ปฏิบัติการที่ 5 ออสซิลโลสโคป

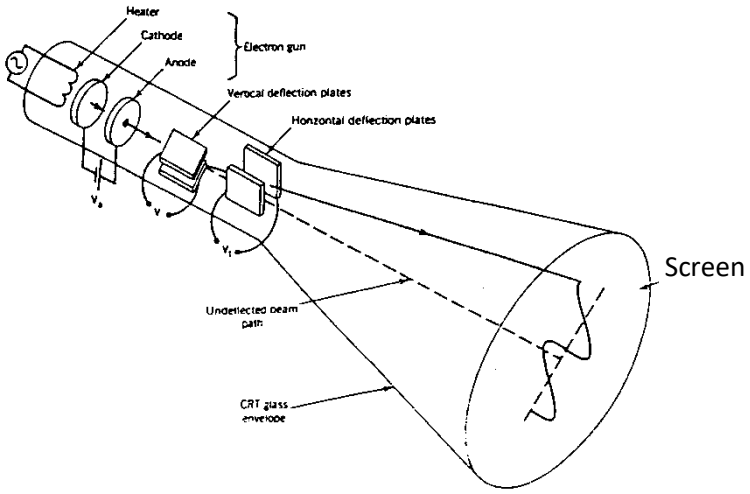
วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการทำงานของออสซิลโลสโคป
2. สามารถใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันและความถี่ของสัญญาณได้

ทฤษฎี

ออสซิลโลสโคปมีชื่อเต็มว่า cathode ray oscilloscope หรือเรียกสั้นๆว่า CRO หรือ scope เป็นเครื่องมือที่ใช้พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณใด ๆ ก็ได้โดยต้องแปลงปริมาณนั้น ๆ ให้เป็นศักย์ไฟฟ้าเสียก่อนแต่เพราะส่วนใหญ่เรามักจะพล็อตปริมาณใดปริมาณหนึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลา สโคปทั้งหลายจึงได้ออกแบบให้แกนแนวราบเป็นแกนเวลาและแกนแนวดิ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าอย่างไรก็ตามถ้าต้องการให้แนวราบเป็นศักย์ด้วยก็ทำได้

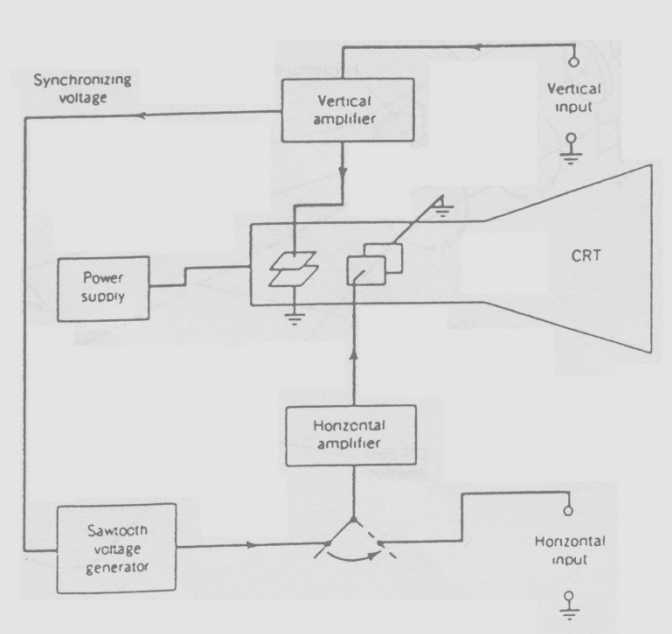
หลักการทำงานของออสซิลโลสโคป



รูปที่ 1 แสดงหลอดรังสีแคโทด (CRT)

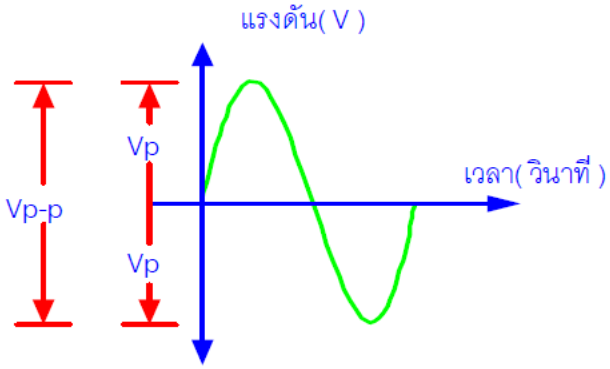
ออสซิลโลสโคปมีองค์ประกอบพื้นฐานคือหลอดรังสีแคโทด (cathode ray tube, CRT) ซึ่งเป็นหลอดสุญญากาศภายในประกอบด้วยปืนยิงอิเล็กตรอน (electron gun) แผ่นโลหะเลี้ยวเบน 2 คู่ (two pairs of deflection plates) และจอภาพฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent screen) ดังแสดงในรูปที่ 1 ในการทำงานแหล่งยิงอิเล็กตรอนจะสร้างลำอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่ผ่านแผ่นโลหะเลี้ยวเบนซึ่งทำโดยใช้แผ่นโลหะขนานกันสองคู่วางในแนวราบและแนวดิ่ง แผ่นโลหะแต่ละคู่มีสายต่อออกมาภายนอกสำหรับรับสัญญาณไฟฟ้าจากภายนอกทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในแนวราบและแนวดิ่งสนามในแนวราบบังคับลำอิเล็กตรอนให้เบนไปมาในแนวราบสนามไฟฟ้าในแนวดิ่งบังคับสัญญาณให้เบนขึ้นลงในแนวดิ่งเมื่ออิเล็กตรอนกระทบจอภาพจะทำให้เกิดการเรืองแสงเป็นจุดสว่างดังนั้นลำอิเล็กตรอนจึงเลื่อนที่ตามสัญญาณที่ได้รับจากภายนอกและพล็อตความสัมพันธ์ของสัญญาณที่ส่งเข้ามาทางแนวราบและแนวดิ่งนั้น

ผังการทำงานโดยรวมของเครื่องออสซิลโลสโคปอาจแสดงได้ดังรูปที่ 2 สังเกตว่าสัญญาณสำหรับแผ่นเลี้ยวเบนแนวราบ (horizontal deflection plates) มีได้ 2 แบบคือสัญญาณภายในรูปฟันเลื่อย (saw tooth voltage) หรือสัญญาณจากภายนอก (horizontal input voltage)



รูปที่ 2 ผังการทำงานของออสซิลโลสโคป

สโคปเป็นเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวัดแสดงรูปคลื่นสัญญาณต่างๆ ออกมาเป็นภาพปรากฏบนจอหลอดภาพให้เห็นได้ ซึ่งการวัดแอมพลิจูดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจะวัดเป็น V_{p-p} ซึ่งจะแตกต่างกันการวัดจากมิเตอร์ทั่วไปที่จะได้ค่าออกมาเป็น V_{rms}



รูปที่ 3 แสดงขนาดแรงดันรูปคลื่นไซน์

V_{P-P} คือ แรงดันไฟฟ้าพีค-ทู-พีค (ยอดถึงยอด)

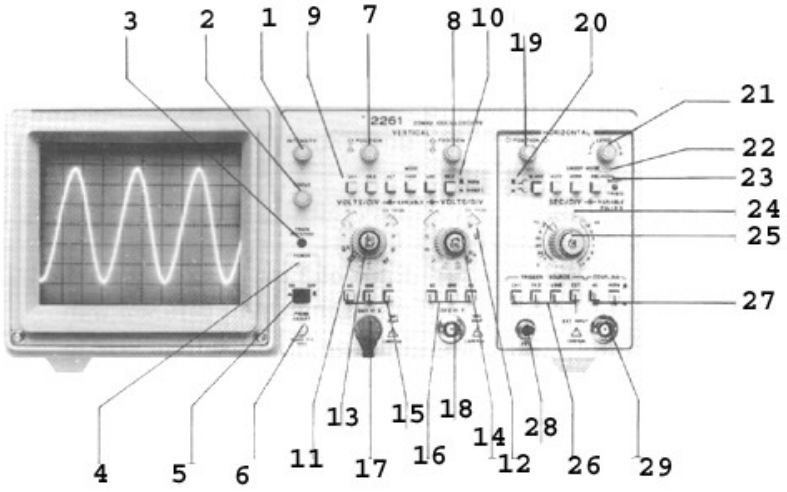
V_P คือ แรงดันไฟฟ้าพีค (คิดเพียงยอดคลื่นเดียว)

$V_{P-P} = 2V_P$

$V_{rms} = 0.707V_P$

เราสามารถใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และกระแสไฟฟ้าของสัญญาณ วัดค่าเวลา คาบเวลา และความถี่ของสัญญาณ วัดผลต่างทางเฟสของสัญญาณ และเปรียบเทียบสัญญาณ 2 สัญญาณ ความกว้างของพัลส์ ช่วงเวลาขาขึ้น (Rise time) การหน่วงของเวลา (Delay time) ใช้วัดตรวจสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับความถี่ และรูปคลื่นสัญญาณที่ถูกต้อง เช่น การปรับจูนเครื่องรับ-ส่งวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ วิดีโอ และเครื่องเสียง เป็นต้น

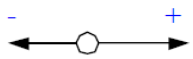
ออสซิลโลสโคปในรูปที่ 4 เป็นออสซิลโลสโคปยี่ห้อ Tektronix รุ่น 2261 แสดงผลได้ 2 สัญญาณในเวลาเดียวกัน ตอบสนองความถี่ของสัญญาณได้ถึง 20 MHz



รูปที่ 4 รูปร่างของออสซิลโลสโคป

ตารางแสดงหน้าที่ของปุ่มต่าง ๆ ในออสซิลโลสโคป

หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
1	Inten (Intensity)	ใช้ปรับความเข้มของเส้นสัญญาณ
2	Focus	ปรับเส้นสัญญาณให้คมชัด
3	Trace Rotation	ปรับเส้นสัญญาณให้ขนานกับเส้นกึ่งกลางจอ ชดเชยการรบกวนของสนามแม่เหล็กโลกที่มีต่อลำอิเล็กตรอนจากหลอดรังสีแคโทด ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประจุ
4	Power Indicator	เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้าเครื่องออสซิลโลสโคป หลอดนี้จะสว่าง
5	Power	สวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง
6	Probe Adjust	ใช้ปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าขนาด 1 $V_{peak\text{-}to\text{-}peak}$ เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีความถี่ประมาณ 1 kHz
7,8	Vertical Position	เลื่อนสัญญาณขึ้นลงในแนวดิ่ง (เส้นสัญญาณเลื่อนขึ้นเมื่อหมุนตามเข็มนาฬิกา)
9	Vertical Mode - CH1 or CH2 - ALT (Alternate)	เลือกแบบการทำงาน - เลือกช่อง CH1 หรือ CH2 ช่องใดช่องหนึ่งเพื่อแสดงผล - แสดงสัญญาณช่อง CH1 เสร็จแล้วจึงแสดงสัญญาณช่อง CH2 สลับไปมา (การสลับสัญญาณ)

	- CHOP - Dual ประกอบด้วย 2 ส่วน/เป็นคู่ - ADD	- แสดงสัญญาณช่อง CH1 และ CH2 ในช่วงของการกวาดหน้าจอ (การซอยสัญญาณ) สัญญาณด้านข้าวของ CH1 และ CH2 จะถูกสวิตช์ด้วยความถี่ประมาณ 250 Hz เหมาะกับการวัดสัญญาณความถี่ต่ำ - แสดงสัญญาณทั้ง 2 ช่อง (CH1 และ CH2) - แสดงผลรวมทางพีชคณิตของสัญญาณ CH1 และ CH2 ข้อสังเกต : ในการแสดงสัญญาณ 2 ช่องพร้อมๆกันบนจอ CHOP จะแสดงสัญญาณได้ดีกว่าแบบ ALT ถ้าความเร็วในการกวาดของสัญญาณต่ำกว่า 1 ms/Div ALT mode จะแสดงสัญญาณหน้าจอได้สะอาดกว่าและได้หลายช่องมากกว่า (กรณีที่เครื่องแสดงได้มากกว่า 2 ช่อง)
10	Norm Invert	กลับรูปร่างของสัญญาณ ให้ค่าผลต่างของ CH1 - CH2 หรือผลรวมของสัญญาณ CH1 + CH2 เมื่อเลือกปุ่ม ADD
11,12	Volt / Div	ใช้สำหรับลดทอนแรงดันของสัญญาณอินพุต เพื่อให้อ่านรูปคลื่นบนหน้าจอได้เหมาะสม (ไม่เล็กไปหรือล้นจอ) สามารถเลือกความไวของสัญญาณอินพุตเป็น mV/cm และ V/cm พิสัยความไวต่ำสุด 5 mV/cm และสูงสุดเป็น 10 V/cm คล้ายกับปุ่ม Range ของมิเตอร์
13,14	Variable	เป็นปุ่มรับการลดทอนความไวทางแนวตั้งจะใช้สัมพันธ์กับปุ่ม Volt/Div สภาวะปกติจะปรับตามเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง Cal
15,16	AC-GND-DC เลือกการเชื่อมสัญญาณด้านเข้า	AC จะป้องกันสัญญาณไฟตรง (สัญญาณด้านเข้าจะถูกต่อลงดิน) GND จะเป็นกราวนด์ DC จะให้สัญญาณทุกช่วงความถี่ผ่าน (สัญญาณด้านเข้าจะถูกต่อตรงปรากฏบนหน้าจอภาพไม่เปลี่ยนแปลง คือจะมีส่วนประกอบทั้งแรงดันไฟตรงและไฟสลับ) การใช้งานทั่วไปจะอยู่ใน mode DC
17,18	CH1 or X CH2 or Y	เป็นตำแหน่งป้อนสัญญาณ โดยสัญญาณ X (แกนตั้ง) จะต่อเข้ามาทาง CH1 และสัญญาณ Y (แกนนอน) จะต่อเข้ามาทาง CH2
19	HORIZONTAL POSITION	เลื่อนสัญญาณไปมาในแนวนอน X1 ปกติใช้ X10 จะทำให้สัญญาณขยาย 10 เท่า ซึ่งจะทำให้เวลาการกวาดมีค่าเป็น 10 เท่าของค่าที่อ่านได้จาก Time/Div แต่เวลาการกวาดจะมีค่าเป็น 1/10 ของค่าที่แสดงตาม Time/Div
20	Level (เพื่อกำหนดระดับการ Trigger) 	ใช้ปรับควบคุมรูปคลื่นสัญญาณบนจอ CRT ให้หยุดนิ่งหรือเป็นการปรับเลือกจุด Trigger ให้เหมาะสม (Trigger การกำหนดจุดเริ่มต้นการกวาดเหมือนเดิมทุกครั้ง (มีระดับสัญญาณและความชันเท่ากัน))
21	Slope	เลือกความชันของสัญญาณทีจะ trigger การกวาด ว่าจะเป็นซีกบวกหรือลบของสัญญาณ
22	Sweep Mode - AUTO (เห็นสัญญาณได้ตลอด) - NORM - SINGLE	ใช้ควบคุมการทริกเกอร์ให้เส้นภาพหยุดนิ่ง (Trig Mode) - เป็น mode ที่ใช้บ่อยๆ เมื่อความถี่ของสัญญาณมากกว่าหรือเท่ากับ 20 Hz - ใช้เมื่อสัญญาณมีความถี่ต่ำ จะไม่แสดงผลถ้าไม่มีสัญญาณ Trigger - จะแสดงผลเพียง 1 ครั้งเมื่อกดสัญญาณ Reset ใช้แสดงสัญญาณที่ไม่ซ้ำแบบหรือสัญญาณไม่เสถียร
23	Trig'd Ready	แสดงสถานะการทริก

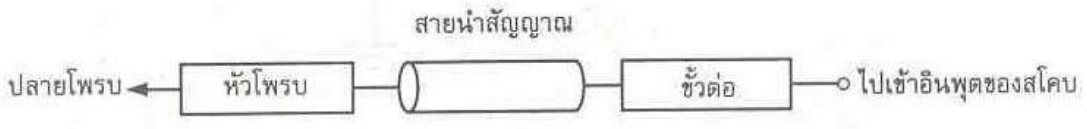
24	Sec / Div	ใช้สำหรับเลือกเวลาการกวาดทางแนวนอนของฐานเวลาเพื่อให้เหมาะสมกับความถี่ของสัญญาณรูปคลื่น
25	Variable Pull x 5	ใช้เป็นปุ่มปรับเปลี่ยนเวลากรกวาดของฐานเวลาที่ (Sec/Div) ปกติจะปรับตามเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง Cal เมื่อดึงปุ่มนี้ฐานเวลาจะขยายไป 5 เท่า
26	Trigger Source	เลือกแหล่งสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับวงจร Trigger
27	Coupling	เลือกแบบการเชื่อมต่อสัญญาณกับวงจร Trigger
28	Ground	กราวด์ของเครื่อง
29	Ext Input	เชื่อมต่อสัญญาณภายนอกเพื่อใช้เป็นตัว Trigger

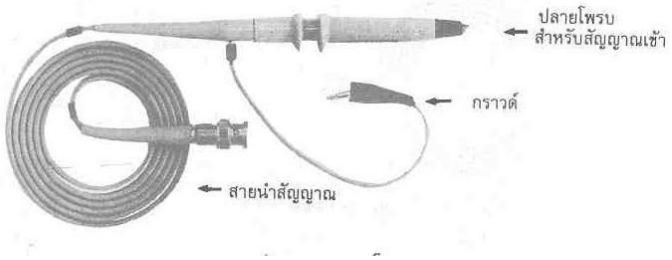
โพรบ (Probe)

การวัดสัญญาณอินพุตของสโคปนั้นจำเป็นต้องผ่านทางสายเคเบิลแกนร่วม (Coaxial cable) ซึ่งสายเคเบิลนี้เราเรียกว่า "สายโพรบ"

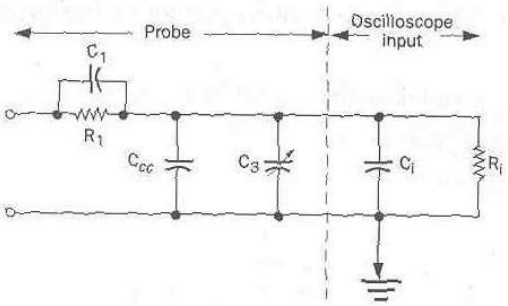
โพรบเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดสัญญาณ ถือว่าเป็นอุปกรณ์ส่วนหน้าในการวัดสัญญาณที่ต้องการตรวจสอบ โดยไม่ให้เกิดการรบกวนของสัญญาณขณะใช้งาน แล้วส่งผ่านสัญญาณให้อินพุตทางแนวตั้ง ส่วนประกอบของโพรบมี 2 อย่างคือ สายนำสัญญาณและกราวนด์ ทั้ง 2 อย่างนี้ประกอบกันโดยมีการแบ่งเป็นชั้นๆ กราวนด์จะถูกถักเป็นเปียพันรอบสายสัญญาณที่มีฉนวนหุ้มทั้งหมดอีกครั้ง สัญญาณจะผ่านตัวนำที่อยู่ตรงกลางและกราวนด์ที่อยู่รอบนอกจะเป็นตัวป้องกันสัญญาณที่ไม่ต้องการผ่านเข้าไปได้

โพรบมีอยู่หลายแบบขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น โพรบแบบพาสซีฟ (Passive probe) โพรบแบบแอกทีฟ (Active prove) โพรบวัดกระแสไฟฟ้า (Current-probe) และโพรบวัดแรงดันไฟสูง (High voltage probe) เป็นต้น โพรบที่นิยมใช้มากที่สุดจะเป็นโพรบแบบพาสซีฟ โดยเป็นแบบไม่มีการลดทอนสัญญาณ (Probe x 1) หรือ 1 : 1 และแบบลดทอนสัญญาณลง 10 เท่า (Probe x 10) หรือ 10 : 1 สายโพรบนี้จะมีค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance ; Ccc) ต่อคร่อมอยู่เพื่อป้องกันสัญญาณความถี่สูงที่จะเข้าไปปรากฏบนจอภาพ ส่วนด้านอินพุตของสโคปจะมีค่าความต้านทาน (Ri) ต่อขนานอยู่กับค่าความจุไฟฟ้า (Ci)

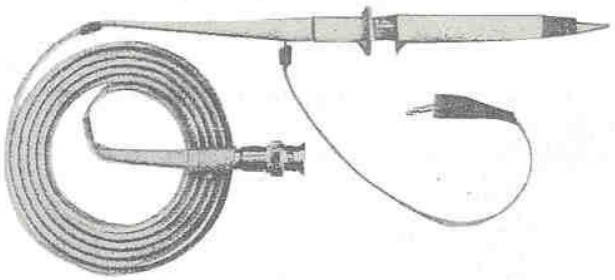




ก) โพรบขนาด 10 : 1



ข) วงจรภายในโพรบและสโคปอินพุต



ค) โพรบขนาด 1 : 1

รูปที่ 5 บล็อคไดอะแกรมของสายโพรบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ออสซิลโลสโคป
2. โพรบ

วิธีการทดลอง

<u>ตอนที่ 1</u> การเปรียบเทียบของออสซิลโลสโคป (จากปุ่ม Probe adjust) กำหนดให้ VOLT/DIV คงที่

1. ใช้โพรบสัญญาณต่อเข้าที่ขั้วต่อ CH1 OR X ของออสซิลโลสโคปโดยปรับเลื่อนสวิทช์ที่ปลายโพรบการขยายสัญญาณให้เป็น 1x
2. เปิดสวิทช์ออสซิลโลสโคปที่ power on จนเห็นไฟสีเขียวแสดงว่ามีไฟฟ้าเข้าออสซิลโลสโคปแล้วรออุ่นเครื่องประมาณ 1-2 นาที
3. ปรับปุ่มควบคุมต่างๆดังนี้

   Display

   INTENSITY ควบคุมความสว่างของเส้นแสงที่หน้าจอ

   FOCUS ปรับให้ภาพที่เห็นชัดที่สุด

   Vertical (both channels)

POSITION	Midrange
MODE	CH1(ช่องสัญญาณที่ 1)
VOLTS/DIV	.1V (1X)
VOLTS/DIV Variable	ปุ่ม CAL (หมุนตามเข็มนาฬิกาให้สุด)
Input Coupling	DC

Horizontal

POSITION	Midrange
MODE	X1
SEC/DIV	0.5mS
SEC/DIV Variable	ปุ่ม CAL (หมุนตามเข็มนาฬิกาให้สุด)

Trigger

SLOPE	_/- (ปุ่ม slope ปรับเป็นปกติ ,ไม่ต้องกดปุ่ม)
LEVEL	ปรับให้สัญญาณบนจอภาพหยุดนิ่ง
MODE	AUTO
COUPLING	AC NORM
TRIGGER SOURCE	CH1

* สังเกตดูว่าเส้นสัญญาณที่อยู่กลางจอภาพนั้นทับกันพอดีกับเส้นแกนอ้างอิงหรือไม่หากพบว่าเส้นสัญญาณเอียงให้ใช้สกรูหมุนปรับที่ปุ่ม TRACE ROTATION จนกระทั่งได้เส้นที่ดีที่สุด

4. ต่อสายกราวด์ของโพรบเข้าที่ปลอกของปุ่ม EXT INPUT และต่อปลายสายวัดเข้าที่ปุ่ม PROBE ADJUST ปรับปุ่ม LEVEL เพื่อให้สัญญาณหยุดนิ่ง
5. กดปุ่ม Input coupling ของ CH1 ไปที่ GND และปรับตำแหน่งให้อยู่บริเวณกึ่งกลางของเส้นอ้างอิงบนจอภาพ (อาจเรียกว่าเป็นการปรับค่าอ้างอิงระดับศูนย์)
6. กดปุ่ม Input coupling ของ CH1 ไปที่ AC จะสังเกตเห็นว่าคลื่นรูปสี่เหลี่ยมปรากฏอยู่ที่บริเวณกลางจอภาพ ทดลองกดปุ่ม Input coupling ไปที่ DC สังเกตว่ารูปคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกดปุ่มกลับไปที่ AC เหมือนเดิม
7. ทดลองปรับปุ่มต่าง ๆ ดังนี้และให้สังเกตว่ามีอะไรเปลี่ยนแปลงบ้าง

   POSITION control

   CH1 VOLTS/DIV

   CH1 VOLTS/DIV Variable (ปุ่ม CAL)

   SEC/DIV Variable (ปุ่ม CAL)

   HORIZONTAL MODE

   HORIZONTAL MAX

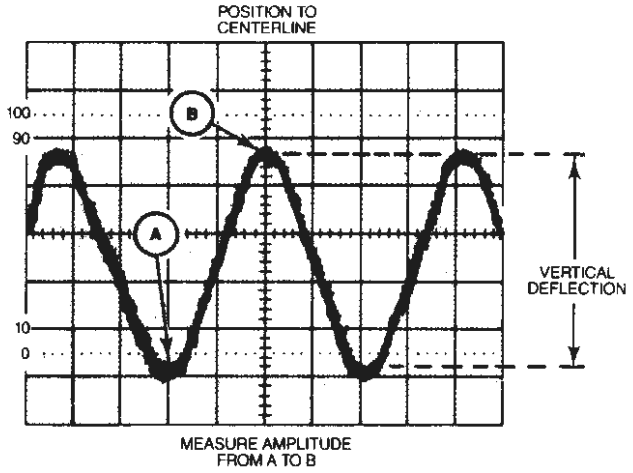
TRIGGER SLOPE

8. การอ่านค่าแรงดันยอดถึงยอดหรือ V_{p-p} ของสัญญาณ

8.1 ปรับปุ่มต่าง ๆ ดังในข้อ 3

8.2 กดปุ่ม Input coupling ไปที่ AC

8.3 สังเกตดูว่าบนหน้าจอออสซิลโลสโคปจะแบ่งเป็นตารางสี่เหลี่ยมซึ่งในตารางสี่เหลี่ยมนี้ถูกแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยทั้งแนวตั้งและแนวนอนสัญญาณที่อ่านได้ตามแนวตั้งคือค่าของความต่างศักย์และสัญญาณตามแนวราบคือค่าของคาบเวลาที่สัญญาณคลื่นใช้ในการเคลื่อนที่ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 6 การอ่านค่าสัญญาณ

8.4 การอ่านค่า V_{p-p} อ่านได้จากการนับจำนวนช่องใหญ่และเล็กตามแนวตั้งจากจุดยอดคลื่นจนถึงท้องคลื่นหรือจาก A ไปถึง B ดังรูปแล้วคูณด้วยค่าของ VOLTS/DIV ของ CH1 ก็จะได้ค่า V_{p-p}

V_{p-p} = จำนวนช่องตามแนวตั้ง X ค่า VOLTS/DIV ที่ตั้งไว้ (1)

เช่นในรูป 3 เราอ่านค่า peak-to-peak ได้จำนวนช่องเป็น 4.6 ช่องเมื่อตั้งค่า VOLTS/DIV เป็น 5V

ดังนั้น ค่า V_{p-p} = 4.6 ช่อง x 5 V/div = 22.4 Volt

8.5 การอ่านค่าคาบเวลา (T) สามารถอ่านได้จากจำนวนช่องตามแนวนอนใน 1 คาบ คูณด้วยค่า SEC/DIV และนำไปหาความถี่ได้โดย

T = จำนวนช่องตามแนวแกนนอน X ค่า SEC/DIV ที่ตั้งไว้ (2)

T = 1/f (3)

9. ให้ทำการอ่านค่า V_{p-p} และคาบเวลา (T) จาก PROBE ADJUST และเปรียบเทียบกับค่าที่เขียนติดไว้ที่ด้านล่างของปุ่มนี้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 500 mV_{p-p} และความถี่เท่ากับ 1 kHz บันทึกผลโดยการวาดรูปคลื่นสัญญาณที่ได้ลงในตารางและค่าการอ่าน V_{p-p} และคาบของคลื่น

10. คำนวณหาค่า V_{rms} และความถี่ (f) จากคลื่นที่ได้จากสูตร

$$Vrms = \frac{V_{p-p}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

โดยที่ $$V_p = \frac{V_{p-p}}{2} \quad (5)$$

11. ทำการทดลองซ้ำ แต่ปรับค่า TIME/ DIV อีก 2 ค่า

12. วิเคราะห์ผลการทดลองรวมทั้งสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

<u>ตอนที่ 2</u> การเปรียบเทียบของออสซิลโลสโคป (จากปุ่ม Probe adjust) กำหนดให้ TIME/DIV คงที่

1. ทำการทดลองเหมือนตอนที่ 1 แต่ปรับค่า VOLT/ DIV ไป 3 ค่า

2. วิเคราะห์ผลการทดลองรวมทั้งสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

<u>รายงานผลปฏิบัติการที่ 5 ออสซิลโลสโคป</u>

กลุ่มปฏิบัติการที่.....**สาขาวิชา**.....**หมู่ที่**.....

วัน.....ที่..... เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

<u>รายชื่อสมาชิกผู้ร่วมทำปฏิบัติการ</u>

1. .....รหัส..... 2. .....รหัส.....

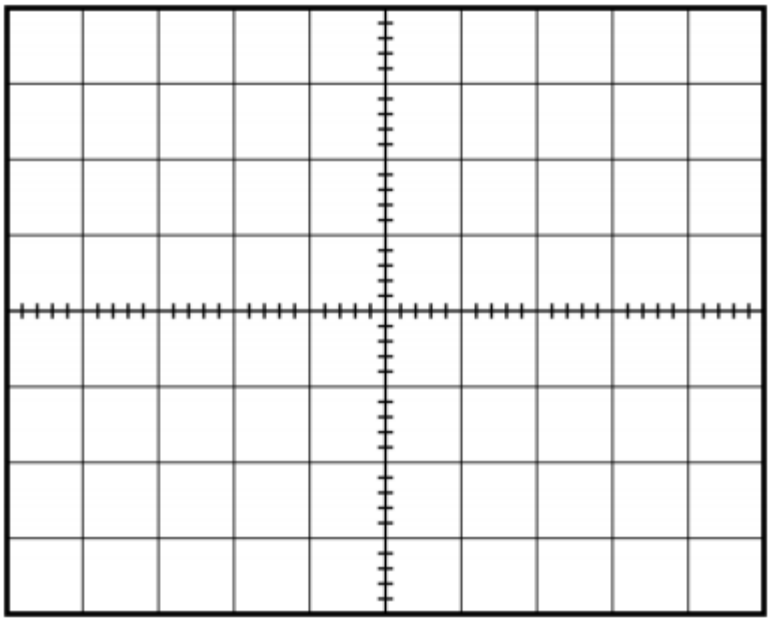
3. .....รหัส..... 4. .....รหัส.....

5. .....รหัส..... 6. .....รหัส.....

<u>ตอนที่ 1</u> การเปรียบเทียบศูนย์ของออสซิลโลสโคป (จากปุ่ม probe adjust) กำหนดให้ VOLT/DIV คงที่

1) VOLTS/DIV =..... V, TIME/DIV =.....หน่วย.....

จำนวนช่องแนวตั้งจากยอดคลื่นถึงท้องคลื่น =.....ช่อง จำนวนช่องแนวนอนใน 1 ลูกคลื่น =.....ช่อง



แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ได้จากออสซิลโลสโคป

$V_{p\text{-}p}$ =.....หน่วย....., T (คาบ) =.....หน่วย.....

จงคำนวณการวัดขนาดแรงดัน (V_{rms}) และความถี่ (f) ของสัญญาณ

.....

.....

.....

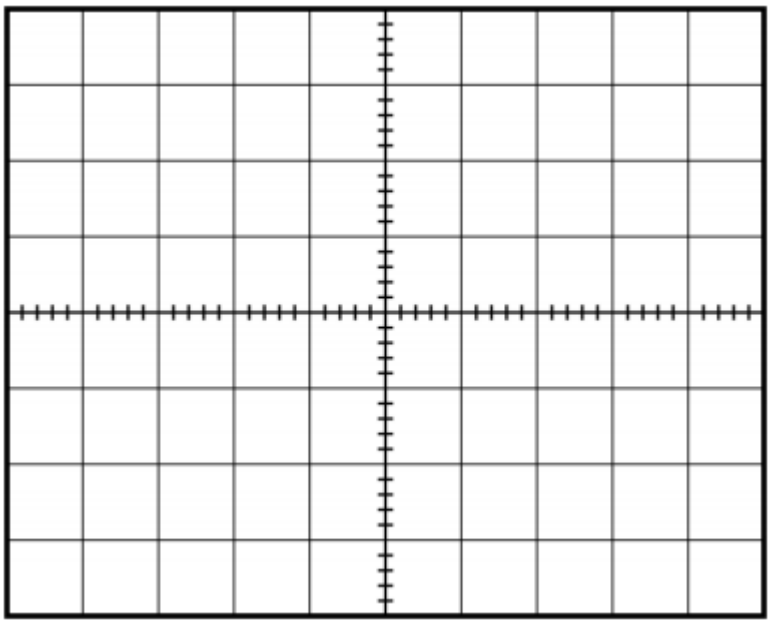
.....

.....

.....

2) VOLTS/DIV =..... V, TIME/DIV =.....หน่วย.....

จำนวนช่องแนวตั้งจากยอดคลื่นถึงท้องคลื่น =.....ช่อง จำนวนช่องแนวนอนใน 1 ลูกคลื่น =.....ช่อง



แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ได้จากออสซิลโลสโคป

V_{p-p} =.....หน่วย....., T (คาบ) =.....หน่วย.....

จงคำนวณการวัดขนาดแรงดัน (V_{rms}) และความถี่ (f) ของสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

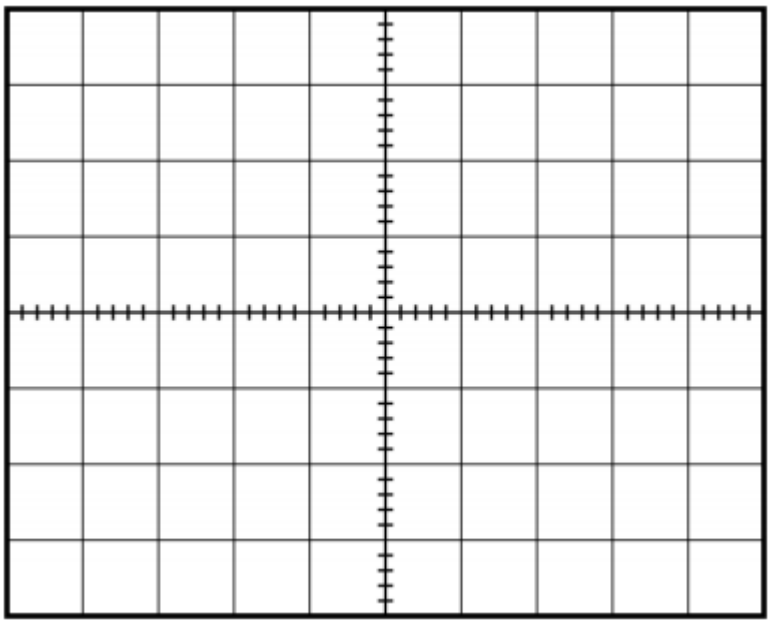
.....

.....

.....

3) VOLTS/DIV =..... V, TIME/DIV =.....หน่วย.....

จำนวนช่องแนวตั้งจากยอดคลื่นถึงท้องคลื่น =.....ช่อง จำนวนช่องแนวนอนใน 1 ลูกคลื่น =.....ช่อง



แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ได้จากออสซิลโลสโคป

V_{p-p} =.....หน่วย....., T (คาบ) =.....หน่วย.....

จงคำนวณการวัดขนาดแรงดัน (V_{rms}) และความถี่ (f) ของสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

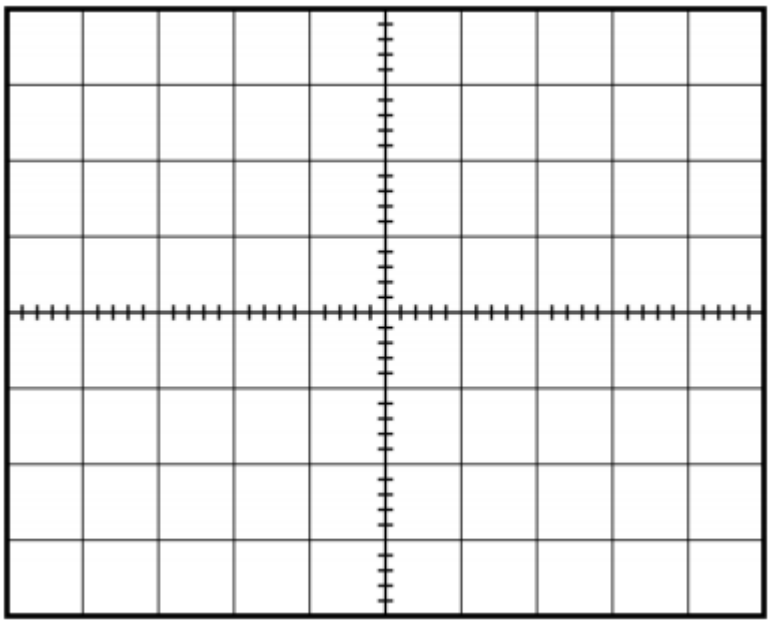
.....

.....

<u>ตอนที่ 2</u> การเปรียบเทียบศูนย์ของออสซิลโลสโคป (จากปุ่ม probe adjust)กำหนดให้ TIME/DIV คงที่

1) VOLTS/DIV =..... V, TIME/DIV =.....หน่วย.....

จำนวนช่องแนวตั้งจากยอดคลื่นถึงท้องคลื่น =.....ช่อง จำนวนช่องแนวนอนใน 1 ลูกคลื่น =.....ช่อง



แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ได้จากออสซิลโลสโคป

$V_{p\text{-}p}$ =.....หน่วย....., T (คาบ) =.....หน่วย.....

จงคำนวณการวัดขนาดแรงดัน (V_{rms}) และความถี่ (f) ของสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

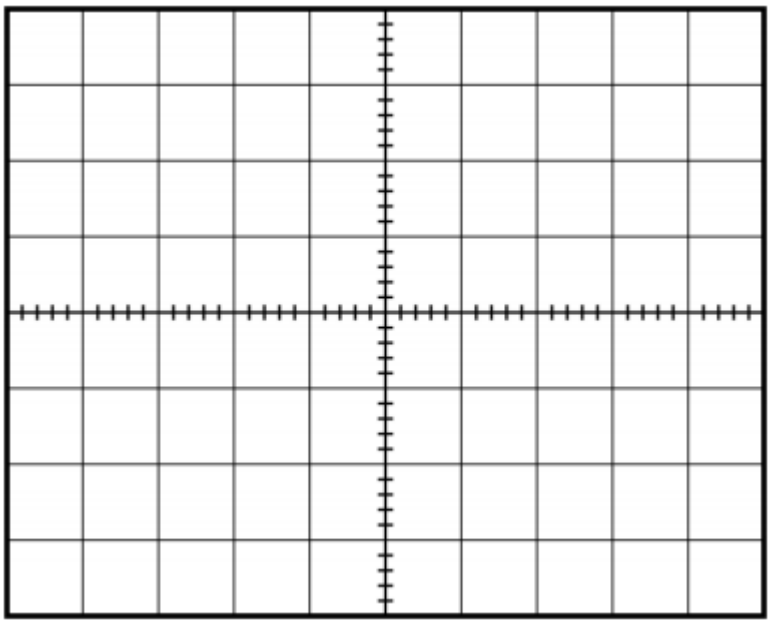
.....

.....

.....

2) VOLTS/DIV =..... V, TIME/DIV =.....หน่วย.....

จำนวนช่องแนวตั้งจากยอดคลื่นถึงท้องคลื่น =.....ช่อง จำนวนช่องแนวนอนใน 1 ลูกคลื่น =.....ช่อง



แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ได้จากออสซิลโลสโคป

V_{p-p} =.....หน่วย....., T (คาบ) =.....หน่วย.....

จงคำนวณการวัดขนาดแรงดัน (V_{rms}) และความถี่ (f) ของสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

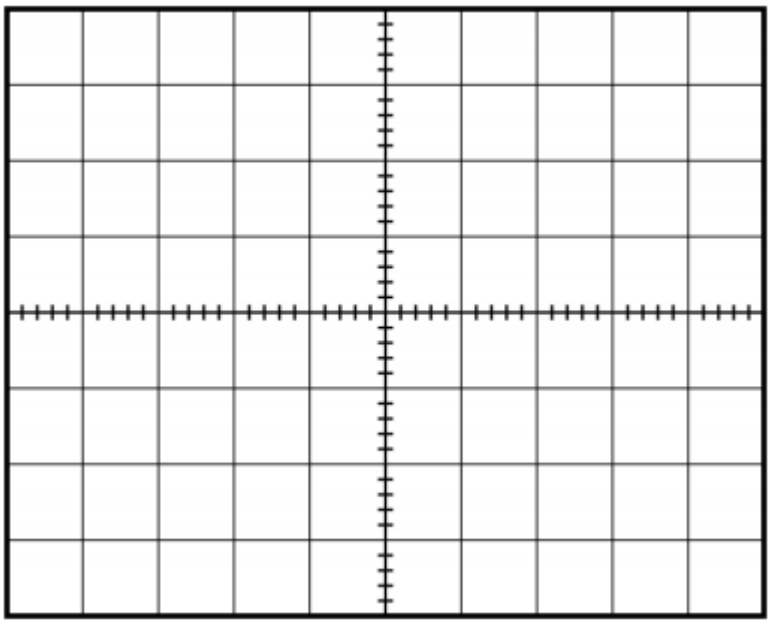
.....

.....

.....

3) VOLTS/DIV =..... V, TIME/DIV =.....หน่วย.....

จำนวนช่องแนวตั้งจากยอดคลื่นถึงท้องคลื่น =.....ช่อง จำนวนช่องแนวนอนใน 1 ลูกคลื่น =.....ช่อง



แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ได้จากออสซิลโลสโคป

V_{p-p} =.....หน่วย....., T (คาบ) =.....หน่วย.....

จงคำนวณการวัดขนาดแรงดัน (V_{rms}) และความถี่ (f) ของสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....