตอร์มาต่อขนานกับวงจร ตรงจุดที่ต้องการจะวัดแรงดัน สัญญลักษณ์ของโวลท์มิเตอร์และวงจรการวัดแรงดัน แสดงได้ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 แสดงการต่อ Volmeter วัดแรงดัน

1.3.4 ค่าความต้านทานของวงจรไฟฟ้า

การไหลของกระแสไฟฟ้าในตัวนำหรือในวงจรไฟฟ้า จะไหลมากหรือน้อยนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดัน ยังขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติเฉพาะของตัวนำซึ่งได้แก่ ลักษระเฉพาะของธาตุตัวนำ ความยาว ขนาดของตัวนำ และอุณหภูมิขณะนั้นของตัวนำ การต่อต้านประจุของตัวนำ ทำให้เกิด**ค่าความต้านทาน (Resistance)** ขึ้นในตัวนำ ใช้สัญญลักษณ์ R

นอกจากนี้โหลด หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ที่ต่ออยู่ในวงจร ก็จะมีค่าความต้านทานภายในตัวเอง ทำให้เป็นตัวจำกัดการไหลของกระแสอีกทางหนึ่งหน่วยของค่าความต้านทานเป็นโอห์ม(Ohm) สัญลักษณ์ Ω (อ่านว่าโอเมก้า) โดยเอาชื่อ Goerge Simon Ohm นักวิทยาศาสตร์ ชาวเยอรมัน 1787 - 1854 มาตั้งเป็นชื่อหน่วยเพื่อให้เกียรติที่ได้คิดค้นเรื่องความสัมพันธ์ของ กระแส แรงดัน และค่าความต้านทาน ของวงจรไฟฟ้า ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

1.4 กฎของโอห์ม

กฎของโอห์มเป็นการหาความสัมพันธ์ของ กระแส แรงดัน และค่าความต้านทาน ของวงจรไฟฟ้า

กำหนดให้ *I = กระแสไฟฟ้า*
E =แรงดันที่ป้อนให้วงจร
R = ค่าความต้านทานของวงจร

กระแสที่ไหลในวงจรขึ้นอยู่กับสมการ ดังนี้

IμE คือ กระแส (I) แปรผันโดยตรงกับ แรงดัน (E)

Iμ 1/R คือ กระแส (I) แปรผกผันกับ ค่าความต้านทานของวงจร (R)

สมการทางคณิตศาสตร์

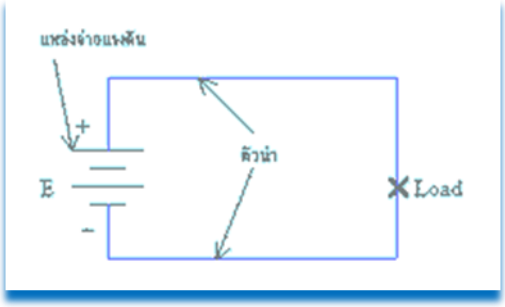
I = E/R

1.5 วงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

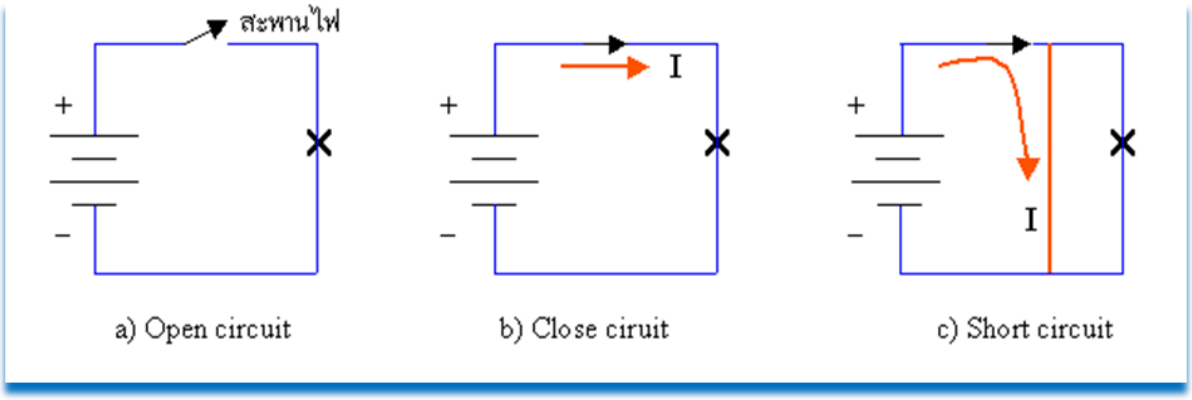
1. แหล่งกำเนิดแรงดัน
2. ตัวนำ
3. ภาระของวงจร (Load)

ซึ่งการต่อวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 ส่วน แสดงได้ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 แสดงส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า

ชนิดของวงจรไฟฟ้ามี 3 แบบ แสดงดังรูปที่ 1.8

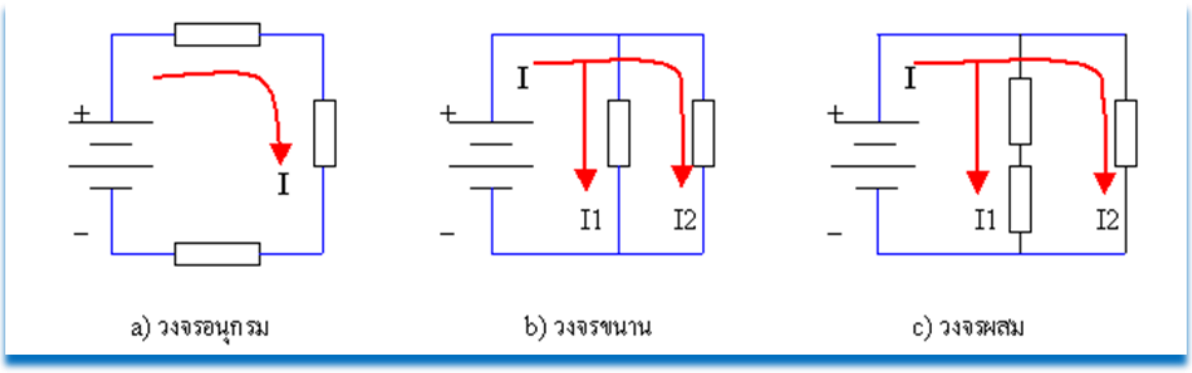


รูปที่ 1.8 แสดงชนิดของวงจรไฟฟ้า

การต่อวงจรไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การต่อวงจรแบบอนุกรม (Series Circuit) คือวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสในวงจร ไหลผ่านโหลดเพียงเส้นทางเดียว
2. การต่อวงจรแบบขนาน (Parallel Circuit) คือวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสในวงจร ไหลแยกเป็นหลายทางผ่านโหลดแต่ละตัว
3. การต่อวงจรแบบผสม (Compound Circuit) คือวงจรไฟฟ้าที่มีการต่อวงจรทั้งอนุกรมและขนานผสมกัน

ซึ่งการต่อวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 แบบ แสดงได้ดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้า

1.6 กำลังไฟฟ้า (Electric Power)

กำลังไฟฟ้าหรือกำลังงาน คืออัตราที่โหลดทำงานได้ในช่วงเวลาที่กำหนด เช่น หลอดไฟเมื่อต่ออยู่ในวงจรและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หลอดไฟนั้นจะให้แสงสว่าง เนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าส่งแรงผลักดันกระแสให้ไหลผ่าน

หลอดไฟ เพราะฉะนั้น แรงดันและกระแสไฟฟ้า จึงเป็นตัวสำคัญที่ทำให้ได้กำลังงาน (แสงสว่าง) ออกมา เราสามารถหากำลังไฟฟ้าได้จากสมการต่อไปนี้

$$P = IE$$

กำหนดให้ P คือกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น Watt
E คือแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้วงจรมีหน่วยเป็น Volt
I คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร Ampare

1.7 ระบบอนาลอกและระบบดิจิตอล

1.7.1 วิวัฒนาการของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เราอาจแบ่งยุคของวิวัฒนาการอิเล็กทรอนิกส์ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันออกเป็น 4 ยุค ดังนี้

ยุคที่ 1 ยุคหลอดสุญญากาศ (1920 - 1950) อิเล็กทรอนิกส์ในยุคนี้เริ่มมีบทบาททางด้านวิทยุโทรคมนาคมก่อน จากนั้นจึงขยายขอบเขตไปสู่การใช้งานด้านอื่น ๆ ตอนปลาย ๆ ยุคเริ่มมีการประยุกต์ใช้กับระบบคอมพิวเตอร์

ยุคที่ 2 ยุคทรานซิสเตอร์ (1950 - 1980) ระบบคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ประเภทพกพาได้ (Portable) เป็นแรงผลักดันให้อิเล็กทรอนิกส์ยุคทรานซิสเตอร์ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การปรับปรุงด้านคุณภาพพร้อม ๆ กับการลดขนาดของอุปกรณ์เป็นจุดเด่นของยุคนี้

ยุคที่ 3 ยุคไอซี (1970 - 1980) เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งซิลิคอน) ทำให้เกิดเทคโนโลยีแนวใหม่ซึ่งทำให้สามารถผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ราคาถูกแต่มีคุณภาพสูง

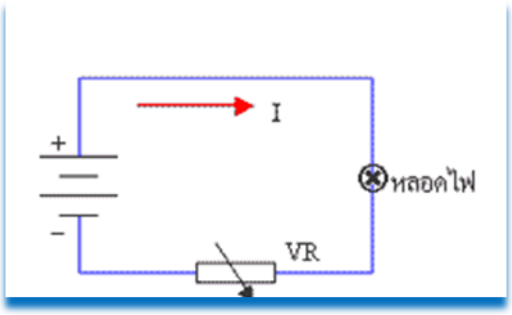
ยุคที่ 4 ยุควีแอลเอสไอ (ตั้งแต่ 1980 เป็นต้นมา) เป็นการผลักดันเทคโนโลยีไอซีต่อไปอีกขั้นหนึ่ง จุดเด่นคือการเพิ่มขีดความสามารถของอุปกรณ์

ปัจจุบันนี้เราอยู่ในยุคที่ 4 ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบววีแอลเอสไอ ซึ่งเรารู้จักดีได้แก่ ไมโครโพรเซสเซอร์ และส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบดิจิตอล แนวโน้มในขณะนี้คือ จะมีการใช้วีแอล-เอสไอมากขึ้นและการใช้ชิ้นส่วนเอกเทศ (Discrete Components) น้อยลง

1.7.2 สัญญาณอนาลอกกับสัญญาดิจิตอล การทำงานของวงจรอิเล็กนิกส์จะเกี่ยวข้องกับสัญญาณที่เป็นพื้นฐาน 2 ชนิดคือ สัญญาณอนาลอก กับสัญญาณดิจิตอล

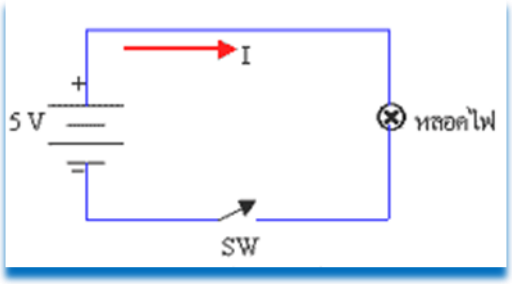
1. สัญญาณอนาลอก (analog signals) คำว่า อนาลอก (analog) มาจากคำว่า อนาโลกัส (analogus) หมายถึงปริมาณใด ๆ ที่แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจากค่าต่ำสุดจนถึงค่าอนันต์ แสดงได้ดังรูปที่ 1.10 (a) เป็นวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นที่ประกอบด้วย หลอดไฟฟ้า และตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ต่อเป็นแบบอันดับกับแหล่งจ่ายไฟตรง เมื่อมีการปรับค่าความต้านทานจะทำให้มีกระแสไหล ในวงจรเปลี่ยนไป ทำให้ความเข้มของแสงที่หลอดไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย เมื่อเขียนแทนความเข้มของแสงด้วยสัญญาณแสดงได้ดังรูปที่ 1.10 (b) โดยให้แกนในแนวนอนแทนเวลา ส่วนแกนในแนวตั้งแทนความเข้มของแสงที่เกิดจากความสว่างของหลอดไฟฟ้า สัญญาณอนาลอก นำไปใช้แทนปริมาณต่าง ๆ เช่น เสียง ความเร็ว ความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ

ระยะทาง แรงดัน และความเข้มของแสง เป็นต้น สัญญาณอนาลอกที่ได้จากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ใช้ตรวจสอบการทำงาน หรือใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้แทนปริมาณของแรงดันไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้า ในวงจรต่าง ๆ



รูปที่ 1.10 (a) แสดงการต่อ VR ปรับค่ากระแสไฟฟ้าให้ไหลมากหรือน้อย

2. สัญญาณดิจิตอล (digital signals) เป็นสัญญาณที่ใช้แทนระดับของแรงดันไฟฟ้า 2 ระดับ เช่น 0 โวลต์ กับ +5 โวลต์ โดยกำหนดให้ระดับแรงดัน +5 โวลต์ เป็นสถานะ 1 หรือลอจิก 1 และ 0 โวลต์ เป็นสถานะ 0 หรือลอจิก 0



รูปที่ 1.10 (b) แสดงการต่อควบคุมการไหลของกระไฟฟ้า

ตัวอย่างการแทนความสว่างของหลอดไฟฟ้าด้วยสัญญาณดิจิตอลแสดงได้ดังรูปที่ 1.10 (b) เป็นวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น เมื่อกดสวิตซ์ต่อวงจร จะทำให้เข็มของแอมมิเตอร์ค่อย ๆ เคลื่อนที่ไปทางขวา หลอดไฟจะสว่างขึ้น แทนด้วยสถานะ 1 เมื่อปิดสวิตซ์ หลอดไฟดับ แทนด้วยสถานะ 0 สัญญาณอนาลอกใช้แทนปริมาณที่เป็นสัดส่วนอย่างต่อเนื่อง ส่วนสัญญาณดิจิตอลใช้แทนสัญญาณที่มีเพียง 2 อย่าง หรือ 2 สถานะ เช่น จริง เท็จ, ใช่ ไม่ใช่, เปิด ปิด, 1 กับ 0 การนำสถานะทางดิจิตอลไปใช้แทนข้อมูลข่าวสารจะไม่ใช้แสดงเพียงตัวเดียว เพราะแทนข่าวสารได้จำกัด จึงจัดเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อให้แทนข่าวสารได้มากขึ้น

สัญญาณดิจิตอลที่นำไปใช้งานมี 2 ระบบคือ ระบบลอจิกบวก (positive logic system) และระบบลอจิกลบ (negative logic system) ระบบลอจิกบวก คือระบบลอจิกที่สัญญาณลอจิก 1 หรือ สูง (high : H) มีศักย์ของแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกสูงกว่าสัญญาณลอจิก 0 หรือต่ำ (Low : L) แสดงได้จากตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างการแสดงสถานะของลอจิก

ตัวอย่างการแสดงสถานะของลอจิก		
ลอจิก "1"	ลอจิก "0"	ระบบลอจิก
+5	0	บวก
-5	0	ลบ
0	+5	ลบ
0	-5	บวก
-5	-12	บวก
+12	+5	บวก

1.7.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบอนาลอกและดิจิตอล การพัฒนาเทคโนโลยีของไอซี ทำให้มีการพัฒนาทางด้านดิจิตอล และนำมาใช้ในเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ มากขึ้น อุปกรณ์ดิจิตอล มีข้อดีหลายประการดังต่อไปนี้

1. การแสดงผลทำให้เข้าใจได้ง่าย ตัวอย่างเช่น การแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าเป็นตัวเลขจากเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 1.3

2. การควบคุมทำได้ง่าย แสดงดังรูปที่ 1.4 เป็นระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาเผาที่มีระบบดิจิตอลเข้ามาเกี่ยวข้อง การทำงานของระบบ มีตัวตรวจอุณหภูมิที่เปลี่ยนอุณหภูมิเป็นระดับแรงดันที่เป็นสัญญาณอนาลอก สัญญาณจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล ด้วยวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล แล้วป้อนเข้าสู่ส่วนประมวลผล (Central Processing Unit : CPU) ซี พี ยู จะทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ถ้ามีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด จะส่งสัญญาณออกที่เอาท์พุต เพื่อควบคุมการปิดเปิดเชื้อเพลิงในเตาเผา การเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลให้กลับมาเป็นสัญญาณอนาลอกใช้วงจร D/A คอนเวอร์เตอร์ (Digital to Analog Converter) สัญญาณอนาลอกจะไปควบคุมการปิดเปิด การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในเตาเผา เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ตั้งไว้ การเปลี่ยนอุณหภูมิสามารถปรับได้ โดยการเปลี่ยนค่าที่เก็บไว้ในซีพียู

3. ความเที่ยงตรง วงจรอนาลอก ทำให้มีความเที่ยงตรงสูงได้ยาก เพราะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่มีค่าผิดพลาด และมีความไวต่อสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น จึงทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ มีคุณสมบัติเปลี่ยนไป เหมือนกับว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรอนาลอก เป็นเพราะแรงดันไฟฟ้า ส่วนอุปกรณ์ในวงจรดิจิตอลก็มีปัญหาเช่นเดียวกัน แต่วงจรสามารถควบคุมการทำงานได้ ถึงแม้ว่าสัญญาณจะ

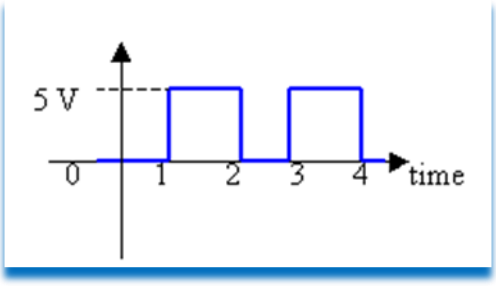
ผิดเพี้ยนไปบ้าง ก็ไม่มีผลต่อการทำงานของวงจรเพราะสภาวะ 1 กับ 0 กำหนดจากระดับแรงดัน

4. ผลกระทบต่อการส่งในระยะไกล เมื่อมีการส่งสัญญาณออกไปในระยะไกล ๆ ตามสายส่งหรือเป็นคลื่นวิทยุ จะมีการรบกวนเกิดขึ้นได้ง่าย เรียกว่า นอยส์ (noise) ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณไปยัง ดาวเทียมจะมีการรบกวนเนื่องจากการแผ่รังสี จากฟ้าแลบ หรือจุดดับบนดวงอาทิตย์ทำให้สัญญาณผิดเพี้ยนได้ง่าย ถ้าเป็นวงจรอนาลอก ความเชื่อถือได้ ขึ้นกับแรงดันที่ปลายทางว่าเบี่ยงเบนไปจากต้นทางมามากน้อยแค่ไหน เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับความต่างศักย์ ถ้าส่งเป็นสัญญาณดิจิตอลจะไม่มีปัญหานี้ เพราะสัญญาณอาจผิดไปจากต้นทางได้บ้างแต่ยังคงสภาวะ 1 หรือ 0

5. ความเชื่อมั่น สัญญาณดิจิตอลมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าสัญญาณอนาลอก ทำให้วงจรที่ทำงานด้วยสัญญาณดิจิตอล มีความเชื่อถือได้มากกว่า เมื่อใช้แทนปริมาณต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การบวกสัญญาณ ถ้าทำงานในลักษณะอนาลอก

1.8 หลักการของระบบดิจิตอล

1.8.1 ลักษณะของสัญญาณดิตอล สัญญาณดิจิตอลมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากสัญญาณอนาล็อกเป็นอย่างมาก กล่าวคือ สัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นชิ้น ๆ หรือเป็นท่อน ๆ ซึ่งเรามีศัพท์เรียกลักษณะดังกล่าวว่า ดิสครีต (Discrete) และสัญญาณจะมีค่าได้เฉพาะค่าที่กำหนด ไว้ตายตัวเท่านั้น เช่น ในระบบดิจิตอลที่ใช้กันทั่วไปนั้นใช้สัญญาณระบบเลขฐานสอง (Binary) ซึ่งมีค่าเพียงสองระดับเท่านั้น จากรูปแสดงลักษณะของสัญญาณดิจิตอล ในกรณีนี้สัญญาณสามารถมีค่าที่กำหนดไว้สองระดับคือ 0 กับ 5 โวลต์ ตามรูปนี้สัญญาณมีค่า 5 โวลต์ ในช่วงเวลาระหว่า t = 1 ถึง 2 กับในช่วงเวลาระหว่าง t = 3 ถึง 4 นอกจากช่วงเวลาทั้งสองดังกล่าวสัญญาณมีค่า 0 โวลต์ แสดงได้ดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แสดงลักษณะของสัญญาณดิจิตอล

1.8.2 กระบวนการพื้นฐานที่ใช้ในระบบดิจิตอล กระบวนการที่ใช้ระบบดิจิตอลนั้น เป็นกระบวนการที่ง่ายกว่าที่ใช้ในระบบแอนะล็อกมาก เพราะประกอบด้วยกระบวนการพื้นฐานง่าย ๆ เพียงไม่กี่อย่างนำมาใช้ผสมผสานกันให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ได้ กระบวนการพื้นฐานทางดิจิตอลได้แก่

1. ปฏิบัติการตรรกะ (Logic Operation)
2. การเก็บความจำ (Memory Storage)
3. การนับ (Counting)

รายละเอียดของกระบวนการพื้นฐานต่าง ๆ เหล่านี้จะได้กล่าวถึงในบทอื่น เราสามารถนำกระบวนการ

พื้นฐานเหล่านี้มาใช้ร่วมกัน ทำให้เกิดกระบวนการที่มีความซับซ้อนสูงขึ้น เช่น

การบวกเลขฐานสอง (Binary Addition)

การถอดรหัสและการแจกจ่ายสัญญาณ (Decoding and Demultiplexing)

การเลือกรับข้อมูลและการรวมสัญญาณ (Data Selection and Multiplexing)

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Conversion)

การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกเ (Digital to Analog Conversion)

1.8.3 ประเภทของวงจรดิจิตอล

ระบบดิจิตอล อาจแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. ระบบดิจิตอลแบบคอมบิเนชัน (Combinational Digital System) เป็นระบบที่สถานะของเอาท์พุตขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ หรือคอมบิเนชัน (Combination) ของสถานะอินพุต ลำดับเหตุการณ์ในอดีตของอินพุต และเอาท์พุตไม่มีผลต่อการทำงานของวงจร วงจรในระบบนี้ได้แก่ วงจรตรรกะ (Logic Gates) แบบต่าง ๆ และวงจรที่พัฒนามาจากวงจรตรรกะ

2. ระบบดิจิตอลแบบซีเควนเชียล (Sequential Digital System) เป็นระบบที่สถานะของเอาท์พุดขึ้นอยู่กับสถานะปัจจุบัน และสถานะก่อนหน้านั้นของทั้ง อินพุตและเอาท์พุด ลำดับเหตุการณ์ในอดีตมีผลโดยตรงต่อสถานะของเอาท์พุต และเวลาเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ควบคุมสถานะของเอาท์พุต วงจรในระบบนี้ได้แก่ วงจรฟลิปฟลอป (Flip Flop) แบบต่าง ๆ และวงจรที่พัฒนามาจากวงจรฟลิปฟลอบ

3. ระบบดิจิตอลแบบควบคุมด้วยโปรแกรม (Program-Controlled Digital System) เป็นระบบที่นำวงจรแบบคอมบิเนชันและแบบซีเควนเชียลมาทำงานร่วมกัน โดยเพิ่มหน่วยความจำ (Memory) ที่มีขนาดใหญ่พอเข้าไป สำหรับจดจำคำสั่งต่าง ๆ ที่จะสั่งงานให้ระบบทำงานตามลำดับ และจดจำสถานะอินพุตเอาท์พุตก่อนหน้า คำสั่งทีเรียงลำดับไว้นี้เรียกว่า โปรแกรม (Program) ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ทำงานภายใต้การควบคุมของโปรแกรม ซึ่งมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ซอฟต์แวร์ (Software) สิ่งที่ตรงกันข้ามกับซอฟต์แวร์คือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซึ่งได้แก่ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่นำมาประกอบกันเป็นตัวเครื่องของระบบ ระบบดิจิตอลแบบควบคุมด้วยโปรแกรม จึงเป็นระบบที่มีทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในขณะที่ระบบดิจิตอลอีกสองแบบที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้มีแต่ฮาร์ดแวร์เพียง อย่างเดียว ตัวอย่างของระบบดิจิตอลแบบควบคุมด้วยโปรแกรมได้แก่ ระบบที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor -Based System)

1.8.4 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในระบบดิจิตอล อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในระบบดิจิตอลอาจแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ได้ดังนี้

1. วงจรตรรกะ (Logic Gates)
2. ฟลิปฟลอป (Flip Flop) และอุปกรณ์ความจำ (Memory)
3. วงจรสำเร็จรูป MSI และ LSI
4. ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessors)

สรุป

วงจรไฟฟ้าต้องมีส่วนประกอบอย่างน้อย 3 ส่วนด้วยกันคือ มีแหล่งจ่ายแรงดัน ตัวนำและโหลด (Load) วงจรไฟฟ้ายังแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่วงจรปิด (Close circuit) วงจรเปิด (Open circuit) และวงจรลัด (Short circuit) นอกจากนี้การต่อวงจรไฟฟ้า ยังมีวิธีการต่อที่แตกต่างกันอีก 3 แบบ ได้แก่ การต่องวงจรแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ครบวงจรโดยผ่านโหลด จะทำให้เกิดพลังงานออกมาในรูปต่าง ๆ เช่นถ้าโหลดเป็นหลอดไฟฟ้าก็จะให้แสงสว่าง ถ้าโหลดเป็นเตารีด กาต้มน้ำไฟฟ้าก็จะได้พลังงานความร้อน พลังงานต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจาก ผลคูณกระแสไฟฟ้า (I) และแรงดัน (E) ซึ่งเรียกว่ากำลังไฟฟ้า (Electrical Power) มีหน่วยเป็น Watt

ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ โดยธรรมชาติจะเป็นแบบอนาลอก ในวิชาอิเล็กทรอนิกส์ยุคใหม่อุปกรณ์ส่วนมากเป็นแบบดิจิตอล การป้อนแรงดันเข้าหรือวัดแรงดันที่ส่งออก จะมีเพียง 2 ระดับ เช่น 0 โวลต์กับ 5 โวลต์ อุปกรณ์ดิจิตอลแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คืออุปกรณ์ส่วนความจำ ได้แก่ ฟลิปฟลอบ ใช้เก็บข้อมูลและอุปกรณ์ในส่วนตัดสินใจ ได้แก่ เกตชนิดต่าง ๆ ข้อดีของอุปกรณ์ดิจิตอลที่ดีกว่าแบบอนาลอกคือ การแสดงผลง่ายต่อการทำความเข้าใจ มีความเที่ยงตรงและออกแบบง่าย

คำถามท้ายบท

1.1 a. เปลี่ยน 50 mA เป็น A

b. เปลี่ยน 0.075 mA เป็น μA

1.2 a. เปลี่ยน 0.0025 A เป็น mA

b. เปลี่ยน 15,000 μA เป็น mA

1.3 a. เปลี่ยน 6,500 μA เป็น A

b. เปลี่ยน 1,300 pA เป็น nA

1.4 a. เปลี่ยน 1,500 Ω เป็น kΩ

b. เปลี่ยน 4,700 kΩ เป็น MΩ

1.5 a. เปลี่ยน 0.045 Ω เป็น mΩ

b. เปลี่ยน 2.2 MΩ เป็น kΩ

1.6 วงจรไฟฟ้ามีกระไหล 105 A โดยมีแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย 220 V จงหาค่าความต้านทานของวงจร?

1.7 โวลท์มิเตอร์ต่อคร่อมตัวต้านทานค่า 1 kΩ อ่านค่าได้ 2.2 V จะมีกระแสไหลผ่านตัวต้านทานนี้เท่าไร?

1.8 จะมีแรงดันตกคร่อม (voltage drop) บนตัวต้านทานค่า 680 Ω เท่าไร ถ้ามีกระไหลผ่านตัวต้านทานนี้ 450 mA ?

1.9 ลวดความร้อนเตาไฟฟ้าขนาด 6 kW ใช้กับแรงดัน 220V จะมีกระแสไหลผ่านเท่าไร?

1.10 หัวแรงไฟฟ้าขนาด 55W และถ้าเมื่อใช้งานมีกระไหล 0.47A จะต้องใช้แหล่งจ่ายกี่โวลท์?

1.11 จงอธิบายความแตกต่างของระบบอนาลอกกับระบบดิจิตอล?

1.12 จงยกตัวอย่างอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ที่เป็นระบบดิจิตอลและอนาลอกมาประเภทละ 10 อย่าง?