ปีการศึกษา 2532

ออสซิลโลสโคป

โดย

นายศุภลักษณ์ แซ่ตั้ง 29.1215

นายศิริชัย เกียรติกมลวงศ์ 29.1226

นายสุนทร วิศาลการัณย์ 29.1253

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ประภากร สุวรรณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026923

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

เรื่อง ออสซิลโลสโคป

ผู้จัดทำ

1. นายศุภลักษณ์ แซ่ตั้ง 29.1215

2. นายศิริชัย เกียรติกมลวงศ์ 29.1226

3. นายสุนทร วิศาลการัณย์ 29.1253

ประภากร อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

026923

ออสซิลโลสโคป

(Oscilloscope)

นาย ศุภลักษณ์ แซ่ตั้ง 29.1215

นาย ศิริชัย เกียรติกมลวงศ์ 29.1226

นาย สุนทร วิศาลการัณย์ 29.1253

อาจารย์ที่ปรึกษา:

อาจารย์ประภากร สุวรรณะ

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ออสซิลโลสโคป เป็นเครื่องมือวัดทางอิเลคทรอนิคส์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะสามารถให้รายละเอียดของสัญญาณได้มากกว่ามิเตอร์ คือสามารถดูลักษณะของรูปคลื่น วัดคาบเวลาวัดขนาดของรูปคลื่นตามส่วนต่างๆ ในรายละเอียดได้

ชิ้นงานตามสเปคที่ตั้งไว้ จะเป็นออสซิลโลสโคปขนาด 10 เมกะเฮิรตซ์ โซลิทสเตท โดยวงจรทางอินพุทใช้ ไบโพล่าแบบเฟท เพื่อต้องการให้มี อินพุทอิมพิแดนซ์สูง และมีการใช้จอภาพแบบหลอดคาโทดเรย์ (CRT) ขนาด 8 ซม. * 10 ซม. เป็นจอแสดงผลซึ่งแสดงผลในแบบโปรเกรสซีฟ

วงจรหลักของออสซิลโลสโคปที่สำคัญมี 5 ส่วนได้แก่

1. ภาคอินพุท
2. ภาคขยายแนวตั้ง
3. ภาคทริกอินพุทและภาคขยายอินพุทแนวนอน
4. ภาคกำเนิดสัญญาณการกวาด
5. ภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1 :	บทนำ	1
บทที่ 2 :	ออสซิลโลสโคป	3
	2.1 ทำไมเราจึงมองเห็นรูปคลื่นได้ ?	3
	2.2 หลอดภาพหรือหลอดคาโทดเรย์คืออะไร ?	5
	2.3 หลักการทำงานพื้นฐานของออสซิลโลสโคป	7
	2.4 การทำงานของแกนแนวตั้ง	11
	2.5 การทำงานของแกนแนวนอน	16
	2.6 การปรับแต่งรอบๆ หลอดภาพ	25
	2.7 ปุ่มควบคุมต่างๆของออสซิลโลสโคป	30
	2.8 การทำงานของวงจร	39
	2.9 การทำงานภายในวงจรโดยละเอียด	41
บทที่ 3 :	การคำนวณและการสร้าง	46
	3.1 วงจรภาคจ่ายไฟ	46
	3.2 วงจรภาคอินพุท	49
	3.3 วงจรภาคขยายแนวตั้ง	49
	3.4 ภาคทริกอินพุทและภาคขยายแนวนอน	49
	3.5 วงจรภาคกำเนิดสัญญาณการกวาด	55
บทที่ 4 :	การทดลองและผลการทดลอง	58
	4.1 ภาคจ่ายไฟและหลอดคาโทดเรย์	58
	4.2 ภาคอินพุทซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1A และ 1B	58
	4.3 ภาคขยายแนวตั้ง	61
	4.4 วงจรทริกอินพุทและภาคขยายแนวนอน	63
	4.5 ภาคกำเนิดสัญญาณการกวาด	65
	4.6 เมื่อต่อวงจรภาคต่างๆเข้าด้วยกันและต่อเข้าหลอดคาโทดเรย์	66
บทที่ 5 :	บทวิจารณ์และสรุป	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก A : รายการอุปกรณ์ A
ภาคผนวก B : รูปแสดงจงจรภาคต่างๆ B
กิตติกรรมประกาศ
หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

สัญญาณไฟฟ้าที่วิ่งวนไปตามส่วนต่างๆ ของวงจรไฟฟ้าอิเลคททรอนิคส์นั้นเป็นสิ่งที่เราไม่สามารถจะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ และไม่สามารถสัมผัสมันด้วยโสตประสาทอื่นๆ ได้ ดังนั้นออสซิลโลสโคปจึงเปรียบเหมือนนัยน์ตาของเรา ในการวัดดูการเปลี่ยนรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าตามส่วนต่างๆ ของวงจร เพื่อใช้ในการศึกษาและซ่อมแซมอุปกรณ์

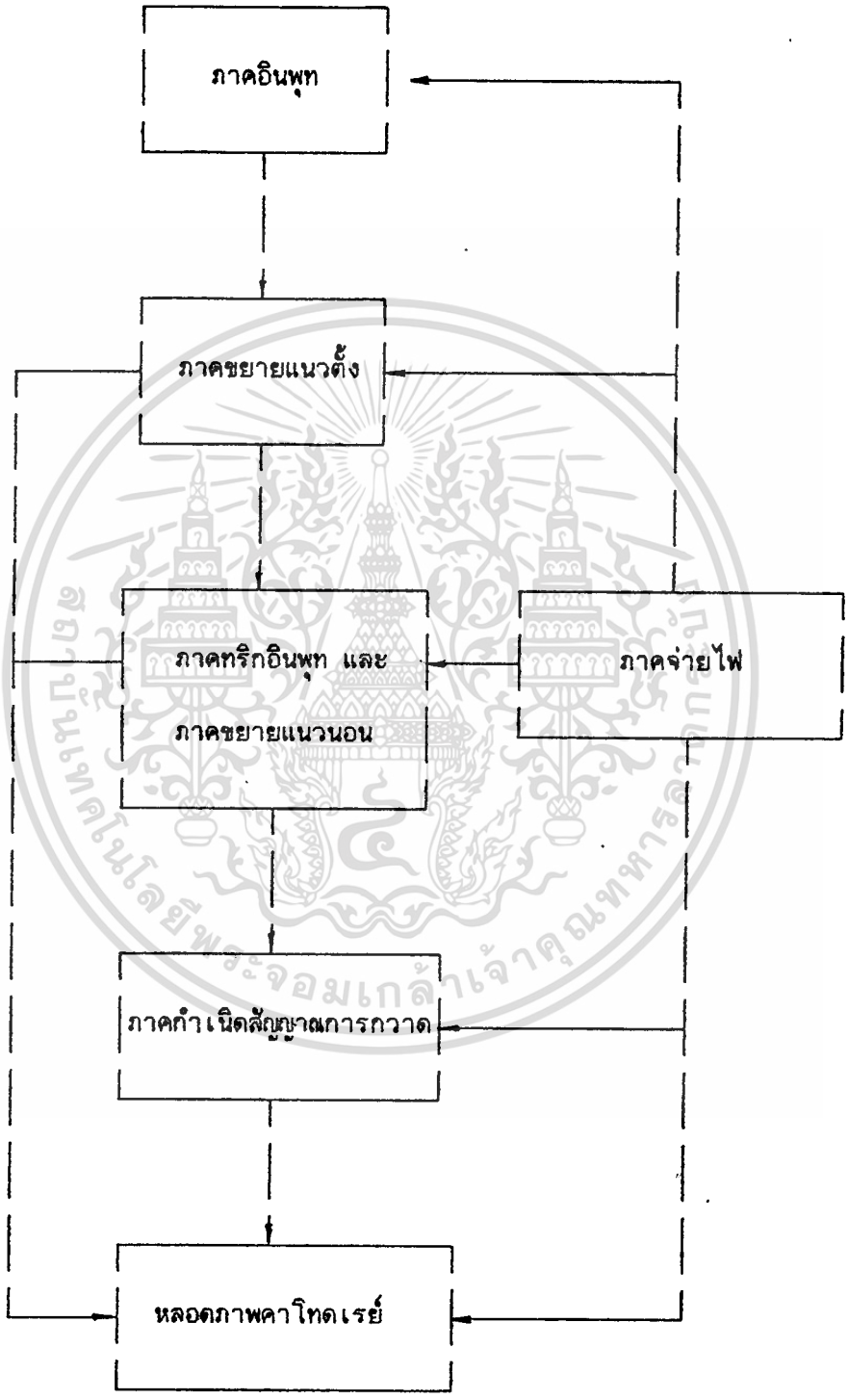
ออสซิลสโคปเป็นเครื่องวัดที่มีประวัติความเป็นมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2440 เมื่อ คาร์ล เฟอร์ดิเนด์ บราวน์ (Karl Ferdinand Braun) นักประดิษฐ์ชาวเยอรมันได้สร้างจอภาพหรือที่เราเรียกกันว่า หลอดบราวน์ (Braun Tube) ได้สำเร็จโดยการฉาบสารเรืองแสงที่จอภาพแล้วใช้ปืนยิงอิเลคตรอนไปกระทบบนจอภาพ จะเห็นเป็นจุดสว่าง หลักการของจอภาพในปัจจุบันที่เรามักเรียกชื่อว่า หลอดคาโทดเรย์ (Cathode Ray Tube) หรือที่เรียกย่อว่า CRT ก็เป็นหลักการเดียวกัน จอภาพนี้นอกจากจะนำมาใช้ทำเครื่องรับโทรทัศน์แล้ว ได้มีบริษัทในประเทศสหรัฐอเมริกานำมาใช้ที่เครื่องออสซิลสโคป สำหรับใช้ในการดูรูปคลื่นไฟฟ้าได้สำเร็จในปี พ.ศ. 2473

ออสซิลสโคป เครื่องแรกก็มีการทำงานที่ไม่แตกต่างจากออสซิลสโคปที่เราใช้กันในปัจจุบัน คือ การแสดงภาพรูปคลื่นบนจอภาพนั้น ทางแกนตั้งเป็นขนาดแรงดันของรูปคลื่น ส่วนทางแกนนอนจะเป็นเวลา ออกซิลสโคปในระยะหลังนี้จะมีการปรับปรุงทางด้านวงจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ใช้ชิ้นส่วนและองค์ประกอบวงจรที่มีขนาดเล็กลง เช่น ทรานซิสเตอร์ ไอซี ทำให้ออสซิลสโคปมีความสามารถสูงขึ้น ใช้งานได้ทนทานขึ้น และที่สำคัญราคาถูกลงมาก จนบรรดานักเล่นอิเลคทรอนิคส์ พอที่จะหาซื้อหามาใช้งานส่วนตัวกันได้

แม้ออสซิลโลสโคปจะเป็นเครื่องวัดประจำตัวที่สำคัญก็ตามแต่ก็มีนักเล่นอิเลคทรอนิคส์บางส่วนเท่านั้นที่รู้เรื่อง ออสซิลสโคปอย่างละเอียด ไม่ว่าจะเป็นหลักการทำงานของเครื่องและเทคนิคการใช้งานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออสซิลโลสโคป แบ่งตามหน้าที่การทำงานได้ 5 ภาค ตามหลอดไดอะแกรม ข้างล่างดังนี้



หลักการทำงานของออสซิลโลสโคปละเอียดจะกล่าวไว้ในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ออสซิลโลสโคป

2.1 ทำไมเราจึงมองเห็นรูปคลื่นได้?

คงเป็นที่ทราบกันดีโดยทั่วไปแล้วว่า เราสามารถใช้ออสซิลโลสโคปเพื่อสังเกตดูรูปคลื่นหรือสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนค่าไปตามเวลา (หรือเรียกว่าเป็นฟังก์ชันของเวลา) ได้ ยกตัวอย่างรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นรูปคลื่นของแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาด 220 โวลท์ที่ใช้กันอยู่ตามบ้านเรือนทั่วไปในขณะใช้ออสซิลโลสโคปเพื่อสังเกตดูรูปคลื่นเราปรับปุ่มของสโคปไว้ที่ 2 ms/DIV (0.002 วินาทีต่อช่อง) ถ้าหากเราพิจารณาจากรูปจะเห็นได้ว่า ช่วงคาบของรูปคลื่น เป็นช่วงระยะทาง 10 ช่อง ซึ่งก็คือเป็นช่วงเวลา 20 มิลลิวินาที ดังนั้นเมื่อเราต้องการทราบความถี่ของรูปคลื่น เราก็อาจคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

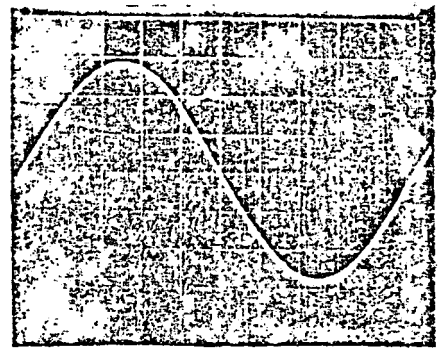
ความถี่รูปคลื่น = 1/(ช่วงคาบของรูปคลื่น)

= 1/(20 * 10^{-3} วินาที)

= 50 เฮิรตซ์

นอกจากนี้จากการสังเกตดูด้วยออสซิลโลสโคป เรายังสามารถเห็นได้ว่ารูปคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงค่าจากลบ---บวก---ลบ สลับกันไป ซึ่งทำให้เรารู้ว่าสัญญาณไฟฟ้าที่เรากำลังตรวจวัดอยู่นั้นเป็นไฟสลับ

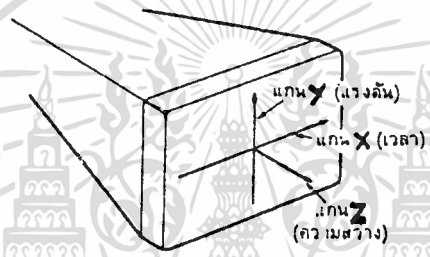
ในการสังเกตดูรูปคลื่นสัญญาณนั้น องค์ประกอบที่มีส่วนสำคัญมากก็คือหลอดแคโทดเรย์ ซึ่งทำหน้าที่แสดงรูปคลื่นต่างๆ ให้เราเห็นได้ โดยทั่วไป



รูปที่ 2.1 รูปคลื่นของแรงเคลื่อนไฟฟ้าสลับขนาด 220 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรามักกำหนดแกน X และ Y ให้แก่หลอดแคโทดเรย์ โดยให้"แกน X" ตรงกับ "แกนเวลา" และ "แกน Y" ตรงกับ "แกนแรงดัน" (ดูรูปที่ 2.2 ประกอบ) ค่าแรงดันในช่วงเวลาหนึ่งๆ จะปรากฏเป็นจุดสว่างบนหลอดแคโทดเรย์ และภาพปรากฏของสัญญาณที่เราเห็นก็คือจุดสว่างนับจำนวนไม่ถ้วนที่เรียงตัวอย่างถี่ยิบจนเราเห็นเป็นเส้นนั่นเอง เราอาจกำหนดแกนอีกแกนคือ "แกน Z"ให้หมายถึง "ความสว่าง" ของจุด (หรือรูปคลื่นสัญญาณ)



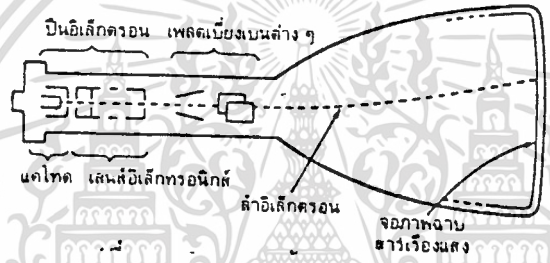
รูปที่ 2.2 การกำหนดแกนต่างๆ ให้แก่หลอดภาพ

จากคำอธิบายข้างต้น เราจะเห็นได้ว่า ออสซิลโลสโคปก็คือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่แสดงรูปคลื่นซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญสามส่วนได้แก่ เวลา(แกน X) แรงดัน (แกน Y) และความสว่าง (แกน Z) การใช้ออสซิลโลสโคปเพื่อสังเกตดูรูปคลื่นสัญญาณหรือปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ ก็ทำได้โดยผสมผสานองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้ให้สอดคล้องกับสภาพสัญญาณหรือปรากฏการณ์ทางไฟฟ้านั้นๆ เพื่อจะได้รูปคลื่นสัญญาณอย่างถูกต้อง เราจะอธิบายถึงหลักการทำงานเหล่านี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลอดภาพหรือหลอดแคโทดเรย์คืออะไร?

หลอดภาพหรือหลอดแคโทดเรย์ นับเป็นหลอดสุญญากาศชนิดหนึ่งหลอดภาพยังสามารถแบ่งออกได้เป็นชนิดต่างๆ ได้ตามจุดประสงค์การใช้งานซึ่งจะอธิบายในรายละเอียดภายหลัง อย่างไรก็ตามหลอดภาพต่างๆ เหล่านี้จะมีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของหลอดภาพ

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่า โครงสร้างพื้นฐานของหลอดภาพจะประกอบด้วยปืนอิเล็กตรอนและจอภาพฉาบสารเรืองแสง โดยมีเพลตเบี่ยงเบนต่างๆ คั่นอยู่ตรงกลาง ในส่วนของปืนอิเล็กตรอนนั้น อิเล็กตรอนจะได้จากการเพิ่มพลังงานแก่แคโทดโดยอาศัยความร้อน ปริมาณอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะถูกควบคุม โดยการปรับเปลี่ยนค่าแรงดันที่ขั้วกริดเมื่อเทียบกับแรงดันที่ขั้วแคโทด ซึ่งยังผลให้ปริมาณของอิเล็กตรอนที่พุ่งกระทบจอภาพมีจำนวนมากน้อยต่างกัน อันทำให้ความสว่างที่เกิดขึ้นมีมากน้อยต่างกันด้วย อิเล็กตรอนที่เกิดจากการเผาไส้แคโทดดังกล่าวนี้จะผ่านเลนส์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอาจเป็นแบบโครงสร้างสามขั้วหรือสี่ขั้วก็ได้ ทำให้อิเล็กตรอนถูกโฟกัสให้

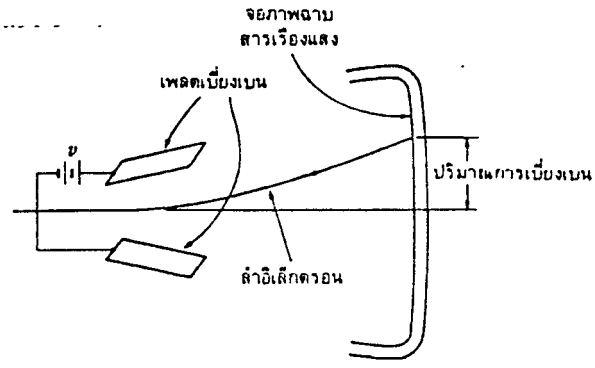
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายเป็นลำอิเล็กตรอน ลำอิเล็กตรอนนี้จะถูกเบี่ยงเบนโดยเพลตเบี่ยงในแนวราบและแนวดิ่ง ก่อนที่จะพุ่งกระทบจอภาพในที่สุด สำหรับวิธีการในการเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอนนี้อาจแบ่งออกเป็น **การเบี่ยงเบนแบบแม่เหล็กไฟฟ้า** (MAGNTEIC DEFLECTION) กับ **การเบี่ยงเบนแบบไฟฟ้าสถิต** (ELECTROSTATIC DEFLECTION)

ในจอหลอดภาพโทรทัศน์เราใช้หลอดภาพซึ่งทำงานโดยอาศัยการเบี่ยงเบนแบบแม่เหล็กไฟฟ้า แต่สำหรับกรณีออสซิลโลสโคปนั้น เนื่องจากรูปคลื่นสัญญาณที่ต้องการแสดงด้วยสโคปมีการเปลี่ยนแปลงต่อเวลาค่อนข้างรวดเร็ว ทำให้ต้องมีการเบี่ยงเบนที่มีความรวดเร็วใกล้เคียงกัน ด้วยเหตุนี้จึงใช้หลอดภาพซึ่งทำงานโดยอาศัยการเบี่ยงเบนแบบไฟฟ้าสถิต

เราอาจอธิบายปัญหานี้ให้ชัดเจนขึ้นดังนี้คือ ลำอิเล็กตรอนที่พุ่งกระทบจอภาพเพื่อให้เกิดการเรืองแสงนั้นมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าบวกจึงสามารถดึงดูดลำอิเล็กตรอนนี้ได้ ถ้าหากมีการวางขั้วไฟฟ้าสองขั้วซึ่งเรียกกันว่าเพลตเบี่ยงเบนให้ขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอนและเมื่อเราให้แรงดันแก่เพลตเบี่ยงเบนคู่นี้ (ดูรูปที่ 2.4 ประกอบ) ลำอิเล็กตรอนจะถูกดึงให้เบี่ยงเบนไปในทิศของเพลตแผ่นที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า ลำอิเล็กตรอนที่ผ่านออกมาจากเพลตเบี่ยงเบนจึงพุ่งกระทบจอภาพในตำแหน่งที่ต่างไปจากเดิม (เมื่อไม่มีแรงดันให้แก่เพลตเบี่ยงเบน) ขนาดของการเบี่ยงเบนนี้เราเรียกว่า **ปริมาณการเบี่ยงเบน (h)** ในหลอดภาพที่ใช้งานกันอยู่ เพลตเบี่ยงเบนจะได้รับการออกแบบเพื่อที่ว่าปริมาณการเบี่ยงเบนจะแปรผันโดยตรงกับความต่างศักย์ (v) ระหว่างเพลตเบี่ยงเบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 หลักการของการเบี่ยงเบนแบบไฟฟ้าสถิต

เมื่อลำอิเล็กตรอนพุ่งกระทบจอภาพ มันจะถ่ายทอดพลังงานให้แก่สารเรืองแสงที่ฉาบไว้ ทำให้บริเวณที่ถูกกระทบเกิดเรืองแสงขึ้น สำหรับสารเรืองแสงที่ใช้ฉาบนี้มีอยู่หลายชนิด ซึ่งเราจะแยกใช้ตามวัตถุประสงค์การใช้งานในกรณีของออสซิลโลสโคปนั้นเรามักใช้สารเรืองแสงสีเขียวหรือสีน้ำเงินอมเขียว ซึ่งมีระยะเวลาคงความสว่าง ประมาณ 90 ไมโครวินาที (1 ไมโครวินาทีเท่ากับ 1/1,000,000 วินาที) อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องสังเกตดูรูปคลื่นหรือปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าที่ช้ามาก เราก็อาจใช้สารเรืองแสงที่มีระยะเวลาคงความสว่างประมาณ 400 มิลลิวินาที (1 มิลลิวินาที เท่ากับ 1/1,000 วินาที)

ตารางที่ 2.1 สารเรืองแสงสำคัญที่ใช้ในหลอดภาพ

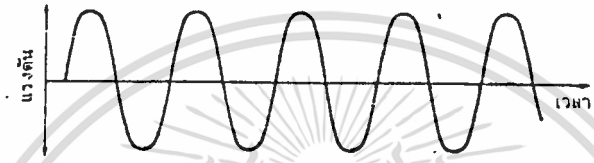
ชนิดของสารเรืองแสง (ที่ขึ้นทะเบียนไว้กับ EIAJ)	สี	เวลาคงสว่าง
P1(B1)	เขียว	25 ms
P7(B7)	เขียวอมเหลือง	400 ms
P15(B15)	น้ำเงินอมเขียว	2.8 μs
P25(B25)	ส้ม	60 ms
P31(B31)	เขียว	90 μs

2.3 หลักการทำงานพื้นฐานของออสซิลโลสโคป

เราได้กล่าวมาแล้วว่า ออสซิลลสโคปสามารถแสดงภาพรูปคลื่นต่างๆ ได้โดยการผสมผสานระหว่างสามองค์ประกอบสำคัญ ซึ่งได้แก่ เวลา (แกน X) แรงดัน (แกน Y) และ

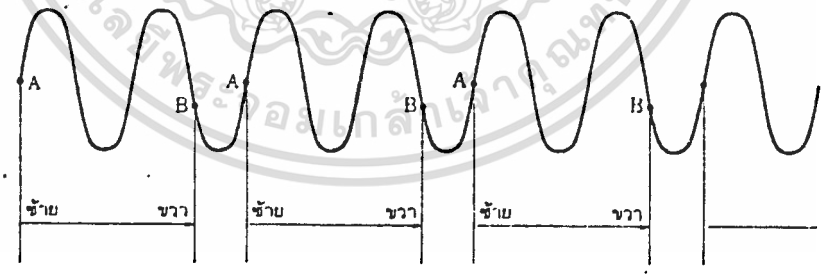
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสว่าง (แกน Z) ต่อไปนี้เราจะกล่าวถึงการผสมผสานขององค์ประกอบทั้งสาม โดยใช้รูปที่ 2.5 ประกอบการอธิบาย รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงรูปคลื่นซายน์ซึ่งเป็นผลจากการทำงานขององค์ประกอบทั้งสามดังกล่าว เราจะเริ่มพิจารณาจากเพลตเบี่ยงเบนแนวราบซึ่งมีแรงดันที่เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นป้อนอยู่ แรงดันที่ป้อนแก่เพลตเบี่ยงเบนแนวราบในลักษณะนี้จะเบี่ยงเบนให้ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนจากซ้ายไปขวา ซึ่งเรามักเรียกกันว่า **กวาดภาพ**



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดันในกรณีรูปคลื่นซายน์

แต่เนื่องจากจอภาพที่ใช้มีขนาดจำกัดที่แน่นอน เราไม่สามารถปล่อยให้มีการกวาดภาพจากซ้ายไปขวาโดยไม่มีกำหนดเวลา ดังนั้นจึงมักมีการออกแบบให้การกวาดภาพจากซ้ายไปขวาสิ้นสุดที่จุดจุดหนึ่ง (ดูรูปที่ 2.6 ประกอบ) แล้วให้มีการเริ่มต้นกวาดภาพจากซ้ายไปขวาใหม่ ซ้ำซากกันเช่นนี้อยู่เรื่อยๆ เมื่อใช้วิธีเช่นนี้ เราจึงสามารถแสดงภาพรูปคลื่นสัญญาณซ้ำบนจอภาพได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก

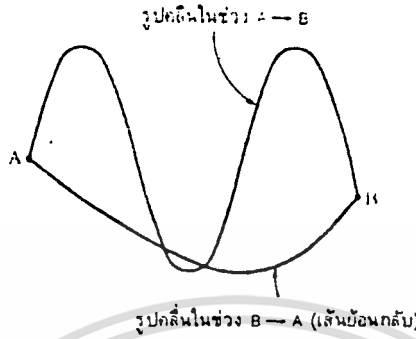


รูปที่ 2.6 การกำหนดช่วงของการวาดภาพ เพื่อสามารถแสดงรูปคลื่นบนจอภาพที่มีขนาดจำกัดแน่นอน

อย่างไรก็ตามวิธีการเช่นนี้ก็ยังมีปัญหา กล่าวคือในขณะที่การกวาดภาพย้อนกลับมายังจุดทางซ้ายมือนั้น เป็นการกวาดภาพจากขวาไปซ้าย ทำให้มีเส้นจาก B---→A ทับซ้อนบนช่วง A---→B ในรูปที่ 2.6 ปรากฏการณ์เช่นนี้ได้แสดงให้เห็นชัดเจนขึ้นในรูปที่ 2.7 ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องทำให้การกวาดภาพจาก B---→A ไม่ปรากฏให้เห็นบนจอภาพ ทั้งนี้โดยการปิดกั้นลำอิเล็กตรอน ไม่ให้เคลื่อนไปยังจอภาพในจังหวะที่การกวาดภาพมาถึงตำแหน่งทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวคือนัยหนึ่งก็คือ ทำให้ความสว่างของจอภาพเป็นศูนย์ในช่วง B---→A ถ้าหากทำได้เช่นนี้ รูปคลื่นที่ได้ก็จะเป็นดังรูปที่ 2.8

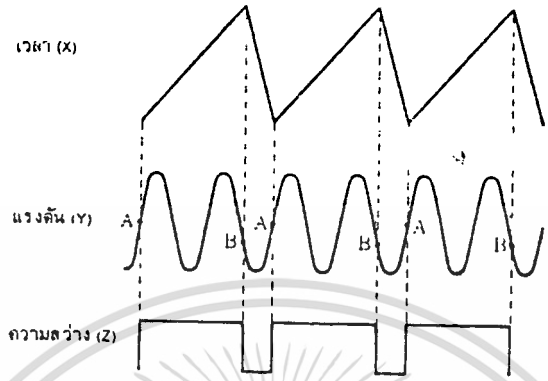


รูปที่ 2.7 แสดงการทับซ้อนของการกวาดภาพจาก A----→B และเส้นย้อนกลับจาก B--→A

รูปที่ 2.8 รูปคลื่น เช่นเดียวกับรูปที่ 2.7 เพียงแต่กำจัดเส้นย้อนกลับให้หายไป

รูปที่ 2.9 เป็นการแสดงการเปลี่ยแปลงตามเวลาองค์ประกอบทั้งสามกล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงแรงดันรูปคลื่น (X) ดังแสดงในรูปมักเรียกกันว่า **คลื่นฟันเลื่อย** เพราะมีลักษณะคล้ายฟันของใบเลื่อย รูปคลื่นนี้จะป้อนให้กับแผ่นควบคุมในแนวราบของหลอดแคโทดเรย์ ส่วนแผ่นควบคุมในแนวตั้งนั้นจะมีแรงดัน รูปคลื่น (Y) ป้อนอยู่ และที่กริดควบคุมซึ่งทำหน้าที่ควบคุมความสว่างก็จะมีแรงดันรูปคลื่น (Z) ป้อนให้ ผลที่ได้ปรากฏบนจอเรืองแสงก็จะเป็นรูปคลื่นดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
026923

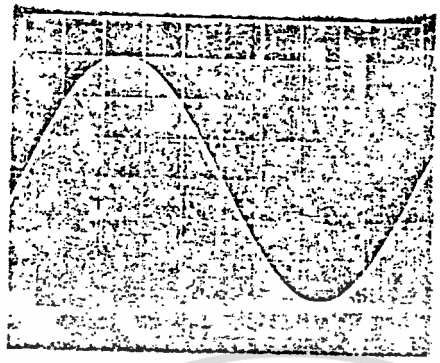


รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งสามคือ เวลา แรงดัน และความสว่าง โดยเขียนบนแกนเวลา

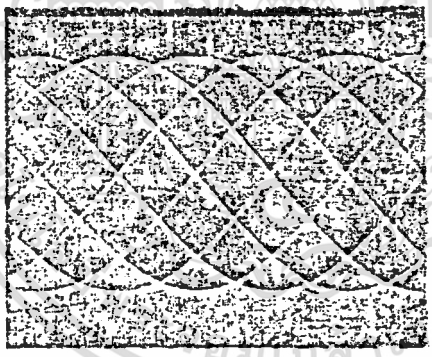
อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทั้งสามดังกล่าวจำเป็นจะต้องทำงานประสานจังหวะกันได้เป็นอย่างดี จึงจะได้ภาพตามรูปที่ 2.10 บนจอของออสซิลโลสโคป หากว่าการทำงานขององค์ประกอบทั้งสามนี้ไม่ประสานกัน รูปคลื่นที่ได้จะซ้อนทับกันดังรูปที่ 2.11 ด้วยเหตุนี้จึงเห็นได้ว่าจุดหรือเวลาเริ่มต้นในการกวาดภาพนั้นจะมีความสำคัญอย่างยิ่ง

เนื่องจากการกวาดภาพจะเกิดขึ้นซ้ำกันภายในช่วง A—►B ซึ่งมีค่าคงที่แน่นอน ดังนั้นหากการกวาดภาพไม่ได้เริ่มต้นตรงจุดที่แรงดันมีค่าคงที่เท่ากันรูปที่ปรากฏบนจอ ก็จะเป็นรูปเคลื่อนที่ทับซ้อนกัน โดยแต่ละรูปคลื่นที่จะมีค่าแรงดันที่จุดเริ่มต้นแตกกต่างกัน (ดูรูปที่ 2.11) แต่ถ้าหากสามารถปรับจังหวะการกวาดภาพให้เริ่มที่ค่าแรงดันคงที่ค่าหนึ่งแล้ว รูปคลื่นที่ได้จะซ้อนทับจนเห็นเป็นรูปคลื่นเดียวกัน ดังรูปที่ 2.10 การทำให้การกวาดภาพเริ่มต้นที่ค่าแรงดันที่ค่าหนึ่งและยังผลให้รูปคลื่นที่ได้ซ้อนทับกับรูปคลื่นเก่าเช่นนี้เรียกว่า **การประสารจังหวะหรือซิงโครไนซ์ (SYNCHRONIZE)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10



รูปที่ 2.11

2.4 การทำงานของแกนแนวตั้ง

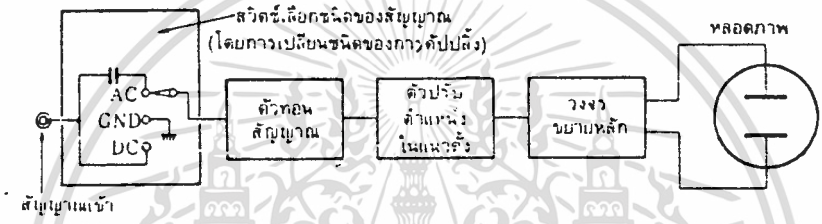
2.4.1 องค์ประกอบพื้นฐานและหน้าที่การทำงานของส่วนต่างๆ

รูปที่ 2.12 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของแกนแนวตั้งในการอธิบายหน้าที่การทำงานของส่วนต่างๆ ต่อไปนี้จะอ้างอิงถึงรูปที่ 2.12 นี้เป็นเกณฑ์

สัญญาณด้านเข้าจะผ่านเข้าทางสวิตช์ หรือปุ่มเลือกชนิดของสัญญาณปุ่มเลือกนี้สามารถปรับได้สามตำแหน่งคือ AC, GND และ DC ในกรณีที่ต้องการเลือกดูสัญญาณไฟสลับเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปรับปุ่มนี้มาที่ "AC" แต่ถ้าหากต้องการเลือกดูสัญญาณที่มีส่วนของไฟตรงปนอยู่ด้วยก็ปรับปุ่มไปที่ "DC" เมื่อหมุนปุ่มมาที่ ตำแหน่ง "GND" (หรือ กราวนด์ - GROUND) วงจรด้านเข้าของออสซิลโลสโคปจะไม่ต่อเข้ากับสัญญาณ หากจะต่อลงดิน (หรือกราวนด์) ซึ่งเท่ากับว่าสัญญาณขนาด 0 (ศูนย์) โวลต์ต่อกับสโคป การปรับตำแหน่งมาที่ GND เช่นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะดูระดับแรงดันอ้างอิง (ในที่นี้คือแรงดัน 0 โวลต์)



รูปที่ 2.12 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของแกนแนวตั้ง

เมื่อปุ่มสวิตช์เลือกสัญญาณอยู่ที่ตำแหน่ง AC สัญญาณจะผ่านวงจรกรองผ่านสูง (HIGH PASS FILTER) ที่มีค่าความถี่คัตออฟ (CUT OFF FREQUENCY) ระหว่าง 2-10 เฮิรตซ์ ทั้งนี้แล้วแต่โครงสร้างของวงจรกรอง ซึ่งอาจแตกต่างไปบ้างในแต่ละรุ่นและยี่ห้อ แต่เมื่อปุ่มสวิตช์มาอยู่ที่ตำแหน่ง DC สัญญาณด้านเข้าจะต่อตรงเข้าสู่ตัวทอนสัญญาณ

สัญญาณที่ผ่านสวิตช์เลือกสัญญาณจะผ่านต่อไปยังตัวทอนสัญญาณการที่ต้องมี วงจรทอนสัญญาณก็เพราะว่าสัญญาณที่ออสซิลโลสโคปสามารถวัดและดูได้นั้นมีขนาด ตั้งแต่ไม่กี่มิลลิโวลต์ไปถึงนับร้อยโวลต์ เนื่องจากวงจรขยายสัญญาณภายในสโคปมีอัตราขยายคงที่ซึ่งออกแบบให้เหมาะกับสัญญาณเข้าขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อมีสัญญาณเข้าขนาดใหญ่จึงจำเป็นต้องทอนสัญญาณให้มีขนาดเล็กลง คุณสมบัติจำเป็นสองประการของตัวทอนสัญญาณได้แก่

ประการแรก เพื่อให้สามารถวัดค่าแรงดันในเชิงปริมาณได้ ปริมาณที่ถูกทอนสัญญาณจะต้องมีการปรับเทียบอย่างถูกต้องแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประการที่สอง จะต้องสามารถทอนสัญญาณให้มีขนาดเท่าใดก็ได้ตามต้องการ ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้นนี้ ตัวทอนสัญญาณจึงประกอบด้วยส่วนตัวทอนสัญญาณที่ได้รับการปรับเทียบแล้วกับส่วนตัวทอนสัญญาณที่สามารถแปรค่าได้อย่างต่อเนื่อง

ส่วนตัวทอนสัญญาณที่ได้รับการปรับเทียบแล้วเรียกกันว่า **ตัวทอนสัญญาณเป็นขั้น** (STEP ATTENUATOR) หน่วยของตัวทอนสัญญาณนี้มักไม่ค่อยใช้แสดงเป็นปริมาณการทอนสัญญาณ แต่แสดงเป็นสัดส่วนของแรงดันต่อ 1 ช่องสเกลบนหลอดภาพหรือเป็นโวลต์ต่อช่อง (V/DIV) นั่นเอง ขั้นการทอนสัญญาณที่มักพบเห็นกันมากที่สุดจะเป็นแบบขั้น 1-2-5 ซึ่งเป็นระบบที่มีการทอนสัญญาณลงขั้นละ -6 เดซิเบล ดังนั้นปุ่มปรับในระบบนี้จึงเป็น 1 มิลลิโวลต์ต่อช่อง 2 มิลลิโวลต์ต่อช่อง 5 มิลลิโวลต์ต่อช่อง 10 มิลลิโวลต์ต่อช่อง เป็นต้น นอกจากระบบนี้ยังมีแบบขั้น 1-3 (ทอนสัญญาณลงขั้นละ -10 เดซิเบล) หรือ แบบขั้น 1-10 (ทอนสัญญาณลงขั้นละ -20 เดซิเบล)

ส่วนตัวทอนสัญญาณที่แปรค่าอย่างต่อเนื่องได้เรียกกันว่า **ตัวทอนสัญญาณแปรค่าได้** (VARIABLE ATTENUATOR) ตัวทอนสัญญาณส่วนนี้จะได้รับการออกแบบให้สามารถครอบคลุมปริมาณการทอนสัญญาณซึ่งอยู่ระหว่างตัวทอนสัญญาณแบบขั้น เมื่อเราใช้ตัวทอนสัญญาณทั้งสองส่วนนี้ประกอบกันจะทำให้สามารถแสดงสัญญาณเข้าให้มีขนาดใดๆ ตามต้องการได้

ตัวปรับตำแหน่งในแนวตั้งที่อยู่ถัดมานั้น ทำหน้าที่ปรับแต่งรูปคลื่นสัญญาณให้เลื่อนขึ้นหรือลงบนจอหลอดภาพ สัญญาณเข้าที่ผ่านออกจากตัวปรับตำแหน่งนี้จะได้รับการขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้นบ้าง แต่ยังไม่ใหญ่พอที่จะเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอนภายในหลอดภาพได้ ดังนั้นสัญญาณจากตัวปรับตำแหน่งจึงต้องผ่านวงจรขยายหลักเพื่อขยายให้มีขนาดใหญ่เพียงพอ แล้วจึงป้อนต่อไปยังแผ่นเบี่ยงเบนของหลอดภาพอีกต่อหนึ่ง

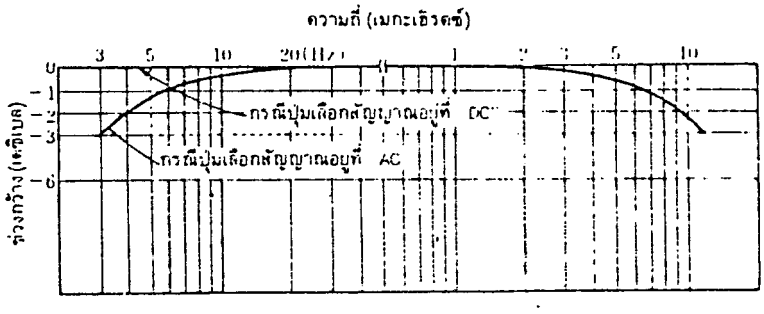
2.4.2 แถบความถี่ของแกนแนวตั้งและร่วงพลวัต

แถบความถี่ของแกนแนวตั้ง นับเป็นค่าที่มีความสำคัญซึ่งอาจสะท้อนให้เห็นถึงสมรรถนะทั้งหมดของออสซิลโลสโคปได้ ดังนั้นจึงควรทำความเข้าใจถึงความหมายของคำนี้ให้ดี เพื่อจะได้ใช้ออสซิลโลสโคปเต็มขีดความสามารถของเครื่อง

ความไวของแกนแนวตั้งของออสซิลโลสโคปนั้นจะมีการปรับเทียบกับ แรงดันไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงเอาไว้ อย่างไรก็ตามเมื่อค่าความถี่สัญญาณสูงขึ้น วงจรขยายสัญญาณภายในสโคปจะแสดงคุณสมบัติของวงจรกรองผ่านต่ำ (LOW PASS FILTER) ออกมา กล่าวคืออัตราขยายสัญญาณของวงจรจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความถี่สัญญาณเพิ่มสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้ช่วงกว้าง (แอมพลิจูด หรือ AMPLITUDE) ของสัญญาณที่ปรากฏบนจอภาพหลอดภาพจะมีขนาดเล็กกว่าช่วงกว้างที่ควรจะเป็น ความแตกต่างนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความถี่เพิ่มขึ้น เมื่อช่วงกว้างของสัญญาณที่ปรากฏบนจอหลอดภาพมีขนาดเล็กกว่าช่วงกว้างที่ควรจะเป็นถึง 3 เดซิเบล เราจะเรียกช่วงความถี่จนถึงความถี่จุดนั้นว่า **แถบความถี่** (BANDWIDTH FREQUENCY) ของออสซิลโลสโคป กล่าวคือ ถ้าหากเราใช้ออสซิลโลสโคปที่มีแถบความถี่ 10 เมกะเฮิรตซ์ สังเกตดูรูปคลื่นซายน์ขนาดความถี่ 10 เมกะเฮิรตซ์ เราจะพบว่าช่วงกว้างของรูปคลื่นสัญญาณจะเล็กกว่าความเป็นจริงอยู่ 3 เดซิเบล อย่างไรก็ตามการลดทอนสัญญาณดังกล่าวไม่ได้แม่นยำขนาดนั้น โดยปกติค่าความถี่ที่สัญญาณถูกลดทอนลง 3 เดซิเบล มักจะมีค่าสูงกว่าค่าตามพิกัดอยู่บ้าง รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะสมบัติเชิงความถี่ของออสซิลโลสโคป 10 เมกะเฮิรตซ์เอาไว้ ลักษณะสมบัติเช่นว่านี้จะแตกต่างไปบ้างตามรุ่นหรือโมเดลของเครื่องแม้แต่เครื่องรุ่นเดียวกันก็อาจแตกต่างกันได้ อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่าถ้าต้องการวัดโดยมีความแม่นยำภายในของเขต 3 เปอร์เซ็นต์แล้ว ช่วงความถี่สูงสุดของสัญญาณที่จะวัดค่าได้ควรมีค่าประมาณ 1/3 ของแถบความถี่ของออสซิลโลสโคป หรือกล่าวกลับกันก็คือ ถ้าหากต้องการวัดค่าเชิงปริมาณของสัญญาณความถี่ f ให้ได้แม่นยำจะต้องใช้ออสซิลโลสโคปที่มีแถบช่วงความถี่ มากกว่า 3f จึงจะดี



รูปที่ 2.13 ลักษณะสมบัติเชิงความถี่ออสซิลโลสโคป 10 เมกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ปุ่มเลือกสัญญาณอยู่ที่ตำแหน่ง AC ปรากฏการณ์ทำนองเดียวกันจะเกิดขึ้นในช่วงความถี่ต่ำ ในกรณีเช่นนี้ลักษณะสมบัติเชิงความถี่ของวงจรจะคล้ายกับวงจรกรอง CR กล่าวคือเป็น

$$1/\sqrt{1+(f_c/f)^2}$$

จากสมการนี้ ช่วงความถี่ซึ่งทำให้ค่าดังกล่าวลดเป็น 97 เปอร์เซ็นต์ จะได้

$$1/\sqrt{1+(f_c/f)^2} = 0.97$$

$$f = f_c/\sqrt{(1/0.97)^2-1} = 4 * f_c$$

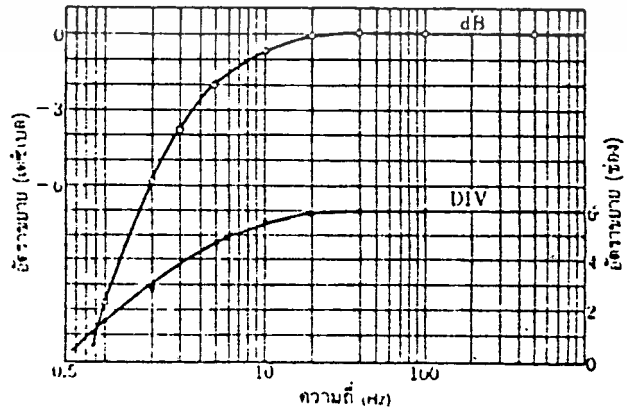
ในที่นี้ f_c คือ ความถี่คัตออฟของวงจรกรอง RC

f คือ ความถี่ที่ขนาดสัญญาณลดลงเป็น 97 เปอร์เซ็นต์ของขนาดที่ควรจะเป็น

ค่าพิกัดแถบความถี่ของออสซิลโลสโคปจะมีการระบุไว้เป็นสองกรณี คือ เมื่อมีการต่อเชื่อมสัญญาณแบบ AC กับแบบ DC ในกรณีที่เป็นแบบ AC หัวข้อส่วนนี้อาจระบุเป็น

AC : 5 Hz - 10 MHz (-3dB)

"5 Hz" ในข้อระบุจำเพาะข้างต้น หมายความว่า 5 เฮิรตซ์ คือ ความถี่ซึ่งขนาดสัญญาณมีขนาดลดลง -3 เดซิเบล ดังนั้นถ้าหากต้องการใช้ออสซิลโลสโคปตัวนี้ทำการวัดค่าขนาดสัญญาณให้มีความแม่นยำภายใน -3 เปอร์เซ็นต์ จะต้องใช้วัดสัญญาณที่มีความถี่ 5 เฮิรตซ์ * 4 เท่า หรือ 20 เฮิรตซ์ หรือ มากกว่านั้น



รูปที่ 2.14 ลักษณะสมบัติเชิงความถี่ของการต่อเชื่อมแบบ AC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

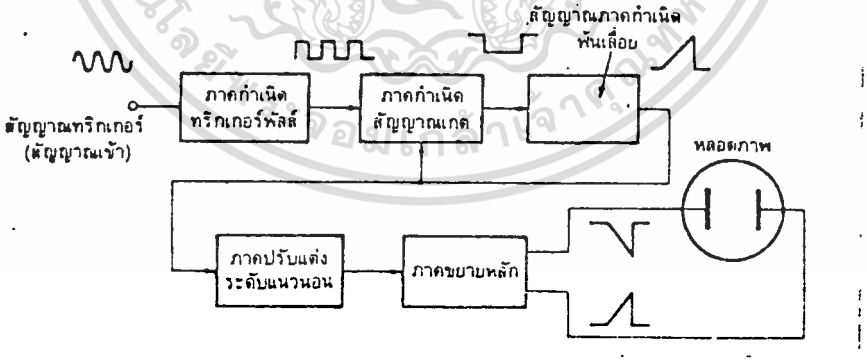
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะสมบัติเชิงความถี่ของการเชื่อมต่อแบบ AC และแสดงแถบความถี่ ของ -3 เดซิเบล ให้เห็นด้วย

2.5 การทำงานของแกนแนวนอน

2.5.1 การกวาดภาพ

ที่แผ่นเบี่ยงเบนในแนวนอนของหลอดภาพออสซิลโลสโคปจะมี "สัญญาณฟันเลื่อย" ป้อนอยู่ สัญญาณฟันเลื่อยนี้จะถูกทริกเกอร์ (TRIGGER) หรือ กระตุ้นให้เข้าจังหวะกับสัญญาณเข้า นอกเหนือจากนี้ การทำงานในแกนแนวนอนหรือแกนเวลาจะต้องเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งทำให้มีความจำเป็นต้องให้กำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยที่มีการแปรค่าเชิงเส้นอย่างแม่นยำเพื่อใช้กวาดภาพ

โครงสร้างพื้นฐานของแกนแนวนอนจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.15 จาก รูปจะเห็นว่าสัญญาณเข้าทำให้เกิดทริกเกอร์พัลส์ (TRIGGER PULSE) ทริกเกอร์พัลส์ที่เกิดขึ้นจะกระตุ้นให้มีการกวาดภาพ ซึ่งระบบเช่นนี้เรียกกันว่า **"วิธีทริกเกอร์เพื่อกวาดภาพ"** ต่อไปนี้เราจะกล่าวถึงการทำงานของแต่ละส่วนโดยละเอียดดังนี้



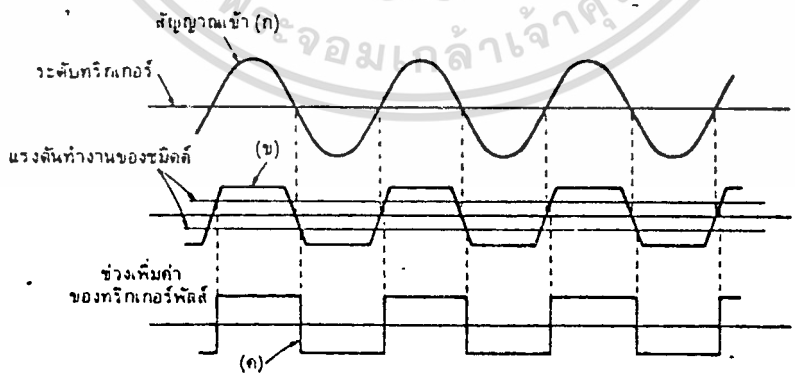
รูปที่ 2.15 โครงสร้างพื้นฐานของแกนแนวนอน

ก่อนอื่นจะกล่าวถึงภาคกำเนิดทริกเกอร์พัลส์ ซึ่งเรียกกันว่าวงจรลิมิตเตอร์ (LIMITTER) วงจรส่วนนี้จะประกอบขึ้นจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันและวงจรชมิตต์(SCHMITT) ทำหน้าที่แต่งรูปคลื่นสัญญาณ การทำงานโดยละเอียดของวงจรภาคนี้อาจดูได้จากรูปที่ 2.16 เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเข้าผ่านมาที่วงจรลิมิตเตอร์สัญญาณที่ผ่านออกมาจะถูกตัดส่วนบนและส่วนล่างออก (ดูรูปประกอบ) ตามค่าที่กำหนดไว้ ค่าแรงดันที่กำหนดขอบอชตในการตัดสัญญาณ เราเรียกว่า **ระดับการทริกเกอร์** (TRIGGER LEVEL) ระดับดังกล่าวนี้มีบทบาทสำคัญในการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นในการวาดภาพ

รูปที่ 2.16 โครงสร้างของภาคกำเนิดทริกเกอร์พัลส์



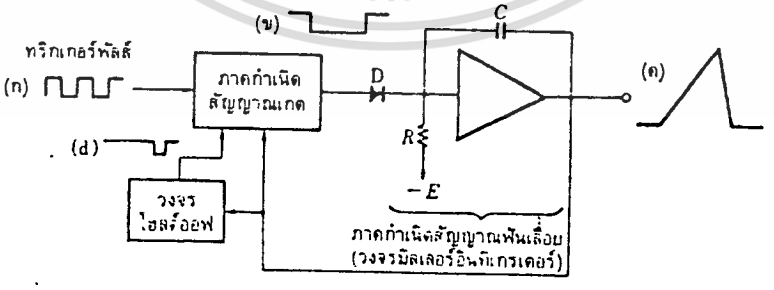
รูปที่ 2.17 รูปคลื่นสัญญาณในส่วนต่างๆ ของภาคกำเนิดทริกเกอร์พัลส์ แสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา และความสัมพันธ์ระหว่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม สัญญาณออกที่ได้จากวงจรลิมิตเตอร์ยังไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นทริกเกอร์พัลส์ จึงต้องใช้วงจรชมิตต์เพื่อแต่งรูปสัญญาณให้เป็นสัญาณสี่เหลี่ยม (SQUARE WAVE) ที่มีการเพิ่มค่าอย่างฉับพลัน วงจรชมิตต์นี้จะมีลักษณะสมบัติฮีสเตอริซิส (HYSTERSIS) อยู่ด้วย ทั้งนี้เพื่อป้องกันสัญญาณทริกเกอร์ ไม่ให้ทำงานผิดพลาดเนื่องจากสัญญาณรบกวน ดังนั้นจึงช่วยทำให้ตำแหน่งเริ่มต้นในการกวาดภาพไม่กระทบกระเทือนด้วยสัญญาณรบกวน

รูปที่ 2.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของรูปคลื่นสัญญาณส่วนต่างๆ จากรูปจะเห็นว่าช่วงเพิ่มค่าของทริกเกอร์พัลส์นั้นจะล่าช้ากว่า ระดับการทริกเกอร์อยู่บ้างเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลจากแรงดันทำงาน (THRESHOLD VOLTAGE) ของวงจรชมิตต์ ซึ่งมีลักษณะสมบัติฮีสเตอริซิส อย่างไรก็ตามส่วนล่าช้านี้ไม่มีผลในทางการใช้งานแต่อย่างใด

เมื่อได้ทริกเกอร์พัลส์แล้วต่อไปสัญญาณส่วนนี้จะไปสร้างสัญญาณเกตเพื่อกวาดภาพ วงจรส่วนนี่จะต่อเข้าเป็นลูป (LOOP) กับภาคกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย วงจรที่ช่วยทำให้ได้สัญญาณฟันเลื่อยที่มีเชิงเส้นดี มักใช้วงจรมิลเลอร์อินทิเกรเตอร์ (MILLER INTEGRATOR) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.18

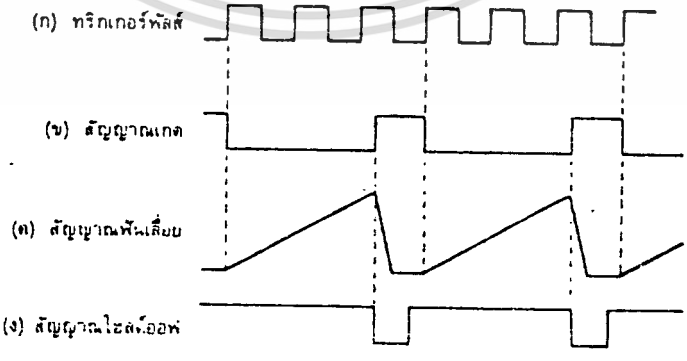


รูปที่ 2.18 ภาคกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีสัญญาณทริกเกอร์พัลส์เข้ามาที่ภาคกำเนิดสัญญาณเกต สัญญาณออกของวงจรเกตจะกลายเป็น "0" ทำให้ไดโอด D อยู่ในสภาพเปิดหรือไม่นำไฟฟ้า พร้อมกันนั้นวงจรอินทิเกรเตอร์จะเริ่มเก็บประจุด้วยค่าคงตัวเวลา (TIME CONSTANT) เป็น CR ขณะเดียวกันวงจรเข้าของภาคกำเนิดสัญญาณเกตก็จะปิดและไม่รับทริกเกอร์พัลส์เข้ามาอีก ด้วยเหตุนี้สัญญาณออกของวงจรมิลเลอร์จะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับแรงดันที่ทำให้จุดบนจอภาพเคลื่อนมาถึงด้านขวาสุดแรงดันส่วนนี้จะป้อนกลับมาที่ภาคกำเนิดสัญญาณเกตและ กลับค่าสัญญาณออกของวงจรภาคนี้ดังนั้นไดโอด D จึงเปลี่ยนกลับเป็นปิดหรือนำไฟฟ้า ประจุที่ถูกเก็บอยู่ที่ตัวเก็บประจุ C ของวงจรมิลเลอร์จะถูกคายออกอย่างฉับพลัน จนกระทั่งแรงดันลดลงเท่ากับแรงดันที่ทำให้จุดบนจอภาพเคลื่อนมาอยู่ทางซ้ายสุดของจอภาพ

เมื่อการคายประจุหมดสิ้นแล้ว วงจรขาเข้าของภาคกำเนิดสัญญาณเกตก็จะเปิดออกเพื่อเตรียมรับสัญญาณทริกเกอร์พัลส์ใหม่อีกครั้ง วงจรโฮลด์ออฟ (HOLD OFF) จะทำหน้าที่ในช่วงนี้กล่าวคือ กำหนดช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มมีการคายประจุจนกระทั่งเปิดวงจรขาเข้าของภาคกำเนิดสัญญาณเกต วงจรนี้จะควบคุมไม่ให้ทริกเกอร์พัลส์เข้าสู่ภาคกำเนิดสัญญาณพัลส์ได้จนกว่าการคายประจุจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์ รูปที่ 2.19 แสดงรูปคลื่นสัญญาณส่วนต่างๆ ตามแกนเวลา รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างรูปคลื่นเหล่านี้



รูปที่ 2.19 รูปคลื่นสัญญาณในส่วนต่างๆ ของภาคกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย แสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและความสัมพันธ์ระหว่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณฟันเลื่อยที่ได้ออกมาจะถูกปรับแต่งตำแหน่งในแนวนอนต่อจากนั้นจึงเข้าสู่ภาคขยายหลัก (MAIN AMPLIFIER) เพื่อขยายให้มีแรงดันเพียงพอสำหรับเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอนได้ สัญญาณเหล่านี้จะถูกส่งต่อไปยังแผ่นเบี่ยงเบนแนวนอนของจอหลอดภาพอีกต่อหนึ่ง

ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายของภาคขยายหลักนี้ รูปคลื่นจะถูกขยายใหญ่ขึ้น เราเรียกวงจรส่วนนี้ว่า **ภาคขยายการกวาดภาพ** ซึ่งมีผลเช่นเดียวกับการทำให้เวลากวาดภาพเร็วขึ้นนั่นเอง (ความถี่สัญญาณสูงขึ้น)

นอกเหนือจากนี้ แกนเวลาหรือแกนนอน ยังมีความสำคัญในแง่ต่อไปนี้

ประการแรก แกนนี้ใช้เป็นบรรทัดฐานเวลา ดังนั้นความเร็วในการกวาดภาพจึงต้องทำการปรับเทียบให้ถูกต้อง

ประการที่สอง แกนเวลานี้จะต้องสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วการกวาดภาพสำหรับสัญญาณที่มีความถี่ต่ำไปจนถึงสัญญาณที่มีความถี่สูงได้ด้วยเพื่อช่วยให้การอ่านความเร็ว การกวาดภาพเป็นไปได้โดยสะดวก ออสซิลโลสโคป ที่ใช้มักแสดงค่าเวลาที่ใช้ในการกวาดได้หนึ่งช่องบนจอหลอดภาพหรือวินาทีต่อช่อง และค่านี้จะสามารถปรับเปลี่ยนได้จากค่า 1-2-5 เช่นเดียวกับกรณีแกนแนวตั้ง นอกจากนี้ยังมีปุ่มปรับเพื่อเปลี่ยนค่าเวลาการกวาดภาพอย่างต่อเนื่อง ซึ่งก็ใช้ VOLUME เช่นเดียวกับกรณีแกนแนวตั้ง

2.5.3 วิธีการต่างๆ ในการกวาดภาพ

1. **กวาดภาพอัตโนมัติ** ในระบบการทริกเกอร์กวาดภาพนั้นจะต้องมีทริกเกอร์พัลส์ช่วยกระตุ้นให้เริ่มการกวาดภาพ แต่ถ้าหากไม่มีสัญญาณขาเข้าหรือการปรับตั้งระดับทริกเกอร์เป็นไปไม่เหมาะสม ก็จะไม่มีสัญญาณทริกเกอร์พัลส์เกิดขึ้น ทำให้การกวาดภาพเริ่มไม่ได้ ยังผลให้ไม่มีรูปคลื่นปรากฏบนจอหลอดภาพ นอกเหนือจากสาเหตุดังกล่าวแล้ว การไม่มีรูปคลื่นปรากฏบนจอหลอดภาพยังมีสาเหตุอื่นๆ อีก เช่น การปรับตำแหน่งในแนวตั้งหรือแนวนอนไม่เหมาะสม ปรับปุ่มลดทอนสัญญาณมากเกินไป จนทำให้สัญญาณทริกเกอร์มีขนาดเล็กซึ่งไม่อาจกระตุ้นให้วงจรกำเนิดสัญญาณทริกเกอร์พัลส์ทำงานได้เหล่านี้เป็นต้น ถ้าหากเราสามารถทำให้มีเส้นสว่างปรากฏขึ้นบนจอหลอดภาพ (โดยที่การกวาดภาพอาจไม่เข้าจังหวะกับสัญญาณเข้าก็ได้) อาจช่วยในการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานออสซิลโลสโคปได้มาก จากการที่สามารถค้นหารูปคลื่นเพื่อพิจารณาดูขนาดโดยประมาณรูปคลื่นสัญญาณได้ จะทำให้เราสามารถปรับตั้งระดับทริกเกอร์ใหม่จนรูปคลื่นสัญญาณหยุดนิ่งได้

หรือในกรณีที่ปุ่มเลือกการต่อเชื่อมสัญญาณอยู่ที่ GND เพื่อปรับตั้งตำแหน่งระดับแรงดัน 0 โวลต์ ถ้าหากเราทำให้มีการกวาดภาพเพื่อให้เกิดเส้นสว่างบนจอภาพได้ก็จะสะดวกในการใช้งานเช่นกัน

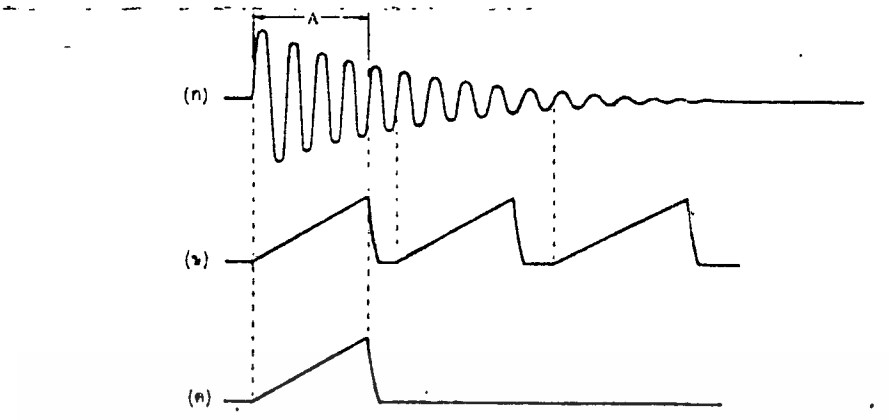
การกวาดภาพโดยอิสระซึ่งไม่จำเป็นต้องเข้าจังหวะกับสัญญาณเข้าดังกล่าวเราเรียกว่า การกวาดภาพแบบอิสระ (FREE RUNNING SWEEP) แต่ยังมีการกวาดภาพอีกวิธีซึ่งผสมการกวาดภาพแบบอิสระกับการกวาดภาพ แบบทริกเกอร์หรือแบบเข้าจังหวะ เรียกว่า **การกวาดภาพแบบอัตโนมัติ** (AUTO FREE RUNNING SWEEP) หรือเรียกย่อๆ ว่า AUTO ระบบการกวาดภาพเช่นนี้ จะทำการกวาดภาพแบบอิสระเมื่อไม่มีสัญญาณทริกเกอร์พัลส์อยู่แต่ถ้ามีสัญญาณทริกเกอร์พัลส์ก็จะปรับเปลี่ยนเป็นการกวาดภาพแบบทริกเกอร์โดยอัตโนมัติ

ระบบกวาดภาพแบบอัตโนมัตินี้ ทำงานได้โดยการตรวจสอบว่ามีสัญญาณทริกเกอร์พัลส์หรือไม่ ถ้าหากความถี่ของทริกเกอร์พัลส์ต่ำการตรวจสอบก็ทำไม่ได้ ช่วงดังกล่าวนี้เรียกว่า **ความถี่จำกัดของการกวาดภาพแบบอัตโนมัติ** ซึ่งอยู่ในช่วง 30-50 เฮิรตซ์

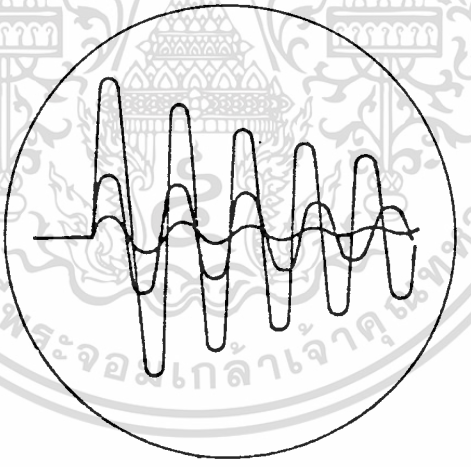
การพัฒนาระบบกวาดภาพแบบอัตโนมัติ นับเป็นก้าวกระโดดที่สำคัญทำให้การใช้งานออสซิลโลสโคปเป็นไปได้สะดวกขึ้น สำหรับระบบการกวาดภาพแบบทริกเกอร์นั้น แม้จะไม่สามารถกวาดภาพแบบอิสระได้แต่ก็ไม่มีปัญหาด้านความถี่จำกัดดังเช่นกรณีอัตโนมัติ ดังนั้นแบบทริกเกอร์จึงมีข้อได้เปรียบในการดูสัญญาณความถี่ต่ำๆ การกวาดภาพแบบหลังมักเรียกกันว่าแบบปกติ (NORMAL SWEEP หรือ NORM)

2. **การกวาดภาพเดี่ยว** แกนเวลาของออสซิลโลสโคปนั้นจะทำการกวาดภาพของสัญญาณที่เกิดอย่างมีจังหวะเวลา โดยให้จังหวะการกวาดภาพสัมพันธ์กับของสัญญาณนั้นๆ ทำให้เกิดรูปคลื่นสัญญาณปรากฏบนจอหลอดภาพดูประหนึ่งสัญญาณหยุดนิ่งอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 รูปคลื่นที่เปลี่ยนแปลงขนาดกับตำแหน่งการเกิดทริกเกอร์พัลส์



รูปที่ 2.21 สัญญาณจากรูปที่ 2.20 (ก) เมื่อใช้วิธีกวาดภาพตามแบบปกติ

เมื่อเราพยายามให้ออสซิลโลสโคปแสดงรูปคลื่นสัญญาณดังรูปที่ 2.20 (ก) บนจอภาพโดยวิธีปกติทั่วไป รูปคลื่นที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 2.21 คือมีรูปคลื่นจำนวนมากซ้อนกันอยู่ ทำให้ยากแก่การอ่านค่าและสังเกตดูด ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะมีสัญญาณฟันเลื่อยขนาดต่างๆ เกิดขึ้นซึ่งแตกต่างตามระดับการทริกเกอร์ ดังรูปที่ 2.20 (ข) แต่ถ้าหากสามารถทำให้สัญญาณฟันเลื่อยเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวดังรูปที่ 2.20 (ค) รูปคลื่นที่ปรากฏบนจอหลอดภาพจะมีเฉพาะส่วน A รูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

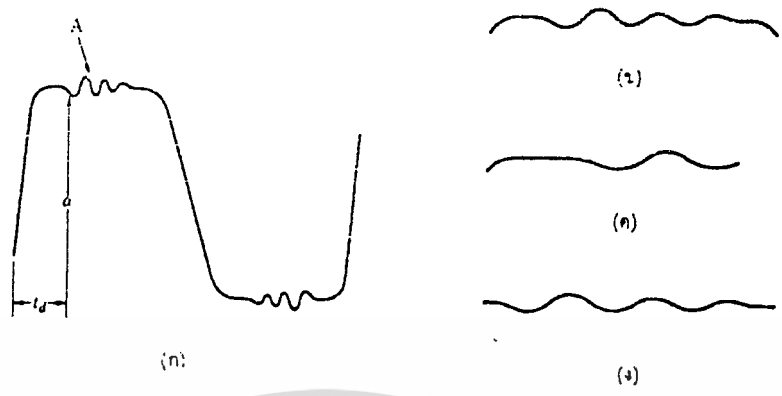
2.20 (ก) ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงภาพซ้ำซ้อนดังแสดงในรูปที่ 2.21 ได้ การกวาดภาพที่เกิดขึ้นโดยอาศัยทริกเกอร์พัลส์ที่เกิดขึ้นในครั้งแรกเพียงครั้งเดียวเช่นนี้เราเรียกว่า การกวาดภาพเดี่ยว (SINGLE SWEEP)

การกวาดภาพแบบเดี่ยวจะให้รูปคลื่นปรากฏบนจอหลอดภาพเพียงชั่วระยะเวลาสั้นๆ และเนื่องจากเวลาคงความสว่างของสารเรืองแสงที่ใช้ฉาบจอหลอดภาพสั้นมาก ดังนั้นเราจึงแทบจะสังเกตดูด้วยตาเปล่าไม่ได้ วิธีสังเกตดูที่ใช้กันโดยทั่วไปจึงอาศัยการถ่ายรูป ซึ่งจะกล่าวดังในรายละเอียดต่อไป

3. **การกวาดภาพแบบประวิงเวลา** การกวาดภาพแบบนี้จะช่วยในการขยายรูปคลื่นสัญญาณเฉพาะส่วน ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป การขยายรูปคลื่นสัญญาณดังกล่าวหมายถึงการขยายแกนเวลา กล่าวอีกแง่หนึ่งก็คือการเพิ่มความเร็วการกวาดภาพให้สูงขึ้นเฉพาะบางส่วนของรูปคลื่นสัญญาณ ด้วยวิธีการเช่นนี้ เราจึงอาจนำรูปคลื่นอยู่บนแกนเวลาในช่วงสั้นๆ ขยายใหญ่ออกเพื่อดูในรายละเอียดได้

ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 2.22 (ก) ถ้าหากต้องการขยายรูปคลื่นในส่วน A ออกไปในแนวนอนโดยการเพิ่มเวลาการกวาดภาพให้สูงขึ้นๆ ก็จะได้รูปคลื่นดังรูปที่ 2.22 (ข) และถ้าหากเพิ่มเวลาการกวาดภาพออกไปอีกจะได้ดังรูปที่ 2.22 (ค) ซึ่งรูปคลื่นส่วนที่ต้องการสังเกตดูจะหลุดออกนอกจอหลอดภาพ ในกรณีเช่นว่านี้ สิ่งที่น่าจะเป็นไปได้คือ การให้เริ่มกวาดภาพจากตำแหน่งจุด A ในรูป 2.22 (ก) ซึ่งเมื่อขยายให้ใหญ่ขึ้นก็ได้รูปคลื่นดังรูปที่ 2.22 (ง) ที่เรายังสามารถสังเกตดูได้ หลักการของการกวาดภาพแบบประวิงเวลาก็อาศัยแนวคิดเช่นนี้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

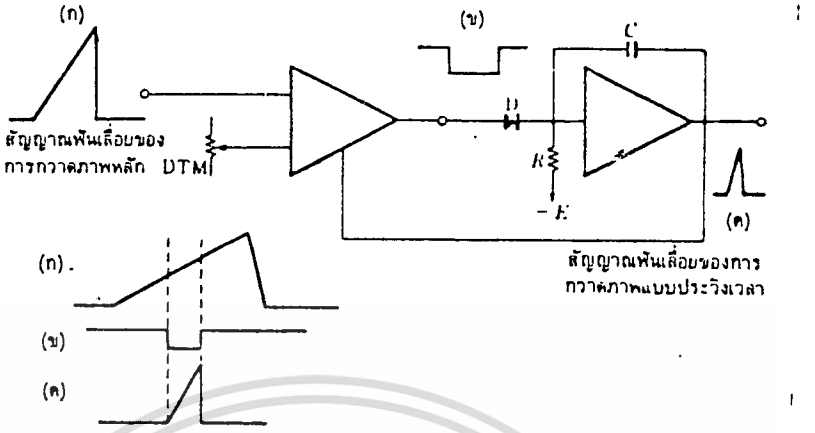


รูปที่ 2.22 การใช้กลไกกวาดภาพแบบประวิงเวลาเพื่อสังเกตรูปคลื่นเฉพาะส่วน

วิธีการทำงานของระบบการกวาดภาพนี้ก็คือ การประวิงเวลากวาดภาพให้ช้าลงกว่าเวลาปกติอยู่ T_D และโดยการปรับขนาดความเร็วการกวาดภาพโดยอิสระจะทำให้รูปคลื่นส่วน A ถูกขยายใหญ่ขึ้นดังรูปที่ 2.22 (ง) วิธีการกวาดภาพเช่นนี้เราเรียกว่า การกวาดภาพแบบประวิงเวลา โดยเทียบกับวิธีทั่วไปซึ่งเรียกว่าการกวาดภาพหลัก โดยทั่วไปที่แผงควบคุมของออสซิลโลสโคปจะกำกับว่า "A SWEEP" สำหรับการกวาดภาพหลัก และ "B SWEEP" สำหรับการกวาดภาพแบบประวิงเวลา

สำหรับสัญญาณเกตที่ใช้ในการกวาดภาพแบบประวิงเวลานั้น จะมีสัญญาณฟันเลื่อยจากการกวาดภาพหลักป้อนเข้าวงจรเปรียบเทียบค่า (COMPARATOR) เมื่อมีสัญญาณมีขนาดใหญ่ถึงจุดหนึ่ง (ดูรูปที่ 2.23 ประกอบ) ก็จะได้สัญญาณออกเป็นสัญญาณเกตสำหรับการกวาดภาพแบบประวิงเวลาออกมาปุ่มซึ่งทำหน้าที่ควบคุมตำแหน่งในการเปรียบเทียบค่าของ วงจรเปรียบเทียบค่าเรียกว่าปุ่ม DTM (DELAY TIME MULTIPLIER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 วิธีสร้างสัญญาณเกตสำหรับกวาดภาพแบบประวิงเวลา

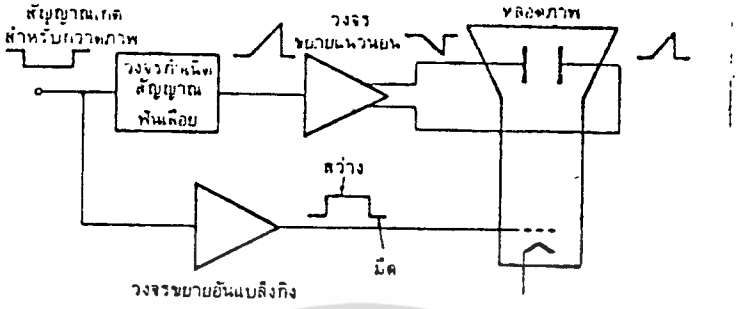
2.6 การปรับแต่งรอบๆ หลอดภาพ

2.6.1 การปรับความสว่าง

การจะปรับความสว่างของรูปคลื่นสัญญาณ ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไบแอส ที่ให้แก่กริดของหลอดภาพ นอกเหนือจากนี้ยังมีสัญญาณที่ควบคุมให้เกิดส่วนสว่างบนจอหลอดภาพโดยสัมพันธ์กับการกวาดภาพ การควบคุมเช่นนี้เรียกกันว่า อันแบล็งกิง(UNBLANKING) และสัญญาณที่ใช้ก็คือสัญญาณเกตในการกวาดภาพนั่นเอง

การทำงานของวงจรควบคุมความสว่างจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.24 กล่าวคือ สัญญาณเกตในการกวาดภาพจะถูกป้อนเข้าที่วงจรขยายอันแบล็งกิง สัญญาณออกซึ่งถูกกลับเฟสจะถูกป้อนเข้าสู่กริดของหลอดภาพ การเปลี่ยนระดับของสัญญาณออกของวงจรจะช่วยปรับแต่งความสว่างบนจอหลอดภาพได้กล่าวคือในช่วงที่สัญญาณเกตเปิดรับทริกเกอร์พัลส์ วงจรขยายอันแบล็งกิงจะทำให้เกิดจุดสว่างบนจอภาพตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณฟันเลื่อยและสัญญาณเข้า แต่เมื่อสัญญาณปิดรับทริกเกอร์พัลส์อันเป็นช่วงที่การกวาดภาพกลับมาที่จุดเริ่มต้นใหม่วงจรขยายอันแบล็งกิงจะทำให้ไม่เกิดจุดสว่างซึ่งช่วยให้ไม่มีเส้นสว่างปรากฏซ้อนทับกับรูปคลื่นสัญญาณ (ดูรูปที่ 2.24 รูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 ประกอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 การปรับความสว่างโดยใช้วงจรขยายอันแบล็งกิง

2.6.2 การโฟกัสและอัสติก

ทั้งโฟกัส และอัสติก ต่างมีหน้าที่ช่วยรวมศูนย์ลำอิเล็กตรอนที่ปล่อยออกมาจากแคโทดของหลอดภาพ ทั้งสองกรณีต่างเป็นการปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าที่ประกอบขึ้นเป็นเลนส์อิเล็กทรอนิกส์ปุ่มทั้งสองช่วยทำให้เส้นสว่างปรากฏอย่างคมชัดบนจอหลอดภาพ

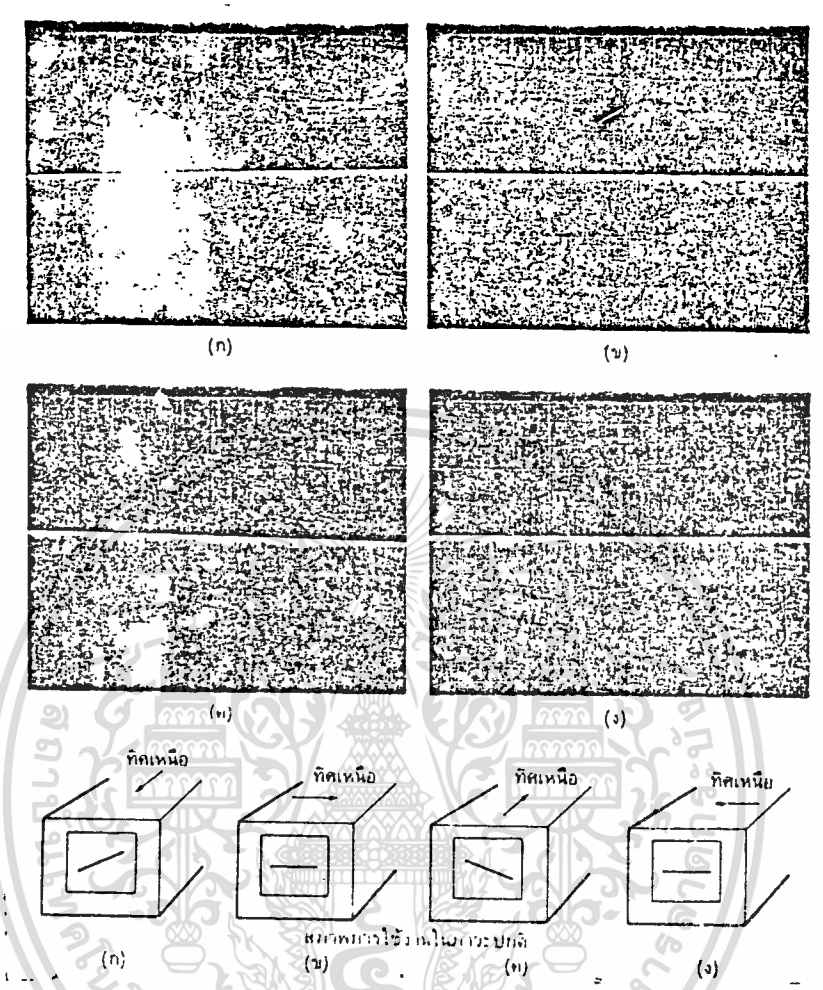
โดยทั่วไปอัสติกมีเสถียรภาพค่อนข้างดี ดังนี้เมื่อปรับตั้งได้แล้วจึงไม่มีความจำเป็นจะต้องปรับใหม่ ในออสซิลโลสโคปทั่วไปจึงมักเป็นอุปกรณ์ปรับที่ปรับไว้แบบกึ่งตายตัว

ส่วนโฟกัสนั้นมักจะได้รับอิทธิพลจากความสว่างของจอหลอดภาพได้ง่าย ดังนั้นหากมีการปรับปุ่มความสว่างไปมากๆ จึงต้องปรับปุ่มโฟกัสให้สอดคล้องกัน เพื่อจะได้เส้นสว่างที่คมชัด ในระยะหลังๆ มีการผนวกปุ่มโฟกัสและปุ่มความสว่างเข้าด้วยกัน โดยหากปรับความสว่างแล้วจะสามารถปรับได้โฟกัสที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ กลไกเช่นนี้เรียกว่า การปรับโฟกัสอัตโนมัติ (AUTO FOCUS)

2.6.3 การปรับความลาดเอียงของเส้นสว่าง

ลำอิเล็กตรอนนั้นจะถูกหักเหได้โดยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากธรรมชาติอันได้แก่ขั้วแม่เหล็กโลกนั้น มีอิทธิพลต่อออสซิลโลสโคปไม่น้อยเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

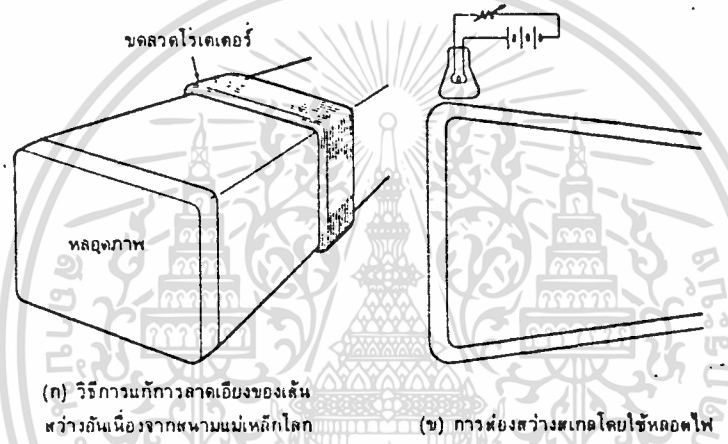


รูปที่ 2.25

รูปที่ 2.25 นั้น แสดงให้เห็นว่าทิศทางการวางออสซิลโลสโคปทำให้ผลของสนามแม่เหล็กโลกมีต่อเส้นสว่างได้อย่างไรบ้าง จากภาพเห็นได้ว่าเมื่อเราวางออสซิลโลสโคปไว้ในแนวตะวันออก/ตะวันตก แล้วหมุนตัวเครื่องไป 180 องศา เส้นสว่างจะเลื่อนขึ้นหรือลงเล็กน้อยดังรูปที่ 2.25 (ข) และรูปที่ 2.25 (ง) แต่จะไม่มีปัญหาในแง่การใช้งานแต่ประการใด แต่ถ้าหากเราหมุนเครื่องไป 90 องศา หรือหมุนเครื่องไป 180 องศา จากแนวเหนือ/ใต้ ดังรูปที่ 2.25 (ก) และรูปที่ 2.25 (ค) เส้นสว่างจะลาดเอียงไปอันจะส่งผลเสียต่อการวัดได้ ซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในออสซิลโลสโคปนั้น จะมีกลไกซึ่งแก้ไขการลาดเอียงของเส้นสว่างอันเป็นผลมาจากสนามแม่เหล็กโลก วิธีแก้ดังกล่าวมีแสดงในรูปที่ 2.26 (ก) โดยติดตั้งขดลวดไว้ที่ตัวหลอดภาพแล้วปล่อยให้มีกระแสไหลผ่านตามความเหมาะสม เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กซึ่งจะแก้ปัญหาการลาดเอียงของเส้นสว่างได้



(ก) วิธีการแก้ทางลาดเอียงของเส้นสว่างอันเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลก (ข) การห่อหุ้มสว่างสเกตโดยใช้หลอดไฟ

รูปที่ 2.26

อย่างไรก็ตามมาตรการแก้ไขดังกล่าวเหมาะสมสำหรับสนามแม่เหล็กโลก ซึ่งมีขนาดใหญ่ไม่ใหญ่นัก ในกรณีที่ต้องใช้ออสซิลโลสโคปในเงื่อนไขใช้งานซึ่งมีสนามแม่เหล็กเข้มมาก จึงควรใช้การกำบังหรือชีลด์ (SHIELD) ทางแม่เหล็กเพื่อขจัดอิทธิพลของสนามแม่เหล็ก แต่วิธีดังกล่าวนี้มีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ไฟส่องสว่างสเกลจอภาพ

หลอดภาพที่ใช้ในออสซิลโลสโคปนั้น ส่วนใหญ่มักมีสเกลสลักอยู่ทางด้านในของจอภาพเพื่อช่วยให้การอ่านขนาดสัญญาณหรือค่าแกนเวลามีโอกาสผิดพลาดได้น้อย หลอดภาพเช่นนี้จะมีไฟส่องสว่างเพื่อให้สเกลได้ง่ายขึ้นซึ่งเรียกว่า **ไฟส่องสเกล** (SCALE ILLLUMAINTION) ความสว่างส่วนนี้เราสามารถปรับได้ด้วย

ในกรณีทั่วไปสเกลดังกล่าวสามารถมองเห็นได้ด้วยตาอย่างชัดเจน ในห้องที่มีแสงสว่าง แต่ถ้าเป็นห้องที่มืดหรือกรณีต้องการต่อภาพของรูปคลื่นจะมองเห็นได้ยาก ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีไฟส่องสเกลจอภาพดังกล่าว

สำหรับวิธีการในการทำสเกลก็ยังมีแตกต่างกัน ที่เห็นได้ชัดก็คือ สีของสเกล ถ้าหากเราถอดแผ่นกรองแสงที่วางอยู่หน้าหลอดภาพออก จะพบว่าหลอดภาพมีสเกลหลายๆ แบบ เช่น สีแดง ขาว และดำ เป็นต้น โดยทั่วไปแต่ละสีจะมีลักษณะพิเศษดังนี้

1. **สเกลสีแดง** สีนี้มองเห็นด้วยตาเปล่าได้ง่าย และเปล่งแสงเมื่อใช้กับไฟส่องสว่างได้ดี จึงนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน นอกเหนือจากนี้เพื่อช่วยให้เรืองแสงดีขึ้นจึงมักมีการปนสารเรืองแสงลงในสารสีแดงด้วย

2. **สเกลสีขาว** สเกลเช่นนี้มักใช้กันมากกับหลอดภาพแบบ METAL BACK และในกรณีที่แรงดันเร่งความเร็วอิเล็กตรอนจนมีค่าสูง หลอดภาพเช่นนี้จะใช้กระจกที่มีจุดหลอมเหลวต่ำเป็นวัตถุดิบเพื่อทำสีฉาบสเกลด้านในของหลอดภาพ โดยการฉาบสีเช่นนี้ ผลจากการเปิดไฟส่องสว่างจะดีเยี่ยม แต่ถ้าหากหลอดภาพไม่ใช่แบบ METAL BACK สเกลเช่นนี้อาจจะมองเห็นได้ยาก ในกรณีเช่นนี้เรามักใช้สเกลสีแดงแทน

3. **สเกลสีดำ** เป็นสเกลที่พิมพ์ด้วยสีดำ ทางผิวด้านในของหลอดภาพแต่จะไม่สามารถใช้ส่องสว่างด้วยหลอดไฟได้ ในกรณีที่จะถ่ายภาพรูปคลื่น สัญญาณจากออสซิลโลสโคปที่ใช้หลอดภาพชนิดนี้ จะต้องใช้แฟลชควบคู่กันด้วยปัจจุบันความจำเป็นที่ต้องมีการส่องสว่างสเกลได้เพิ่มสูงมาก ดังนั้นสารที่ใช้พิมพ์สเกลจึงเปลี่ยนมาใช้แบบสเกลสีแดงและสเกลสีขาวมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่องสว่างสเกลของหลอดภาพนั้นจะอาศัยหลอดไฟหลายดวง ที่ติดตั้งอยู่ทางตอนบนและล่างของด้านหน้าหลอดภาพ วงจรและตำแหน่งของหลอดจะเป็นดังเช่นรูปที่ 2.26 (ข) สำหรับตำแหน่งและจำนวนของหลอดไฟนั้นจะมีการออกแบบเพื่อให้ความสว่าง แก่สเกลได้มากที่สุด แต่ถ้าหากเพิ่มความสว่างของหลอดไฟมากเกินไป เวลาถ่ายรูปคลื่นสัญญาณจากจอภาพ ส่วนที่อยู่ใกล้หลอดภาพจะปรากฏสว่างมากกว่าส่วนอื่น

2.7 ปุ่มควบคุมต่างๆ ของออสซิลโลสโคป

2.7.1 ปุ่มปรับความสว่าง

ปุ่มปรับความสว่าง (INTENSITY) ทำหน้าที่แต่งปรับค่าไบแอสระหว่างกริดกับแคโทดของหลอดภาพเพื่อควบคุมปริมาณของลำอิเล็กตรอนที่ออกจากแคโทด ถ้าหากปริมาณของลำอิเล็คตรอนเพิ่มสูงขึ้น รูปคลื่นสัญญาณที่ปรากฏบนหลอดภาพก็สว่าง แต่ถ้าน้อยลง รูปคลื่นสัญญาณบนจอภาพก็จะมืดลง

ปุ่มควบคุมความสว่างนี้ ถ้าหากหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา รูปคลื่นบนจอก็สว่างเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหมุนกลับกันก็จะมืดลง จนในที่สุดรูปคลื่นจะหายไปจากหลอดภาพ จอหลอดภาพที่ใช้ในออสซิลโลสโคปนั้น ถ้ามีรูปคลื่นสัญญาณปรากฏสว่างบนจอภาพเป็นเวลานานๆ ผิวเรืองแสงบนจอหลอดภาพจะเสื่อมได้ง่ายดังนั้นปุ่มความสว่างจึงมักออกแบบ ให้สามารถปรับจนไม่มีเส้นสว่างของรูปคลื่นปรากฏบนจอเลยในขณะไม่ใช้งานสโคป เมื่อต้องการใช้งานจึงค่อยปรับปุ่มนี้เพื่อให้ได้ความสว่างตามต้องการ

2.7.2 ปุ่มปรับโฟกัสและอัสติก

ลำอิเล็กตรอนที่พุ่งออกจากขั้วแคโทดของหลอดภาพ จะถูกปรับให้เป็นลำอิเล็กตรอนเล็กๆ ขณะผ่านส่วนที่เรียกว่า **ปืนอิเล็กตรอน** (ELECTRON GUN) ทั้งนี้เพื่อให้ลำอิเล็กตรอนนี้ทำให้เกิดจุดสว่างบนจอหลอดภาพ เราสามารถปรับแต่งค่าแรงดันที่ป้อนให้แก่ปืนอิเล็กตรอน เพื่อให้จุดที่ได้เป็นจุดกลมและมีขนาดเล็ก ปุ่มที่ทำหน้าที่ปรับให้จุดเป็นจุดกลมก็คือ **อัสติก** (ASTIC) ขณะที่ตัวปรับขนาดของจุดให้เล็กลงนั้นก็คือ **โฟกัส** (FOCUS)

จุดที่ปรากฏบนจอหลอดภาพนั้นจะมีขนาดเปลี่ยนไปบ้าง เมื่อเราปรับความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไป ดังนั้นในการใช้งาน จึงควรปรับความสว่างให้ได้ระดับที่เหมาะสมเสียก่อนแล้วจึงใช้ปุ่มอัสติก ให้ได้จุดกลม ต่อจากนั้นจึงใช้ปุ่มโฟกัสปรับจุดกลมนี้ให้มีขนาดเล็ก ควรสังเกตว่าจุดที่เกิดตอนกลางกับส่วนริมของจอหลอดภาพอาจมีขนาดใหญ่เล็กไม่เท่ากัน ถ้าเป็นเช่นนั้นให้ป้อนสัญญาณเพื่อให้มีรูปคลื่นบนจอภาพ แล้วใช้ปุ่มโฟกัสปรับแต่งให้รูปคลื่นตรงตอนกลางกับส่วนริมของจอหลอดภาพมีขนาดสม่ำเสมอกัน

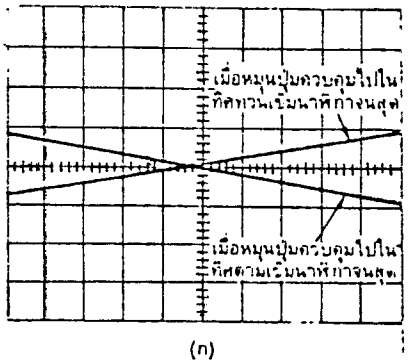
ปุ่มอัสติกนั้นมักไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้ความสว่างจะเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม ดังนั้นเมื่อปรับตั้งเรียบร้อยแล้วจึงไม่จำเป็นต้องปรับใหม่ โดยทั่วไปมักเป็นส่วนปรับที่ไม่มีปุ่มบังคับ กล่าวคือมีสภาพแบบปรับตั้งกึ่งถาวร

สำหรับออสซิลโลสโคปที่มีวงจรกวาดภาพแบบประวิงเวลาอยู่ด้วย มักจะมีวงจรปรับโฟกัสอัตโนมัติติดมาพร้อมกัน ทำให้เราไม่ต้องปรับโฟกัสแม้ความสว่างจะเปลี่ยนไปก็ตาม

2.7.3 **ปุ่มหมุนเส้นสว่าง**

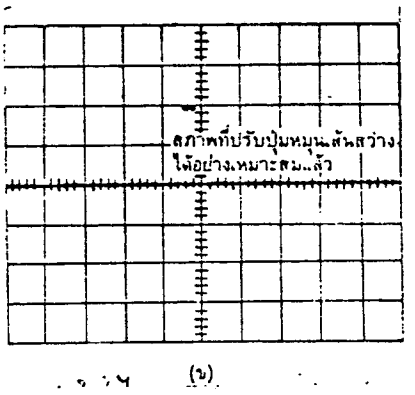
ปุ่มหมุนเส้นสว่าง (TRACE ROTATION) เป็นปุ่มควบคุมที่ทำหน้าที่ปรับให้เส้นสว่างขนานกับสเกลในแนวนอนของจอหลอดภาพ

เส้นสว่างบนจอหลอดภาพอาจจะได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็กโลก จนทำให้บิดเอียงไปจากตำแหน่งเดิมที่ถูกต้อง ดังนั้นหลังจากที่วางออสซิลโลสโคปในจุดใช้งานที่แน่นอนแล้ว เช่น ในแนวทิศตะวันออก/ตก หรือ เหนือ/ใต้ ให้ทำการปรับตั้งปุ่มนี้เสียใหม่ เพื่อให้ได้เส้นที่อยู่ในแนวระดับจริงๆ การปรับปุ่มดังกล่าวนี้จะช่วยควบคุมกระแสที่ไหลผ่านคอยล์ซึ่งพันอยู่รอบๆ คอหลอดภาพอันเป็นผลให้มุมของเส้นสว่างบนจอภาพมีการเปลี่ยนแปลง(รูปที่ 2.27)



(ก)

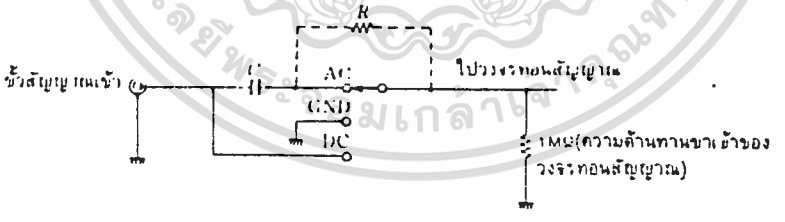
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 การปรับปุ่มเพื่อหมุนเส้นสว่าง

2.7.4 **สวิตช์เลือกการคัปปลิ้งสัญญาณเข้า**

ขั้วอินพุตของออสซิลโลสโคปนั้นจะต่อเชื่อมเข้ากับภาคทอนสัญญาณภายในสโคป ในช่วงระหว่างกลางนี้ จะมีสวิตช์ซึ่งทำหน้าที่สับเปลี่ยนเพื่อเลือกชนิดของสัญญาณเข้าที่จะวัด เช่น เป็นสัญญาณไฟตรง (โดยการต่อเชื่อมโดยตรง) หรือสัญญาณกระแสสลับ (โดนการต่อเชื่อมผ่านตัวเก็บประจุ)



รูปที่ 2.28 วงจรคัปปลิ้ง

รูปที่ 2.28 แสดงวงจรคัปปลิ้งให้เห็นพอสังเขป จากรูปเห็นว่า เมื่อหมุนสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง AC สัญญาณที่เข้ามาที่ขั้วอินพุตจะต้องผ่านตัวเก็บประจุ C ซึ่งทำหน้าที่กรองเอาส่วนกระแสตรงออก ก่อนสัญญาณจะเข้าสู่ภาคทอนสัญญาณ การเลือกตำแหน่งสวิตช์เช่นนี้ จึงมุ่งทำการวัดสัญญาณเข้าที่เป็นกระแสสลับหรือสัญญาณเข้าที่มีส่วนกระแสตรงและสลับ แต่เราต้องการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะส่วนที่เป็นกระแสสลับเท่านั้น ในกรณีเช่นนี้ตัวเก็บประจุ C หรือคัปปลิ้งคาพาซิเตอร์จะต่อเข้าตัวต้านทานด้านเข้าของภาคทอนสัญญาณ (ซึ่งมีค่าประมาณ 1 เมกะโอห์ม) และประกอบกันเป็นวงกรองผ่านสูง ดังนั้นถ้าหากสัญญาณมีความถี่ต่ำวงจรคัปปลิ้งนี้จึงอาจทอนขนาดสัญญาณลงไปได้ ในกรณีของสัญญาณความถี่ต่ำเช่นนี้จึงมักใช้การคัปปลิ้งแบบ DC

ขนาดการทอนสัญญาณของสัญญาณความถี่ต่ำนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าตัวเก็บประจุ C ของวงจรคัปปลิ้ง ในกรณีที่ข้อกำหนดจำเพาะ (SPECIFICATION) ของสโคปบอกไว้ว่าลักษณะสมบัติเชิงความถี่เป็น 5 เฮิรตซ์ ถึง 20 เมกะเฮิรตซ์ (-3 เดซิเบล) ก็หมายถึงลักษณะสมบัติในกรณีที่โหมดใช้งานเป็น AC คัปปลิ้งนั่นเอง

การหมุนปุ่มไปที่ DC สัญญาณที่มายังขั้วเข้าจะต่อเชื่อมโดยตรงเข้ากับวงจรทอนสัญญาณ โหมดนี้มักใช้ในการวัดแรงดันกระแสตรงหรือสัญญาณกระแสสลับที่มีความถี่ต่ำรวมทั้งกรณีที่ต้องการวัดดูสัญญาณทั้งกระแสตรงและกระแสสลับซ้อนกันอยู่

การหมุนปุ่มไปที่ GND ขั้วเข้าของออสซิลโลสโคปจะถูกตัดออกจากวงจรทอนสัญญาณ ขั้วเข้าของวงจรทอนสัญญาณจะถูกต่อเข้ากับกราวนด์ ดังนั้นบนจอหลอดภาพจึงจะแสดงระดับแรงดัน "0" (ศูนย์) โวลต์เรามักจะหมุนปุ่มไปที่ GND เพื่อตรวจสอบระดับอ้างอิง (0 โวลต์) เสียก่อน ก่อนจะทำการวัดแรงดันกระแสตรง

ในบางครั้งเราจำเป็นต้องใช้ออสซิลโลสโคปเพื่อทำการวัดสัญญาณซึ่งมีทั้ง ส่วนกระแสสลับและกระแสตรง ในกรณีเช่นนี้หากเราหมุนปุ่มไปที่ AC และใช้โพรบที่มีอิมพิแดนซ์สูงเพื่อทำการวัดเฉพาะส่วนกระแสสลับ ตัวเก็บประจุภายในโพรบจะถูกแรงดันกระแสตรงชาร์จหรือเก็บประจุ ในช่วงจังหวะนี้รูปคลื่นสัญญาณจะไม่ปรากฏตรงบริเวณกลางจอหลอดภาพ ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้วงจรคัปปลิ้งดังแสดงในรูปที่ 2.20 วงจรดังกล่าวจะทำงานโดยขั้นตอนต่อไปนี้ ก่อนอื่นปุ่มคัปปลิ้งจะปรับไปที่ GND แล้วต่อโพรบเข้ากับจุดที่ต้องการวัดค่า เมื่อตัวประจุ C เก็บประจุจนเต็มแล้ว จึงหมุนปุ่มกลับมาที่ AC รูปคลื่นสัญญาณก็จะปรากฏตรงกลางของจอหลอดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 <u>ปุ่มเลื่อนภาพแนวตั้งและปุ่มเลื่อนภาพแนวนอน</u>

ปุ่มเลื่อนภาพแนวตั้ง

ปุ่มเลื่อนภาพแนวตั้ง (VERTICAL POSITION) เป็นปุ่มปรับเพื่อเลื่อนรูปคลื่นบนจอภาพให้ขึ้นหรือลง เมื่อหมุนปุ่มปรับไปในทิศตามเข็มนาฬิกา รูปคลื่นจุเลื่อนขึ้นแต่ถ้าหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา รูปคลื่นจะเลื่อนลง ถ้าหมุนปุ่มในทิศใดจนสุด รูปคลื่นอาจจะเลื่อนขึ้นหรือลงจนหลุดหายจากจอภาพ ดังนั้น จึงควรปรับตำแหน่งของปุ่มให้เหมาะสม เพื่อให้ได้รูปคลื่นสัญญาณในตำแหน่งที่สังเกตและวัดค่าได้ง่าย

ในกรณีใช้สโคปวัดค่าแรงดันกระแสตรง ถ้าหากเราปรับตั้งค่าโวลต์ต่อช่อง (VOLTS/DIV) ไว้ไม่เหมาะสม เส้นสว่างบนจอจะหลุดหายไปจากจอภาพ ถึงจะใช้ปุ่มเลื่อนภาพปรับอย่างไรก็ไม่สามารถเลื่อนให้เส้นสว่างกลับมาปรากฏบนจอหลอดภาพได้ วิธีแก้ไขจึงทำได้โดยการเปลี่ยนค่าโวลต์ต่อช่องให้เหมาะสม (ปรับค่าโวลต์ต่อช่องเล็กลง)

ในการวัดค่าแรงดันกระแสตรงให้หมุนปุ่มคัปปลิ้งไปที่ GND แล้วปรับตั้งเส้นสว่างให้ปรากฏบนจอภาพในตำแหน่งที่เหมาะสม เช่น หากต้องการวัดแรงดันค่าบวกก็ให้ปรับเส้นสว่างในตำแหน่งต่ำสุดของจอหลอดภาพ หรือถ้าต้องการวัดแรงดันค่าลบก็ต้องปรับเส้นสว่างในตำแหน่งบนสุดของจอหลอดภาพต่อจากนั้นจึงปรับปุ่มโวลต์ต่อช่องจากค่าใหญ่ให้เล็กลงเรื่อยๆ (โดยดูตำแหน่งเส้นสว่างบนจอภาพประกอบด้วย)

ปุ่มเลื่อนภาพแนวนอน

ปุ่มเลื่อนภาพแนวนอน (HORIZONTAL POSITION) เป็นปุ่มเพื่อเลื่อนภาพไปทางซ้ายหรือขวา ของจอหลอดภาพ เมื่อหมุนปุ่มไปในทิศตามเข็มนาฬิกา รูปคลื่นสัญญาณจะเลื่อนไปทางขวา ในทางกลับกันถ้าหมุนปุ่มในทิศทวนเข็มนาฬิกา รูปคลื่นจะเลื่อนไปทางซ้าย ถ้าหากหมุนปุ่มในทิศใดจนสุดเส้นสว่างจะยังคงปรากฏให้เห็นทางตอนซ้ายหรือขวาของจอหลอดภาพ ซึ่งจุดนี้จะเป็นข้อแตกต่างที่สำคัญเมื่อเทียบกับปุ่มเลื่อนภาพแนวตั้ง

สำหรับวงจรภายในของสโคปนั้น ในขณะที่รูปคลื่นสัญญาณปรากฏกลางจอหลอดภาพ แรงดันไฟฟ้าที่แผ่นเบี่ยงเบนทั้งสองจะมีค่าเกือบเท่ากัน แต่เมื่อเราทำให้แรงดันไฟตรงที่ป้อน

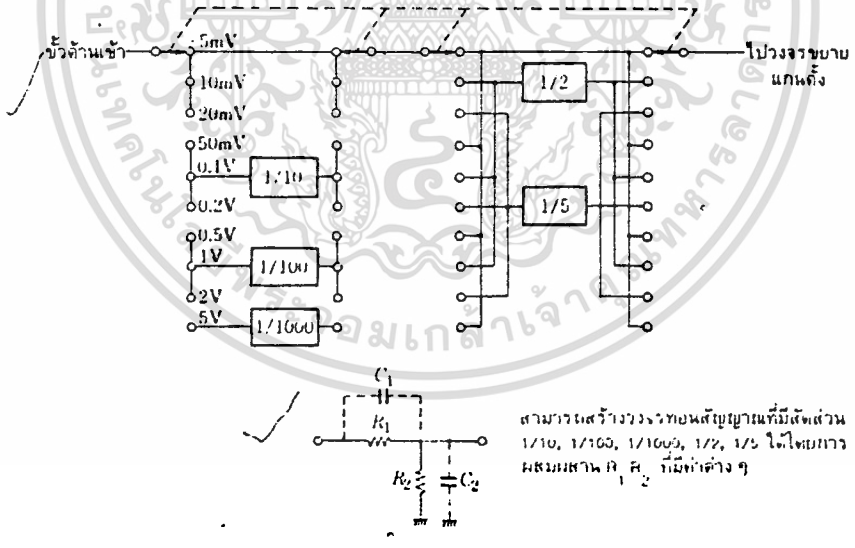
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กับวงจรขยายสัญญาณแตกต่าง (DIFFERENTIAL AMPLIFIER) ของแกนแนวตั้งและแกนแนวนอน เกิดการเสียสมดุล ก็จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่แผ่นเบี่ยงเบนเสียสมดุลไปด้วย รูปคลื่นสัญญาณจึงเลื่อนขึ้นหรือลงและเลื่อนไปซ้ายหรือขวาได้ตามแต่กรณี

ปุ่มที่ทำหน้าที่ปรับค่าแรงดันดังกล่าวอย่างต่อเนื่องก็คือปุ่มเลื่อนภาพแนวตั้งและปุ่มเลื่อนภาพแนวนอนนั่นเอง

2.7.6 <u>ปุ่มปรับอัตราขยายแกนตั้ง</u>

ออสซิลโลสโคปจะมีวงจรทอนสัญญาณซึ่งช่วยให้เราสามารถสังเกตดูสัญญาณขนาดเล็กมากๆ ไปจนถึงสัญญาณขนาดใหญ่ได้ นอกจากนี้ยังมีสเกลที่จอหลอดภาพเพื่อช่วยให้สามารถวัดค่าแรงดันได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 2.29 วงจรทอนสัญญาณเข้า

ค่าโวลต์ต่อช่องเป็นค่าบอกให้เรารู้ว่าสเกลหนึ่งช่องแสดงค่าแรงดันเท่าไรส่วน DIV นั้นเป็นคำย่อของ DIVISION (หนึ่งช่อง) นั่นเอง ปุ่มปรับอัตราขยายแกนตั้งหรือปรับโวลต์ต่อช่อง (VOLTS/DIV) จะเป็นสวิตช์ของวงจรทอนสัญญาณ ซึ่งอยู่ระหว่างขั้วด้านเข้ากับภาควงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายแกนแนวตั้ง รูปที่ 2.29 แสดงโครงสร้างของวงจรดังกล่าว ซึ่งสามารถปรับค่าเป็นขั้นจาก 1 เป็น 2 เป็น 5 ได้

ค่าโวลต์ต่อช่องนี้จะถูกต้องแม่นยำเมื่อปรับปุ่มปรับค่าต่อเนื่อง (VARIBLE) ไปในทิศตามเข็มนาฬิกาจนสุดที่ตำแหน่ง CAL (CALIBRATION) หรือปรับเทียบในออสซิลโลสโคปที่ใช้งานกันโดยทั่วไป วงจรจะได้รับการออกแบบให้สามารถด่านค่าได้ถูกต้องแม่นยำ เฉพาะเมื่อปุ่มนี้อยู่ที่ตำแหน่ง CAL เท่านั้น ถ้าปุ่มปรับ VARIABLE นี้ไม่ได้อยู่ที่ตำแหน่ง CAL ค่าโวลต์ต่อช่องที่อ่านได้จะผิดพลาดไปจากค่าที่แท้จริง

ปุ่มปรับค่าต่อเนื่องซึ่งมีแกนร่วมอยู่กับปุ่มโวลต์ต่อช่องจะทำหน้าที่ ปรับแต่งขนาดของอัตราขยายวงจรขยายแกนตั้ง ทั้งนี้เพื่อปรับขนาดของรูปคลื่นสัญญาณให้ใหญ่หรือเล็กได้อย่างต่อเนื่อง ปุ่มนี้สามารถเปลี่ยนขนาดของรูปคลื่นได้กว่า 2.5 เท่า เมื่อเราหมุนจากตำแหน่ง CAL ไปในทิศทวนเข็มนาฬิกาจนสุด อย่างไรก็ตามหากปุ่มนี้ไม่ได้อยู่ที่ตำแหน่ง CAL ค่าแรงดันที่เราอ่านได้จากสเกลบนสโคปจะผิดพลาดจากค่าแท้จริง จึงพึงระมัดระวังสนใจในข้อนี้

2.7.7 **ปุ่มปรับเวลาในการวาดภาพ**

ปุ่มปรับเวลาในการกวาดภาพ (SWEEP TIME/DIV) จะใช้สวิตช์เปลี่ยนตัวต้านทานและตัวเก็บประจุของวงจรกวาดภาพมิลเลอร์ ทั้งนี้เพื่อเปลี่ยนความลาดชันของรูปคลื่นฟันเลื่อย ผลที่เกิดขึ้นทำให้เวลาที่ลำอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ในแนวนอนบนจอหลอดภาพ (หรือเวลาในการกวาดภาพ) มีการเปลี่ยนแปลง

การหมุนปุ่มปรับค่าต่อเนื่องซึ่งมีแกนร่วมกับปุ่ม SWEEP TIME/DIV ไปในทิศตามเข็มนาฬิกาจนสุดที่ตำแหน่ง CAL ค่าของ SWEEP TIME/DIV ที่กำหนดด้วยปุ่มปรับจะเป็นค่าเวลาที่ลำอิเล็กตรอนต้องใช้ในการเคลื่อนที่ใน 1 ช่องสเกล

ปุ่ม SWEEP TIME/DIV จะสามารถปรับค่าเป็นขั้นจาก 1-2-5 เช่นเดียวกับปุ่ม VOLTS/DIV นอกจากนี้ปุ่มปรับต่อเนื่องยังช่วยปรับค่าในช่วงสองขั้นดังกล่าวนี้ได้อย่างต่อเนื่อง ถ้าหากหมุนปุ่มจากตำแหน่ง CAL ไปในทิศทวนเข็มนาฬิกา จนสุด ค่าของเวลากวาดภาพ (SWEEP TIME) จะเปลี่ยนไปกว่า 2.5 เท่า

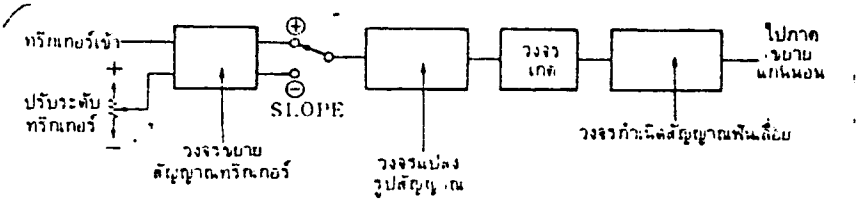
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณขนาดความถี่เดียวกัน ถ้าหากเราปรับปุ่ม SWEEP TIME/DIV ให้น้อยลง จะสามารถขยายภาพออกในแนวนอน ทำให้สังเกตและวัดค่าได้สะดวกขึ้น ในกรณีใช้สโคปวัดค่าเวลาและความถี่นั้น จะต้องตั้งปุ่มปรับต่อเนื่องไว้ที่ CAL แต่ถ้าเพียงต้องการสังเกตดูรูปคลื่น เราอาจปรับปุ่มปรับค่าต่อเนื่องและ SWEEP TIME/DIV เพื่อให้ได้รูปคลื่นที่เหมาะสม

2.7.8 <u>ปุ่มปรับระดับทริกเกอร์และความลาด</u>

การทำงานของสโคปนั้น เริ่มต้นจากมีสัญญาณเข้า มีการกวาดภาพต่อจากนั้นจึงจะมีรูปคลื่นสัญญาณปรากฏบนจอหลอดภาพ ปุ่ม TRIG LEVEL กับ ปุ่ม SLOPE จะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งรูปคลื่นขาเข้าที่สโคปจะเริ่มทำการกวาดภาพ

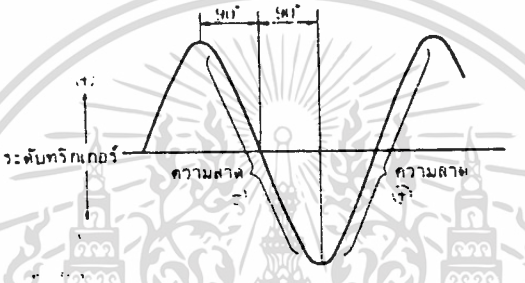
รูปที่ 2.30 แสดงบล็อกไดอะแกรมของออสซิลโลสโคปในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวงจรทริกเกอร์ สัญญาณทริกเกอร์จะผ่านวงจรขยายเข้าสู่วงจรแปลงรูปสัญญาณแล้วป้อนต่อให้กับวงจรเกต วงจรเหล่านี้จะทำงานเมื่อมีแรงดันบวกก หรือลบและมีค่าแน่นอนหนึ่งๆ ป้อนเข้ามา ดังนั้นหลังจากวงจรขยายแล้วจะมีสวิตช์เพื่อเลือกส่วนสัญญาณค่าบวกหรือลบจากวงจรขยายดังกล่าว เพื่อจะสร้างสัญญาณทริกเกอร์ให้แก่วงจรเกตต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงสามารถทริกเกอร์ให้วงจรเกตทำงานได้ไม่ว่าสัญญาณเข้าจะอยู่ในช่วงบวกหรือลบก็ตาม ปุ่มที่ทำหน้าที่เลือกระหว่างค่าสัญญาณช่วงบวกหรือลบดังกล่าวก็คือ ปุ่ม SLOPE



รูปที่ 2.30 วงจรทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปุ่ม TRIG LEVEL นั้น จะทำหน้าที่ปรับค่าไบแอสวงจรขยายเพื่อทำให้วงจรเกตเริ่มทำงานที่ค่าแรงดันแตกต่างกันตามต้องการ

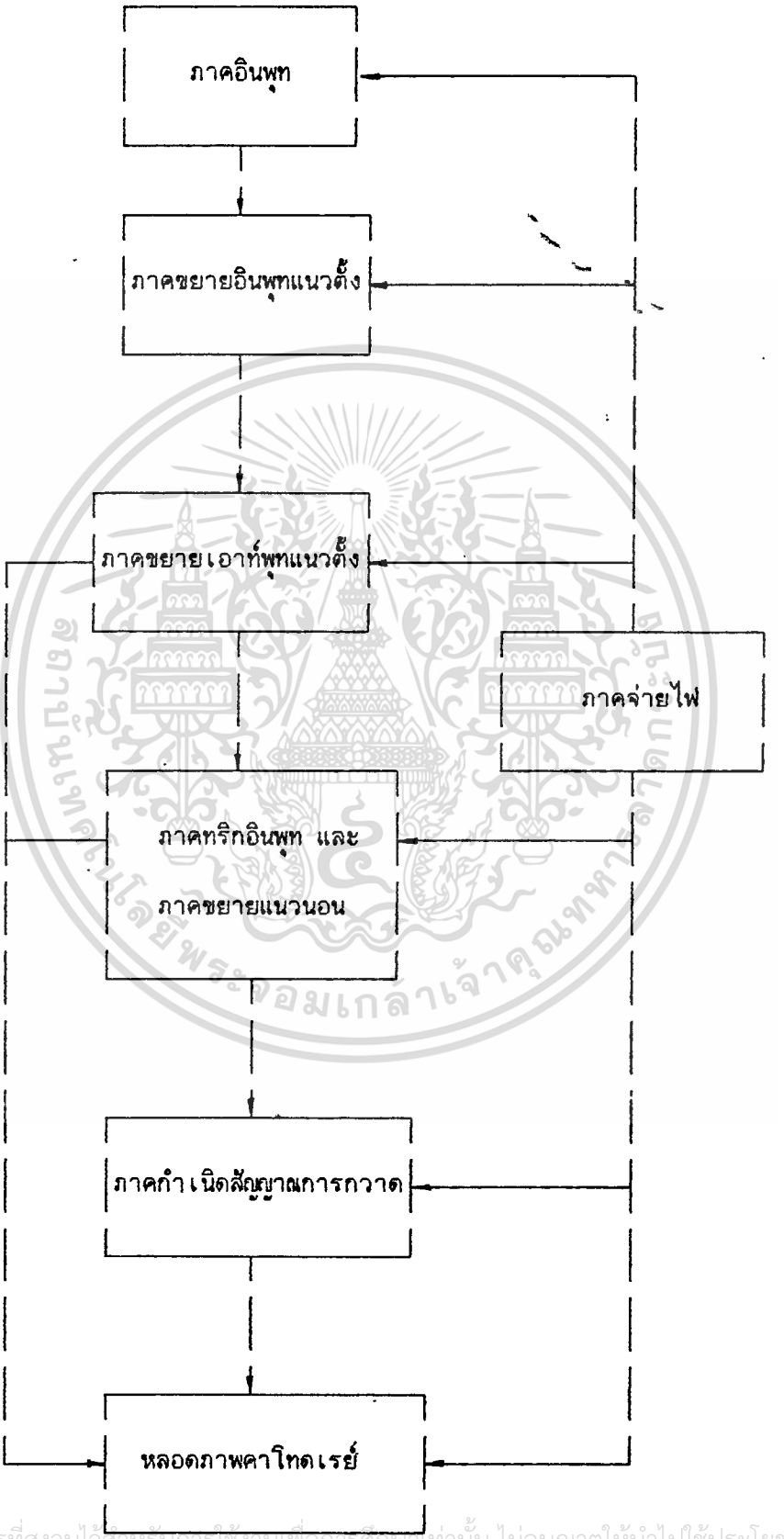


รูปที่ 2.31 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับทริกเกอร์และความลาด

รูปที่ 2.31 แสดงการทำงานของปุ่ม TRIG LEVEL และปุ่ม SLOPE ในกรณีที่ต้องการสังเกตดูรูปคลื่นในขณะที่กำลังเพิ่มค่าสูงขึ้น ให้เลือก SLOPE เป็น + แต่ถ้าต้องการดูรูปคลื่นในขณะที่กำลังลดค่าลงก็เลือก SLOPE เป็น - ส่วนปุ่ม TRIG LEVEL นั้นช่วยให้เราสามารถเลื่อนตำแหน่งของจุดทริกเกอร์ไปจากเดิมได้ 90 องศาโดยประมาณ ดังนั้นเราจึงสามารถใช้ปุ่ม TRIG LEVEL ปรับเพื่อดูช่วงเริ่มต้นของรูปคลื่นสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 **การทำงานของวงจร**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของออสซิลโลสโคปอย่างคร่าวๆ เริ่มจากโปรบไปรับสัญญาณที่จะวัดมาที่ภาคอินพุท สัญญาณที่เข้ามาจะถูกขยายทางแนวตั้งใน ภาคขยายอินพุทแนวตั้ง และ ภาคขยายเอาท์พุทแนวตั้ง จากนั้นสัญญาณจะถูกทริกและขยายทางแนวนอนใน ภาคทริกอินพุท และภาคขยายแนวนอน ส่วนภาคกำเนิดสัญญาณการกวาด ก็จะกำเนิดสัญญาณการกวาด สัญญาณจากทั้ง 2 ส่วนจะถูกต่อเข้าไปที่หลอดคาโทดเรย์ เพื่อให้แสดงผลออกมาที่จอภาพ ซึ่งหลอดภาโทดเรย์และภาคต่างๆ ได้รับไฟเลี้ยงจากภารจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การทำงานภายในวงจรโดยละเอียด

2.9.1 ตัวลดทอนและการขยายอินพุทแนวตั้ง (รูป 1A และ 1B ในภาคผนวก)

สัญญาณอินพุทที่เข้ามาถ้าวัดแบบ AC จะถูกกรองโดย C_{901} แต่ถ้าเป็น DC จะถูกต่อโดยตรงกับอินพุทซอคเก็ท และสัญญาณจะถูกลดทอนลงเป็นขั้นๆ จาก 100, 10 และ 1 โดยสวิทช์ S_{902-1F} และ S_{902-1R} เอาท์พุทที่ได้จะ ถูกป้อนเข้ากับขาเกทของ TR_{601} โดยทาง C_{601} และ R_{602} โดยที่จะมี D_{601} มาป้องกันอินพุทเกิน +-400 โวลท์ TR_{601} คือ เฟท ซึ่งระดับเอาท์พุทจะถูกปรับให้เป็นศูนย์โดย R_{604} และ R_{605} และเอาท์พุทจะถูกลดทอนเป็นขั้นๆ จาก 5,2,1 โดยสวิทช์ S_{902-2R} และ ถูกป้อนเข้าขาเบส TR_{603} ซึ่งต่อคู่กับ TR_{604}, D_{602} และ D_{603} ที่ขาอิมิตเตอร์จะเพิ่มความจุของสัญญาณแต่จะไม่มีผลต่อเกนซึ่งคงเป็นสัดส่วนโดยตรง ต่อกระแสและศักดา ที่จ่ายซึ่งจะ ชดเชยความไวของ CRT ที่เป็นส่วนกลับกับ ศักดาที่จ่าย ดังนั้นความไวทางแนวตั้งจะไม่ ขึ้นกับค่าศักดาที่จ่าย ศักดาที่ปรับได้จาก R_{615} จะถูกป้อนเข้าขาเบสของ TR_{604} และ R_{613} จะเป็นตัวปรับค่าเกนของแชนแนล เพราะ R_{613} เป็นตัวควบคุมกระแสอิมิเตอร์ทั้งหมด กระแสคอลเลคเตอร์ของ TR_{603} และ TR_{604} จะผ่านวงจรชดเชยอุณหภูมิ ซึ่งประกอบด้วย R_{611}, C_{602}, R_{614}, และ C_{603} และผ่านไปยังของอิมิเตอร์ของ TR_{602} ด้วยเพื่อผ่านไปยังเอาท์พุท TR_{602} จะทำการแยกรูปคลื่นจากวงจรอินพุท

2.9.2 การขยายเอาท์พุทแนวตั้ง (รูป 2 ในภาคผนวก)

กระแสคอลเลคเตอร์จาก TR_{602} จะผ่านจาก D_{637} และ D_{638} ไปยังขาเบสของ TR_{633} และ TR_{636} ซึ่งมีการป้อนกลับแบบขนานกันอยู่ เอาท์พุทขาเบสTR_{634} และ TR_{635} ตามลำดับ ขาคอลเลคเตอร์ของ TR_{634} และ TR_{635} จะป้อนไปยังขา 7 และ 8 ของหลอดคาโทด C_{641} และ R_{671} จะถูกปรับให้ตอบสนองพัลส์ให้ดีที่สุด TH_{631} จะทดแทนค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิของภาคอินพุท เมื่อ TR_{632} ทำงาน และ D_{367} และ D_{368} ทำงาน (สวิทช์ S_{632} ปิด) อินพุทจะเข้ามาในภาคนี้ C_{632} และ C_{634} ป้อนพัลส์ไปยังตัวขยายที่จะยกเลิกการทำงานชั่วคราว เพื่อไม่ให้เห็นเส้นสบัดกลับระหว่างการเปลี่ยนแปลง เมื่อความเร็วมากกว่า 2 มิลลิวินาที/ช่อง TR_{631} และ TR_{632} จะทำงานเป็น 2 สถานะ เปลี่ยนแปลงโดยทางขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมิเตอร์ของ TR_{34} (ในรูป4) วงจร L_{631}, C_{640}, R_{640} จะหน่วงการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งเส้นสบัดกลับถูกยกเลิกไป กระแสซึ่งถูกขยายเอาท์พุทแนวตั้งจะจ่ายไฟ +13 โวลต์ ซึ่งจะถูกพ่วงโดย C_{645} และไฟ +7.5 โวลท์ จะถูกทำให้คงที่โดยเซเนอร์ไดโอด D_{644} ไฟ +7.5 โวลท์ จะถูกใช้อ้างอิงสำหรับจ่ายไฟ -7.5 โวลท์ ซึ่งถูกทำให้เสถียรโดยวงจรชนานของ TR_{637}, R_{659}, R_{666} -R_{668} ส่วน R_{658} จะชดเชยการแปรเปลี่ยนของไฟ -13 โวลท์ และลดผลกระทบของการแปรเปลี่ยนของไฟ -7.5 โวลท์

2.9.3 **วงจรทริกเกอร์** (รูป 3 และ 4 ในภาคผนวก)

วงจรนี้ประกอบด้วยคู่ TR_{23} และ TR_{25} ซึ่งต่อคล้ายกับภาคขยายอินพุทแนวตั้ง แต่ด้วยการชดเชยอุณหภูมิในวงจรอิมิตเตอร์ของมันเอาท์พุทจากคอลเลคเตอร์ถูกต่อกับ D_{27} หรือ D_{31} ไปยังอิมิตเตอร์ของ ภาคคอมมอนเบสของ TR_{26} คอลเลคเตอร์ของ TR_{26} ถูกต่อด้วย D_{54}, D_{33}, D_{34} ถูกต่อโดย D_{58}, D_{59} ซึ่งจำกัดการแกว่งของศักดา ไปยังอินพุทของวงจรชมิททริกเกอร์ TR_{22} และ TR_{24} ถูกแปรเปลี่ยนเพื่อว่าส่วนใดๆ ของสัญญาณทริกเกอร์สามารถปรับที่ระดับทริกเกอร์ของชมิทได้ เมื่อการควบคุมระดับอยู่ในตำแหน่งอัตโนมัติ ช่วงของการควบคุมระดับถูกจำกัดโดยผลรวมของ R_{20} อนุกรมกับ R_{21} ซึ่งจะลดช่วงระดับควบคุมจากมากกว่า 10 ช่อง เหลือประมาณ 2.5 ช่อง เมื่อ S_{22} อยู่ที่ตำแหน่ง TV เอาท์พุทของ TR_{21} ถูกต่อโดย D_{57} ไปตัวแยกซิงค์ TR_{38} ซึ่งนำสัญญาณเพียงพัลส์ที่ซิงค์แล้ว และคัทออฟสัญญาณ VDO เมื่อความเร็วเวลา/ช่อง เท่ากับ 100 วินาที/ช่อง หรือช้ากว่านี้ตัวเอาท์พุทของ TR_{23} จะถูกรวมโดย R_{129} และ C_{63} ซึ่งจะให้รูปคลื่นที่ซิงสนามพัลส์มีแอมปลิจูดสูงกว่าพัลส์ และถูกป้อนโดย TR_{25} ไปยังอินพุทของวงจรชมิททริกเกอร์ เมื่อเวลา/ช่อง เท่ากับ 50 วินาที/ช่อง หรือเร็วกว่านี้ C_{63} จะถูกแยกออกจากกราวนด์โดยการคัทออฟ D_{56} พัลส์และสนามพัลส์มีแอมปลิจูดเท่ากัน และถูกป้อนโดย TR_{35} ไปยังอินพุทของวงจรชมิท ทริกเกอร์ เมื่อไดโอด TV D_{58}, D_{59} ถูกคัตออฟและถูกตัดการควบคุมโดยการสวิทช์ R_{22} ไปที่ -13 โวลท์ วงจรชมิท ทริกเกอร์ TR_{22} และ TR_{24} กำหนดสัญญาณทริกเกอร์แอมปลิจูดคงที่ที่คอลเลคเตอร์ของ TR_{24} ไปยังวงจรฐานเวลาและวงจรสายสว่างอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TR_{30} ให้สัญญาณพัลส์ไปยังขาเบสของ TR_{24} เพื่อขัดขวางวงจรชมิททริกเกอร์ระหว่างการกวาดของฐานเวลา ซึ่งจะป้องกันพัลส์ทริกเกอร์ซึ่งถูกผลิตระหว่างการกวาดและหยุดการขยายแนวตั้ง เพื่อป้องกันพัลส์ถูกทริกซึ่งถูกผลิตโดยรูปคลื่นซึ่งถูกป้อนไปยังวงจรสายสว่างอัตโนมัติ ผลต่างที่เป็นลบถูกป้อนจากขาคอลเลคเตอร์ของ TR_{30} ไปยังอาโนดของ D_{43} และมันจะถูกคัทออฟก่อนที่จะมีพัลส์เป็นบวกมา พัลส์ที่ถูกทริกจะถูกป้องกันจากวงจรสายสว่างที่มาถึงมัน การทริกมันและการอินเทอรัพของฐานเวลา การเกทถูกเคลื่อนย้ายด้วยความเร็วของฐานเวลาต่ำกว่า 1 มิลลิวินาที/ช่อง โดยการเคลื่อนย้ายของ HT ซัพพลายไปยัง T_{30} โดย S_1 -2F

2.9.4 **ฐานเวลาสัญญาณอันแบลงกิงค์ และวงจรเส้นสว่างอัตโนมัติ** (รูป 4 ในภาคผนวก)

ความแตกต่างระหว่างพัลส์บวกจากวงจรทริกเกอร์ถูกป้อนโดย D_{36} ไปยังขาเบสของ TR_{27} ซึ่งเป็นแบบ 2 สถานะกับ TR_{29} พัลส์บวกจะปิด TR_{27} ซึ่งจะคัทออฟ TR_{34} ฐานเวลาจะเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ การเพิ่มค่าตัวเก็บประจุโดยทาง D_{47} และการปรับค่าเป็น 2 สถานะโดย R_{114} เมื่อ TR_{27} คัทออฟ TR_{34} จะทำงานและตัวเก็บประจุถูกคายประจุจนกระทั่ง D_{45} ทำงานและลดกระแสใน TR_{34} จนถึงค่าที่ต้องการโดนตัวต้านทานไทม์มิ่งที่จุดนี้ฟลายแบ็คระหว่างที่ฟลายแบ็ค ตัวเก็บประจุจะคายประจุให้ R_{114} จนกระทั่ง D_{48} ทำงาน ณ จุดนี้การทำงานจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์และฐานเวลาสามารถที่จะถูกทริกอีกโดยพัลส์ลูกต่อไป

ถ้าการควบคุมระดับทริกอยู่ในตำแหน่งอัตโนมัติ และไม่มีพัลส์ทริกเลย TR_{34} และ D_{49} ทำงานและลดศักดาที่อาโนดของ D_{49} ตัวทริกพัลส์บวกสถานะเดียว TR_{32} และ TR_{35} เมื่อทริกมีความถี่เกิน 10 เฮิรตซ์ กระแสคอลเลคเตอร์เฉลี่ยของ TR_{35} จะน้อย และ D_{49} จะคัทออฟเพื่อทำให้ฐานเวลากลับไปสู่ภาวะปกติ

กระแสคอลเลคเตอร์ของ TR_{29} จะคัทออฟเมื่อมีสัญญาณการกวาดถูกป้อนเข้าที่อินพุทของ TR_{28} ขาคอลเลคเตอร์ของ TR_{28} จะเป็นลบเมื่อมีการเริ่มของของสัญญาณการกวาดจนกระทั่ง D_{38} ทำงานและคร่อมศักดาคอลเลคเตอร์ที่ 3 โวลท์ ดังนั้นให้กวาดได้เมื่อ TR_{29} ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่ สัญญาณการกวาดสิ้นสุด คอลเลคเตอร์ของ TR_{28} จะเป็นบวกที่ตำแหน่งชอพของสัญญาณการกวาดแบบขอบลบ จากวงจรชอพถูกป้อนไปขาเบสของ TR_{29} เพื่อไม่ให้เห็นสปัดระหว่างการเปลี่ยนแปลงณการกวาดสิ้นสุด คอลเลคเตอร์ของ TR_{28} จะเป็นบวกที่ตำแหน่งชอพของสัญญาณการกวาดแบบขอบลบ จากวงจรชอพถูกป้อนไปขาเบสของ TR_{28} เพื่อไม่ให้เห็นสปัดระหว่างการเปลี่ยนแปลง

2.9.5 **การขยายแนวนอน** (รูป 3 ในภาคผนวก)

วงจรนี้ประกอบด้วยส่วนป้อนกลับแบบขนาน TR_{31} กับ ตัวต้านทานป้อนกลับที่ถูกสวิทช์ เพื่อให้การขยาย 5 เท่า การกวาดและการเลื่อนกระแสแนวนอนถูกผสมที่อินพุทของส่วนป้อนกลับแบบขนาน และเอาท์พุทถูกป้อนไปยังคู่ TR_{33} และ TR_{37} ซึ่งป้องกันการเบี่ยงเบนแนวนอนที่เพลทของ หลอดคาโทดเรย์ D_{44} ค่อมคอลเลคเตอร์ของ TR_{33} และป้องกันจากทางด้านล่าง

EXT X อยู่ในตำแหน่งสวิทช์ไปที่เวลา/ช่อง อินพุทของ TR_{31} ถูกสวิทช์ไปคอลเลคเตอร์ของ TR_{26} โดยทาง D_{33}, D_{34}, D_{35}, D_{37} รอยเส้นสปัดจะถูกหักเหในแนวนอนโดย EXT X ที่ตำแหน่งนี้ เกทของ TR_{36} ถูกเชื่อมกับคาโทดของ D_{47} ซึ่งค่อมเอาท์พุทของฐานเวลา +1 โวลท์ และปิด TR_{29} ดังนั้นทำให้เส้นสะบัดเกิดขึ้นได้

2.9.6 **วงจรหลอดคาโทด และภาคจ่ายไฟ** (รูป 5 ในภาคผนวก)

ศักดาที่จ่ายถูกป้อนโดยทางสวิทช์ เปิด-ปิด S_{401} ซึ่งประเทศไทยใช้ไฟ 220 โวลท์ 50 Hz จึงจ่ายศักดาเข้าทาง 234 โวลท์ ผ่านหม้อแปลง T_{401} เพื่อจ่ายศักดาให้วงจรต่างๆ ดังนี้

1) -13 โวลท์ จากวงจรเรคติฟลายเออร์ซึ่งประกอบด้วย D_{405}, D_{406}, C_{402}, R_{403}

2) +117 โวลท์ จากวงจรบริดจ์เรคติฟลายเออร์ซึ่งประกอบด้วย $D_{401-404}$ และ C_{403} และทำให้ราบเรียบโดย R_{406} กับ C_{408} ให้ไฟ +110 โวลท์ และโดย R_{407} กับ C_{405} ให้ไฟ +80 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) -1050 โวลท์ จากวงจรเรคติฟลายเออร์แบบครึ่งคลื่นซึ่งประกอบด้วย D_{407}, D_{409}, C_{411} และ C_{412}

4) +2500 โวลท์ จากวงจรทวีคูณศักดาไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย D_{406}, D_{409}, C_{401} และ C_{412}

5) วงจรวัดขนาดให้คลื่นสี่เหลี่ยม 0.5 โวลท์ ที่ความถี่แหล่งจ่ายถูกผลิตโดยวงจรสวิทชิ่งไดโอด ซึ่งกระแสมาจากศักดาคงที่ -7.5 โวลท์ ผ่าน D_{413} และ R_{408} ระหว่างครึ่งไซเคิลบวกของศักดา AC จาก 13 โวลท์ ที่ออกมาจากหม้อแปลง ที่ครึ่งไซเคิลบวก D_{413} ถูกคัตออฟ และกระแสผ่าน D_{412} และ R_{402} ศักดาเอาท์พุทถูกปรับโดย R_{405} ค่าสัมประสิทธิ์ ของอุณหภูมิ ของ D_{413} ถูกชดเชยโดยสัมประสิทธิ์แบบลบของ R_{408} ทำให้ศักดาเอาท์พุทเป็นอิสระกับอุณหภูมิได้

6) ศักดาที่กริดของหลอดคาโทดได้รับมาจากเซเนอร์ไดโอดที่เชื่อมระหว่างหลอดคาโทด และศักดา -1050 โวลท์ ที่จ่ายออกมา ศักดาแปรเปลี่ยนโดย R_{301} ควบคุมความเข้ม ความเข้มของเส้นอาจจะแปรเปลี่ยนโดยสัญญาณที่ป้อนเข้าทาง Z MOD และ C_{301} มากริดของหลอดคาโทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณ และการสร้าง

ในโครงงานชิ้นนี้ คณะผู้จัดทำได้อาศัยวงจรการทำงานของออสซิลโลสโคป เป็นของบริษัท TEKTRONIX U.K. ซึ่งทางบริษัทได้ใช้ เครื่องหมายทางการค้าคือ TELEQUIPMENT

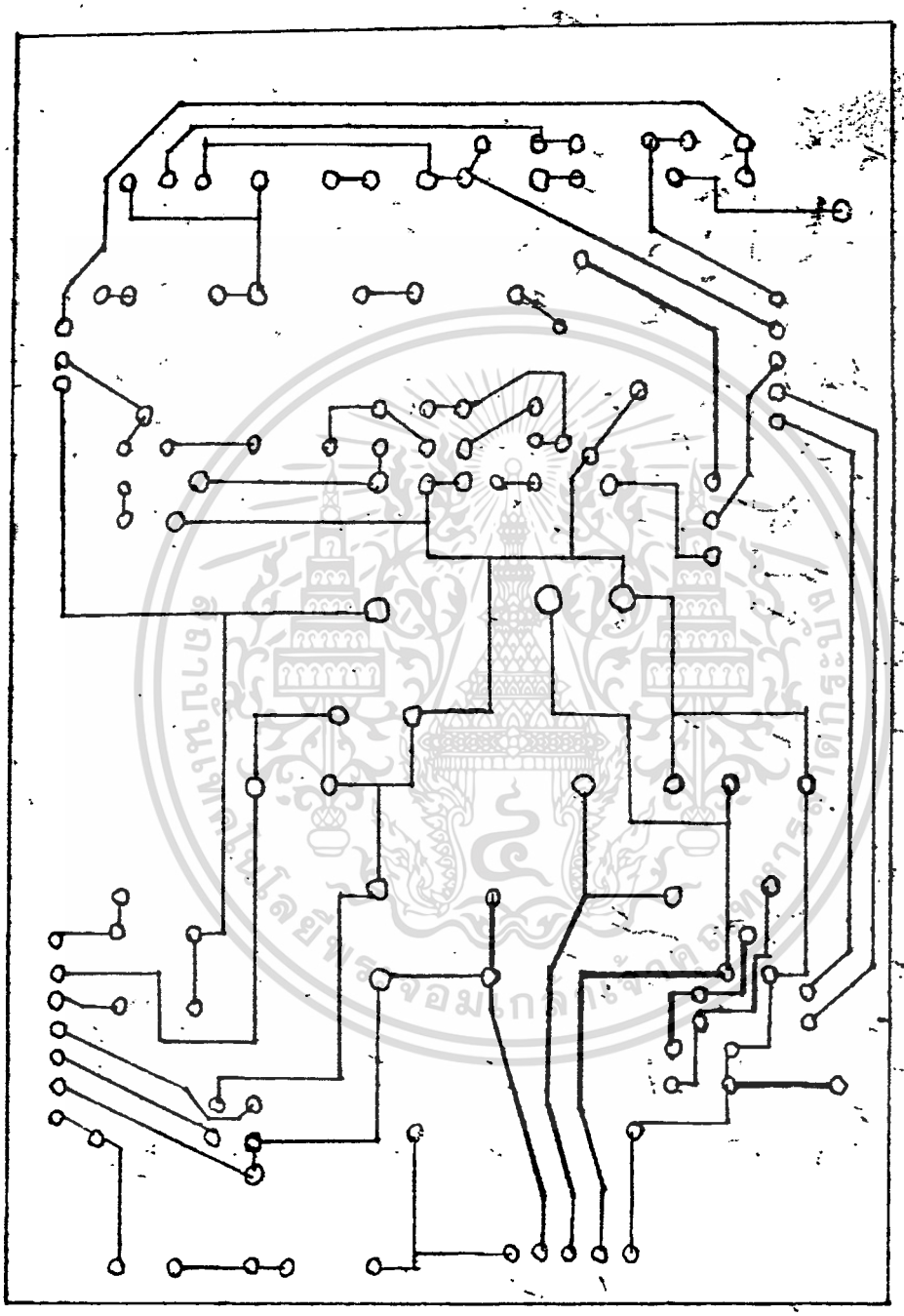
ออลซิลโลสโคปรุ่น D61A เป็นรุ่นที่ถูกนำมาสร้างใหม่ในโครงงานนี้ ตามลักษณะเดิมของเครื่องจริงนั้น แผ่นวงจรได้ถูกออกแบบมาในลักษณะรวมการทำงานทุก ๆ ภาค ไว้ในแผ่นเดียวกันยกเว้นภาคจ่ายไฟ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงเห็นว่าควรจะแยกการทำงานต่างๆ ของวงจรให้เป็นไปตามบล็อคไดอะแกรม ที่เขียนขึ้นมา เพื่อศึกษาให้เกิดความเข้าใจการทำงานของภาคต่าง ๆ ได้ดังนี้

3.1 วงจรภาคจ่ายไฟ

การสร้างภาคจ่ายไฟให้กับวงจรออสซิลโลสโคปนั้น มีทั้งภาคจ่ายไฟศักดาสูง สำหรับหลอดคาโทดเรย์ (CRT) และ ภาคจ่ายไฟศักดาต่ำสำหรับ วงจรอิเลคทรอนิคส์ ที่ทำงานแบบ Small Signal อุปกรณ์ส่วนใหญ่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป แต่จะมีบ้างก็เพียงบางตัวที่ต้องอาศัย อุปกรณ์จากวงจรเดิมนั้น หรือถ้าหาไม่ได้จริง ๆ ก็ต้องอาศัยอุปกรณ์ตัวอื่นที่มีความสามารถในการทำงาน ทดแทนกันได้อาทิเช่น หลอดคาร์โทดเรย์ (CRT) ต้องอาศัยจากของเดิมที่ยังคงสภาพใช้งานทั่วไปได้ ไดโอดทนศักดา สูงประมาณ 1 กิโลโวลต์ขึ้นไป ซึ่งหาซื้อตามท้องตลาดไม่ได้เพราะเป็นไดโอดที่ผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะจากโรงงาน ให้เป็นตามสเป็คของวงจร (ในวงจร เช่น ไดโอดเบอร์ D 407 ,408, 409)

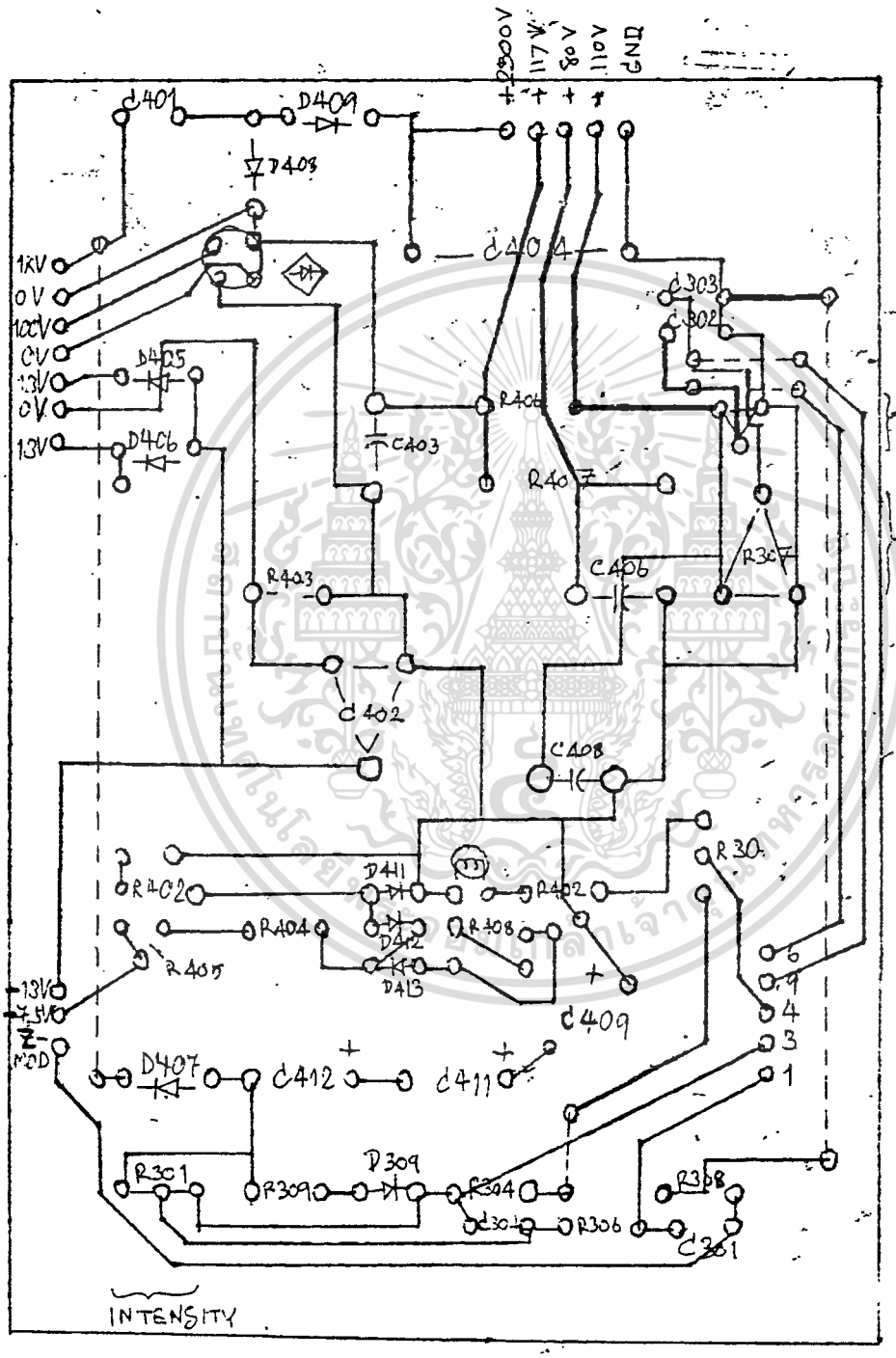
ส่วนทางด้านวงจรภาคจ่ายไฟที่แยกออกมาได้ ทำการจัดรูปแบบวงจรลงปริ้นใหม่หมด ซึ่งเป็นดังรูป 3.1 ,3.2 โดยแสดงทั้งด้านลายทองแดง และด้านลงตัวอุปกรณ์ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.1 แผงวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริงของวงจรกดจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.4 แสดงการลงอุปกรณ์และลายวงจรด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรภาคอินพุท

ในวงจรภาคอินพุท อุปกรณ์ส่วนใหญ่ ที่ใช้ในวงจรเป็นพวกตัวความต้านทาน ซึ่งหาซื้อได้ แต่จะมีตัวคาปาซิเตอร์ซึ่งเป็นแบชปรับค่าได้ตามสเปคของวงจรนั้น ไม่สามารถหาซื้อได้โดยต้องอาศัยจากอุปกรณ์เดิม ที่ยังสามารถใช้งานได้ อีกทั้งยังมีทรานซิสเตอร์ชนิด เฟต (TR 601) ซึ่งตามวงจรทางโรงงานไม่ได้ใส่สเปคมาเลย และสวิทช์เลือก 3 ทาง พร้อมๆ กัน 3 ตัว ภายในตัวเดียวกัน ก็ต้องอาศัยอุปกรณ์เดิมด้วย ในตอนแรกทางผู้จัดทำพยายามคิดประยุกต์ให้ใช้เป็นสวิทช์เลือกแบบ DIP รวมกับสวิทช์เลือกแบบ VOLUME ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว สวิทช์จริงนั้นได้ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะทาง ไม่เหมือนกับที่มีขายตามท้องตลาดเพราะการทำงานของวงจร นี้จะทำงานตามการเลือกโดยเลือกทางสวิทช์นี้ที่ได้ออกแบบไว้โดยเฉพาะ

จากวงจรภาคอินพุทรูป 1A และ 1B ในภายนอกถูกทำมาจัดรูปแบบใหม่ และรวมกันลงในแผ่นวงจรเดียวกัน แต่วงจรทาง แชลแนล 2 ไม่ได้รวมไว้ ลายทองแดงบนปริ้นและรูปการลงอุปกรณ์จริงได้แสดงไว้ดังรูป 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

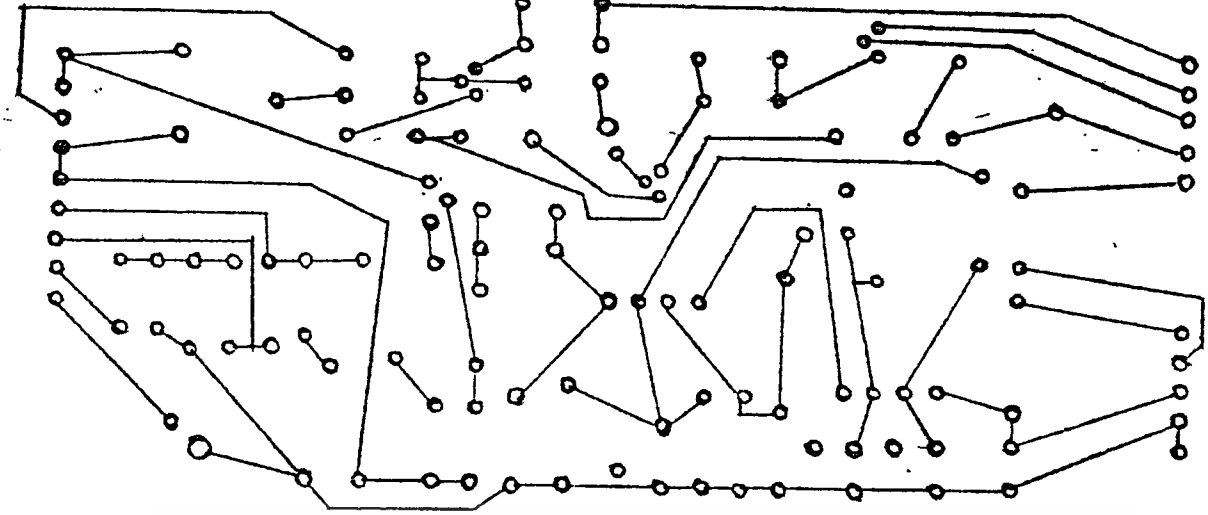
3.3 วงจรภาคขยายแนวตั้ง แสดงดังรูป 3 ซึ่งแสดงภาคขยายแนวตั้งของทั้ง 2 แชนแนล แต่การสร้างจริงจะเลือกที่เกี่ยวกับเฉพาะแชนแนลที่ 1 เท่านั้น ในตอนแรกวงจรด้านซ้ายมือของรูปไม่ได้รวมไว้เพราะ พิจารณาว่าไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับแชนแนลที่ 1 แต่ภายหลังได้รับคำแนะนำให้รวมเข้าไว้ด้วย เพราะมีบางส่วนเกี่ยวข้องกัน คือ เป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียล ที่จะมาควบคุม สัญญานที่แชนแนล 1 ทางอินพุทของ ภาคขยายแนวตั้ง ที่ส่วน D 635-638 ในวงจร

รูปที่ 3.5 แสดงลายปริ้นของแดง 3.6 การวางอุปกรณ์ ซึ่งมีขนาดเท่าของจริง

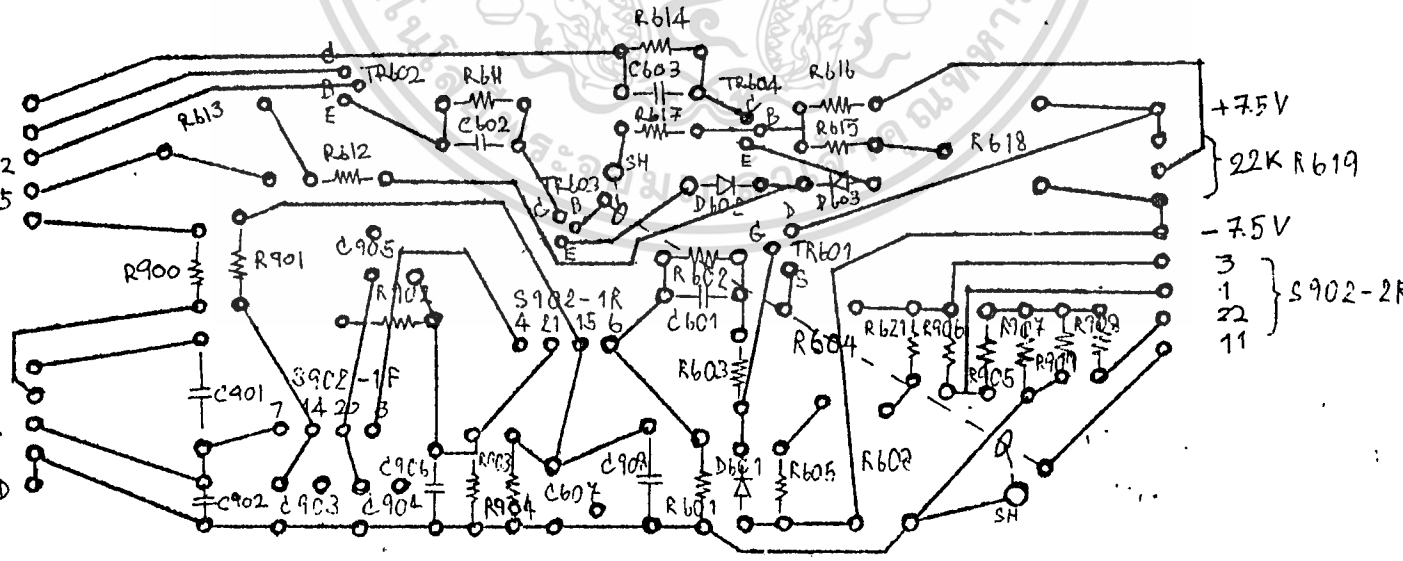
3.4 ภาคทริกอินพุทและภาคขยายแนวนอน

วงจรภาคนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยตัวความต้านทานแบบปรับค่าได้ แต่ตัวความต้านมีลักษณะเป็นตัวปรับค่าที่ถาวร คือ เมื่อมีการปรับแต่งค่าแล้วก็จะคงที่ดังนั้นไว้ตลอดไม่ต้อง เปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งดังนั้นจึงเลือกเป็นตัวความต้านทานเป็นแบบเกือกม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการแสวงหาผลประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

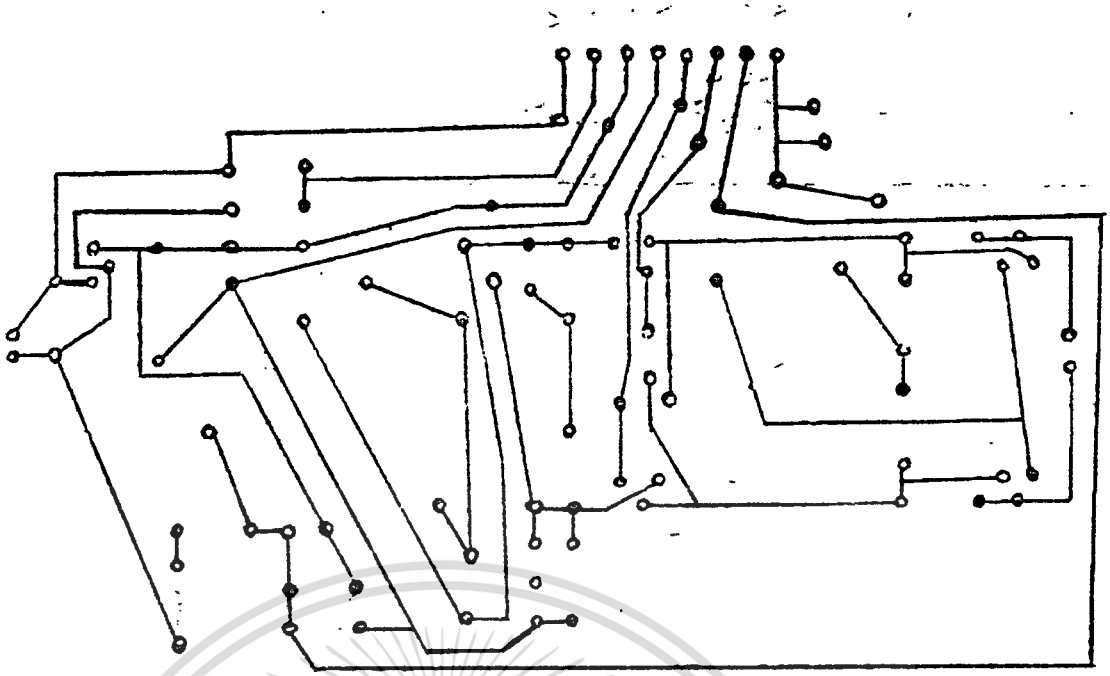


รูป 3.3 แสดงลายทองแดงขนาดเท่าของจริงของวงจรภาคอินพุท

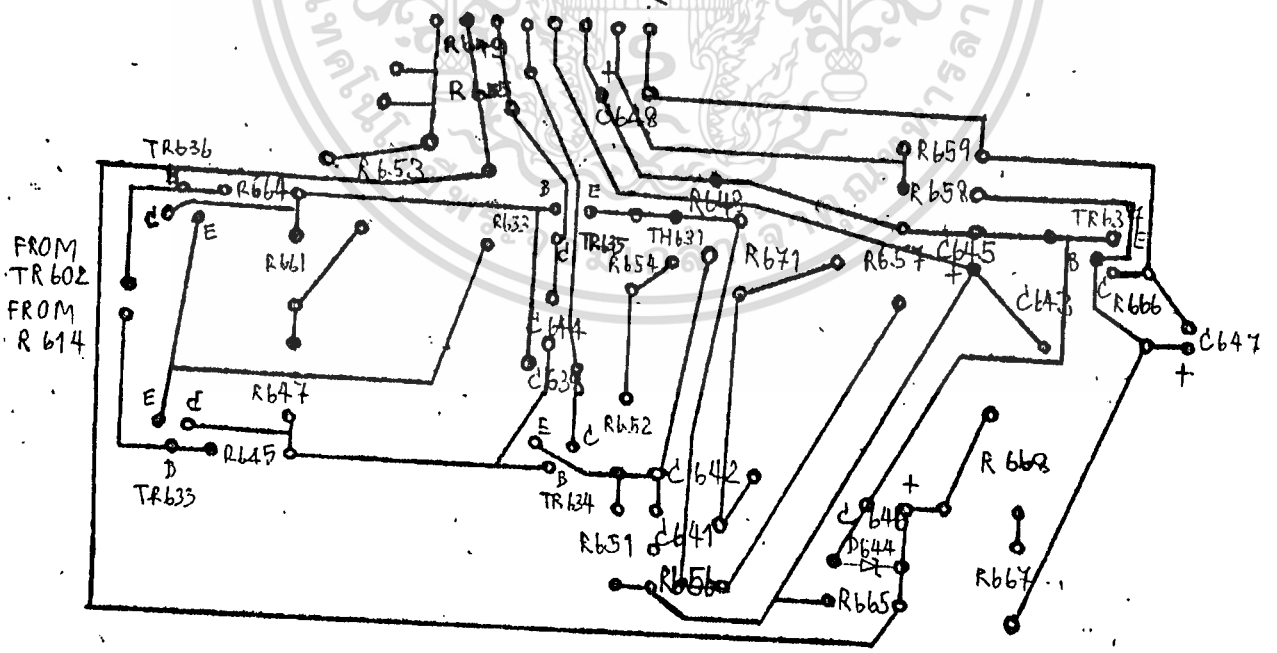


รูป 3.4 แสดงการลงอุปกรณ์ของวงจรภาคอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

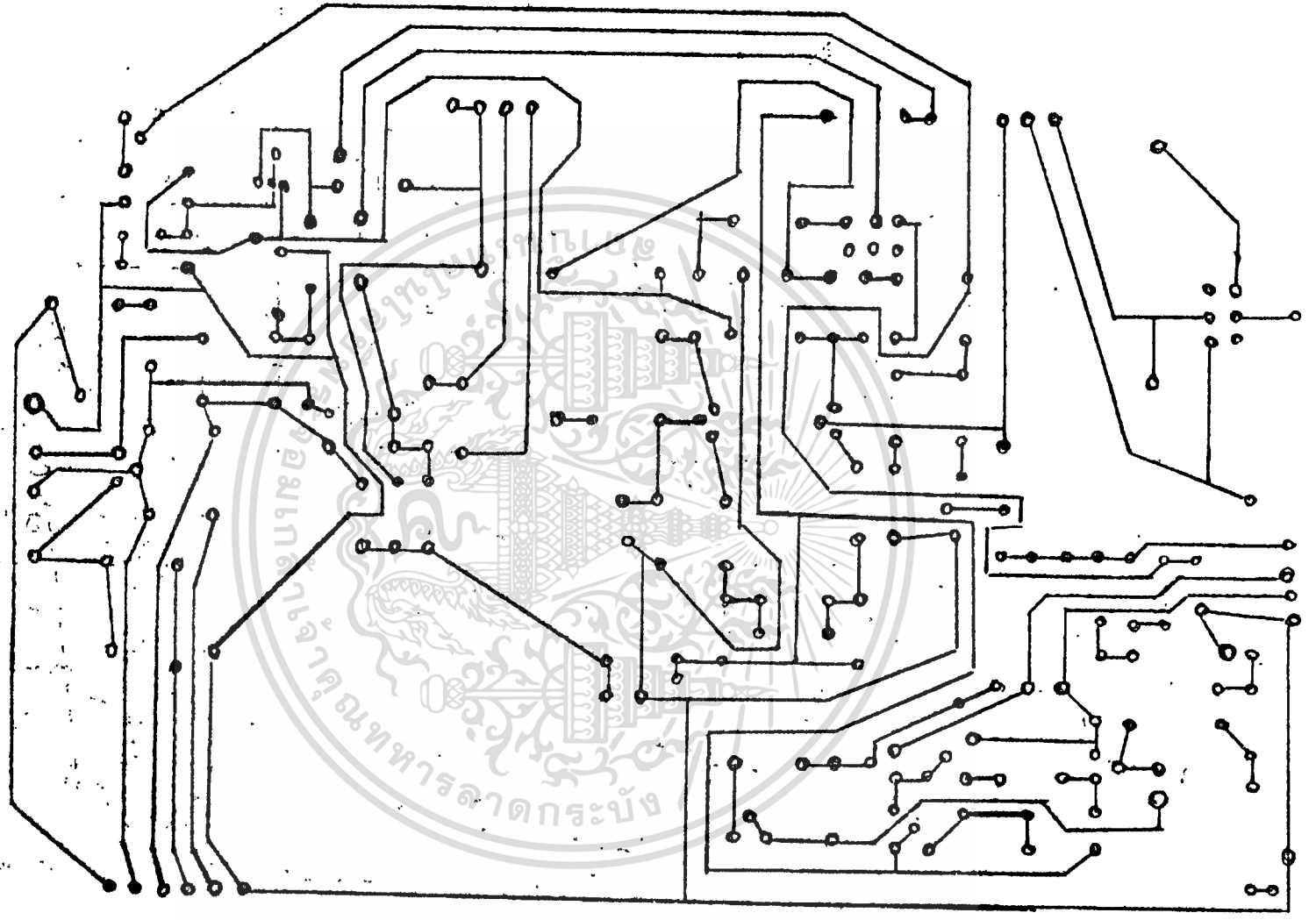


รูป 5.5 แสดงลายทองแดงขนาดเท่าของจริงของวงจรภาคขยายแนวตั้ง

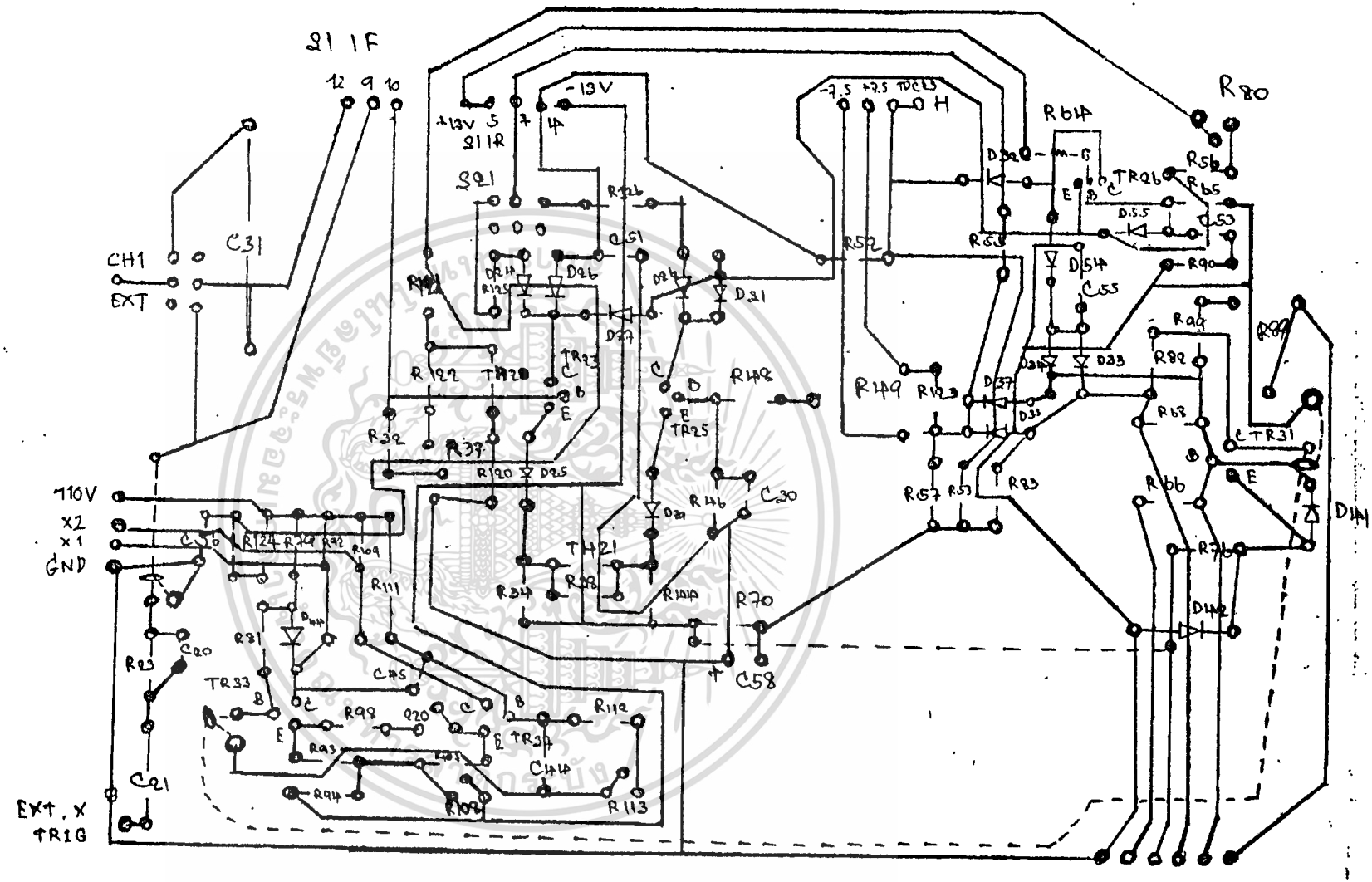


รูป 5.6 แสดงการลงอุปกรณ์ของวงจรภาคขยายแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 แสดงลายทองแดงขนาดเท่าของจริงของวงจรภาคทริกอินพุทและวงจรภาคขยายแนวนอน



รูป 3.8 แสดงการลงอุปกรณ์ของวงจรภาคทริกเงินพุทและวงจรแคลชย เชแนวนอน

ส่วนสวิทช์เลือก time/division นั้นยังคงอาศัยของเดิมอยู่ ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2

วงจรภาคนี้ค่อนข้าง จะเป็นวงจรใหญ่เพราะว่า เป็นการรวมภาคทริกอินพุทและภาคขยายแนวนอนไว้บนแผ่นวงจรเดียวกัน ซึ่งลายของแดงบนแผ่นปริ้น และ การวางอุปกรณ์จริง ดังแสดงไว้ในรูป 3.7 และ 3.8

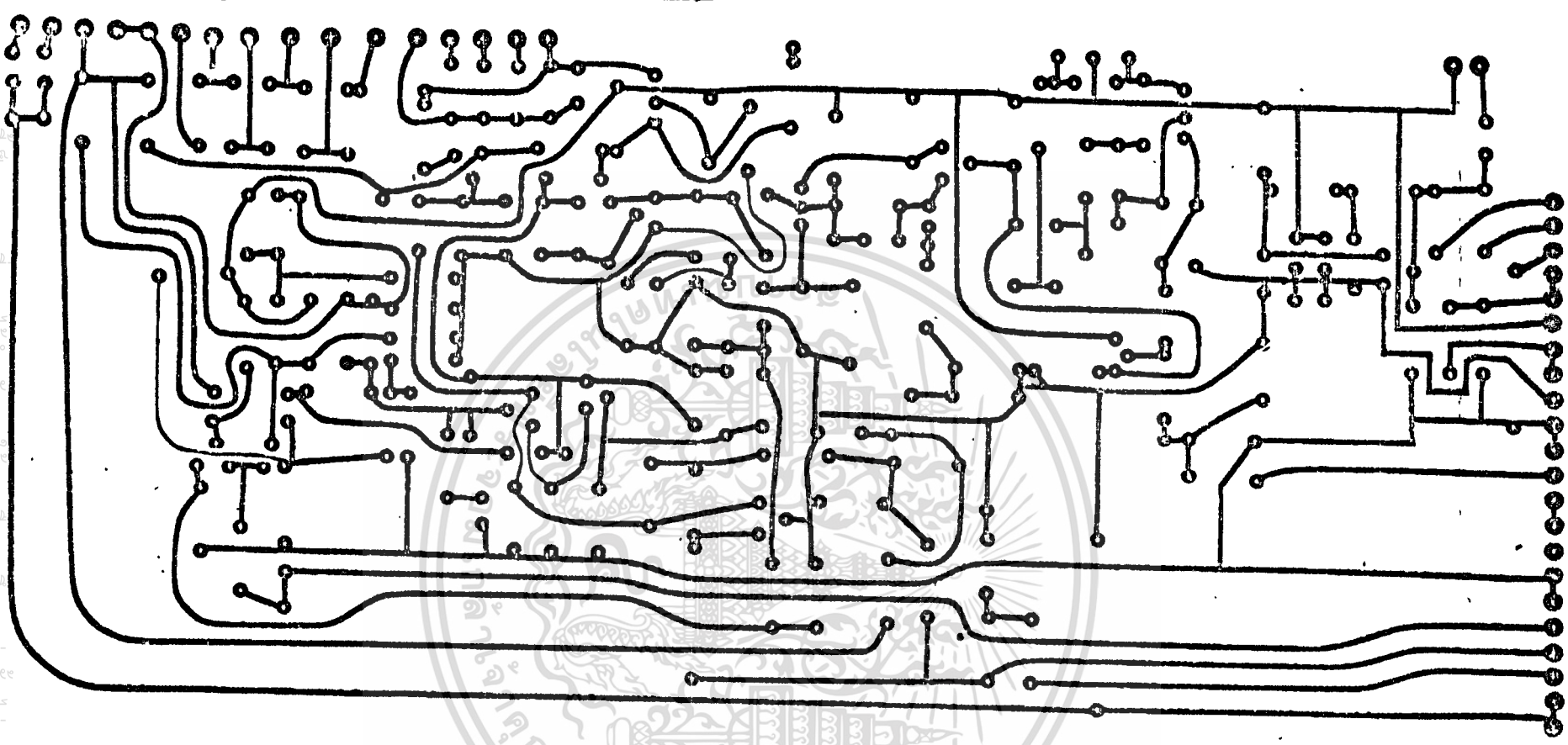
3.5 วงจรภาคกำเนิดสัญญาณการกวาด

วงจรส่วนนี้จากรูปวงจรรูป 4 จะเห็นได้ว่าเป็นวงจรที่มีขนาดใหญ่ และค่อนข้างยุ่งยากที่สุดในวงจรทั้งหมด ซึ่ง ประกอบด้วยตั้งความต้านทานปรับค่าได้ สวิทช์เลือกค่าโวลต์ต่อช่วง,สวิทช์เลือกค่าต่าง ๆ และ อุปกรณ์ต่าง ๆ มีมากมาย ดังนั้นในการออกแบบวงจรจึงมีขนาดใหญ่ ดังแสดงดังรูป 3.9 3.10

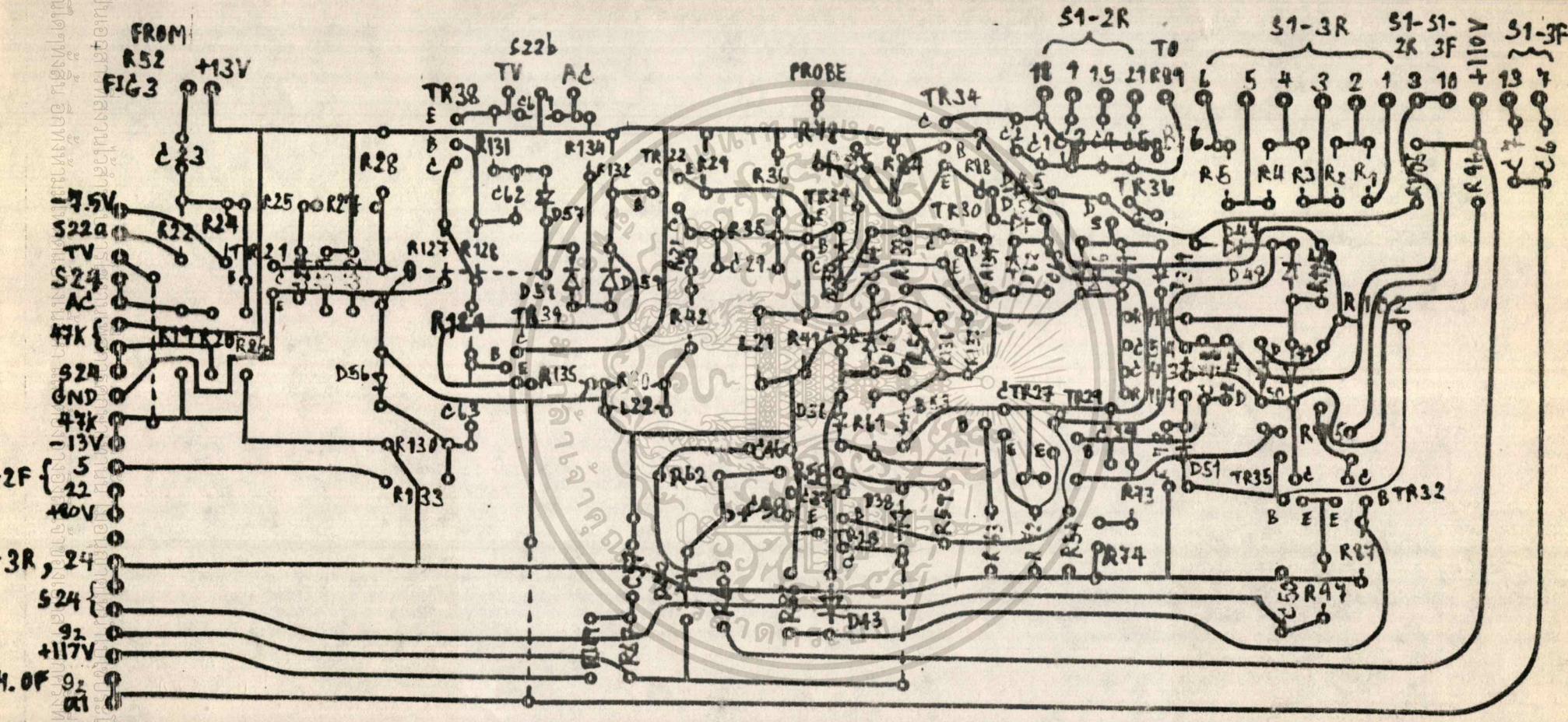
จากทุกภาคการทำงาน จะได้แผ่นวงจรจำนวนทั้งหมด 5 แผ่น ทำงานในหน้าที่ต่าง ๆ กันไป โดยจะนำมาต่อให้วงจรต่าง ๆ ทำงานร่วมกัน และ ส่งสัญญาณไปขับจอภาพคาโทดเรย์ให้ทำงาน

ในการติดต่อการทำงานแต่ละวงจร จะต้องดูด้วยว่าสายที่เชื่อม โยงเส้นใดต้องเป็นสายซิลด์ หรือ เป็นสายธรรมดาทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกัน สัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.9 แสดงลายทองแต่งขนาดเท่าของจริงของวงจรภาคกำเนิดสัญญาณการกวาด



รูป 3.10 แสดงการลงอุปกรณ์ของวงจรภาคทำเนิดสัญญาณการกวาด

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ภาคจ่ายไฟและหลอดคาโทดเรย์

หลอดคาโทดเรย์ ต้องได้รับไฟเลี้ยงแรงดันสูงจากแหล่งจ่ายไฟ ประมาณ 2500 โวลท์ เมื่อนำสายสัญญาณ 2500 โวลท์ และสัญญาณต่าง ๆ เข้าที่ขั้วต่างๆ ของหลอดคาโทดเรย์ ดังนี้

4.1.1 ไฟเลี้ยงหลอดคาโทดแรงดัน 2500 โวลท์

4.1.2 ไฟเผาขั้วหลอดเข้าที่ขั้ว 2 (HK) และขั้ว 3(H) ของหลอดคาโทดทางด้านท้ายสุดของหลอด

4.1.3 สัญญาณจากปุ่มปรับโฟกัสเข้าที่ ขั้ว 4 (A2) ซึ่งเป็นอาโนดของหลอด

4.1.4 สัญญาณจากปุ่มปรับความเข้มเข้าที่ขั้ว 1 ซึ่งเป็นกริด

4.1.5 สัญญาณจากปุ่มปรับแอสทิก และ GEOM เข้าที่ขั้ว 6 (A3) และขั้ว 9 (I.P.S.) ของหลอด ตามลำดับ

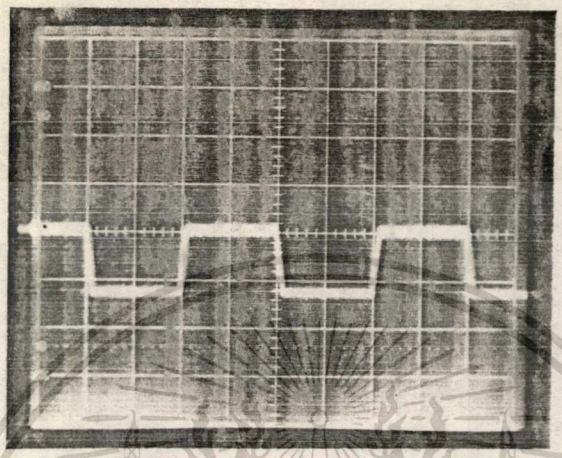
4.1.6 ขั้ว 5 (G2) และ ขั้ว 11 (A1) ลงกราวด์

เมื่อต่อสัญญาณทั้งหมดนี้เข้ากับ หลอดคาโทดเรย์แล้วปรากฏว่า จะมีจุดสว่างอยู่ที่กลางจอภาพ สามารถปรับโฟกัส และความเข้มของจุดสว่างนี้ได้

4.2 ภาคอินพุท ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1A และ 1B

เมื่อต่อสัญญาณอินพุท ดังรูปที่ 4.1 เข้าที่ภาคอินพุท 1A โดยต่อเข้าที่ขาข้างหนึ่งของตัวต้านทานค่า 18 โอห์ม โดยที่สัญญาณอินพุท ได้มาจากขา CAL ของภาคจ่ายไฟ มีค่า -0.5 โวลท์ พีค ทูพีค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แกนตั้งเป็นแรงดัน แกนนอนเป็นเวลา

(สเกล 0.5 โวลท์ต่อช่อง 5 มิลลิเซคต่อช่อง)

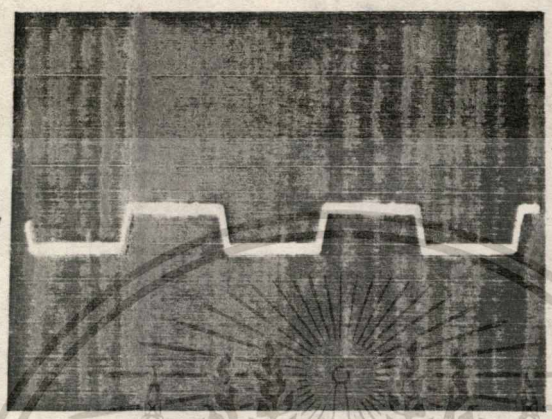
รูปที่ 4.1 สัญญาณอินพุทของภาคอินพุท 1 A

แล้วให้ไฟเลี้ยง + 7.5 โวลท์ เข้าที่ขาข้างหนึ่ง ของตัวต้านทานปรับได้ 22 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็น VERT POSITION

ไฟเลี้ยง - 7.5 โวลท์ เข้าที่ขาอีกข้างหนึ่งของตัวต้านทานปรับค่าได้ 22 - กิโลโอห์ม ซึ่งเป็น VERT POSITION

ปรับศักดาต่อช่อง ไปที่ 0.1 โวลท์ แล้วทำการวัดที่ขา กลางของตัวต้านทาน ปรับค่าได้ 22 กิโลโอห์ม ซึ่งจะเป็นเอาท์พุท ของภาคอินพุท 1 A และจะเป็นอินพุทของภาค อินพุท 1 B จะได้ 35 มิลลิโวลท์ ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แกนตั้งเป็นแรงดัน แกนนอนเป็นเวลา

(สเกล 50 มิลลิโวลท์ ต่อช่อง 5 มิลิเซคต่อช่อง)

รูปที่ 4.2 สัญญาณอินพุทของภาค อินพุท 1B

เมื่อต่อสัญญาณเอาท์พุท ของภาคอินพุท 1 A เข้าที่ ขาเบส ของทรานซิสเตอร์ 603 (BC 109 C) ของภาคอินพุท 1 B แล้วให้ไฟเลี้ยงต่างๆ ดังนี้

4.2.1 ไฟเลี้ยง -13 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟเข้าที่ขาข้างหนึ่ง ของตัวต้านทานปรับค่าได้ 4.7 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นตัว เซตเกน (SET GAIN)

4.2.2 ไฟเลี้ยง +13 โวลท์ เข้าที่ขาเบส ของทรานซิสเตอร์ 602 (BC 107)

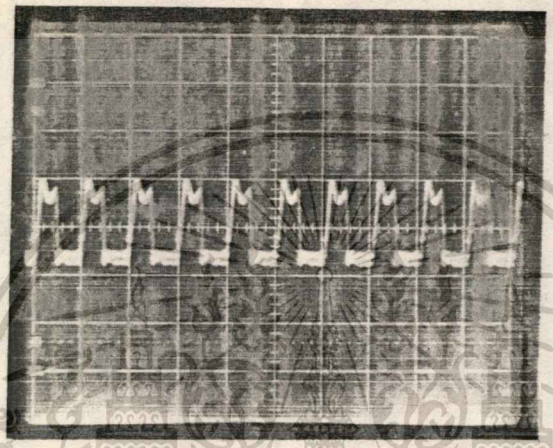
4.2.3 ไฟเลี้ยง +7.5 โวลท์ เข้าที่ขาข้างหนึ่งของตัวต้านทานปรับค่าได้ 22 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็น POSITIVE BALANCE

4.2.4 ไฟเลี้ยง -7.5 โวลท์ เข้าที่ขา อีกข้างหนึ่งของตัวต้านทานปรับค่าได้ 22 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็น POSITIVE BALANCE

จากนั้นก็วัดที่ ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ 602 ซึ่งจะไปเป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุท ของภาคขยายแนวตั้งจะได้ 26 โวลท์ ซึ่งมีริปเปิ้ล (RIPPLE) 0.5 โวลท์ ดังรูปที่ 4.3



แกนตั้งเป็นแรงดัน แกนนอนเป็นเวลา

(สเกล 0.5 โวลท์ต่อช่อง 5 ไมโครเซคต่อช่อง)

รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุทของภาคขยายแนวตั้ง

4.3 ภาคขยายแนวตั้ง

เมื่อได้รับสัญญาณอินพุท จากภาคอินพุท 1B แล้ว โดยสัญญาณอินพุทจะเข้าที่ขาไดโอด 637 ของภาคขยายแนวตั้ง แล้วให้ไฟเลี้ยงต่างๆ ดังนี้

4.3.1 ไฟเลี้ยง +80 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟ

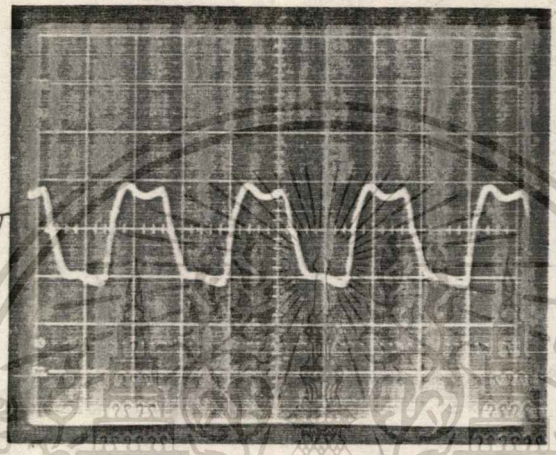
4.3.2 ไฟเลี้ยง -13 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟ

แล้วทำให้ได้ ไฟเลี้ยง +7.5 โวลท์ , -7.5 โวลท์ และ +13 โวลท์ ซึ่งสามารถนำไฟเลี้ยงทั้งสามค่าศักดาไฟฟ้านี้ กลับไปป้อนยังภาคอินพุทได้อีกด้วย

เมื่อทำการวัด ระหว่าง ตัวเหนี่ยวนำ ค่า 160 ไมโครเฮนรี่ กับท้ายไดโอด 635 และ 636 ซึ่งเป็นชอปเปอร์ (CHOPPER) จะได้ สัญญาณ 22 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังรูปที่ 4.4



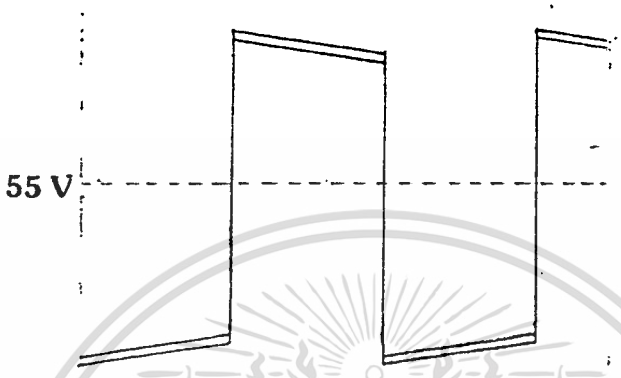
แกนตั้งเป็นแรงดัน แกนนอนเป็นเวลา

(สเกล 1 โวลท์ ต่อช่อง 2 ไมโครเซคต่อช่อง)

รูปที่ 4.4 สัญญาณอินพุทที่ท้ายไดโอดชอบเปอร์

และเมื่อทำการวัดที่ขา คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ 634 และ ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ 635 แล้วจะได้สัญญาณ +55 โวลท์ ที่มีริปเปิ้ล 20 โวลท์ ดังรูปที่ 4.5 โดยที่สัญญาณทั้งสองจะเหมือนกัน และมีขนาดเท่ากัน ซึ่งสัญญาณทั้งสอง จะไปเข้าที่ขั้ว 7 (Y1) และ ขั้ว 8 (Y2) ของหลอดคาโทดเรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แกนตั้งเป็นแรงดัน แกนนอนเป็นเวลา

(สเกล 5 โวลท์ต่อช่อง 5 มิลลิเซคต่อช่อง)

รูปที่ 4.5 สัญญาณอินพุทของขั้ว 7 และ ขั้ว 8 ของ หลอดคาโทดเรย์

4.4 วงจรทริกอินพุท และภาคขยายแนวนอน

เมื่อได้รับสัญญาณอินพุท จากสัญญาณ เอาท์พุทของภาคอินพุท 1 A แล้ว โดยสัญญาณอินพุทที่เข้ามานั้น จะผ่านสวิตช์ และเข้ามาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ - 23 (BC 109C) ของวงจรทริกอินพุท และภาคขยายแนวนอน แล้วให้ไฟเลี้ยงต่าง ๆ ดังนี้

4.4.1 ไฟเลี้ยง +110 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟ

4.4.2 ไฟเลี้ยง -13 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟ

4.4.3 ไฟเลี้ยง +13 โวลท์ จากภาคขยายแนวตั้ง

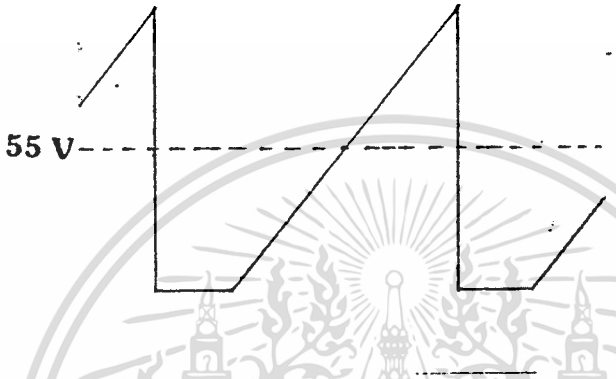
4.4.4 ไฟเลี้ยง +7.5 โวลท์ จากภาคขยายแนวตั้ง

4.4.5 ไฟเลี้ยง -7.5 โวลท์ จากภาคขยายแนวตั้ง

เมื่อทำการวัดขา คอลเลคเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ 33 (FRB 749) จะได้สัญญาณขนาด 55 โวลท์ มีริปเปิ้ล 75 โวลท์ ดังรูปที่ 4.6 สัญญาณที่ได้จะไปเข้าขั้ว 10 (X1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหลอดคาโทดเรย์

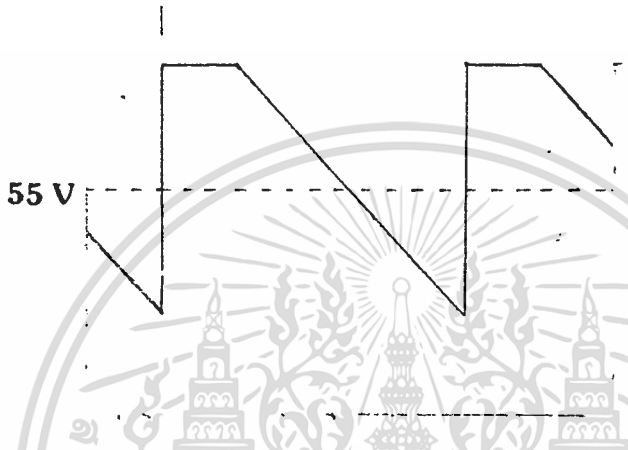


(สเกล 20 โวลท์ต่อช่อง 5 มิลลิเซคต่อช่อง)

รูปที่ 4.6 สัญญาณอินพุท ของขั้ว 10 ของหลอดคาโทดเรย์

เมื่อทำการวัดขาคอลเลคเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ 37 (FRB 749) จะได้สัญญาณขนาด 55 โวลท์ มิริปเปิ้ล 75 โวลท์ ดังรูปที่ 4.7 สัญญาณที่ได้จะไปเข้าขั้ว 12 (X2) ของหลอดคาโทดเรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สัญญาณอินพุทของขั้ว 12 ของหลอดคาโทดเรย์ โดยที่สัญญาณทั้งสอง มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม

4.5 ภาคกำเนิดสัญญาณการกวาด

เมื่อได้รับสัญญาณ อินพุทจากตัวต้านทาน 52 ค่า 5.1 กิโลโอห์มของวงจรทริกอินพุท และภาคขยายแนวนอน โดยเข้ามาที่ตัวเก็บประจุ 23 ค่า 10 ไมโครฟารัดของภาคกำเนิดสัญญาณการกวาด แล้วให้ไฟเลี้ยงต่าง ๆ ดังนี้

4.5.1 ไฟเลี้ยง +117 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟ

4.5.2 ไฟเลี้ยง +110 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟ

4.5.3 ไฟเลี้ยง +80 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟ

4.5.4 ไฟเลี้ยง -13 โวลท์ จากภาคจ่ายไฟ

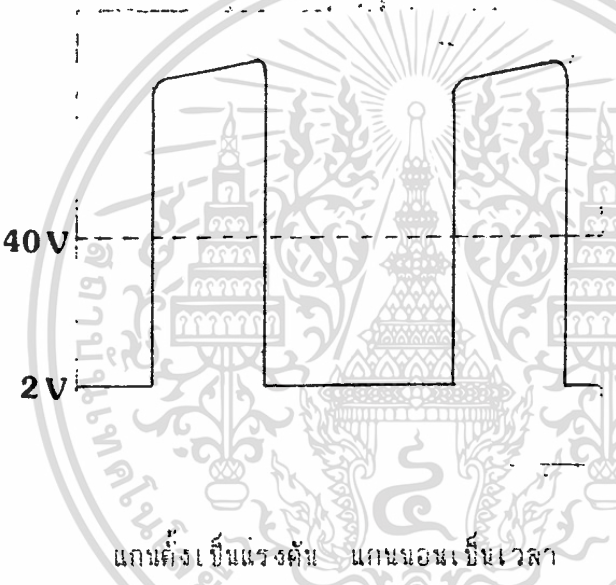
4.5.5 ไฟเลี้ยง +13 โวลท์ จากภาคขยายแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.6 ไฟเลี้ยง -7.5 โวลท์ จากภาคขยายแนวตั้ง

แล้วทำการวัดที่ ขาคอลเลคเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ 28 (FRB 749) จะได้สัญญาณขนาด 80 โวลท์

ดังรูปที่ 4.8 สัญญาณที่ได้จะไปเข้าขั้ว 5 (G2) ของหลอดคาโทดเรย์



(สเกล 20 โวลท์ ต่อช่อง 5 มิลลิเซคต่อช่อง)

รูปที่ 4.8 สัญญาณอินพุทของขั้ว 5 (G2) ของหลอดคาโทดเรย์

4.6 เมื่อต่อวงจรภาคต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และต่อเข้าหลอดคาโทดเรย์ แล้ววัดศักดาที่จุดต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วปรากฏว่า ได้ค่าเท่าเดิม และที่จอภาพของหลอดคาโทดเรย์ จะเห็นเส้นแนวนอนขึ้นมา สามารถปรับโฟกัส,ความเข้ม,เลื่อนตำแหน่งแนวแกน Y ได้และเลื่อนตำแหน่งแนวแกน X ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

การสร้างออสซิลโลสโคปขึ้นมานั้น เป็นเรื่องค่อนข้างซับซ้อนและยุ่งยาก เพราะวงจรในออสซิลโลสโคปประกอบด้วย ภาคการทำงานต่างๆ หลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนนั้น ต้องใช้ความละเอียดอ่อน และรอบคอบเป็นอย่างมาก อุปกรณ์ในวงจรบางชิ้น อาทิ เช่น ทรานซิสเตอร์ เฟต และ ตัวเก็บประจุบางตัว ไม่ค่อยมีจำหน่ายในท้องตลาด และบริษัทผู้ผลิตตามวงจรที่ค้นคว้าได้รับมานั้น ทางบริษัทไม่ได้ให้ข้อมูลของอุปกรณ์ชิ้นนั้นๆ มา ด้วยเหตุนี้ ผู้จัดทำจึงต้องมีการดัดแปลงบางส่วนของวงจรให้เหมาะสม กับ การทำงานชิ้นนี้ อย่างมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้กล่าวถึงการออกแบบ และสร้างออสซิลโลสโคปอย่างเป็นพื้นฐานเพื่อที่ผู้ศึกษาได้ทราบถึงการทำงานของออสซิลโลสโคป และสามารถนำออสซิลโลสโคปนี้ไปพัฒนาให้มีการใช้งานตามหน้าที่ต่างๆ มากขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PART NUMBER	VALUE F	DESCRIPTION TYPE	TOL %	RATING V	Eff. Ser.No.
285-0867-00	20 p	PS	1 p	350	626451
281-0732-00	3 - 12p	CT		350	626451
285-0943-00	1.0 μ	PC	1	63	
285-0942-00	10 n	PS		125	
285-1057-00	50 p	PS	1 p	350	
285-0791-00	470 n	PE	10	125	
285-0792-00	4.7 n	PE	20	125	
281-0696-00	0.75 p	CER	0.1 p	500	
285-0773-00	100 n	PE	20	400	
290-0780-00	10 μ	E		25	
281-0802-00	6.8 p	CER	0.25 p	400	
285-0869-00	47 p	PS	2 p	350	
281-0710-00	10 n	CER		250	
285-0990-00	1.0 μ	PE		160	
285-0854-00	100 p	PS	2 p	350	
285-0982-00	82 p	PS	1 p	250	
290-0664-00	4.7 μ	E		160	
285-0776-00	27 p	PS	1 p	350	
285-0779-00	470 n	PE	20	100	
290-0625-00	4.7 μ	E		160	
285-0887-00	1.5 n	PS	5	125	
281-0676-00	2.2 p	CER	0.1 p	500	
281-0710-00	10 n	CER		250	
285-0866-00	10 p	PS	1 p	350	
281-0710-00	10 n	CER		250	
281-0710-00	10 n	CER		250	
281-0710-00	10 n	CER		250	
281-0734-00	100 n	CER		30	
281-0710-00	10 n	CER		250	
285-0867-00	20 p	PS	1 p	350	
285-0869-00	47 p	PS	2 p	350	
290-0664-00	4.7 μ	E		160	
281-0710-00	10 n	CER		250	
290-0669-00	330 μ	E		16	
285-0915-00	100 n	PE	20	100	
281-0710-00	10 n	CER		250	
285-0915-00	100 n	PE	20	100	
285-1054-00	270 p	PS	1	350	
285-0869-00	47 p	PS	2 p0	350	
281-0731-00	5.6 p	CER	0.5 p	750	
281-0677-00	10 n	CER		2 k	
281-0710-00	10 n	CER		250	
281-0710-00	10 n	CER		250	
285-0788-00	100 n	PE	10	125	
291-0706-00	30 n	CER		1.5 k	
290-0659-00	2.2/2.2 m	E		16	
290-0673-00	330 μ	E		160	
291-0837-00	20 n	CER	20	5 k	621251
285-0874-00	470 p	PS	5	125	
290-0660-00	100 μ	E		100	
290-0673-00	330 μ	E		160	621251

CIR REF	PART NUMBER	VALUE F	DESCRIPTION TYPE	TOL %	RATING V	Eff. Ser.No.
C409	290-0540-00	15 μ	E		450	
C411	290-0540-00	15 μ	E		450	
C412	290-0540-00	15 μ	E		450	
C601	285-1017-00	10 n	PE	20	40	599101
C602	285-0850-00	1 n	PS	5	125	
C603	285-0847-00	560 p	PS	5	125	
C630	285-0810-00	820 p	PS	5	125	
C631	285-0854-00	100 p	PS	2 p	350	
C632	285-1063-00	390 p	PS	5	160	
C633	285-1015-00	4.7 n	PE	20	160	
C634	285-1063-00	390 p	PS	5	160	
C635	285-0872-00	180 p	PS	2	350	
C636	281-0710-00	10 n	CER		250	
C637	285-0854-00	100 p	PS	2 p	350	
C638	281-0678-00	3 p	CER	0.1 p	500	
C639	285-0810-00	820 p	PS	5	125	
C640	281-0157-00	5.5-65.5 p	PP		500	
C642	285-0872-00	100 p	PS	2	350	
C643	285-0915-00	100 n	PE	20	100	
C644	281-0678-00	3 p	CER	0.1 p	500	
C645	290-0579-00	1 m	E		16	
C646	290-0663-00	470 μ	E		10	
C647	290-0627-00	22 μ	E		40	
C648	290-0663-00	470 μ	E		10	
C649	285-0760-00	33o p	PS	5	125	
C652	285-0872-00	180 p	PS	2	350	
C653	281-0710-00	10 n	CER		250	
C654	281-0710-00	10 n	CER		250	
C701	285-1058-00	10 n	PE	20	400	
C702	285-0850-00	1 n	PS	5	125	
C703	285-0847-00	560 p	PS	5	125	
C704	281-0710-00	10 n	CER		250	
C901	285-0772-00	100 n	PE	10	400	599101
C902	281-0745-00	4 p7	CER	0.5	400	599101
C903	281-0154-00	2-10 p	PPT		400	599101
C904	281-0154-00	2-10 p	PPT		400	599101
C905	281-0156-00	1p4-5p5	PPT		400	599101
C906	285-0869-00	47 p	PS	2	350	599101
C907	281-0157-00	5p5-65p	PPT	5	400	599101
C908	285-0870-00	120 p	PS	2	350 V	599101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PART NUMBER	VALUE	DESCRIPTION	TYPE	TOL %	RATING
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-02	75 V	1N4148T	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01		1N4148	Si		50 mA (1659)
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0610-00	82 V	Zener	Si	5	770 mW
152-0566-00	200 V	SD2	Si		1 A
152-0566-00	200 V	SD2	Si		1 A
152-0566-00	200 V	SD2	Si		1 A
152-0566-00	200 V	SD2	Si		1 A
152-0339-00	50 V	1N4001	Si		500 mA
152-0339-00	50 V	1N4001	Si		500 mA
152-0567-00	3 kV	SCM30	Si		
152-0567-00	3 kV	SCM30	Si		
152-0567-00	3 kV	SCM30	Si		
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0483-00	10 V	C1104	Si		50 mA
152-0062-02	65 V	1N4148T	Si		50 mA
152-0062-02	75 V	1N4148T	Si		50 mA

เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PART NUMBER	VALUE	DESCRIPTION	TYPE	TOL %	RATING
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0614-00	75 V	1N4448	Si		50 mA
152-0347-00	7.5 V	Zener	Si	5	330 mW
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0062-01	75 V	1N914	Si		50 mA
152-0483-00	10 V	C1104	Si		50 mA
152-0062-02	75 V	1N4148T	Si		50 mA
152-0062-02	75 V	1N4148T	Si		50 mA

PART NUMBER	VALUE	DESCRIPTION
276-0597-00		Ferrite bead FX115
276-0597-00		Ferrite bead FX115
276-0597-00		Ferrite bead FX115
159-0077-00	250 mA	Fuse Delay 1.25" 200-240V
59-0079-00	500 mA	Fuse Delay 1.25" 100-120V
08-0483-00	16 μH	Fixed Inductor
08-0780-00	53 μH	Fixed Inductor
08-0482-00	160 μH	Fixed Inductor
08-0482-00	160 μH	Fixed Inductor

PART NUMBER	VALUE Ohms	DESCRIPTION TYPE	TOL %	RATING W
25-0175-00	2.37M	MF	1	1
25-0174-00	787 K	MF	1	500 m
25-0173-00	392 k	MF	1	250 m
25-0172-00	237 k	MF	1	250 m
75-0171-00	78.7 k	MF	1	250 m
25-0171-00	78.7 k	MF	1	250 m
7-0334-01	330 k	C	5	125 m
7-0154-01	150 k	C	5	125 m
1-1734-00	47 k	CV	20	150 m

CIR REF	PART NUMBER	VALUE Ohms	DESCRIPTION TYPE	TOL %	RATING W	
R22	317-0473-01	47 k	C	5	125 m	
R23	317-0914-01	910 k	C	5	125 m	
R24	317-0154-01	150 k	C	5	125 m	
R25	317-0332-01	3.3 k	C	5	125 m	
R26	317-0433-01	43 k	C	5	125 m	(1670)
R27	317-0332-01	3.3 k	C	5	125 m	
R28	317-0392-01	3.9 k	C	5	125 m	
R29	317-0162-01	1.6 k	C	5	125 m	
R30	317-0561-01	560 k	C	5	125 m	
R31	311-1503-00	100	C	20	75 m	
R32	317-0333-01	33 k	C	5	125 m	(1719)
						(1719)
R34	317-0682-01	6.8 k	C	5	125 m	
R35	317-0392-01	3.9 k	C	5	125 m	
R36	317-0103-01	10 k	C	5	125 m	
R37	311-1858-00	100 k	CP	20	75 m	(1719)
R38	317-0330-01	33	C	5	125 m	
R41	317-0561-01	560	C	5	125 m	
R42	317-0680-01	68	C	5	125 m	
				5		(1719)
R44	317-0682-01	6.8 k	C	5	125 m	
R46	317-0221-00	220	C	5	125 m	
R48	317-0183-01	18 k	C	5	125 m	
R49	311-1512-00	22 k	CP	20	75 m	
R51	317-0103-01	10 k	C	5	125 m	
R52	317-0512-01	5.1 k	C	5	125 m	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PART NUMBER	VALUE Ohms	DESCRIPTION TYPE	TOL %	RATING W	Eff./ Ser.No.
317-0682-01	6.8 k	C	5	125 m	
317-0393-01	39 k	C	5	125 m	
317-0682-01	6.8 k	C	5	125 m	
317-0183-01	18 k	C	5	125 m	
317-0822-01	8.2 k	C	5	125 m	
317-0273-01	27 k	C	5	125 m	
317-0512-01	5.1 k	C	5	125 m	
317-0100-01	10	C	5	125 m	
317-0332-01	3.3 k	C	5	125 m	
317-0243-01	24 k	C	5	125 m	
317-0104-01	100 k	C	5	125 m	
317-0222-01	2.2 k	C	5	125 m	
317-0123-01	12 k	C	5	125 m	
317-0183-01	18 k	C	5	125 m	
303-0113-01	11 k	C	5	1	
321-0306-48	15 k	MF	1	125 m	
311-1525-00	22 k	CV	20	250 m	
317-0470-01	47	C	5	125 m	
317-0302-01	3 k	C	5	125 m	
317-0203-01	20 k	C	5	125 m	
311-1510-00	10 k	CP	20	75 m	
317-0123-01	12 k	C	5	125 m	
317-0222-01	2.2 k	C	5	125 m	
311-1510-00	10 k	CP	20	75 m	
317-0103-01	10 k	C	5	125 m	
315-0393-02	39 k	C	5	250 m	
311-1511-00	15 k	CP	20	75 m	
317-0102-01	1 k	C	5	125 m	
321-1257-48	4.7 k	MF	1	125 m	
317-0183-01	18 k	C	5	125 m	
317-0153-01	15 k	C	5	125 m	
317-0332-01	3.3 k	C	5	125 m	
317-0103-01	10 k	C	5	125 m	
317-0334-01	330 k	C	5	125 m	
317-0512-01	5.1 k	C	5	125 m	
311-1512-00	22 k	CP	20	75 m	
317-0151-01	150	C	5	125 m	
317-0432-01	4.3 k	C	5	125 m	
307-0143-00	5.6 k	MO	5	1.5	
315-0122-02	1.2 k	C	5	250 m	
317-0431-01	430	C	5	125 m	
317-0274-01	270 k	C	5	125 m	
317-0224-01	220 k	C	5	125 m	
317-0822-01	8.2 k	C	5	125 m	
317-0101-01	100	C	5	125 m	
317-0203-01	20 k	C	5	125 m	
317-0471-01	470	C	5	125 m	
317-0564-01	560 k	C	5	125 m	
311-1505-00	220	CP	20	75 m	
301-0203-01	20 k	C	5	500 m	
315-0122-02	1.2 k	C	5	250 m	
311-1507-00	1 k	CP	20	75 m	
307-0143-00	5.6 k	MO	5	1.5	
301-0223-01	22 k	C	5	500 m	
317-0561-01	560	C	5	125 m	
311-1532-00	330	CP	20	75 m	
317-0473-01	47 k	C	5	125 m	
317-0103-01	10 k	C	5	125 m	
317-0223-01	22 k	C	5	125 m	
317-0391-01	390	C	5	125 m	
317-0123-01	12 k	C	5	125 m	
317-0100-01	10	C	5	125 m	
317-0183-01	18 k	C	5	125 m	
317-0434-01	430 k	C	5	125 m	
317 0564 01	560 k	C	5	125 m	
317 0303-01	30 k	C	5	125 m	
317-0562-01	5.6 k	C	5	125 m	
317-0100-01	10	C	5	125 m	
317-0100-01	10	C	5	125 m	
317-0203-01	20 k	C	5	125 m	
316-0335-02	3.3 M	C	10	250 m	
317-0104-01	100 k	C	5	125 m	
317-0154-01	150 k	C	5	125 m	

CIR REF	PART NUMBER	VALUE Ohms	DESCRIPTION TYPE	TOL %	RATING W	Eff Ser.No
R131	317-0822-01	8.2 k	C	5	125 m	
R132	317-0123-01	12 k	C	5	125 m	
R133	317-0684-01	680 k	C	5	125 m	
R134	317-0822-01	8.2 k	C	5	125 m	
R135	317-0332-01	3.3 k	C	5	125 m	
R136	317-0333-01	33 k	C	5	125 m	
R137	317-0393-01	39 k	C	5	125 m	
R138	317-0823-01	82 k	C	5	125 m	
R139	317-0104-01	100 k	C	5	125 m	
R301	311-1020-00	1 M	CV	20	250 m	
R302	316-0155-01	1.5 M	C	10	250 m	
R303	311-1516-00	1 M	CV	20	250 m	
R304	317-0394-01	390 k	C	5	125 m	
R305	311-1514-00	220 k	CP	20	75 m	
R306	317-0105-01	1 M	C	5	125 m	
R307	311-1514-00	220 k	CP	20	75 m	
R308	316-0106-01	10 M	C	10	250 m	
R309	315-0222-01	2.2 k	C	5	250 m	
R400	317-0273-01	27 k	C	5	125 m	
R401	316-0273-01	27 k	C	10	250 m	
R402	317-0103-01	10 k	C	5	125 m	
R403	317-0220-01	22	C	5	125 m	
R404	321-1325-48	24 k	MF	1	125 m	
R405	311-1510-00	10 k	CP	20	75 m	
R406	301-0201-01	200	C	5	500 m	
R407	308-0753-00	620	WW	5	3	
R408	317-0222-01	2.2 k	C	5	125 m	
R601	325-0200-00	1 M	MF	1	250 m	599101
R602	317-0104-01	100 k	C	5	125 m	
R603	317-0101-01	100	C	5	125 m	
R604	311-1877-00	150	CMP	20	1 W	599101
R605	317-0132-01	1.3 k	C	5	125 m	
R608	311-1455-00	10 k	CP	20	50 m	599101
R611	317-0562-00	5.6 k	C	5	125 m	
R612	317-0432-01	4.3 k	C	5	125 m	
R613	311-1509-00	4.7 k	CO	20	75 m	
R614	317-0123-01	12 k	C	5	125 m	
R615	317-0223-01	22 k	C	5	125 m	
R616	317-0223-01	22 k	C	5	125 m	
R617	317-0181-01	180	C	5	125 m	
R618	311-1512-00	22 k	CP	20	75 m	
R619	311-1911-00	22 k	CV	20	250 m	599101
R621	317-0223-01	22 k	C	5	125 m	
R631	317-0184-01	180 k	C	5	125 m	
R632	317-0103-01	10 k	C	5	125 m	
R633	317-0223-01	22 k	C	5	125 m	
R634	317-0203-01	20 k	C	5	125 m	
R635	317-0331-01	330	C	5	125 m	
R636	317-0103-01	10 k	C	5	250 m	
R637	317-0122-01	1.2 k	C	5	125 m	
R638	317-0123-01	12 k	C	5	125 m	
R639	317-0203-01	20 k	C	5	125 m	
R640	317-0681-01	680	C	5	125 m	
R641	317-0331-01	330	C	5	125 m	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไร ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PART NUMBER	VALUE Ohms	DESCRIPTION TYPE	TOL %	RATING W	Eff. = Ser.No.
317-0184-01	180 k	C	5	125 m	
317-0103-01	10 k	C	5	125 m	
317-0223-01	22 k	C	5	125 m	
317-0302-01	3 k	C	5	125 m	
315-0103-01	10 k	C	5	250 m	
315-0103-01	10 k	C	5	250 m	
307-0407-00	1.3 k	MO	5	1.5	
315-0911-01	910	C	5	250 m	
317-0560-01	56	C	5	125 m	
311-1507-00	1 k	CP	20	75 m	
317-0330-01	33	C	5	125 m	
307-0407-00	1.3 k	MO	5	1.5	
315-0911-01	910	C	5	250 m	
317-0682-01	6.8 k	C	5	125 m	
317-0683-01	68 k	C	5	125 m	
315-0181-01	180	C	5	250 m	
315-0103-01	10 k	C	5	250 m	
317-0162-01	1.6 k	C	5	125 m	
317-0302-01	3 k	C	5	125 m	
317-0271-01	270	C	5	125 m	
317-0752-01	7.5 k	C	5	125 m	
317-0682-01	6.8 k	C	5	125 m	
311-1508-00	2.2 k	CP	20	75 m	
317-0681-01	680	C	5	125 m	
311-1532-00	330	CP	20	75 m	
317-0274-01	270 k	C	5	125 m	
317-0123-01	12 k	C	5	125 m	
317-0274-01	270 k	C	5	125 m	
317-0104-01	100 k	C	5	125 m	599101
317-0101-01	100	C	5	125 m	
311-1504-00	150	CP	20	75 m	
17-0132-01	1.3 k	C	5	125 m	
11-1510-00	10 k	CP	20	75 m	
17-0562-01	5.6 k	C	5	125 m	
17-0432-01	4.3 k	C	5	125 m	
11-1509-00	4.7 k	CP	20	75 m	
17-0123-01	12 k	C	5	125 m	
17-0223-01	22 k	C	5	125 m	
17-0223-01	22 k	C	5	125 m	
7-0181-01	180	C	5	125 m	
1-1512-00	22 k	CP	20	75 m	
1-1526-01	22 k	CV	20	250 m	620201
7-0223-01	22 k	C	5	125 m	
7-0223-01	22 k	C	5	125 m	
7-0180-01	18	C	5	125 m	
5-0205-00	900 k	MF	1	250 m	599101
5-0207-00	900 k	MF	1	250 m	599101
5-0208-00	111 k	MF	1	100 m	599101
5-0206-00	10.1 k	MF	1	100 m	599101
5-0141-00	162	MF	1	250 m	
-0843-48	270	MF	1	125 m	
-0101-48	110	MF	1	125 m	
-0750-01	75	C	5	125 m	
-0622-01	6.2 k	C	5	125 m	
-0382-00	7.5	C	5	125 m	

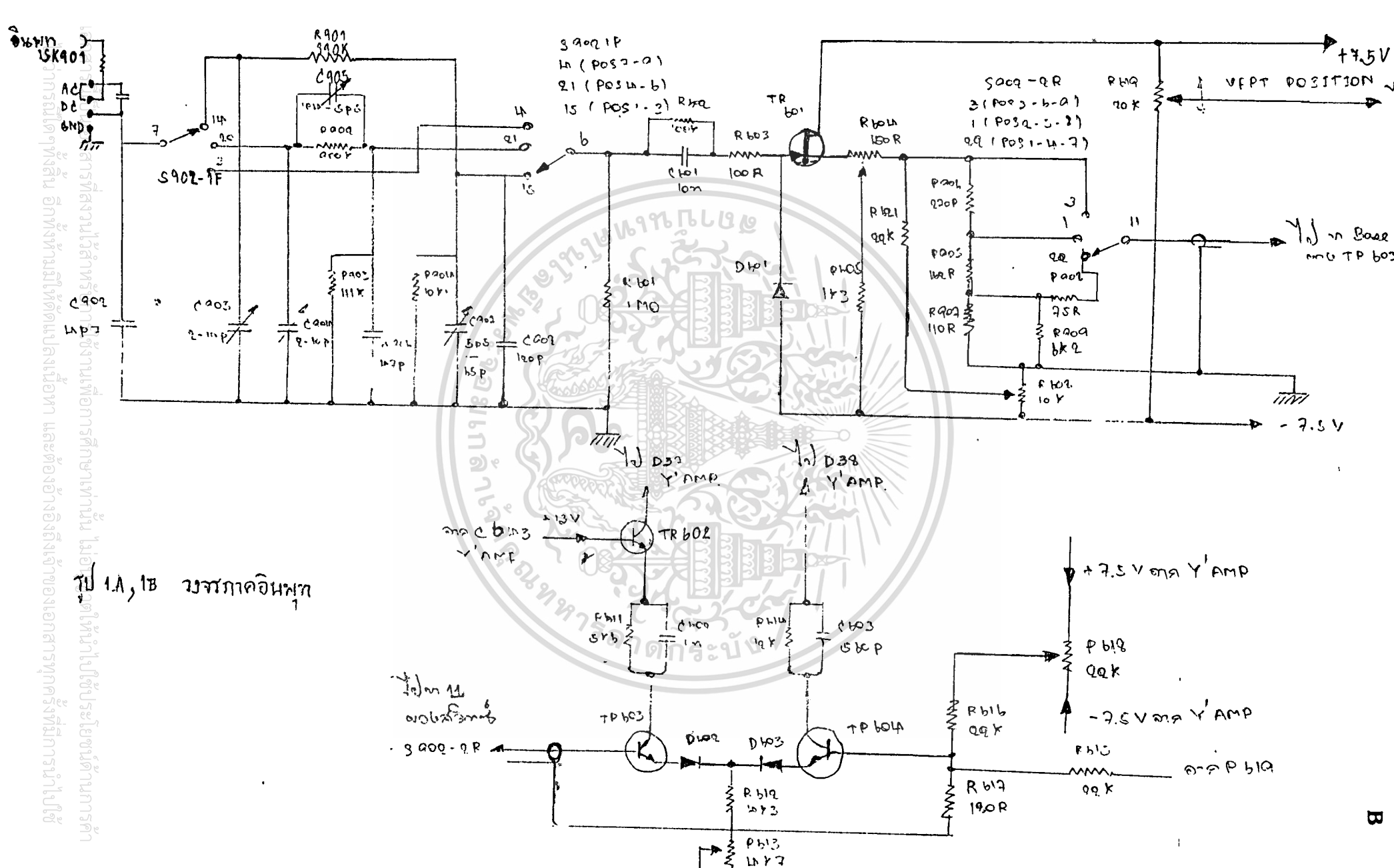
*Two per instrument (CH1 and CH2)

CIR REF	PART NUMBER	VALUE Ohms	DESCRIPTION TYPE	TOL %	RATING W	Eff. Ser.No.
S1	260-1535-00		Rotary Time/Div			
S20	260-1307-01		Slide EXT-CH1-CH2			
S21	260-1307-01		Slide + –			
S22	260-1307-01		Slide AC – TV			
S23	with R69		Push-Pull X1 – X5			
S24	with R21		Push-Pull AUTO			
S401	with R301		Power On/Off			
S631	with R719		Rotary CH2 – Off			
S632	with R619		Rotary CH1 – Off			
*S901	260-1307-01		Slide AC GND DC			
*S902	260-1858-00		Rotary Volts/Div			620201
SK21	131-1654-00		Socket Ext X TRIG			
SK22	136-0542-00		Socket Probe Test			
SK301	136-0542-00		Socket Z Mod			
SK401	136-0541-02		Volt Selector			
SK402	136-0542-00		CAL 0.5 V PP			
*SK901	131-1654-00		Socket Input			
*SK902	136-0542-00		Socket Gnd.			
T401	120-1018-00		Transformer (Power)			
TH20	307-1081-00	4.7 k	VA1109		500 m	
TH21	307-0408-00	50 Ω	VA1034	20	500 m	
TH631	307-0408-00	50 Ω	VA2034	20	500 m	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

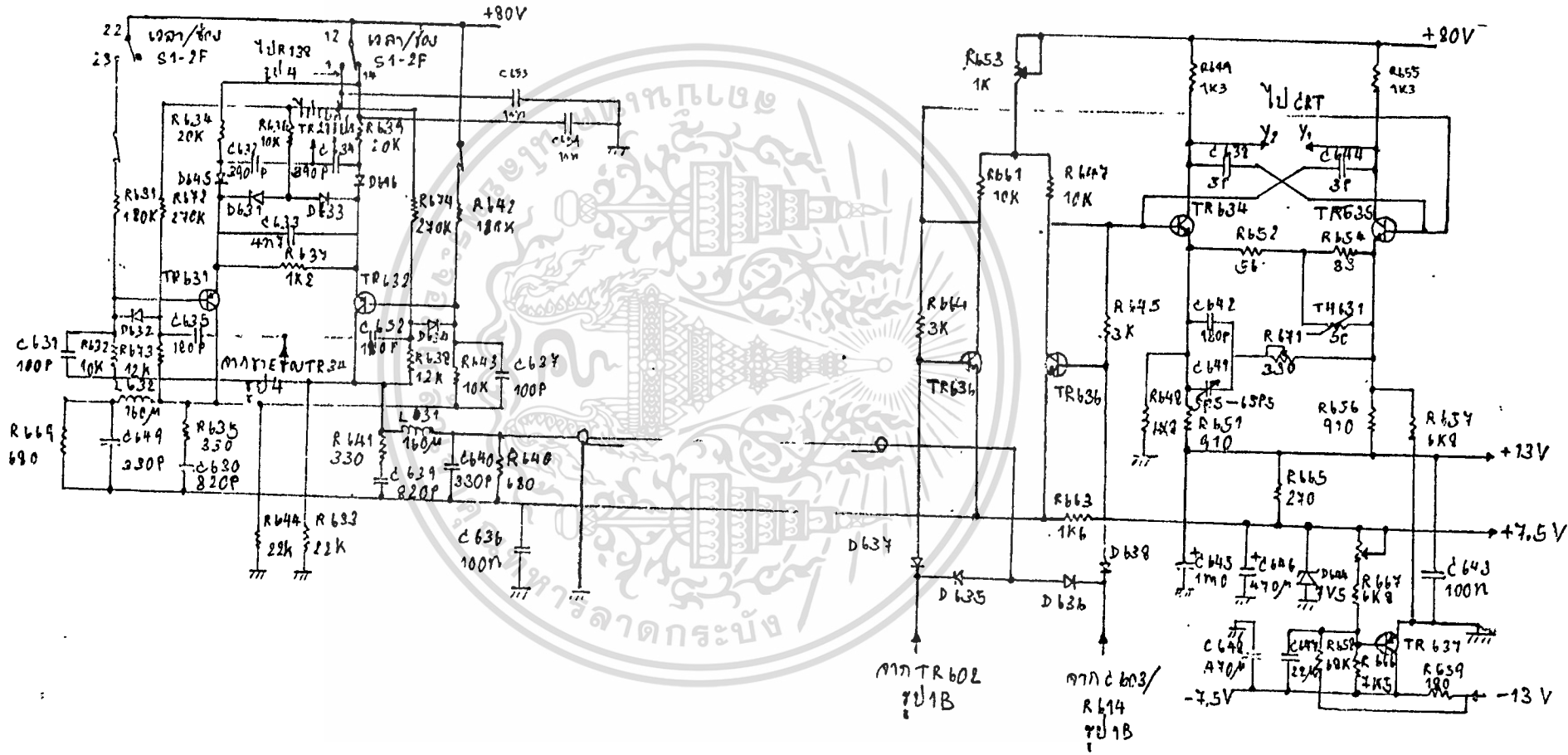
PART NUMBER	DESCRIPTION		TYPE	Eff. Ser. No.
151-0127-02	BSX20	Si	NPN	
151-0320-00	MPS6518	Si	PNP	
151-0317-01	BC109C	Si	NPN	
151-0320-00	MPS6518	Si	PNP	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-0320-00	MPS6518	Si	PNP	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-0525-00	FRB749	Si	NPN	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-0242-00	2N3904	Si	NPN	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-0257-03	FRB749	Si	NPN	
151-0320-00	MPS6518	Si	PNP	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-1076-01	F.E.T. TEL. SPEC	Si	N.Channel	
151-0525-00	FRB749	Si	NPN	
151-0320-01	MPS6518	Si	PNP	
151-0317-01	BC109C	Si	NPN	
151-1076-00	F.E.T. TEL. SPEC.	Si	N.Channel	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-0317-01	BC109C	Si	NPN	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-0320-00	MPS6518	Si	PNP	
151-0320-00	MPS6518	Si	PNP	
151-0127-02	BSX20	Si	NPN	
151-0310-00	TEL. SPEC	Si	NPN	
151-0310-00	TEL. SPEC	Si	NPN	
151-0127-02	BSX20	Si	NPN	
151-0401-00	BC263C	Si	PNP	
151-1076-00	F.E.T. TEL. SPEC	Si	N.Channel	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
151-0317-01	BC109C	Si	NPN	
151-0326-01	BC107	Si	NPN	
154-0693-00 or 154-0693-01	CRT G.E.C. Type 1324Y P31 CRT G.E.C. Type 1346Y P7			
150-0105-00	Lamp Neon — Hivac 34L			620251
150-0178-00	Lamp Neon Power On			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

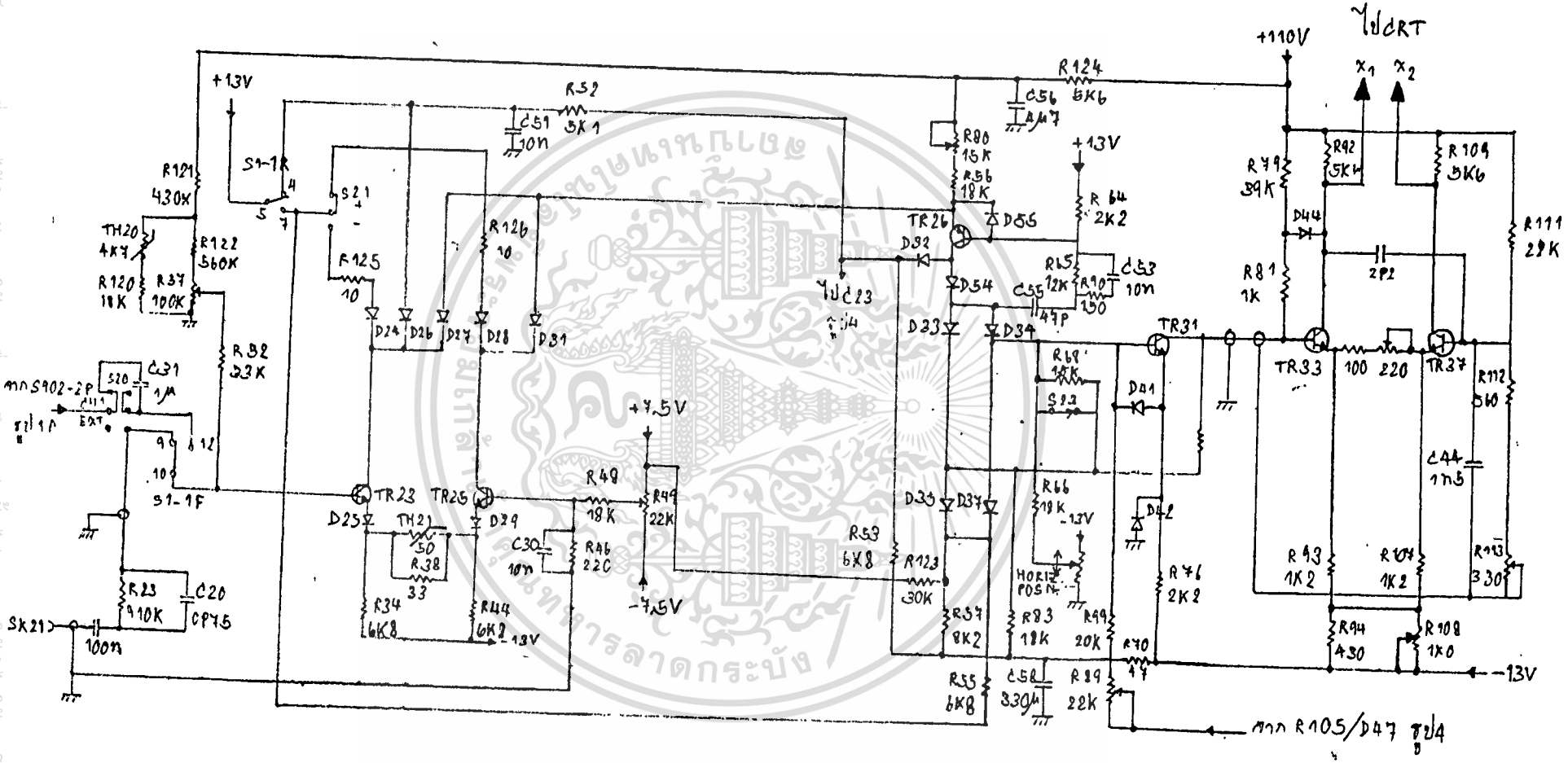


รูป 1.A, 1B วงจรภาคอินพุต

B

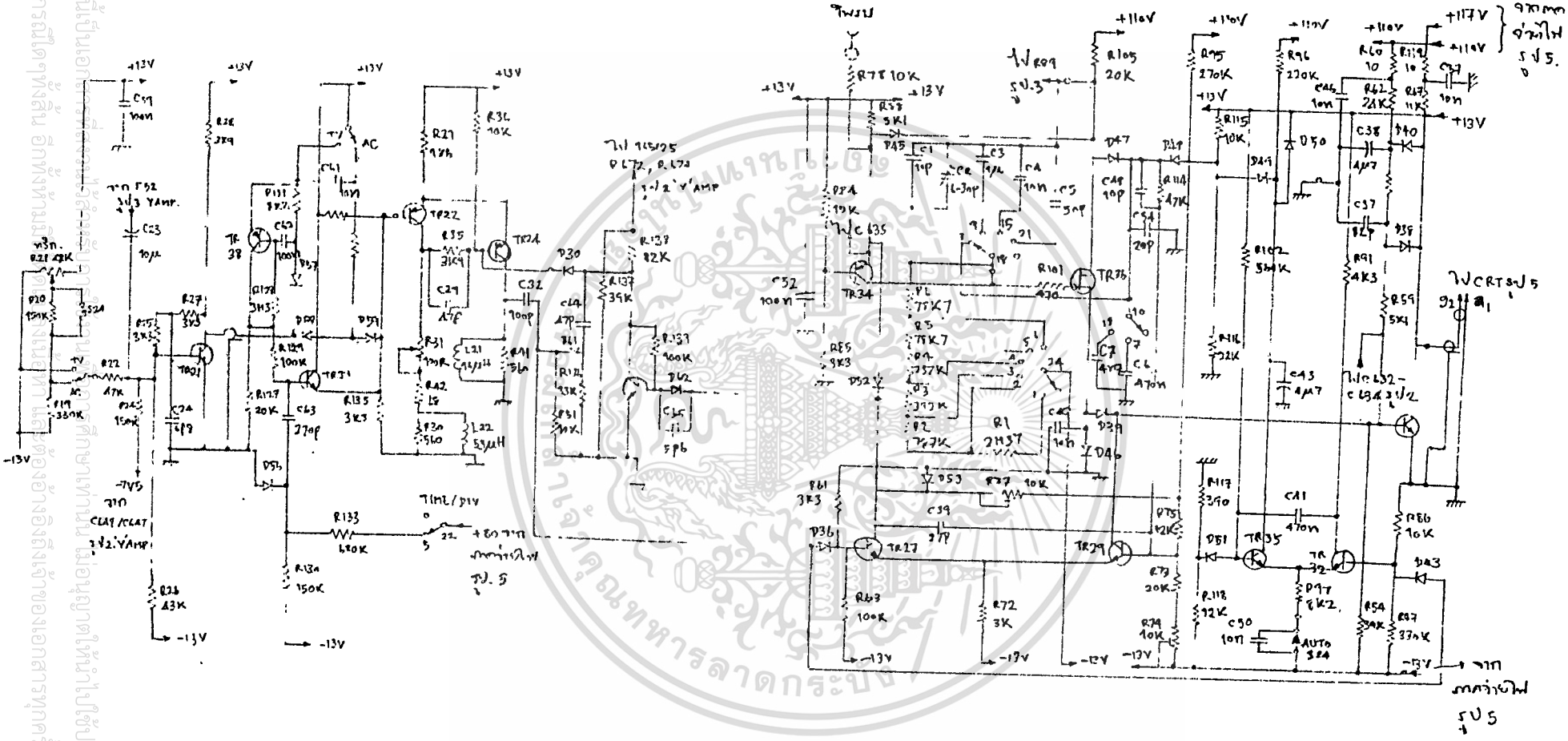


รูป. 2 วงจรภาคขยายแนวตั้ง

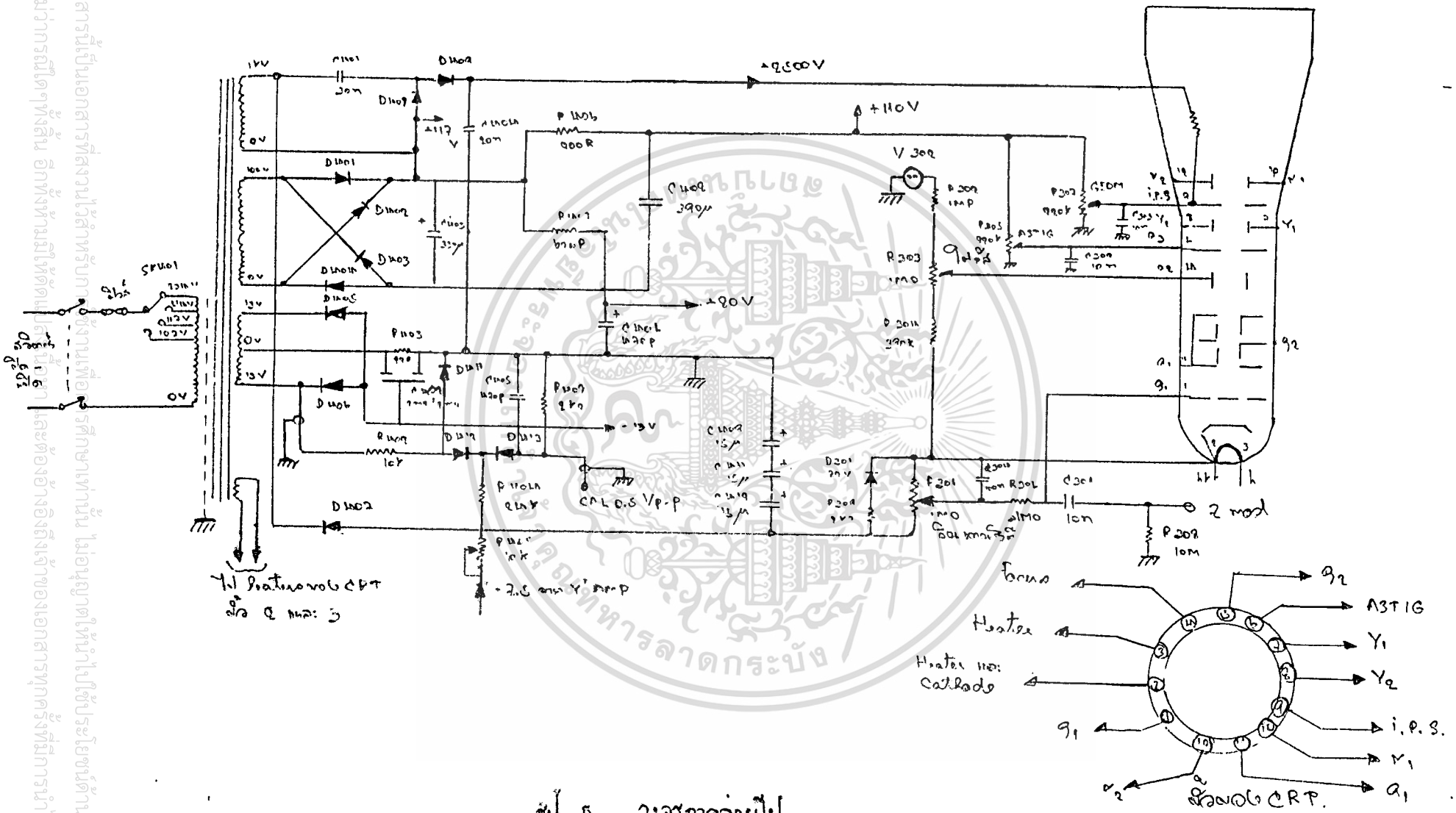


รูปที่ 3 ภาคซิงก์อินพุท และภาคขยายอินพุทแนวนอน

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ห้ามดัดแปลงเนื้อหา ต้องอ้างอิงแหล่งที่มา



รูป 4. ภาคกำเนิดสัญญาณกาฐกาด



รูป 5. วงจรภาคจ่ายไฟ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อท่านอาจารย์ ประภากร สุวรรณะ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นแนวทางในการทำงานจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณภาควิชา อิเลคทรอนิคส์ ที่อำนวยในการให้ใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือในการทำงานครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ พระจอมเกล้า ลาดกระบัง ที่ได้สั่งสอนอบรมจนทำให้ผู้จัดทำมีความรู้เพียงพอที่จะจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ก. เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทย

1. กฤษดา วิศวธีรานนท์ และ ประยูร เชี่ยววัฒนา, "หลักการทำงานและเทคนิคการใช้งาน ออสซิลโลสโคป", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 158 หน้า, 2521

ข. เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาอังกฤษ

1. Telequipment, "Oscilloscope type D61A Instruction manual", D & H Newman Ltd., 45 P., 1975

2. James K. Hardy, "High frequency circuit design", Oscillators Electric, Reston, Virginia, Reston, 353 p, 1979

3. Stan Prentiss, "Oscillascopes", Reston, Virginia, Reston, 161 P., 1981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า