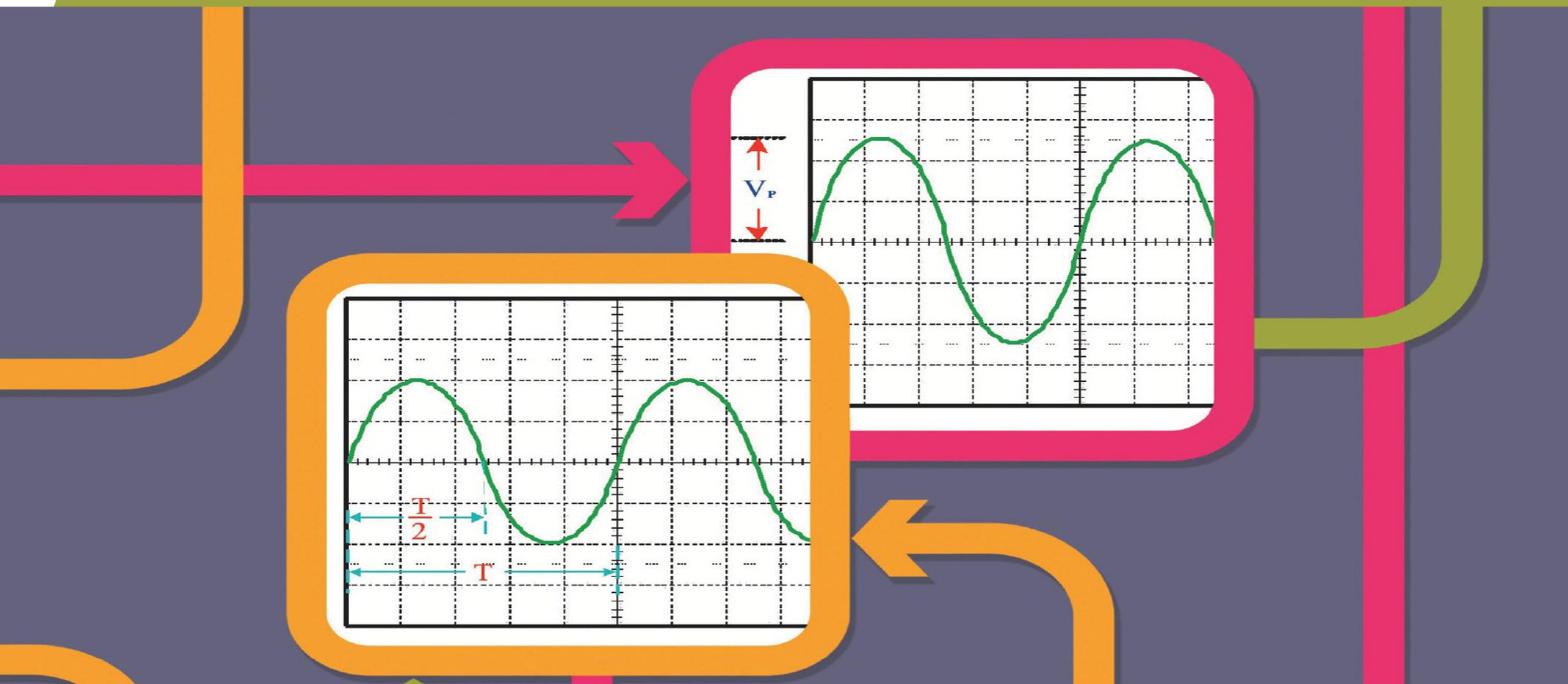
หน่วยที่ 7

เครื่องกำเนิดสัญญาณและออสซิลโลสโคป



หัวข้อเรื่อง (Topics)

8.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณ

8.2 ออสซิลโลสโคป

8.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณ

เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Function Generator) เป็นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสามารถผลิตเอาต์พุตได้หลายชนิด และสามารถปรับความถี่ ลักษณะของรูปคลื่นและแอมพลิจูดของรูปคลื่น โดยทั่วไปสัญญาณเอาต์พุตที่ผลิตได้ เช่น สัญญาณไซน์ (Sine Wave) สัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) และสัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle Wave) เป็นต้น ดังรูปที่ 8.1

รูปที่ 8.1 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดสัญญาณ ยี่ห้อ ITT Instruments รุ่น GX 239 Metrix

8.1.1 ปุ่มปรับและขั้วต่อของเครื่องกำเนิดสัญญาณ

เครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีใช้งานในปัจจุบันมีมากมายหลายยี่ห้อ หลายรุ่น ซึ่งแต่ละเครื่องมีหน้าที่การทำงาน ปุ่มปรับ ขั้วต่อ และฟังก์ชันต่าง ๆ คล้ายกัน จะแตกต่างกันเพียงการวางตำแหน่งเท่านั้น อธิบายความหมายตามหมายเลข ดังนี้

1. Power Switch สวิตช์ปุ่มกดเปิด–ปิดเครื่อง

2. Power on Indicator หลอดสัญญาณ (LED) แสดงสภาวะการทำงานของเครื่อง

3. Range Switch สวิตช์ปุ่มกดเลือกย่านความถี่ของคลื่น

4. Function Switch สวิตช์ปุ่มกดเลือกสัญญาณรูปคลื่น มี 3 แบบ คือ สัญญาณรูปคลื่นไซน์ สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม และสัญญาณรูปคลื่น 4 เหลี่ยม

5. Multiplier ปุ่มปรับเพื่อเลือกค่าความถี่ ตั้งแต่ 0.2–2.0 เพื่อนำไปเป็นตัวคูณร่วมกับปุ่ม Range Switch จะได้ความถี่ตามต้องการ

6. Duty Control ปุ่มปรับความกว้างของ Pulse ต่อคาบเวลา

7. Pulse Invert Switch ปุ่มกลับสัญญาณรูปคลื่น จะใช้ร่วมกับปุ่ม Duty Control

8. DC Offset ปุ่มควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า DC เมื่อทำการปรับจะต้องดึงปุ่มนี้ขึ้นมาแล้วทำการปรับ

9. Amplitude ปุ่มปรับควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าของรูปคลื่นสัญญาณ

10. ATT ปุ่มกดเพื่อปรับค่าระดับแรงดันไฟฟ้าของรูปสัญญาณให้อ่อนกำลัง ลงหรือลดทอนสัญญาณ

11. Output จุดต่อเพื่อนำสัญญาณความถี่ของเครื่องที่สร้างขึ้นไปใช้งาน

12. VCF Input จุดต่อแรงดันจากภายนอกเข้ามาควบคุมความถี่

13. Pulse Output Logic จุดต่อเพื่อนำสัญญาณ Pulse ที่เครื่องสร้างขึ้นไปใช้กับอุปกรณ์ TTL

8.1.2 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องกำเนิดสัญญาณ

การใช้งานเครื่องกำเนิดสัญญาณทุกรุ่น ทุกยี่ห้อ แต่ละเครื่องมีหน้าที่การทำงานคล้ายกันโดยมีขั้นตอนการใช้งานเครื่องกำเนิดสัญญาณได้ดังนี้

1. ต่อสายไฟฟ้า AC ที่จุด Power Connector และเลือกสวิตช์ใช้กับไฟฟ้า 220–250 V

2. กดสวิตช์ Power เมื่ออยู่ในสภาวะการทำงาน “ON” หลอดไฟสัญญาณ LED จะสว่าง

3. กดปุ่ม Range Switch เพื่อเลือกย่านความถี่ของสัญญาณ

4. กดปุ่ม Function Switch เพื่อเลือกรูปร่างของสัญญาณ

5. ปรับปุ่ม Multiplier โดยนำไปคูณกับปุ่ม Range Switch เพื่อให้ได้ความถี่ตามต้องการ

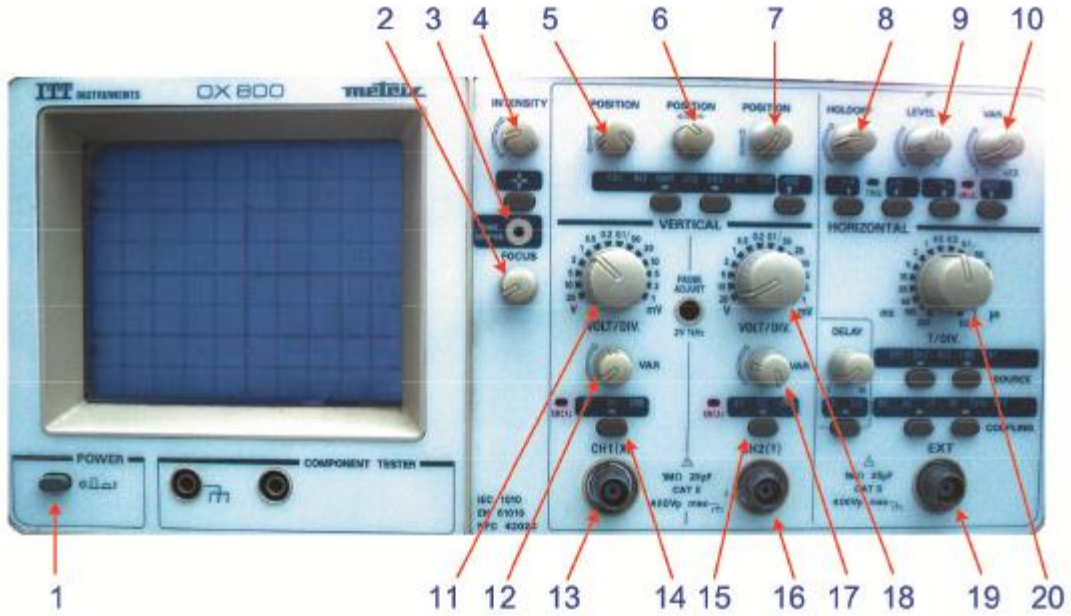
6. ปรับปุ่ม Amplitude เพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้า V_{P-P} ให้ได้ค่าตามต้องการ (ถ้าต้องการทราบค่าเป็นค่า RMS ให้ใช้สูตร $V_{rms} = 0.707 \times V_P$)

8.2 ออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) เป็นเครื่องมือวัดที่แสดงผลเป็นลักษณะรูปร่างของสัญญาณ ให้การตอบสนองที่รวดเร็ว สัญญาณนั้น ๆ เทียบกับเวลา สามารถอ่านปริมาณค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นได้ เช่น แรงดันไฟฟ้า ความถี่ มุมเฟส ความกว้างของพัลส์ เป็นต้น เมื่อนำไปวัดสัญญาณไฟฟ้า การอ่านค่า แอมพลิจูด (ขนาดสัญญาณ) ซึ่งจะอ่านค่าทางด้านแนวตั้ง โดยมีปุ่ม VOLTS/DIV ไว้ปรับสัญญาณอินพุตให้มีขนาดตามต้องการและค่าคาบเวลาจะอ่านค่าทางด้านแนวนอนโดยมีปุ่ม TIME/DIV ไว้ปรับค่าฐานเวลาให้เหมาะสม

8.2.1 ปุ่มปรับ ขั้วต่อ และหน้าที่การทำงานของออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปที่มีใช้งานในปัจจุบันมีมากมายหลายยี่ห้อ หลายรุ่น ซึ่งแต่ละเครื่องตำแหน่งของปุ่มปรับ ขั้วต่อ และฟังก์ชันต่าง ๆ คล้ายกัน จะแตกต่างกันเพียงการวางตำแหน่งเท่านั้น



รูปที่ 8.2 ตัวอย่างออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ ITT Instruments รุ่น OX 800 Metrix

จากรูปที่ 8.2 เป็นออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ ITT Instruments รุ่น OX 800 Metrix แบบ 2 เส้นภาพ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้แพร่หลาย โดยมีปุ่มปรับ ขั้วต่อ และหน้าที่การทำงาน ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ปุ่มปรับ ขั้วต่อ และหน้าที่การทำงานของออสซิลโลสโคป

ปุ่มปรับ/ขั้วต่อ	หน้าที่การทำงาน
1. POWER on/off	ปุ่มเปิด/ปิดออสซิลโลสโคป
2. FOCUS	ปุ่มปรับความคมชัดของรูปคลื่น
3. TR (Trace Rotation)	ปุ่มปรับความเอียงของเส้นสัญญาณ
4. INTENS	ปุ่มปรับความเข้มของแสง
5. Y–POS.I (Y–Position I)	ปุ่มควบคุมการเลื่อนรูปคลื่นในแนวตั้ง (แกน y) ของช่อง 1 (CH.I)
6. X–POS. (X–POSITION)	ปุ่มเลื่อนรูปคลื่นในแนวนอนหรือแกน X
7. Y–POS.II (Y–Position)	ปุ่มควบคุมการเลื่อนรูปคลื่นในแนวตั้ง (แกน Y) ของช่อง 2 (CH.II)
8. HOLD OFF	ปุ่มหยุดเวลากวาดภาพก่อนที่จะเริ่มการกวาดภาพครั้งต่อไป
9. LEVEL	ปุ่มปรับระดับทริกเกอร์ จะต้องใช้ร่วมกับปุ่ม AT/NORM ถ้าเลือกระดับทริกเกอร์เหมาะสมแล้วรูปคลื่นบนจอภาพจะหยุดนิ่ง
10. VARIABLE (Time Varible Control)	ปุ่มปรับช่วงเวลาของสัญญาณวาดภาพ ถ้าหมุนปุ่มนี้ตามเข็มนาฬิกาจนถึงสุดจะขยายช่วงเวลาการวาดภาพขึ้นเป็น 2.5 เท่า ปกติแล้วถ้าต้องการอ่านค่า TIME/DIV ให้ถูกต้องตามจริงจะหมุนปุ่มทวนเข็มนาฬิกาจนสุด

ตารางที่ 8.1 ปุ่มปรับ ขั้วต่อ และหน้าที่การทำงานของออสซิลโลสโคป (ต่อ)

ปุ่มปรับ/ขั้วต่อ	หน้าที่การทำงาน
11. VOLTS/DIV (Volts/Division)	ปุ่มควบคุมการลดทอนสัญญาณอินพุตของช่อง 1 (CH.I) มี 2 ช่วง คือ mV/cm และ V/cm
12. VAR.GAIN (Variable Gain)	ปุ่มนี้ใช้ร่วมกับปุ่ม VOLTS/DIV. – ปุ่มนี้ปกติจะหมุนทวนเข็มนาฬิกาจนสุด – หมุนปุ่มนี้ตามเข็มนาฬิกาจะขยายสัญญาณได้ 2.5 เท่า แต่อ่านค่าจะไม่ได้ขนาดสัญญาณที่แท้จริง
13. CH.I (Channel I) ขั้ว (BNC)	สัญญาณอินพุตของภาคเบี่ยงเบนแนวตั้ง (Vertical Input) ของช่อง 1 (CH.I) – มีอินพุตอิมพีแดนซ์ 1 MΩ และอินพุตคาปาซิเตอร์ 30 pF – ขนาดสัญญาณอินพุตสูงสุด 400 V_p

ตารางที่ 8.1 ปุ่มปรับ ขั้วต่อ และหน้าที่การทำงานของออสซิลโลสโคป (ต่อ)

ปุ่มปรับ/ขั้วต่อ	หน้าที่การทำงาน
14. DC AC GD	สวิตช์เลือกชนิดสัญญาณอินพุต – DC : ต่อสัญญาณอินพุตเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง – AC : ต่อสัญญาณอินพุตเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ตำแหน่งนี้จะมีคาปาซิเตอร์กัน (Block) แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง – GD : ต่อสัญญาณอินพุตกราวด์
15. DC AC GD	เหมือนปุ่มปรับ 14
16. CH.II (Channel II)	ขั้ว (BNC) สัญญาณอินพุตของภาคเบี่ยงเบนแนวตั้ง (Vertical Input) ของช่อง 2 (CH.II) – มีอินพุตอิมพีแดนซ์ 1 MΩ และอินพุตคาปาซิเตอร์ 30 pF – ขนาดสัญญาณอินพุตสูงสุด 400 V_p

ตารางที่ 8.1 ปุ่มปรับ ขั้วต่อ และหน้าที่การทำงานของออสซิลโลสโคป (ต่อ)

ปุ่มปรับ/ขั้วต่อ	หน้าที่การทำงาน
17. VAR.GAIN (Variable Gain)	เหมือนปุ่ม 12
18. VOLTS/DIV (Volts/Division)	ปุ่มควบคุมการลดทอนสัญญาณอินพุตของช่อง 2 (CH.II) มี 2 ช่องคือ mV/cm และ V/cm
19. EXT (External Trigger)	ปุ่มเลือกสัญญาณทริกหรือสัญญาณอินพุตจากภายนอกของภาคเบี่ยงเบนแนวนอน – ตำแหน่งปล่อยปุ่ม (Out Position) จะเป็นการรับสัญญาณทริกเกอร์จากภายในออสซิลโลสโคป – ตำแหน่งกดปุ่ม (In Position) ออสซิลโลสโคปจะรับสัญญาณทริกเกอร์จากภายนอกมาควบคุมภาคเบี่ยงเบนแนวนอน (แกน X) เป็นสัญญาณซิงค์ต้องมีค่า 0.6–10 V_{pp}
20. TIME/DIV (TIME Division)	ปุ่มปรับฐานเวลาของสัญญาณภาพ

8.2.2 การเตรียมออสซิลโลสโคปก่อนใช้งาน

ก่อนเปิดสวิตช์ POWER เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าออสซิลโลสโคปจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ตรวจดูทุกปุ่มจะต้องอยู่ในตำแหน่งปล่อยปุ่ม (Out Position)

2. หมุนปุ่มควบคุมที่มีลูกศรกำกับ 3 ปุ่ม คือ ปุ่มปรับฐานเวลา (ปุ่ม TIME/DIV) ปุ่มลดทอนสัญญาณ (ปุ่ม VOLTS/DIV) ให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาจนสุด

3. หมุนปุ่มควบคุมทุกปุ่มที่มีเส้นขีดกำกับให้อยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง (เส้นขีดอยู่ในตำแหน่งตั้งตรง)

4. สวิตช์เลือกของภาคแกนนอน (Trigger Selector: X–Section) เลื่อนไปอยู่ตำแหน่ง AC)

5. สวิตช์เลือกของภาคแกนตั้ง (Y–Section) เลื่อนไปอยู่ตำแหน่งกราวด์ (GD)

6. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าเครื่องโดยการกดปุ่ม POWER หลอด LED จะติดแสดงว่าเครื่องพร้อมจะทำงานและจะมีเส้นแสดงระดับสัญญาณปรากฏขึ้นมา 1 เส้น

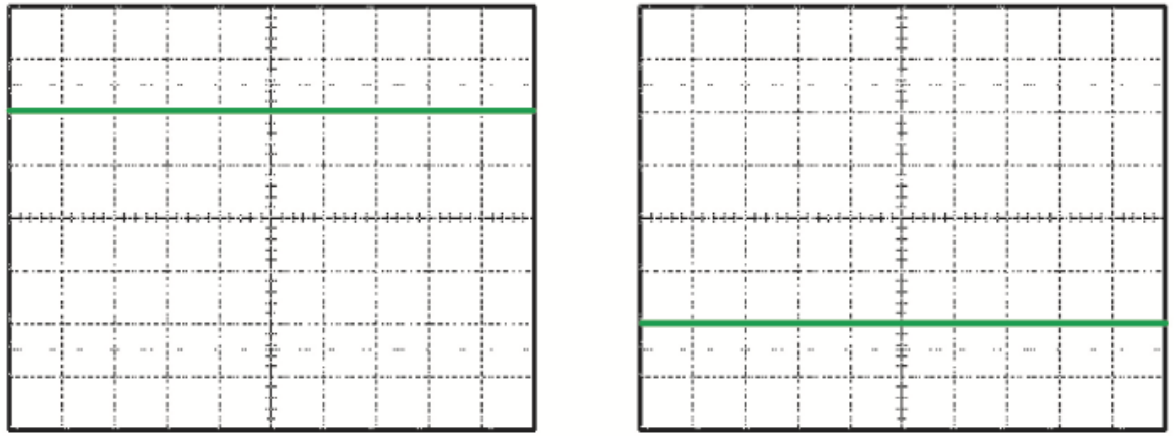
7. ให้อุ่นเครื่องประมาณ 10 วินาที ปรับตำแหน่งแกนตั้งด้วยปุ่ม Y–POS.I และตำแหน่งแกนนอนด้วยปุ่ม X–POS. เพื่อให้เส้นสัญญาณอยู่กึ่งกลางของจอภาพ

8. ปรับความเข้มของแสงด้วยปุ่ม INTENS ให้ต่ำที่สุดเพียงเพื่อมองเห็นรูปคลื่นขณะทำการวัดเท่านั้นและปรับความคมชัดด้วยปุ่ม FOCUS

8.2.3 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยออสซิลโลสโคป

การวัดแรงดันไฟฟ้าตามปกติใช้โวลต์มิเตอร์ทำการวัด ค่าที่ได้จากการวัดมาจากการอ่านจากเข็มชี้บนสเกลเมื่อใช้โวลต์มิเตอร์แบบแอนะล็อกทำการวัด หรืออ่านค่าเป็นตัวเลขเมื่อใช้โวลต์มิเตอร์แบบดิจิทัลทำการวัด หากต้องการค่าแรงดันไฟฟ้าและรูปร่างสัญญาณจากการวัดพร้อมกัน จะต้องใช้เครื่องวัดออสซิลโลสโคปทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้านั้น

การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยออสซิลโลสโคป ภาพที่หน้าจอของออสซิลโลสโคปเป็นเส้นแสงในแนวนอน ขณะทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เส้นแสงจะเลื่อนเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิมเส้นแสงจะเลื่อนขึ้นไปถ้าวัดแรงดันไฟฟ้าถูกขั้ว และเส้นแสงจะเลื่อนลงหากวัดแรงดันไฟฟ้าผิดขั้ว ดังรูปที่ 8.3 (ก) และ 8.3 (ข)



(ก) ขณะวัดแรงดันไฟฟ้าถูกขั้ว (ข) ขณะวัดแรงดันไฟฟ้าผิดขั้ว

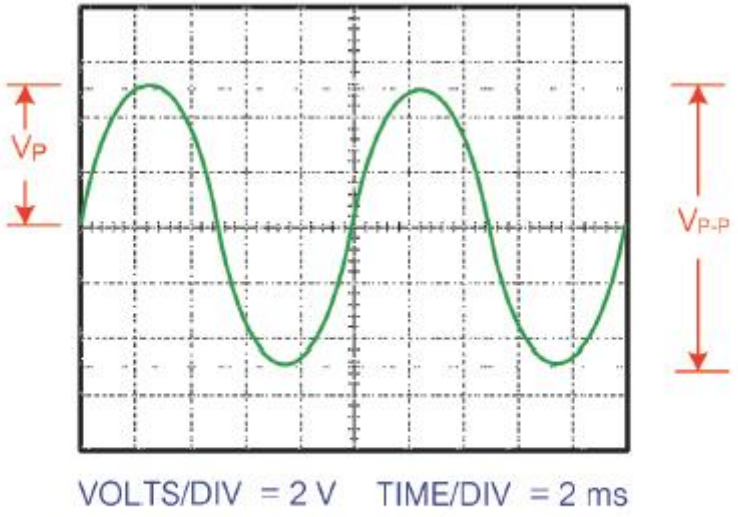
รูปที่ 8.3 สัญญาณจากการวัดค่าแรงดันไฟกระแสตรงด้วยออสซิลโลสโคป

การอ่านค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จากจอภาพของออสซิลโลสโคป อ่านค่าได้โดยสมการ

V_{DC} = จำนวนช่องที่เลื่อนไป × VOLTS/DIV หน่วย V ----------(8.1)

8.2.4 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้วยออสซิลโลสโคป

การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้วยออสซิลโลสโคป สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจะปรากฏขึ้นที่หน้าจอ ตามสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาที่อินพุต การอ่านแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะอ่านตามแนวตั้งการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ ค่าแรงดันยอด (VP) และค่าแรงดันยอดถึงยอด (VP–P) ดังแสดงในรูปที่ 8.6



รูปที่ 8.6 สัญญาณจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

การอ่านค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้วยออสซิลโลสโคป สามารถอ่านค่าได้โดยใช้สมการ

V_{P-P} = จำนวนช่องที่มีสัญญาณจากบนสุดถึงล่างสุด × VOLTS/DIV ----------(8.2)

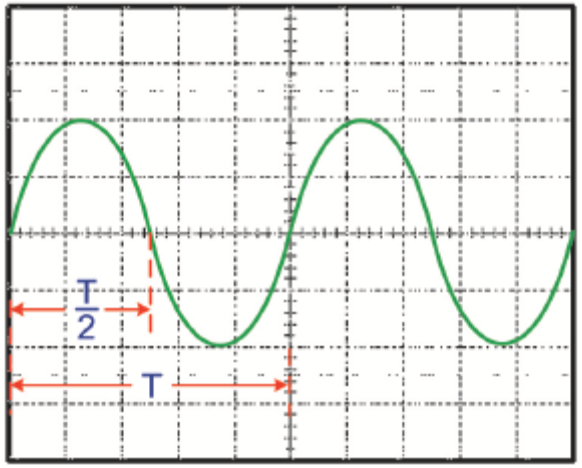
มีหน่วยเป็น V_{P-P}

$V_p = \frac{V_{p-p}}{2}$ มีหน่วยเป็น V_p ----------(8.3)

8.2.5 การวัดคาบเวลาและการคำนวณความถี่

1. การวัดคาบเวลา จะทำการวัดเฉพาะสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าคงที่ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

คาบหรือคาบเวลา (Period of Time: T) หมายถึง เวลาที่รูปคลื่นใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างครบ 1 ไซเกิล มีหน่วยเป็นวินาที (Second: s) แสดงดังรูปที่ 8.8



รูปที่ 8.8 สัญญาณคลื่นไซน์จำนวน 2 ไซเกิล

กรูปที่ 8.8 การอ่านค่าคาบเวลาของคลื่นไซน์ 1 ไซเกิล ให้พิจารณาจากช่องสเกลแนวนอนคูณกับค่า TIME/DIV ที่ตั้งไว้โดยสมการ

คาบเวลา (T) = จำนวนช่องตามแนวนอนของคลื่น 1 ไซเกิล × TIME/DIV (8.4)

2. การคำนวณความถี่ เนื่องจากเครื่องวัดออสซิลโลสโคป ไม่สามารถวัดความถี่ได้โดยตรง การหาค่าความถี่สัญญาณไฟฟ้า ทำได้โดยการวัดคาบเวลาและนำไปคำนวณค่าความถี่

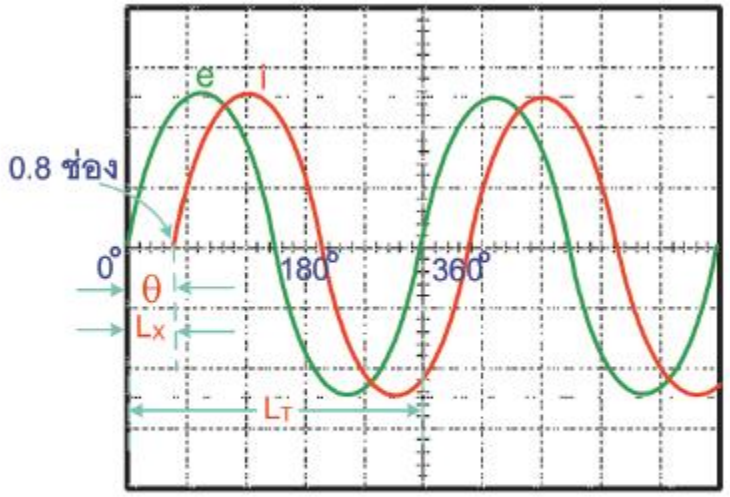
ความถี่ (Frequency: f) หมายถึง จำนวนของรอบต่อวินาที ของรูปคลื่นไซน์ หรือจำนวนรอบ (ไซเกิล) ต่อวินาที ความถี่ในหน่วย SI คือ เฮิร์ตซ์ (Hertz) และสามารถคำนวณความถี่ ได้โดยสมการ

$$T = \frac{1}{f} s \qquad \text{----------(8.5)}$$

$$f = \frac{1}{T} \text{ Hz} \qquad \text{----------(8.6)}$$

8.2.6 การวัดเฟสและคำนวณมุมเฟส

1. การวัดเฟส จะทำเมื่อมีจำนวนรูปคลื่น 2 รูปคลื่นขึ้นไปและรูปคลื่นที่ทำการวัดจะต้องมีคาบเวลาเท่ากันหรือมีความถี่เดียวกันเท่านั้น แสดงดังรูปที่ 8.10



รูปที่ 8.10

2. การคำนวณมุมเฟส เป็นการเปรียบเทียบการเกิดขึ้นของรูปคลื่น 2 รูปคลื่น จากระยะห่างของการเกิดรูปคลื่นเปลี่ยนเป็นค่ามุมต่างเฟส

จากรูปที่ 8.10 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า (e) เกิดขึ้นที่เริ่มต้น หรือตำแหน่ง 0 องศา มีจำนวนช่องตามแนวนอน 1 ไซเกิล (LT) เท่ากับ 5 ช่อง มีค่ามุมเท่ากับ 360 องศา

รูปคลื่นกระแสไฟฟ้า (i) เกิดขึ้นหลังรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าเกิดไปแล้ว นับช่องตามแนวนอน (LX) ต่างกันเท่ากับ 0.8 ช่อง สามารถคำนวณมุมต่างเฟสได้ดังนี้

$$\theta = \frac{L_X}{L_T} \times 360 \text{ องศา} \qquad \text{----------(8.7)}$$

$$= \frac{0.8 \text{ ช่อง}}{5 \text{ ช่อง}} \times 360 \text{ องศา}$$

$$\theta = 57.6 \text{ องศา}$$