ออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอเรเตอร์

Audio Sweep / Marker Generator

โดย

นางสาว สุชุมาล ทุทุมมา

นางสาว สุวันดี พรเพ็ง

วัน เดือน ปี 14 ส.ค. 2540
เลขทะเบียน 037410
เลขเรียกหนังสือ T383 ส 744ป

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์

Audio Sweep / Marker Generator

โดย

นางสาวสุขุมาล ทุทุมมา เลขประจำตัว 35104478

นางสาวสุวันดี พรเพ็ง เลขประจำตัว 35104505

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.นิภา ลีลารุจิ

รศ.ณรงค์ เหมกรณ์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์

Audio Sweep / Marker Generator

ผู้จัดทำ

1.นางสาวสุชุมาล ทุทุมมา รหัสประจำตัว 35104478

2.นางสาวสุวันดี พรเพ็ง รหัสประจำตัว 35104505

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. นิภา ลีลารุจิ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ณรงค์ เหมกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์

Audio Sweep / Marker Generator

นางสาวสุขุมาล ทุทุมมา
นางสาวสุวันดี พรเพ็ง
อาจารย์ที่ปรึกษา อ. นิภา ลีลารุจิ
อ. ณรงค์ เหมกรณ์

บทคัดย่อ

เครื่องออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์ เรียก ย่อ ๆ ว่า ASMG เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของวงจรขยายสัญญาณและวงจรกรองความถี่โดย ASMG จะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณซายน์ ที่มีความถี่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา จากความถี่ต่ำสุดไปยังความถี่สูงสุดอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงความถี่สูงสุดแล้วก็จะกลับมาเริ่มต้นใหม่เช่นนี้เรื่อยไป ซึ่งจะแตกต่างจากเครื่องกำเนิดสัญญาณในแบบปกติ ที่สามารถกำเนิดสัญญาณได้ที่ความถี่คงที่ค่าเดียว จนกว่าผู้ใช้จะเปลี่ยนค่าความถี่เข้าไปในวงจรที่ต้องการทดสอบแล้วนำสัญญาณเอาต์พุตของวงจรส่งกลับเข้ามาเพื่อทำการอ่านค่าของระดับสัญญาณและความถี่โดยต้องใช้ร่วมกับออสซิลโลสโคป ผลที่ได้จะถูกแสดงออกมาโดยผ่านทางจอแสดงผลบนเครื่องออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอรเรเตอร์!

Abstrack

Audio Sweep / Marker Generator (ASMG) is a generator for testing the circuits. It generates the sine signals that vary continuously all the time,from lowest frequency to high frequency. ASMG is different from a normal generator that generates only one signal frequency . It shows the curve of frequency response of the circuits on the oscilloscope and also the number or frequencies on the ASMG.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทคัดย่อ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2-26
- เครื่องนับความถี่	2
- การลดทอนสัญญาณ	3
- ทฤษฎี Operational amplifier	5
- วงจรขลิบสัญญาณ	13
- แหล่งจ่ายไฟตรง	15
- หลักการเบื้องต้นของไอซี 555	22
- วงจรดีเอซี	25
บทที่ 3 การสร้างวงจรและการทดลอง	27-34
- รูปแบบวงจรและการลงอุปกรณ์	27
- รายการอุปกรณ์	31
- การทำงานของปุ่มสวิทซ์ของ ASMG	34
บทที่ 4 การทำงานของวงจร และเครื่อง ASMG	35-41
- อินพุทและเอาท์พุทของ ASMG	36
- การทำงานของวงจร	40
บทที่ 5 ผลการทดลอง	42-53
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	54
- ประโยชน์และการนำไปใช้	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง **หน้า**

บทที่ 1 ไม่มีรูปภาพ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 2-26

-รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องวัดความถี่แบบพื้นฐาน 3

-รูปที่ 2.2 วงจรลดทอนสัญญาณ 4

-รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลของออปแอมป์อุดมคติ 5

-รูปที่ 2.4 วงจรขยายกลับขั้วและวงจรสมมูลของวงจรขยายกลับขั้ว 6

-รูปที่ 2.5 วงจรขยายไม่กลับขั้ว 7

-รูปที่ 2.6 วงจรเปรียบเทียบโดยมี V_T เป็นแรงดันอ้างอิง 9

-รูปที่ 2.7 ภาพแสดงวงจรเปรียบเทียบศักดาจุดสัญญาณเข้าขา (+) 9

-รูปที่ 2.8 ภาพแสดงวงจรเปรียบเทียบศักดาจุดสัญญาณเข้าขา (-) 10

-รูปที่2.9 การแสดงระดับสัญญาณโดยอาศัยไดโอดเรืองแสงสีต่างกัน 10

-รูปที่2.10 ภาพแสดงการสร้างระดับศักดาเปรียบเทียบจากศักดาไฟจ่าย 11

-รูปที่ 2.11 วงจรดักสัญญาณข้ามระดับศูนย์ 12

-รูปที่ 2.12 วงจรบัฟเฟอร์ 12

-รูปที่ 2.13 สัญญาณเมื่อถูกขลิบ 13

-รูปที่ 2.14 วงจรขลิบส่วนบน 13

-รูปที่ 2.15 วงจรสมมูลย์ของวงจรขลิบ 14

-รูปที่ 2.16 วงจรขลิบทางด้านลบ 14

-รูปที่ 2.17 วงจรขลิบที่มีสัญญาณเอาท์พุทมากกว่าสัญญาณเปรียบเทียบ V_R 15

-รูปที่ 2.18 วงจรขลิบที่มีสัญญาณเอาท์พุทน้อยกว่าสัญญาณเปรียบเทียบ V_R 15

-รูปที่ 2.19 แหล่งจ่ายไฟตรง 15

-รูปที่ 2.21 วงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
-รูปที่ 2.21 ลักษณะของสัญญาณแรงดันรูปซายน์ แสดงให้เห็นถึงค่า RMS และค่าสูงสุด	17
-รูปที่ 2.22 วงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์	18
-รูปที่ 2.23 วงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์	19
-รูปที่ 2.24 วงจรบริดจ์เรคติไฟเออร์	19
-รูปที่ 2.25 วงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ	20
-รูปที่ 2.26 รูปลักษณะแรงดันเอาท์พุทมี C เป็นตัวกรองแรงดันของวงจรฟูลเวฟ	21
-รูปที่ 2.27 แรงดันเอาท์พุทของวงจรกรองแรงดันของวงจรฮาล์ฟเวฟ	21
-รูปที่ 2.28 แสดงวงจรที่ใช้งานทั่วไป	22
-รูปที่ 2.29 บล็อกไดอะแกรมภายในของไอซี 555	23
-รูปที่ 2.30 การต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อทำให้ไอซี 555 ทำงานได้	23
-รูปที่ 2.31 แสดงแผนผังของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ พร้อมรูปของสัญญาณอินพุทและเอาท์พุท	25
-รูปที่ 2.32 แสดงแผนผังของวงจรดีเอซีและสัญลักษณ์	25
-รูปที่ 2-33 แสดงแผนผังของวงจรดีเอซี	26
บทที่ 3 การสร้างวงจรและการทดลอง	27-30
-รูปที่ 3.1 แสดงลายวงจรส่วนจ่ายไฟ	27
-รูปที่ 3-2 แสดงลายวงจรส่วนนับความถี่	28
-รูปที่ 3-3 แสดงลายวงจรส่วนพีคโฮลด์	29
-รูปที่ 3-4 แสดงวงจรสวีฟและวงจรส่วนกำเนิดสัญญาณซายน์	30
บทที่ 4 การทำงานของวงจร และเครื่อง ASMG	35-41
-รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์ เจนเนอร์เรเตอร์	36
บทที่ 5 ผลการทดลอง	42-53
-รูปที่ 5.1 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจร Astable ในโหมดรันวัดที่ขา R2	49
-รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณที่วัดจากจุด TP	49
-รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณสวีฟโหมดรัน	50
-รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณสวีฟโหมดREAD เมื่อปรับมาร์กเกอร์ให้ครบ 5 ตัว	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณมาร์กเกอร์ 51
-รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณซิงค์ 51
-รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณเอาท์พุท พีคโฮลด์เมื่อป้อน Vin $1V_{P-P}$ 52
-รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณคาบเวลาที่ใช้ในการนับ 52
-รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณซายน์ 53
-รูปที่ 5.10แสดงสัญญาณอินพุทสำหรับการนับ 53
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 54-55
-รูปแสดงการเชื่อมต่อ ออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์
เข้ากับออสซิลโลสโคปแบบต่าง ๆ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลอง	42-53
-ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบการผลิตสัญญาณของตัวเก็บประจุค่าต่าง ๆ กัน	42
-ตารางที่ 5.2 เอาท์พุตที่วัดจากขา 6 ของ IC4 CA3140E	43
-ตารางที่ 5.3 แสดงเอาท์พุทที่จุด TP	43
-ตารางที่ 5.4 แสดงเอาท์พุทสัญญาณไซน์ จาก IC XR2206	43
-ตารางที่ 5.5 ผลการวัดสัญญาณในส่วนแสดงผล 7-SEGMENT	45
-ตารางที่ 5.6 แสดงผลขณะต่อขา 14 กับขา 3	46

สารบัญกราฟ

เรื่อง	หน้า
กราฟ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเก็บประจุและช่วงความถี่ที่ สามารถผลิตได้ของ IC XR 555	42
กราฟ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเก็บประจุกับความถี่ที่ผลิตได้จาก IC XR 2206	44
กราฟ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทจากสัญญาณในส่วนแสดงผล 7 Segment ในหน่วย Hz	46
กราฟ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทจากสัญญาณในส่วนแสดงผล 7 Segment ในหน่วย kHz	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอเรเตอร์ (Audio Sweep/ marker Generator) ASMG เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของวงจรขยายความถี่และวงจรกรองความถี่โดยจะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณซายน์ ที่ มีความถี่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาจากความถี่ต่ำสุดไปยังความถี่สูงสุดแล้วก็จะกลับมาเริ่มต้นใหม่วนเช่นนี้ไปเรื่อยๆซึ่งจะแตกต่างจากเครื่องกำเนิดสัญญาณในแบบปกติที่สามารถกำเนิดสัญญาณได้ที่ความถี่คงที่ค่าเดียวจนกว่าผู้ใช้จะทำการเปลี่ยนค่าความถี่เข้าไปในวงจรส่งกลับเข้ามาเพื่อทำการอ่านค่าของระดับสัญญาณและความถี่โดยต้องใช้ร่วมกับออสซิลโลสโคปผลที่ได้จะถูกแสดงออกมาโดยผ่านทางจอสโคปและค่าความถี่สามารถอ่านได้เป็นตัวเลข จากจอแสดงผลบนเครื่องออดิโ อสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอเรเตอร์

ASMG ที่สร้างขึ้นนี้สามารถปรับย่านความถี่ได้ 3ย่านคือ

3 - 1000 Hz,

35-20,000 Hz,

3 -100 kHz

และสามารถปรับช่วงเวลาหรืออัตราการสวีฟได้ 3 ช่วงเช่นกันคือ

FAST 1.045s - 1.33s

MEDIUM 1.39s - 5.1s

LOW 4.0s - 31.0s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

เครื่องนับความถี่

ความเป็นมาของเครื่องนับความถี่

ก่อนที่จะนำเข้าสู่เนื้อหาเรื่อง ออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์ ขอกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีของเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหานี้ด้วย เช่นเรื่องเครื่องนับความถี่ วงจรขยาย และอื่น ๆดังที่จะได้กล่าวต่อไป

ในสมัยก่อนเครื่องมือที่ใช้วัดความถี่ส่วนแสดงผลจะใช้จอภาพ เช่นเดียวกับออสซิลโลสโคปวัดค่าช่วงเวลา (Period) ออกมาแล้วคำนวนหาความถี่จากสูตร

$$F = \frac{1}{T(sec)} \quad Hz \qquad \text{.... .....(1)}$$

ปัญหาในการอ่านก็คือ ค่าที่อ่านได้เป็นค่าโดยประมาณไม่มีความละเอียดพอหรือใช้ความรู้เกี่ยวกับ LISSATOUS PATTERN โดยใช้ออดิโอ เจนเนอร์เรเตอร์ (Audio Generator) ที่สามารถอ่านค่าความถี่ได้ถูกต้องป้อนเข้าทางฮอร์ (Hor) ของออสซิลโลสโคปแล้วใช้สัญญาณอินพุทที่จะวัดเข้าทางเวอร์ (Vert) ของออสซิลโลสโคป แล้วค่อย ๆปรับความถี่ของออดิโอ เจนเนอร์เรเตอร์ เวฟฟอร์ม (Wave Form)บนจอออสซิลโลสโคป เป็นรูปวงกลมแสดงว่าขณะนี้ความถี่ของออดิโอ เจนเนอร์เรเตอร์ เท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุท เราก็อ่านความถี่สัญญาณได้จากหน้าปัทม์ของออดิโอ เจนเนอร์เรเตอร์เลย

ต่อมาได้มีการแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขเลย ซึ่งในทางปฏิบัติ (ในจุดนั้น) ทำได้ยากมากเพราะสัญญาณทางอิเลคทรอนิคส์มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในการวัดคาบเวลาของความถี่นั้น ค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่ใช้สร้างเครื่องมือวัด ต้องเป็นค่าที่เที่ยงตรง และชนิดที่มีคุณภาพดี

ดังนั้นเราจะเห็นความยุ่งยากในการวัดความถี่และยังขาดความแม่นยำ จากวิธีดังกล่าวข้างต้น

ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าทำให้สามารถผลิตเครื่องมือวัดดังกล่าวได้ไม่ยากเย็น ในวงจรเครื่องนับความถี่ที่จะกล่าวถึงนี้จะสามารถอ่านค่าความถี่ที่ต้องการทราบออกมาเป็นตัวเลขได้เลย โดยอาศัยวัสดุกึ่งตัวนำจำพวก ไอซี (Integrated Circuit) ซึ่งได้วิวัฒนาการมาอย่างมาก และมีบทบาทมากในด้านอุปกรณ์อิเลคทรอนิคนส์ เพราะไอซี มีความเที่ยงตรงและยังประหยัดมากกว่าวงจรที่สร้างด้วยอุปกรณ์อื่น ๆ

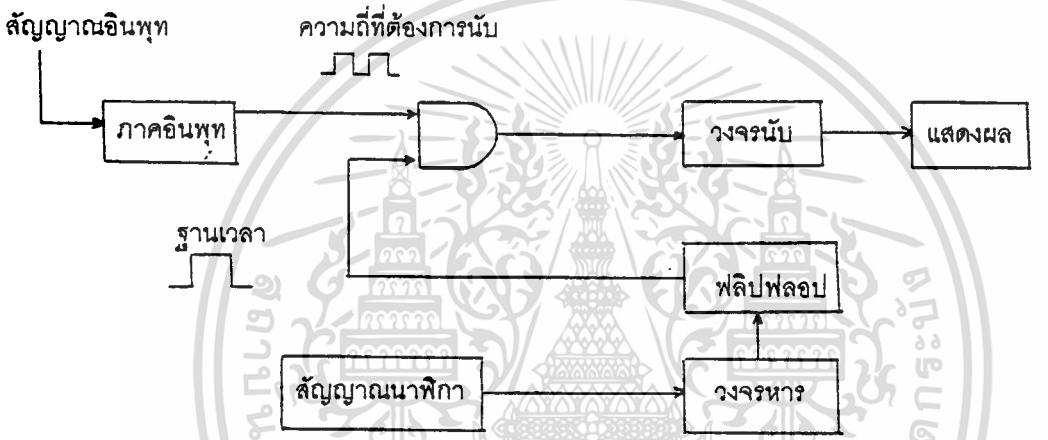
หลักการเบื้องต้นของเครื่องนับความถี่

ในรูปที่ 2-1 ก่อนที่สัญญาณจะถูกนำมานับจะต้องนำมาผ่าน กระบวนการเพื่อให้ได้เป็นสัญญาณที่สามารถนำมาทำการนับได้ กระบวนการนี้เรียกว่า ดิจิตอลโปรเซสซิ่ง (Digital processing) สัญญาณที่ได้นี้จะผ่านเข้าสู่วงจรนับโดยมีฐานเวลา (time base) เป็นตัวกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานเวลาเป็นส่วนที่สำคัญมากที่จะทำให้การวัดได้ค่าที่ถูกต้อง โดยมาแล้วการสร้างฐานเวลามักจะใช้วงจรกำเนิดความถี่ด้วย คริสตอบ ซึ่งมีความเที่ยงตรงสูง และจะนำความถี่จากคริสตอลมาหาร ซึ่งก็มีวงจรหลายแบบสามารถเลือกได้ เช่น หาร 10 , หาร 100 ,หาร 1000 หรืออื่น ๆ แล้วนำความถี่จากการหารมาเป็นฐานเวลาในการเปิดเกท

เมื่อสัญญาณฐานเวลาทำการเปิดเกทแล้ว ความถี่ที่ต้องการนับจะผ่านเข้าไปยังวงจรนับ และแสดงผล ตัวอย่าง ถ้ามีพัลส์เข้ามาทำการนับจำนวน 45,500 ลูก ฐานเวลาเปิดเกทเท่ากับ 1 วินาที จะอ่านค่าความถี่ได้เท่ากับ 45,500 ลูกต่อวินาที หรือ 45.5 kHz แต่ถ้าฐานเวลาเปิดเกทลดลง เป็น 0.1 วินาที จะสามารถอ่านค่าความถี่ได้เท่ากับ 45,500 ลูกต่อ 0.1 วินาที หรือ 455.0 กิโลเฮิร์ท นั่นคือ เมื่อฐานเวลาเปิดเกทลดลงสิบเท่าก็สามารถวัดความถี่ขึ้นอีกสิบเท่า



รูปที่ 2.1 บล็อคไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องวัดความถี่แบบพื้นฐาน

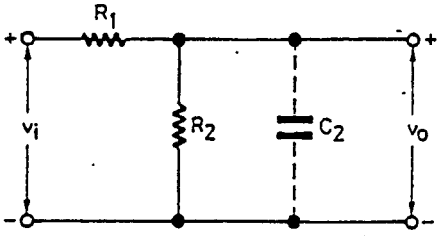
<u>การลดทอนสัญญาณ</u>

การลดทอนสัญญาณอินพุทเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากขนาดของสัญญาณอินพุทอาจมีค่าสูงมากเกินไป วงจรลดทอนสัญญาณ ที่ใช้กันทั่วไป จะเป็นวงจรแบ่งแรงดันด้วยวงจร RC สามารถเลือกอัตราการลดทอนได้ 10, 100 หรืออื่น ๆ เอาต์พุตของวงจรลดทอนสัญญาณ จะต่อกับวงจร จำกัดสัญญาณเพื่อจัดให้ขนาดของสัญญาณเหมาะสมกับความไวทางอินพุทของวงจรขยาย เพื่อไม่ให้วงจรขยายสัญญาณไปอย่างผิดเพี้ยน

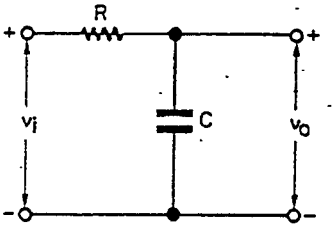
อินพุทของวงจรขยายโดยทั่วๆ ไปมีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์สูง (ประมาณ 1 เมกะโอห์ม) แต่ในเครื่องวัดความถี่บางเครื่องสามารถเลือกค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ได้ ที่อินพุทอิมพีแดนซ์ต่ำ ๆ เครื่องวัดความถี่จะมีความไวสูง สามารถวัดสัญญาณขนาดเป็นมิลลิโวลต์ได้ แต่ปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนอาจจะเกิดขึ้นได้เป็นผลทำให้การวัดผิดพลาดได้

ตัวอย่างรูปวงจรของวงจรลดทอนสัญญาณ

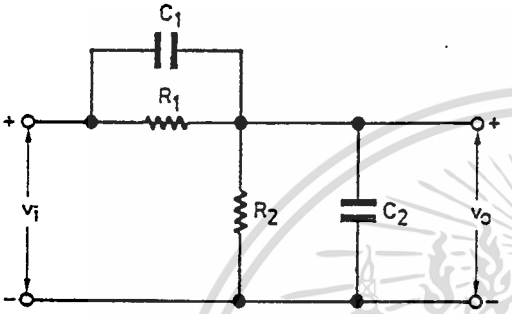
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



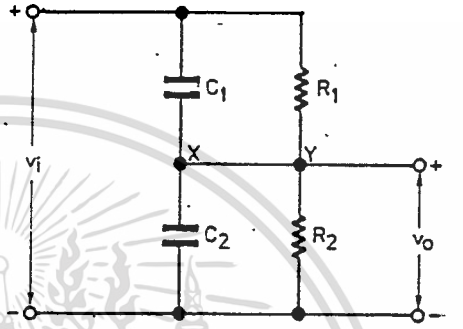
(ก) วงจรแบ่งแรงดัน



(ข) วงจรสมมูลย์ที่มีตัวเก็บประจุแทรกแซง



(ค) วงจรที่มีการชดเชย



(ง) วงจรที่มีการชดเชยลักษณะแบบบริดจ์

รูปที่ 2-2 วงจรลดทอนสัญญาณ

ตัวต้านทาน R1 และ R2 ในรูป(ก) ประกบกันเป็นตัวลดทอนสัญญาณที่เรียกว่า ***ตัวแบ่งแรงดัน*** จากลักษณะนี้แรงดันเอาท์พุทจะแบ่งค่าแรงดันมาจากแรงดันอินพุทด้วยค่าแฟคเตอร์ $\frac{R2}{R2+R1}$ อัตราส่วนนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับค่าความถี่ถ้าหากว่าไม่มีส่วนของตัวเก็บประจุเข้ามาผสมอยู่ แต่ในขณะใช้งานจริง ๆ แล้วเรามักพบว่าจะมีค่าตัวเก็บประจุแทรกแซง (stray capacitance) ผสมอยู่ด้วย ค่า C2 นี้มักคร่อมตัวต้านทาน R2 อยู่ ดังนั้นผลการบั่นทอนที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับค่าความถี่ด้วยรูป (ค) เป็นวงจรที่เราเพิ่มค่า C1 เข้าไปเพื่อชดเชยค่าที่เกิดขึ้นจากตัวเก็บประจุ C2 ซึ่งถ้าเขียนวงจรเสียใหม่เราจะเห็นว่าลักษณะของวงจรเสมือนเป็นวงจรบริดจ์ ดังรูป (ง) ถ้าหากว่าบริดจ์สมดุลย์เราอาจเสมือนเปิดเส้นวงจร XY ได้ นั่นคือแรงดัน V0 จะเสมือนกับเป็น $\frac{R2 \quad Vi}{R1 + R2}$ วิธีการที่จะกระทำให้บริดจ์สมดุลย์เราจะต้องให้

ค่า R1C1 = R2C2 นั่นเอง หรือ $\frac{R1}{R2} = \frac{C1}{C2}$ ดังนั้นในวงจรลดทอนสัญญาณถ้าเรารู้ค่าตัวเก็บประจุ C2 เราก็สามารถชดเชยได้โดยการคำนวณหาค่า C1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการนี้เองเรานำเอาไปใช้ในการทำสายวัด (probe) ที่ใช้กับออสซิลโลสโคปที่มีการชดเชยเพื่อใช้วัดสัญญาณที่ความถี่สูงเพื่อให้สัญญาณที่วัดได้ไม่ผิดเพี้ยนไปจากรูปสัญญาณเดิม

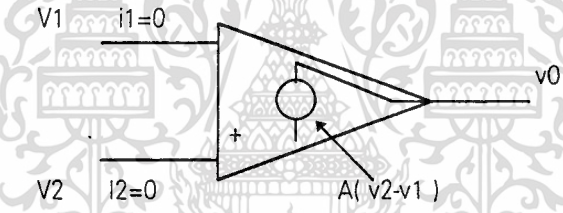
ทฤษฎี Operational amplifier

ขอเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับออปแอมป์ในอุดมคติคร่าว ๆ สมมติว่าทางด้านเข้าความต้านทานเป็นอนันต์ ความต้านทานทางด้านออกเท่ากับศูนย์ และมีลักษณะถ่ายโอน

การมีความต้านทานทางด้านเข้าเป็นอนันต์นั้น หมายความว่ากระแสขาเข้า I1 และ I2 เท่ากับศูนย์ทั้งคู่ การมีความต้านทานทางด้านออกเท่ากับศูนย์หมายความว่าลักษณะถ่ายโอนของออปแอมป์สามารถสามารถแทนด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันพึ่งพิง (ดังรูป)

ในช่วงเส้นแรงดันออก v0 จะอยู่ระหว่างแรงดันของแหล่งจ่ายทั้งสอง (+V และ -V) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันออก v0 และความแตกต่างระหว่างแรงดันเข้า (V2 - V1) นั้น เป็นเชิงเส้น ตามสมการ

$$V0 = A(V2 - V1) \quad \text{.....(2)}$$



รูปที่ 2-3วงจรสมมูลของออปแอมป์อุดมคติ

โดยที่ A คืออัตราการขยายแรงดันซึ่งมักจะมีค่าเกิน 10,000 เนื่องจากอัตราขยายมีขนาดใหญ่มาก และช่วงของสัญญาณออกก็มีจำกัด $|V0| < |V|$ ดังนั้นช่วงของสัญญาณเข้าในเขตเชิงเส้นจึงมีขนาดเล็กมาก

$$\left|V2 - V1\right| < \left|\frac{V}{A}\right| \quad \text{.....(3)}$$

ในออปแอมป์ทั่ว ๆ ไป อัตราขยายวงรอบเปิด (คือ A นั่นเอง มักจะมีความระหว่าง 10,000 ถึงหลายล้าน ดังนั้นสำหรับแหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 10 ถึง 15 โวลต์ ความกว้างของเขตเชิงเส้นสำหรับสัญญาณเข้า จะมีประมาณ 1 mV หรือน้อยกว่านั้น นิยามของการทำงานในเขตเชิงเส้นก็คือ

1. กระแสเข้าเป็นศูนย์

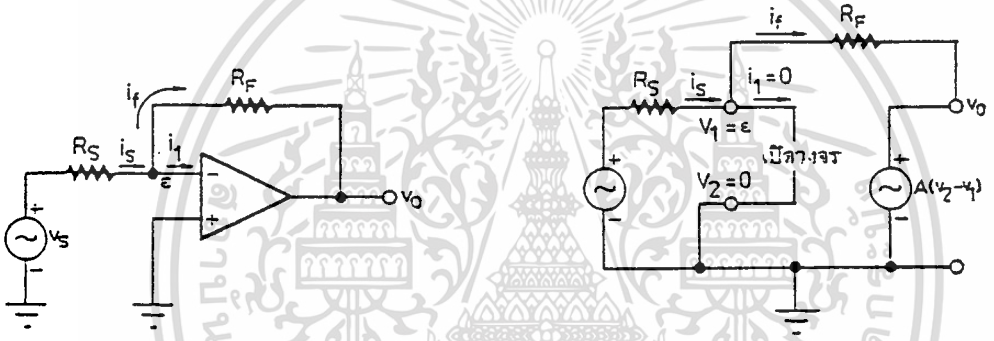
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แรงดันเข้า V1 และ V2 ต่างกันไม่เกิน 1 mV หรือน้อยกว่านั้นในเขตอิ่มตัว ความแตกต่างระหว่างแรงดันเข้าทั้งสอง จะมีมากกว่าในเขตเชิงเส้น นั่นคือ $V2 - V1 > \frac{V}{A}$

หรือเราอาจกล่าวได้ว่า ถ้า V2 - V1 > 1 mV ออปแอมป์จะอยู่ในสภาพอิ่มตัว โปรดสังเกตว่า ถ้า V2 > V1 ออปแอมป์จะอิ่มตัวทางบวก และถ้า V1 > V2 ออปแอมป์จะอิ่มตัวทางลบ

1 วงจรเชิงเส้นพื้นฐาน

1. วงจรขยายกลับขั้ว



รูปที่ 2-4 (ก) วงจรขยายกลับขั้ว (ข) วงจรสมมูลของวงจรขยายกลับขั้ว

รูปที่ 2-4 (ก) แสดงวงจรขยายกลับขั้วซึ่งมีตัวต้านทาน R_F ต่อแรงดันออก V0 ป้อนกลับมายังขั้วเข้ากลับ เป็นการป้อนกลับแบบลบ เนื่องจากว่ากระแสขาเข้า I1 = 0 ดังนั้น

$$is = if \qquad \text{.....(4)}$$

แทนค่า is และ if ด้วยแรงดันหารด้วยตัวต้านทาน จะได้

$$\frac{Vs - }{Rs} = \frac{- V0}{R_F} \qquad \text{.....(5)}$$

เนื่องจากอัตราขยายคือ A ดังนั้น = -V0/A และสมการ (5) อาจเขียนได้ดังนี้

$$\frac{Vs}{Rs} + \frac{V0}{ARs} = \frac{- V0}{AR_F} - \frac{V0}{R_F} \qquad \text{.....(6)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้สมการ (6) ได้

$$\frac{V0}{Vs} = \frac{-(R_F / R_S)}{1+(1/A)(1+R_F/Rs)} \quad \text{.....(7)}$$

เนื่องจาก A มีค่าใหญ่มาก (= 10^5) ดังนั้นเราจะได้ $A >> (1+ R_F / R_S)$ และจะสามารถเขียนสมการ (7) ให้ง่ายขึ้นโดยมีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลก็คือ

$$\frac{V0}{Vs} = \frac{-R_F}{Rs} \quad \text{.....(8)}$$

นั่นคือ อัตราขยายวงรอบปิด = $\frac{-R_F}{Rs}$ คือ อัตราส่วนของความต้านทานที่ใช้ป้อนกลับหารด้วยความต้านทานทางด้านเข้า ความหมายของเครื่องหมายลบก็คือว่า สัญญาณออกจะต่างวัฏภาคกับสัญญาณเข้า 180^0 สมการ (8) เป็นจริง ตราบเท่าที่ $A >> R_F / Rs$ จากการวิเคราะห์นี้ สามารถสรุปได้ว่า

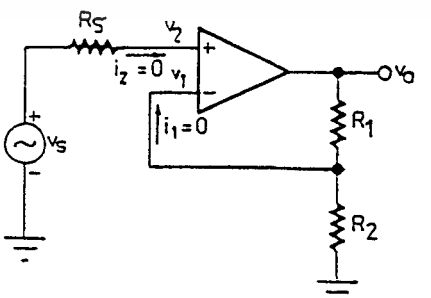
1 เมื่อ = -V0 / A มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ V0 และ Vs กระแสเข้า is = Vs / Rs และไม่ขึ้นกับ R_F นั่นคือ ขั้วสัญญาณเข้านั้นแยกเป็นอิสระจากขั้วสัญญาณออก

2. อัตราขยายของวงจร (= R_F / Rs) ไม่ขึ้นอยู่กับอัตราขยายแรงดันของออปแอมป์ ดังนั้นอัตราขยายนี้จะไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พารามิเตอร์ของออปแอมป์ หรือความถี่

2. วงจรขยายไม่กลับขั้วและวงจรตามแรงดัน

รูปที่ 2-5 แสดงวงจรขยายที่มีสัญญาณเข้าทางขั้วบวกหรือขั้วเข้าไม่กลับ แต่การป้อนกลับนั้นเป็นการป้อนกลับมาทางขั้วลบ หรือขั้วเข้ากลับ

เนื่องจาก $I_2 = 0$ เรารู้ว่า V2 = Vs .....(9)



รูปที่ 2-5 วงจรขยายไม่กลับขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื่องจาก $I_1 = 0$

$$V1 = \frac{R2}{R1 + R2} V0 \quad \text{.....(10)}$$

โดยที่ A มีค่าใหญ่มาก ทำให้ V1 = V2 = Vs สมการ (10) กลายเป็น

$$\frac{V0}{Vs} = \frac{R1 + R2}{R2} \quad \text{.....(11)}$$

จะเห็นได้ว่าวงจรขยายนี้ไม่กลับขั้วสัญญาณออกและมีอัตราขยายสูงกว่า 1 เสมอ

ถ้าเราให้ R2 มีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ อัตราขยายจะเข้าหา 1 ถ้า R2 = และ R1 = 0 ก็จะได้วงจรดังรูปที่ 2- 12 ซึ่งจะทำให้ V0 = Vs ดังนั้นจึงเรียกวงจรนี้ว่า **วงจรตามแรงดัน** (voltage follower) เพราะได้แรงดันออกซึ่งตามแรงดันเข้าอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าขั้วเข้าไม่กลับจะไม่มีกระแสไหลเข้าก็ตาม ขั้วออก V0 สามารถจ่ายกระแสให้กับโหลดภายนอกได้

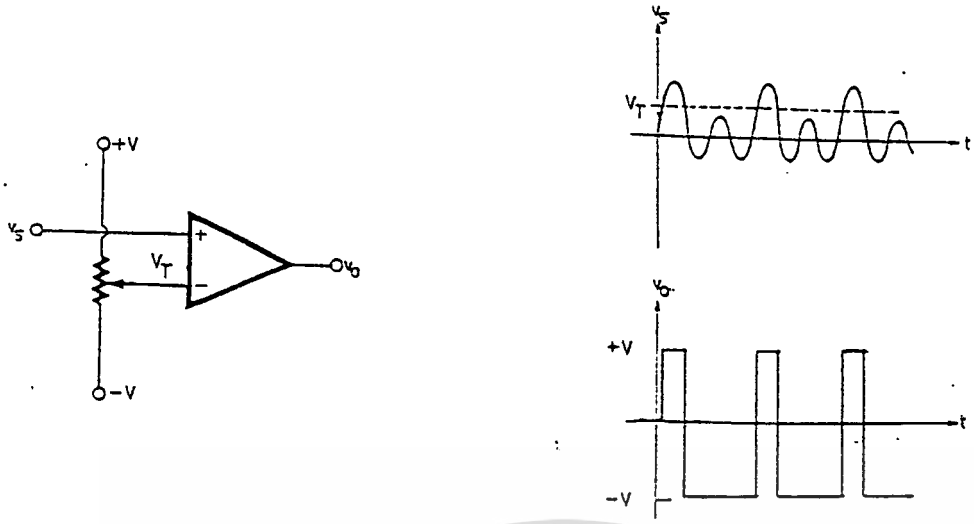
2 วงจรไม่เชิงเส้นพื้นฐาน

ในวงจรไม่เชิงเส้นนั้น ออปแอมป์อาจอยู่ในสภาพอิ่มตัวทางบวกหรือทางลบก็ได้ ดังนั้นเราต้องคำนึงถึงว่าความแตกต่างระหว่างแรงดันขาเข้าทั้งสองอาจมีมากก็ได้

1.วงจรเปรียบเทียบ (Comparator)

เนื่องจากว่าออปแอมป์มีอัตราการขยายวงรอบเปิดสูงมาก หากแรงดันที่ขั้วเข้าไม่กลับมีค่าสูงกว่าทางขั้วเข้ากลับเพียงไม่กี่มิลลิโวลต์ ก็จะทำให้ออปแอมป์อิ่มตัวทางบวก หรือถ้าแรงดันที่ขั้วเข้ากลับมีค่าสูงกว่าทางขั้วเข้าไม่กลับเพียงไม่กี่มิลลิโวลต์ออปแอมป์ก็จะอิ่มตัวทางลบ ดังนั้นออปแอมป์วงรอบเปิดจึงเหมาะสำหรับมาใช้เป็นวงจรเปรียบเทียบว่า เมื่อใดที่สัญญาณเข้า Vs มีค่าสูงกว่า V_T แรงดัน V0 จะเท่ากับ +V และเมื่อสัญญาณเข้า Vs สัญญาณที่ขั้วข้างใดมีค่ามากกว่าอีกข้างหนึ่ง เช่น ในวงจรรูปที่ 2-8 เราตั้งแรงดันที่ขั้วเข้ากลับของออปแอมป์ให้เท่ากับ V_T มีค่าน้อยกว่า V_T แรงดัน V0 ก็จะเท่ากับ -V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

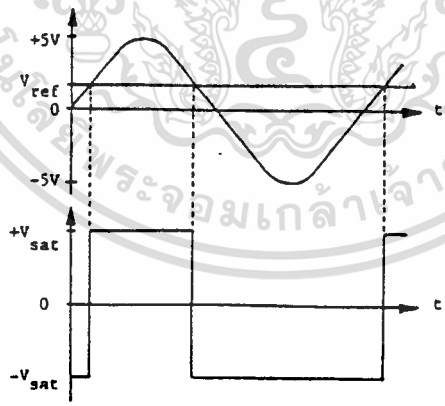


รูปที่ 2-6วงจรเปรียบเทียบโดยมี V_T เป็นแรงดันอ้างอิง

<u>วงจรเปรียบเทียบศักดาสัญญาณอย่างง่าย</u>

1.1 การเปรียบเทียบศักดาสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้า (+)

ภาพที่ 2-7 แสดงออปแอมป์ ซึ่งต่ออยู่ในลักษณะวงจรเปิด ทำหน้าที่ เปรียบเทียบศักดาสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าขา (+) นั่นคือ จุดสัญญาณเข้าขา (-)จะต่ออยู่ที่ระดับศักดาเปรียบเทียบ ส่วนจุดสัญญาณเข้าขา (+) จะต่ออยู่กับสัญญาณซึ่งจะต้องการจะเปรียบเทียบศักดา



รูปที่ 2-7 ภาพแสดงวงจรเปรียบเทียบศักดาจุดสัญญาณเข้าขา (+)

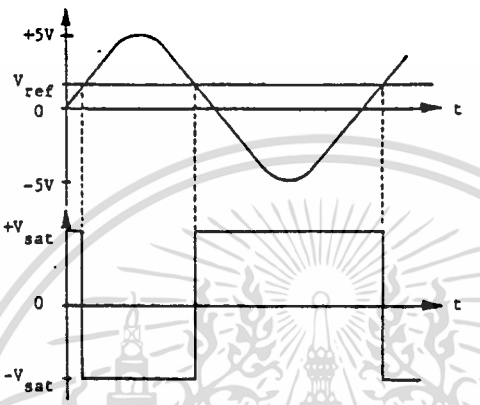
เนื่องจากค่าขยายศักดาสัญญาณแบบลูปเปิดของออปแอมป์มีค่าสูงมาก ดังนั้นในทางปฏิบัติ เมื่อระดับสัญญาณที่จุดสัญญาณเข้าขา (+) มีระดับสูงกว่า V_{ref} เพียงเล็กน้อย เช่น 50 ไมโครโวลท์ ระดับศักดาสัญญาณออก V0 ก็จะมีค่าอยู่ที่ $+V_{ref}$ ในกรณีที่ระดับสัญญาณที่จุดสัญญาณเข้าขา (+) มีระดับต่ำกว่า V_{ref} เพียงเล็กน้อยระดับศักดาสัญญาณออกจะกลับไปมีค่าเท่ากับ - V_{sat} ดังนั้น เราอาจจะใช้วงจรดังกล่าวในการเปรียบเทียบระดับสัญญาณเข้ากับศักดาเปรียบเทียบ เมื่อสัญญาณออกมีค่าเป็น + V_{sat} ก็แสดงว่า V_{in} มีระดับสูงกว่า V_{ref} และเมื่อสัญญาณออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าเป็น - V_{sat} ก็แสดงว่า V_{in} มีระดับสูงกว่า V_{ref} และเมื่อสัญญาณออกมีค่าเป็น - V_{sat} ก็แสดงว่า Vin มีระดับต่ำกว่า Vref หลักการดังกล่าวนี้ จะมีประโยชน์อย่างมากในวงจรสร้างสัญญาณรูปต่าง ๆ

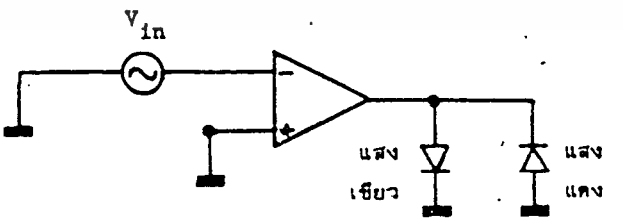
<u>การเปรียบเทียบศักดาสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าขา (-)</u>

ภาพ 2-8 แสดงกรณีตรงข้ามกับวงจรในภาพที่ 2-7



รูปที่ 2-8 ภาพแสดงวงจรเปรียบเทียบศักดาด้วยจุดสัญญาณเข้าขา (-)

กล่าวคือศักดาเปรียบเทียบจะต่ออยู่กับขาสัญญาณเข้า (+) ส่วนสัญญาณที่เราต้องการจะเปรียบเทียบต่ออยู่กับขาสัญญาณเข้า (-) ดังนั้นระดับศักดาสัญญาณออก V0 จะมีเครื่องหมายตรงข้ามกับกรณีที่แล้ว วงจรนี้อาจจะนำมาใช้เป็นวงจรทดสอบระดับสัญญาณผ่านศูนย์ได้ ถ้าเราต่อขาศักดาเปรียบเทียบเท่ากับระดับกราวน์ นั่นคือทุกครั้งที่สัญญาณ Vin มีระดับผ่านศูนย์ ระดับศักดาสัญญาณออกจะเปลี่ยนสถานะ ระดับของสัญญาณอาจจะแสดงได้ด้วยการใช้ไดโอดเรืองแสง (LED) สีต่างกัน ต่ออยู่ที่จุดสัญญาณออก



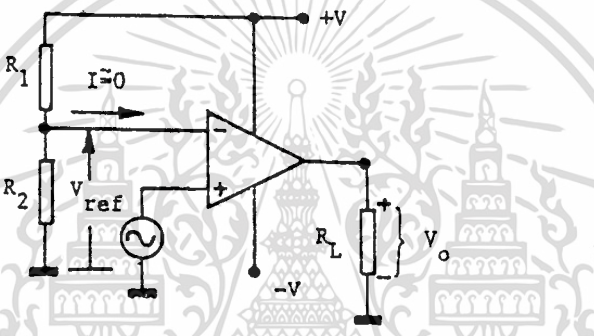
รูปที่ 2-9 การแสดงระดับสัญญาณโดยอาศัยไดโอดเรืองแสงสีต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Vin มีระดับสูงกว่าศูนย์ กระแสจะไหลผ่านไดโอดเรืองแสงสีแดง และเมื่อ Vin มีระดับต่ำกว่าศูนย์ กระแสจะไหลผ่านไดโอดเรืองแสงสีเขียว เนื่องจากในกรณีที่ถูกไบอัสถูกทาง ไดโอดทั้งสองจะมีระดับศักดาต่ำกว่า + Vsat มาก ดังนั้นกระแสไหลผ่านไดโอดจะมีค่าสูงสุดเท่ากับออปแอมป์ จะให้ได้ ซึ่งในกรณีของออปแอมป์แบบ 741 กระแสไหลผ่านไดโอดจะมีค่าประมาณ 25 มิลลิแอมป์ มากเพียงพอที่จะทำให้ไดโอดเรืองแสงได้อย่างดี

ศักดาเปรียบเทียบในทางปฏิบัติ

เนื่องจากระดับศักดาไฟจ่ายให้แก่ออปแอมป์ มักจะถูกควบคุมระดับไว้แน่นอน ดังนั้นเราอาจจะอาศัยระดับศักดาไฟจ่ายเพื่อสร้างระดับศักดาเปรียบเทียบได้ ดังเช่น ที่แสดงในภาพที่ 2-10



รูปที่ 2-10 ภาพแสดงการสร้างระดับศักดาเปรียบเทียบจากศักดาไฟจ่าย

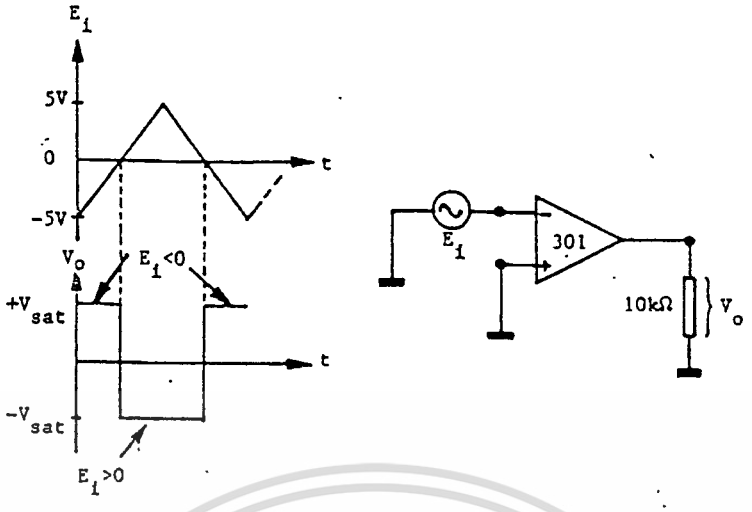
เนื่องจากอิมพิแดนซ์จุดสัญญาณเข้ามีค่าสูง ดังนั้นกระแส I ซึ่งไหลเข้าสู่ขา (-) จึงมีค่าน้อยมาก ดังนั้นระดับศักดาเปรียบเทียบจะมีค่าใกล้เคียงกับ

$$Vref = \frac{R2}{R1+R2} V$$

1.2 จุดอ่อนของวงจรเปรียบเทียบวงจรอย่างง่าย

กรณีที่วงจรเปรียบเทียบสัญญาณอย่างง่าย จะปฏิบัติงานได้ผลไม่ดี ภาพที่ 2-11 แสดงกรณีที่สัญญาณ Ei แบบรูปสามเหลี่ยมต่อเข้ากับขาสัญญาณเข้า (-) โดยที่จุดสัญญาณเข้า (+) ได้ต่อที่กราวน์ ดังนั้นเมื่อ Ei มีระดับต่ำกว่าศูนย์ V0 จะเท่ากับ +Vsat เมื่อ Ei มีระดับสูงกว่าที่ ศูนย์ V0 จะเท่ากับ - Vsat นั่นคือเมื่อ Ei ผ่านระดับศักดา ศูนย์ และมีค่าเพิ่มขึ้น ศักดาสัญญาณออกจะเปลี่ยนภาวะจาก Vsat มายัง - Vsat และศักดาสัญญาณออกจะเปลี่ยนภาวะจาก - Vsat มายัง Vsat เมื่อ Ei ผ่านระดับศักดาศูนย์และกำลังลดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

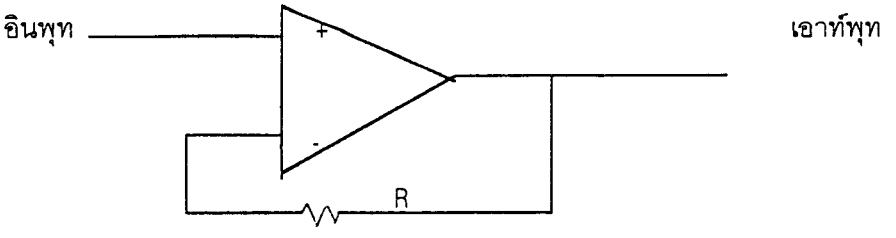


รูปที่ 2-11วงจรดักสัญญาณข้ามระดับศูนย์

ในการปฏิบัติงานบางประเภท Ei อาจจะเข้าใกล้ระดับศูนย์อย่างข้ามาก หรืออาจจะลอยอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับศูนย์ ในกรณีดังกล่าวนี้ V0 อาจจะเปลี่ยนภาวะไปมาก หรือออสซิลเลชั่นดังกล่าวนี้อาจจะเกิดจากสัญญาณเข้าของออปแอมป์ก็ได้ เราอาจจะแสดงลักษณะการเกิดสัญญาณรบกวนดังกล่าวได้ โดยมีเครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวนต่ออนุกรมกับเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปสามเหลี่ยม ในบริเวณใกล้เคียงกับจุดที่สัญญาณรูปสามเหลี่ยมข้ามระดับศักดาศูนย์ ผลบวกของสัญญาณทั้งสองอาจจะข้ามระดับศักดาได้ที่หลายจุด ซึ่งที่แต่ละจุด ภาวะสัญญาณออกของออปแอมป์จะเปลี่ยนแปลงไป นั่นคือวงจรดักจับจุดที่ทั้งศักดาของสัญญาณรบกวนและศักดาสัญญาณรูปสามเหลี่ยมข้ามระดับศูนย์ ในทางปฏิบัติ เราไม่อาจจะกำจัดสัญญาณรบกวนให้หมดได้ แต่เราอาจจะกันไม่ให้ศักดาสัญญาณออกเปลี่ยนระดับไปตามสัญญาณรบกวนได้ด้วยการใช้หลักการป้อนสัญญาณกลับแบบเพิ่มกำลัง (Positive feedback)

<u>วงจรบัฟเฟอร์</u>

ลักษณะพิเศษของวงจรบัฟเฟอร์ คือการให้อัตราขยายเท่ากับ 1 เมื่อวงจรขยายมีอัตราขยายเท่ากับ 1 แล้วเรานำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นตัวกันชนหรือบัฟเฟอร์ระหว่างสองวงจรที่ต้องการจะต่อเชื่อมถึงกัน



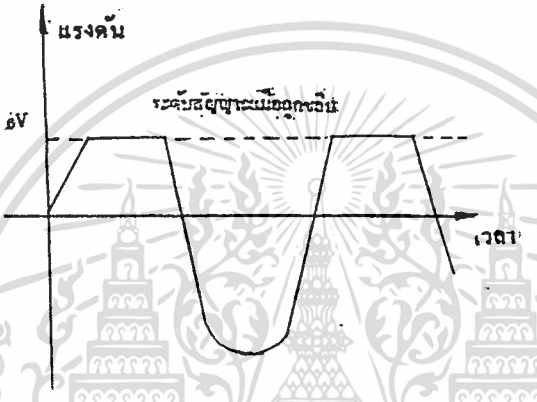
รูปที่ 2-12 วงจรบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรดังกล่าวนี้จะให้ค่าความต้องการอินพุทสูงมากดังนั้นเมื่อต่อเป็นโหลดของวงจรอื่นก็ไม่ทำให้ แ รงดันเอาท์พุทของวงจรที่จ่ายแรงดันให้นั้นตกลงได้ และในทำนองเดียวกันเมื่อนำไปขับวงจรอื่นก็สามารถจ่ายกระแสไปให้วงจรอื่นได้โดยไม่ทำให้ระดับแรงดันเอาท์พุทของออปแอมป์ตกเพราะเนื่องจากออปแอมป์มีค่าความต้านทานเอาท์พุทต่ำมาก

<u>วงจรขลิบสัญญาณ (Clipping)</u>

สัญญาณอิเล็คทรอนิคส์ ทั่วไปบางครั้งก็จำเป็นจะต้องบั่นทอนสัญญาณออกบางส่วน สัญญาณที่ต้องการอาจมีรูปดังข้างล่าง สัญญาณแบบนี้เกิดจากการป้อนสัญญาณรูปซายน์ให้แก่วงจรขลิบ สัญญาณจากรูปแสดงว่าเมื่อสัญญาณมีค่าเกินกว่า 6 โวลท์จะถูกขลิบ และสัญญาณมีค่าไม่เกิน 6 โวลท์จะผ่านออกมาได้

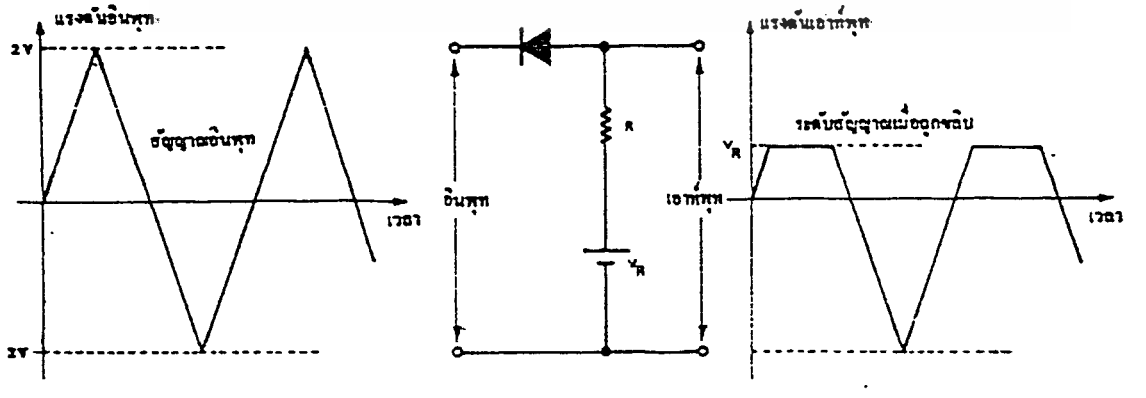


รูปที่ 2-13 สัญญาณเมื่อถูกขลิบ

วงจรที่เราใช้เรียกว่าวงจรขลิบแรงดัน ซึ่งจะทำหน้าที่ปล่อยสัญญาณบางส่วนที่มีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าแรงดันอ้างอิงออก วงจรดังกล่าวอาจเรียกอย่างอื่นได้ว่าวงจรจำกัดแรงดันหรือวงจรเลือกขนาดสัญญาณ

<u>วงจรขลิบส่วนด้านบวกโดยต่อไดโอดอนุกรม</u>

ไดโอดเป็นเสมือนวงจรปิดถ้าอาโนดของมันมีศักย์บวกเมื่อเทียบกับคาโทดและเสมือนวงจรเปิดถ้าคาโทดมีศักย์บวกเมื่อเทียบกับอาโนด ดังนั้นไดโอดจะเป็นเสมือนวงจรปิดหรือเปิดจึงขึ้นอยู่กับขั้วของแรงดันระหว่างอาโนดและคาโทด

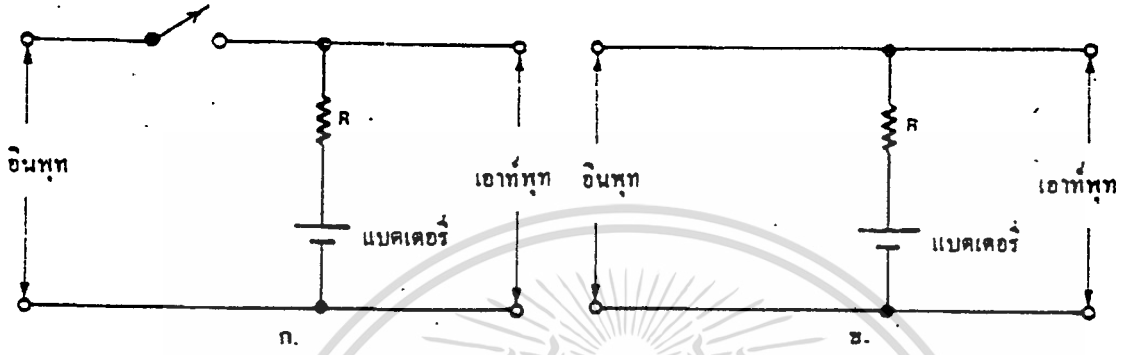


รูปที่ 2-14 วงจรขลิบส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทันทีที่แรงดันเข้าเพิ่มขึ้นทางบวกเกินกว่าค่า V_R ไดโอดจะเป็นเสมือนวงจรเปิด สัญญาณแรงดันจะผ่านเข้าไปออกอีกทางหนึ่งของวงจรไม่ได้ เมื่อใดก็ตามที่ แรงดันเข้าทีค่าต่ำกว่า V_R ไดโอดจะนำกระแสเป็นเสมือนวงจรปิดหรือลัดวงจรและสัญญาณแรงดันเข้าจะผ่านเข้าไปปรากฏทางด้านเอาท์ พุทของวงจรได้

คุณสมบัติของวงจรขลิบสามารถเขียนแทนได้ด้วยวงจรสมมูลย์ตามรูป

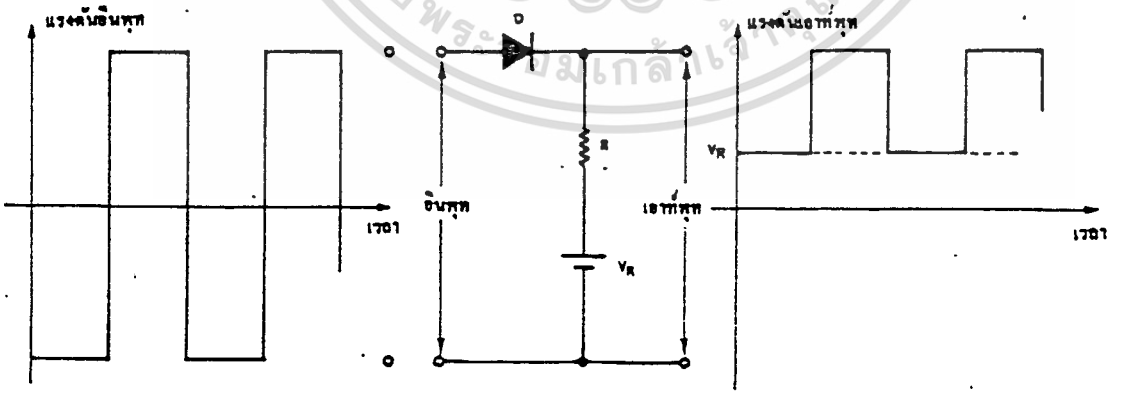


รูปที่ 2-15 วงจรสมมูลย์ของวงจรขลิบ

เมื่อแรงดันเข้าทีค่าสูงกว่า V_R วงจรจะตามรูป ก. และแรงดันออกมีค่าเท่ากับ V_R หรือเมื่อแรงดันเข้ามีค่าต่ำกว่า V_R วงจรจะเป็นตามรูป ข. และแรงดันออกจะเหมือนกับแรงดันเข้า ดังนั้นวงจรแบบนี้จึงยอมให้แรงดันเข้ามีค่าต่ำกว่าระดับแรงดันอ้างอิง V_R ผ่านไปได้ และตัดทางด้านบวกของแรงดันที่มีค่าเกิน V_R ความต้านทาน R ต่อในวงจรเพื่อเป็นตัวจำกัดกระแสเมื่อไดโอดนำกระแส

<u>วงจรขลิบทางด้านลบเมื่ออนุกรมไดโอด</u>

สำหรับวงจรขลิบทางด้านลบมีลักษณะแตกต่างจากวงจรก่อนเพียงการเปลี่ยนทิศทางของไดโอดดังรูป

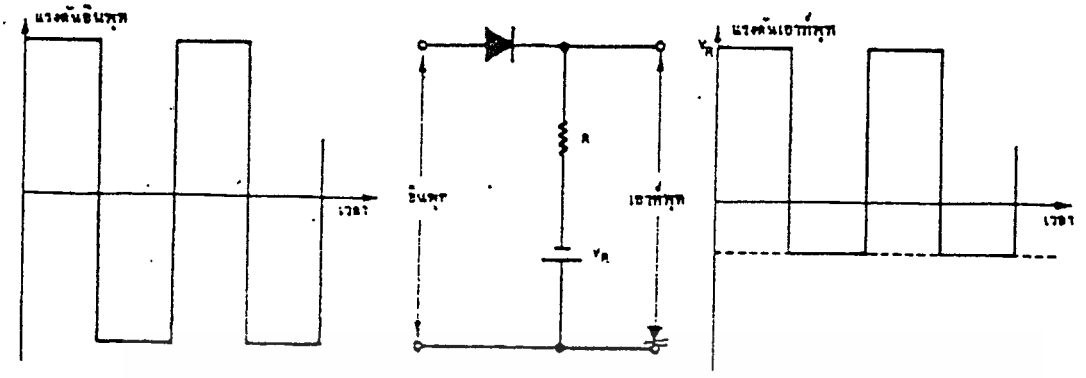


รูปที่ 2-16 วงจรขลิบทางด้านลบ

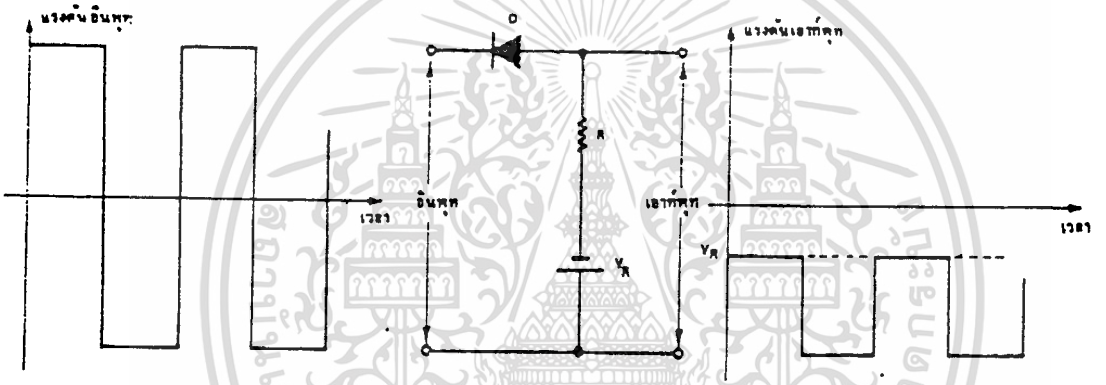
วงจรนี้ไดโอดจะเป็นเสมือนวงจรปิดถ้าสัญญาณเข้ามีค่ามากกว่า V_R และจะเสมือนวงจรเปิดเมื่อมีค่าน้อยกว่า V_R นั่นคือถ้าสัญญาณเข้าต่ำกว่า V_R ไดโอดจะถูกไบแอสกลับ ดังนั้นสัญญาณเข้าจะผ่านวงจรได้ก็ต่อเมื่อมันมีค่าสูงกว่า V_R และจะถูกขลิบถ้าต่ำกว่าค่า V_R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ากลับขั้วของแรงดัน V_R ลักษณะสัญญาณเอาท์พุทจะได้กลับกับที่ได้กล่าวไว้ดังนี้



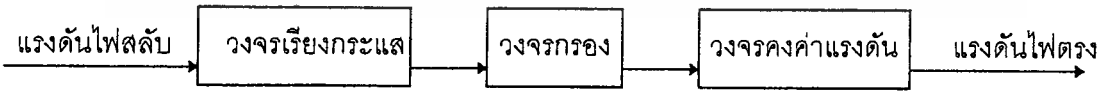
รูปที่ 2-17 วงจรขลิบที่มีสัญญาณเอาท์พุทมากกว่าสัญญาณเปรียบเทียบ V_R



รูปที่2-18 วงจรขลิบที่มีสัญญาณเอาท์พุทน้อยกว่าสัญญาณเปรียบเทียบ V_R

<u>แหล่งจ่ายไฟตรง</u>

แหล่งจ่ายไฟตรงทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรไฟสลับให้เป็นพลังงานตรง โดยมีแผนภาพบล็อกดังในรูป



รูปที่ 2-19

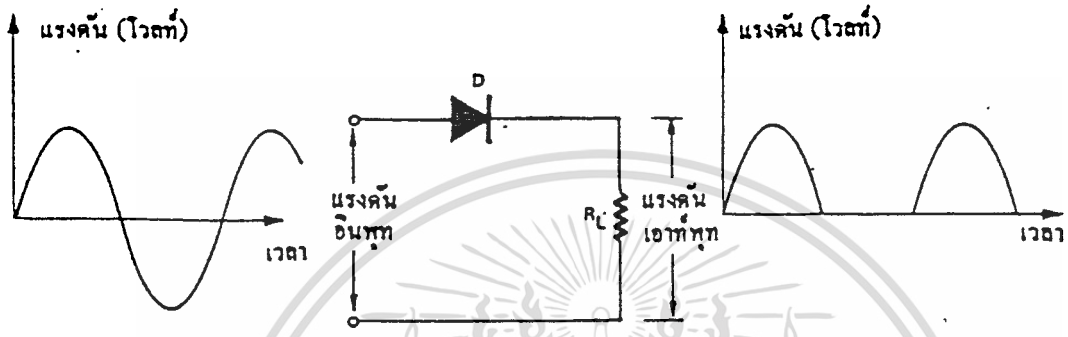
<u>1.วงจรเรียงกระแส</u>

1.1**วงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์** (Half wave rectifier)

เรคติไฟเออร์ คือวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสไฟสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง หรือมีคุณสมบัติยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งแก่ความต้านทานโหลด อุปกรณ์ใช้ในวงจรกันแพร่หลายทั่วไปได้แก่ ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต่อวงจรไดโอดอนุกรมกับตัวต้านทานโหลดตามวงจรในรูป และป้อนกระแสไฟสลับเข้าที่อินพุทของวงจร ไฟฟ้ากระแสสลับย่อมให้ค่าแรงดันได้ทั้งบวกและลบสลับกันไป แต่เมื่อสมมติให้ไดโอดเป็นไดโอดชนิดอุดมคติ วงจรจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ความต้านทานโหลดเฉพาะครึ่งสัญญาณแรงดันที่เป็นบวก ดังนั้นแรงดันที่ปรากฏคร่อมความต้านทานโหลดจึงมีค่าเฉพาะครึ่งรูปคลื่นที่ เป็นบวกเท่านั้น วงจรเช่นนี้เรียกว่า วงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์



รูปที่ 2-20 วงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์

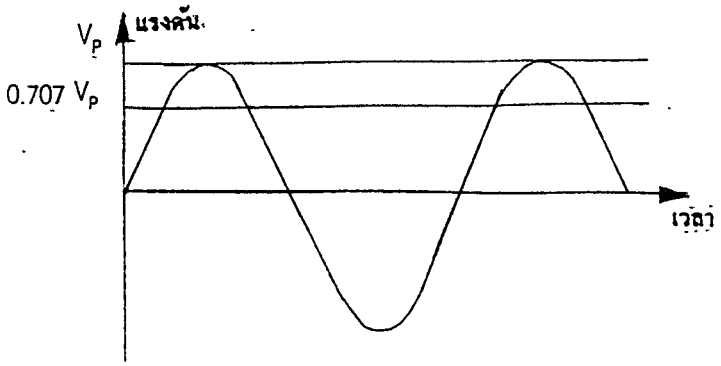
จากรูปข้างบนพออธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้คือ ในระหว่างครึ่งลบของสัญญาณ ไดโอดจะถูกไบอสกลับ ดังนั้นจึงไม่มีกระแสไหลในวงจร แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_L จึงมีค่าเป็นศูนย์ และเมื่อแรงดันครึ่งบวกเข้ามาไดโอดจะถูกไบอสตรง ทำให้มีกระแสไหลในวงจรเกิดแรงดันคร่อมตัวต้านทานโหลดตามลักษณะสัญญาณอินพุทดังนั้นสัญญาณเอาท์พุทที่โหลดจึงมีค่าเป็นสัญญาณรูปครึ่งไซเคิลที่เรียกว่าฮาล์ฟเวฟ

ในการเพิ่มแรงดันเอาท์พุทที่คร่อมโหลด ทำได้โดยการเพิ่มแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้าทางขั้วอินพุท โดยการใช้หม้อแปลงป้อนแรงดันไฟให้กับวงจรอินพุท ไฟกระแสสลับที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะมีค่าแรงดันประมาณ 220 โวลท์แต่ถ้าต้องการแรงดันอินพุทมากน้อยกว่านี้ ก็สามารถใช้หม้อแปลงแรงดันได้

โดยทั่วไปในขณะที่อ่านค่าแรงดันไฟสลับได้ค่า 220 โวลท์นั้น ค่าที่อ่านได้นี้เป็นค่าที่เรียกว่า ค่าอาร์เอ็มเอส (RMS) ซึ่งมีค่าประมาณ 0.0707 เท่าของค่าแรงดันไฟสูงสุด (peak voltage) ดังนั้นค่าแรงดันไฟสูงสุด V_P ของไฟสลับ 220 โวลท์ หาได้จากค่า $\frac{220}{0.707}$ หรือมีค่าประมาณ 310 โวลท์ หรือ

$$V_P = \frac{V_{RMS}}{0.707}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2-21 ลักษณะของสัญญาณแรงดันรูปซายน์ แสดงให้เห็นถึงค่า RMS และค่าสูงสุด

ค่าแรงดันไฟตรงที่วัดได้จะมีค่าเป็นค่าเฉลี่ยของสัญญาณทั้งหมด ซึ่งวงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์จะให้ค่าเฉลี่ยของแรงดันเพียง 0.318 เท่าของแรงดันไฟสูงสุดเท่านั้น หรือ

$$V_{DC} = 0.318\ V_P$$

วงจรฮาล์ฟเวฟจะดึงกำลังงานจ่ายไปยังโหลดได้แต่เพียงครึ่งไซเคิลที่เป็นบวก ดังนั้นวงจรจึงมีข้อจำกัดในเรื่องของการจ่ายกระแสไปยังโหลดด้วย เหตุผลนี้วงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์ จึงใช้เป็นวงจรที่จ่ายกระแสให้โหลดที่มีจำนวนไม่มากเกินไป

ข้อเสียอีกประการหนึ่งของวงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์คือ วงจรจะจ่ายกระแสเป็นห้วง ๆ ทีละครึ่งไซเคิล ดังนั้นหม้อแปลงที่จ่ายไฟสลับจะมีค่ากระแสไหลเป็นช่วง ๆ ด้วย จึงเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงต่ำลงเนื่องจากเกิดการอิ่มตัวในแกนเหล็กของหม้อแปลงได้ง่าย

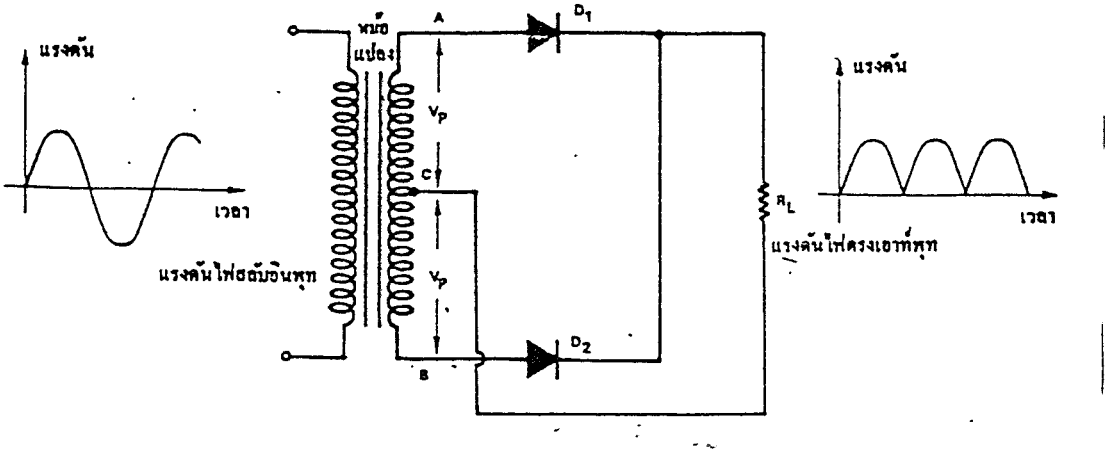
จะต้องทราบค่าแรงดันสูงสุดในขณะที่ไดโอดถูกไบแอสกลับ วงจรฮาล์ฟเวฟจะมีค่าแรงดันไบแอสกลับตกคร่อมไดโอดสูงสุดเท่ากับแรงดันสูงสุดของไฟสลับ การเลือกไดโอดต้องเลือกให้ไดโอดสามารถทนแรงดันสูงสุดในภาวะที่ไดโอดไม่นำกระแสได้เพื่อไม่ให้ไดโอดเกิดการเสียหาย

นอกจากนี้ข้อเสียอีกประการหนึ่งที่เกิดขึ้นที่วงจรฮาล์ฟเวฟคือ เอาท์พุทของวงจรมีการกระเพื่อม (ripple) สูงมาก คือ บางส่วนของสัญญาณเอาท์พุทจะไม่มีแรงดันปรากฏออกมา บางส่วนจะมีแรงดันปรากฏซึ่งดูเหมือนว่าเอาท์พุทจ่ายไฟในลักษณะที่เป็นพัลส์

<u>วงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์ (Full wave rectifier)</u>

ข้อเสียของวงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์สามารถแก้ไขได้โดยการใช้วงจรที่เรียกว่าวงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์ วงจรเรคติไฟเออร์แบบนี้จำเป็นจะต้องใช้ไดโอดอย่างน้อยสองตัวต่ออยู่ในวงจร เพื่อว่าจะได้ให้ไดโอดเกิดการนำกระแสในแต่ละครึ่งไซเคิลของไฟกระแสสลับ ไดโอดทั้งสองจึงทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายกระแสให้กับความต้านทานโหลดตัวละครึ่งไซเคิลแต่ต้องจ่ายให้ในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นวงจรสามารถจ่ายกระแสไฟตรงได้เรียบและสามารถจ่ายกระแสได้สูงกว่าแบบวงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2-22 วงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์

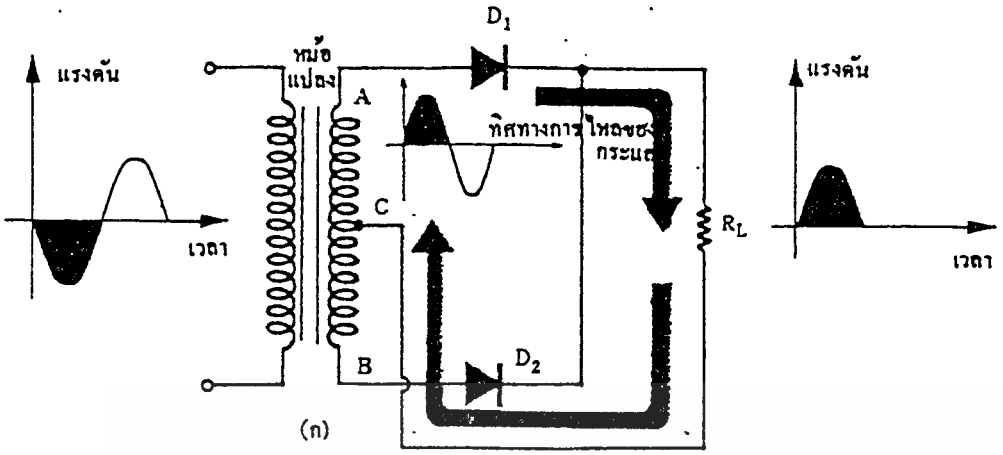
วงจรเบื้องต้นของวงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์แสดงให้เห็นดังรูป เมื่อมีแรงดันไฟสลับป้อนเข้ามาทางด้านขดปฐมภูมิของหม้อแปลง จะเกิดแรงดันขึ้นทางด้านขดทุติยภูมิ คือขั้ว A และ B เนื่องจากจุด C เป็นจุดกึ่งกลางของขดทุติยภูมิ ดังนั้นแรงดันไฟครึ่งหนึ่งจึงเกิดขึ้นที่ขั้ว AC และอีกครึ่งหนึ่งจะปรากฏขึ้นที่ขั้ว CB และแรงดันระหว่างขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิจะมีเฟสตรงข้ามกัน คือ ต่างเฟสกัน 180^0

การทำงานของวงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์พออธิบายได้ดังนี้คือ เมื่อพิจารณาแรงดันที่ขั้ว AC และ BCจะเห็นว่าแรงดันทั้งสองต่างเฟสกัน 180^0 จึงทำให้เกิดการนำกระแสของไดโอดทีละตัวดังแสดงในรูประหว่างแรงดันไฟครึ่งสัญญาณที่เป็นลบเข้าที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงทางด้านขดทุติยภูมิก็จะเกิดศักดาไฟฟ้าที่จุด A มีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับศักดาไฟฟ้าที่จุด B และศักดาไฟฟ้าที่จุด C มีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับ B หรือศักดาที่ B จะมีค่าเป็นลบเมื่อเทียบกับ C นั้นเอง ดังนั้นไดโอด D1 จะนำกระแสได้ ส่วนไดโอด D2 จะไม่นำกระแสจึงมีกระแสไหลผ่าน D1 ตามวงจรที่แสดงดังรูป ดังนั้นจะเกิดแรงดันคร่อมโหลดตามจำนวนของกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน โหลดเกิดเป็นแรงดันครึ่งลูกทางบวก

ระหว่างแรงดันไฟในครึ่งไซเคิลต่อมาคือ เมื่อครึ่งไฟบวกเข้าที่อินพุททางด้านขดปฐมภูมิ ศักดาไฟฟ้าที่จุด B จะมีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับ A หรือ C และศักดาไฟฟ้าที่ C จะมีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด A ดังนั้นไดโอด D2 จะนำกระแสไฟฟ้าได้ ส่วนไดโอด D1 จะไม่นำกระแสไฟฟ้า เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจรตามที่เขียนไว้ ดังรูป ค่าแรงดันเอาท์พุทจะได้อีกครึ่งไซเคิลทางบวก การไหลของกระแสผ่านตัวต้านทาน R_L จะไหลไปในทิศทางเดียวกันกับในตอนแรก

ดังนั้นวงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์จะให้แรงดันไฟที่เอาท์พุททุก ๆ ครึ่งไซเคิลของแรงดันไฟสลับ ค่าเฉลี่ยแรงดันเอาท์พุทจึงมีค่าเป็นสองเท่าของแรงดันไฟตรงที่ได้จากวงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์ ค่าแรงดันเอาท์พุทมีค่าเป็น 0.637 เท่าของแรงดันไฟสูงสุด หรือ

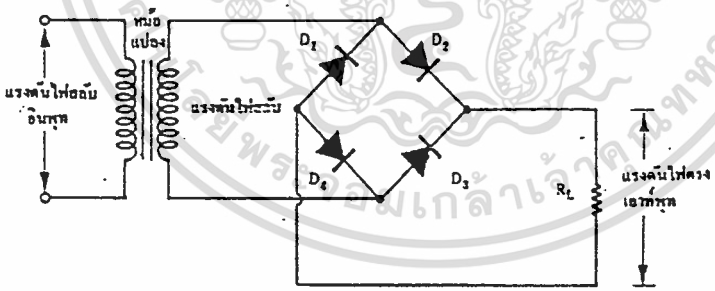
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2-23 วงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์

<u>วงจรบริดจ์เรคติไฟเออร์</u>

วงจรที่ให้สัญญาณออกเป็นรูปฟูลเวฟ อีกแบบหนึ่งคือวงจรบริดส์เรคติไฟเออร์ แรงดันไฟสลับจะต่อเข้าที่สองมุมของวงจรบริดจ์ และเอาท์พุทจะถูกนำออกที่สองมุมที่เหลือดังวงจรในรูป



รูปที่ 2-24 วงจรบริดจ์เรคติไฟเออร์

ในแต่ละครึ่งไซเคิลของวงจรอินพุทสมมติว่าเมื่อขั้วบนของหม้อแปลงมีค่าเป็นบวก และขั้วล่างมีค่าเป็นลบหรือครึ่งไซเคิลลบถูกป้อนเข้าทางขดทุติยภูมิของหม้อแปลง ไดโอด D2 และ D4 จะอยู่ในลักษณะไบแอสตรง ดังนั้นกระแสจึงไหลครบวงจรจากขั้วบนของหม้อแปลงผ่านไดโอด D2 ความต้านทานโหลด ไดโอด D4 แล้วกลับเข้าขั้วล่างของหม้อแปลง และเมื่อแรงดันไฟสลับเปลี่ยนข้างมาเป็นบวกที่ขั้วล่าง และเป็นลบที่ขั้วบนของขดทุติยภูมิการนำกระแสของไดโอดจะเป็นไปโดยเริ่มจากจุดล่างของหม้อแปลงผ่านไดโอด D3 ความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
037210

โหลด ไดโอด D1 กลับขั้วบนของหม้อแปลง ทิศทางแรงดันคร่อมโหลดจะมีทิศทางเดียวกันกับตอนแรกคือ มีทิศบวกอยู่ข้างบน ดังนั้นการนำกระแสของไดโอดจะเกิดกลับกันทีละสองตัว คือ D2 กับ D3

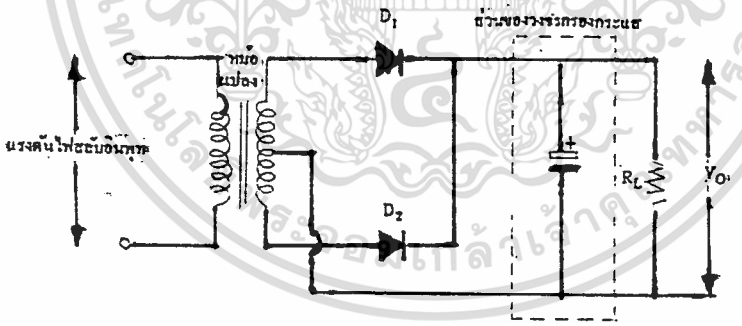
วงจรกรองแรงดันหรือฟิลเตอร์ (Filter)

การเปลี่ยนค่าแรงดันไฟสลับที่อินพุทให้เป็นค่าแรงดันไฟสลับที่อินพุทให้เป็นค่าแรงดันไฟตรงที่เอาท์พุท ค่ากระเพื่อมของแรงดันไฟตรงที่เอาท์พุทที่กระเพื่อมไปจากค่าแรงดันไฟเฉลี่ยหรือแรงดันไฟตรงเรียกว่า ริปเปิ้ล ในวงจรฮาล์ฟเวฟเรคติไฟเออร์ ความถี่ของแรงดันริปเปิลมีค่าเท่ากับความถี่ของแรงดันไฟกระแสสลับอินพุท ทั้งนี้เพราะสัญญาณฮาล์ฟเวฟให้ลูกคลื่น 1 ลูก ทุก ๆ หนึ่งไซเคิลของแรงดันไฟสลับอินพุท ในวงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์ความถี่ของแรงดันริปเปิลจะมีค่าเป็นสองเท่าของแรงดันไฟสลับอินพุท นั่นคือถ้าความถี่ของไฟสลับอินพุทมีค่า 50 Hz ด้วยส่วนของวงจรฟูลเวฟจะเป็น 100 Hz

เครื่องมืออิเลคทรอนิกส์ตลอดจนวงจรส่วนใหญ่ต้องการไฟตรงที่ราบเรียบเลี้ยงวงจร ดังนั้นเอาท์พุทที่ออกจากวงจรเรคติไฟเออร์จึงยังไม่สามารถที่จะป้อนเลี้ยงวงจรเครื่องมือต่าง ๆ ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องผ่านวงจรกรองแรงดันหรือฟิลเตอร์ ทำให้แรงดันไฟตรงที่จะจ่ายออกมีค่าราบเรียบพอเพียงกับการนำไปเลี้ยงวงจร

การกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ (Capacitor filter)

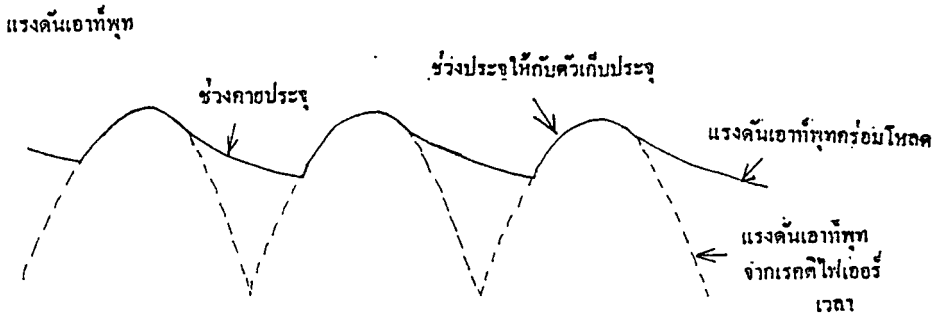
แรงดันริปเปิลมีผลเสมือนกับการจ่ายกระแสโหลดเป็นรูปพัลส์ แรงดันริปเปิลนี้สามารถทำให้ลดลงได้ถ้ามีพลังงานบางส่วนที่เอาท์พุทถูกเก็บไว้พร้อมที่จะจ่ายออกเมื่อถึงจังหวะที่ไม่มีพลังงานจ่ายออกจากตัวเรคติไฟเออร์ ซึ่งหลักการนี้เป็นหลักการเบื้องต้นของวงจรกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2-25 วงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ

วงจรกรองแรงดันแบบนี้ประกอบด้วยตัวเก็บประจุต่อเชื่อมคร่อมเอาท์พุท ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เก็บประจุไว้ในตัวมัน ในขณะที่แรงดันเอาท์พุทเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุจะมีค่าสูงสุดด้วย เมื่อแรงดันเอาท์พุทลดลงมาเป็นศูนย์ ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่ช่วยจ่ายประจุให้โหลดทำให้แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งแรงดันเอาต์พุทของเรคติไฟเออร์มีค่ามากกว่าก็ประจุเข้าไปยังตัวเก็บประจุอีกครั้งเป็นเช่นนี้เรื่อยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-26รูปลักษณะแรงดันเอาท์พุท มี C เป็นตัวกรองแรงดันของวงจรฟูลเวฟ

รูปที่ 2-27แรงดันเอาท์พุทของวงจรกรองแรงดันของวงจรฮาล์ฟเวฟ

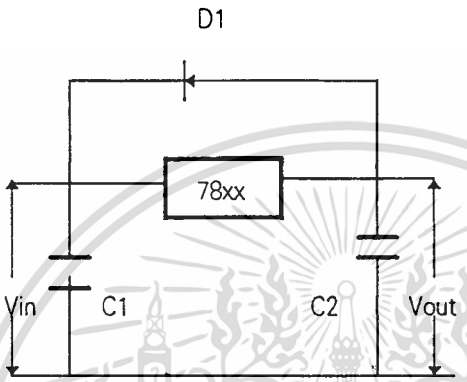
<u>โวลต์เตจน์เรกูเลเตอร์ (Voltage Regulator)</u>

วงจรโวลต์เตจเรกูเลเตอร์ คือวงจรจ่ายกำลังงานไฟฟ้าในรูปแรงดันไฟฟ้าโดยการปรับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดให้อยู่ ในระดับที่ต้องการมีคุณสมบัติเหมาะแก่การใช้งาน ในงานที่ต้องการระดับแรงดัน DC คงที่มาก ๆ นั้นจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการรักษาระดับแรงดัน คือ โวลเตจเรกูเรเตอร์ ต่อร่วมด้วยซึ่งโวลต์เตจเรกูเลเตอร์จะรักษาระดับแรงดันเอาต์พุทได้คงที่ โดยไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงกระแสโหลดและแรงดันอินพุทในช่วงที่กำหนดไว้

วงจรโวลเตจเรกูเลเตอร์จะถูกจัดทำอยู่ในรูปของวงจรรวมหรือ IC ในปัจจุบัน IC ที่ใช้งานเป็นโวลต์เตจเรกูเลเตอร์มีอยู่มากมาย ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป คือ IC ในตระกูล 78XX โดยที่ XX สองตัวหลังจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวระบุค่าของแรงดันเอาท์พุท 7805 จะมีค่าแรงดันเอาต์พุทเป็น 5 V เบอร์ 7812 ให้แรงดันเอาต์พุทเป็น 12 V เป็นต้น IC ตระกูลนี้มีวงจรจำกัดกระแสภายในตัว เพื่อป้องกันกระแสโหลดมากเกินขีดจำกัด ซึ่งจะทำให้ IC หรืออุปกรณ์อื่นในวงจรเสียหายได้ วงจรที่ใช้งานโดยทั่วไปดังรูป 2-5 โดย C1 เป็นตัวกรองความถี่ C2 เป็นโหลด และเป็นตัวบายพาสความถี่สูงทิ้ง ไดโอด D1 เป็นตัวป้องกันในกรณีที่อินพุทถูกช้อตลงกรานด์ หรือเมื่อเลิกการป้อนกระแส C2 จะยังคงมีประจุอยู่เต็มจะเกิดแรงดันย้อนกลับ (Reverse Voltage) ตกคร่อมตัวเรกูเลเตอร์ ซึ่งถ้ามีค่ามากเกินไปก็อาจทำให้ IC เสียหายได้ D1 จะช่วยให้ประจุดิสชาร์ต (Discharge) ผ่านตัวมันไป



รูปที่ 2-28 แสดงวงจรที่ใช้งานทั่วไป

ไอซี 555

หลักการเบื้องต้นของไอซี 555

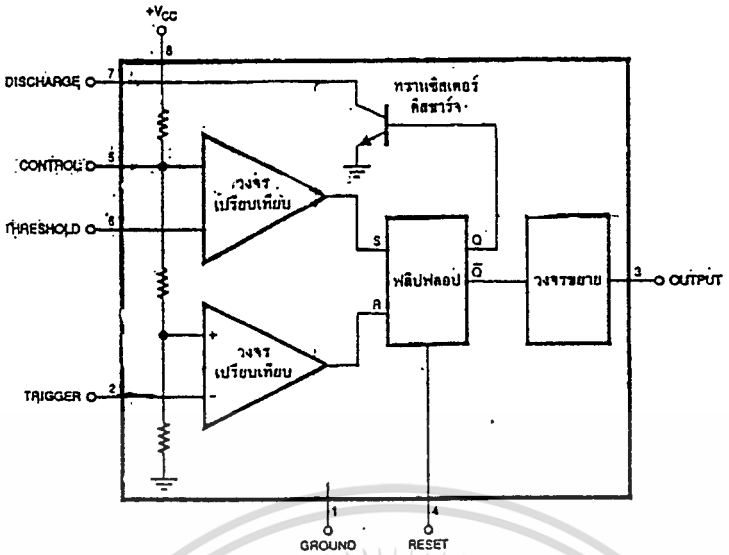
ไอซี555 ถูกสร้างขึ้นในปี1972 โดยถูกกำหนดลักษณะหน้าที่หลักเป็นไอซีตั้งเวลา (timer) สามารถใช้งานได้ 3 โหมดคือโมโนสเตเบิล (monostable) อะสเตเบิล (astable) หรือวงจรออสซิลเลเตอร์และหน่วงเวลา (time delay) 555 ต้องการไฟเลี้ยงในย่าน 4.5 - 16โวลต์

ในรูปที่ 1 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานภายในของไอซี 555 ในส่วนอินพุทประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียบ 2 ชุดซึ่งสร้างขึ้นโดยใช้อุปกรณ์จพวกออปแอมป์ที่มีความเร็วสูงพิเศษต่ออยู่กับตัวต้านทานภายในไอซีเพื่อกำหนดแรงดันอ้างอิงที่จะใช้ในการเปรียบเทียบจุดเทรชโฮลของวงจรเปรียบเทียบ (หรือจุดทำงานของวงจรเปรียบเทียบ)อยู่ที่ระดับ 2/3 V_{cc} หรือ 0.67 V_{cc} ในขณะที่วงจรเปรียบเทียบที่ขาทริกเกอร์จะมีระดับอ้างอิงอยู่ที่ 1/3 V_{cc}

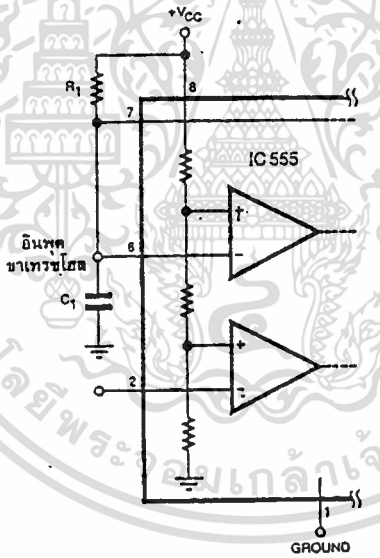
ส่วนถัดมาเป็น R-S ฟลิปฟลอปซึ่งจะได้รับสัญญาณให้เซตและรีเซตจากวงจรเปรียบเทียบซึ่งสัญญาณที่ได้จาก R-S ฟลิปฟลอปจะถูกขยายให้แรงขึ้นก่อนส่งออกไปยังขา 3 หรือขาเอาต์พุต

ที่ขาอินพุตเทรชโฮล จะต่อกับตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายนอก จัดเป็นวงจรคาบเวา RC ซึ่งตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อนี้จะเป็นตัวกำหนดคาบเวลาและความถี่ของสัญญาณเอาท์พุท ดังแสดงการต่อตัวต้านทานละตัวเก็บประจุให้แก่ 555 ตามรูปที่ 2-30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-29 บล็อกไดอะแกรมภายในของไอซี 555



รูปที่ 2-30 การต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อทำให้ไอซี 555ทำงานได้

เมื่อเริ่มทำงานตัวเก็บประจุจะทำการประจุแรงดัน เมื่อแรงดันที่ขาอินพุทเทรชโฮลสูงถึง 2/3 ของไฟเลี้ยง ไอซีวงจรเปรียบเทียบภายในไอซีจะทำงานส่งผลให้ฟลิปฟลอปเซต เมื่อฟลิปฟลอปเซต ทรานซิสเตอร์ดิสชาร์จจะทำงานและทำการคายประจุตัวเก็บประจุ ถึงตรงจุดนี้เอาท์พุทของ 555 จะตกลงเป็น “0” และเมื่อตัวเก็บประจุคายประจุ แรงดันที่ขาอินพุทเทรชโฮลจะลดลง เมื่อลดลงถึงระดับ 1/3 ของไฟเลี้ยง วงจรเปรียบเทียบจะหยุดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาน ฟลิปฟลอปก็จะรีเซต ทรานซิสเตอร์ดิสชาร์จก็จะหยุดทำงานด้วยทำให้ เอาต์พุทของไอซีกลับมาเป็น "1" อีกครั้ง

555 กับวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

ตามรูป ที่ 2-30 เป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (monostable multivibrator) ที่ใช้ไอซี 555 หากขาอินพุททริกเกอร์ (ขา 2) มีแรงดันสูงเกือบเท่า V_{cc} จะทำให้ 555 ทำงานในรูปแบบของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ทันที ดังนั้นในวงจรโมโนสเตเบิลต้องป้อนสัญญาณที่ขาทริกเกอร์ให้มีระดับต่ำกว่า 1/3 V_{cc}

เมื่อขาทริกเกอร์มีระดับแรงดันต่ำกว่า 1/3 V_{cc} ฟลิปฟลอปจะรีเซต Q1 ไม่ทำงาน C1 ทำการประจุแรงดันผ่าน R1 และเมื่อ C1 มีระดับแรงดันสูงกว่า 2/3 V_{cc} ฟลิปฟลอปจะทำงาน Q1 จึงทำงานตามทำให้ C1 ต้องคายประจุ ช่วงเวลาที่ C1 ทำการประจุแรงดันอยู่นั้นเอาต์พุทของไอซี 555 จะเป็น "0" คงที่อยู่ตลอดเวลา และจะไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าที่ขาทริกเกอร์จะทำให้ระดับแรงดันต่ำกว่า 1/3 อีกครั้งก็ตาม คาบเวลานี้สามารถคำนวณได้จาก

$$t_M = 1.1\ R_1C_1 \quad \text{วินาที}$$

ถ้าหาก R1 มีค่า 10 กิโลโอห์ม C1 มีค่า 0.01 ไมโครฟารัด วงจรโมโนสเตเบิลนี้จะให้สัญญาณเอาท์พุทมีคาบเวลาเท่ากับ $1.1 * 10*10^{3}*0.01*10^{-6} = 0.11$ มิลลิวินาที

ส่วนความถี่ของวงจรหาได้จากสูตร

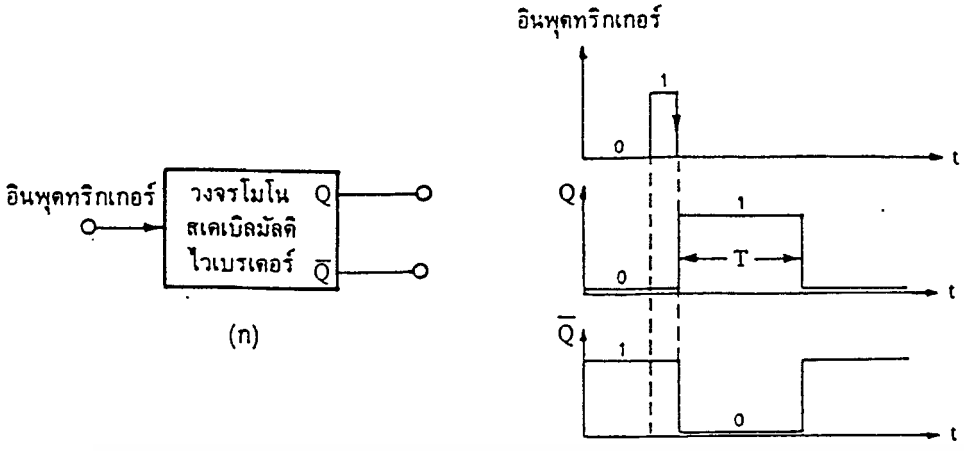
$$f = \frac{1}{1.1\ R1C1}$$

นั้นคือวงจรโมโนสเตเบิลจะให้สัญญาณก็ต่อเมื่อ มีการป้อนสัญญาณเข้ามาที่อินพุทและจะให้สัญญาณที่มีคาบเวลาคงที่แน่นอน แม้จะมีสัญญาณอินพุทป้อนซ้ำมาอีกในขณะที่ทำงานอยู่ก็ตาม

วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นวงจรที่มีความสำคัญมากในการประยุกต์ใช้งานวงจรพัลส์ และสวิทชิ่ง ลักษณะพิเศษของวงจรคือ เมื่อมีสัญญาณมาทริกที่อินพุท เอาท์พุทก็จะเปลี่ยนสถานะและจะรออยู่เป็นเวลาชั่วขณะ จึงกลับเข้าสู่สถานะเดิม จากลักษณะนี้เองจึงอาศัยวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นวงจรตั้งเวลาที่ประยุกต์ใช้งานกันทั่วไป นอกจากนี้วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ยังใช้ในส่วนสำคัญของวงจรเครื่องมือแสดงผลเป็นตัวเลขต่าง ๆเครื่องจ่ายไฟตรงชนิดสวิทชิ่งเรกูเล่เตอร์ วงจรมอดูเลทสัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการสื่อสาร วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (monostable multivibrator) จะมีสถานะทางเอาท์พุทตรงกันข้ามกับสถานะปกติเมื่อมีสัญญาณทริกทางด้านอินพุท ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป ซึ่งเป็นแผนผังของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และสัญญาณอินพุท เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

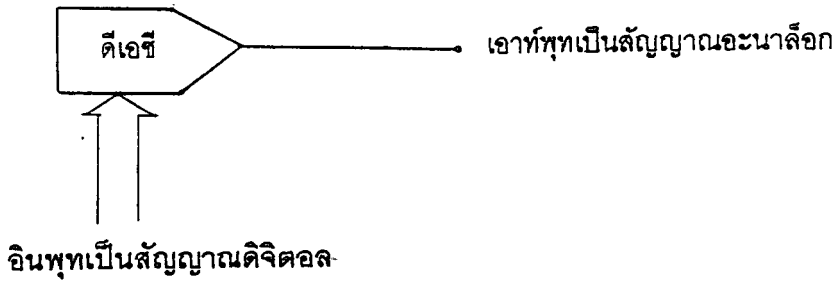


รูปที่ 2-31แสดงแผนผังของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์พร้อมรูปของสัญญาณอินพุทและเอาท์พุท

วงจรดีเอซี

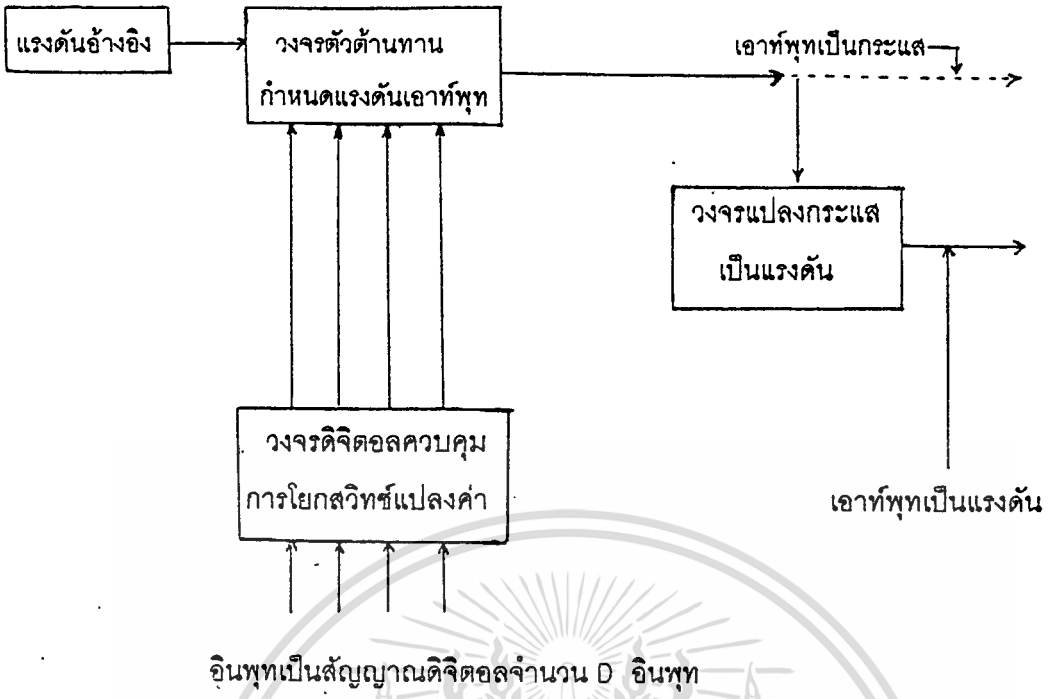
วงจรดีเอซี คือวงจรใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างวงจรดิจิตอลกับวงจรอนาล็อก สัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ ตัวตรวจจับสัญญาณจะเป็นหน่วยเปลี่ยนกระบวนการทางฟิสิกส์ เช่น อุณหภูมิ แรงดัน ความชื้นหรืออื่น ๆ ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปของแรงดัน กระแส หรือ ความต้านทานก็ตาม แต่จะมีความยุ่งยากมากขึ้นหากต้องการเก็บสัญญาณอะนาล็อกไว้ตลอดในช่วงเวลานาน ๆ เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบหรือคำนวณในภายหลัง ตรงกันข้ามคอมพิวเตอร์สามารถทำงานดังกล่าวนี้ได้ดีกว่ามากด้วยสัญญาณดิจิตอล หากเมื่อใดต้องการที่จะนำผลที่ได้จากการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ออกไปควบคุมอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลใด ๆ ที่ใช้สัญญาณอะนาล็อก จำเป็นต้องมีวงจรดีเอซีต่อร่วมด้วยเสมอ

หลักการทำงานของดีเอซี



รูปที่2-32แสดงสัญญลักษณ์ของวงจรดีเอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

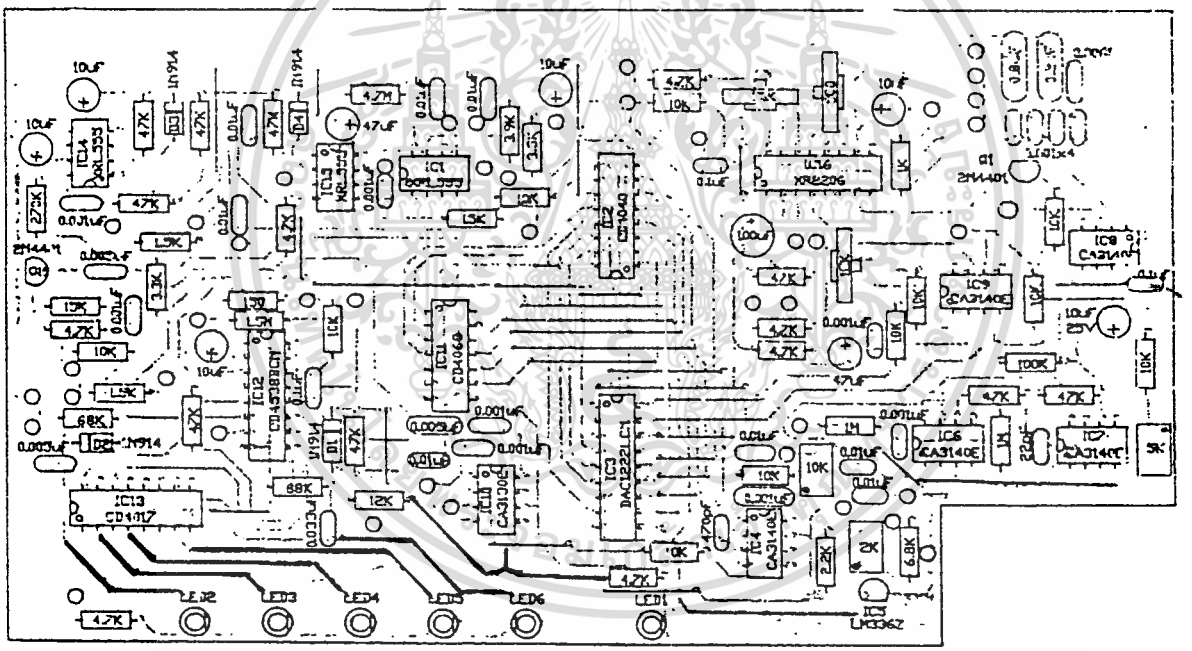


รูปที่ 2-33 แสดงแผนผังของวงจรดีเอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

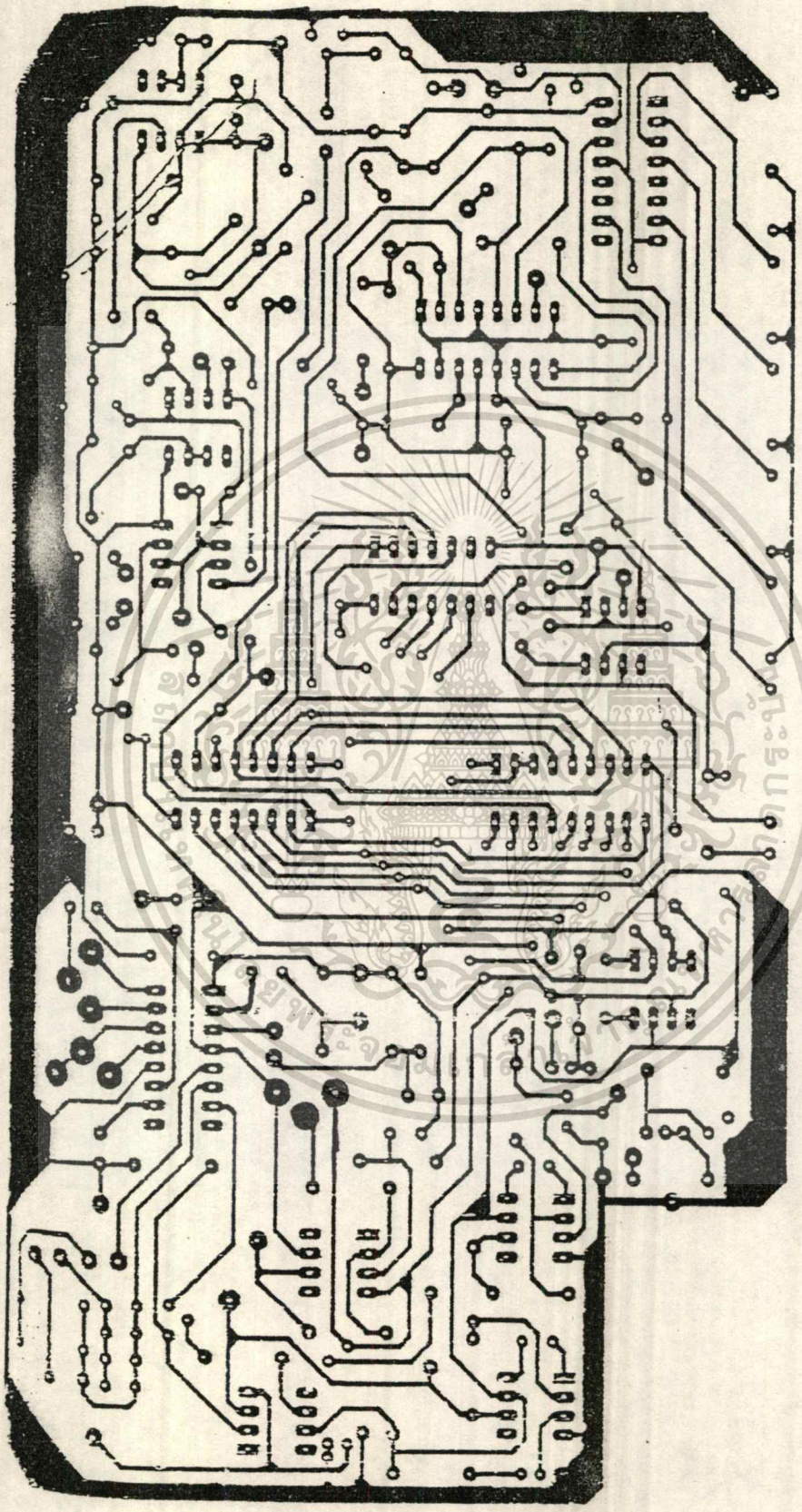
บทที่3
การสร้างวงจรและการทดลอง

ใน ASMG จะมีแผ่น วงจรพิมพ์ 3แผ่นด้วยกัน แผ่น ที่1 เป็นลายวงจรพิมพ์และการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ ประกอบด้วย ส่วนกำเนิดสัญญาณสวีฟและส่วนกำเนิดสัญญาณซายน์ แผ่นที่ 2 ลายวงจรพิมพ์และการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ประกอบด้วย ส่วนนับความถี่และส่วนแสดงผล 7 ส่วน และแผ่นที่ 3 เป็นลายวงจรพิมพ์และการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ ประกอบด้วยส่วนพีคโฮลด์และภาคจ่ายไฟ



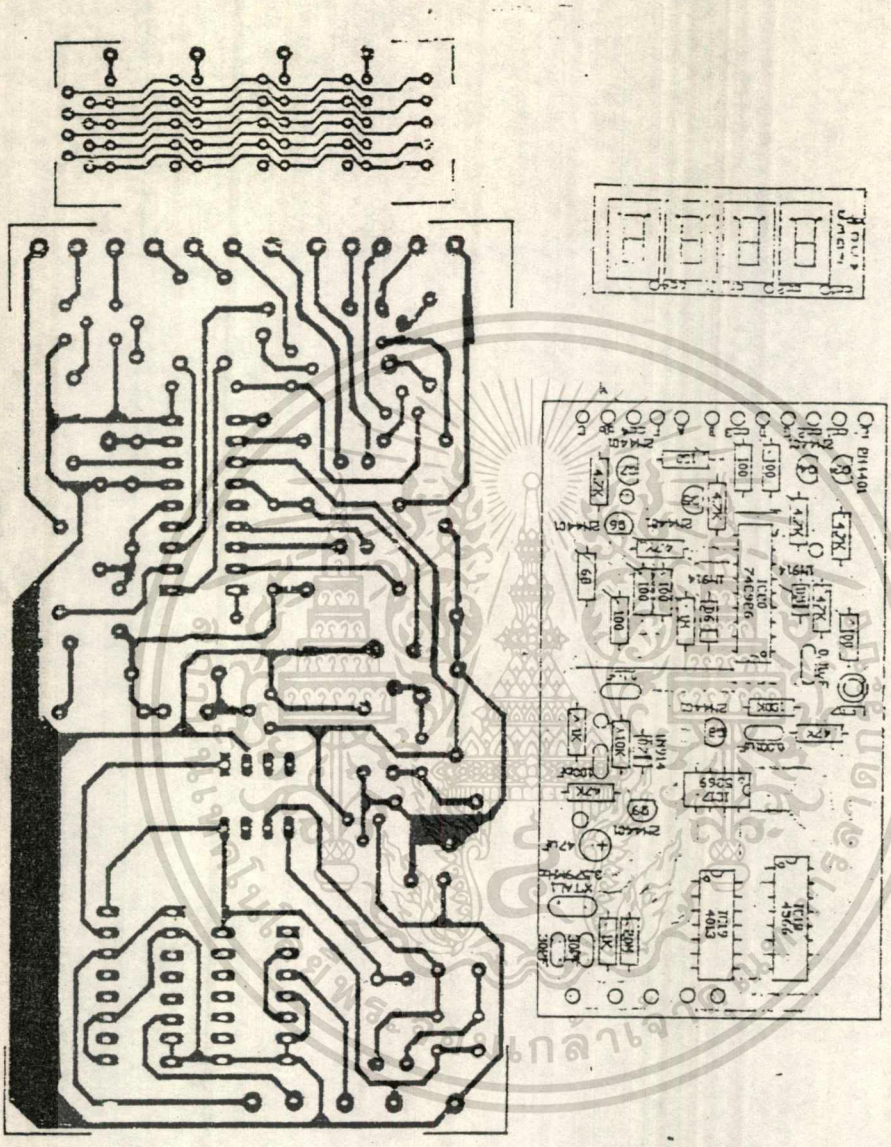
รูปที่ 3-1 การวางอุปกรณ์และแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยส่วนกำเนิดสัญญาณสวีฟส่วนกำเนิดสัญญาณซายน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



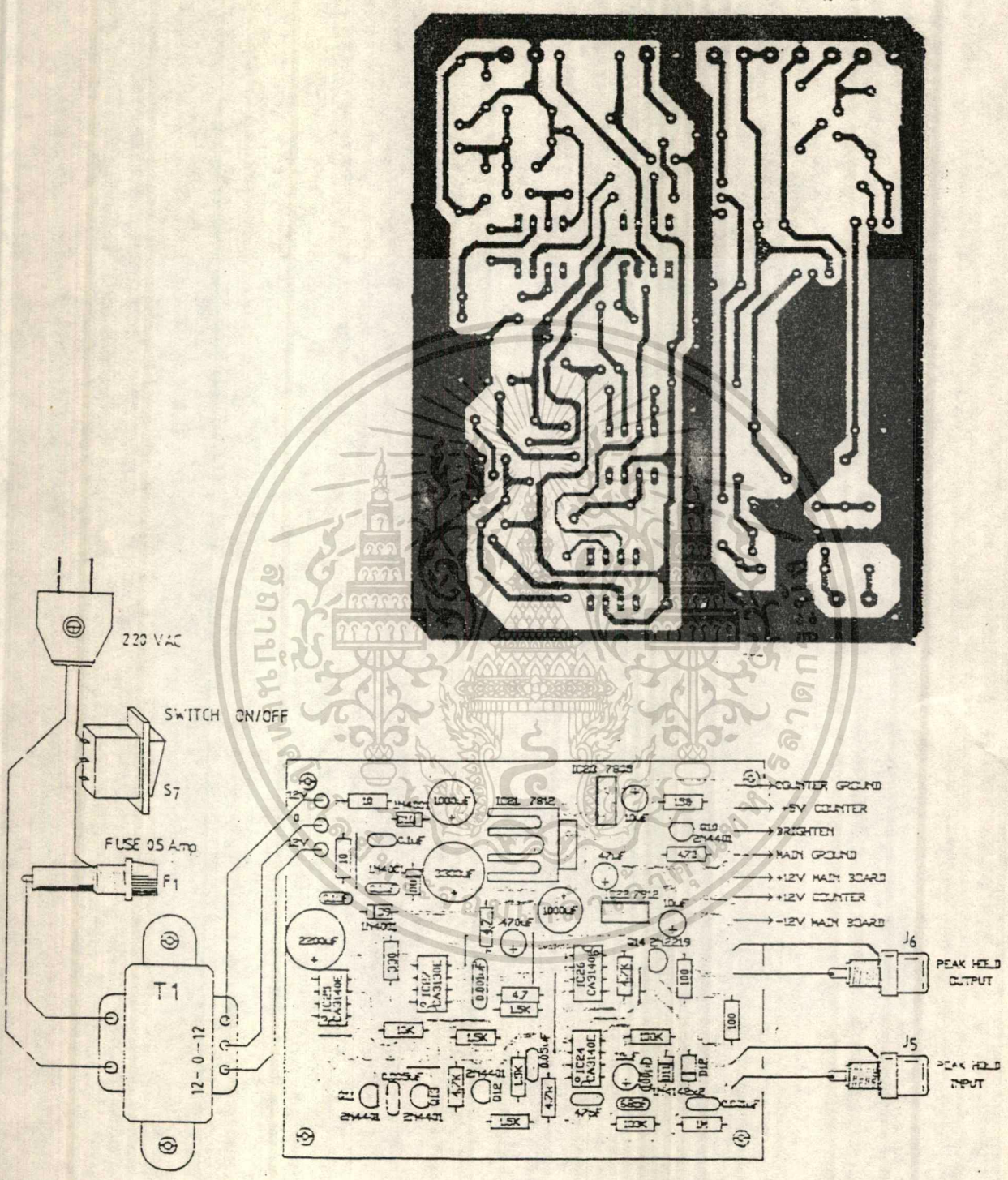
รูปที่ 3-2 แสดงลายทองแดงของส่วนกำเนิดสัญญาณสวีฟ ส่วนกำเนิดสัญญาณซายน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



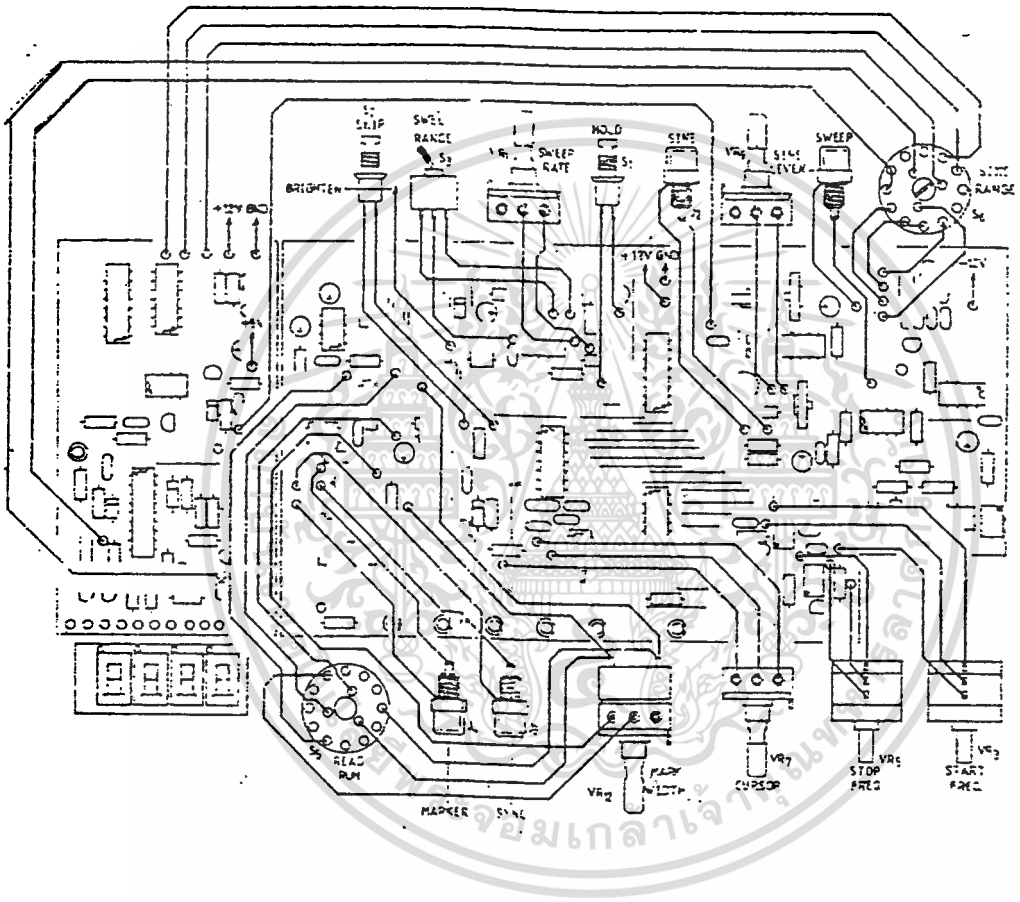
รูปที่ 3-3 แสดง ลายทองแดงและการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นที่ 2 ซึ่งเขียนส่วนนับความถี่และภาค และภาคแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



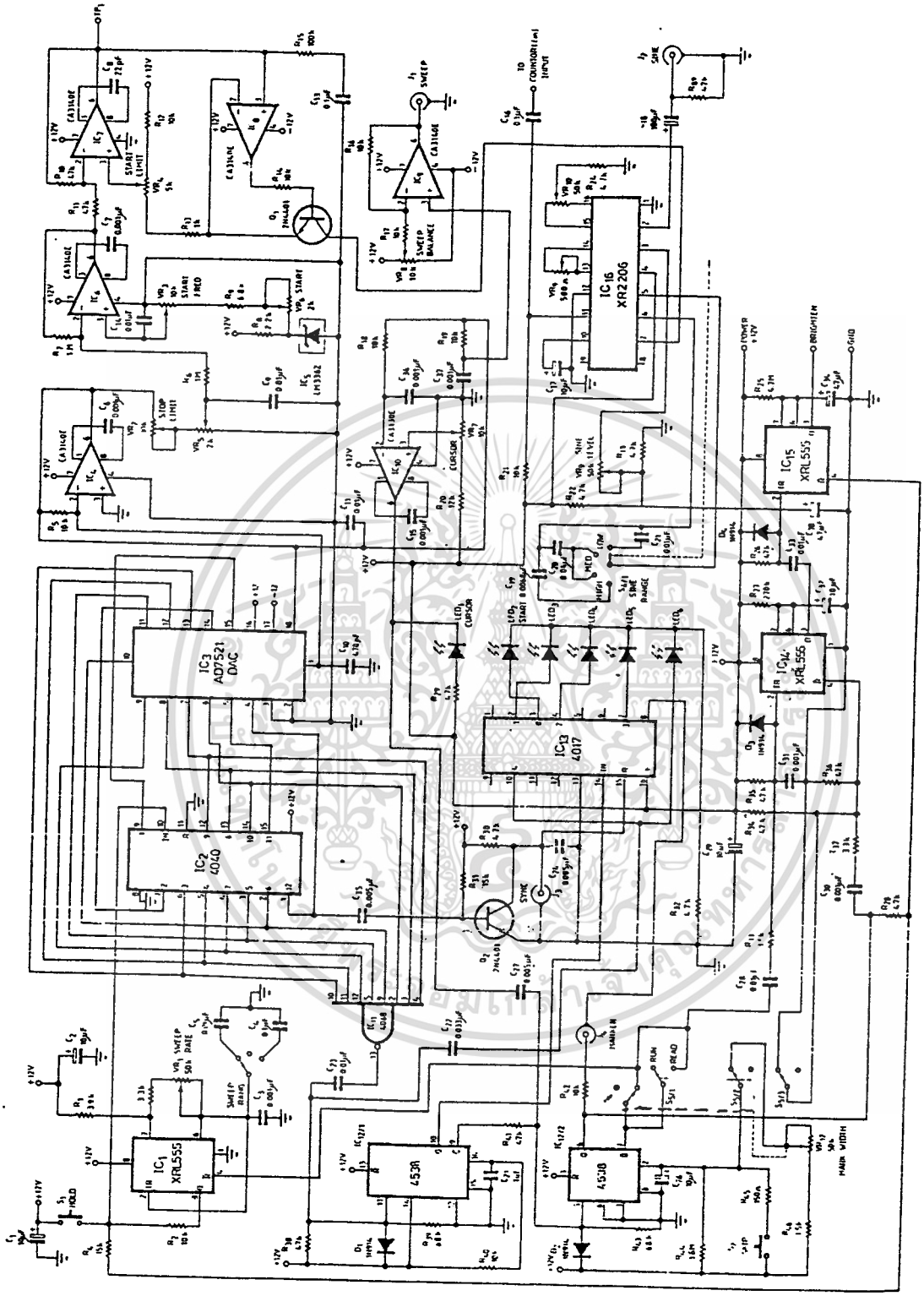
รูปที่ 3-4 ลายทองแดงและการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนพีคโฮลด์และภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



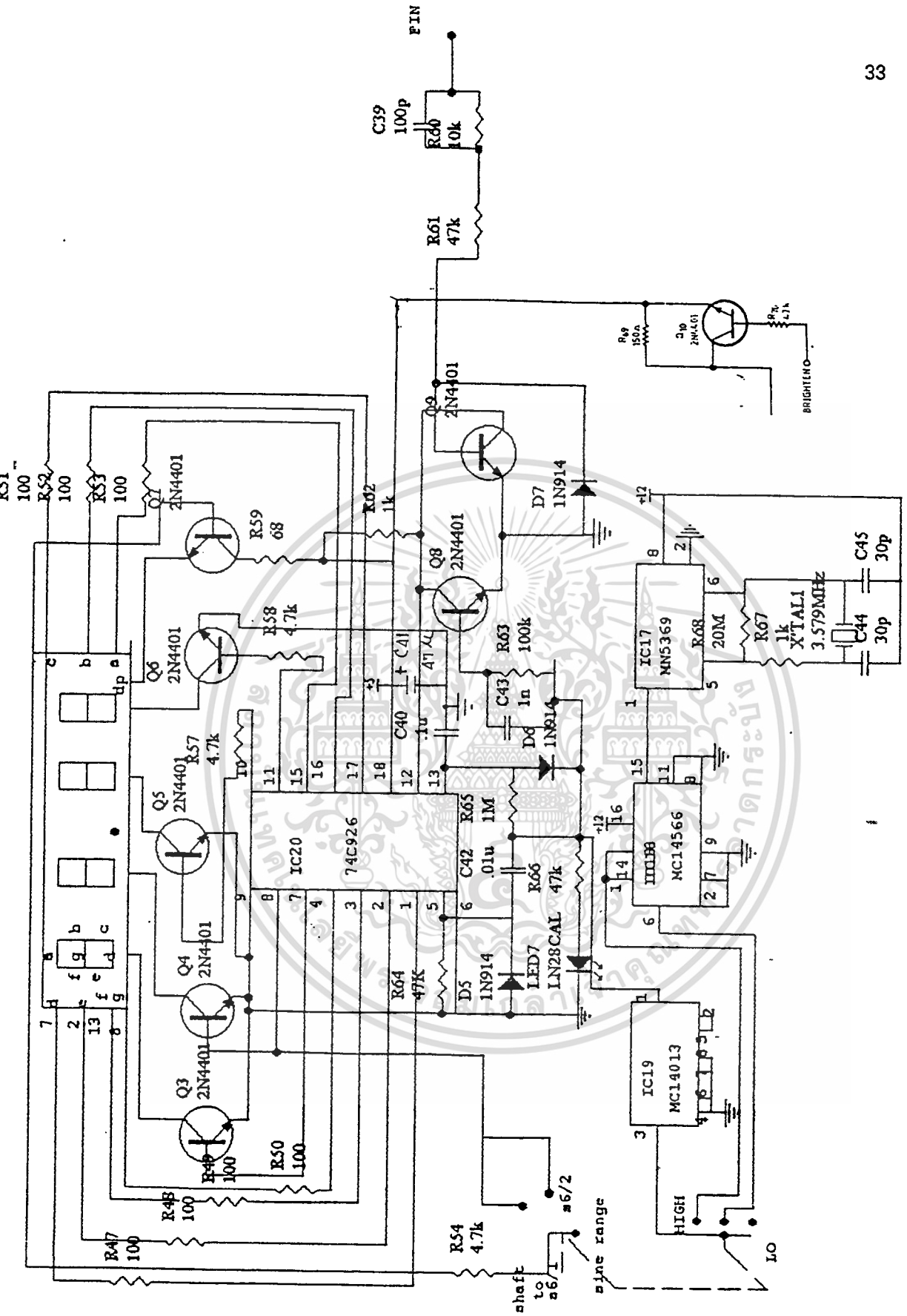
ปที่ 3-5 การเดินสายเพื่อเชื่อมต่อแผ่นวงจรพิมพ์ของออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์ เจเนอร์เรเตอร์และต่อไปยังแจ็ค สวิตช์ ตัวต้านทานปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



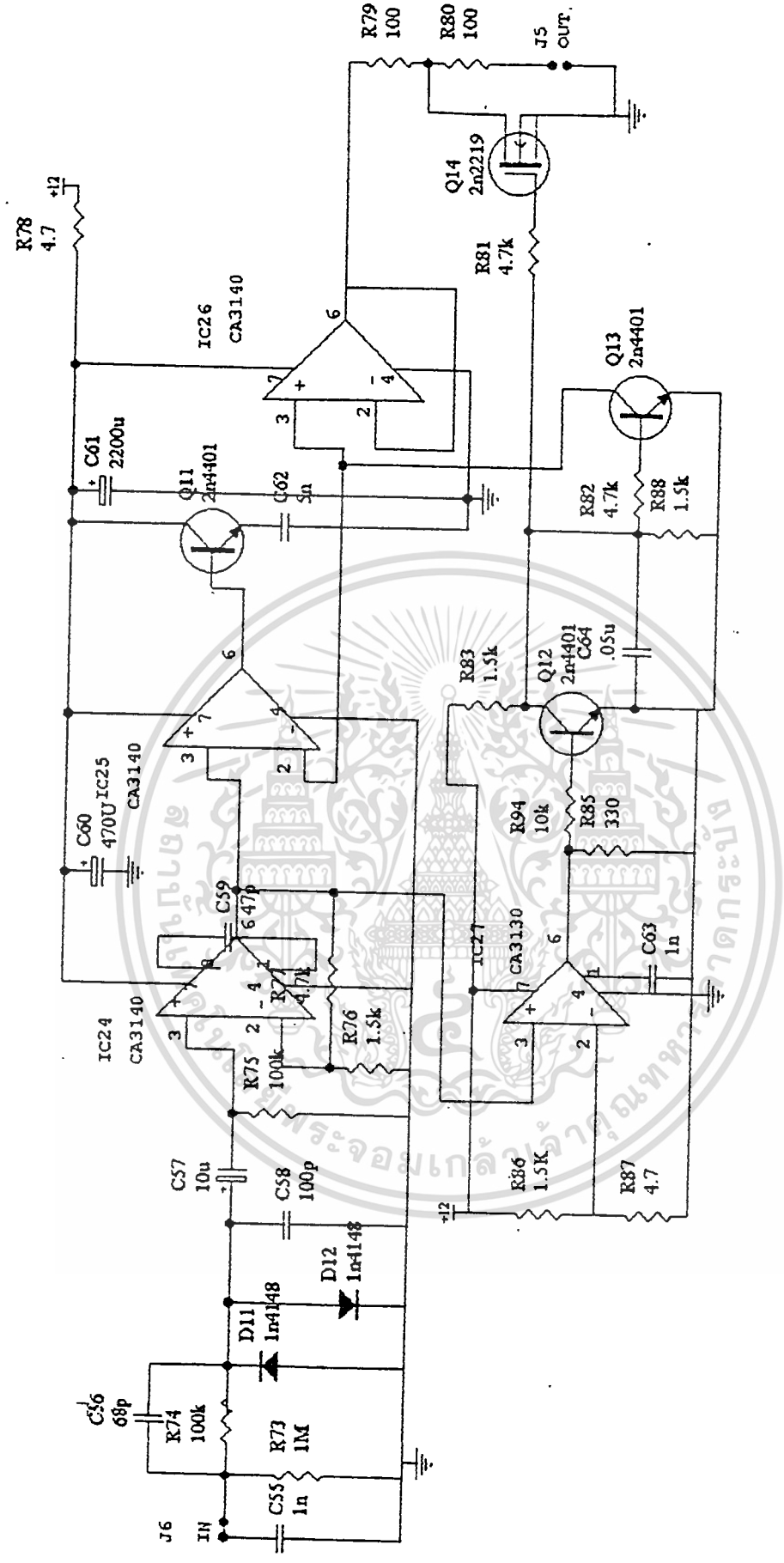
รูปที่ 3-6 แสดงลายวงจรสวีฟและวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



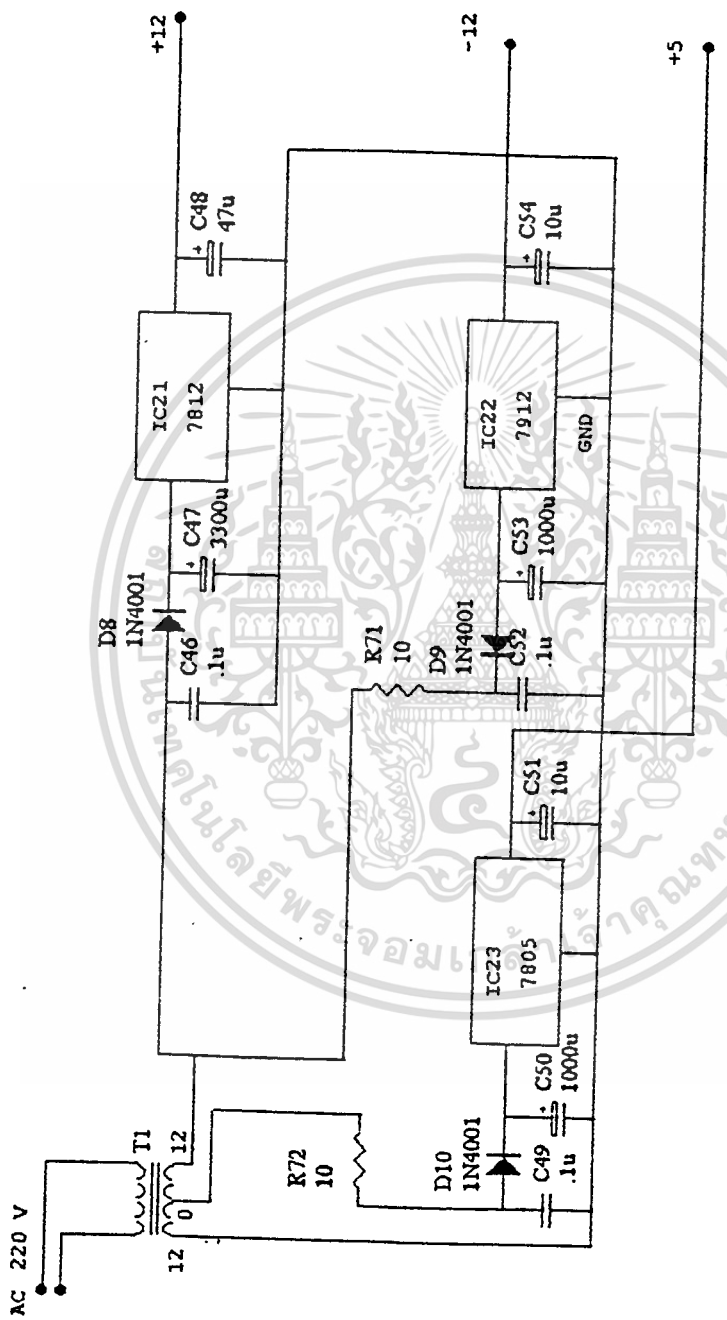
รูปที่ 3-7 แสดงวงจรส่วนนับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-8 แสดงวงจรส่วนพีคโฮลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-9 แสดงวงจรส่วนจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน 1/4วัตต์ 5%

R1	-	3.9 กิโลโอห์ม	1	ตัว
R2,R5 ,R12 ,R14, R16, R19,R21, R40, R42, R60,R84	-	10กิโลโอห์ม	13	ตัว
R3 , R37	-	3.3 กิโลโอห์ม	2	ตัว
R4 ,R31	-	15 กิโลโอห์ม	2	ตัว
R6 ,R7 ,R65,R73	-	1 เมกะโอห์ม	4	ตัว
R8	-	2.2 กิโลโอห์ม	1	ตัว
R9	-	6.8 กิโลโอห์ม	1	ตัว
R10 ,R11,R26 ,R34 -R36, R38,R41 ,R61, R64, R66,R70	-	47 กิโลโอห์ม	12	ตัว
R13,R62 ,R67	-	1 กิโลโอห์ม	3	ตัว
R15 ,R74,R75,R 63	-	100กิโลโอห์ม	4	ตัว
R20	-	12 กิโลโอห์ม	1	ตัว
R22 ,R23 ,R 28-R30 , R32 ,R54 -R58 ,R77,R81,R82,	-	4.7 กิโลโอห์ม	14	ตัว
R25	-	4.7 เมกะโอห์ม	1	ตัว
R27	-	270กิโลโอห์ม	1	ตัว
R33,R46 ,R76 ,R83 ,R86,R88	-	1.5กิโลโอห์ม	6	ตัว
R39 ,R43	-	68 กิโลโอห์ม	2	ตัว
R44	-	1.5 เมกะโอห์ม	1	ตัว
R45,R69	-	150 โอห์ม	2	ตัว
R47 -R58 ,R79, R80	-	100 โอห์ม	9	ตัว
R51	-	68 โอห์ม	1	ตัว
R68	-	20 เมกะโอห์ม	1	ตัว
R71 ,R72	-	10 โอห์ม	2	ตัว
R78 ,R 87	-	4.7 โอห์ม	2	ตัว
R85	-	330 โอห์ม	1	ตัว

ตัวเก็บประจุ

C1,C2,C17,C26,C29,C32,C51,C52,C54,C57	-	10 uF 25 Vอิเล็คทรอไลต์10 ตัว
C3,C6,C7,C15,C30,C31,C36,C37,C43,C55,C63,-		0.001 uF50 V โพลีสไตรีน 11 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C4,C13,C16,C40,C46,C49	-	0.1 uF 50 V โพลีสไตรีน 6 ตัว
C5,C9,C11,C14,C21,C23,C28,C33,C42	-	0.01 uF 50 Vโพลีสไตรีน 9ตัว
C8	-	22 pF 50 V เซรามิก 1ตัว
C10	-	470 pF 50 V เซรามิก 1 ตัว
C18	-	100 uF 50 V อิเล็คทรอไลต์ 1 ตัว
C19	-	0.0068 uF50 Vโพลีสไตรีน 1 ตัว
C20	-	0.04 uF 50 V โพลีสไตรีน 1 ตัว
C22	-	0.033 uF 50 V โพลีสไตรีน 1 ตัว
C24,C27,C62,C62,C64	-	0.0047 uF 50 V โพลีสไตรีน 4 ตัว
C25	-	1 uF 25 V อิเล็คทรอไลต์ 1 ตัว
C34 ,C38 ,C41	-	47 uF 25 V อิเล็คทรอไลต์ 3 ตัว
C39,C58	-	100 pF 50 Vเซรามิก 2 ตัว
C44,C45	-	30 pF 50 V เซรามิก 1 ตัว
C47,C48	-	3300 uF 25 V 2ตัว
C50 ,C53	-	1000 uF 25 V 2 ตัว
C56	-	68 pF 50 V 1 ตัว
C59	-	47 pF 50 V 1 ตัว
C60	-	470 uF 25 V 1 ตัว
C61	-	2200 uF 25 V 1 ตัว

<u>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</u>

D1 - D7 - 1N914	7	ตัว
D8 - D10 - 1N4001	3	ตัว
D11,D12 -1N4148	2	ตัว
LED1-LED7-ไดโอดเปล่งแสง	7	ตัว
DSP1-DSP4 - LTS313 ARแคโทดร่วม	4	ตัว
IC1,IC14 ,IC15 -TLC555 C	3	ตัว
IC2 -4040	1	ตัว
IC3 -AD7521	1	ตัว
IC4,IC16 - IC19 ,IC24 - IC26-CA3140E	8	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC10 , IC27-CA3130E	2	ตัว
IC11- 4068	1	ตัว
IC12 -4538BCP หรือ 4538BCN	1	ตัว
IC13 - 4017	1	ตัว
IC16 - XR2206	1	ตัว
IC17 - MN5369	1	ตัว
IC18 - MC14566	1	ตัว
IC19 - MC14013	1	ตัว
IC20 -74C926	1	ตัว
IC21 - 7812	1	ตัว
IC22- 7912	1	ตัว
IC23 - 7805	1	ตัว
Q1 -Q13-2N4401	13	ตัว
Q14- 2N2219	1	ตัว

<u>อื่น ๆ</u>

F1	ฟิวส์ 0.5 แอมป์	1	ตัว
J1 -J6	แจ็ค RCA	6	ตัว
S1 , S2 -	สวิทช์กดติดปล่อยดับ	2	ตัว
S3	- สวิทช์เลือก3 ทาง	1	ตัว
S4	- สวิทช์เปิดปิดบน VR12		
S5	- สวิทช์เลือก 2 ทาง 3 ชุด	1	ตัว
S6	-สวิทช์เลือก4ทาง 3ชุด	1	ตัว
S7	-สวิทช์เปิด-ปิด	1	ตัว
T1	-หม้อแปลงเข้า 220-0 โวลท์ ออก 12-0-12 โวลท์ 1แอมป์	1	ตัว
VR1, VR9	โวลุ่ม 50 กิโลโอห์มชั้นเดียว	2	ตัว
VR2,VR3	โวลุ่มปรับค่าละเอียด 10 รอบค่า 10 กิโลโอห์ม	2	ตัว
VR4	โวลุ่มปรับค่าละเอียด 10 รอบค่า 5 กิโลโอห์ม	1	ตัว
VR5,VR6	โวลุ่มปรับค่าละเอียด 10 รอบค่า 2 กิโลโอห์ม	2	ตัว
VR7	โวลุ่ม 10 กิโลโอห์มชั้นเดียว	1	ตัว
VR8	ตัวต้านทานปรับค่าแบบเกือกม้าตัวนอน 10 กิโลโอห์ม	1	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VR11 ตัวต้านทานปรับค่าแบบเกือกม้าตัวนอน 50 กิโลโอห์ม 1 ตัว

VR12 โวลุ่มชั้นเดียวมีสวิทช์ค่า 50 กิโลโอห์ม 1 ตัว

ซ้อกเก็ตไอซี,สายไฟ,สายซีลด์,แผ่นวงจรพิมพ์ 3 แผ่น,ลูกบิด,ลวดจัมพ์,แผ่นระบายความร้อน, กล่องเอนกประสงค์

หน้าที่ของปุ่มและสวิตช์ ของ ASMG

POWER : สวิทช์เปิด - ปิด เครื่อง

HOLD : ใช้หยุดการทำงานของเครื่องเมื่อทำงานในโหมด RUN และใช้ในการปรับแต่งเครื่อง

SKIP : ใช้เลื่อนมาร์กเกอร์ ไปอ่านค่าความถี่ ในตำแหน่งที่ต้องการบนรูปสัญญาณ เมื่อทำงานในโหมด READ

SWEEP RANGE : ใช้เลือกความเร็วในการสวีฟ แบ่งเป็น 3 ระดับคือ SLOW , MIDDLE และ FAST

SWEEP RATE ใช้ปรับความเร็วหรืออัตราในการสวีฟอย่างต่อเนื่อง หลังจากเลือกสวิทช์ SWEEP RANGE แล้ว

READ-RUN MODE : เป็นสวิทช์เลือกการทำงานของเครื่อง โดยเมื่อเลือกไปที่ตำแหน่ง READเครื่องจะแสดงค่าความถี่ของมาร์กเกอร์ และเคอร์เซอร์ ในแต่ละจุดบนรูปสัญญาณ โดยมี LED บอกตำแหน่งของค่าความถี่ที่กำลังแสดงผลอยู่บนจอแสดงผล LED ตัวเลข 7 ส่วน ถ้า เลือก ไปที่ตำแหน่ง RUN เครื่องจะทำงานในด้านการสวีฟและกำเนิดสัญญาณความถี่และที่จอแสดงผลจะหรี่ลง

SINE RANGE : ใช้เลือกย่านความถี่ของสัญญาณซายน์ที่เครื่องผลิตขึ้น แบ่งเป็น 3 ย่าน 4 ลักษณะ คือ

LOW . ครอบคลุมความถี่ตั้งแต่ 3-1000 เฮิรตซ์ แสดงค่าของความถี่ที่จอแสดงผบในหน่วยของเฮิรตซ์

MID 1; ครอบคลุมความถี่ 35 - 20000 เฮิรตซ์ แสดงค่าของความถี่ที่จอแสดงผลในหน่วยของเฮิรตซ์

MID 2; ครอบคลุมความถี่ 35 - 20000 เฮิรตซ์ แสดงค่าของความถี่ที่จอแสดงผลในหน่วยของกิโลเฮิรตซ์

HIGH ; ครอบคลุมความถี่ 3-100 กิโลเฮิรตซ์ แสดงค่าของความถี่ที่จอแสดงผลในหน่วยของกิโลเฮิรตซ์

SINE LEVEL ; ใช้ปรับความแรงของสัญญาณซายน์ที่เอาท์พุท SINE

START ; ปรับเลือกค่าความถี่เริ่มต้นของการสวีฟ

STOP ; ปรับเลือกค่าความถี่สุดท้ายของการสวีฟ (นั่นคือปุ่ม START และ STOP ใช้กำหนดขอบเขตของความถี่ในการสวีฟ)

MARK WIDTH ; จะมีสวิตช์ประกอบด้วย1 ตัวเพื่อเลือกการแสดงมาร์กเกอร์บนจอสโคปหรือไม่ และใช้ในการปรับช่วงเวลาการแสดงผลของมาร์กเกอร์

CURSOR;ใช้ปรับเลื่อน"มาร์กเกอร์ ตัวที่6" ซึ่งเรียกว่า "เคอร์เซอร์ " ไปตามจุดต่าง ๆ บนรูปสัญญาณ เพื่ออ่านค่าความถี่

ภายในเครื่องออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์ เจนเนอร์เรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทำงานของวงจร และเครื่องออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์

ASMG แบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือ โหมด READ และ RUN ย่านการสวีฟความถี่จะถูกกำหนดและปรับได้ โดยใน ASMG สามารถปรับได้ 3 ย่านความถี่คือ 3 Hz - 10kHz , 35 Hz- 20 kHz , 3 kHz - 100 kHz ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับได้จากสวิทช์เลือกที่หน้าปัดของเครื่อง และสามารถปรับความถี่ให้ละเอียดด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้แบบหลายรอบบนหน้าปัดเช่นกัน

ในโหมด READ จะมีสิ่งที่ช่วยในการอ่านค่าอยู่ 2 อย่างคือ มาร์กเกอร์และเคอร์เซอร์ กล่าวคือ มาร์กเกอร์ ใน ASMG นี้จะมีมาร์กเกอร์ทั้งสิ้น 5 ตัว โดยลักษณะของมาร์กเกอร์จะเป็นเส้นสว่างบนจอถูกล็อกอยู่กับที่ ทำการแบ่งรูปสัญญาณที่ทำการสวีฟออกเป็นสี่ส่วน ส่วนละ 25 % โดยขอบเขตของมาร์กเกอร์นี้ถูกกำหนดโดยมาร์กเกอร์ที่ 1และ 5 โดยมาร์กเกอร์ที่ 1 จะอยู่บนเส้นซ้ายสุดของเส้นตารางบนจอสโคปส่วนมาร์กเกอร์ที่ 5 จะอยู่บนเส้นขวาสุด ความถี่ในแต่ละช่องบนจอสโคปจะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างจุดสุดท้าย และจุดเริ่มต้นของย่านความถี่และหารด้วย 10

เคอร์เซอร์ก็คือ มาร์กเกอร์แบบหนึ่งนั่นเอง หากแต่สามารถเคลื่อนที่ไปตามจุดต่าง ๆ บนรูปสัญญาณได้ โดยทุกจุดบนรูปสัญญาณที่ เคอร์เซอร์นี้เคลื่อนที่ไป ผู้ใช้สามารถอ่านค่าความถี่ ๆ ได้ทั้งหมด

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของ ASMG ในโหมด READ นี้คือ มันสามารถที่จะเลือกค่าอ่านได้ระหว่างมาร์กเกอร์และเคอร์เซอร์

อีกโหมดการทำงานหนึ่งของ ASMG คือ โหมด RUN กล่าวได้ง่าย ๆ คือในโหมดนี้ ASMG จะทำหน้าที่ สวีฟสัญญาณความถี่ จัดการประมวลผลต่าง ๆ เกี่ยวกับค่าของความถี่ อัตราในการสวีฟเพื่อให้ได้ผลออกมาเตรียมอ่านหรือแสดงผลในโหมด READ

การสวีฟความถี่ของ ASMG ในโหมด RUN จะทำการสวีฟสัญญาณไปตลอดย่านความถี่ที่ผู้ใช้เลือก ซึ่งจะมีค่าความผิดพลาดในการสวีฟความถี่เพียง 0.4 % เท่านั้น แต่ถ้าหากความถี่สูงกว่า 100 กิโลโอห์ม แล้วความผิดพลาดจะเพิ่มขึ้นเป็น 12 % อัตราการสวีฟสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 50 มิลลิวินาที - 30 วินาที

สำหรับในโหมด RUN นี้ทั้งมาร์กเกอร์และเคอร์เซอร์ก็ยังต้องมีความเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเช่นกันในโหมด READ มาร์กเกอร์จะไม่ปรากฏบนจอสโคปขณะที่กำลังสวีฟสัญญาณ แต่ถ้าหากเกิดโอเวอร์ชู้ตขึ้นในขณะสวีฟสัญญาณ อาจปรากฏมาร์กเกอร์ได้ชั่วขณะ แต่ถ้าหากใช้งานในย่านความถี่สูงปัญหานี้จะไม่เกิดขึ้น ส่วนเคอร์เซอร์ในโหมด RUN ก็ยังสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งของมันได้เช่นเดียวกับในโหมด READ

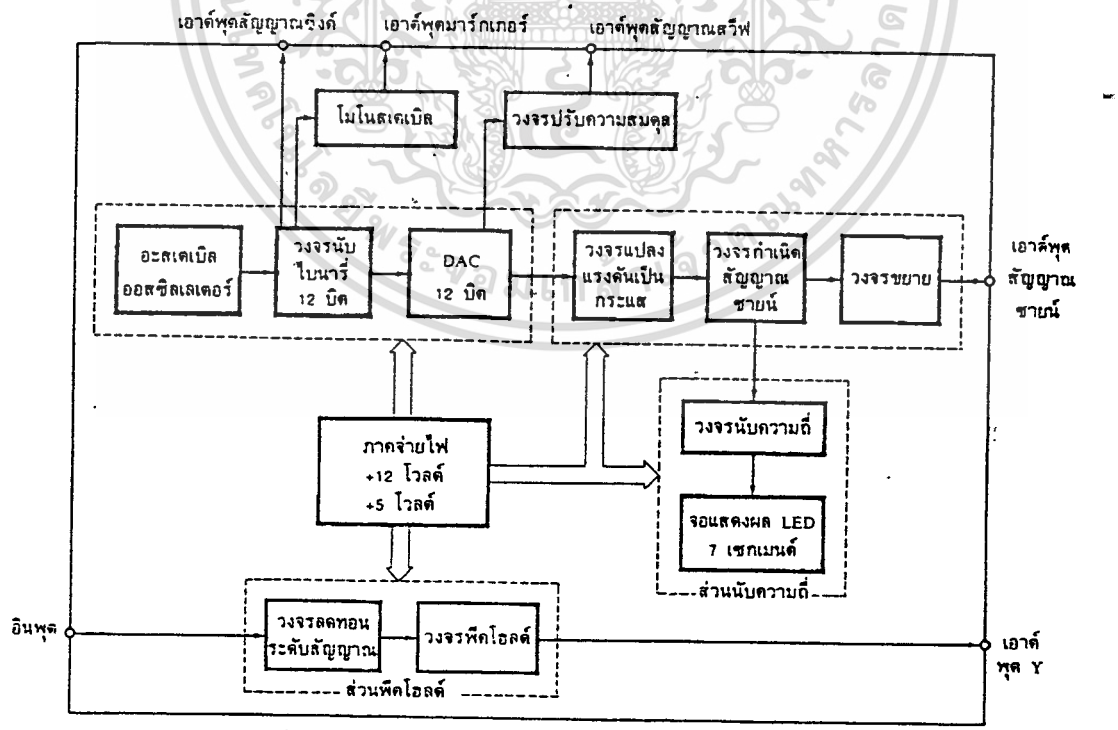
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASMG จะให้เอาท์พุทออกมาเป็นสัญญาณรูปฟันเลื่อยที่จุดสวีฟเอาท์พุทและให้สัญญาณซายน์ที่จุดซายน์เอาท์พุทมีขนาดตั้งแต่ 10 mV_{p-p} - V_{p-p} แล้วแต่การควบคุม และภายในเครื่องเองยังมีทริมเมอร์เพื่อช่วยในการปรับรูปร่างของสัญญาณซายน์อีกสองตัวด้วย โดยช่วยทำให้เกิดความเพี้ยนฮาร์โมนิกน้อยกว่า 0.5 %

อินพุท - เอาท์พุทของ ASMG

ASMG มีจุดต่อสัญญาณ 6 จุดแบ่งเป็น 1 อินพุท และ 5 เอาท์พุท ดังต่อไปนี้

1. อินพุทสำหรับรับสัญญาณจากเอาท์พุทของวงจรขยายหรือวงจรกรองความถี่
2. เอาท์พุทสัญญาณซายน์ (sine output)
3. เอาท์พุทสัญญาณสวีฟ (sweep output)
4. เอาท์พุทสัญญาณซิงค์ (sync output)
5. เอาท์พุทมาร์กเกอร์ (marker output)
6. เอาท์พุทของเครื่อง ASMG สำหรับต่อเข้ากับอินพุท Y ของสโคป



รูปที่ 4-1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>บล็อกไดอะแกรมการทำงาน</u>

ในรูปที่ 4-1 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของ ASMG ที่เราจะทำการสร้างขึ้น แบ่งเป็น 5 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนกำเนิดสัญญาณสวีฟ ส่วนนับความถี่ ส่วนกำเนิดสัญญาณซายน์ ส่วนพีคโฮลด์ และภาคจ่ายไฟ

ส่วนกำเนิดสัญญาณสวีฟ จะส่งสัญญาณรูปฟันเลื่อย (sawtooth) เข้าไปยังส่วนกำเนิดสัญญาณซายน์ โดยสัญญาณสวีฟที่เกิดขึ้นนี้ได้มาจากวงจรอะสเตเบิ้ล ออสซิลเลเตอร์มาเข้าวงจรนับ 12 สเตจ เอาท์พุทจากวงจรนับซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอล จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณอะนาลอกโดยวงจร DAC (Digital to Analog Converter) 12 บิท เอาท์พุทของ DAC 12 บิท จะถูกส่งเข้าไปยังวงจรปรับความสมดุลย์เพื่อให้ได้สัญญาณสวีฟส่งออกไปยังอินพุท X ของสโคป

นอกจากนั้นสัญญาณที่เป็นแรงดันจะถูกเปลี่ยนเป็นกระแส เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ เอาท์พุทจากวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ จะถูกขยายก่อนส่งออกไปที่เอาท์พุทสัญญาณซายน์

เอาท์พุทจากวงจรนับไบนารี 12 บิท ที่ตำแหน่ง 12 อันเป็นจุดครบรอบการนับพอดี ถูกนำใช้เป็นสัญญาณซิงค์ และสัญญาณจากวงจรนับนี้ยังส่งเข้าไปควบคุมวงจรโมโนสเตเบิล เพื่อกำเนิดสัญญาณมาร์กเกอร์ออกมายังเอาท์พุทมาร์กเกอร์ ด้วย

ส่วนนับความถี่จะนับความถี่ของสัญญาณ ณ ตำแหน่งที่มาร์กเกอร์ หรือเคอร์เซอร์หยุดอยู่ ในขณะที่วงจรนับกำลังทำงาน จอแสดงผลตัวเลขซึ่งเป็น LED 7 เซ็กเมนต์ จะหรี่ลง และเมื่อนับความถี่เสร็จเรียบร้อยแล้ว จอแสดงผลก็จะสว่างขึ้นพร้อมกับแสดงค่าความถี่ออกมา

สำหรับในส่วนพีคโฮลด์ จะประกอบด้วย วงจรลดทอนสัญญาณเพื่อป้องกันความเสียหายอันอาจเกิดแก่อุปกรณ์ภายในเครื่อง ถ้าสัญญาณอินพุทเข้ามาแรงเกินไปและวงจรพีคโฮลด์

วงจรพีคโฮลด์ทำหน้าที่กำจัดเส้นสแกนอ้างอิงที่เกิดขึ้นในรูปสัญญาณการตอบสนองความถี่ (frequency response curve) ของวงจรที่ทำการทดสอบ โดยปกติสัญญาณที่ส่งมาจากวงจรที่ทำการทดสอบ จะต้องต่อเข้ากับออสซิลโลสโคปโดยตรง แต่ถ้าหากทำเช่นนั้นเส้นสแกนอ้างอิงนี้จะปรากฏขึ้นทำให้การอ่านหรือการพิจารณารูปสัญญาณทำได้ลำบาก

วงจรพีคโฮลด์จะจดจำค่าสูงสุดในซีกบวกของรูปสัญญาณแต่ละช่วงส่งไปแสดงผลที่ออสซิลโลสโคป และจะเปลี่ยน เป็นค่าศูนย์อย่างรวดเร็ว ทำให้เส้นสแกนอ้างอิงหายไป รูปสัญญาณของการตอบสนองความถี่จึงดูสะอาด และเข้าใจได้ง่ายขึ้น

สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรทดสอบจะผ่านวงจรลดทอนระดับสัญญาณก่อนจะมาเข้าวงจรพีคโฮลด์ ระดับสัญญาณอินพุตสูงสุดที่ปลอดภัยสำหรับเครื่อง ASMG นี้มีค่าไม่เกิน 3.5 V_{p-p} และทำงานได้ที่ระดับสัญญาณต่ำสุดที่ 35 mV_{p-p} ส่วนเอาท์พุทของวงจรพีคโฮลด์ถูกส่งต่อไปยังอินพุท Y ของออสซิลโลสโคปต่อไปวงจรพีคโฮลด์นี้สามารถทำงานได้ดีที่ย่านความถี่เสียงตั้งแต่ 20 เฮิรทซ์ - 20 กิโลเฮิรทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนภาคจ่ายไฟทำหน้าที่ จ่ายแรงดันไฟเลี้ยงให้แก่วงจรในส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ASMG ระดับแรงดันไฟเลี้ยงในเครื่องที่ต้องการคือ +12,-12 โวลท์ และ +5โวลท์

<u>การทำงานของวงจร</u>

เนื่องจากในเครื่อง ASMG มีวงจรแยกย่อยในหลายส่วนจึงขออธิบายแยกเป็นส่วนเพื่อจะได้ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

หัวใจของวงจรในส่วนนี้คือ IC16 เบอร์ XR2206 ซึ่งเป็นไอซีฟังก์ชันเจเนอร์เรเตอร์มีลักษณะการจัดขา ไอซีเบอร์นี้สามารถกำเนิดสัญญาณซายน์ สัญญาณรูปสามเหลี่ยม สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม สัญญาณแรมป์ ทั้งยังสามารถกำเนิดสัญญาณสวีฟได้ด้วย ใน ASMG นี้ IC16 ถูกควบคุมการกำเนิดสัญญาณด้วยกระแสไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า CCO (Current Control Oscillator) ความถี่ของการสวีฟจากต่ำไปสูงของ IC16 จะขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ขา 7 ซึ่งมีค่าตั้งแต่เกือบศูนย์จนถึง 3 มิลลิแอมป์ การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมความถี่นี้ ขึ้นอยู่กับแรงดันของสัญญาณแรมป์ที่เกิดขึ้นที่ขาเบสของ Q1

IC1 เบอร์ TLC555C ต่อร่วมกับ R1, R3, VR1, C3, C4, และ C5 ทำหน้าที่เป็นวงจรอะสเตเบิ้ลออสซิลเลเตอร์สวิทช์ S3 ใช้ในการกำหนดอัตราในการสวีฟว่าจะให้ช้าปานกลางหรือว่าเร็ว ส่วน VR1 จะกำหนดอัตราการสวีฟอย่างละเอียดอีกครั้ง เอาต์พุท ของ IC1 จะถูกส่งเข้าไปยัง ไอซีวงจรนับ 12 สเตจ IC2 เบอร์ 4040 ค่าของการนับซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณอะนาล็อกด้วย IC3 เบอร์ AD7521 ซึ่งเป็นไอซี DAC 12 บิท ของบริษัทอินเตอร์ซิล สัญญาณอะนาล็อกที่ได้จาก IC3 ซึ่งอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งออกมาทางขา 1 เข้า ไปยัง IC4 เบอร์ CA3140E เพื่อเปลี่ยนเป็นแรงดัน แรงดันเอาท์พุทของ IC4 ที่ออกมาทางขา 6 สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถึง 4096 ระดับ IC6 และ IC7 ทำหน้าที่ ควบคุมการเลื่อนระดับของสัญญาณแรมป์นี้ และยังช่วยในการกำหนดจุดตั้งต้นและจุดปลายของการสวีฟความถี่

เมื่อความถี่ออสซิลเลเตอร์ของ IC1 เปลี่ยนแปลงไป ความชันและความกว้างของสัญญาณแรมป์ก็จะเปลี่ยนแปลงตาม VR2 และ VR4 ใช้ในการปรับขอบเขตมาร์กเกอร์บนจอสโคป โดย VR4 ปรับตำแหน่งของมาร์กเกอร์ ที่ 1 และ VR2 ใช้ปรับมาร์กเกอร์ที่ 5 ส่วน VR3 และ VR5 จะทำหน้าที่กำหนดขอบเขตความถี่ในการสวีฟ โดย VR3 กำหนดค่าความถี่เริ่มต้น ส่วน VR5 กำหนดค่าความถี่สุดท้าย

สัญญาณแรมป์ที่ผ่าน IC7 จะส่งเข้าไปยัง IC8 และ Q1 ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสเพื่อนำไปควบคุมความถี่ในการกำเนิดสัญญาณของ IC16 อย่างไรก็ตามในการควบคุมความถี่ต้องพบปัญหาเรื่องดริฟต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำงานย่านความถี่เสียงเมื่ออุปกรณ์ทำงานในย่านความถี่เสียงนี้จะต้องเกิดแรงดันดริฟต์ขึ้น ซึ่งมันจะมีผลทำให้ค่าความถี่เลื่อนไป โดยแรงดันดริฟต์เพียง 1 มิลลิโวลต์ ทำให้ความถี่เลื่อนค่าไปถึง 18 เฮิรตซ์ ดังนั้น IC5 เบอร์ LM336Z ซึ่งเป็นไอซีเรกูเลเตอร์ 2.5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงถูกนำมาใช้แก้ปัญหานี้ โดยช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันดริฟต์ขึ้นในการทำงานปกติของอุปกรณ์ และจากการใช้ IC5 เพิ่มเข้าไปในวงจร แล้วเปิดเครื่องใช้งานพบว่า ความถี่จะเลื่อนไปโดยเฉลี่ยประมาณ 5-6 เฮิรตซ์ ต่อชั่วโมง

ทุก 25 % ของการเพิ่มขึ้นของระดับสัญญาณแรมป์ จะทำให้ IC11 แนนด์เกต 8 อินพุท เบอร์ 4068 ทำงานส่งลอจิก "0" ไปทริกวงจรโมโนสเตเบิล IC12/1 ความกว้างของพัลส์ที่ IC12/1 ผลิตขึ้นมานี้มีค่า 10 มิลลิวินาที ส่งไปยัง IC13 เบอร์ 4017 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรนับสิบเมื่อมีสัญญาณจาก IC12/1 มาทริกก็จะส่งเอาท์พุทออกมา LED2 -LED6 จะติดวนไล่กันตามการนับของ IC13 เพื่อแสดงการเปลี่ยนตำแหน่งของมาร์กเกอร์จากมาร์กเกอร์ ที่ 1 ถึง มาร์กเกอร์ที่ 5

มาร์กเกอร์ทั้งห้าตัวถูกทำให้อยู่กับที่ได้โดย เอาท์พุทพัลส์จาก IC12/1 จะเข้าไปทริกโมโนสเตเบิล IC12/2 ซึ่งให้เอาท์พุทพัลส์มีความกว้าง 15 มิลลิวินาที หรือสามารถเปลี่ยนแปลงได้จาก 10-150 มิลลิวินาที ขึ้นอยู่กับว่า ASMG ทำงานในโหมด READ หรือ RUN เมื่อแรงดันที่ ขา 7 ของ IC12/2 ตกลงมาเป็นศูนย์ จะทำให้แรงดันขา 4 ของ IC1 จึงแสดงค่าสุดท้ายก่อนหยุดนับไว้ และค่าของการนับก็จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณอะนาลอก และกลายเป็นกระแสไฟฟ้าค่าคงที่ที่ไปควบคุมการกำเนิดสัญญาณของ IC16 ซึ่งความถี่ที่ช่วงเวลานี้ก็คือ ความถี่ของมาร์กเกอร์ นั่นเอง

ทุก ๆ ช่วงเวลาที่สิ้นสุดสัญญาณแรมป์ สัญญาณสวีฟจะถูกส่งออกไปทางเอาท์พุทสัญญาณสวีฟ เพื่อต่อเข้ากับอินพุท X ของสโคป และจะโฮลด์ค่านั้นเอาไว้ทำให้ลำอิเล็คตรอนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้จึงเกิดเป็นจุดสว่างขึ้น และเมื่อมีสัญญาณมาเข้าที่อินพุท Y ของสโคป มาร์กเกอร์ก็จะสว่างขึ้นกว่าเดิม และมีลักษณะเป็นเส้นตั้งตรงหยุดอยู่กับที่บนจอสโคป

ส่วนมาร์กเกอร์ที่ 5อันเป็นมาร์กเกอร์สุดท้ายหรือเรียกว่า สตอปมาร์กเกอร์จะเกิดขึ้นเมื่อวงจรนับไปถึงค่า 4092 และเมื่อวงจรนับต่อไปอีก 4 ค่าก็จะครบรอบของการนับทำให้ทุกเอาท์พุทของวงจรนับ IC2 เป็นศูนย์ สัญญาณแรมป์ก็จะกลับมาไปเริ่มต้นการทำงานอีกครั้งหนึ่ง ทรานซิสเตอร์ Q2 ก็จะผลิตสัญญาณซิงค์ออกมาที่ขาคอลเลคเตอร์ส่งออกไปที่เอาท์พุทสัญญาณซิงค์ ซึ่งสัญญาณนี้เป็นสัญญาณเดียวกันกับที่ไปรีเซต IC13 LED ที่แสดงตำแหน่งของมาร์กเกอร์ ก่อนที่แรงดันที่ LED6 ตกลงมาเป็นศูนย์ ทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้โมโนสเตเบิล IC12/1 ทำงานเพื่อเริ่มต้นรอบการทำงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง

เคอร์เซอร์จะมีลักษณะการเกิดขึ้นแตกต่างจากมาร์กเกอร์ทั้งห้า ที่กล่าวมาแล้วIC10 เบอร์ CA3130E ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันระหว่างสัญญาณแรมป์ที่ขาอินพุตกลับเฟสกับแรงดันที่ได้จากการปรับค่า VR7 ที่ขาอินพุทไม่กลับเฟส เมื่อสัญญาณแรมป์ เริ่มเพิ่มระดับขึ้นมีค่าเท่ากับแรงดันไฟตรงเอาท์พุทของ IC10 จะเป็น "0" และ IC12/2 จะทำให้เกิดมาร์กเกอร์เพิ่มขึ้นบนจอสโคปอีก 1 เส้น ซึ่งก็คือ เคอร์เซอร์ นั่นเอง และเคอร์เซอร์ นี้จะถูกโฮลด์ไว้เมื่อ IC1 ถูกรีเซตเช่นเดียวกับมาร์กเกอร์ตัวอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิทช์ S4 ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงผลของเคอร์เซอร์ หาก S4 เปิดวงจรก็จะไม่มีเคอร์เซอร์ปรากฏบนจอสโคปและในทางตรงข้ามเคอร์เซอร์ก็จะปรากฏขึ้นก็จะปรากฏ ขึ้นเมื่อ S4 ปิดวงจร ขณะที่ VR12 ทำหน้าที่ปรับช่วงเวลาของการแสดงผลของมาร์กเกอร์

สำหรับ IC16 จะเป็นตัวกำเนิด สัญญาณซายน์ออกมาที่เอาท์พุท โดยตัวมันถูกควบคุมความถี่จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ขา 7 ซึ่งเป็นผลมาจากสัญญาณแรมป์ VR9 ใช้ปรับให้รูปสัญญาณซายน์มีความคมชัดไม่ผิดเพี้ยน ส่วน VR10 ทำหน้าที่ปรับความสมดุลของรูปสัญญาณระหว่างซีกบวกและซีกลบ ขนาดของสัญญาณซายน์ปรับได้ที่ VR11

สวิตช์ S5 ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของ ASMG ซึ่งมี 2 โหมดคือ READ และ RUN

สวิตช์ S6 ทำหน้าที่เลือกย่านความถี่ของสัญญาณซายน์ เพราะ S6/1 จะเป็นตัวเลือกค่าตัวเก็บประจุไทมิ่ง C19-C20 ให้แก่ IC16 เพื่อกำเนิดความถี่และยังเป็นตัวเลือกการหารความถี่ของวงจรนับความถี่อีกด้วย ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป สัญญาณที่ส่งไปนับความถี่จะออกมาจากขา 11 ของ IC16 คับปลิ้งผ่าน C16 เพื่อส่งต่อไปยังวงจรนับความถี่

วงจรในส่วนนับความถี่แสดงผลเป็นตัวเลข และภาคจ่ายไฟ ในวงจรนับความถี่นี้ IC17 เบอร์ MM5369 ประกอบกับ XTAL1 ความถี่ 3.579 เมกะเฮิรตซ์ และ C44 , C45 , R67 , R68 ทำหน้าที่กำเนิดความถี 60 เฮิรตซ์ ป้อนให้ IC18 เบอร์ MC14566 ทำการหารความถี่ลงเหลือ 10 และ 1 เฮิรตซ์ แล้วส่งเข้าไปที่ IC19 ทำการหารความถี่ลงอีกสองเท่าจนเหลือ 5 และ 0.5 เฮิรตซ์ เป็นความถี่ไทม์เบสหรือความถี่ฐานเวลาในการนับความถี่

S6 จะช่วยในการเลือกอัตราการหารความถี่ว่าจะให้หาร 1,000 หรือ 10,000 ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการเลือกสวิตช์ S6/3 ซึ่งนั่นก็คือ ฐานเวลา ที่ใช้ในการนับความถี่เป็น 0.2 และ 2 วินาที สัญญาณฐานเวลาจะส่งเข้าไปที่ Q8 และ Q8 นี้เองจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของ IC20 เบอร์ 74C926

สัญญาณสี่เหลี่ยมที่ส่งออกมาจาก IC16 จะส่งมาเข้าวงจรนับความถี่ผ่าน R60 ,R61 มาที่ขาเบสของ Q9 และถูกส่งต่อไปยังขาอินพุตของ IC20 ที่ขา 12 โดยการควบคุมจากวงจรสร้างฐานเวลา IC20 จะทำการนับความถี่แล้วถอดรหัสแสดงผลที่ LED7 เซกเมนท์ 4 หลัก การแสดงผลนี้จะมีลักษณะเป็นแบบมัลติเพล็กซ์ โดย IC20 จะควบคุมการแสดงผลผ่านทาง Q3-Q6

ถ้า ASMG อยู่ในโหมด RUN วงจรนับความถี่จะไม่ทำงานด้วยสาเหตุดังต่อไปนี้

ย้อนกลับไปที่ IC14 ทำหน้าที่เป็นวงจรโมโนสเตเบิลความกว้างของพัลส์นาน 3 นาที ที่สามารถหยุดการทำงานได้ อย่างอัตโนมัติ IC14 ถูกกระตุ้นให้ทำงานโดย IC12/2 และสัญญาณพัลส์จาก IC14 จะส่งเข้าไปทริก IC15 ที่ถูกจัดเป็นวงจรโมโนสเตเบิลเช่นกัน แต่ความกว้างของพัลส์จะมีระยะเวลานานกว่า หาก IC15 ไม่ได้รับการกระตุ้น ก็จะไม่มีสัญญาณเอาท์พุทออกไปทริกให้ทรานซิสเตอร์ Q10 ทำงาน จึงไม่มีแรงดันไฟเลี้ยงให้แก่ IC20 และส่วนแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางตรงกันข้ามหากทำงานในโหมด READ จะมีสัญญาณจาก IC15 มาจ่ายให้แก่ Q10อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดแรงดันเลี้ยง IC20 ตลอดเวลา และสามารถนับความถี่ได้ สำหรับสวิตช์ S1 ทำหน้าที่โฮลด์ค่าของการนับความถี่เอาไว้

สำหรับภาคจ่ายไฟของวงจรใช้ +12 โวลต์ และ +5 โวลต์ โดยมี IC21 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันที่ +12 โวลต์ และ IC22 ควบคุมแรงดัน -12 โวลต์ และ IC23 ควบคุมแรงดัน +5 โวลต์

วงจรในส่วนพีคโฮลด์ D11, D12 , C55 ,C56 ,R73 และ R74 ต่อกันเป็นวงจรลดทอนระดับสัญญาณไม่ให้เข้ามายัง ASMG แรงเกินไป IC24 เบอร์ CA3140E จะทำการขยายระดับสัญญาณจากอินพุทเพิ่มขึ้น 4 เท่า สัญญาณอินพุทในซีกบวกจะถูกทำให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมและกลับขั้วสัญญาณโดย IC27 สัญญาณเอาท์พุทจาก IC27 จะไปปรากฏที่ขาเบสของ Q13 และ Q14 ซึ่งทำหน้าที่สวิทช์ระดับของสัญญาณลงกราวน์อย่างรวดเร็ว เพื่อแก้ไขปัญหาเส้นสแกนอ้างอิง แต่ในทางปฏิบัติสามารถทำให้ระดับสัญญาณเมื่อ Q14 ทำงานลดลงได้ต่ำสุด 5 มิลลิโวลท์

วงจรพีคโฮลด์จะจดจำค่าสูงสุดของสัญญาณโดย เมื่อ Q13 และ Q14 ไม่ทำงาน C62 จะได้รับการประจุแรงดันสะสมจนถึงค่าสูงสุดของระดับสัญญาณในซีกบวก และจะเก็บค่าแรงดันนี้ไว้เนื่องจกา ไม่มีเส้นทางให้ C62 คายประจุออกค่าแรงดันสูงสุดที่ C62 เก็บไว้นี่เอง จะไปปรากฏเป็นจุดบนจอสโคป และเมื่อ Q13 ทำงานจะคายประจุออก ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนระดับสัญญาณเป็นศูนย์อย่างรวดเร็ว และ C62 จะได้รับการประจุใหม่ในทุก ๆ รอบของการทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ในการทดลองและการทดสอบการทำงานของวงจรนั้นได้ทำการทดลองในภาคต่าง ๆ ดังนี้

ภาคของวงจรกำเนิดพัลส์โดยใช้วงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ ได้ผลการทดลองดังนี้

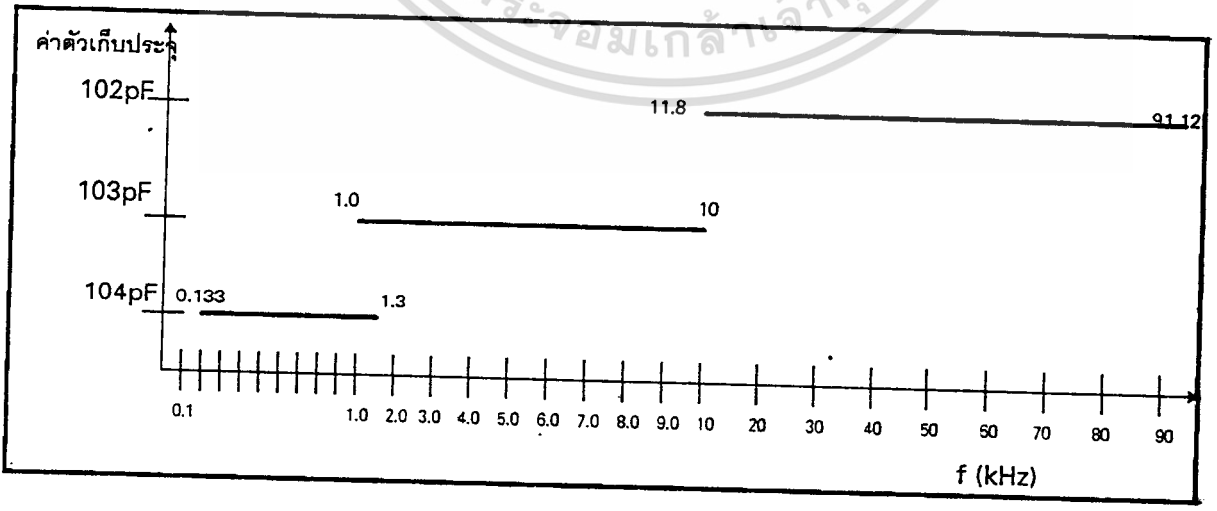
ในส่วนของวงจรได้สร้างสัญญาณในย่านความถี่3 ย่านด้วยกันคือ

1. 3 - 1000 Hz
2. 35- 20000 Hz.
3. 3 - 100 kHz

ซึ่งจะได้ค่า C ต่างกัน คือ

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบการผลิตสัญญาณความถี่ของตัวเก็บประจุค่าต่าง ๆกัน

Sweep range	Sweep rate	ความถี่ที่วัดได้	ดิวตี้ไซเคิล
Fast(102)	ต่ำสุด	11.8 kHz	71.0 %
	สูงสุด	91.12 kHz	52.1 %
Meduim(103)	ต่ำสุด	1.0 kHz	68.7 %
	สูงสุด	10 kHz	52.1 %
Low(104)	ต่ำสุด	1.3 kHz	68.4 %
	สูงสุด	133.8 Hz	51.5 %



กราฟที่ 5-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเก็บประจุ และช่วงความถี่ที่สามารถผลิตได้ของIC 1 เบอร์ XRL 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 เอาท์พุทที่วัดจากขา 6 ของ IC4 CA3140E

ได้สัญญาณรูปฟันเลื่อยซึ่งเมื่อเปลี่ยนค่าช่วงการสวิฟค่าต่างๆได้ผลดังนี้

ช่วงการสวีฟ	โวลท์เตจ	ความถี่	คาบเวลา
Fast(102)	6.875 โวลท์	12.5 Hz	80.5 ms
Medium (103)	6.875 โวลท์	1.1 Hz	0.909 s
Low (104)	6.875 โวลท์	153 mHz	6.5 s

ตารางที่ 5.3 เอาท์พุทที่จุด TP

หลังจากที่ทำการปรับแต่งมาร์กเกอร์แล้วทำการวัดสัญญาณที่จุดTP ได้ผลดังนี้

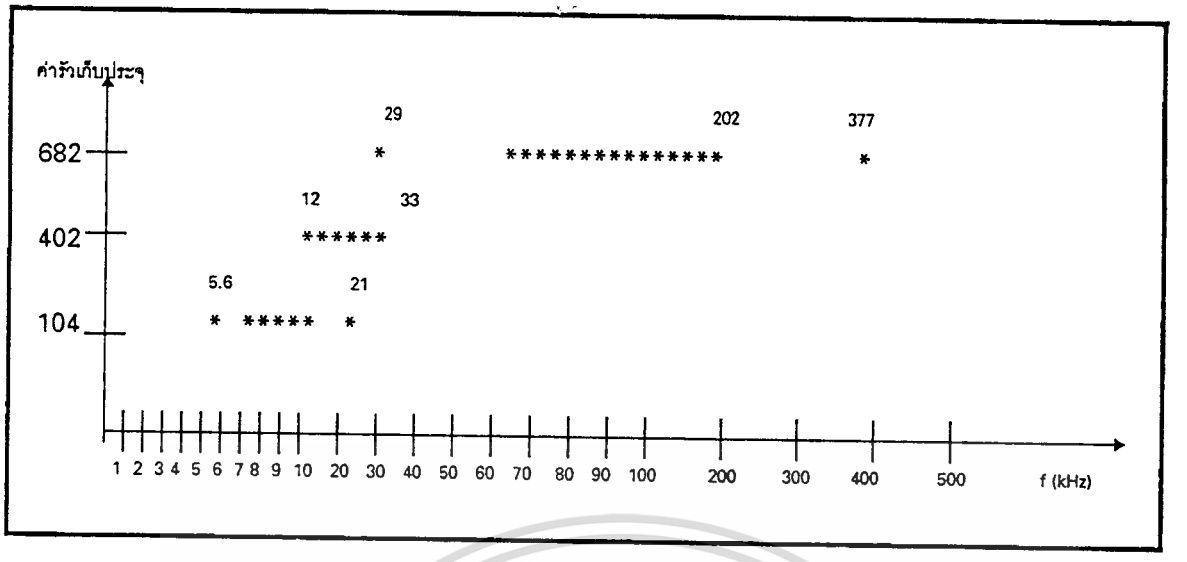
ช่วงการสวีฟ	อัตราการสวีฟ	คาบเวลา
Fast (102)	ต่ำสุด (ตามเข็ม)	1.045 s
	สูงสุด (ตามเข็ม)	1.33 s
Medium (103)	ต่ำสุด	1.39 s
	สูงสุด	5.1 s
Low (104)	ต่ำสุด	4.0 s
	สูงสุด	31.0 s

ตารางที่ 5.4 เอาท์พุทสัญญาณไซน์ จาก IC XR2206

เมื่อปรับการช่วงการสวีฟปานกลางปรับให้คาบเวลา 3 s ทำการปรับช่วงการกำเนิดสัญญาณไซน์ค่าต่างๆด้วย ค่า Capacitor

ค่าตัวเก็บประจุ	ความถี่ที่ได้ (kHz)								
682	29	63	65	68	73	75	77	80	83
	87	90	95	102	107	111	119	133	135
	149	153	159	180	183	196	202	377	
402	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	23	27	29	31	32	33		
104	5.6	7	8	9	10	11	21		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเก็บประจุกับความถี่ที่ผลิตได้ จาก IC เบอร์ XR2206

<u>ในส่วนของวงจรนับความถี่วัดสัญญาณได้ดังนี้</u>

เอาท์พุทขา1 ของIC 5369 ได้สัญญาณรูปพัลส์ที่มีความถี่ 60 Hz

โวลท์เตจ 12.50 V

คาบเวลา 16.67 ms

เอาท์พุทขา 6 ของ IC 4566 ได้สัญญาณรูปพัลส์ที่มีความถี่ 1 Hz

โวลท์เตจ 12.50 V

คาบเวลา 1 ms

เอาท์พุทขา 14 ของIC 4566 ได้สัญญาณรูปพัลส์ที่มีความถี่ 10 Hz

โวลท์เตจ 12.50 V

คาบเวลา 100 ms

เอาท์พุท ที่ขา 1 ของIC 4013 เมื่อต่อขา 6 IC 4566 กับขา 3 IC 4013

ได้สัญญาณรูปพัลส์ความถี่500 mHz

โวลท์เตจ 10.94 V

คาบเวลา 2.0 s

เอาท์พุทที่ขา 1ของIC 4013 เมื่อต่อขา 14 IC 4566 กับขา3 IC 4013

ได้สัญญาณรูปพัลส์ความถี่ 5 Hz

โวลท์เตจ 10.94 V

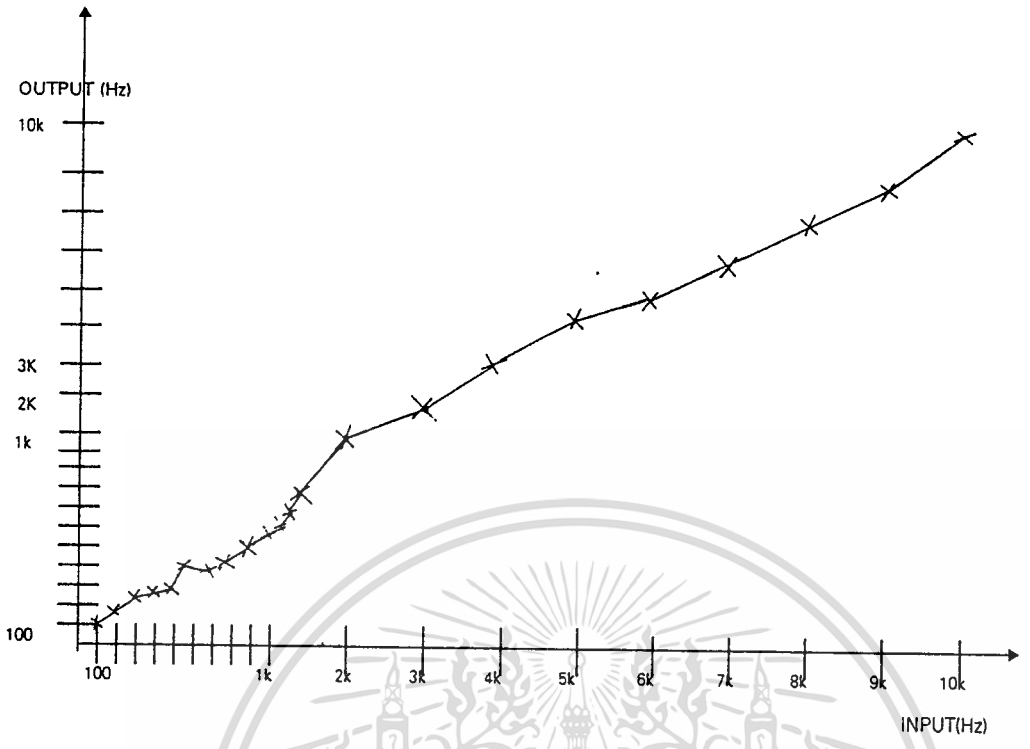
คาบเวลา 200 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 การวัดสัญญาณในส่วนแสดงผล 7-SEGMENT

อินพุท(Hz)	เอาท์พุท
100	0106
200	0184
300	0254
400	0279
500	0314
600	0400
700	0368
800	0416
900	0519
1.0k	0595
1.1k	0689
1.2k	0792
1.3k	0857
1.6k	1158
1.7k	1313
1.8k	1494
1.9k	1642
2.0k	1811
3.0k	2997
4.0k	3995
5.0k	4995
6.0k	5992
7.0k	6990
8.0k	7988
9.0k	8986
10.0k	9986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่5-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทจากสัญญาณในส่วนแสดงผล 7-Segment ในหน่วย Hz

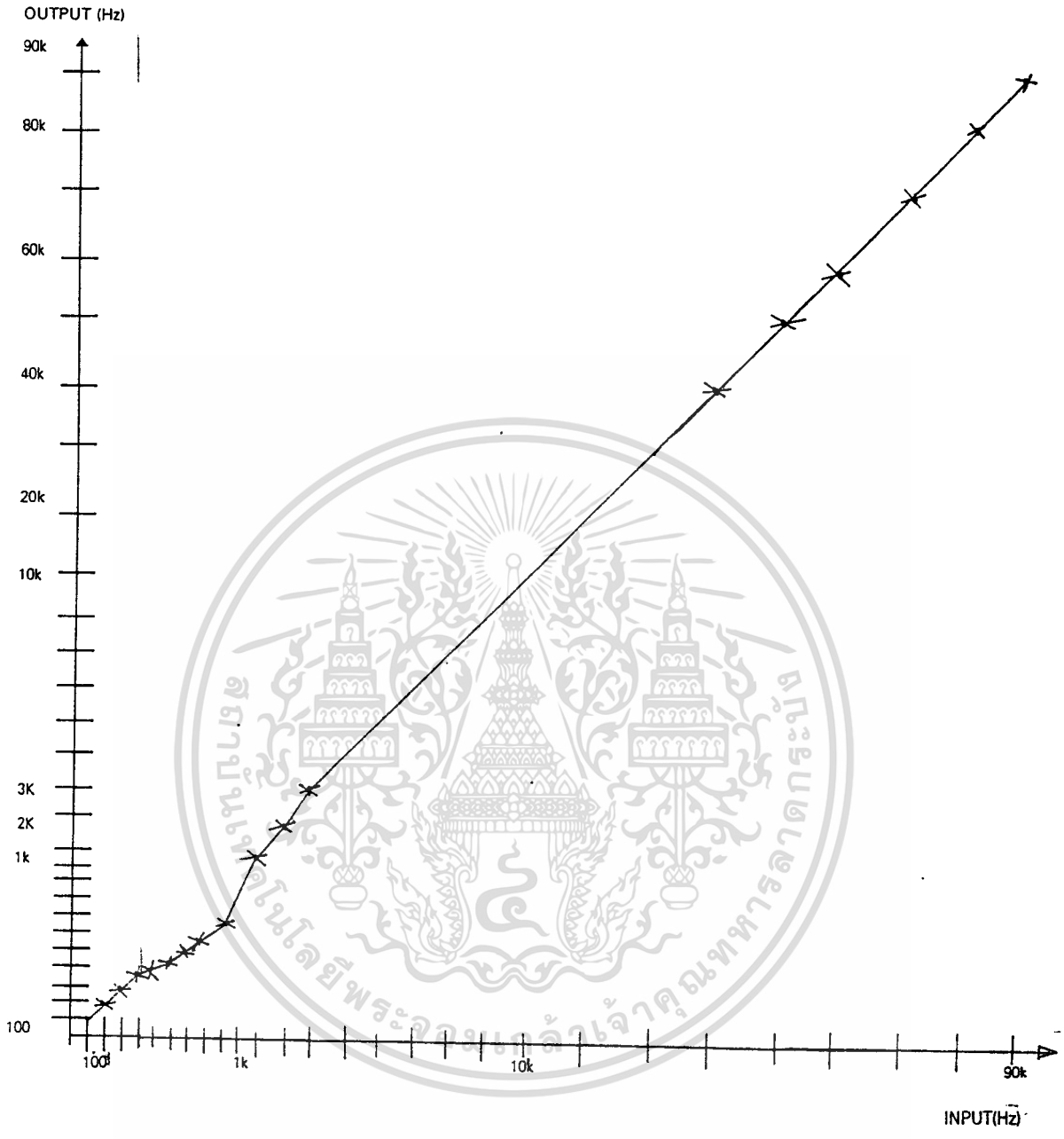
ตารางที่ 5.6 ขณะต่อขา 14 กับขา 3 ได้ผลดังนี้

อินพุท(Hz)	เอาท์พุท
100	00.10
200	00.21
300	00.30
400	00.35
500	00.37
600	00.40
700	00.45
800	00.50
1.0k	00.60
2.0k	01 78
2.1k	01.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุท (Hz)	เอาท์พุท(Hz)
2.4k	02.37
2.5k	02.38
2.6k	02.48
2.7k	02.56
2.8k	02.67
2.9k	02.76
3.0k	02.85
4.0k	03.94
30.0k	29.59
40.0k	39.37
50.0k	49.23
60.0k	59.86
70.0k	68.90
80.0k	78.76
90.0k	88.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทจากสัญญาณในส่วนแสดงผล 7Segment ในหน่วยkHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ยืน ภู่วรวรรณ , "ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็คทรอนิกส์ เล่ม 1",บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน , ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์ ,2535.
2.. ยืน ภู่วรวรรณ , "ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็คทรอนิกส์ เล่ม 2",บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน , ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์ ,2535.
3. ยืน ภู่วรวรรณ , "ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็คทรอนิกส์ เล่ม 3",บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน , ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์ ;2535.
4. ยืน ภู่วรวรรณ, "ดิจิตอลพื้นฐาน" ซีเอ็ดยูเคชัน ,ห้างหุ้นส่วนจำกัดนำอักษรการพิมพ์.
5. สิทธิชัย โภไคยอุดม ,ดร. , วัลลภ สุรกำพลธร "วงจรขยายสัญญาณ OPERTION AMPLIFLIER" ,ดวงกมลจำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัดนำอักษรการพิมพ์, 2522.
6. มงคล เตชนครินทร์ , ดร., ชาตรี ศรีไพพรรณ ,ดร.,"อิเล็คทรอนิกส์พื้นฐาน" ซีเอ็ดยูเคชัน , ห้างหุ้นส่วน เอช เอ็น การพิมพ์ ,2535.
7. "เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิกส์" ฉบับที่ 120 เดือนกันยายน 2535.
8. "เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิกส์" ฉบับที่ 121 เดือนตุลาคม 2535.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

ในวงจรอะสเตเบิ้ลซึ่งเป็นตัวกำหนดสัญญาณพัลส์เมื่อปรับค่า ตัวเก็บประจุเพื่อผลิตสัญญาณให้ได้ความถี่ในช่วงที่ต้องการซึ่งความถี่ของพัลส์ที่ได้จะส่งไปทำให้เกิดอัตราการสวีฟตั้งแต่ 1.045 วินาทีถึง31.0 วินาที

การสวีฟของสัญญาณในช่วงต่างๆสรุปได้ดังนี้

ช่วง 3-100 kHz การสวีฟได้ตั้งแต่ 29-177 kHz

35-20,000 Hz การสวีฟได้ตั้งแต่ 12-33 kHz

3-1,000 Hz การสวีฟได้ตั้งแต่ 5.6-21 kHz

ซึ่งผลการทดลอง ไม่เป็นที่น่าพอใจเพราะความถี่เริ่มต้นที่ละสวีฟปรับได้ไม่ดีเท่าที่ควรส่วนความถี่สุดท้ายที่สวีฟก็มีค่าสูงกว่าช่วงที่ต้องการ

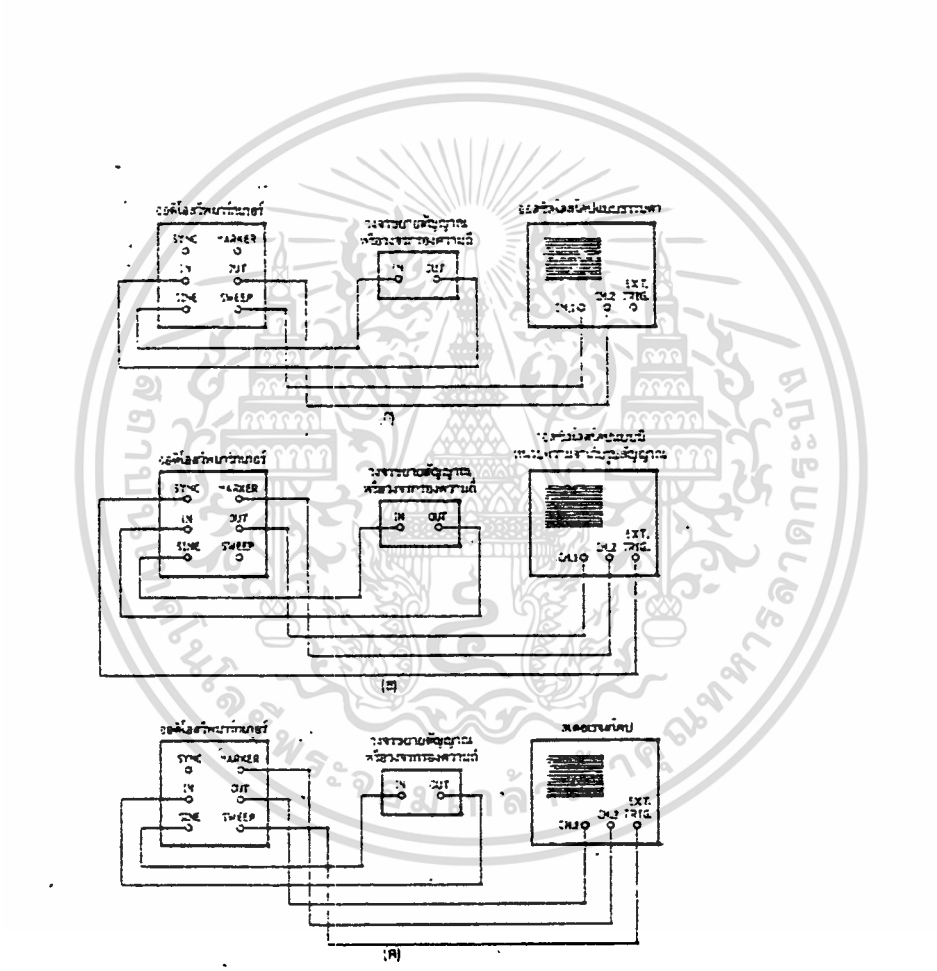
ในส่วนการแสดงผล ในโหมดโลว์ค่าของการนับยังผิดพลาดอยู่ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้มีค่าผิดพลาดในการนับประมาณ 10 Hz ซึ่ง ถ้าในย่านความถี่ต่ำกว่า 1 kHz การนับจะผิดพลาดมากขึ้น

ในโหมดไฮ การนับยังไม่ถูกต้องแต่การนับจะได้ผลใกล้เคียงเมื่อความถี่อยู่ในย่าน 30 kHz -90 kHz ซึ่งมีค่าความผิดพลาดประมาณ 50 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์และการนำไปใช้

เมื่อสร้างวงจรออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์ขึ้นมาเรียบร้อยแล้ว สามารถที่จะนำไปใช้ร่วมกับเครื่องวัดอื่น ๆ ได้หลายอย่าง ตัวอย่างของการเชื่อมต่อ ออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์ เข้ากับออสซิลโลสโคปแบบต่าง ๆ เป็นดังนี้



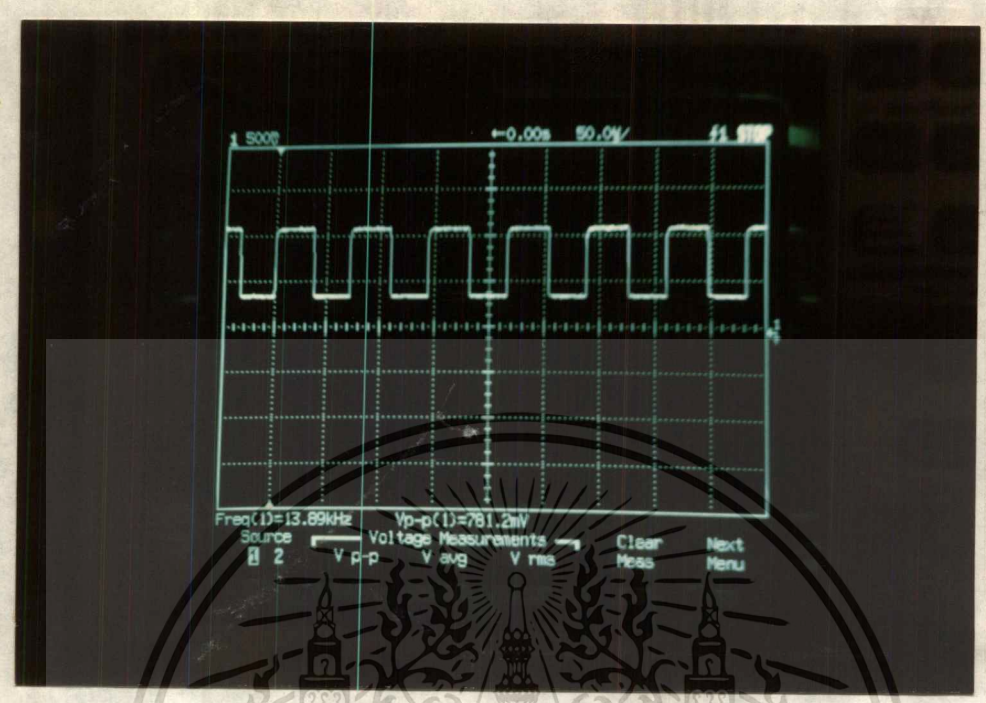
รูป (ก) ต่อกับออสซิลโลสโคปแบบธรรมดา

(ข) ต่อกับดิจิตอลสโคปแบบมีหน่วยความจำเก็บรูปสัญญาณ

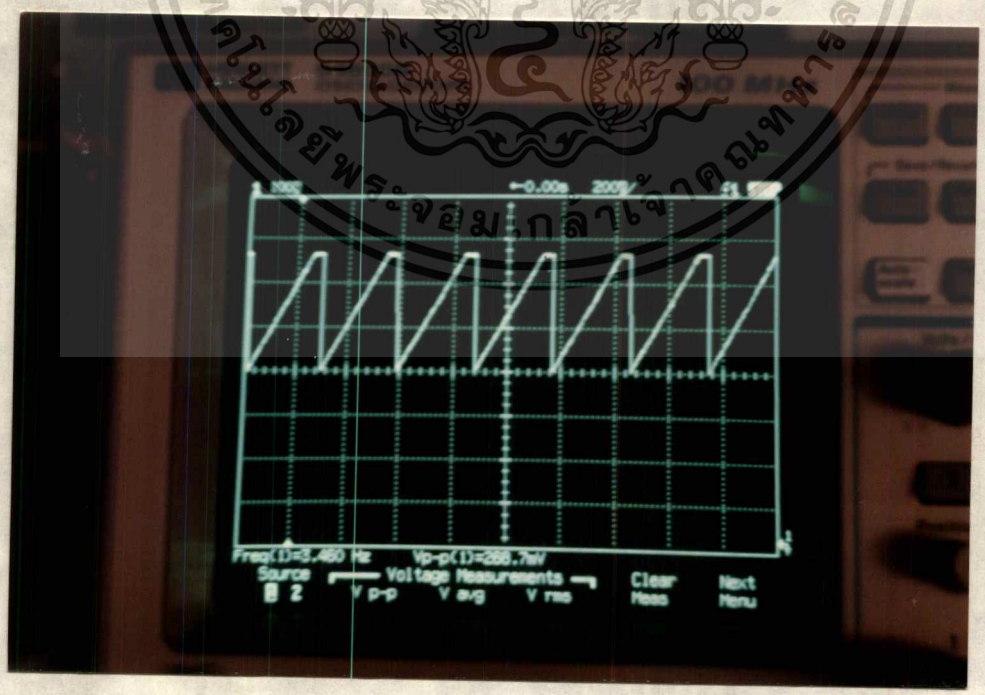
(ค) ต่อกับสเตอเรจสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปแสดงผลการทดลอง</u>

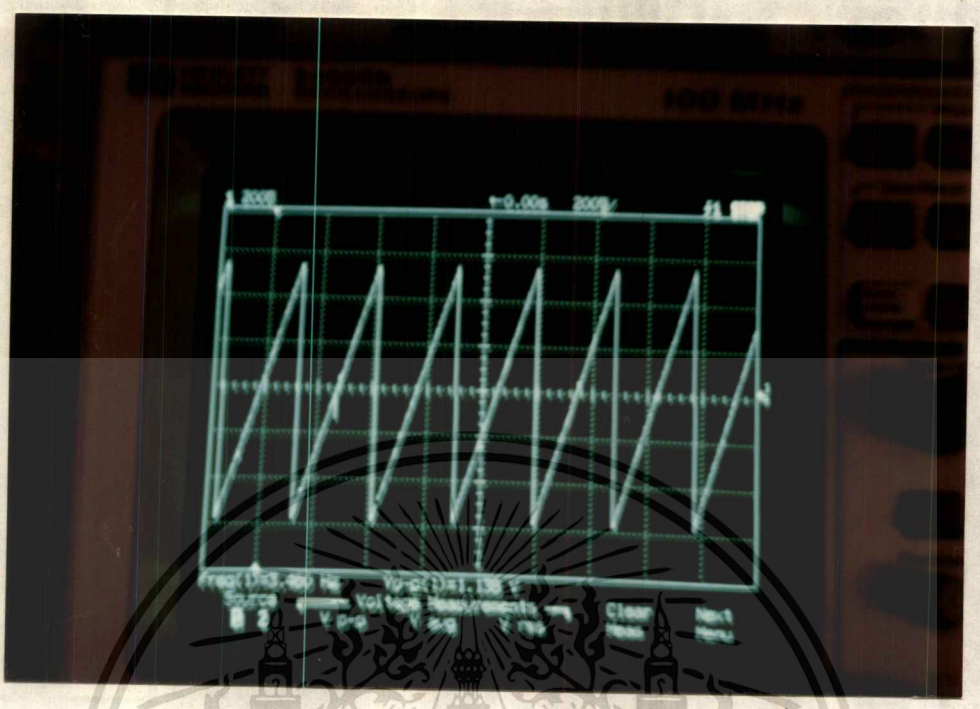


รูปที่ 5-1 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจรอะสเตเบิลในโหมดรันวัดที่ขา R2

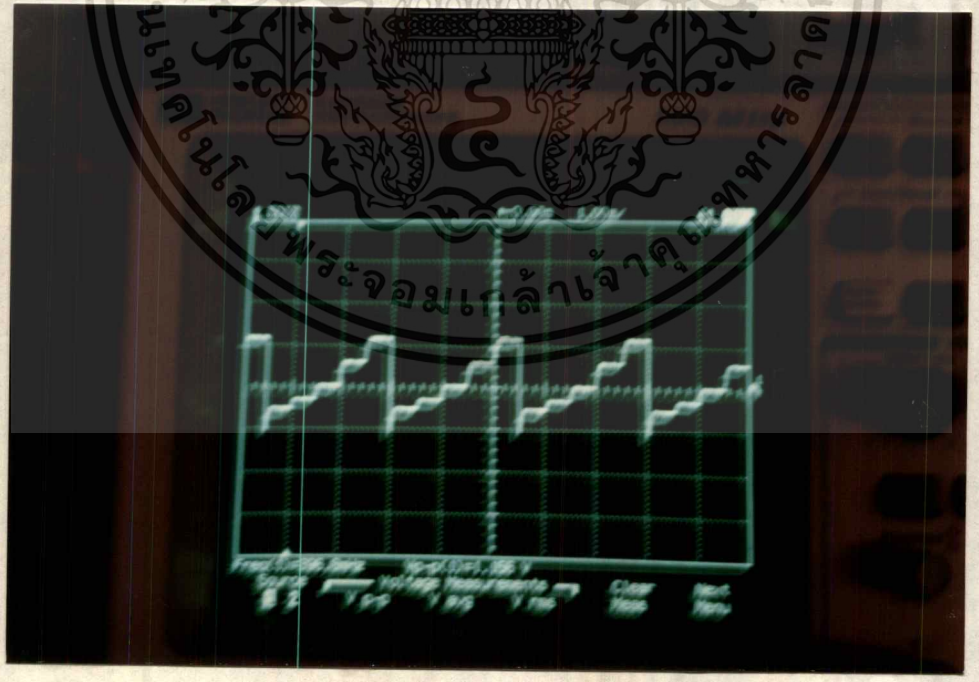


รูปที่ 5-2 แสดงสัญญาณที่วัดจากจุดTP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

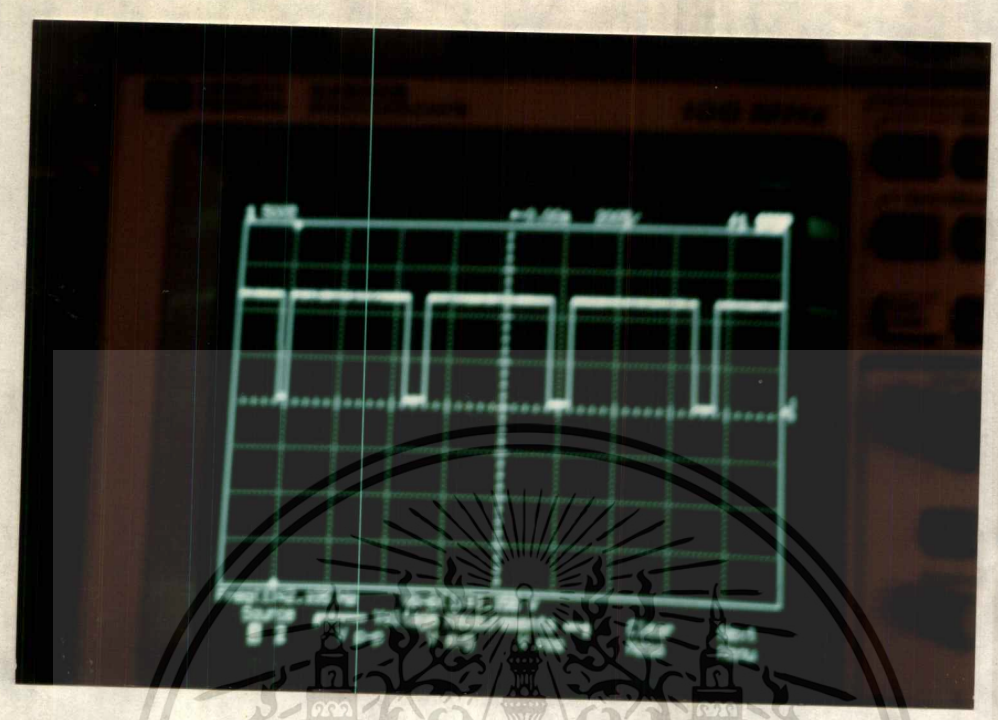


รูปที่ 5-3 แสดงสัญญาณสวีฟโหมดรัน

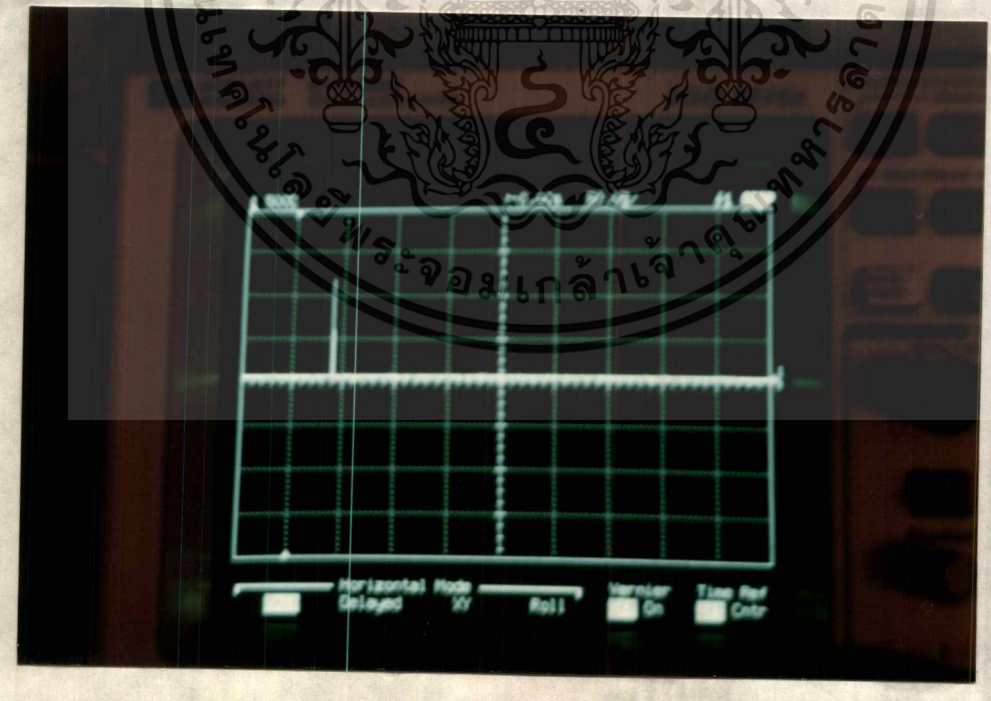


รูปที่ 5-4 แสดงสัญญาณสวีฟโหมดRead เมื่อปรับมาร์กเกอร์ให้ครบ 5ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

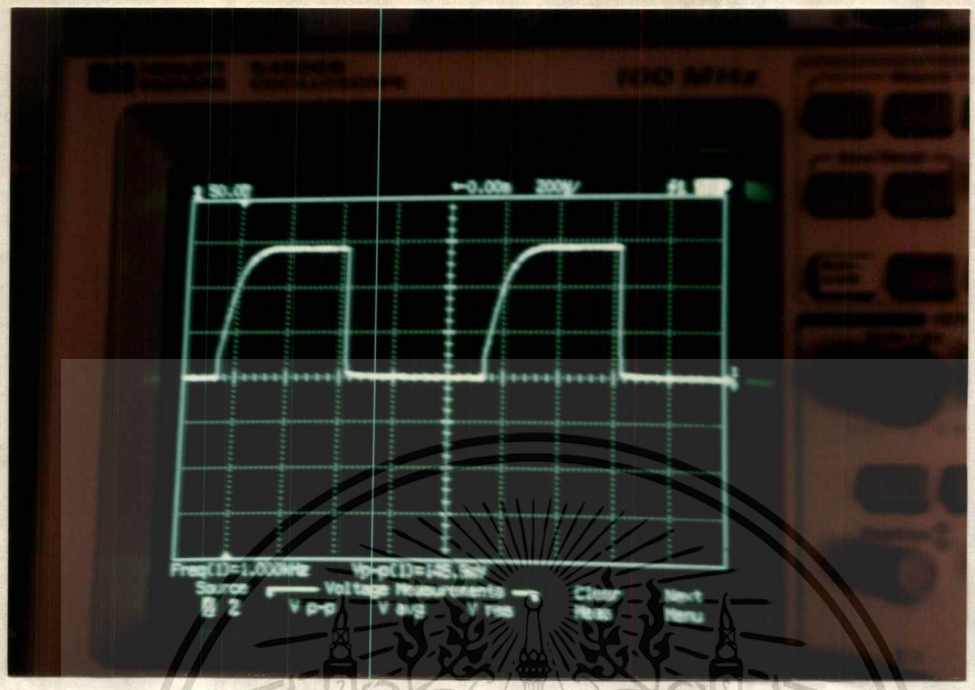


รูปที่5-5 แสดงสัญญาณมาร์กเกอร์

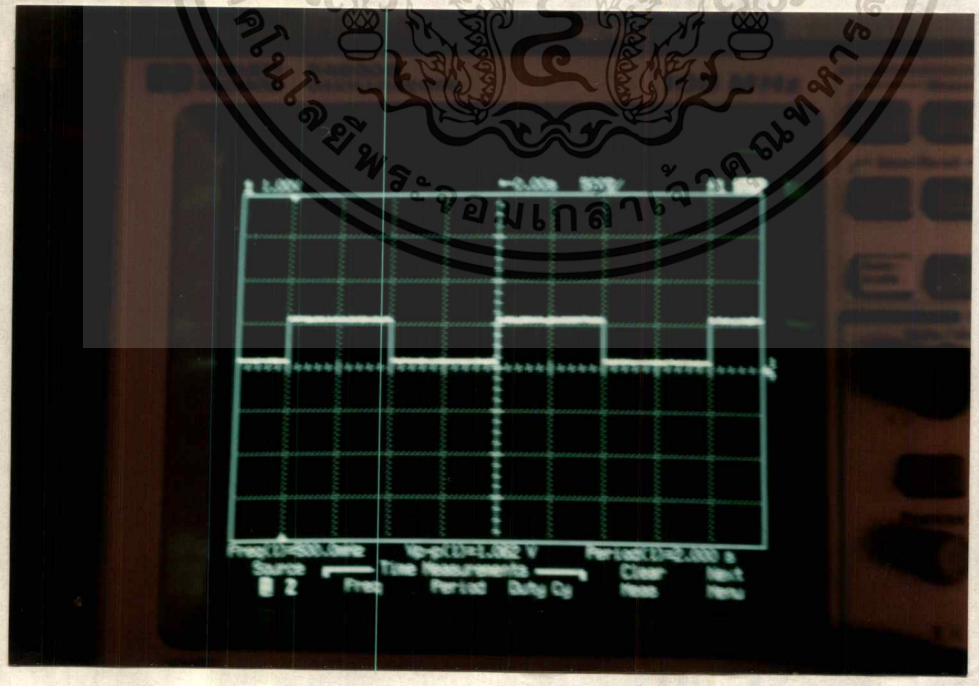


รูปที่ 5-6 แสดงสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

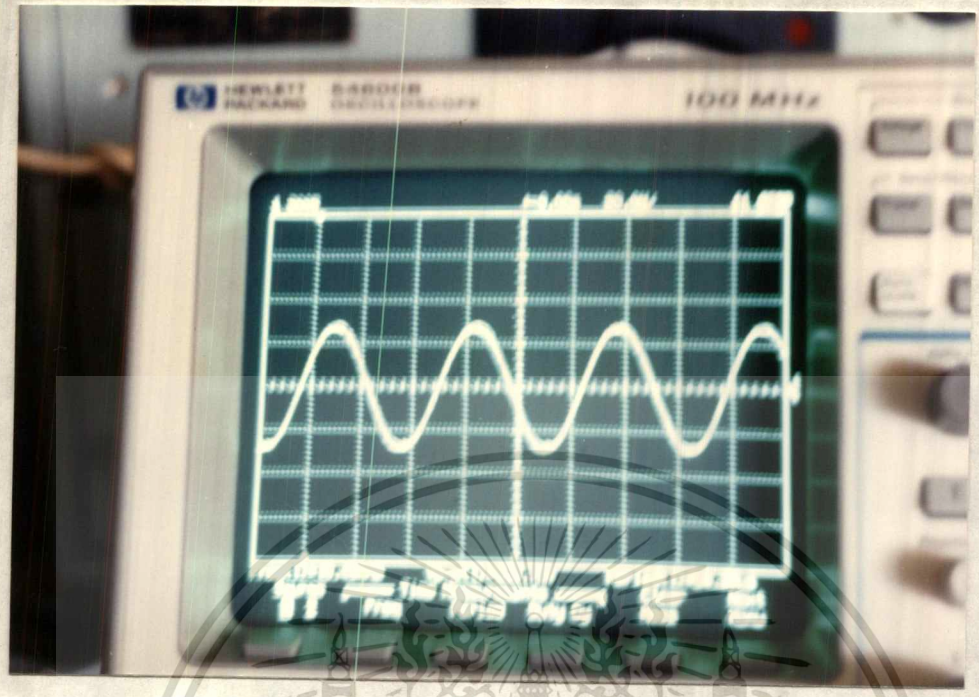


รูปที่ 5-7 แสดงสัญญาณเอาท์พุท พีคโฮลเมื่อป้อน V_{in} 1 V_{p-p} 1kHz

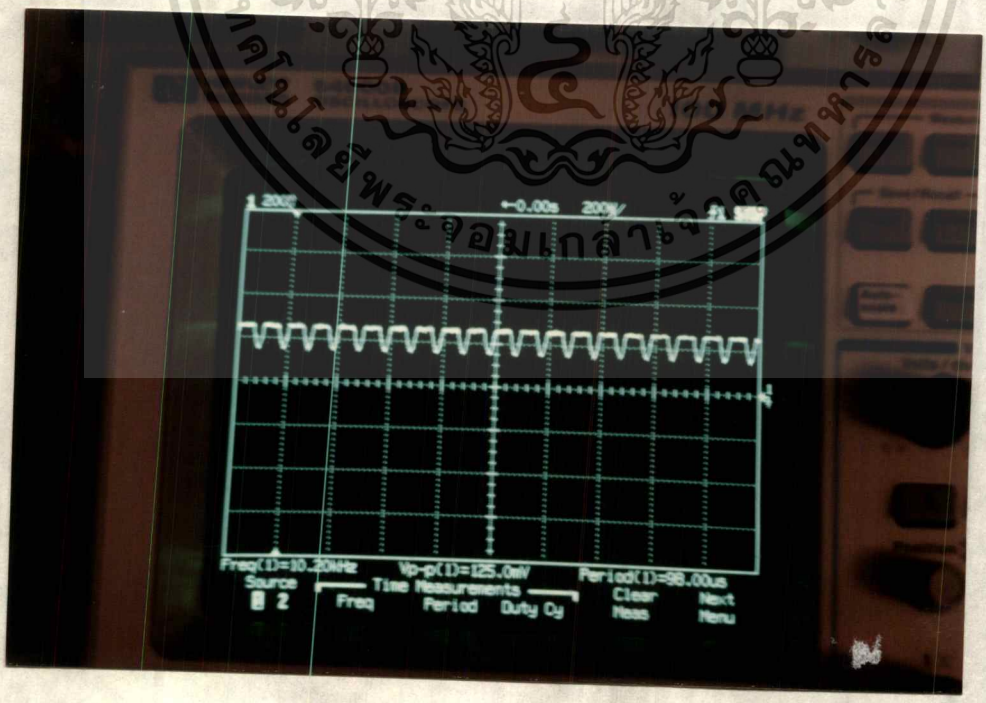


รูปที่ 5-8 แสดงสัญญาณคาบเวลาที่ใช้ในการนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-9 แสดงสัญญาณซายน์



รูปที่ 5-10 แสดงสัญญาณอินพุทสำหรับการนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

ในวงจรอะสเตเบิ้ลซึ่งเป็นตัวกำหนดสัญญาณพัลส์เม่อปรับค่า ตัวเก็บประจุเพื่อผลิตสัญญาณให้ได้ความถี่ในช่วงที่ต้องการซึ่งความถี่ของพัลส์ที่ได้จะส่งไปทำให้เกิดอัตราการสวีฟตั้งแต่ 1.045 วินาทีถึง31.0 วินาที การสวีฟของสัญญาณในช่วงต่างๆสรุปได้ดังนี้

ช่วง 3-100 kHz การสวีฟได้ตั้งแต่ 29-177 kHz

35-20,000 Hz การสวีฟได้ตั้งแต่ 12-33 kHz

3-1,000 Hz การสวีฟได้ตั้งแต่ 5.6-21 kHz

ซึ่งผลการทดลอง ไม่เป็นที่น่าพอใจเพราะความถี่เริ่มต้นท่ละสวีฟปรับได้ไม่ดีเท่าที่ควรส่วนความถี่สุดท้ายที่สวีฟก็มีค่าสูงกว่าช่วงที่ต้องการ

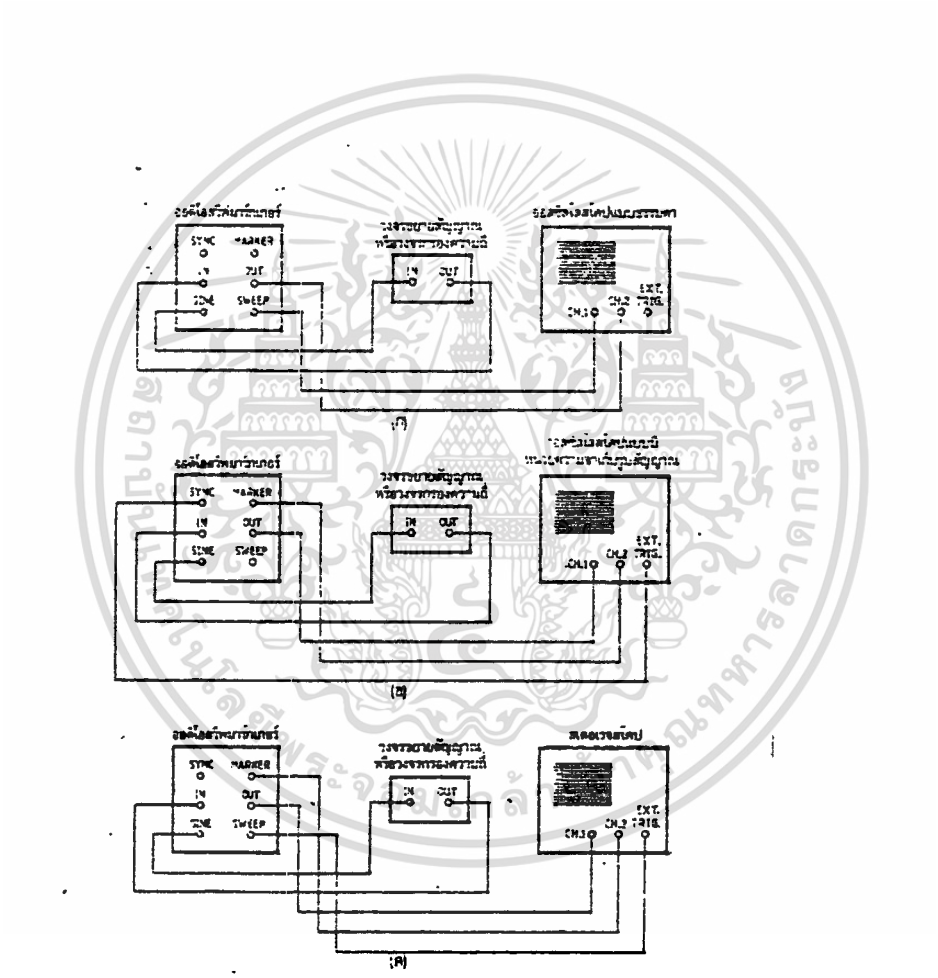
ในส่วนการแสดงผล ในโหมดโลว์ค่าของการนับยังผิดพลาดอยู่ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้มีค่าผิดพลาดในการนับประมาณ 10 Hz ซึ่ง ถ้าในย่านความถี่ต่ำกว่า 1 kHz การนับจะผิดพลาดมากขึ้น

ในโหมดไฮ การนับยังไม่ถูกต้องแต่การนับจะได้ผลใกล้เคียงเมื่อความถี่อยู่ในย่าน 30 kHz -90 kHz ซึ่งมีค่าความผิดพลาดประมาณ 50 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์และการนำไปใช้

เมื่อสร้างวงจรออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์ขึ้นมาเรียบร้อยแล้ว สามารถที่จะนำไปใช้ร่วมกับเครื่องวัดอื่น ๆ ได้หลายอย่าง ตัวอย่างของการเชื่อมต่อ ออดิโอสวีฟมาร์กเกอร์เจนเนอร์เรเตอร์ เข้ากับออสซิลโลสโคปแบบต่าง ๆ เป็นดังนี้



รูป (ก) ต่อกับออสซิลโลสโคปแบบธรรมดา

(ข) ต่อกับดิจิตอลสโคปแบบมีหน่วยความจำเก็บรูปสัญญาณ

(ค) ต่อกับสเตอเรจสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1 ยืน ภู่วรวรรณ , "ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็คทรอนิกส์ เล่ม 1",บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน , ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์ ,2535.

2.. ยืน ภู่วรวรรณ , "ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็คทรอนิกส์ เล่ม 2",บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน , ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์ ,2535.

3. ยืน ภู่วรวรรณ , "ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็คทรอนิกส์ เล่ม 3",บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน , ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์ ,2535.

4. ยืน ภู่วรวรรณ, "ดิจิตอลพื้นฐาน" ซีเอ็ดยูเคชัน ,ห้างหุ้นส่วนจำกัดนำอักษรการพิมพ์.

5. สิทธิชัย โภไคยอุดม ,ดร. , วัลลภ สุรกำพลธร "วงจรขยายสัญญาณ OPERTION AMPLIFLIER" ,ดวงกมลจำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัดนำอักษรการพิมพ์, 2522.

6. มงคล เดชนครินทร์ , ดร., ชาตรี ศรีไพพรรณ ,ดร.,"อิเล็คทรอนิกส์พื้นฐาน" ซีเอ็ดยูเคชัน , ห้างหุ้นส่วน เอช เอ็น การพิมพ์ ,2535.

7. "เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิกส์" ฉบับที่ 120 เดือนกันยายน 2535.

8. "เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิกส์" ฉบับที่ 121 เดือนตุลาคม 2535.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้