ปีการศึกษา 2533

เครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำ
LOW FREQUENCY RECORDER

โดย

เกียรติคุณ คุณติสุข
ศุภวาร เกษมศรี ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. วันชัย ริ้วรุจา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

ภาควิชาระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำ

ผู้จัดทำ

1. นายเกียรติคุณ คุณติสุข

2. นายคุภวาร เกษมศรี ณ อยุธยา

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. วันชัย ริ้วรุจา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 หลักการแสดงภาพของโทรทัศน์และออสซิลโลสโคป 2
2.1 หลักการของโทรทัศน์ 2
2.2 หลอดภาพ 10
2.3 ออสซิลโลสโคป 15

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างวงจร 19
3.1 วงจรขยายสัญญาณ 19
3.2 วงจรการทริกและสร้างสัญญาณฟันเลื่อย 21
3.3 วงจรลดทอนสัญญาณและส่วนเก็บข้อมูล 24
3.4 ส่วนแสดงสัญญาณภาพ 25

บทที่ 4 ผลการทดลอง 27

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ 32

กิตติกรรมประกาศ 33

เอกสารอ้างอิง 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำ

เกียรติคุณ คุณติสุข
ศุภวาร เกษมศรี ณ อยุธยา
อ.วันชัย ริ้วรุจา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

เครื่องวัดสัญญาณเป็นเครื่องมือที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของระบบที่เราสนใจโดยการวัดจากวงจรไฟฟ้าออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยตรงหรือระบบทางกลที่ผ่านทรานสดิวเซอร์(Transducer)ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า เราจึงสามารถศึกษาและปรับปรุงระบบนั้นได้ง่ายและสะดวกขึ้น

ลักษณะของสัญญาณที่เราสนใจมีทั้ง สัญญาณที่แสดงทางจอภาพในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งเป็นการวัดด้วยออสซิลโลสโคป(Oscilloscope) และสัญญาณการเปลี่ยนแปลงที่ใช้เวลานานซึ่งได้จากเครื่องบันทึกสัญญาณ

โครงงานเครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำนี้ เป็นการแสดงสัญญาณที่มีคาบเวลายาวออกทางจอภาพ และสามารถเก็บสัญญาณในช่วงเวลาก่อนไว้เปรียบเทียบกับสัญญาณในเวลาปัจจุบันได้ เราจึงบันทึกสัญญาณได้ต่อเนื่องและเห็นได้ทันทีบนจอภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOW FREQUENCY RECORDER

Kiattikun Kuntisuk
Supavarn Kasemsri
Wanchai Riewruja :Advisor
1990

Abstract

Signal measurement normally showns characteristic of dynamic systems which we considered. We measure some electrical signal from electrical circuit. In contrast the signal in mechanical system also transfer through transducer into electrical signal. Fortunately it is very easy and convenient to study and develop the system.

There are two kinds of signal. One is shown by monitor of oscilloscope in a period of time. The other is slow-varying signal which came from recorder.

Low frequency recorder can demonstrate long-period signal on the monitor including a former signal that was memorized with respect to recent signal. So we can memory the signal continuously and look at them concurrently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในการศึกษาและควบคุมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบ เราต้องบันทึกสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลานาน จากเวลาเริ่มต้นมาถึงเวลาปัจจุบัน เพื่อสังเกตคุณลักษณะของระบบนั้นๆ ว่าเป็นไปในรูปแบบที่เราต้องการหรือไม่ หากลักษณะของสัญญาณไม่เหมาะสมก็สามารถแก้ไขให้ดีขึ้นโดยอาศัยข้อมูลที่เราได้ ดังนั้นเครื่องบันทึกสัญญาณจึงมีความจำเป็นอย่างมาก ในการใช้งานควบคุมระบบให้ทำงานอย่างอัตโนมัติ ไม่ว่าระบบนั้นจะเป็น ระบบไฟฟ้า ระบบนิวเมติก(Pneumatic) หรือระบบไฮดรอลิก(Hydrolic)

หากเรามีเครื่องบันทึกสัญญาณไว้ใช้งาน ก็จะทำให้เราทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เครื่องบันทึกสัญญาณที่มีจำหน่ายในท้องตลาดไม่ว่ายี่ห้อใด ต่างก็มีราคาสูงมากเกินกว่ากำลังทรัพย์ของนักศึกษาหรือนักอิเลคทรอนิกส์สมัครเล่นที่จะมีไว้ครอบครอง การสร้างเครื่องบันทึกสัญญาณขึ้นมาใช้เอง จึงเป็นการประหยัดต้นทุนมากกว่าแม้ว่าเครื่องที่ทำการสร้างขึ้นมาจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเครื่องบันทึกสัญญาณที่มีจำหน่ายทั่วไปก็ตาม เนื่องจากอุปกรณ์ในวงจรส่วนต่างๆสามารถหาซื้อได้ง่าย และส่วนแสดงสัญญาณก็ดัดแปลงมาจากโทรทัศน์ขาวดำแบบทั่วไป

โครงงานเครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำนี้จึงตอบสนองความต้องการที่จะใช้ศึกษาระบบที่เปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆได้ แต่มิได้บันทึกสัญญาณแสดงลงบนกระดาษกราฟแบบเครื่องบันทึกสัญญาณทั่วไป เพราะใช้จอภาพโทรทัศน์แสดงสัญญาณช่วงเวลาหนึ่ง โดยบันทึกข้อมูลสัญญาณตั้งแต่ช่วงเวลาแรกไว้ในหน่วยความจำ

การแสดงภาพสัญญาณมีลักษณะการทำงานคล้ายกับออสซิลโลสโคป แต่ใช้ได้กับระบบที่มีความถี่ไม่สูงนัก เนื่องจากจอภาพโทรทัศน์อาศัยการเบี่ยงเบนโดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ขดลวดของหลอดภาพจึงเป็นข้อจำกัดของช่วงความถี่ใช้งานของสัญญาณที่เราวัด แต่จอภาพออสซิลโลสโคปอาศัยการเบี่ยงเบนโดยสนามไฟฟ้าสถิตย์ จึงเป็นผลให้ความถี่ใช้งานสูงกว่า

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึง หลักการของจอภาพโทรทัศน์และออสซิลโลสโคปในด้านการแสดงภาพ หลักการของวงจรโดยรวมและส่วนย่อยของวงจรต่างๆทั้งในด้านการออกแบบและการทำงานร่วมกับวงจรส่วนอื่น รวมถึงผลการทดลองที่ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

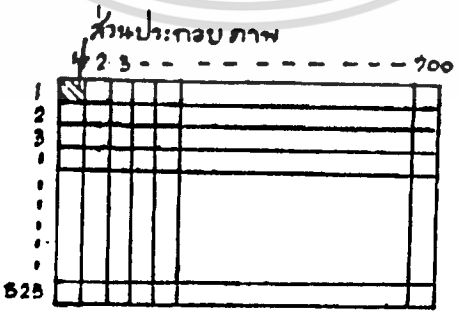
บทที่2
หลักการแสดงภาพของโทรทัศน์และออสซิลโลสโคป

ในส่วนของปริญญานิพนธ์บทนี้จะได้กล่าวถึงส่วนของโทรทัศน์และออสซิล-โลสโคป ซึ่งเป็นส่วนแสดงภาพของสัญญาณในโครงงานนี้

2.1หลักการของโทรทัศน์

2.1.1ส่วนประกอบภาพ(Picture Elements)

ภาพที่เกิดขึ้นบนจอโทรทัศน์ ประกอบขึ้นจากจุดสีขาวและจุดสีดำมากมาย ในลักษณะเดียวกับภาพจากหนังสือพิมพ์ จุดสีขาวและจุดสีดำที่เรียงกันประกอบเป็นภาพเรียกว่าส่วนประกอบภาพ จากรูปที่2.1 ถ้าแบ่งเส้นตามแนวนอนเป็น525เส้น และแบ่งตามแนวตั้งเป็น700เส้น จะได้จำนวนของส่วนประกอบภาพ 525x700 = 367,500จุด จะเห็นได้ว่ายิ่งแบ่งจำนวนเส้นให้มากขึ้นเท่าไรก็ยิ่งได้จำนวนของส่วนประกอบภาพมากเท่านั้น ดังนั้นตามทฤษฎีแล้วระบบโทรทัศน์ที่มีจำนวนเส้นมากกว่าก็ย่อมจะได้ภาพที่ชัดกว่า จากการทดลองนำคนมาดูภาพที่จอโดยการเพิ่มจำนวนส่วนประกอบภาพขึ้นเรื่อยๆ พบว่าภาพที่พอจะดูได้ชัดเจน คุณภาพดีพอสมควร จะต้องมีส่วนประกอบภาพไม่ต่ำกว่า200,000จุด



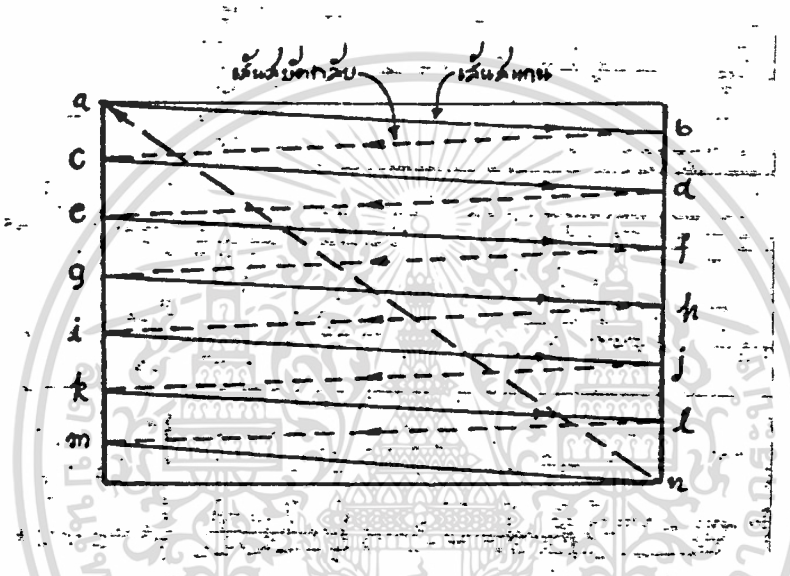
รูป2.1 การแบ่งส่วนประกอบภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 <u>การสแกน</u>(Scanning)

จากการที่ภาพประกอบด้วยจำนวนส่วนประกอบภาพมากมาย ซึ่งแต่ละจุดของภาพที่ส่งไปจะบอกว่าเป็นจุดสีขาวหรือจุดสีดำก็แสดงโดยสัญญาณภาพ การนำจุดต่างๆเหล่านี้มาเรียงกันใหม่ให้เป็นภาพขึ้นมาเรียกว่า การสแกน

การสแกนมี2วิธีคือ วิธีสแกนแบบก้าวหน้า(Progressive Scanning) และวิธีการสแกนแบบสลับเส้น(Interlaced Scanning)

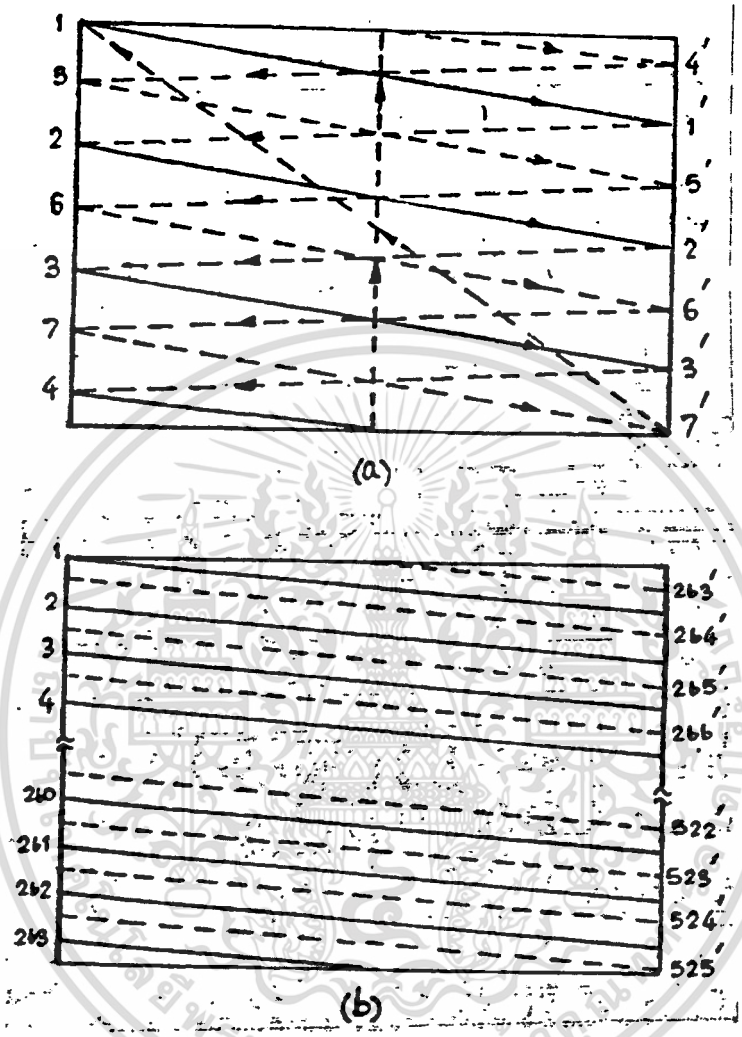


รูป2.2 การสแกนแบบก้าวหน้า

จากรูปที่2.2จะเห็นได้ว่าการสแกนเริ่มจาก aไปb,cไปd,eไปf,จนถึง kไปl เป็นการสแกนตามลำดับจากซ้ายไปขวาและข้างบนลงข้างล่าง ซึ่งใช้ในออสซิลโลสโคป

จากรูปที่2.3(a) จะเห็นว่าการสแกนเริ่มจาก 1,2,3,4เรียกว่าฟิลด์คี่ (Odd Field และในระหว่างเส้นต่อเส้นก็จะเว้นช่องว่างให้พอสแกนได้อีกครั้งหนึ่ง จากนี้ก็จะเริ่ม 5,6,7ใหม่อีกครั้งหนึ่งเรียกว่าฟิลด์คู่(Even Field) เป็นการสแกนแบบเส้นเว้นเส้นซึ่งต้องใช้การสแกนในแนวตั้งถึง2ครั้ง การสแกนแนวตั้ง1ครั้งเรียกว่าการสแกน1ฟิลด์ และการสแกน2ฟิลด์เรียกว่า1เฟรม(Frame) ในระบบ525เส้น จากรูป2.3(b) การสแกน1ฟิลด์มี262.5เส้น(ครึ่งหนึ่งของ525เส้น) เนื่องจากตาของมนุษย์มีคุณสมบัติในการคงอยู่ของภาพ(Persistance of Image) และระยะเวลาในการเรืองแสงของฟอสเฟอร์ที่จอภาพทำให้ภาพของฟิลด์ที่หนึ่งยังคงอยู่ในขณะที่ฟิลด์ที่สองสแกนเสร็จแล้ว ภาพที่เห็นจึงมีจำนวน525เส้น ทำให้ภาพลดการกระพริบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูป2.3 การสแกนแบบสลับเส้น

ในการสแกนทั้งแบบก้าวหน้าและแบบสลับเส้น เมื่อสแกนไปสุดแต่ละเส้นแล้วต้องรีบกลับมาเริ่มเส้นใหม่ทั้งแนวตั้งและแนวนอน จากรูป2.2คือเส้นประจาก bไปc,dไปe เรียกว่าเส้นสแกนกลับ(Retrace) เส้นนี้ไม่มีความจำเป็นในการประกอบเป็นภาพจึงมีวงจรควบคุมไม่ให้ปรากฏบนจอภาพ

2.1.3 <u>การหักเห</u>(Defletion)

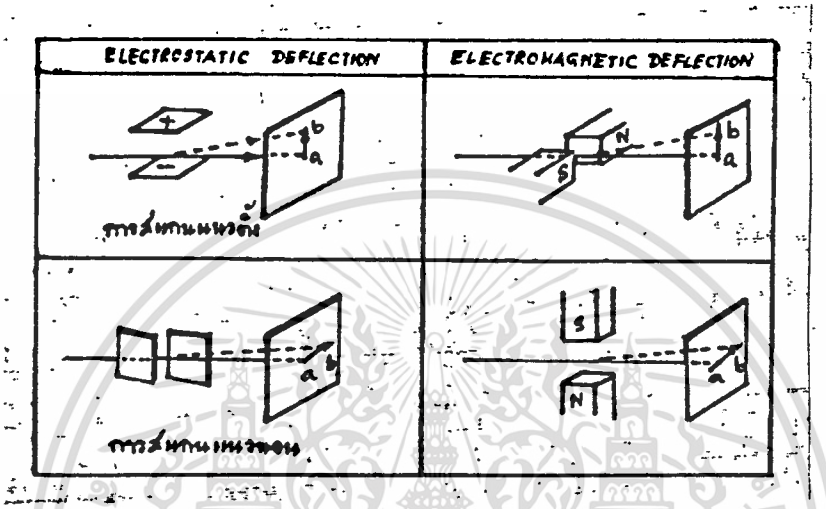
ในการสแกนเพื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้า ให้เป็นภาพที่หลอดภาพในโทรทัศน์นั้นต้องใช้ลำอิเลคตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

ลำอิเลคตรอนนี้ได้มาจากการรวมตัวกันของ อิเลคตรอนที่ออกมาจากปืน

อิเลคตรอนโดยการใช้แรงทางไฟฟ้าหรือแม่เหล็กทำให้ลำอิเลคตรอนนี้เคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่นี้เรียกว่า การหักเห

เนื่องจากคุณสมบัติของลำอิเลคตรอนนั้นเมื่อผ่านเข้าไปในสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าสถิตย์ก็จะเกิดการเปลี่ยนทิศทาง

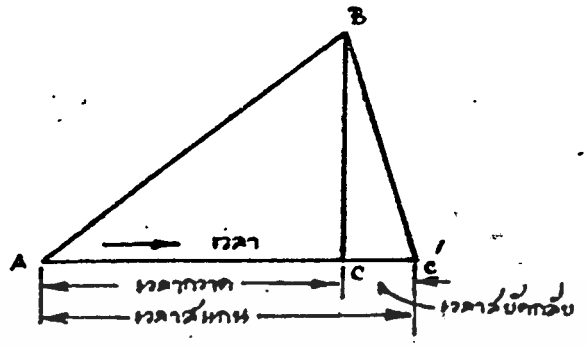


รูป2.4 การหักเหของลำอิเลคตรอน

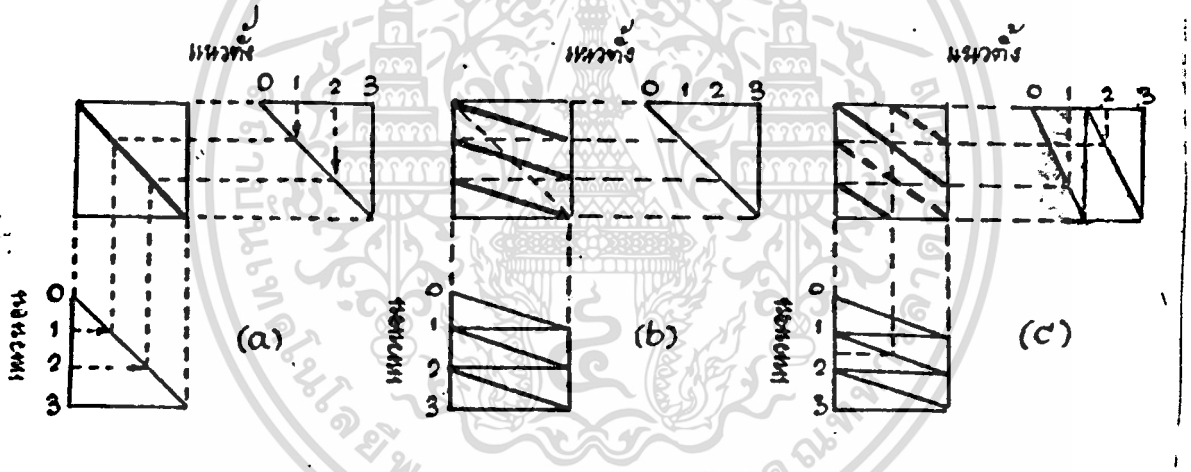
จากรูปที่2.4 เมื่อลำอิเลคตรอนผ่านสนามไฟฟ้าสถิตย์หรือสนามแม่เหล็กก็จะเปลี่ยนทิศทางตามอัตราส่วนความแรงของสนามนั้น ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมระยะทางการหักเหของลำอิเลคตรอนได้ด้วยความแรงของสนามแม่เหล็ก หรือสนามไฟฟ้าสถิตย์ การเคลื่อนที่ทางแนวนอนเรียกว่าการหักเหทางแนวนอน(Horizontal Deflection) และการเคลื่อนที่ทางแนวตั้งเรียกว่า การหักเหทางแนวตั้ง (Vertical Deflection)

การสแกนในหลอดภาพโทรทัศน์นั้นโดยปกติจะใช้สนามแม่เหล็ก ซึ่งสร้างจากขดลวดหักเหในการสแกนให้เต็มจอจะต้องมีการหักเหทั้ง แนวนอน และแนวตั้ง มุมในการหักเหขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเวลาโดยให้ความเร็วคงที่ เมื่อสแกนเสร็จเส้นหนึ่งแล้วจะเริ่มกลับมาสแกนใหม่นั้น เวลาที่กลับมาจะต้องสั้นที่สุดซึ่งวิธีที่จะทำได้ก็โดยการใช้คลื่นฟันเลื่อย(Sawtooth Wave)ที่เป็นกระแสหรือโวลเตจกับแผ่นหักเหหรือขดลวดหักเห ดังรูปที่2.5 ถ้าให้ความถี่ฟันเลื่อยที่เหมาะสมแก่ขดลวดหักเหทั้งแนวนอนและแนวตั้งในเวลาเดียวกันก็จะได้ภาพที่สมบูรณ์ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป2.5 รูปคลื่นฟันเลื่อย

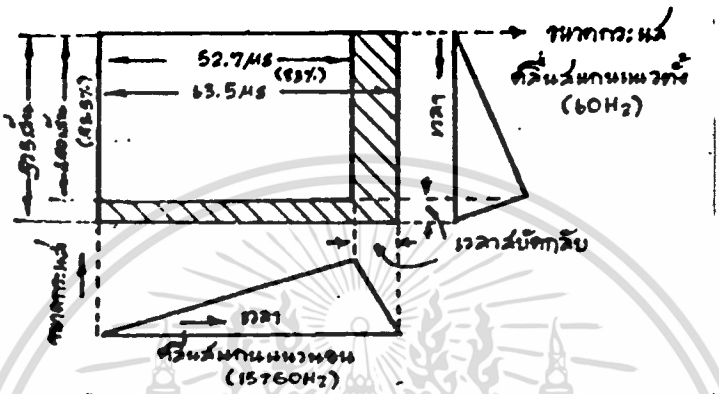


รูป2.6 วิธีการสแกนบนจอ

รูปที่2.6(a) ถ้าให้คลื่นฟันเลื่อยที่มีความถี่เท่ากัน ทั้งด้านแนวนอนและแนวตั้งในเวลาเดียวกัน จากรูปจะเห็นว่าลำอิเลคตรอนจะเคลื่อนที่ไปทางขวามือในขณะเดียวกันก็จะเคลื่อนที่ลงข้างล่างด้วย ซึ่งเป็นผลให้ได้เส้นตรงขวางจอ1เส้น ถ้าความถี่ของคลื่นฟันเลื่อยทางแนวนอนเป็น 3 เท่าของแนวตั้งแล้ว จะได้เส้นตรงขวางจอ 3เส้น ตามรูป(b) และถ้าให้ความถี่ของคลื่นฟันเลื่อยในแนวนอนเป็น 3 เท่าและแนวตั้งเป็น 2เท่า จะได้เส้นตรง 3เส้นเช่นเดียวกันตามรูป(c) แต่ลักษณะของเส้นไม่เหมือนกันคือ ในขณะที่แนวตั้งหักเหครบ 1รอบจะได้เส้นตามแนวนอน1.5 และเมื่อแนวตั้งหักเหอีก 1รอบก็จะได้เส้นตามแนวนอนอีก1.5เส้น การเริ่มหักเหครั้งที่สองของแนวตั้งนั้น ต้องเริ่มที่กลางจอด้านบนเสมอ(เส้นไข่ปลา) การสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่ายในรูปแบบอื่น

วิธีนี้เรียกว่าการสแกนสลับเส้น ด้วยเหตุผลนี้ ถ้าหาอัตราส่วนความถี่ฟันเลื่อยระหว่างแนวนอนและแนวตั้งให้พอเหมาะแล้วจะได้เส้นสแกน262.5เส้นต่อการหักเหของแนวตั้งครั้งที่หนึ่งและอีก 262.5เส้นต่อการหักเหของแนวตั้งครั้งที่สอง ซึ่งในที่สุด จะได้เส้นสแกนทั้งหมด 525เส้นด้วยระบบการสแกนสลับเส้น



รูป2.7 การสแกนของคลื่นฟันเลื่อย

รูปที่ 2.7 แสดงถึงการใช้คลื่นฟันเลื่อยสำหรับแนวนอนและแนวตั้ง ในระบบ 525เส้น โดยความถี่ทางแนวนอน 15,750Hz และแนวตั้ง 60Hz จากพื้นที่ที่ต้องเสียไปสำหรับการสแกนกลับของลำอิเลคตรอน จึงทำให้พื้นที่ที่เหลือสำหรับภาพจริงๆแล้วเพียง 490เส้นเท่านั้น

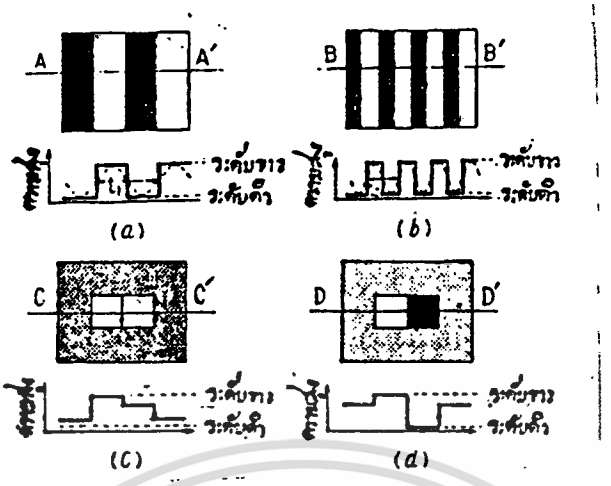
2.1.4 สัญญาณภาพ(Video Signal)

สัญญาณที่เปลี่ยนจากจุดขาวและจุดดำของภาพให้เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้าเรียกว่า สัญญาณภาพ

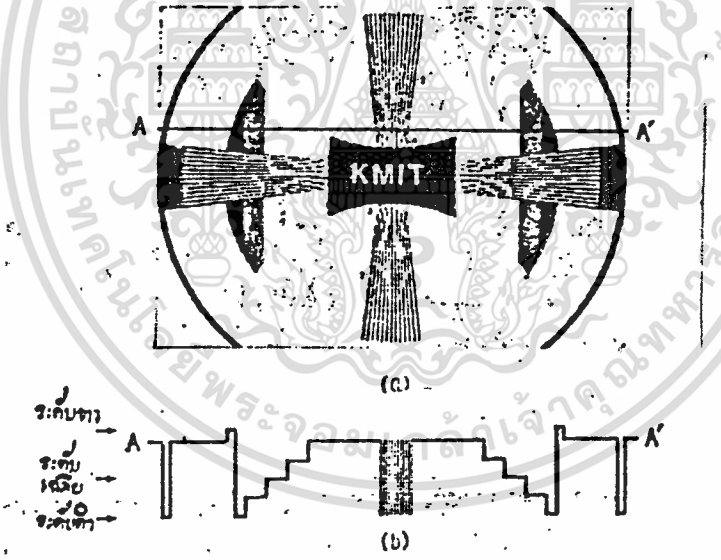
จากรูป 2.8(a)และ(b) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างภาพและความถี่ของสัญญาณภาพ จะเห็นว่าภาพยิ่งละเอียด(มีจำนวนแถบของขาว-ดำมาก) ความถี่ของสัญญาณภาพยิ่งมาก(รูปb) รูป(c)และ(d)แสดงถึงความสูงของสัญญาณภาพกับความเข้ม(Contrast)

รูป 2.9(a)คือภาพสำหรับทดสอบ ถ้าพิจารณาเส้นสแกนเส้นหนึ่งคือ AA' จะได้สัญญาณภาพเป็นรูป(b) ภาพที่เริ่มจากสีดำจนกลายเป็นสีขาว สัญญาณภาพก็จะเริ่มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆตามอัตราส่วนความขาวที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป2.8 ภาพและระดับสัญญาณ



รูป2.9 สัญญาณภาพจากภาพที่จอโทรทัศน์

2.1.5 คุณภาพของภาพ

ภาพที่ดีจะต้องมี ความสว่าง ความเข้ม รายละเอียดของภาพ และอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างที่ถูกต้องด้วย

ความสว่าง(Brightness) เป็นค่าเฉลี่ย ความเข้มของความสว่างภาพแต่ละภาพอาจจะมีความสว่างที่มากหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยนี้ก็ได้ ความสว่างต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีมากพอที่จะดูได้ในตอนกลางวันหรือบริเวณที่มีความสว่างปกติ เนื่องจากที่จอภาพสว่างเป็นจุดๆ ดังนั้นเมื่อดูทั้งจอภาพจะทำให้ความสว่างลดลงโดยเฉพาะจอภาพยิ่งใหญ่ก็ยิ่งต้องการความสว่างมาก ในเครื่องรับความสว่างของภาพถูกควบคุมโดยการไบอัส(Bias)ให้กับหลอดภาพ

<u>ความเข้ม</u> ความเข้มในที่นี้หมายถึงจำนวนความแตกต่างระหว่างส่วนที่เป็นสีขาวและส่วนที่เป็นสีดำของภาพ ซึ่งแตกต่างจากความสว่างซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยของความเข้ม เพื่อความพอเหมาะ หรือเป็นไปตามความต้องการของการดูภาพ การปรับความเข้มควรจะปรับได้ตั้งแต่ความสว่างสุดจนถึงความมืดสุด การที่จะปรับค่านี้ได้ขึ้นอยู่กับความสูงของสัญญาณภาพ ในเครื่องรับโทรทัศน์การปรับความเข้มคือการปรับความสูงของสัญญาณภาพ

ความเข้มของภาพขึ้นอยู่กับความสว่างด้วยเนื่องจากระดับของแบคกราวน์(Background)แสดงถึงส่วนที่ดำที่สุดของภาพว่าจะดำเท่าไร แต่ก็ยังถูกจำกัดด้วยความสว่างของห้องด้วยเหมือนกันว่าจะเห็นสีดำได้ดำขนาดไหน ซึ่งจะไม่สามารถที่จะดำได้มากกว่าความสว่างของห้องที่สะท้อนจากจอภาพ ดังนั้นความสว่างภายในห้องจึงไม่ควรที่จะสว่างมากเกินไปเพื่อที่จะได้ดูสีดำให้ดำจริงๆ

<u>รายละเอียด(Details)</u> คุณภาพของรายละเอียดภาพซึ่งเรียกว่ารีโซลูชั่น(Resolution) หรือความชัดเจนขึ้นอยู่กับจำนวนส่วนประกอบภาพว่ามีมากเท่าไร ยิ่งมีมากภาพก็ยิ่งชัดและคม ในทางปฏิบัติโดยทั่วๆไปจะมีประมาณ150,000 จุด ซึ่งมีความชัดเจนของภาพเทียบได้กับภาพยนต์ 16มม.

<u>อัตราส่วนของภาพ(Aspect Ratio)</u> คืออัตราส่วนระหว่างความกว้างและความสูงของจอภาพซึ่งมีมาตราฐาน 4:3ในทุกระบบรวมทั้งภาพยนต์ด้วย ไม่ว่าจอภาพจะมีขนาดกว้างเท่าไรก็ตาม ถ้าไม่ใช้อัตราส่วนนี้จะทำให้การดูภาพคนในจอผอมหรืออ้วนกว่าความเป็นจริง

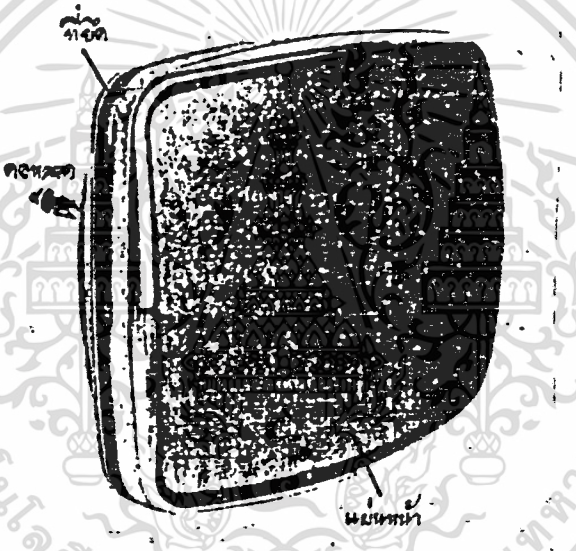
<u>ระยะทางที่ดู</u> ถ้าดูใกล้จอเกินไปทำให้เห็นรายละเอียดมาก ภาพจะดูคล้ายๆหิมะตกและมองเห็นเส้นสแกนด้วย ภาพที่ได้จึงดูค่อนข้างจะหยาบ แต่ถ้าห่างเกินไปก็จะทำให้รายละเอียดของภาพตกลงไป ดังนั้นจึงควรนั่งห่างจากจอโทรทัศน์ให้พอเหมาะโดยปกติประมาณ 4-8เท่าของความสูงของจอภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

028834

2.2 หลอดภาพ

หลอดภาพก็คือหลอดรังสีแคโทด(Cathode-Ray Tube:CRT) จากรูป2.10 ซึ่งประกอบไปด้วยปืนอิเลคตรอน และแผ่นฉาบฟอสเฟอร์ซึ่งบรรจุในหลอดสูญญากาศ คอหลอดแคบๆจะประกอบด้วยปืนอิเลคตรอนเพื่อที่จะสร้างลำอิเลคตรอน ลำอิเลคตรอนจะถูกเร่งความเร็วโดยโวลเตจแอโนด ภายในแผ่นแก้วจะฉาบด้วยสารเรืองแสงเมื่อถูกลำอิเลคตรอนตกกระทบ หลอดภาพขาว-ดำจะมีปืนอิเลคตรอนเพียงอันเดียวซึ่งฉาบด้วยสารฟอสเฟอร์ติดต่อกันตลอด



รูป2.10 หลอดภาพ

2.2.1 ชนิดของหลอด

หลอดต่างๆจะมีเบอร์ประจำและมีความหมาย เช่น 25 UP 22 25หมายถึงส่วนกว้างของจอภาพที่วัดทะแยงมุม Uเป็นเครื่องหมายที่จดทะเบียนไว้กับEIA Pคือชนิดของสารฟอสเฟอร์ที่ฉาบบนจอโดยทั่วๆไปเป็นP4 สำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ขาว-ดำและP22สำหรับหลอดภาพสีทุกชนิด

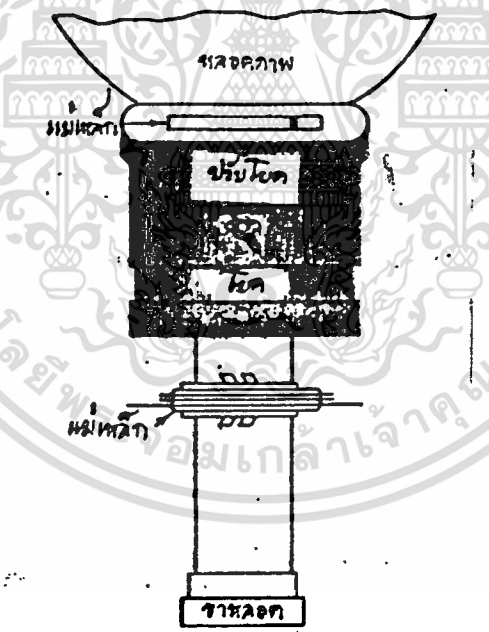
ในกรณีเบอร์ของหลอดภาพจะไม่แสดงถึงไฟจุดไส้หลอด แต่โดยทั่วไปจะเป็น6-30โวลท์ กระแสประมาณ450-600mA สำหรับโทรทัศน์ขาว-ดำ และ800-1800mA สำหรับโทรทัศน์สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแอโนดโวลเตจนั้นโดยปกติประมาณ 18kVสำหรับโทรทัศน์ขาวดำ และ 25kVสำหรับโทรทัศน์สี มุมในการหักเหมีตั้งแต่ 70,90,110และ114 องศา มุมในการหักเหยิ่งมากคอหลอดก็ยิ่งสั้นขึ้น ทำให้ตู้เล็กลงแต่ต้องใช้ไฟสูงมากกว่ามุมแคบ

2.2.2 <u>การหักเหและโฟกัส</u>

การหักเหใช้ได้ทั้งสองอย่างคือแบบสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างแรกนิยมใช้ในออสซิลโลสโคปและอย่างหลังใช้ในโทรทัศน์ สำหรับหลอดภาพโทรทัศน์ใช้การหักเหแบบแม่เหล็กจึงต้องมีขดลวดหักเหรวมอยู่ที่จอภาพ สนามแม่เหล็กซึ่งได้จากกระแสฟันเลื่อยในขดลวดหักเหจะทำให้ลำอิเลคตรอนเคลื่อนที่ไปทางแนวนอนและแนวตั้ง



รูป2.11 โยคที่ติดที่คอหลอดภาพ

จากรูปที่2.11เป็นการปรับขดลวดหักเหซึ่งอยู่ในคอหลอดภาพถ้าสรวมตื้นเกินไป ลำอิเลคตรอนจะไปชนด้านข้างของหลอดภาพทำให้ได้ภาพไม่สมบูรณ์ ในการปรับก็ต้องดูภาพให้พอเหมาะที่จอภาพที่จะเห็นด้านขอบทุกขอบ

ในการโฟกัสนี้ ลำอิเลคตรอนจะต้องโฟกัสที่จอภาพเป็นจุดเล็กที่สุดเท่าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

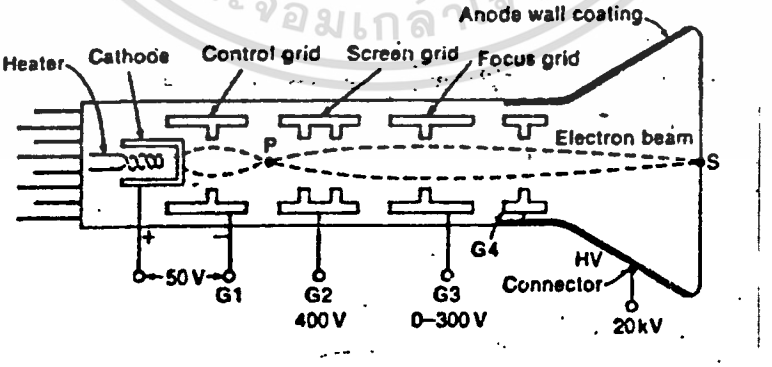
จะทำได้เห็นได้ที่กลางจอ ที่กริด(Grid)ของหลอดภาพจะมีโวลเตจ 0-300โวลท์ สำหรับปรับโฟกัสของหลอดภาพ

2.2.3 ฟอสเฟอร์ฉาบที่จอภาพ

โดยทั่วๆไปสารฟอสเฟอร์สีเขียว P1 จะใช้ฉาบจอของออสซิลโลสโคป และฟอสเฟอร์สีขาว P4 สำหรับฉาบจอภาพโทรทัศน์ขาวดำ และ P22 สำหรับฉาบจอภาพโทรทัศน์สี

สารฟอสเฟอร์นี้จะฉาบที่จอแก้วอย่างบางๆด้วยความหนาที่คงที่ สำหรับหลอดภาพสีอาจจะเป็นจุดๆหรือเส้นแนวตั้งก็ได้ แล้วแต่ชนิดของหลอดภาพ หลังจากที่ถูกชนโดยลำอิเลคตรอนและเรืองแสงแล้ว ความสว่างในการเรืองแสงและระยะเวลาจะต้องพอเหมาะเพื่อไม่ให้ภาพกระพริบ อย่างไรก็ตามการคงอยู่ของความสว่างจะต้องน้อยกว่า 1/30วินาที เพื่อไม่ให้เฟรมต่อไปมาซ้อนกัน โดยปกติประมาณ 0.005วินาที หรือ 5mSEC หลอดภาพในปัจจุบันนี้จะมีการฉาบสารอลูมิเนียมไว้ที่หลังจออีก แต่ลำอิเลคตรอนก็ยังมีแรงพอที่จะทะลุผ่านอลูมิเนียมไปบนจอภาพได้ ประโยชน์ของการฉาบมีมาก เช่น ช่วยสะท้อนแสงสว่างให้ไปด้านหน้าจอและไอออน(Ion)ลบซึ่งหนักกว่าไม่สามารถผ่านอลูมิเนียมไปกระทบที่จอได้ เนื่องจากความเร็วไม่พอ ดังนั้นจอภาพที่ฉาบอลูมิเนียมจึงไม่จำเป็นต้องมีกับดักแม่เหล็ก

2.2.4 ลำอิเลคตรอน

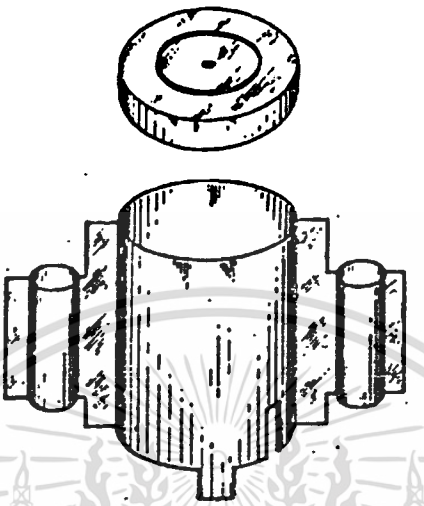


รูป2.12 ส่วนต่างๆของปืนอิเลคตรอน

จากรูป2.12 เป็นปืนอิเลคตรอนซึ่งประกอบด้วย ไส้หลอดแคโทด ,กริดควบคุม G1,กริดเร่ง G2 และกริดโฟกัส G3 โครงสร้างของกริดแต่ละตัวจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

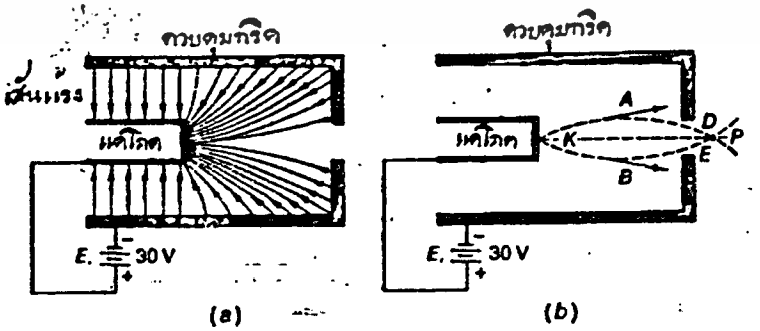
รูปทรงกระบอกที่มีรูตรงกลางตามรูป2.13 เป็นกริดที่มีรูตรงกลาง0.04นิ้ว



รูป2.13 กริดควบคุมรูปทรงกระบอก

G1จะเป็นลบเมื่อเทียบกับแคโทดเพื่อควบคุมอิเลคตรอนที่ออกจากแคโทด G2 มีศักดาเป็นบวกเพื่อเร่งความเร็วของอิเลคตรอนไปยังจอภาพ อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่จากแคโทดไปยังจอภาพผ่านมาแอโนด และกลับไปยังแคโทดโดยผ่านไฟสูง

2.2.5 <u>การโฟกัส</u>



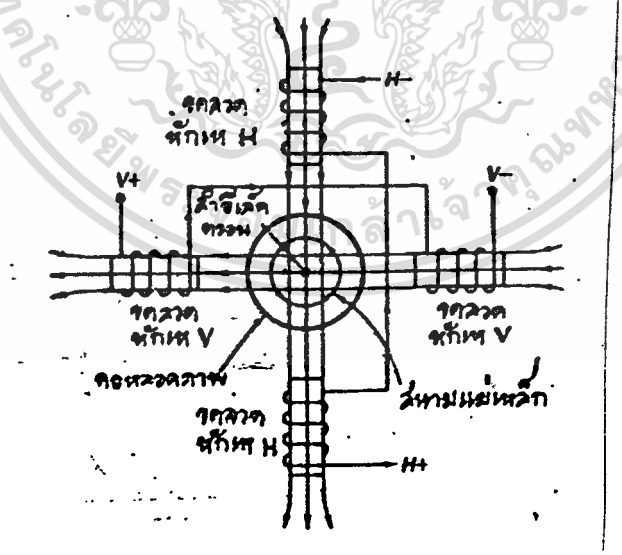
รูป2.14 การโฟกัสแบบสนามไฟฟ้าสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเลคตรอนที่ออกจากแคโทดจะกระจายออกเนื่องจากต่างผลักซึ่งกันและกัน แต่ก็สามารถที่จะบังคับให้อิเลคตรอนมารวมกันได้โดยใช้สนามแม่เหล็ก วิธีการนี้เหมือนกับการรวมหรือกระจายแสงโดยเลนซ์(Lense) ครั้งแรกระหว่างแคโทดและกริดบังคับจะเป็นสนามไฟฟ้าซึ่งเกิดจากความแตกต่างระหว่างโวลท์ โวลเตจนี้จะโฟกัสลำอิเลคตรอนให้เป็นจุด และเรียกจุดนี้ว่าจุดครอสโอเวอร์(Crossover) ครั้งที่สองอาจจะเป็นทั้งสนามแม่เหล็ก หรือสนามไฟฟ้าสถิตย์ที่จะโฟกัสลำอิเลคตรอนก่อนการหักเหจากเลนซ์หักเหอิเลคตรอนทั้งสองนี้ จะทำให้ลำอิเลคตรอนไปโฟกัสที่กลางจอพอดี

รูป2.14 แสดงถึงจุดครอสโอเวอร์ระหว่างแคโทดและกริด รูป(a)จะเห็นว่าเส้นแรงจะพยายามผลักอิเลคตรอนซึ่งเป็นลบอยู่ให้กลับไปที่แคโทดเพราะกริดเป็นลบ ดังนั้นอิเลคตรอนจะถูกผลักออกจากแคโทดที่กริดไม่มีเส้นแรงคือรูตรงกลางซึ่งมีศักดา G2 และแอโนดคอยดึงอยู่ และจะไปโฟกัสที่จุด P ตามรูป (b) จะเห็นว่าอิเลคตรอนจะออกไปในทิศทาง KA ซึ่งส่วนโค้งของอิเลคตรอนจะเป็น KDP และ KEP จุด P เป็นจุดครอสโอเวอร์ซึ่งเกิดจากเลนซ์หักเหอิเลคตรอนครั้งแรก

2.2.6 <u>การหักเหแบบแม่เหล็ก</u>



รูป2.15 การหักเหแบบแม่เหล็ก

จากรูป2.15 แสดงถึงขดลวดหักเหสองคู่ซึ่งสรวมอยู่ในคอหลอดภายนอก ขดลวดคู่แรกซึ่งอยู่ในแนวตั้งคือขดลวดหักเหแนวนอน ส่วนขดลวดคู่ที่สองที่อยู่ในแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่ว่าจะดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอนคือขดลวดหักเหแนวตั้ง การที่ให้ตั้งฉากซึ่งกันและกันนี้เนื่องจากกระแสในแต่ละขดลวดจะกลายเป็นสนามแม่เหล็กที่หักเหลำอิเลคตรอนเป็นมุมฉากระหว่างลำอิเลคตรอนและสนามหักเห ขดลวดหักเหแนวนอนจะมีค่า Lประมาณ 13mh ด้วยกระแส 1,000mA ในขณะที่ขดลวดหักเหแนวตั้งจะมีค่า Lประมาณ 40mh ด้วยกระแส 30mA

2.3 ออสซิลโลสโคป

เราใช้ออสซิลโลสโคปในการวัดดูรูปคลื่นของสัญญาณ อาทิเช่น ลักษณะของรูปคลื่น วัดคาบเวลา วัดขนาดของรูปคลื่นตามส่วนต่างๆในรายละเอียดได้

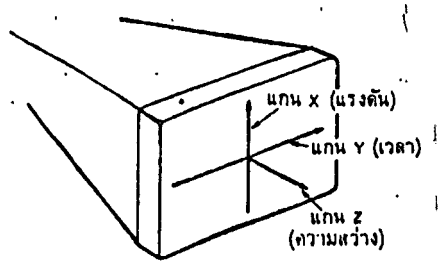
ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือวัดที่มีประวัติความเป็นมาตั้งแต่ปีพศ.2440 เมื่อ คาร์ล เฟอร์ดินานด์ บราวน์(Karl Ferdinand Braun) นักประดิษฐ์ชาวเยอรมันได้สร้างจอภาพหรือที่เรียกกันว่า หลอดบราวน์(Braun Tube)ได้สำเร็จโดยการฉาบสารเรืองแสงที่จอภาพ แล้วใช้ปืนยิงอิเลคตรอนไปกระทบบนจอภาพ จะเห็นเป็นจุดสว่าง หลักการของจอภาพนี้ ในปัจจุบันมักเรียกว่า หลอดรังสีแคโทด หรือ CRT จอภาพนี้นอกจากจะนำมาใช้ทำเครื่องรับโทรทัศน์แล้ว ได้มีบริษัทในประเทศสหรัฐอเมริกานำมาใช้ทำออสซิลโลสโคป สำหรับใช้ในการดูรูปคลื่นไฟฟ้าได้สำเร็จในปี พศ.2473

ออสซิลโลสโคปเครื่องแรกก็มีการทำงานไม่แตกต่างจากออสซิลโลสโคปที่เราใช้ในปัจจุบันคือ การแสดงภาพรูปคลื่นบนจอภาพนั้น ทางแกนตั้งเป็นขนาดแรงดันของรูปคลื่น ส่วนทางแกนนอนจะเป็นเวลา ออสซิลโลสโคปในระยะหลังนี้จะมีการปรับปรุงทางด้านวงจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ใช้ชิ้นส่วนและองค์ประกอบของวงจรที่มีขนาดเล็กลง เช่น ทรานซิสเตอร์(Transistor) ไอซี(Integrate-Circuit) ทำให้ออสซิลโลสโคปมีความสามารถสูงขึ้น ใช้งานได้ทนทานขึ้นและราคาถูกลง

2.3.1 หลักการทำงานพื้นฐานของออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปสามารถแสดงภาพรูปคลื่นต่างๆได้โดย การผสมผสานระหว่างสามองค์ประกอบสำคัญ ดังรูปที่ 2.16 ได้แก่ เวลา(แกนx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป2.16 การกำหนดแกนต่างๆให้แก่หลอดภาพ

แรงดัน(แกนy) และความสว่าง(แกนz) ส่วนรูป 2.17 แสดงให้เห็นถึงรูปคลื่นซายน์(Sine) ซึ่งเป็นผลจากการทำงานขององค์ประกอบทั้งสามดังกล่าว เราจะเริ่มพิจารณาจากเพลต(Plate)เบี่ยงเบนแนวราบ ซึ่งมีแรงดันที่เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นป้อนอยู่ แรงดันที่ป้อนแก่เพลตเบี่ยงเบนแนวราบในลักษณะนี้ จะเบี่ยงเบนให้ลำอิเลคตรอนเคลื่อนจากซ้ายไปขวา ซึ่งเรามักเรียกว่า การกวาดภาพ

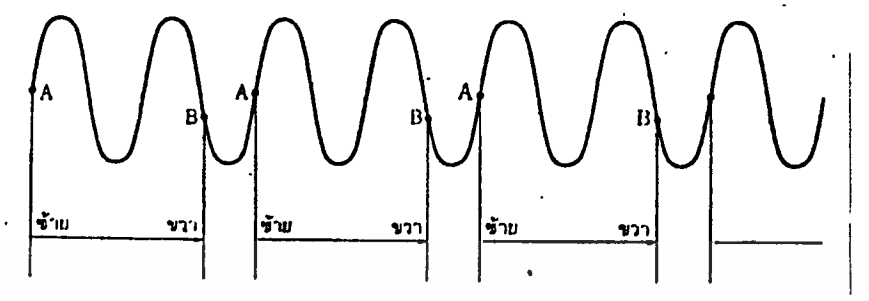
รูป2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดันในกรณีรูปคลื่นซายน์

แต่เนื่องจากจอภาพที่ใช้มีขนาดที่จำกัดแน่นอน เราไม่สามารถปล่อยให้มีการกวาดภาพจากซ้ายไปขวาโดยไม่มีกำหนดเวลา ดังนั้นจึงมักมีการออกแบบให้การกวาดภาพจากซ้ายไปขวาสิ้นสุดลงที่จุดจุดหนึ่ง ดังรูป 2.18แล้วให้มีการเริ่มต้นกวาดภาพจากซ้ายไปขวาใหม่ซ้ำกันเช่นนี้เรื่อยๆ เมื่อใช้วิธีเช่นนี้เราจึงสามารถแสดงภาพรูปคลื่นสัญญาณซ้ำบนจอภาพได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก

อย่างไรก็ตามวิธีการเช่นนี้ก็ยังมีปัญหา กล่าวคือในขณะที่การกวาดภาพย้อนกลับมายังจุดทางซ้ายมือนั้น เป็นการกวาดภาพจากขวาไปซ้าย ทำให้มีเส้นจาก BไปA ทับซ้อนบนช่วง AไปBในรูปที่2.18 ปรากฏการณ์เช่นนี้ได้แสดงให้เห็นชัดเจนขึ้นในรูปที่ 2.19 ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องทำให้การกวาดภาพจาก BไปAไม่ปรากฏให้เห็นบนจอภาพทั้งนี้โดยการปิดกั้นลำอิเลคตรอนไม่ให้เคลื่อนไปยังจอภาพในจังหวะ

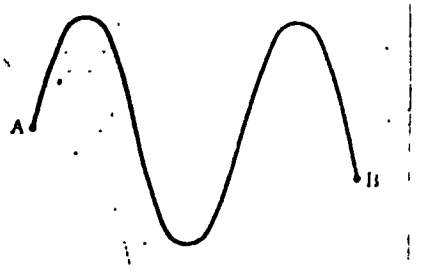
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่การกวาดภาพมาถึงตำแหน่งทางขวามือ กล่าวคือทำให้ความสว่างของจอภาพเป็นศูนย์ในช่วง BไปA ถ้าหากทำได้เช่นนี้รูปคลื่นที่ได้ก็จะเป็นดังรูปที่ 2.20



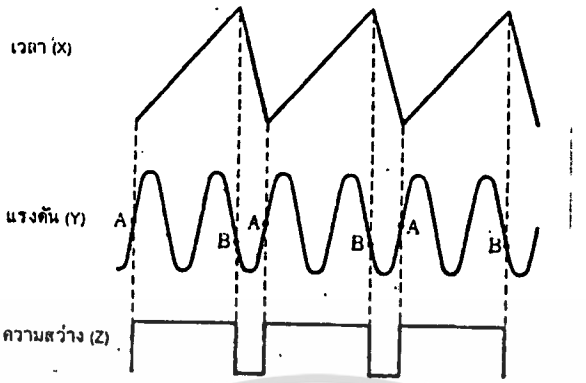
รูปที่2.18 การกำหนดช่วงของการกวาดภาพ เพื่อสามารถแสดงรูปคลื่นบนจอภาพที่มีขนาดจำกัดแน่นอน

รูป2.19 แสดงการทับซ้อนของการกวาดภาพจาก AไปB และเส้นย้อนกลับจาก BไปA



รูป2.20 รูปคลื่นเช่นเดียวกับรูปที่2.19 เพียงแต่กำจัดเส้นย้อนกลับให้หายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป2.21 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งสามคือ เวลา แรงดัน และความสว่าง โดยเขียนบนแกนเวลา

รูปที่2.21 เป็นการแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาขององค์ประกอบทั้งสามกล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงแรงดันรูปคลื่น(X)ดังแสดงในรูปมักเรียกกันว่า คลื่นฟันเลื่อย รูปคลื่นนี้จะป้อนให้กับแผ่นควบคุมในแนวราบของหลอดรังสีแคโทด ส่วนแผ่นควบคุมในแนวตั้งนั้นจะมีแรงดันรูปคลื่น(Y)ป้อนอยู่ และที่กริดควบคุมซึ่งทำหน้าที่ควบคุมความสว่างก็จะมีแรงดันรูปคลื่น(Z)ป้อนให้

เนื่องจากการกวาดภาพจะเกิดขึ้นซ้ำกันภายในช่วง AไปB ซึ่งมีค่าคงที่แน่นอน ดังนั้นหากการกวาดภาพไม่ได้เริ่มต้นตรงจุดที่แรงดันมีค่าคงที่เท่ากัน รูปที่ปรากฏบนจอก็จะเป็นรูปคลื่นที่ทับซ้อนกัน โดยแต่ละรูปคลื่นที่จะมีค่าแรงดันที่จุดเริ่มต้นแตกต่างกัน แต่ถ้าหากสามารถปรับจังหวะการกวาดภาพให้เริ่มที่ค่าแรงดันคงที่ค่าหนึ่งแล้ว รูปคลื่นที่ได้จะซ้อนทับจนเห็นเป็นรูปคลื่นเดียวกัน การทำให้การกวาดภาพเริ่มต้นที่ค่าแรงดันที่ค่าหนึ่งและยังผลให้รูปคลื่นที่ได้ซ้อนทับกับรูปคลื่นเก่า เช่นนี้เรียกว่า การประสานจังหวะ(Synchronize)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้างวงจร

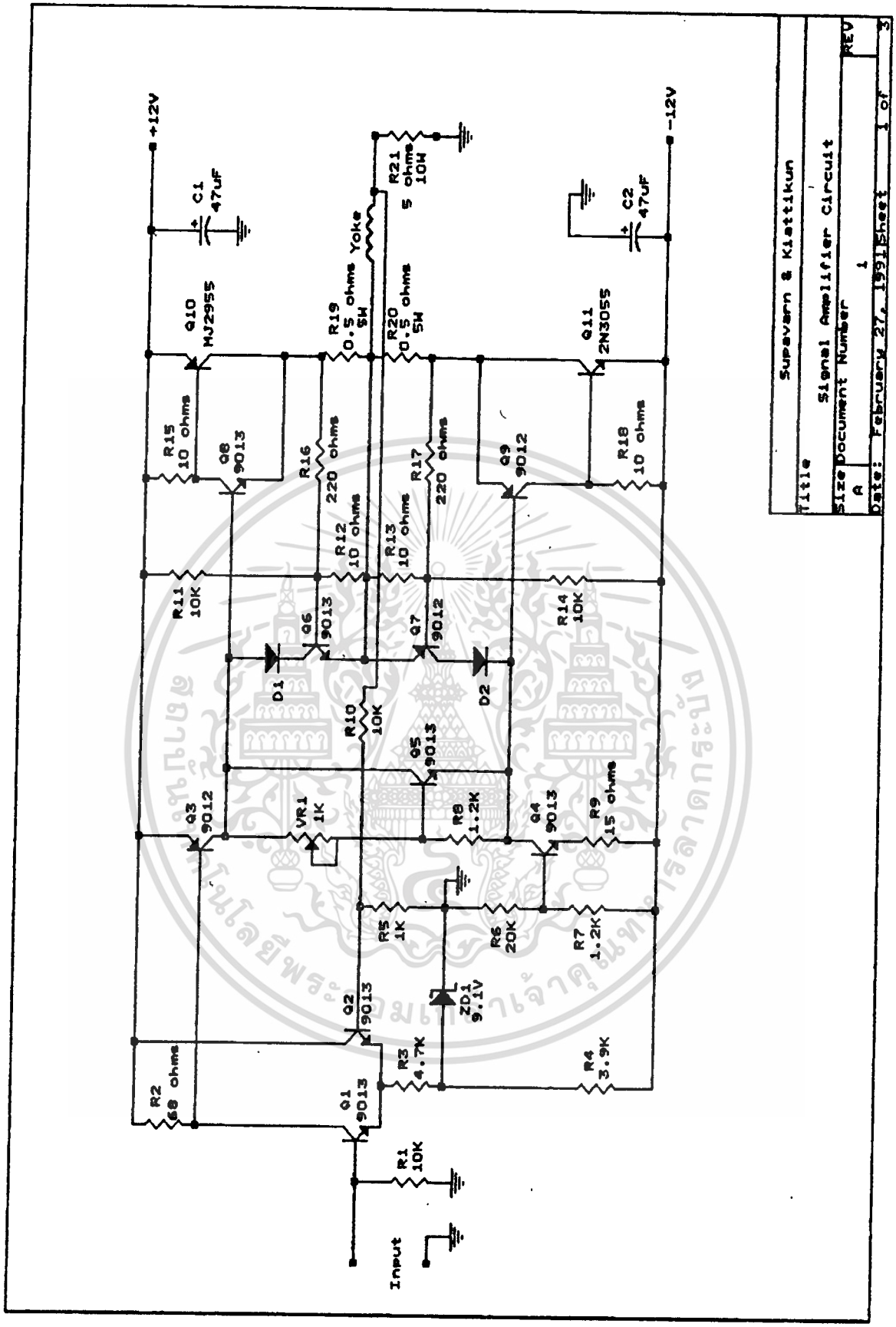
โครงงานเครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำนี้ประกอบด้วย วงจรหลัก 4ส่วน คือ ส่วนการทริกและการสร้างสัญญาณฟันเลื่อย ส่วนการบันทึกสัญญาณ ส่วนการขยายสัญญาณ และส่วนการแสดงภาพสัญญาณ ซึ่งในแต่ละส่วนจะมีรายละเอียดของการทำงานในวงจรแตกต่างกันไป

3.1 วงจรขยายสัญญาณ (Signal Amplifier Circuit)

ดังแสดงภาพวงจรในหน้าที่ 20

สัญญาณที่ป้อนเข้าจะผ่านดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์(Differential Amp) ที่ประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบ ส่วนของ R3,R4และZD1ทำหน้าที่จ่ายกระแสตลอดเวลา ส่วนของ R6,R7,Q4 และR9 จะจ่ายกระแสคงที่ค่าหนึ่ง ส่วนทรานซิสเตอร์Q3เสมือนแหล่งจ่ายกระแสแบบมิลเลอร์(Miller Current Source) ส่วน VR1และR8ทำหน้าที่เสมือนซีเนอร์ไดโอด(Zener Diode)คอยควบคุมศักดาเพื่อไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์Q8 หรือQ9 แล้วแต่ว่าอยู่ทางซีกไหน จากนั้น Q10หรือQ11 ก็จะขยายสัญญาณให้มีกระแสไหลสูงขึ้น ส่วนของ R19,D1,Q6 และ R20,D2,Q7 เป็นส่วนของการป้องกันวงจรแบบโฟลทแบค(Float Back Protection) เมื่อศักดาตกคร่อม R19 หรือ R20เข้าสู่ศูนย์แล้ว ทรานซิสเตอร์ Q6 หรือ Q7จะนำกระแส เพื่อไม่ให้มีกระแสไหลมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรการทริกและสร้างสัญญาณฟันเลื่อย(Trigger & Sawtooth Circuit)

ดังแสดงแผนภาพการทำงานในหน้าที่ 22 และรูปวงจรในหน้าที่ 23

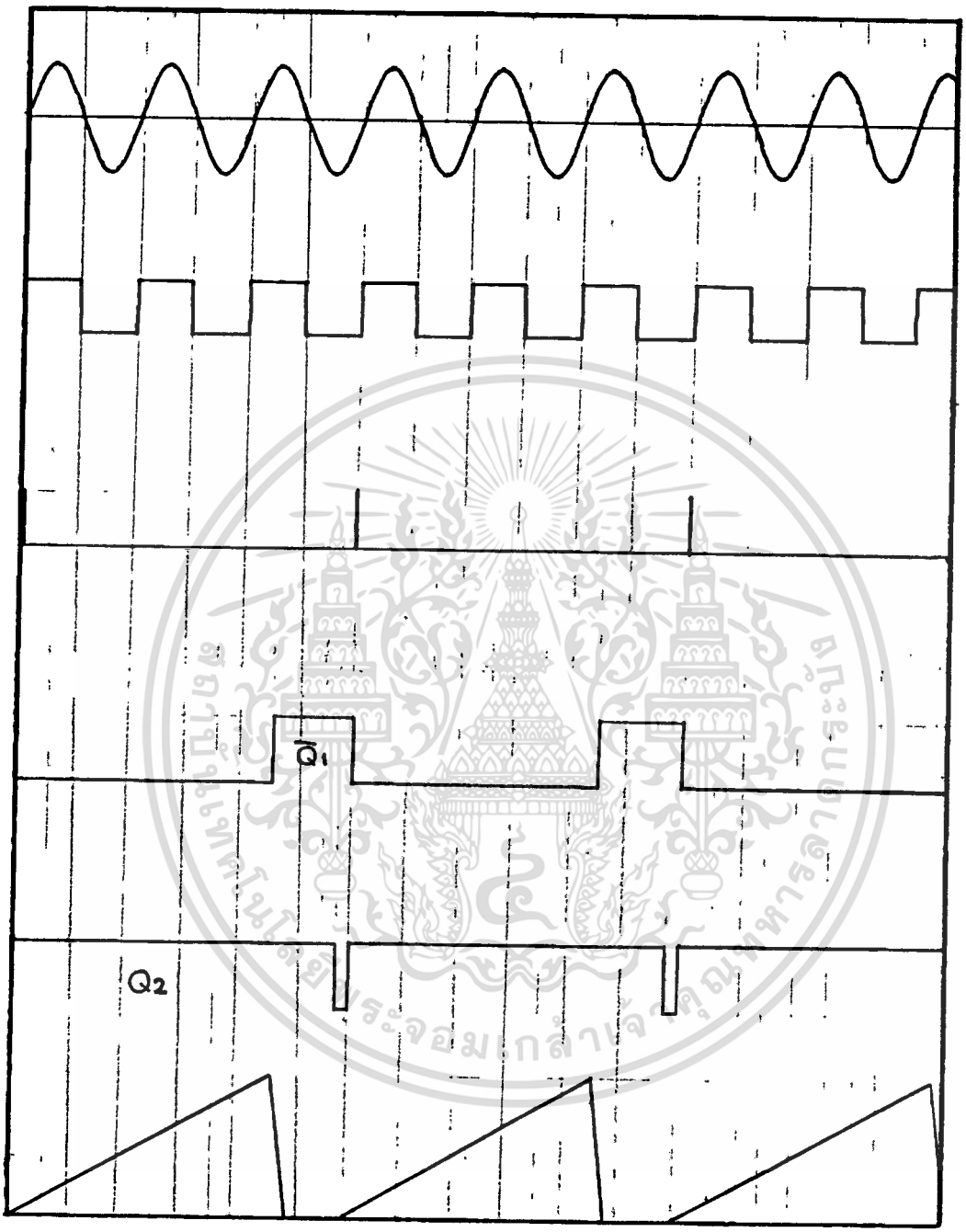
เมื่อมีสัญญาณแบบต่อเนื่องผ่านออปแอมป์เพื่อขยายสัญญาณแล้ว จะผ่านตัวเปรียบเทียบได้สัญญาณพัลซ์(Pulse)เพื่อป้อนเข้าโมโนสเตเบิล(Mono Stable) 4528 ตัวที่ 1 ออกมาเป็นพัลซ์ลูกเล็กๆ ผ่านดีฟลิบฟลอบ(D-Flip Flop) 4013 ตัวที่ 2 เป็นสัญญาณ Q1 ซึ่งเท่ากับ 0 ไปทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส ชุดแหล่งจ่ายกระแสแบบวิลสัน (Wilson Current Source) ก็จะทำการชาร์จ (Charge)ตัวเก็บประจุ ด้วยกระแสคงที่ค่าต่างๆที่คำนวณไว้ โดยเลือกค่าความต้านทานผ่านสวิทช์เลือก(Selector)

การสิ้นสุดของขาขึ้นของสัญญาณฟันเลื่อย ถูกกำหนดด้วยการเปรียบเทียบค่าศักดา เพื่อให้ได้ขนาดสัญญาณฟันเลื่อยที่ต้องการ จากนั้นจึงส่งพัลซ์มากลับค่า (Reset)ให้ Q1 เป็น 1 ให้ทำการดิสชาร์จ(Discharge) โดยมีตัวเปรียบเทียบว่าสัญญาณฟันเลื่อยตกลงถึง 0 หรือยัง แล้วจึงสร้างสัญญาณลูกต่อไป

การสร้างสัญญาณฟันเลื่อยลูกต่อไปจะเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณ Q2 ของดีฟลิบ-ฟลอบตัวที่ 1 เป็น 0 นั่นคือทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส แล้วขา CD ของโมโนสเตเบิล จึงรับพัลซ์เข้า

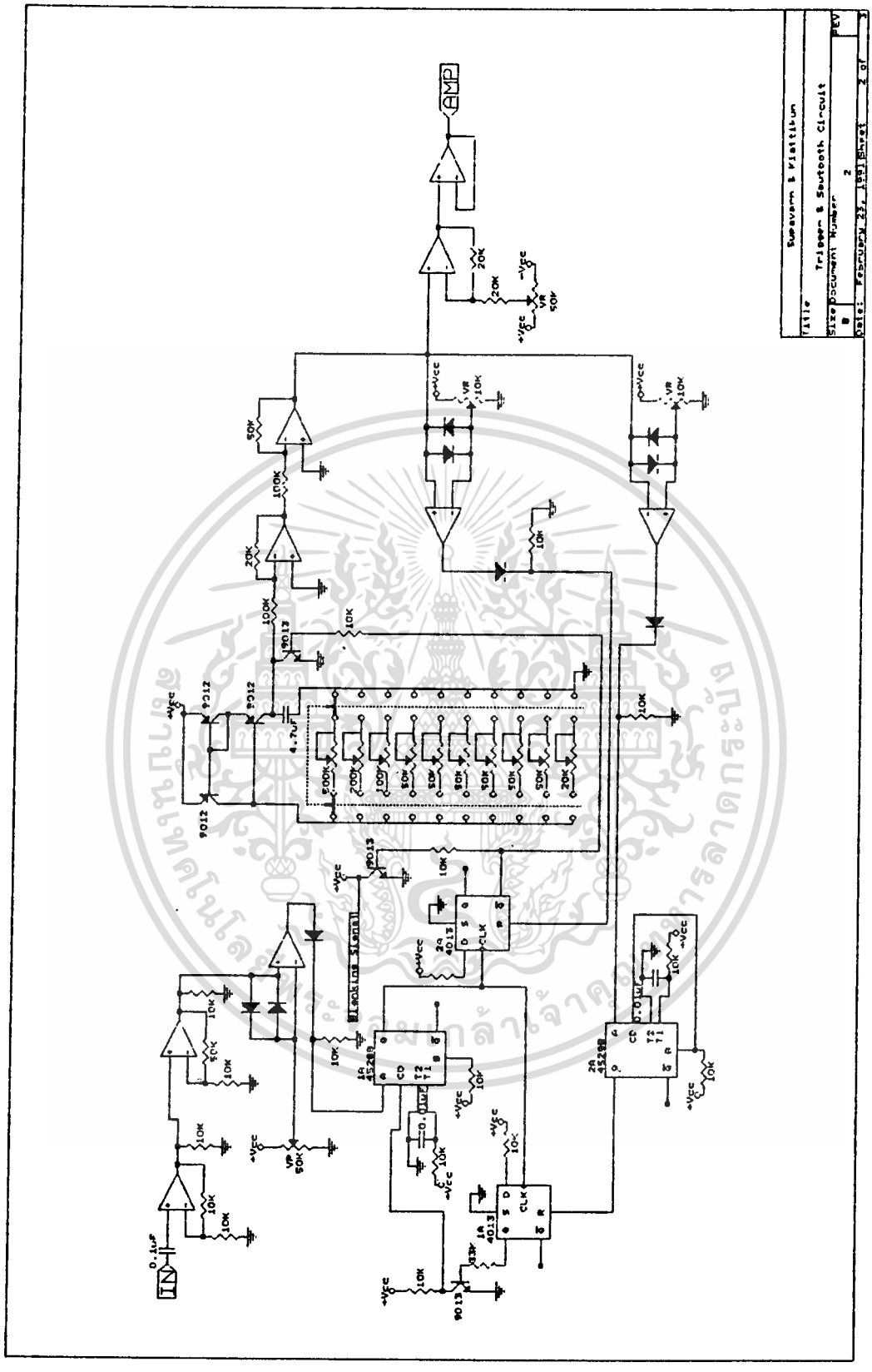
หาก Q2 ที่ถูกควบคุมโดยโมโนสเตเบิลที่ได้ตัวเปรียบเทียบศักดาเป็น 1 ทรานซิสเตอร์จะนำกระแส ทำให้ขา CD เป็น 0 ดังนั้นโมโนสเตเบิลยังคงไม่รับพัลซ์ ซึ่งเป็นการยืดสัญญาณฟันเลื่อยลูกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภาพการทริกและสร้างสัญญาณฟันเลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรทริกและสร้างสัญญาณฟันเลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 <u>วงจรการลดทอนสัญญาณและส่วนการเก็บข้อมูล</u> (Attending & Memory)

ดังแสดงรูปวงจรในหน้าที่ 26

เมื่อสัญญาณเข้ามาจะผ่านสวิทช์เลือก ซึ่งแบ่งเป็น ไฟกระแสตรง(DC) ไฟกระแสสลับ(AC) และกราวน์(GND) แล้วสัญญาณนี้จะถูกลดทอนด้วยค่าความต้านทานต่างๆ ซึ่งมีการลดทอนเลือกได้ 12 ระดับ คือ 1:1,2:1,4:1,10:1 20:1,40:1,100:1,200:1,400:1,1000:1,2000:1 และ 4000:1

จากนั้นสัญญาณที่ถูกลดทอนแล้วจะแบ่งเป็น 2 ทางโดยมีสวิทช์เลือกว่าจะขับขึ้นจอภาพทันทีหรือทำการเก็บข้อมูลไว้ด้วย เส้นทางสัญญาณทางแรกจะผ่านออปแอมป์ เพื่อเข้าไปยังวงจรขยายสัญญาณอีกส่วนหนึ่งต่อไป โดยสัญญาณที่ผ่านทางด้านนี้จะแสดงออกบนจอภาพในเวลาเดียวกัน ตรงที่ออปแอมป์ได้ทำการใช้วอลลุ่ม(Volume) เพื่อให้การแสดงออกทางจอภาพมีการปรับภาพสัญญาณขึ้นลงได้เสมือนกับการปรับแนวแกน Y (Y-Position)ของออสซิลโลสโคป

ส่วนอีกหนึ่งสัญญาณจะไปยัง เอทูดี(ADC 0809) เพื่อจะแปลงข้อมูลแบบต่อเนื่องไปเก็บในหน่วยความจำขนาด 8 กิโลไบต์(RAM 6264) แล้วจึงแปลงข้อมูลกลับมาเป็นแบบต่อเนื่องด้วย ดีทูเอ(DAC 0800) เพื่อขับโดยวงจรขยายสัญญาณอีกทีหนึ่ง

เราใช้ไอซีมัลติเพลกซ์(Multiplex) เบอร์ 74LS157 เป็นตัวกำหนดการเขียนและอ่านข้อมูลของหน่วยความจำ และมีชุดออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่ต่างๆ โดยใช้คริสตัล(Crystal) 10MHzกำเนิดสัญญาณ แล้วจึงผ่านไอซีตัวหาร เบอร์ 74LS390 ทำการหาร 2 และหาร 10 จะได้ความถี่ดังนี้คือ 5MHz,1MHz,500KHz 100KHz,50KHz,10KHz,5KHz,1KHz,500Hz,100Hz,50Hz และ 10Hz

การทำงานของไอซี 157 เมื่อมีการเลือกด้วยสัญญาณ $\overline{A}$/B เป็นดังนี้

การเลือกเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ

A คือ 0

1Y คือสัญญาณนาฬิกา(Clock)จากชุดออสซิลเลเตอร์ที่เลือกให้

2Y คือสัญญาณนาฬิกาจากEOC(End Of Clock)ของเอทูดี

3Y คือ 0

4Y คือ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำ

B คือ 1

1Y คือ 0

2Y คือสัญญาณนาฬิกาจากชุดออสซิลเลเตอร์ที่เลือกให้

3Y คือ 1

4Y คือ 0

โดยที่ 1Y เป็นขาที่จ่ายสัญญาณให้ขา CLK ของ ADC 0809

2Y เป็นขาที่จ่ายสัญญาณให้ขา CLK ของชุดวงจรนับ(Counter)

3Y เป็นขาที่จ่ายสัญญาณให้ขา $\overline{WE}$(Write Enable)ของหน่วยความจำ

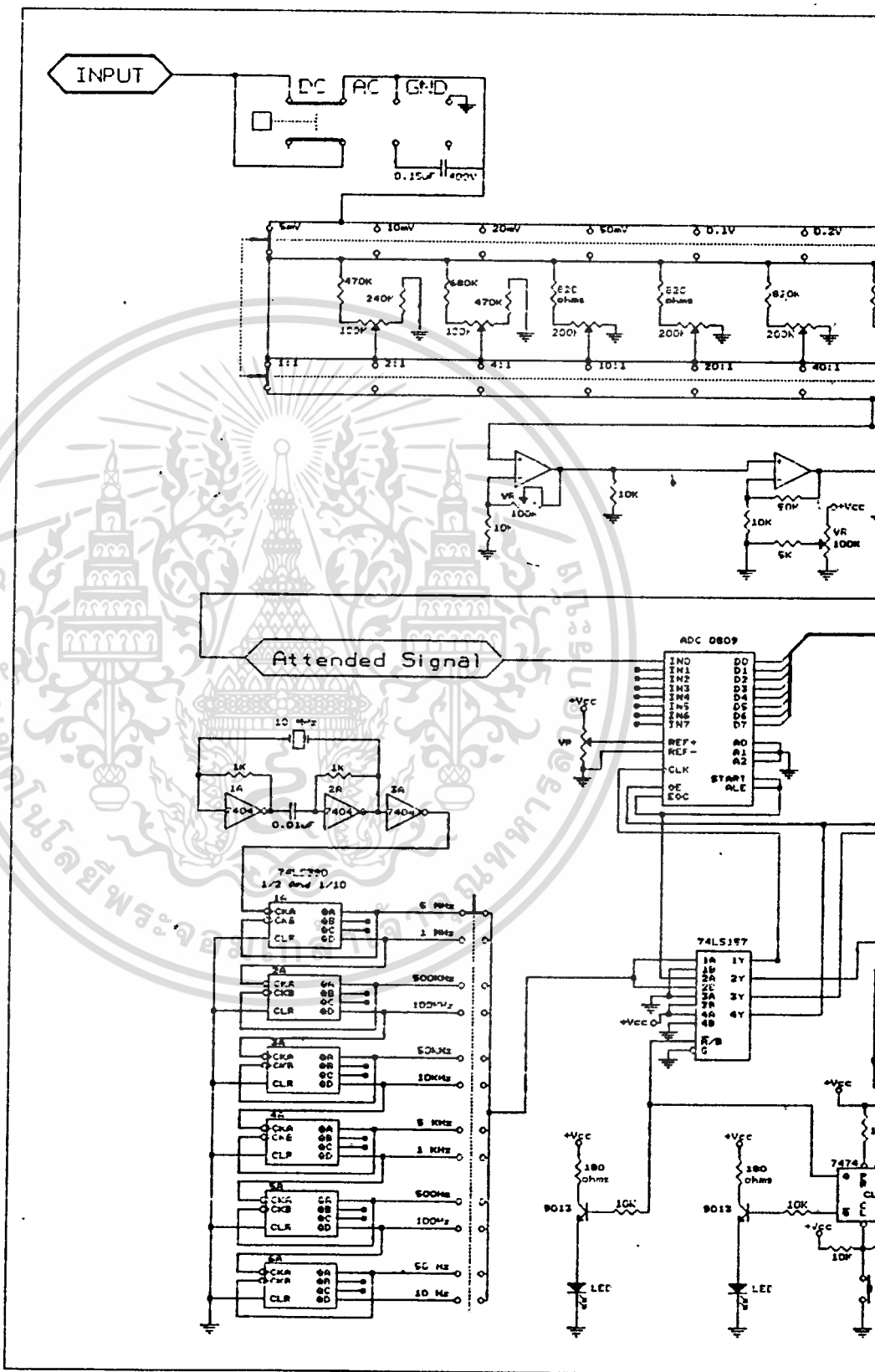
4Y เป็นขาที่จ่ายสัญญาณให้ขา$\overline{OE}$(Output Enable)ของหน่วยความจำ และขา OE ของ ADC 0809

ในส่วนของวงจรนับ เราใช้ไอซี 74LS393 ซึ่งเป็นแบบคู่(Dual)มาต่ออนุกรมกัน แล้วใช้เพียง 13 บิตป้อนข้อมูลเข้าหน่วยความจำ จากนั้นก็ผ่าน DAC 0800 เพื่อไปยังวงจรขยายสัญญาณต่อไป

3.4 <u>ส่วนแสดงภาพสัญญาณ</u>

เราเพียงนำหลอดภาพและส่วนสร้างไฟสูงของโทรทัศน์มาใช้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

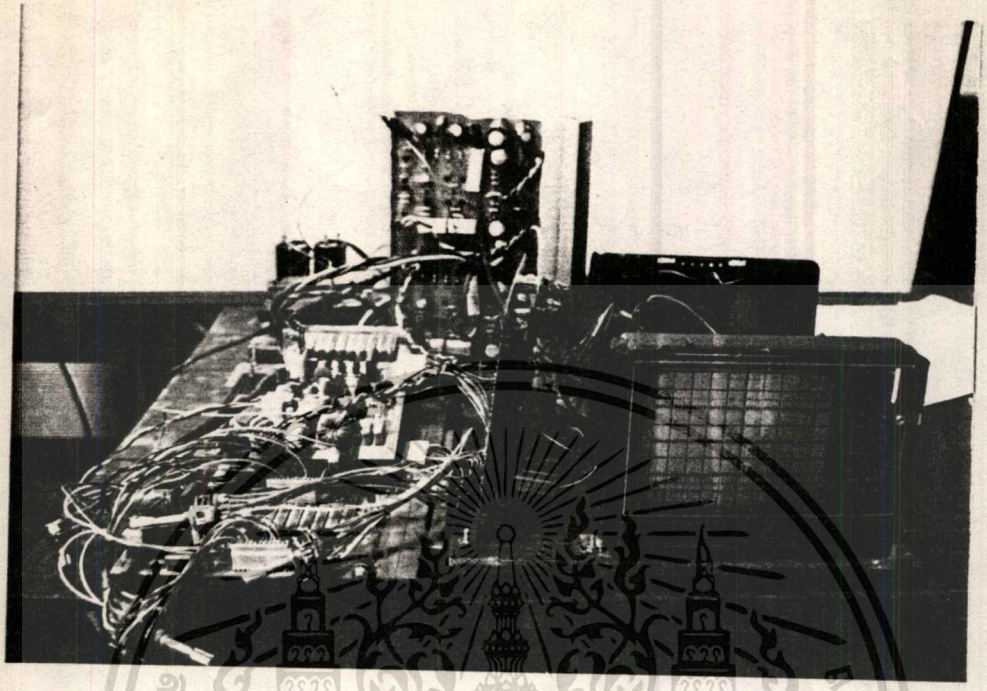


วงจรลดทอนสัญญาณและส่วนเก็บข้อมูล

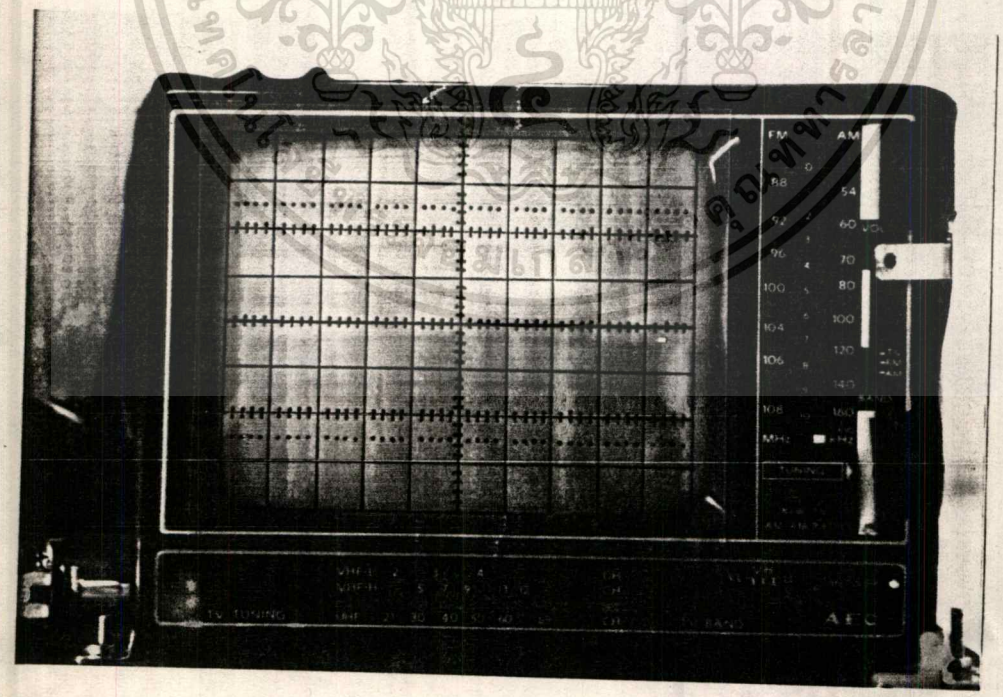
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

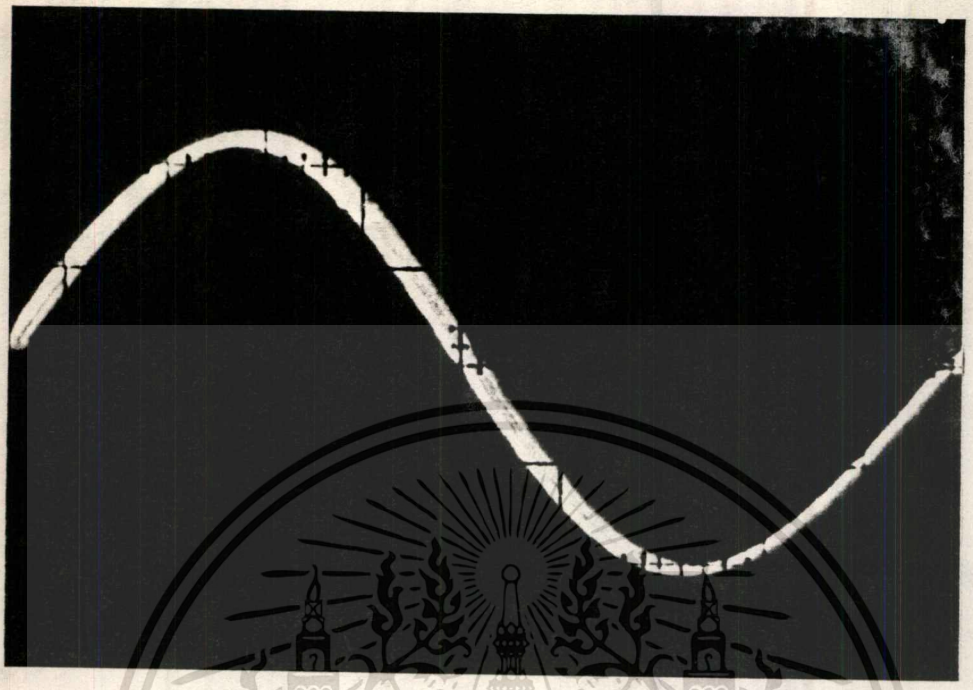


รูป 4.1 ระบบรวมของเครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำ

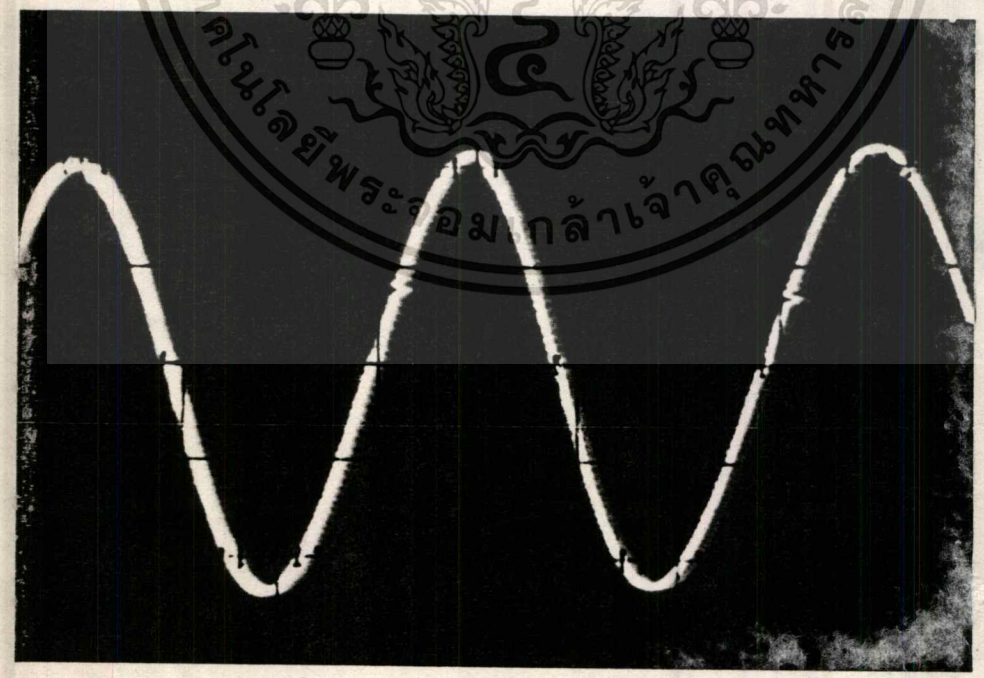


รูป 4.2 ส่วนแสดงสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

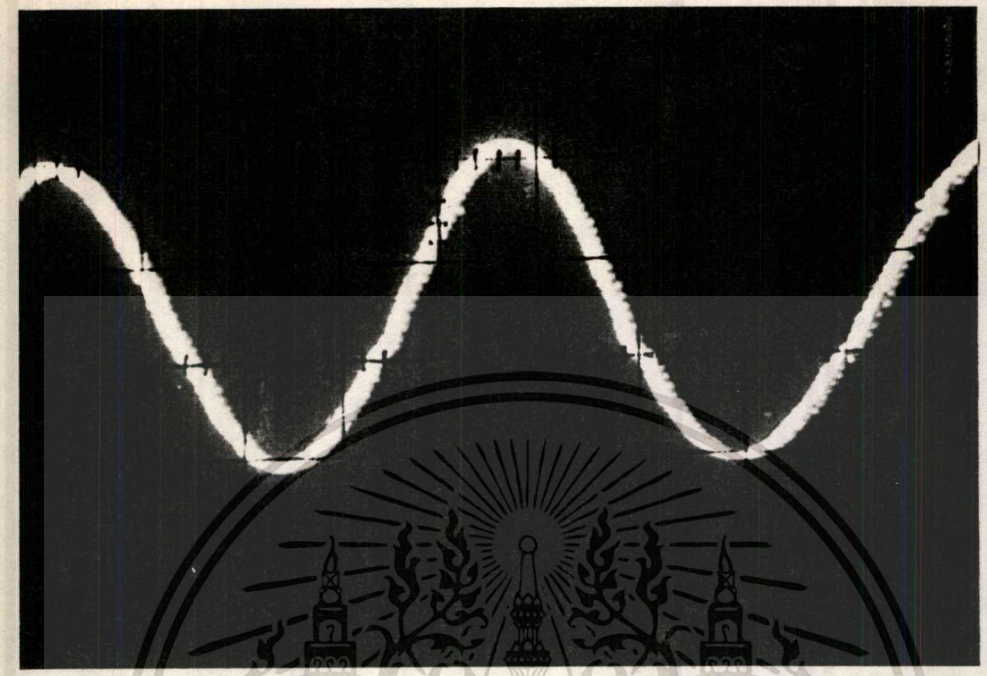


รูป 4.3 สัญญาณที่ความถี่ 500 Hz ขนาด 0.2 ms/div

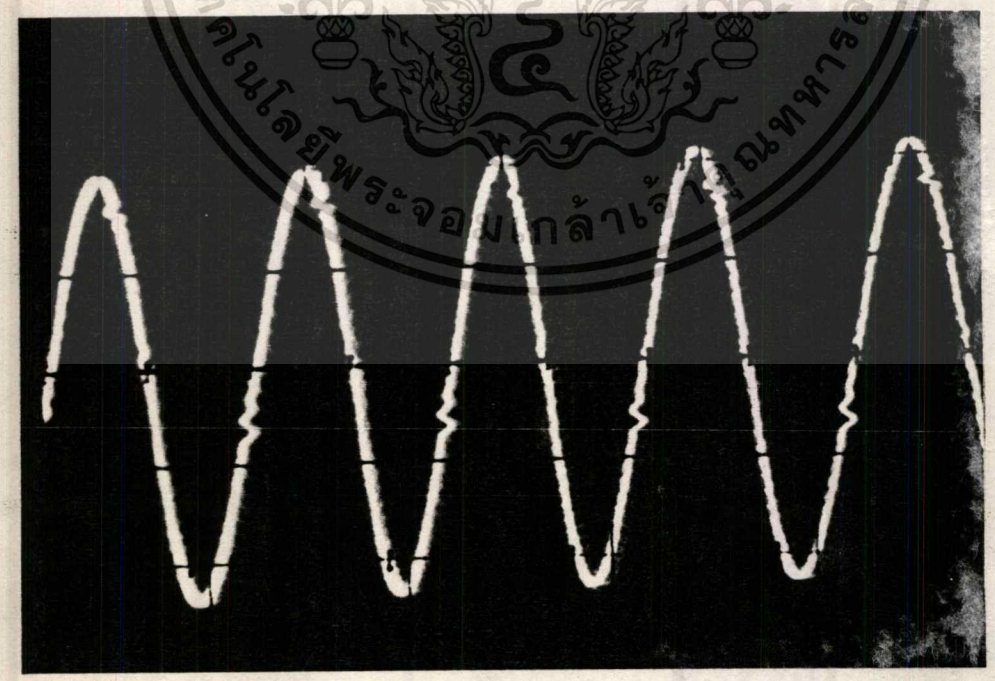


รูป 4.4 สัญญาณที่ความถี่ 500 Hz ขนาด 0.5 ms/div

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

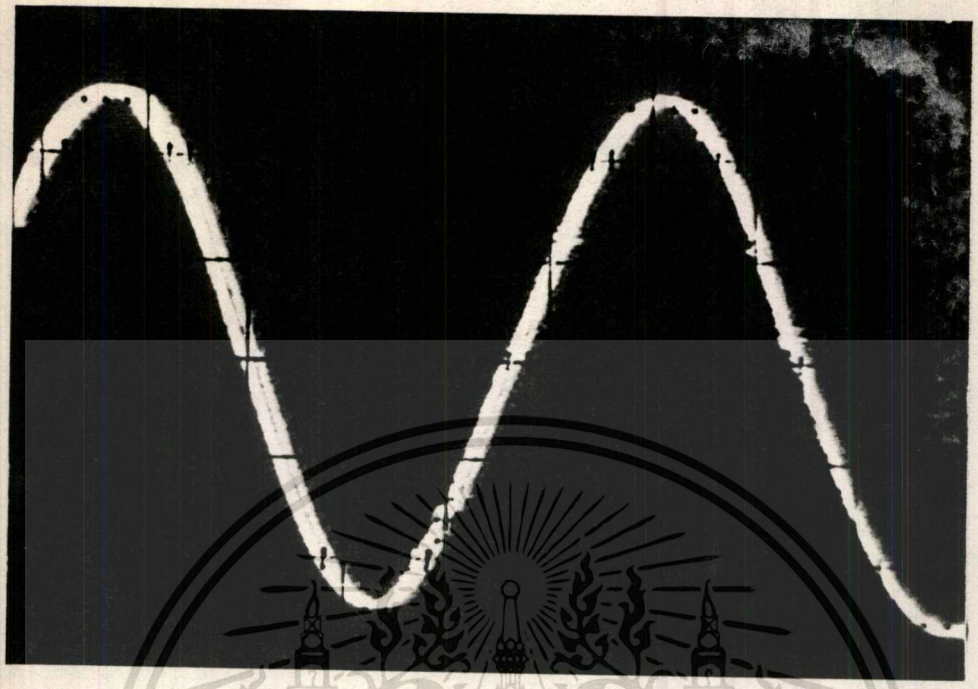


รูป 4.5 สัญญาณที่ความถี่ 1 KHz ขนาด 0.2 ms/div

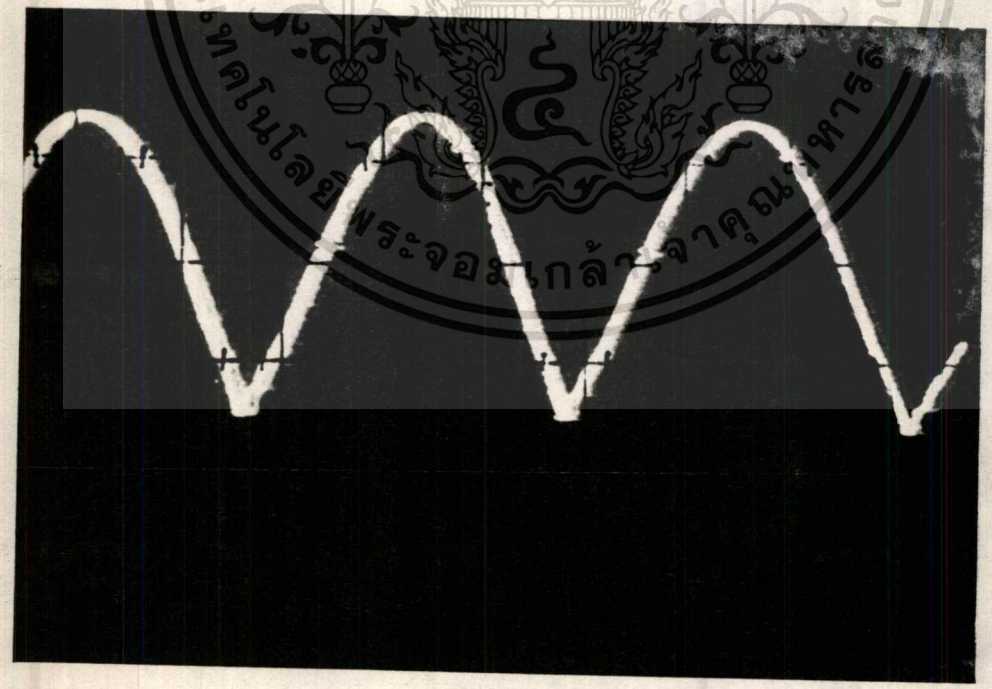


รูป 4.6 สัญญาณที่ความถี่ 1 KHz ขนาด 0.5 ms/div

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

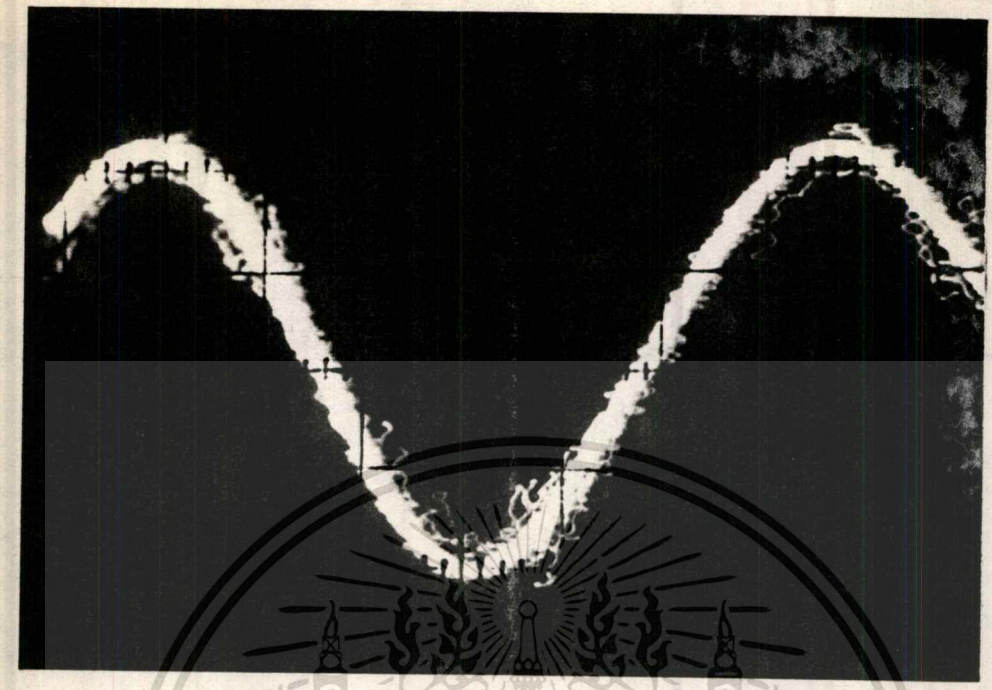


รูป 4.7 สัญญาณจากส่วนเก็บข้อมูลที่ ๐.1 Hz ขนาด ๐.5 ms/div
ด้วยสัญญาณนาฬิกาให้เอทูดี 1๐KHz แล้วขับที่ 5๐๐KHz

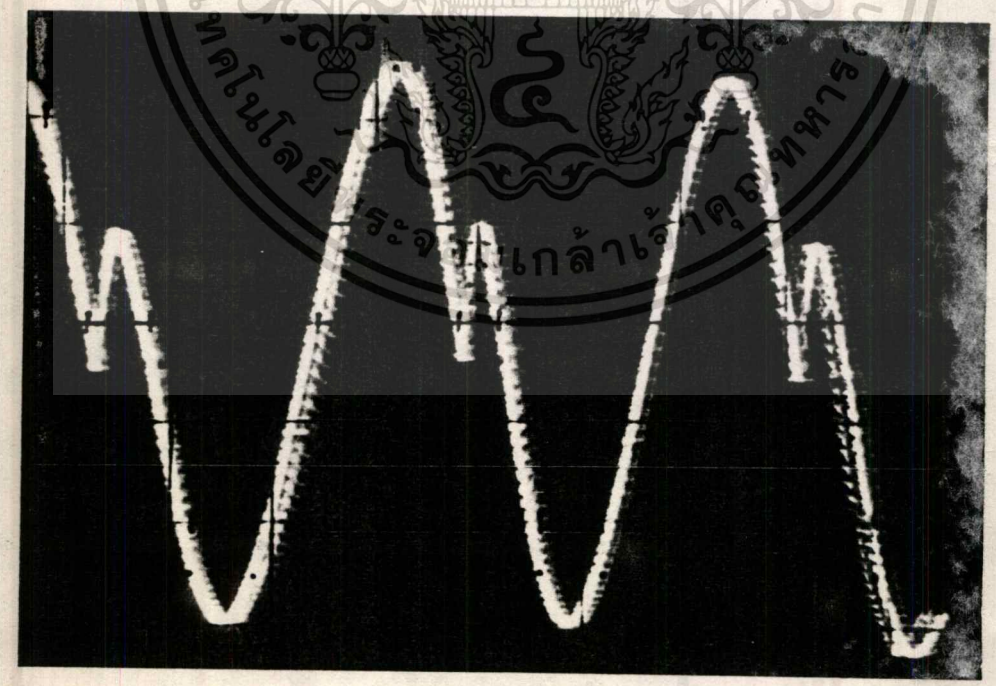


รูป 4.8 สัญญาณจากส่วนเก็บข้อมูลที่ความถี่ ๐.1 Hz ขนาด ๐.5 ms/div
ด้วยสัญญาณนาฬิกาให้เอทูดี 1๐๐KHz แล้วขับที่ 5MHz ข้อมูลจะเก็บได้ไม่ครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.9 สัญญาณจากส่วนเก็บข้อมูลที่ความถี่ 1 Hz ขนาด 0.2 ms/div
ด้วยสัญญาณนาฬิกาให้เอทูดี 10 kHz แล้วขับที่ 100 KHz



รูป 4.10 สัญญาณจากส่วนเก็บข้อมูลที่ความถี่ 1 Hz ขนาด 2 ms/div
ด้วยสัญญาณนาฬิกาให้เอทูดี 500KHz ขับที่ความถี่ 1MHz สัญญาณจะหักมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

โครงงานเครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำนี้ เริ่มต้นจากการดัดแปลงจอโทรทัศน์ให้สามารถแสดงสัญญาณขึ้นบนจอได้ ต่อจากนั้นเป็นส่วนของวงจรขยายสัญญาณเพื่อให้การขับขึ้นจอภาพสามารถครอบคลุมได้เต็ม ส่วนวงจรขยายนี้เป็นการทดลองต่อวงจรที่สิ้นเปลืองอุปกรณ์ไปมาก กว่าจะได้วงจรที่เหมาะสม

จากนั้นเป็นส่วนของวงจรทริก ซึ่งในตอนแรกทดลองต่อลงบนโปรโตบอร์ด (Protoboard) ยังมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน ในส่วนของวงจรเก็บข้อมูลสามารถทำงานได้ดียกเว้นส่วนของการลดทอนที่มีสัญญาณรบกวนสูง

เมื่อได้ทำการออกแบบลายวงจรของ วงจรขยาย วงจรทริก และวงจรเก็บข้อมูล ก็ยังพบปัญหาของสัญญาณรบกวนอยู่มาก ซึ่งอาจเป็นผลของลายวงจรก็ได้

โครงงานนี้เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณ ซึ่งละเอียดอ่อนต่อการรบกวนได้ง่าย และการวัดก็มิได้ให้ค่าที่เที่ยงตรงเหมือนเครื่องมือมาตราฐาน หากเราใช้งานในการศึกษารูปแบบของสัญญาณแล้วคงจะเหมาะสมกว่าการนำไปวัดขนาดของสัญญาณ ถ้ามีการแก้ไขสัญญาณรบกวนให้หมดไปได้ ก็สามารถนำไปใช้งานได้อย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานและปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วย การถ่ายทอดความรู้และเคี่ยวเข็ญของ อ.วันชัย ริ้วรุจา ข้อขบคิดของ อ.วรศักดิ์ จิตรภักดี การอำนวยความสะดวกในการเบิกยืมอุปกรณ์ของ อ.เกียรติวรรณ ทรงสัตย์ และ อ.ธำรงศักดิ์ สุกใส ความช่วยเหลือของรุ่นพี่ นศ.ปริญญาโทอีกหลายท่าน เพื่อนทุกคนที่คอยให้กำลังใจ รวมทั้งน้องที่คอยห่วงใย จึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ.ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เอกสารภาษาไทย

ประกิจ ตังติสานนท์,"ทฤษฎีโทรทัศน์",คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง,151 หน้า,2533

รุ่ง โพธิสุวรรณ,"ตรวจซ่อมโทรทัศน์ทรานซิสเตอร์",คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง,265 หน้า,2522

กฤษดา วิศวธีรานนท์ และ ประยูร เชี่ยววัฒนา,"หลักการทำงานและเทคนิคการใช้งาน ออสซิลโลสโคป",บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,158 หน้า,2532

เอกสารภาษาอังกฤษ

Adel S. Sedra & Kenneth C. Smith,"Microelectronic Circuits", Holt Saunders International Inc.,927 Pages,1982

Ramakant A. Gayaknad,"Op-Amps And Linear Integrated Circuits",Prentice-Hall Inc.,622 Pages,1988

Paul R. Gray & Robert G. Meyer,"Analysis and Design of Analog Integrated Circuits",John Wiley & Sons Inc., 771 Pages,1984

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้