

**แผนการสอนรายคาบ**  
**คาบที่ 17-18 เรื่องที่สอน ออสซิลโลสโคป**  
**โดยนายรุ่งโรจน์ หนูชลี**

---

**จุดประสงค์**

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือบอกรายละเอียดเนื้อหาแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้ได้

1. เพื่อให้รู้จักความหมายของออสซิลโลสโคป
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างและส่วนประกอบของออสซิลโลสโคป
3. เพื่อศึกษาการใช้ออสซิลโลสโคป
4. เพื่อรู้จักข้อควรระวังและการบำรุงรักษาออสซิลโลสโคป

**สาระการเรียนรู้**

การวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า สามารถวัดแล้วอ่านค่าออกมาได้ทันทีจากเข็มชี้หรือตัวเลขที่แสดงที่หน้าปัดของเครื่องวัดไฟฟ้า แต่สำหรับออสซิลโลสโคป เป็นเครื่องวัดที่แสดงผลออกมาในรูปของสัญญาณ ฉะนั้นผู้ใช้งานต้องแปรผลจากรูปสัญญาณมาเป็นค่าปริมาณทางไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง

**สมรรถนะที่พึงประสงค์ (Competency)**

**1. ด้านความรู้**

1. เพื่อให้รู้จักความหมายของออสซิลโลสโคป
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างและส่วนประกอบของออสซิลโลสโคป
3. เพื่อศึกษาการใช้ออสซิลโลสโคป
4. เพื่อรู้จักข้อควรระวังและการบำรุงรักษาออสซิลโลสโคป

**2. ด้านทักษะและกระบวนการ**

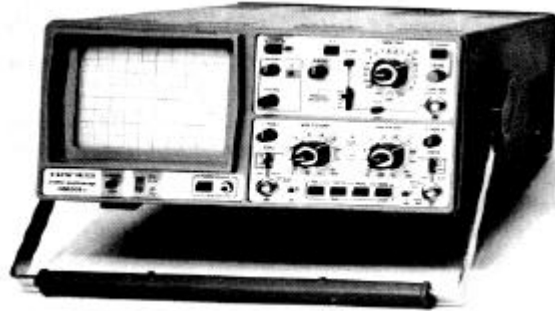
1. มีทักษะในการใช้งานออสซิลโลสโคป
2. นำความรู้เรื่องออสซิลโลสโคปไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพอื่น ๆ ได้

**3. ด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์**

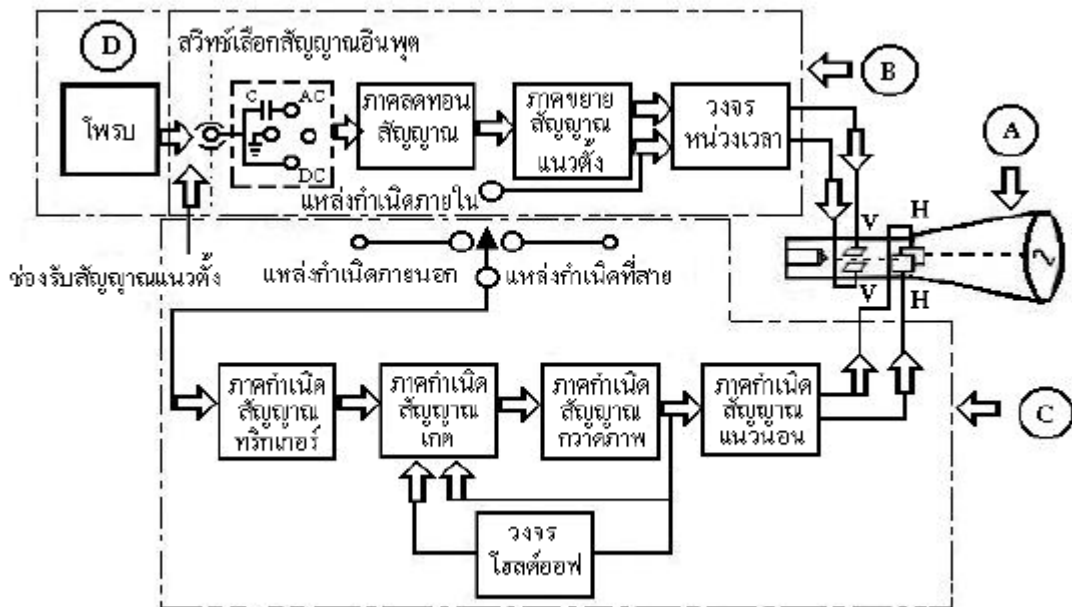
- |                     |                    |                                      |
|---------------------|--------------------|--------------------------------------|
| 3.1. ความมีวินัย    | 3.2. ความรับผิดชอบ | 3.3. ความซื่อสัตย์สุจริต             |
| 3.4. ความสนใจใฝ่รู้ | 3.5. การประหยัด    | 3.6. การละเว้นสิ่งเสพย์คิดและการพนัน |

## ออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคป เป็นเครื่องวัดที่แสดงให้เห็นภาพของรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเทียบกับเวลา และช่วยให้ทราบค่าต่าง ๆ เช่น ค่าสูงสุดหรือยอดถึงยอด(Peak to Peak) ของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ค่าคาบเวลา (period) ความถี่ ( $f$ ) และความสัมพันธ์ระหว่างเฟสของสัญญาณ ต้องการวัด เป็นต้น ตัวอย่างของออสซิลโลสโคป ดังรูป



รูป ออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ HAMEG รุ่น HM 203-6



รูป แสดงแผนภูมิส่วนประกอบที่สำคัญของออสซิลโลสโคป

รูป เป็นแผนภูมิของวงจรภายในออสซิลโลสโคป ซึ่งมีความซับซ้อนมาก และเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น จะกล่าวถึงโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญเพียงบางส่วน โดยเริ่มตั้งแต่สัญญาณเข้าสู่ออสซิลโลสโคป ผ่านส่วนประกอบที่สำคัญ จนกระทั่งเกิดภาพบนจอออสซิลโลสโคป รวมทั้งการนำออสซิลโลสโคปไปใช้งานด้วย

1. โครงสร้าง จากรูป แบ่งโครงสร้างที่สำคัญได้ 4 ส่วน คือ

1. หลอดรังสีแคโทด หรือหลอด CRT (Cathode-ray Tube) = A
2. ระบบเบี่ยงเบนแนวตั้ง (Vertical Deflection System) = B
3. ระบบเบี่ยงเบนแนวนอน (Horizontal Deflection System) = C

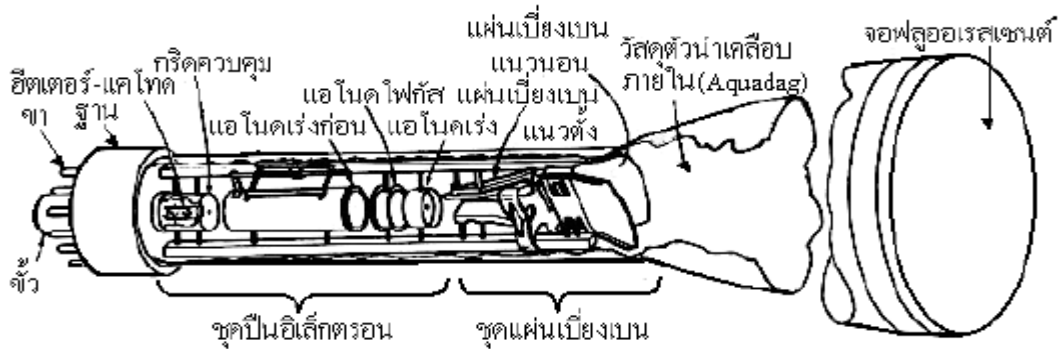
#### 4. โพรบ = D

##### 1.1. หลอดรังสีแคโทด (Cathode-Ray Tube)

หลอดรังสีแคโทด หรือหลอด CRT เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นภาพของรูปคลื่นสัญญาณ ที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณภาพจากระบบเบี่ยงเบนแนวตั้ง และสัญญาณกวาดภาพจากระบบเบี่ยงเบนแนวนอน หลอด CRT ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้

- 1) ชุดปืนอิเล็กตรอน (Electron Gun Assembly)
- 2) ชุดแผ่นเบี่ยงเบน (Deflection Plate Assembly)
- 3) จอภาพฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Screen)
- 4) หลอดแก้ว และขั้วหลอด (Glass Envelope and Base of the tube)

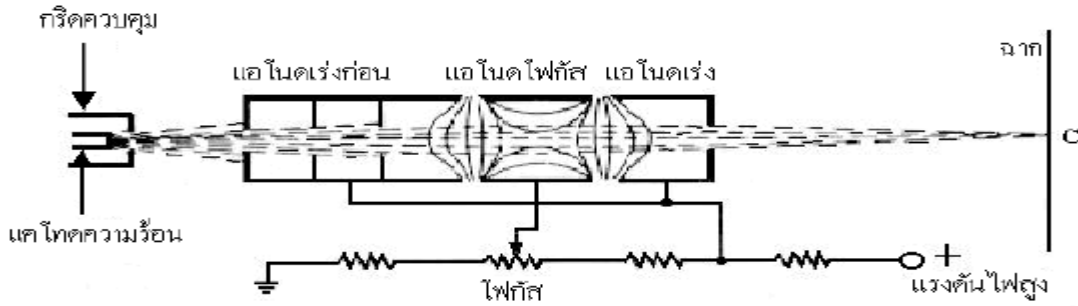
การทำงาน อาศัยหลักการบังคับการบ่ายเบนของลำอิเล็กตรอน ภายในหลอดรังสีแคโทดคือเมื่อให้ความร้อนแก่แคโทด อิเล็กตรอนจะถูกปล่อยออกมาผ่านรูเล็ก ๆ ใน กริดควบคุม(Control grid ) จำนวนอิเล็กตรอนที่ปล่อยจากแคโทดจะมีผลโดยตรงต่อความเข้มของลำอิเล็กตรอนและถูกควบคุมโดยการป้อนไบอัสให้แก่ กริดควบคุม เมื่อผ่านกริดควบคุม อิเล็กตรอนจะถูกเร่งจนมีความเร็วสูงมาก โดยผ่านแอโนดสามตัวซึ่งมีลักษณะเป็น ทรงกระบอก มีรูเล็กๆ อยู่ตรงกลางในแนวเดียวกัน คือแอโนดเร่งก่อน (Preaccelerating Anode) แอโนดปรับ โฟกัส (Focusing Anode) และแอโนดเร่ง (Accelerating Anode) ลำของอิเล็กตรอนจะพุ่งผ่านระหว่างชุดแผ่นเบี่ยงเบน 2 คู่ คือชุดเบี่ยงเบนแนวตั้ง และชุดเบี่ยงเบนแนวนอน การเบี่ยงเบนจะเป็น อิสระต่อกันทำให้ลำ อิเล็กตรอนอยู่ในตำแหน่ง ที่ต้องการ และพุ่ง ไปกระทบกับจอภาพและถ่ายเทพลังงานให้ แก่จุดที่มากกระทบ ทำให้จุดนั้นเรืองแสง



รูป แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของหลอดรังสีแคโทด

##### 1) ชุดปืนอิเล็กตรอน (Electron Gun Assembly)

ชุดปืนอิเล็กตรอน ดังรูป จะต้องทำงานร่วมกับชุดแผ่นเบี่ยงเบน (Deflection Plate Assembly) ในที่นี้จะอธิบายหลักการทำงานเฉพาะชุดปืนอิเล็กตรอนเพียงอย่างเดียว ดังนี้



รูป แสดง ส่วนประกอบที่สำคัญของปืนอิเล็กตรอน

เมื่อแคโทดความร้อน (Heater-Cathode) ได้รับพลังงานความร้อนจากการเผาไส้หลอดแล้วจะปล่อยอิเล็กตรอนผ่านรูเล็กๆ ของกริดควบคุม (Control grid) ไปยังแอโนด 3 ตัวซึ่งมีหน้าที่ดังนี้ คือ

- (1) แอโนดเร่งก่อน (Preaccelerating Anode) ทำหน้าที่บังคับลำอิเล็กตรอนไม่ให้ขยายมากเกินไป
- (2) แอโนดโฟกัส (Focusing Anode) ทำหน้าที่ปรับโฟกัสหรือรวมลำอิเล็กตรอนให้มีขนาดที่เหมาะสม

เหมาะสม

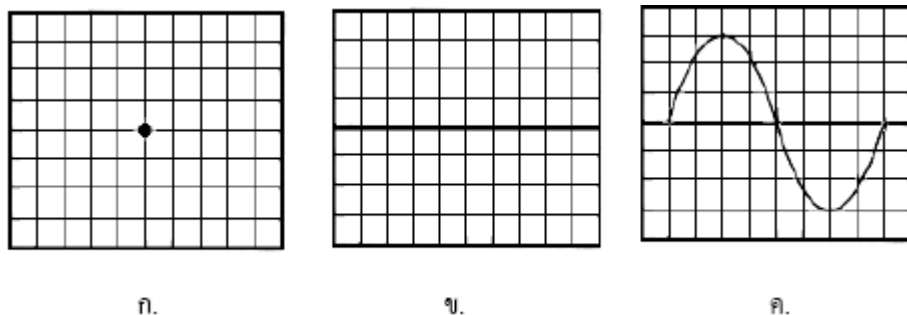
(3) แอโนดเร่ง (Accelerating Anode) ทำหน้าที่เร่งความเร็วของอิเล็กตรอนให้พุ่งกระทบกับจอภาพปรากฏเป็นจุดเรืองแสงบริเวณที่กระทบ เนื่องจากอิเล็กตรอนถ่ายเทพลังงานให้แก่จอภาพ (ที่จุด C)

**2) ชุดแผ่นเบี่ยงเบน (Deflection Plate Assembly)**

ก่อนที่ลำอิเล็กตรอนจากชุดปืนอิเล็กตรอนจะพุ่งไปถึงจอภาพได้นั้น ต้องผ่านแผ่นเบี่ยงเบน 2 ชุด คือ

- (1) แผ่นเบี่ยงเบนแนวตั้ง (Vertical Deflection Plate)
- (2) แผ่นเบี่ยงเบนแนวนอน (Horizontal Deflection Plate)

ขณะที่ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนตัวผ่านแผ่นเบี่ยงเบนทั้ง 2 คู่ จะเกิดการเบี่ยงเบนในแนวตั้งและแนวนอนซึ่งเป็นอิสระแก่กันเราจึงควบคุมลำอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่มายังตำแหน่งต่าง ๆ บนจอภาพได้ การเบี่ยงเบนดังกล่าวนี้อาศัยหลักการเบี่ยงเบนทางไฟฟ้าสถิต(Electrostatic Deflection)



รูป แสดงจุดเรืองแสงบนจอภาพ

รูป ก แสดงภาพจุดเรืองแสงบนจอภาพ ซึ่งเกิดจากลำอิเล็กตรอนจากชุดปืนอิเล็กตรอนพุ่งกระทบจอภาพโดยไม่ผ่านแผ่นเบี่ยงเบน

รูป ข แสดงเส้นภาพที่เกิดจากลำอิเล็กตรอนเคลื่อนตัวผ่านแผ่นเบี่ยงเบนแวนอนเพียงคู่เดียว

รูป ค เป็นภาพซึ่งเกิดจากลำอิเล็กตรอนเคลื่อนตัวผ่านแผ่นเบี่ยงเบนทั้งชุดแนวตั้งและชุดแวนอน

### 3) จอภาพฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Screen)

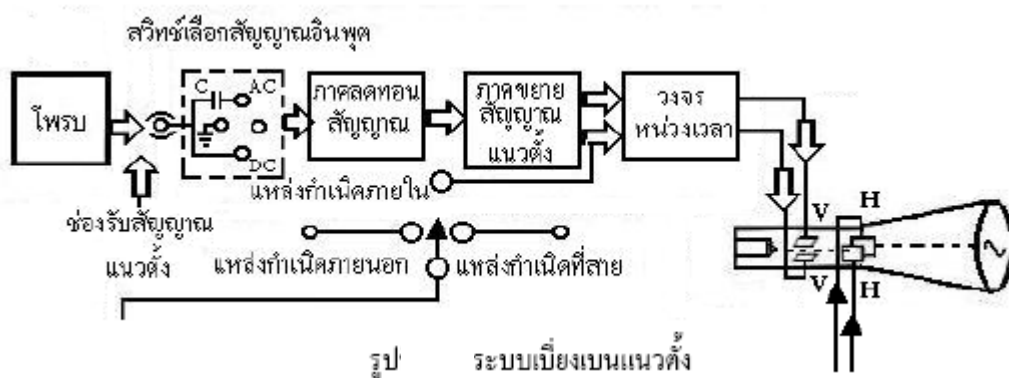
หมายถึงจอที่อยู่ด้านหน้าสุดของหลอดรังสีแคโทด ฉาบด้วยสารเรืองแสงฟอสเฟอร์ (Phosphor) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดแสงสว่างบนจอภาพ เมื่อถูกกระทบด้วยลำอิเล็กตรอนที่มีความเร็วและ กำลังสูง จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสง ทำให้จอภาพเรืองแสง แม้จะหยุดจ่ายลำ อิเล็กตรอนแล้ว สารฟอสเฟอร์ก็ยังคงเรืองแสงอีกชั่วขณะหนึ่ง เป็นการป้องกันการกระพริบของรูปภาพบนจอ

### 4) หลอดแก้ว และขั้วหลอด (Glass Envelope and Base of the tube)

ขั้วหลอดทำหน้าที่เป็นทางผ่านให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปจุดไส้หลอดของแคโทด ส่วนหลอดแก้วเป็นอุปกรณ์หุ้มส่วนประกอบที่สำคัญต่าง ๆ ของหลอดรังสีแคโทด ทำด้วยแก้วทนความร้อนสูง

## 1.2 ระบบเบี่ยงเบนแนวตั้ง (Vertical Deflection System)

ระบบเบี่ยงเบนแนวตั้ง เป็นระบบควบคุมให้รูปคลื่นหรือสัญญาณอินพุต (input) ที่เข้าไปในจอภาพ เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เช่น ขนาด (amplitude) ของสัญญาณภาพช่วงกว้างของการใช้งาน (band width) เป็นต้น



องค์ประกอบของระบบเบี่ยงเบนแนวตั้ง ดังรูป ประกอบด้วย

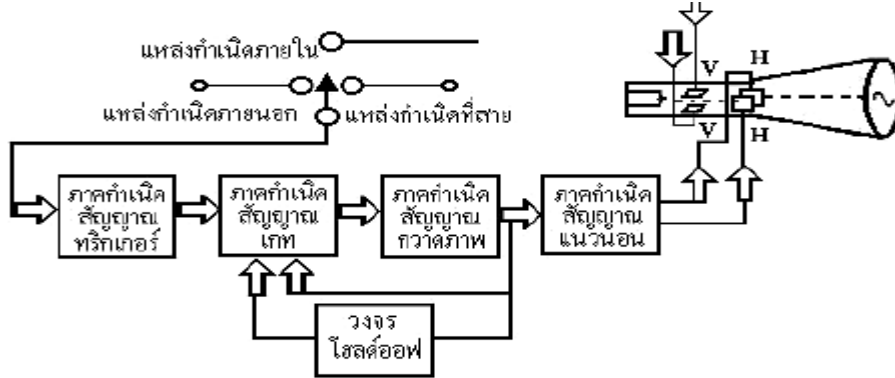
1. สายวัดหรือโพรบ (Probe)
2. สวิทซ์เลือกสัญญาณอินพุต ของระบบเบี่ยงเบนแนวตั้ง (Input Selector Switch)
3. ภาคลดทอนสัญญาณ (Attenuator network)
4. ภาคขยายสัญญาณแนวตั้ง (Vertical Amplifier)
5. วงจรหน่วงเวลา (Delay Line)

หลักการการทำงานของระบบเบี่ยงเบนแนวตั้งมีดังนี้คือ เมื่อโพรบได้รับสัญญาณจากวงจรที่ต้องการตรวจวัดจะส่งสัญญาณไปยังสวิทซ์เลือกสัญญาณอินพุต เพื่อจะเลือกสัญญาณที่เหมาะสมส่งต่อไปยังภาคลดทอนสัญญาณ ซึ่งมีหน้าที่ลดทอนสัญญาณให้มีขนาดตามต้องการ แล้วจึงส่งสัญญาณแนวตั้ง เพื่อขยาย

สัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จนกระทั่งทำให้ลำอิเล็กตรอนเบี่ยงเบนได้หลังจากนั้นสัญญาณดังกล่าวจึงถูกส่งไปยังแผ่นเบี่ยงเบนแนวตั้ง (V) เข้าสู่หลอด CRT

### 1.3 ระบบเบี่ยงเบนแนวนอน (Horizontal Amplifier System)

ระบบเบี่ยงเบนแนวนอน ทำหน้าที่ส่งสัญญาณภาพกวาดไปยังแผ่นเบี่ยงเบนแนวนอน ดังรูป



รูป ระบบเบี่ยงเบนแนวนอน

ส่วนประกอบของระบบเบี่ยงเบนแนวนอน มีดังนี้

1. สวิตช์เลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณทริกเกอร์หรือสัญญาณอินพุตของระบบเบี่ยงเบนแนวนอน (Trigger Selector Switch)
2. ภาคกำเนิดสัญญาณทริกเกอร์ (Trigger Generator)
3. ภาคกำเนิดสัญญาณแกท (Sweep Gating Multibrator)
4. ภาคกำเนิดสัญญาณกวาดภาพ (Sweep Generator)
5. ภาคขยายสัญญาณแนวนอน (Horizontal Amplifier)
6. วงจรโฮลด์ออฟ (Hold off)

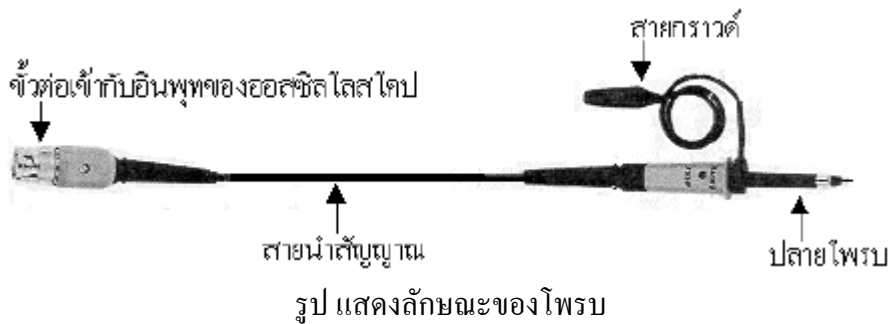
หลักการทำงานของระบบเบี่ยงเบนแนวนอน จากรูป แหล่งกำเนิด

สัญญาณ ทริกเกอร์หรือสัญญาณอินพุตของระบบเบี่ยงเบนแนวนอน แบ่งออกเป็นแหล่งกำเนิดภายใน (Internal Source; INT) จะได้รับสัญญาณอินพุตจากภาคขยายสัญญาณแนวตั้ง แหล่งกำเนิดภายนอก (External Source; EXT) จะได้รับสัญญาณอินพุตจากแหล่งกำเนิดภายนอกของออสซิลโลสโคป ส่วนแหล่งกำเนิดที่สายหรือ Line ที่จ่ายให้ออสซิลโลสโคป ดังนั้นสวิตช์เลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณอินพุต ของระบบเบี่ยงเบนแนวนอนจะทำหน้าที่เลือกสัญญาณจากแหล่งกำเนิดที่เหมาะสม แล้วส่งไปยังภาคกำเนิดสัญญาณทริกเกอร์ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณอินพุตเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม หรือ เรียกว่าสัญญาณทริกเกอร์พัลส์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการกวาดภาพ ซึ่งส่งสัญญาณไปยังภาคกำเนิดสัญญาณแกท และภาคกำเนิดสัญญาณกวาดภาพ และทำงานสัมพันธ์กัน คือเมื่อสัญญาณแกทเป็นศูนย์ ตัวเก็บประจุในภาคกำเนิดสัญญาณกวาดภาพจะเริ่มเก็บประจุ หรือเริ่มสร้างสัญญาณกวาดภาพด้วยเวลาที่สัญญาณที่ออกจากภาคกำเนิดสัญญาณกวาดภาพจึงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ปรากฏขึ้นที่จอภาพ จนกระทั่งสัญญาณกวาดภาพมีขนาดตามที่ต้องการ ซึ่งสัญญาณกวาดภาพจะย้อนกลับมาที่ภาคกำเนิดสัญญาณแกทและวงจรโฮลด์ออฟ เมื่อภาคกำเนิดสัญญาณ

เกทได้รับสัญญาณจากภาค กำเนิดสัญญาณกวาดภาพ ก็จะกลับสัญญาณเอาพุตไม่ให้เป็นศูนย์ ทำให้ตัวเก็บประจุในภาคกำเนิดสัญญาณกวาดภาพคายประจุอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งสัญญาณกวาดภาพหมดไปในลักษณะย้อนกลับ ในขณะที่เดียวกันวงจรขาเข้าของภาคกำเนิดสัญญาณเกทเปิดออก เพื่อรับสัญญาณทริกเกอร์พัลส์ ี เข้าสู่ ัญญาณเกทอีกครั้ง ส่วนวงจร โฮลด์ออฟ จะทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณทริกเกอร์ ัลส์ ีไม่ให้เข้าสู่ภาคสัญญาณเกทได้ จนกว่าตัวเก็บประจุจะคายประจุหมด เมื่อมีสัญญาณกวาดภาพส่งมายังภาคขยายสัญญาณแวนอน ซึ่ง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณดังกล่าวให้มีขนาดใหญ่ จนกระทั่งเบี่ยงเบน ถ้า อิเล็กตรอนแล้วส่งไปยังแผ่นเบี่ยงเบนแวนอนต่อไป

### 1.4 โพรบ (Probe)

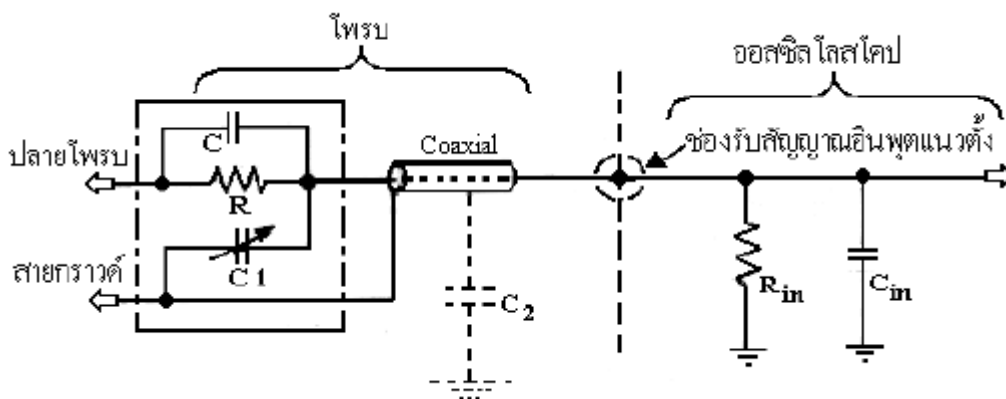
โพรบเป็นอุปกรณ์ร่วมในการใช้งานออสซิลโลสโคป ทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณจากวงจรที่ต้องการตรวจวัดไปยังช่องรับสัญญาณอินพุต (input) แนวตั้งของออสซิลโลสโคปลักษณะของโพรบ แสดงดังรูป



โพรบแบ่งตามประเภทการใช้งานได้ดังนี้

- 1) โพรบแรงดันไฟฟ้าแบบพาสซีฟ (Passive Probes)
- 2) โพรบแรงดันไฟฟ้าแบบแอคทีฟ (Active Probes)
- 3) โพรบกระแสไฟฟ้า (Current Probes)

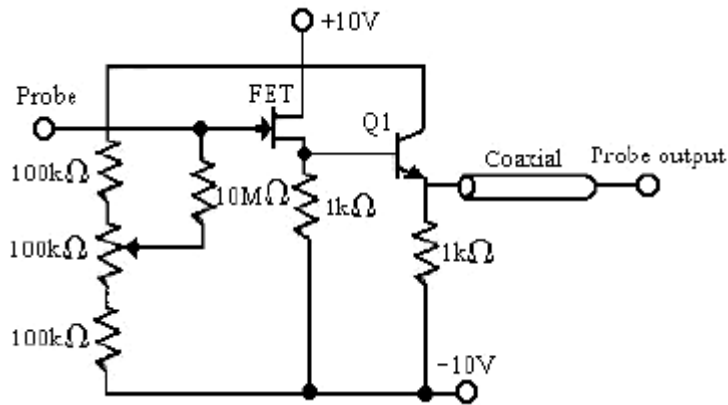
1) โพรบแรงดันไฟฟ้าแบบพาสซีฟ เป็นโพรบที่นิยมใช้มากที่สุด ไม่มีการขยายทำหน้าที่ส่งผ่านและลดทอนสัญญาณ ประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และขดลวด ที่พบบ่อยได้แก่ แบบไม่ลดทอนสัญญาณ (Probes x 1) และแบบลดทอนสัญญาณ (Probes x 10หรือ Probes x 100)



### รูป โพรบวัดแรงดันไฟฟ้าแบบพาสซีฟ

รูป แสดงโพรบแบบลดทอนสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วยความต้านทาน R และคาปาซิเตอร์ C ต่อขนานกัน สายวัดแกนร่วม (coaxial) ซึ่งมีค่า C2 อยู่ใน ส่วนคาปาซิเตอร์ C1 ซึ่งปรับค่าได้เพื่อใช้ในการสอบเทียบโพรบว่ามีค่าความผิดเพี้ยน (distort) ในการส่งผ่านสัญญาณหรือไม่ จากรูปโพรบต่อเข้ากับช่องรับสัญญาณ input ของระบบเบี่ยงเบนแนวตั้งที่ภาค input ของออสซิลโลสโคปนี้ประกอบความต้านทาน  $R_{in}$  และคาปาซิเตอร์  $C_{in}$  การสอบเทียบโพรบ ว่ามีความผิดเพี้ยนหรือไม่ นั่น คือ การปรับค่าคงที่ของเวลา ( $T = RC$ ) ในโพรบกับค่าคงที่ของเวลาในออสซิลโลสโคปให้เท่ากัน ดังนั้น ในกรณีที่โพรบเกิดการผิดเพี้ยน (distort) ต้องปรับค่า C1 เพื่อชดเชยให้โพรบมีค่าคงที่ของเวลาเท่ากับค่าคงที่ของเวลาในออสซิลโลสโคป

2) โพรบแรงดันไฟฟ้าแบบแอคทีฟ เป็นโพรบที่มีวงจรมีขยายกำลังการกึ่งตัวนำอยู่ด้วย สามารถขยายสัญญาณให้แรงขึ้นที่หัวโพรบชนิดนี้มีวงจรมีขยายนสัญญาณซึ่งประกอบด้วย FET และทรานซิสเตอร์ Q1 ดังรูป เพื่อทำให้ input impedance ของโพรบมีค่าสูง นำไปใช้ในการวัดสัญญาณ input ที่มีความถี่สูงได้



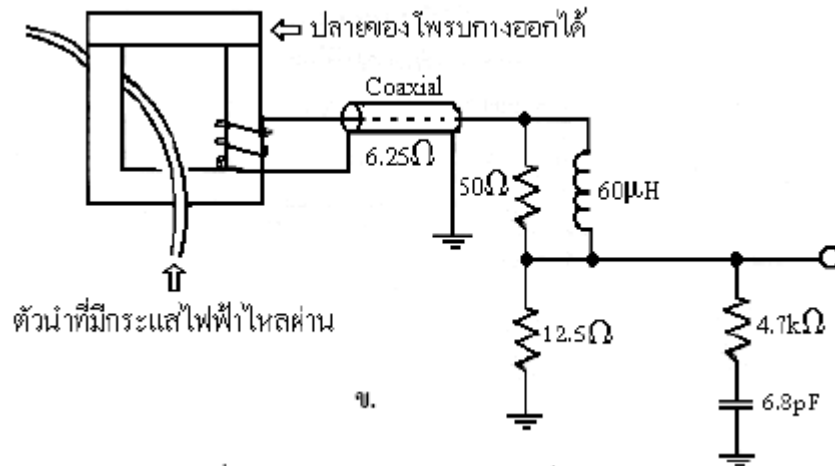
รูป โพรบวัดแรงดันไฟฟ้าแบบแอคทีฟ

3) โพรบวัดกระแสไฟฟ้า ดังรูป จะส่งผ่านสัญญาณจากวงจรที่ต้องการตรวจวัดไปยังช่องรับสัญญาณ input โดยอาศัยหลักการของ Current Transformer โพรบชนิดนี้มีปลายที่กางออกได้สำหรับใส่สายตัวนำซึ่งมีกระแสไฟฟ้าอยู่ในกระแสไฟฟ้านี้ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าที่ต้องการวัด



ก.





รูป แสดงโพรบวัดกระแสไฟฟ้าและวงจรภายใน