



ปีการศึกษา 2532

เครื่องตรวจจับโลหะ

โดย

นาย สมภพ

วรินทร์

นาย สามารถ

เกียรติไทย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผ.ศ. วิชัย สุรพัฒน์



026894

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา เทคโนโลยีค่อตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตรวจจับโลหะ

ผู้จัดทำ

1 นายสมภพ วรพันธ์

2 นายสามารถ เขียรไทย



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

..... กรรมการ

..... กรรมการ

..... กรรมการ

เครื่องตรวจจับโลหะ

ชื่อ สมภพ วรรณธุ์
สามารถ เขียวราย
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. วิชัย สุรพัฒน์
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ประดิษฐ์นิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลงานที่ผลิตขึ้น เป็นเครื่องตรวจจับโลหะ เพื่อ
การตรวจจับอาวุธและวัตถุระเบิดที่พกติดตัว เช่นในกระเป๋ และในพนัก และช่วยใน
การตรวจจับของกลาง วัตถุที่เป็นโลหะที่อยู่ใต้อ้อมของ เครื่องตรวจจับนั้น เครื่องตรวจ
จับจะแสดงให้เห็นทราบโดยแสงโซว หรือส่งสัญญาณเสียงที่เครื่องตรวจจับนั้น ซึ่งเราสามารถที่
จะเลือกได้ว่าจะให้เตือนแบบใด เสียงเตือนถูกผลิตโดย บัสเซอร์ส่วนแสง เตือนนั้นถูกผลิต
โดย ไลท์อิมิตเตอร์ไดโอด เมื่อเครื่องตรวจจับถูกให้ตรวจหาในตัวบุคคล เมื่อพบโลหะ เครื่อง
จะแสดงให้เห็นเฉพาะผู้ที่ใช้เครื่อง เท่านั้น

เครื่องตรวจจับจะสามารถตรวจสอบโลหะที่เป็นแม่เหล็ก และไม่ เป็นแม่เหล็ก
จะได้รับความถูกต้องพอ ๆ กัน แต่สำหรับวัตถุที่ไม่เป็นโลหะนั้นไม่สามารถตรวจสอบได้ สำหรับ
ความไวในการตรวจจับนั้น สามารถปรับได้ที่ตำแหน่งความไวสูง และ ตำแหน่ง ความไวต่ำ
ผลการตรวจจับความไวที่ตำแหน่งความไวสูง จะสามารถตรวจจับได้ในระยะทางที่ไกลกว่าใน
ตำแหน่งของความไวต่ำโดยวัดระยะทาง เป็นอัตราส่วนตำแหน่งของความไวสูงต่อความไวต่ำ
เท่ากับแปดส่วนต่อหนึ่งส่วนโดยตำแหน่งความไวสูงนั้นสามารถตรวจจับโลหะขนาด 3x2
เซนติเมตร ในระยะทาง 9 เซนติเมตร โดยวัดจากส่วนหัวของส่วนตรวจจับนั้น ในทางปฏิบัติ
สามารถปรับความไวได้โดย SENS.ADJ. เพื่อเป็นตัวช่วยในการตั้งระดับความไวของ
การตรวจจับ เช่น ในการตรวจร่างกายจะตั้งระดับการตรวจจับวัตถุที่ใหญ่ ๆ และ จะยก
เว้นสำหรับทรัพย์สินติดตัว เช่น เหรียญหรือเครื่องประดับต่าง ๆ โดยการปรับมาที่ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

METAL DETECTOR

SOMPJOB WORAPHANT

SAMART THIENHAI

ADVISOR

ASSIST PROF. WICHAI SURAPAT

1989

ABSTRACT

THIS METAL DETECTOR IS DESIGNED FOR THE DETECTION THE OF WEAPONS AND EXPLOSIVE DEVICES CARRIED ON THE PERSON, FOR THE EXAMINATION OF BAGGAGE AND PARCELS, AND AS AN AID IN THE INSPECTION OF PREMISES. THE PRESENCE OF METAL IN THE VICINITY OF THE DETECTOR IS INDICATED BY VISUAL OR AUDIBLE ALARM INCORPORATED IN THE DETECTOR UNIT; THE TYPE OF ALARM BEING SELECTED BY A SWITCH ON THE PANEL IN THE BASE OF THE UNIT. THE AUDIBLE ALARM IS SOUNDED BY A BUZZER MOUNTED ON THE DETECTOR CASE. THE VISUAL ALARM IS GIVEN BY LIGHT-EMITTING DIODE MOUNTED ON THE SURFACE OF THE CASE. AS THE DETECTOR IS USED FOR PERSONAL SEARCHES THE VISUAL ALARM FACILITY ENABLES THE DETECTION OF METAL OBJECTS TO BE REVEALED ONLY TO THE OPERATOR. THE DETECTOR RESPONDS TO NON-MAGNETIC AS WELL AS MAGNETIC METAL OBJECTS, AND ITS SENSITIVITY CAN BE ADJUST BY SENS. ADJUST ON THE BASE OF THE UNIT. THE EFFECT SENSITIVITY ON THE DETECTION OF A GIVEN METAL OBJECT IS THAT HIGH SENSITIVITY PERMITS DETECTION FROM A GREATER DISTANCE THAN IS POSSIBLE ON LOW SENSITIVITY.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	4
2.2 วงจรโมนอสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	6
2.3 วงจรอินทิเกรเตอร์	8
2.4 วงจรอินเวอร์ตติ้งแอมพลิฟายเออร์	11
2.5 วงจรคอมพาราเตอร์	12
2.6 สุนามแม่เหล็กไฟฟ้า	13
2.7 การพันขดลวดส่วนตรวจจับ	15
บทที่ 3 การสร้างและการทํางาน	17
3.1 ขั้นตอนการตรวจเช็ค	22
บทที่ 4 บทวิจารณ์และสรุป	25
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

สารบัญรูปภาพ

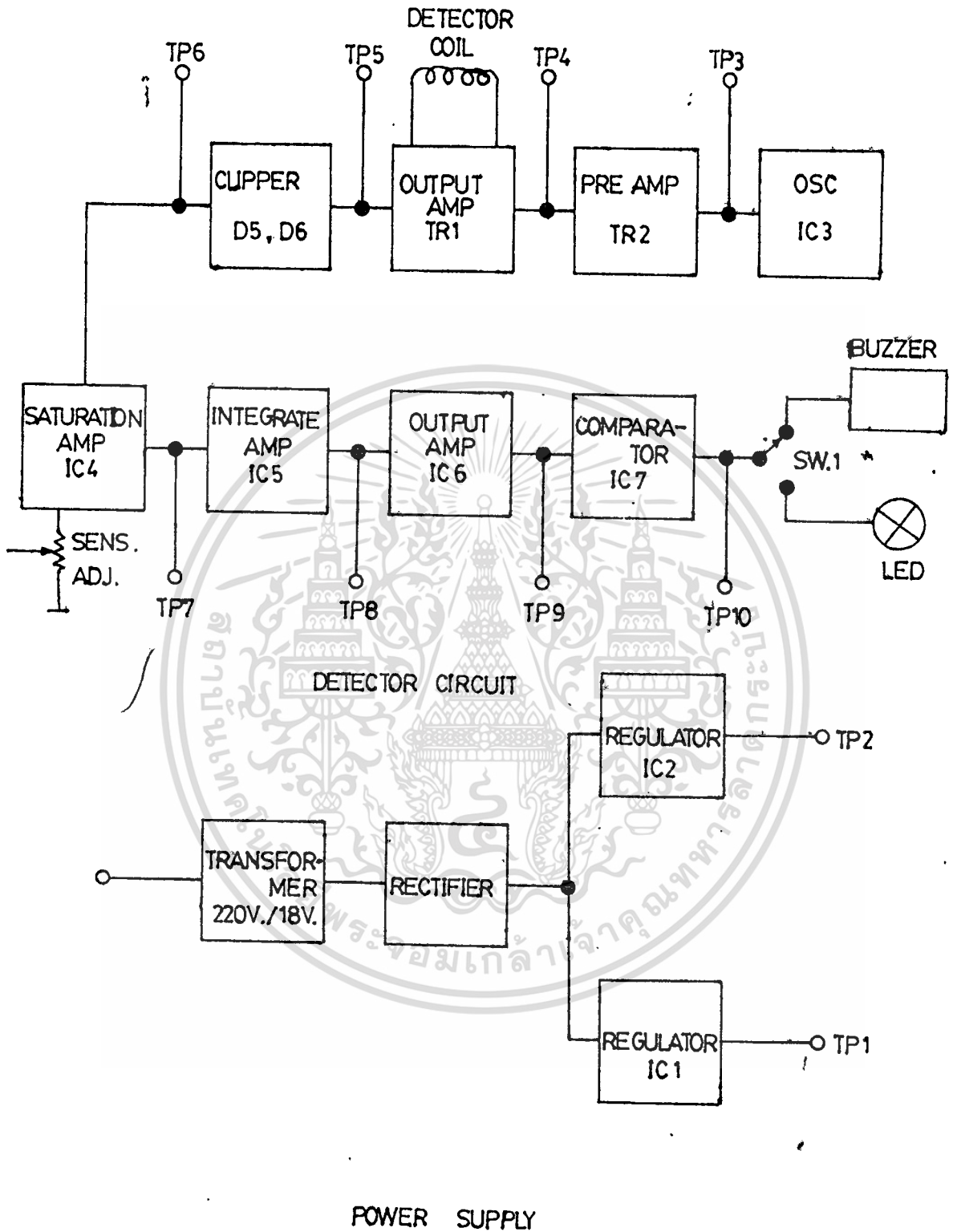
รูป		หน้า
รูปที่ 1	บล็อกไดอะแกรมเครื่องตรวจจับโลหะ	2
รูปที่ 2	บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างไอซี 555	3
รูปที่ 3	วงจระะสเตรเบิล มัลติไวเบรเตอร์	4
รูปที่ 4	รูปการเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ	4
รูปที่ 5	วงจรมอนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	6
รูปที่ 6	การเปรียบเทียบแรงดันต่าง ๆ ในมอนอสเตเบิล	6
รูปที่ 7	โครงสร้างไอซีออปแอมป์	7
รูปที่ 8	วงจรมอนอสเตเบิลโดยการใช้อุปกรณ์ไอซี	8
รูปที่ 9	วงจรมอนอสเตเบิล	10
รูปที่ 10	วงจรมอนอสเตเบิล	11
รูปที่ 11	วงจรมอนอสเตเบิลออปแอมป์	12
รูปที่ 12	วงจรมอนอสเตเบิล	13
รูปที่ 13	วงจรมอนอสเตเบิล	16
รูปที่ 14	ลายปริ้นท์วงจรเครื่องตรวจจับโลหะ	19
รูปที่ 15	สัญญาณตามจุดทดสอบ	20
รูปที่ 16	สัญญาณตามจุดทดสอบ	21
รูปที่ 17	สัญญาณตามจุดทดสอบ	22
รูปที่ 18	ขั้นตอนการตรวจเช็ค	23
รูปที่ 19	ขั้นตอนการตรวจเช็ค	24
รูปที่ 20	อุปกรณ์เครื่องตรวจจับโลหะ	26

บทที่ 1

บทนำ

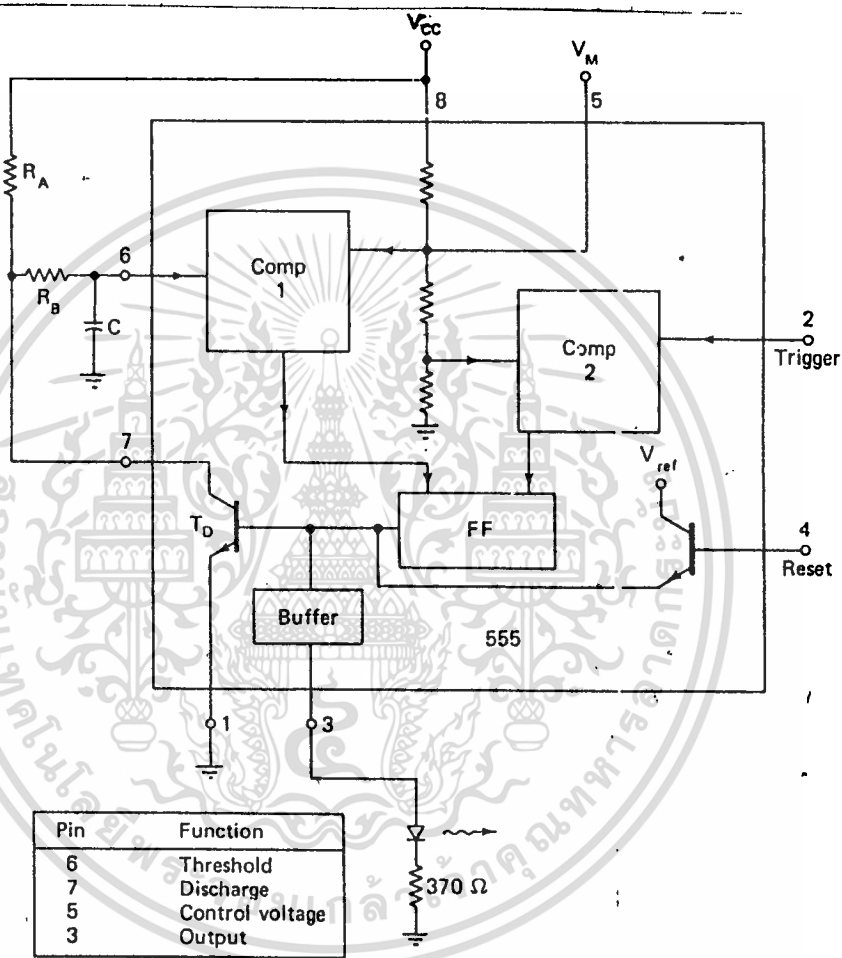
โลหะ เป็นวัตถุที่มีผลต่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นจึงอาศัยหลักการนี้โดยออกแบบให้ส่วนหัวของ เครื่องตรวจจับสัญญาณ ซึ่งเป็นขดลวด (L1) ถูกทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก โดยวงจรออสซิลเลเตอร์ (Ic3) , การขยายสัญญาณต่อโดยวงจรปริแอมพลิฟายเออร์ (Tr1) และ เอาท์พุทแอมพลิฟายเออร์ (Tr2) ถูกป้อนเข้า แซทจูเรทแอมพลิฟายเออร์ (Ic4) วงจร อินทิเกรเตอร์ (IC5) ป้อนเข้าวงจรเอาท์พุทแอมป์ (IC6) และป้อนเข้าวงจรเปรียบเทียบ (COMPARATOR) จะ เปรียบเทียบสัญญาณจากเอาท์พุทแอมพลิฟายเออร์ (IC6) กับระดับแรงดัน เปรียบเทียบเมื่อไม่มีโลหะ ระบบจะสมดุลที่เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบ จะ เท่ากับระดับ แรงไฟฟ้า คือไม่มีการส่งสัญญาณเตือนนั่นเอง

เมื่อมีโลหะที่บริเวณสนามแม่เหล็กไปถึง ค่าการเหนี่ยวนำของขดลวดจะ เปลี่ยนแปลงทำให้เกิดแรงดันไฟกระแสตรงระดับหนึ่งจากขาเอาท์พุทของอินทิเกรเตอร์แอมป์ (IC5) และถูกขับเข้าภาคขยายภาคสุดท้าย เข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันระดับแรงดันเอาท์พุทจะสูง ทำให้อุปกรณ์เตือนทำงาน เตือนให้ผู้ตรวจทราบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องตรวจจับโลหะ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

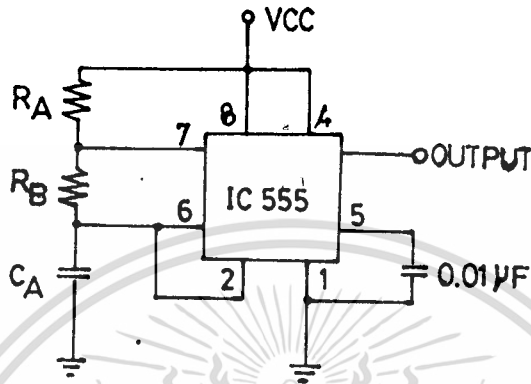
บทที่ 2
ทฤษฎี



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างภายใน IC 555

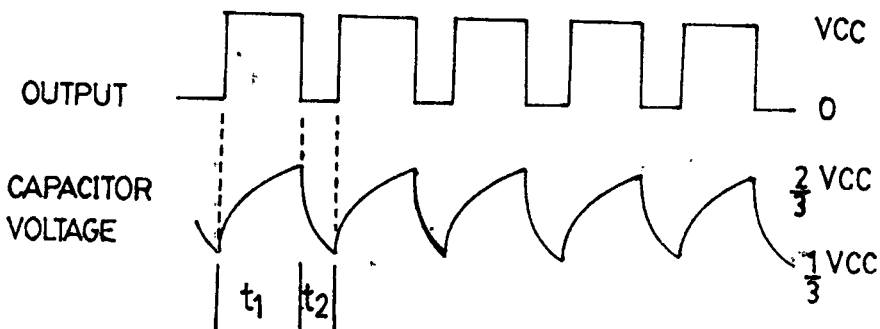
วงจระอสเตเบิลมีลต์คิวเบรเตอร์

วงจระอสเตเบิลมีลต์คิวเบรเตอร์ หรือวงจระอึ่งประกอบขึ้นมาจากไทม์เมอร์เบอร์555 ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวงจระอสเตเบิลมีลต์คิวเบรเตอร์ ซึ่งประกอบจากไอซีเบอร์ 555

ตัวรีซิสเตอร์ R_a และ R_b ทำหน้าที่เป็นไทม์มิ่งรีซิสเตอร์ (TIMMING RESISTER) เมื่อกจระได้รับแรงดันไบอัส จากแหล่งจ่ายกำลังตัวคาปาซิสเตอร์ C_a ซึ่งทำหน้าที่เป็นไทม์มิ่งคาปาซิสเตอร์ (TIMMING CAPACITOR) จะสะสมประจุผ่านตัวรีซิสเตอร์ R_a และ R_b จนกระทั่งเมื่อแรงดันตกคร่อมมีค่าเป็น $2/3$ เท่าของแหล่งจ่าย จะทำให่วงจระอ็อปเปอร์คอมพาราเตอร์ (UPPER COMPARATOR) กระตุ้นวงจระพลิกฟลอป ซึ่งอยู่ภายในตัวไอซีและมีผลให้ตัวเก็บประจุ (C_a) เริ่มคายประจุผ่านตัวรีซิสเตอร์ (R_b) แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุก็จะลดลง และเมื่อค่าเหลือเป็น $1/3$ เท่าของแหล่งจ่ายแล้ววงจระโลเวอร์คอมพาราเตอร์ (LOWER COPMPARATOR) ในตัวไอซีก็จะถูกกระตุ้น และเริ่มทำงานของวงจระใหม่อีกครั้งหนึ่ง ดูรูปที่ 4



ตัวเก็บประจุจะทำงานและคายประจุสลับกันไปอย่างสม่ำเสมอ ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าระหว่าง $2/3$ เท่าของแหล่งจ่าย และ $1/3$ เท่าของแหล่งจ่าย ตามลำดับ คักต์ที่เอาท์พุทจะมีค่าสูงในขณะที่ตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุ ซึ่งถ้าให้ t_1 คือช่วงเวลาที่เอาท์พุทมีศักย์ค่าสูงดังนั้น

$$t_1 = (R_a + R_b)C \text{ LOGe}((V_{cc} - 2/3 \cdot V_{cc}) / (V_{cc} - 1/3 \cdot V_{cc})) \text{ วินาที}$$

$$t_1 = 0.693(R_a + R_b)C \text{ วินาที}$$

และคักต์ที่เอาท์พุทจะมีค่าต่ำในขณะที่คาปาซิเตอร์ทำการคายประจุ ซึ่งถ้าให้ t_2 คือช่วงเวลาที่เอาท์พุทมีศักย์ค่าต่ำ

$$\text{ดังนั้น } t_2 = 0.693 R_b C \text{ วินาที}$$

ช่วงเวลาของการสะสมประจุและการคายประจุคือ

$$T = t_1 + t_2 \\ = 0.693 (R_a + 2R_b) C \text{ วินาที}$$

ซึ่งค่า T ก็คือ ช่วงเวลาความกว้างของพัลส์หนึ่งลูกคลื่น

ดังนั้นความถี่ของพัลส์ที่เอาท์พุทก็คือ

$$f = 1/t \\ = 1.443 / (R_a + 2R_b) C \text{ เฮิรตซ์}$$

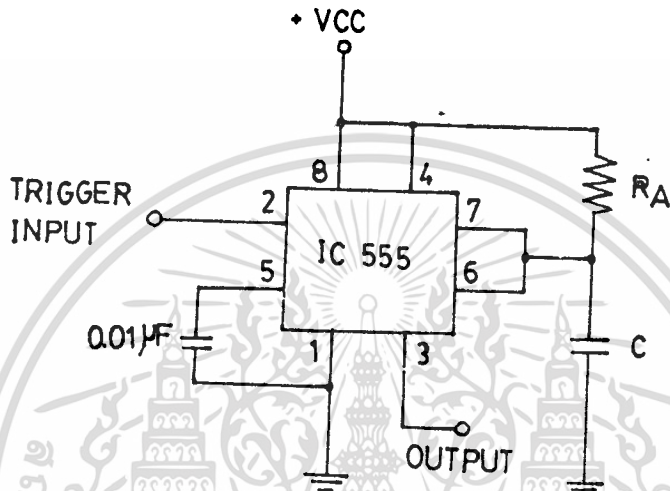
แต่ละค่าของ $(R_a + R_b)$ และ C จะให้ความถี่ของพัลส์เอาท์พุทที่มีค่าต่างกัน และถ้า "คิวดีไซเคิล" ถูกนิยามว่า คืออัตราส่วนของช่วงเวลาที่มีเอาท์พุทมีศักย์ค่าสูงกับช่วงเวลาทั้งหมดของพัลส์หนึ่งลูก และเขียนแทนด้วย D ดังนั้น DUTY CYCLE

$$D = t_1 / T = R_a + R_b / 3R_a + 2R_b$$

ซึ่งจะเห็นว่าความต้านทานของรีซิสเตอร์ R_a และ R_b จะเป็นตัวกำหนดค่าคิวดีไซเคิล

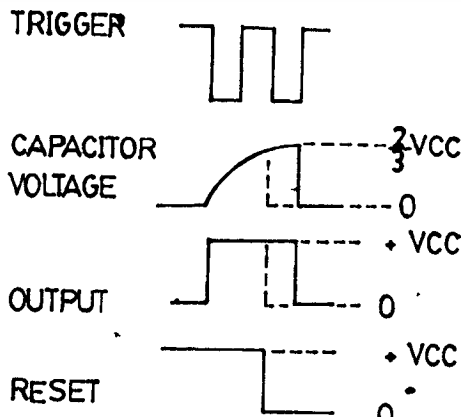
วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์

วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ หรือวงจรวันช็อต มัลติไวเบเรเตอร์ ซึ่งประกอบขึ้นจากทิมเมอร์ไอซีเบอร์ 555 ดังแสดงในรูปที่ 5

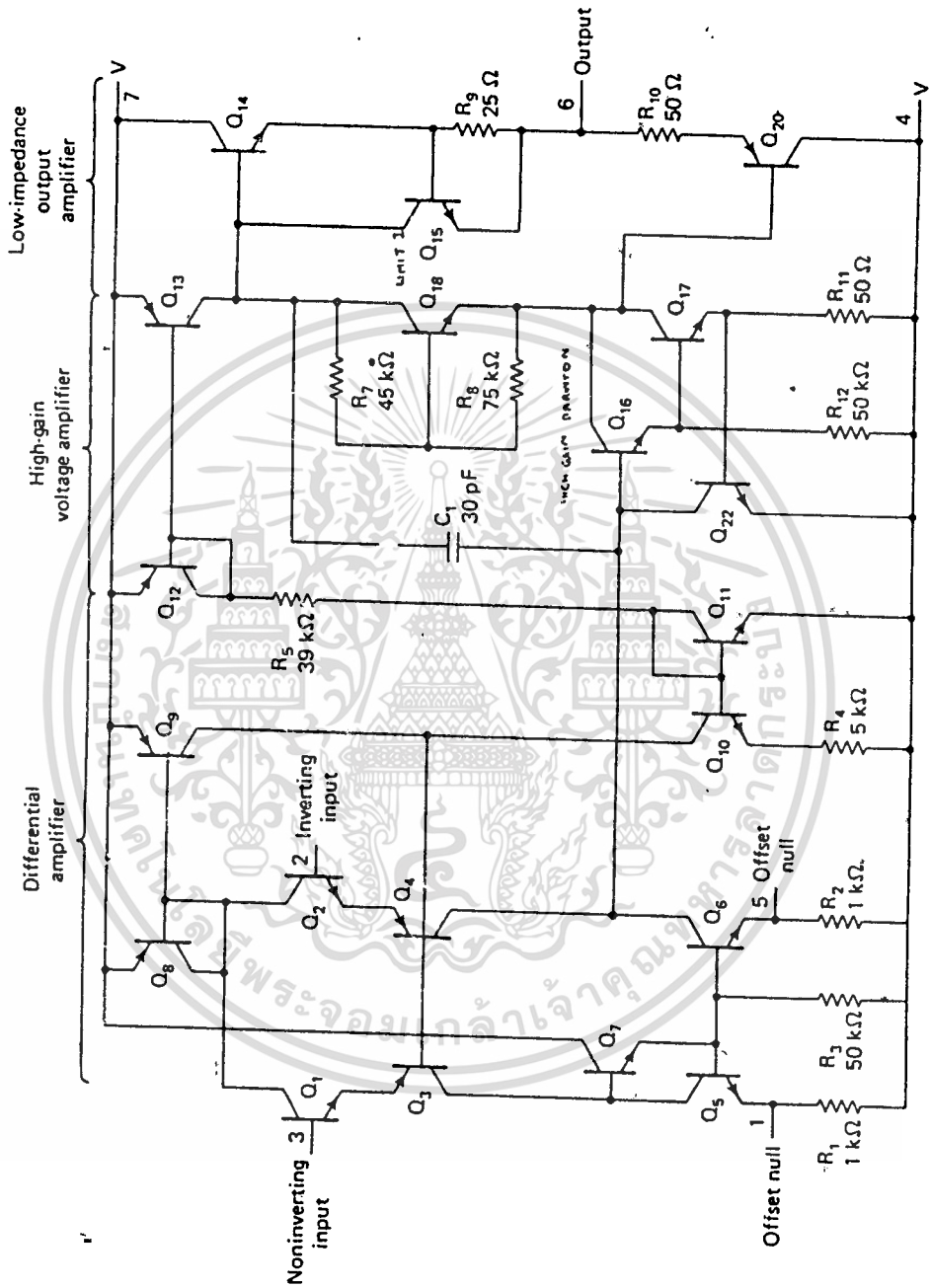


รูปที่ 5 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

การทำงานของวงจรถูกกล่าวไว้จะททำให้ได้พัลส์รูปสี่เหลี่ยม ออกมาที่เอาต์พุทของไอซีในแต่ละครั้งที่มีการทริกเกอร์ด้วยสัญญาณพัลส์จากภายนอก และสัญญาณทริกเกอร์แต่ละสัญญาณจะต้องมีช่วง เวลาห่างกันไม่น้อยกว่าความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุท การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ขณะที่เราเปลี่ยนไปดังแสดงและ เปรียบเทียบในรูปที่ -6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันที่จุดต่าง ๆ ในวงจร
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 โครงสร้าง ไอซีออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการการเก็บประจุเขียนได้ดังนี้

$$V_c = V_{cc}(1 - e^{-t/Ra.C})$$

ช่วงเวลาที่ใช้สำหรับการเก็บประจุของตัวคาปาซิเตอร์เพื่อให้มีแรงดันตกคร่อมเป็น $2/3$ เท่าของแหล่งจ่าย สามารถหาได้จากสมการโดยการพิจารณาจาก

$$2/3V_{cc} = V_{cc}(1 - e^{-t/Ra.C})$$

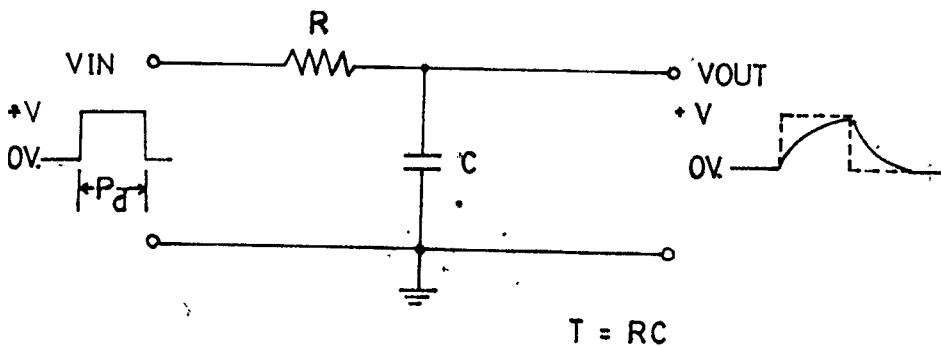
ดังนั้น $t = -Ra.C (\text{Loge } 1/3)$ วินาที

หรือ $t = 1.1Ra.C$ วินาที

นั่นคือช่วงเวลาที่เอาท์พุทของไอซีชา 3 จะมีศักย์ในระดับสูงเท่ากับ $1.1 Ra.C$ วินาที หรือก็คือช่วงเวลาที่ปรากฏพัลส์ที่เอาท์พุทนั่นเองจากสมการ เมื่อคาร์ซีสเตอร์และค่าคาปาซิเตอร์เปลี่ยนแปลงไปแต่ละค่าจะทาให้ได้ช่วงเวลาที่ต่างกัน

วงจรรีทีเกรเตอร์ (INTEGRATOR)

วงจรรีทีเกรเตอร์ คือวงจรที่สามารถทำการอินทิเกรตสัญญาณที่บ่อน ณ อินพุทหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ วงจรนี้จะสะสมสัญญาณที่บ่อนเข้ามาทางอินพุทเรื่อย ๆ ภายในช่วงเวลาหนึ่ง และแสดงผลของการสะสมนี้ออกทางเอาท์พุท



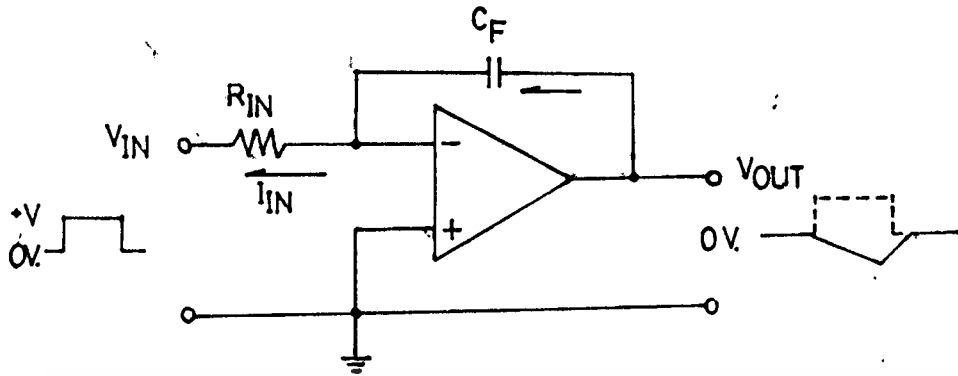
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ที่สอนวิชานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 8 วงจรรีทีเกรเตอร์โดยวงจรรีทีเกรเตอร์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงวงจรอินที่เกรทพื้นฐานซึ่งใช้อุปกรณ์พาสซีฟ คือประกอบด้วยตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ แต่ก่อนจะมีการวิเคราะห์วงจรนี้ควรทราบคุณสมบัติของตัวเก็บประจุเสียก่อนคือ



1. แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดได้ และแรงดันเริ่มต้นมักจะมีค่าเท่ากับศูนย์
2. ขณะที่ตัวเก็บประจุกำลังเก็บประจุอยู่นั้นกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุจะค่อยๆ ลดลงจนหยุดการไหล

เมื่อทราบคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว และสามารถศึกษาการทำงานของวงจรในรูปแบบได้ง่ายขึ้นจากข้อกำหนดแรก เมื่อเริ่มต้นแรงดันตกคร่อมจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นเมื่อเราวัดเอาที่พหุคร่อมตัวเก็บประจุแรงดันจะมีค่าเท่ากับศูนย์หลังจากนั้นเมื่อตัวเก็บประจุค่อย ๆ ถูกชาร์จมากขึ้นแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ (ความเร็วในการชาร์จประจุจะขึ้นอยู่กับค่าคงตัวของเวลามีค่าเท่ากับผลคูณของความต้านทานและตัวเก็บประจุ) ซึ่งเป็นผลให้กระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุมีค่าลดลง นั่นคือแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานลดลง และทำให้แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล จนกระทั่งแรงดันอินพุตตกลงเหลือศูนย์เวลาที่ตัวเก็บประจุจะคายประจุผ่านตัวต้านทานลงกราวด์ (ในขณะนั้นตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เป็นตัวแหล่งจ่ายไฟ) จากลักษณะของวงจรพาสซีฟที่ได้แสดงมานี้จะเห็นว่าในการที่เอาต์พุตจะไม่มีทางสูงกว่าแรงดันอินพุตได้เลย นอกจากนี้ต้องระวังด้วยว่า วงจรนี้จะทำงานได้ดีเมื่อความกว้างของสัญญาณพัลซมีค่าต่ำกว่าค่าคงตัว RC. มากเท่านั้น



รูปที่ 9 วงจรอินทิเกรเตอร์

เมื่อนำออปแอมป์มาใช้ในวงจรอินทิเกรเตอร์ดังรูป ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับบ้อนสัญญาณกลับ เราสามารถวิเคราะห์วงจรที่เข้าได้โดยยึดหลักที่ว่ากระแสอินพุท (I_{in}) จะเท่ากับ I_f และ เกิดกราฟที่เหมือนที่หัวอินพุท นอกจากนั้นหากสัญญาณอินพุทที่บ้อนให้อยู่ในลักษณะคงที่ กระแส I_{in} จะมีค่าคงที่ ($I_{in} = V_{in} / R_{in}$) นั่นคือ I_f จะมีค่าคงที่ตามไปด้วย และจากสมการของตัวเก็บประจุ

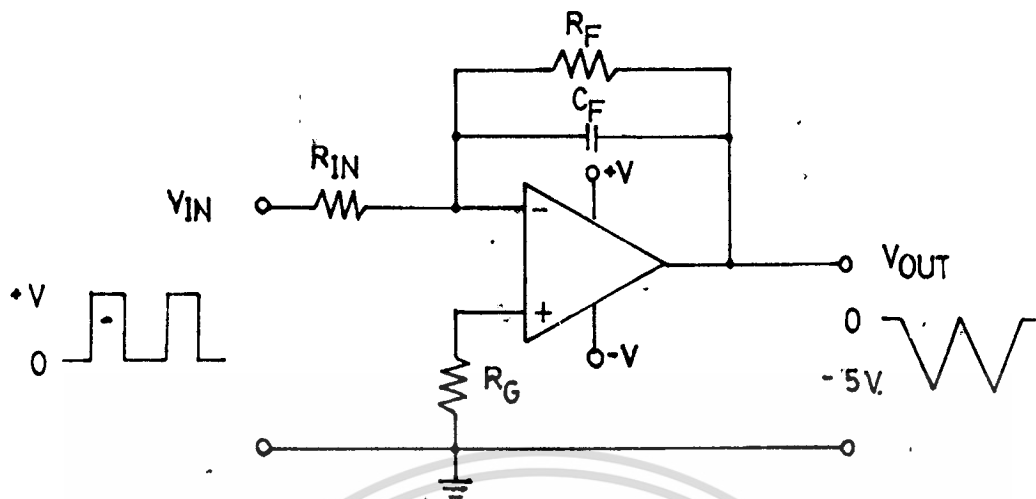
$$I_f = -C \cdot dV_{out} / dt$$

จะพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของ เอาท์พุทจะมีค่าคงที่ด้วย หรืออีกนัยหนึ่ง ความชันของแรงดันเอาท์พุทจะเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงและ เมื่อแรงดันอินพุทตกลง เหลือศูนย์โวลต์ ตัวเก็บประจุแบบเชิง เส้นเช่นกันผลคือแรงดันที่เอาท์พุทจะมีลักษณะ เป็นรูปสามเหลี่ยมกลับเฟส (เนื่องจากอินพุทถูกบ้อน ณ หัวอินพุทเอาท์พุทจะกลับเฟส 180 องศา)

วงจรเช่นนี้มีข้อเสียหลักที่ว่า ถึงแม้ว่าในขณะที่ V_{in} มีค่าเป็นศูนย์โวลต์ก็ตาม กระแสไบอัสอินพุท จะทำให้ตัวเก็บประจุถูกชาร์จอยู่ตลอดเวลา จนกระทั่งผลสุดท้ายแรงดันเข้าที่พุทจะอิ่มตัว และมีค่าสูงประมาณแหล่งจ่ายไฟซีกลบ(ทั้ง ๆ ที่ยังไม่มีการบ้อนสัญญาณอินพุท) ดังนั้นจะนำวงจรในรูปมาใช้ได้โดยมีการต่อตัวต้านทานบ้อนกลับขนานกับตัวเก็บประจุจะทำให้ วงจรที่มีเสถียรภาพดีขึ้น และมีค่าของอัตราการขยายตั้งแต่ 10 ถึง 100

โดยมีขนาดของแรงดันเอาท์พุทตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทำรายงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 วงจรอินทิเกรเตอร์

$$V_{out} = -(1/R_{in} \cdot C_f) \, dV_{in} \cdot dt$$

$$F_c = 1/2 \, R_f \cdot C_f$$

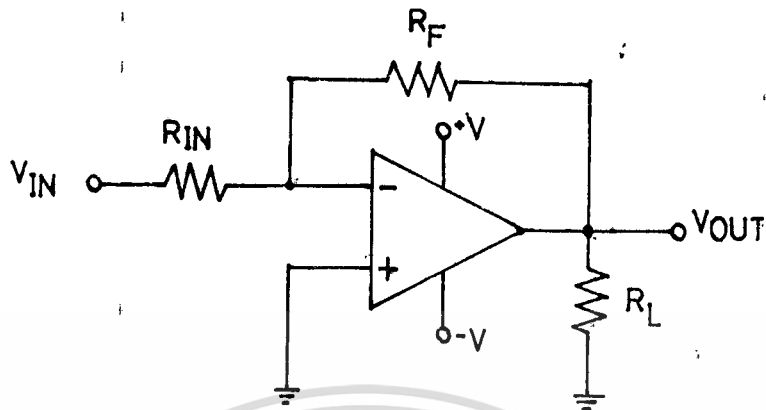
$$V_o/V_i = -R_f/R_i$$

โดยที่เครื่องหมาย แสดงการอินทิเกรต และ dt คือช่วงเวลาในการอินทิเกรต ตัวอย่าง เช่นถ้าป้อนคลื่นสี่เหลี่ยมขนาด 1 โวลต์ ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ ให้แก่วงจร ดังรูปจะได้ว่า dt เป็นความกว้างหนึ่งช่องสัญญาณพัลส์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0005 วินาที (นั่นคือเราต้องการสะสมแรงดันในช่วงที่ V_{in} เป็นบวกเท่านั้น)

วงจรรยายกลับเฟส (อินเวอร์ตติ้งแอมป์)

โดยทั่วไป วงจรรยายจะหมายถึงความถี่วงจรที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณที่ว่าอาจเป็นได้ทั้งแรงดันหรือกระแสในลักษณะเดียวกัน วงจรรยายของออปแอมป์ก็คือวงจรที่มีอัตราการขยายแรงดันสูงมากและยังมีลักษณะของการขยายเป็นเส้นตรงนั่นคืออัตราส่วนตามสมการ

$$V_{out} = -(R_f/R_{in}) \cdot V_{in}$$



รูปที่ 11 แสดงวงจรขยายกลับเฟสแบบมาตรฐาน ซึ่งวิธีใช้เป็นแบบลูบปิด

เรียกว่าการบ่อนกลับแบบลบ โดยการนำเอาที่พหุซึ่งกลับเฟสกับอินพุตมาบ่อนเข้าที่จุดอินพุตอีกครั้งหนึ่ง ผลก็คือวงจรออปแอมป์จะพยายามปรับจนกระทั่งความต่างศักย์ระหว่างอินพุตมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (แต่ต้องเข้าใจว่าแรงดันระหว่างขาอินพุตจะต้องไม่เท่ากับศูนย์พอดี มิฉะนั้นเอาพหุก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์โวลต์ด้วย กล่าวคือผลต่างระหว่าง แรงดันทางด้านอินพุตต้องมีบ้างบางส่วนพอที่จะทำให้เกิดแรงดันเอาท์พหุได้พอดีเท่านั้น)

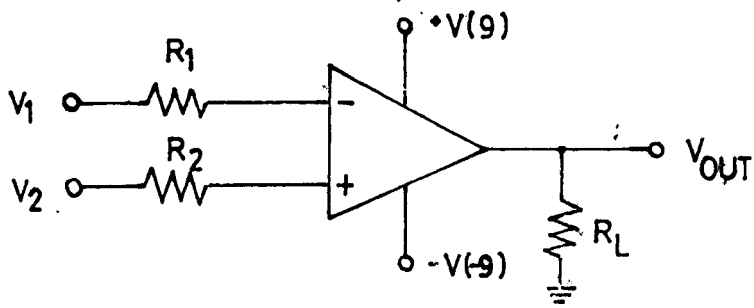
จากสมการของอัตราการขยายแรงดัน (A_v)

$$A_v = V_{out}/V_{in}$$

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (คอมพาราเตอร์)

การทำงานเป็นคอมพาราเตอร์ในขณะเปิดลูบ (OPEN LOOP) ออปแอมป์จะสามารถเปรียบเทียบระดับสัญญาณขาอินพุตทั้งสองได้ค่อนข้างแม่นยำ โดยใช้หลักการของเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขาอินพุตอินเวอร์ตติ้ง และนอนอินเวอร์ตติ้ง คือ

1. ถ้าขาอินพุตมีศักย์เป็นบวกสูงกว่าขาอินพุตลบ แล้วเอาท์พหุจะเป็นลบ
2. ถ้าขาอินพุตมีศักย์เป็นบวกต่ำกว่าขาอินพุตลบ แล้วเอาท์พหุจะเป็นบวก



INPUT VOLTAGE		OUTPUT VOLTAGE
$\pm V_1$	$\pm V_2$	$\pm V_{SAT}$
+ 1	+ 2	+ 8
+ 2	+ 1	- 1
0	0	0
+ 1	- 1	- 8
- 1	+ 1	+ 8
- 1	- 2	+ 8
- 2	- 1	+ 8

รูปที่ 12 วงจรเปรียบเทียบ

$$V_{out} = V_{sat} \cdot \text{Sing}(V_2 - V_1)$$

สนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ค่าแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า (MAGNETIC FORCE) มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างกระแสกับจำนวนรอบของขดลวด หรือเท่ากับผลคูณระหว่างความเข้มของสนามแม่เหล็กกับค่าการเหนี่ยวนำของขดลวดซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\text{mmf} = NI = HL$$

เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดแล้วจะทำให้เกิดความเข้มของสนามแม่เหล็กขึ้นมา สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก และเราก็จะได้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น มาจากผลของสนามแม่เหล็กนั่นเอง เส้นแรงแม่เหล็กนี้เองที่ทำให้เกิด ลิงค์เกจฟลักซ์ (LINKAGE FLUX) ซึ่งตัวนี้เองที่เราจะมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกฎของฟาร์ราเดย์ (FARADAY LAW) เมื่อแรงเคลื่อนไหลผ่านลูปปิดหนึ่ง ๆ จะมีกระแสไหลผ่านเกิดขึ้น โดยมีทิศทางการไหลของกระแสสวนทางกับทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้านั่นเอง

ดังนั้นเมื่อมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้เกิดกระแสขึ้น ถ้ามีขดลวดพันด้วยจำนวนรอบเท่ากับ N รอบ เมื่อป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ก็คือ $\mathcal{E} = NI$ นั่นเอง

เมื่อมีแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้น ก็จะได้ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) จากความสัมพันธ์ความเข้มของสนามแม่เหล็ก และความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (B) จะทำให้เกิด

$$B = \mu H$$

ซึ่งก็คือจะ เกิดความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กขึ้นนั่นเองและผลอันนี้เราก็จะได้ฟลักซ์แม่เหล็ก (Φ) หาได้จากผลคูณระหว่าง พื้นที่หน้าตัดของลวดกับความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก

$$\Phi = BA$$

จากกฎของเลนส์ (LENZ LAW) ถ้ามีความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กไหลผ่านลูปปิดอันหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดนั้น ๆ จะมีฟลักซ์แม่เหล็กเกิดขึ้น ฟลักซ์แม่เหล็กตัวนี้จะทำให้เกิดลิ่งค์เกลฟลักซ์ขึ้น จากสมการ $\mathcal{E} = -N\dot{\Phi}$

จากคุณสมบัติของลิ่งค์เกลฟลักซ์ซึ่งเราต้องนำไปใช้งาน สามารถนำจำนวนได้จากสูตร

$$\mathcal{E} = NI = HL$$

$$I = \mathcal{E}/N = BL/\mu N$$

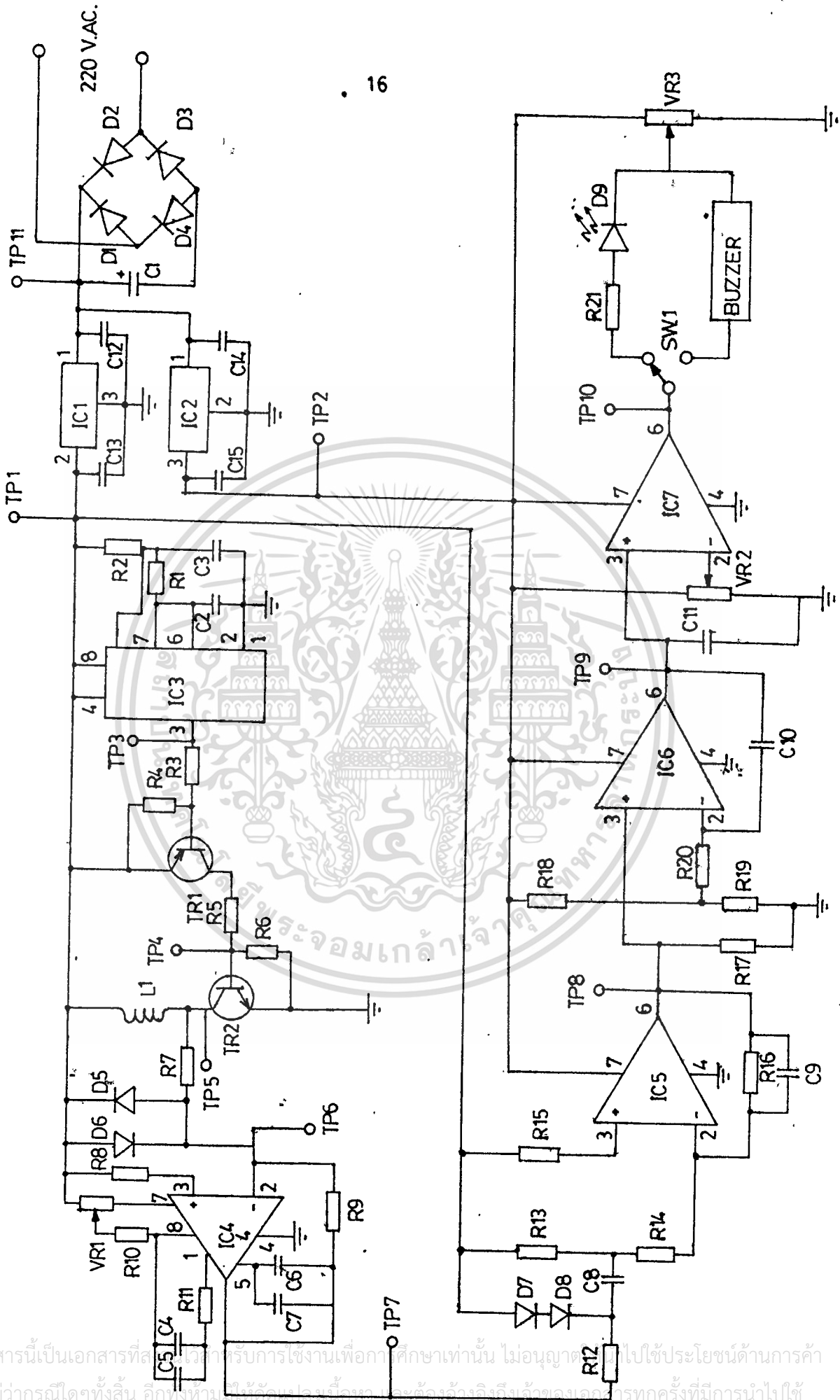


เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ของวงรีขดลวด 6 นิ้ว

เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กของวงรีขดลวด 4 นิ้ว

จำนวนรอบ 50 รอบ ชั้นละ 10 รอบ 5 ชั้น

ใช้กระแสไฟฟ้า 50 มิลลิแอมป์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่อนุญาติ... ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น... ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทํางาน

ชุด D1-D4 ต่อแบบบริดจ์เรกติไฟร์แรงดันโพลลบ 18 โวลต์เป็นระดับแรงดันไฟตรง 22 โวลต์ โดยการฟิลเตอร์ด้วย C1 ทําให้แรงดันเรียบโดยไอซีเรกติไฟท์ โดยอินพุต 22 โวลต์ บ้อนเข้าที่ขา 1 ของ UA7805 (ไอซี 1) เอาท์พุท 5 โวลต์ออกที่ขา 2 เพื่อจ่ายให้ภาคออสซิลเลเตอร์ (ไอซี 3) และภาคแซทจูเรทแอมป์ และ 22 โวลต์อีกส่วนหนึ่ง เข้า ไอซีเรกติไฟท์ UA7815 (ไอซี 2) เอาท์พุท 15 โวลต์ปรากฏที่ขา 3 เพื่อบ้อนเข้าภาคแซทจูเรทแอมป์ , ภาคเปรียบเทียบแรงดัน , ภาคเอาท์พุทแอมพลิไฟเออร์ต่อไป

ภาคออสซิลเลเตอร์ประกอบด้วย NE555 (ไอซี 3) R1,R2,C2,C3 ทําการออสซิลเลทเป็นคลื่นสแควเวฟเป็นพัลส์ลบขนาด 0.2 มิลลิเซคคันด์ที่มีค่า T เท่ากับ 3 มิลลิเซคคันด์ ซึ่งได้จากการเซทค่าอุปกรณ์ประกอบขึ้นต้น เอาท์พุทออกที่ขา 3 ดังแสดง ณ จุด TP3

ภาคปริแอมป์ประกอบด้วย TR1,R3,R4 โดย R3 เป็นไบอัสให้ TR1 พัลส์ลบสแควเวฟจากออสซิลเลเตอร์ดับลิ้ง R3 เข้าขาเบสของ TR1 ที่เป็นแบบ PNP และเอาท์พุทออกที่ขา คอลเลคเตอร์ โดยมีเฟสตรงกันข้ามกับอินพุท 180 องศา คือเป็นพัลส์บวกดังแสดง ณ จุด TP4

ภาคเอาท์พุทแอมพลิไฟเออร์ประกอบด้วย TR2,R5,R6 เมื่ออินพุทเป็นพัลส์บวกเข้ามาที่ขาเบสของTR2 ทําให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสจากแหล่งจ่าย 5 โวลต์ผ่านขดลวด (L1) ทําให้ L1 เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันเป็นพัลส์บวกที่มีขนาดแรงดันสูงถึง 150 โวลต์ ดังแสดง ณ จุด TP5

คลิบเปอร์ประกอบด้วย D5,D6,R7 จะทําการคลิบพัลส์บวกจาก 150 โวลต์ให้เหลือเพียง 1 โวลต์และคลิบพัลส์ลบเหลือเพียง 1 โวลต์ ซึ่งพัลส์บวกและลบที่ได้จากการคลิบนี้ อยู่บนระดับแรงไฟ 5 โวลต์ดังรูป TP6 เมื่อมีโลหะเข้ามาในบริเวณที่มีหัวตรวจจับส่วนที่เป็นพัลส์บวกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแล้วส่ง เข้าขยายในภาคแซทจูเรทแอมป์ต่อไป

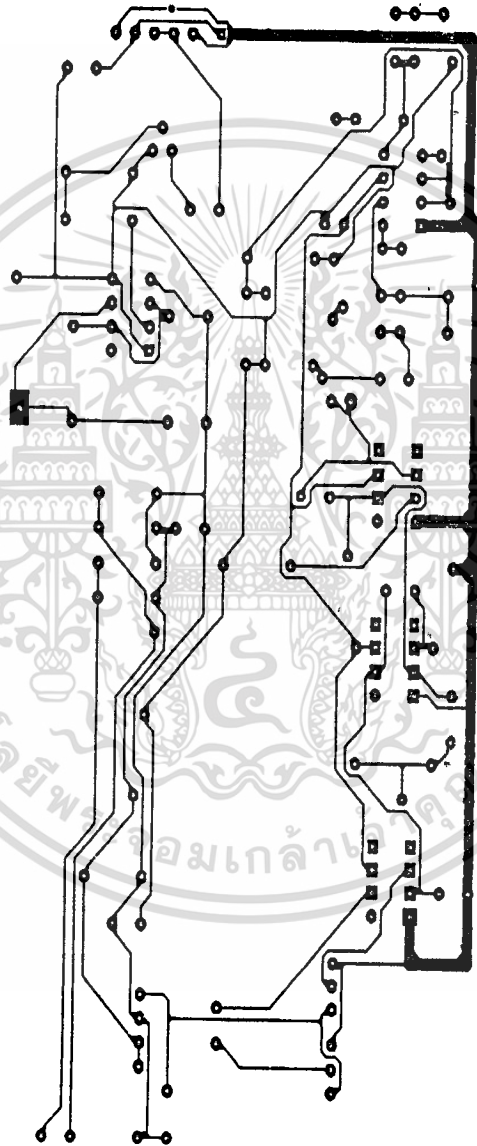
ภาคแซทจูเรทแอมป์ประกอบด้วย LM709 (ไอซี 4) เป็นส่วนสำคัญ เอาท์พุทจากคลิบเปอร์ผ่านเข้าขาอินเวอร์ตติ้งขา 2 โดยขานอนอินเวอร์ตติ้งขา 3 จะมีระดับแรงไฟเปรียบเทียบ 5 โวลต์ , C4-C7 เป็นตัวชดเชยความถี่ , VR1 ใช้ปรับระดับแรงดันเอาท์พุทที่ขา

การเปลี่ยนแปลง เมื่อมีโวลเทจดับลงผ่าน R12, C8 เข้าอินทีเกรตแอมป์

อินทีเกรตแอมป์ ประกอบด้วย LM741 (ไอซี 5) มี R16, C9 เป็นส่วนสำคัญในการอินทีเกรตเอาต์พุตจากเซตจเรทแอมป์ผ่าน R14 มีลักษณะ เป็นพัลส์สามเหลี่ยมอยู่บนระดับแรงไฟ 5 โวลท์ ความสูงของพัลส์สามเหลี่ยมจะสูงขึ้นเมื่อมีโวลเทจผ่านเข้ามาบ่อนเข้าขาอินเวอร์ตติ้งขา 2 โดยมีขานอนอินเวอร์ตติ้งขา 3 มีระดับแรงไฟเปรียบเทียบ 5 โวลท์เอาต์พุตออกขา 6 ปกติระดับแรง 7.5 โวลท์ เมื่อมีโวลเทจระดับแรงไฟจะมีมากกว่า 7.5 โวลท์

ภาคเอาต์พุตแอมป์ ประกอบด้วย LM741 (ไอซี 4) มีตัวต้านทานต่อเป็นโวลท์เดจดีไวเดอร์เข้าขาอินเวอร์ตติ้งขา 2 ประมาณ 7.5 โวลท์ เมื่อมีโวลเทจขานอนอินเวอร์ตติ้งจะเพิ่มมากขึ้นมากกว่า 7.5 โวลท์ ทำให้เอาต์พุตเพิ่มจาก 2 โวลท์เป็นประมาณ 4 โวลท์

ภาคเปรียบเทียบแรงดัน ประกอบด้วย LM741 (ไอซี 7) VR2 เป็นตัวปรับแรงไฟเปรียบเทียบ 2 โวลท์เข้าที่ขาอินเวอร์ตติ้ง เมื่อมีโวลเทจ ที่ขานอนอินเวอร์ตติ้งกับแรงไฟจะสูงขึ้นมากกว่า 2 โวลท์ ซึ่งมากกว่าขาอินเวอร์ตติ้งทำให้เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบมีแรงดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึงจุดเซตจเรทคือประมาณ 15 โวลท์ทันที และเอาต์พุตนี้ผ่าน SW1 เพื่อใช้เลือกการเตือนว่าจะเลือกการใช้เตือนแบบ เสียง หรือ แสง และมี VR3 เพื่อยกกระดับแรงไฟ เนื่องจากเอาต์พุตของออปแอมป์ไม่คถึงศูนย์โวลท์ป้องกันอุปกรณ์เตือนทำงานในขณะที่ไม่มีโวลเทจเข้ามา



รูปที่ 14 ลายปรินทิงวงจรเครื่องตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE & OSCILLOSCOPE MEASUREMENT

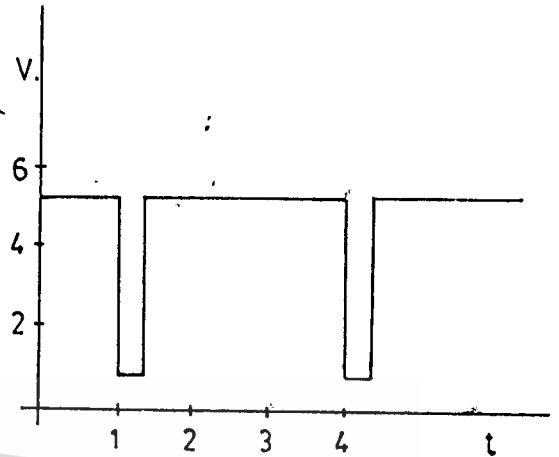
TP1 5 V. DC.

TP2 15V DC.

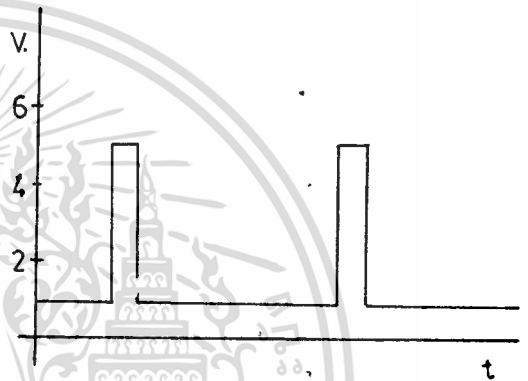
TP3

CAL: Y = 2 v/cm

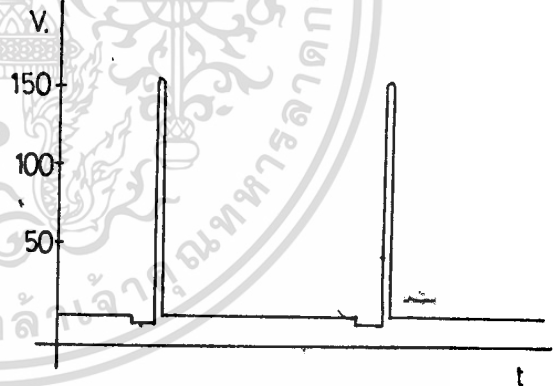
X = 1 ms /cm

 $t = 180 \mu s$ 

TP4

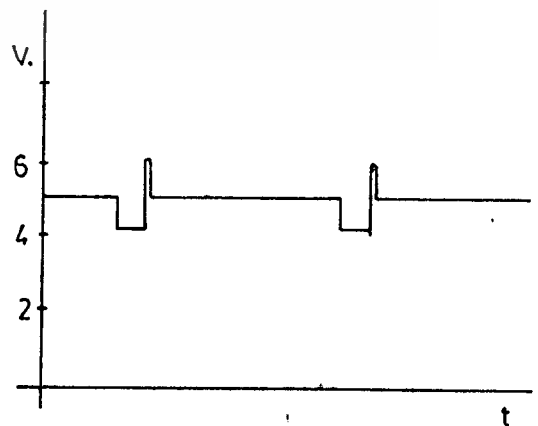


TP5



TP6

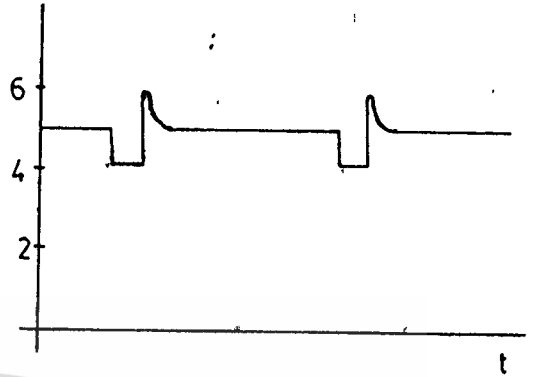
NO METAL



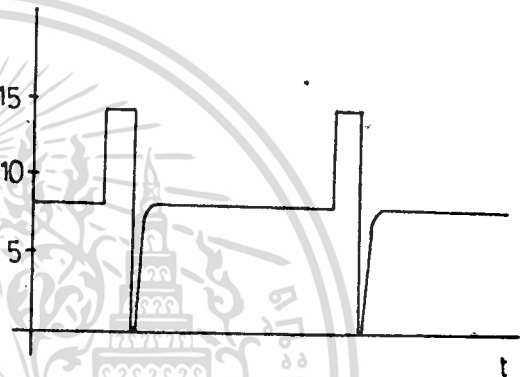
รูปที่ 15 สัญญาณตามจุดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

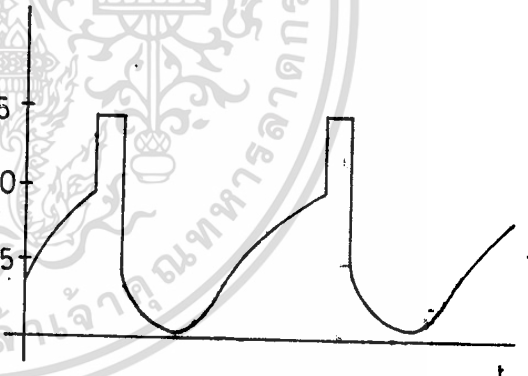
TP6
IN PRESENCE OF METAL



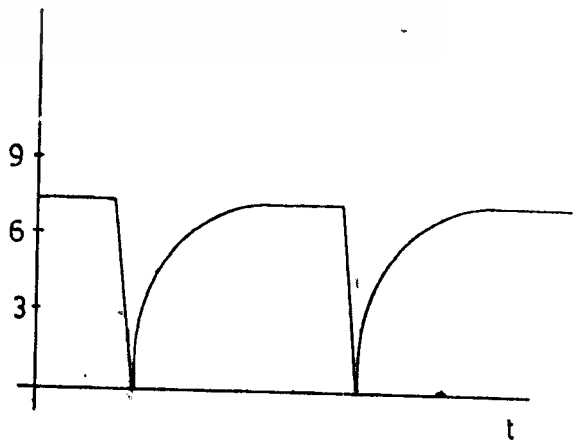
TP7
NO METAL



TP7
IN PRESENCE OF METAL

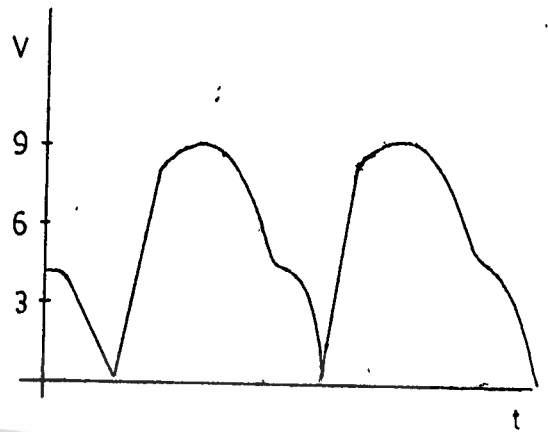


TP8
NO METAL



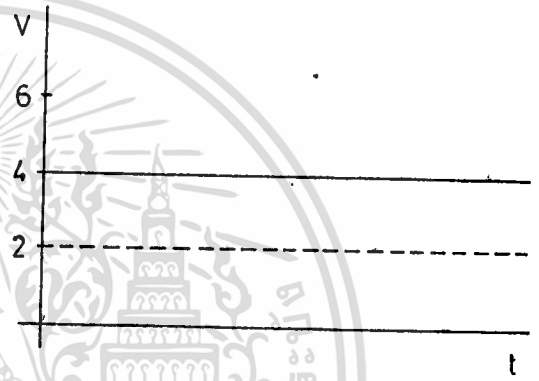
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 16 สัญญาตามจุดทดสอบเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TP8
IN PRESENCE OF METAL



TP9
IN PRESENCE OF METAL

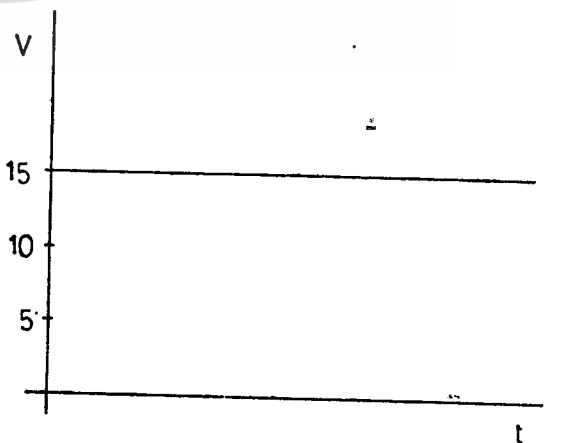
NO METAL



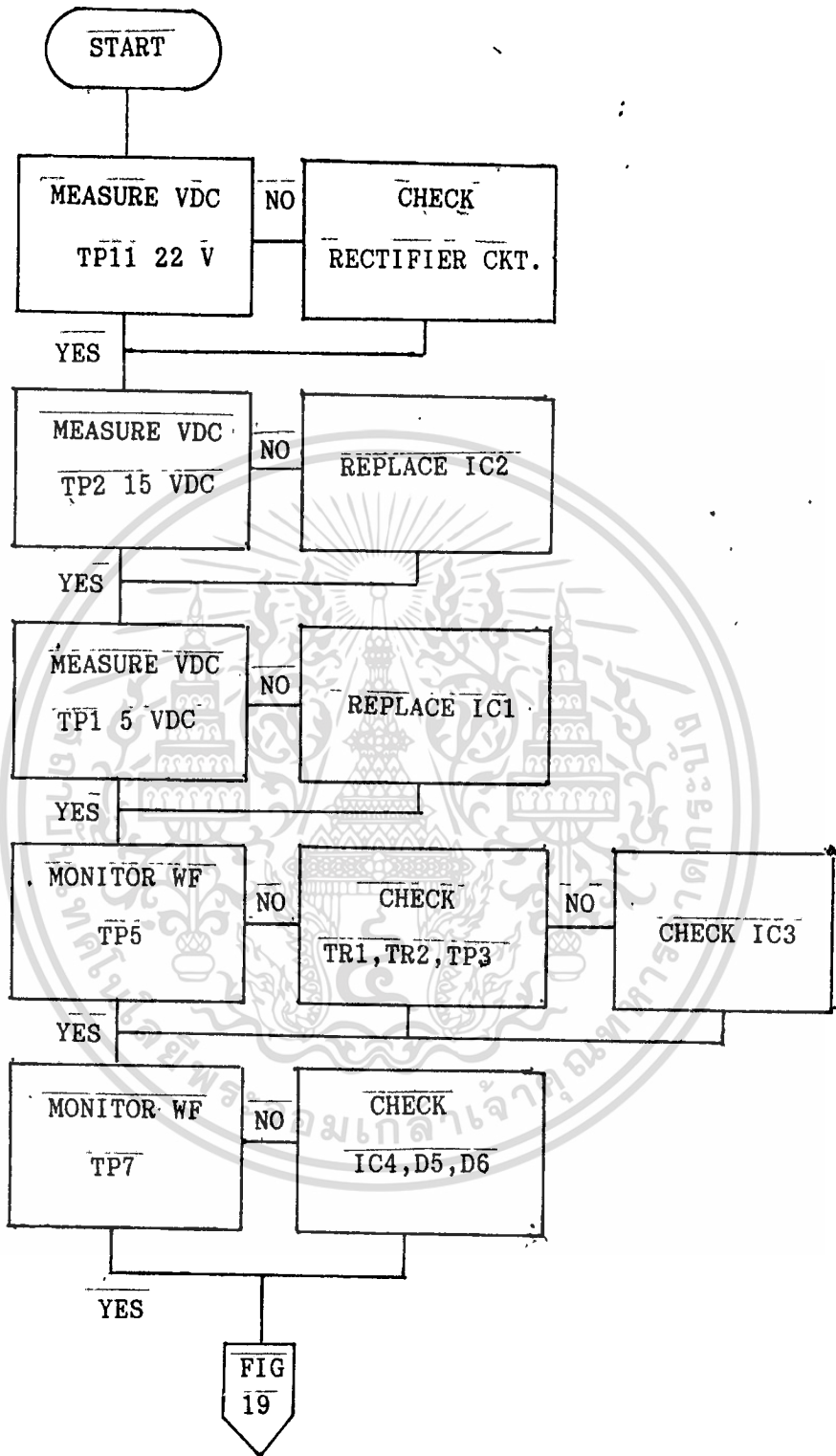
TP10
NO METAL



TP10
IN PRESENCE OF METAL

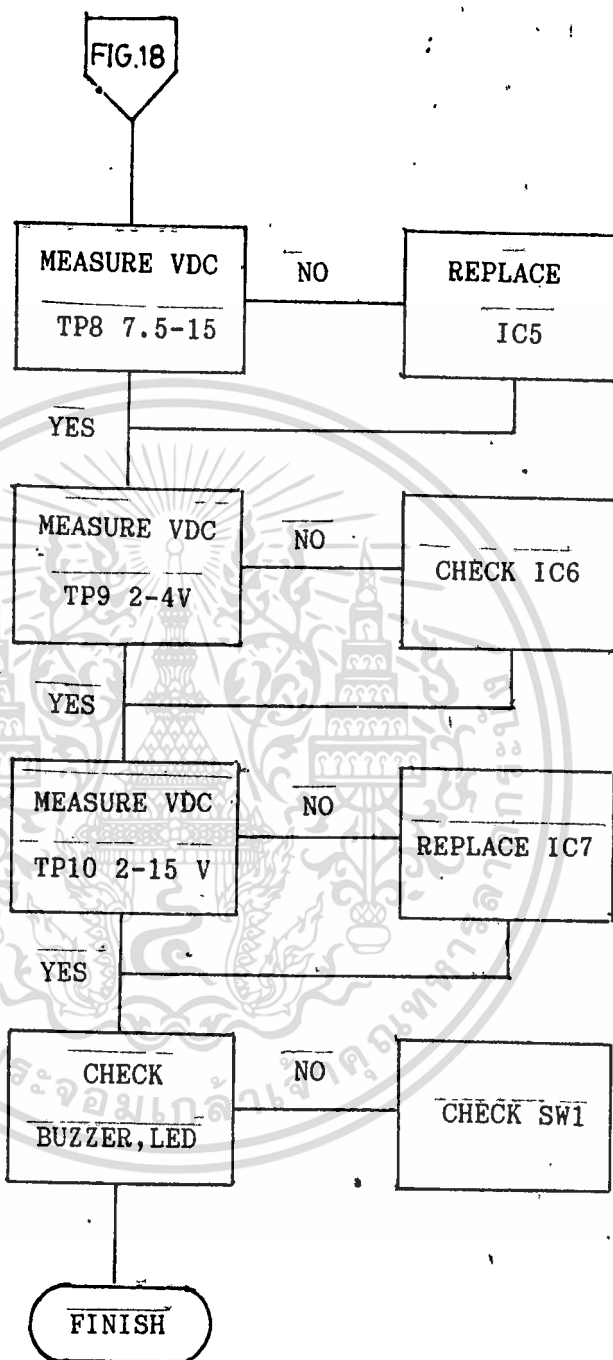


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 17 สัญญาตามจุดทดสอบเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการตรวจเช็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการตรวจเช็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

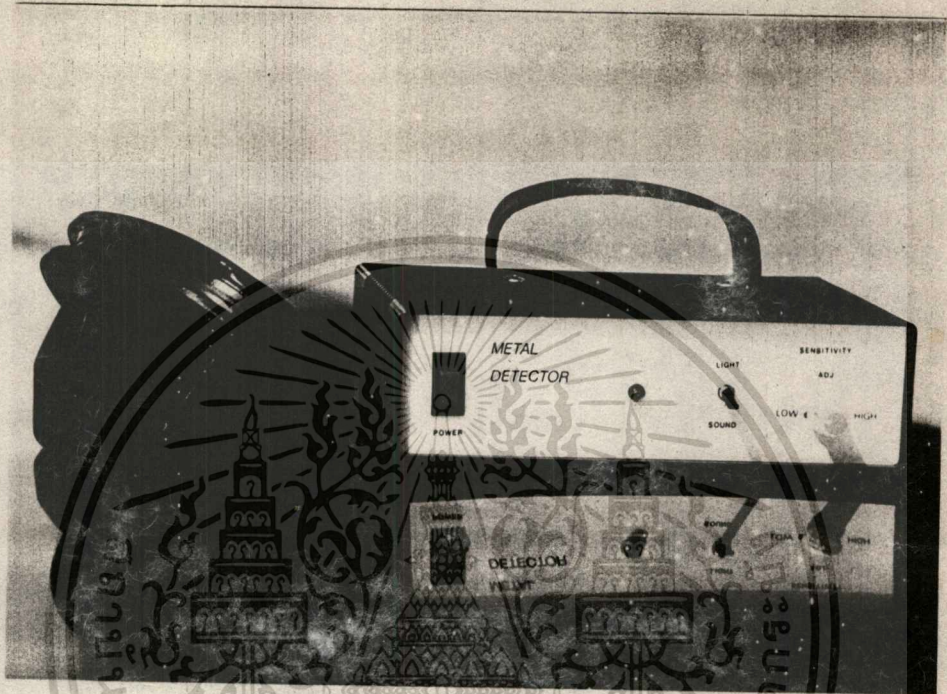
บทที่ 4

บทวิจารณ์และสรุป

จากการทดลองโครงการนี้ส่วนที่สำคัญคือไอซี LM709 ซึ่งทำหน้าที่เป็นแซทจูเรทแอมป์ (SATURATE-AMP) ขยายสัญญาณที่ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงพัลส์แม่เหล็กให้ได้ขนาดมากพอที่จะเปรียบเทียบ และอีกส่วนหนึ่งคือการพันขดลวดต้องให้ได้ เส้นใหญ่พอกระแสจะได้ไม่ถูกไหลหายไปในวงจร และจำนวนรอบต้องมากพอที่จะส่งออกไปเหนี่ยวนำกับโลหะภายนอกแต่ไม่มากเกินไป ซึ่งจะทำให้โวลต์เดจที่ตกคร่อมมากเกินไป จากการทดลองที่สำเร็จ สมบูรณ์สามารถตรวจจับได้ระยะที่ไกลพอสมควร

ปัญหาการดำเนินงาน

- 1 โดโอด D1 , D2 เกิดการลัดวงจรเนื่องจากแรงดันระดับสูงจากการเหนี่ยวนำของขดลวด
- 2 ขดลวดต้องทดลองหลายเบอร์ หลายขนาด พันหลายแบบเพื่อให้การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไปได้แรงและไกลที่สุด โดยใช้ลวดเบอร์ 17 พัน 50 รอบเป็นวงรีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ 6 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก 4 นิ้ว และที่สำคัญที่สุดคือต้องพันเรียงเส้น
- 3 แรงดันเอาท์พุทจากอินทีเกรตแอมป์ไม่เรียบเท่าที่ตั้ง sensitivity หมั่นไม่ได้ SENSITIVITY ก็จะต้องลดลง ฉะนั้นแหล่งจ่ายไฟต้องได้จาก REGULATOR ทั้งหมด
- 4 เอาท์พุทจากวงจรเปรียบเทียบขณะไม่มีโลหะไม่ตกถึงศูนย์เท่าที่การเตือนเกิดขึ้นเลย ฉะนั้นจะต้องมี VR2 ยกระดับไว้



รูปที่ 20 อุปกรณ์เครื่องตรวจจับโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μA709

HIGH PERFORMANCE OPERATIONAL AMPLIFIER

FAIRCHILD LINEAR INTEGRATED CIRCUITS

GENERAL DESCRIPTION - The μA709 is a monolithic High Gain Operational Amplifier constructed using the Fairchild Planar* epitaxial process. It features low offset, high input impedance, large input common mode range, high output swing under load and low power consumption. The device displays exceptional temperature stability and will operate over a wide range of supply voltages with little performance degradation. The amplifier is intended for use in dc servo systems, high impedance analog computers, low level instrumentation applications and for the generation of special linear and nonlinear transfer functions.

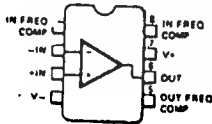
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	±18 V
Internal Power Dissipation (Note)	
Metal Can	500 mW
DIP	670 mW
Flatpak	570 mW
Differential Input Voltage	±5.0 V
Input Voltage	±10 V
Storage Temperature Range	
Metal, Hermetic DIP, and Flatpak	-65°C to +150°C
Molded DIP	-55°C to +125°C
Operating Temperature Range	
Military (μA709A and μA709)	-55°C to +125°C
Commercial (μA709C)	0°C to +70°C
Lead Temperature	
Metal Can, Hermetic DIP, and Flatpak (Soldering 60 s)	300°C
Molded DIP	260°C
Output Short Circuit Duration	5 s

NOTE:
Rating applies to ambient temperature up to 70°C. Above 70°C ambient derate linearly at 6.3mW/°C for Metal Can, 8.3mW/°C for DIP, 7.1mW/°C for the Flatpak and 5.6mW/°C for the Mini DIP.

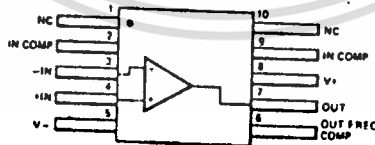
CONNECTION DIAGRAMS

8-LEAD MINI DIP
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINE 9T
PACKAGE CODE T



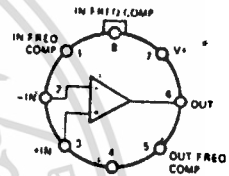
ORDER INFORMATION
TYPE PART NO.
μA709C μA709TC

10-LEAD FLATPAK
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINE 3F
PACKAGE CODE F



ORDER INFORMATION
TYPE PART NO.
μA709A- μA708AFM
μA709 μA709FM

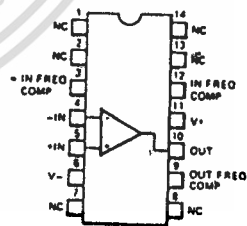
CONNECTION DIAGRAMS
8-LEAD METAL CAN
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINE 5S
PACKAGE CODE H



NOTE: Pin 4 connected to case

ORDER INFORMATION
TYPE PART NO.
μA709A μA708AHM
μA709 μA708HM
μA709C μA708HC

14-LEAD DIP
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINE 6A 9A
PACKAGE CODE D P



ORDER INFORMATION
TYPE PART NO.
μA709A μA708ADM
μA709 μA708DM
μA709C μA708DC
μA709C μA708PC

*Planar is a patented Fairchild process.

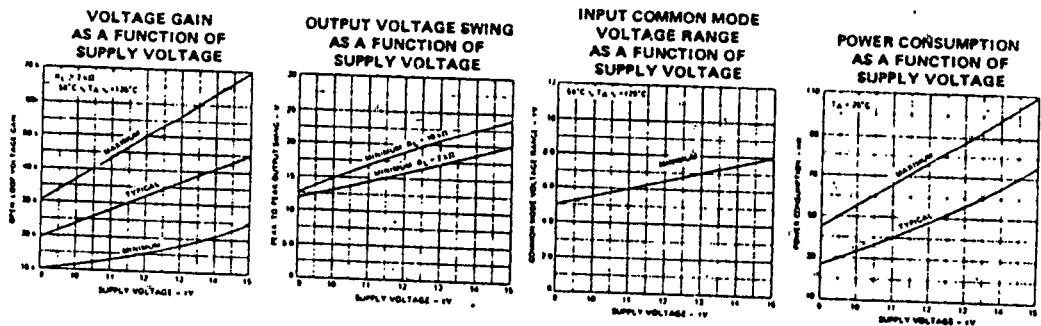
FAIRCHILD LINEAR INTEGRATED CIRCUITS • $\mu A709$

$\mu A709A$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = +25^\circ C$, $\pm 9 V \leq V_S \leq \pm 15 V$ unless otherwise specified)

PARAMETER (see definitions)	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Offset Voltage	$R_S \leq 10 \text{ k}\Omega$		0.6	2.0	mV
Input Offset Current			10	50	nA
Input Bias Current			100	200	nA
Input Resistance		350	700		k Ω
Output Resistance			150		Ω
Supply Current	$V_S = \pm 15 V$		2.5	3.6	mA
Power Consumption	$V_S = \pm 15 V$		75	108	mW
Transient Response	Rise time	$V_S = \pm 15 V, V_{IN} = 20 \text{ mV}, R_L = 2 \text{ k}\Omega, C_1 = 5 \text{ nF}, R_1 = 1.5 \text{ k}\Omega, C_2 = 200 \text{ pF}, R_2 = 50 \Omega, C_L \leq 100 \text{ pF}$			
	Overshoot			1.5	%
The following specifications apply for $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$:					
Input Offset Voltage	$R_S \leq 10 \text{ k}\Omega$			3.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage	$R_S = 60 \Omega, T_A = +25^\circ C \text{ to } +125^\circ C$		1.8	10	$\mu V/^\circ C$
	$R_S = 60 \Omega, T_A = +25^\circ C \text{ to } -55^\circ C$		1.8	10	$\mu V/^\circ C$
	$R_S = 10 \text{ k}\Omega, T_A = +25^\circ C \text{ to } +125^\circ C$		2.0	15	$\mu V/^\circ C$
	$R_S = 10 \text{ k}\Omega, T_A = +25^\circ C \text{ to } -55^\circ C$		4.8	25	$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$T_A = +125^\circ C$		3.5	50	nA
	$T_A = -55^\circ C$		40	250	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current	$T_A = +25^\circ C \text{ to } +125^\circ C$		0.08	0.5	nA/°C
	$T_A = +25^\circ C \text{ to } -55^\circ C$		0.45	2.8	nA/°C
Input Bias Current	$T_A = -55^\circ C$		300	600	nA
Input Resistance	$T_A = -55^\circ C$		85	170	k Ω
Input Voltage Range	$V_S = \pm 15 V$		±8.0		V
Common Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 10 \text{ k}\Omega$		80	110	dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_S \leq 10 \text{ k}\Omega$		40	100	$\mu V/V$
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15 V, R_L \geq 2 \text{ k}\Omega, V_{OUT} = \pm 10 V$	25,000		70,000	V/V
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15 V, R_L \geq 10 \text{ k}\Omega$	±12	±14		V
	$V_S = \pm 15 V, R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	±10	±13		V
Supply Current	$T_A = +125^\circ C, V_S = \pm 15 V$		2.1	3.0	mA
	$T_A = -55^\circ C, V_S = \pm 15 V$		2.7	4.5	mA
Power Consumption	$T_A = +125^\circ C, V_S = \pm 15 V$		63	90	mW
	$T_A = -55^\circ C, V_S = \pm 15 V$		81	135	mW

PERFORMANCE CURVES FOR $\mu A709A$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μA741

FREQUENCY-COMPENSATED OPERATIONAL AMPLIFIER

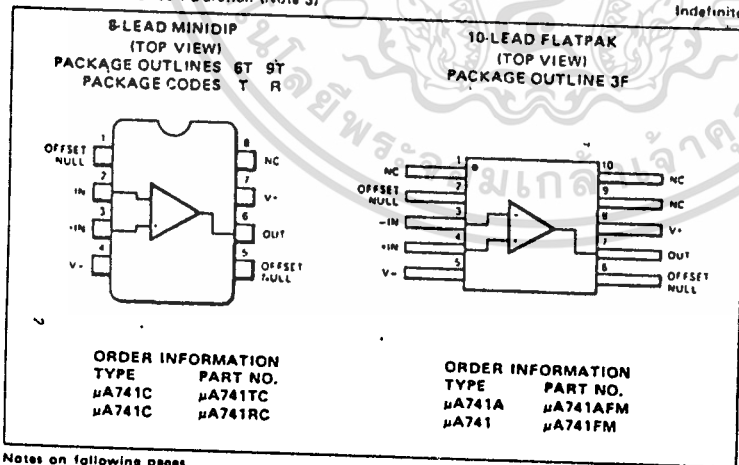
FAIRCHILD LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

GENERAL DESCRIPTION — The μA741 is a high performance monolithic Operational Amplifier constructed using the Fairchild Planar* epitaxial process. It is intended for a wide range of analog applications. High common mode voltage range and absence of latch-up tendencies make the μA741 ideal for use as a voltage follower. The high gain and wide range of operating voltage provides superior performance in integrator, summing amplifier, and general feedback applications. Electrical characteristics of the μA741A and E are identical to MIL-M-38510/10101.

- NO FREQUENCY COMPENSATION REQUIRED
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OFFSET VOLTAGE NULL CAPABILITY
- LARGE COMMON MODE AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGES
- LOW POWER CONSUMPTION
- NO LATCH-UP

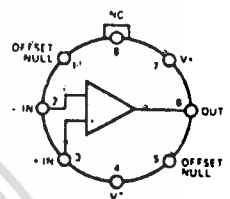
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	
μA741A, μA741, μA741E	: 22 V
μA741C	: 18 V
Internal Power Dissipation (Note 1)	
Metal Can	500 mW
Molded and Hermetic DIP	670 mW
Mini DIP	310 mW
Flatpak	570 mW
Differential Input Voltage	: 30 V
Input Voltage (Note 2)	: 15 V
Storage Temperature Range	
Metal Can, Hermetic DIP, and Flatpak	-65°C to +150°C
Mini DIP, Molded DIP	-55°C to +125°C
Operating Temperature Range	
Military (μA741A, μA741)	-55°C to +125°C
Commercial (μA741E, μA741C)	0°C to +70°C
Lead Temperature (Soldering)	
Metal Can, Hermetic DIPs, and Flatpak (60 s)	300°C
Molded DIPs (10 s)	260°C
Output Short Circuit Duration (Note 3)	Indefinite



CONNECTION DIAGRAMS

8-LEAD METAL CAN (TOP VIEW) PACKAGE OUTLINE 5B

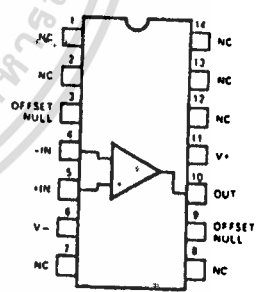


Note: Pin 4 connected to case

ORDER INFORMATION

TYPE	PART NO.
μA741A	μA741AHM
μA741	μA741HM
μA741E	μA741EHC
μA741C	μA741HC

14-LEAD DIP (TOP VIEW) PACKAGE OUTLINE 6A, 9A



ORDER INFORMATION

TYPE	PART NO.
μA741A	μA741ADM
μA741	μA741DM
μA741E	μA741EDC
μA741C	μA741DC
μA741C	μA741PC

Notes on following pages.

*Planar is a patented Fairchild process

FAIRCHILD LINEAR INTEGRATED CIRCUITS • $\mu A741$

$\mu A741A$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15V$, $T_A = 25^\circ C$ unless otherwise specified)

PARAMETERS (see definitions)	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Offset Voltage	$R_S < 50\Omega$				
Average Input Offset Voltage Drift			0.8	3.0	mV
Input Offset Current				15	$\mu V/^\circ C$
Average Input Offset Current Drift			3.0	30	nA
Input Bias Current				0.5	nA/^\circ C
Power Supply Rejection Ratio	$V_S = +10, -20; V_S = +20, -10V, R_S = 50\Omega$		30	80	nA
Output Short Circuit Current			15	50	$\mu V/V$
Power Dissipation		10	25	35	mA
Input Impedance	$V_S = \pm 20V$		80	150	M Ω
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 20V, R_L = 2k\Omega, V_{OUT} = \pm 15V$	1.0	6.0		M Ω
Transient Response (Unity Gain)	Rise Time	50			V/mV
	Overshoot		0.25	0.8	μs
Bandwidth (Note 4)			6.0	20	%
Slew Rate (Unity Gain)	$V_{IN} = \pm 10V$	0.37	1.5		MHz
The following specifications apply for $-55^\circ C < T_A < +125^\circ C$					
Input Offset Voltage					
Input Offset Current				4.0	mV
Input Bias Current				70	nA
Common Mode Rejection Ratio	$V_S = \pm 20V, V_{IN} = \pm 15V, R_S = 50\Omega$		80	95	dB
Adjustment For Input Offset Voltage	$V_S = \pm 20V$		10		mV
Output Short Circuit Current			10		mV
Power Dissipation	$V_S = \pm 20V$	$-55^\circ C$		40	mA
		$+125^\circ C$		165	mW
Input Impedance	$V_S = \pm 20V$		0.5	135	mW
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V, R_L = 10k\Omega$				M Ω
		$R_L = 2k\Omega$			V
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 20V, R_L = 2k\Omega, V_{OUT} = \pm 15V$				V
		$V_S = \pm 5V, R_L = 2k\Omega, V_{OUT} = \pm 2V$			V/mV
		10			V/mV

NOTES

1. Rating applies to ambient temperatures up to $70^\circ C$. Above $70^\circ C$ ambient derate linearly at $6.3mW/^\circ C$ for the metal can, $8.3mW/^\circ C$ for the DIP and $7.1mW/^\circ C$ for the Flatpak.
2. For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
3. Short circuit may be to ground or either supply. Rating applies to $+125^\circ C$ case temperature or $75^\circ C$ ambient temperature.
4. Calculated value from: $BW(MHz) = \frac{0.35}{\text{Rise Time}(\mu s)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

ไอซี		ตัวเก็บประจุ	
IC1	UA 7805	C1	1000 uF
IC2	UA 7815	C2	0.1 uF
IC3	NE 555	C3	0.1 uF
IC4	LM 709	C4	22 pF
IC5	LM 741	C5	27 pF
IC6	LM 741	C6	33 pF
IC7	LM 741	C7	10 pF
IC8	LM 741	C8	0.47 uF
		C9	0.1 uF
	หม้อแปลงไฟฟ้า	C10	10 nF
T1	220 VAC/18 VAC 500 mA	C11	470 uF
		C12	0.1 uF
		C13	1 uF
		C14	0.33 uF
		C15	0.1 uF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวค้ำทาน

ตัวค้ำทานปรับค้ำ

R1	2.7 K	VR1	100 KB(LINEAR)
R2	15 K	VR2	20 KB
R3	1.2 K	VR3	20 KB
R4	470	ไดโอด	
R5	10	D1-D4	1N 4004
R6	100	D5-D8	1N 4148
R7	470	ทรานซิสเตอร์	
R8	470	TR1	2N 2894
R9	1 M	TR2	MJ 3055
R10	470		
R11	1.5 K		
R12	100		
R13	10 K		
R14	1.2 K		
R15	10 K		
R16	1 M		
R17	10 K		
R18	10 K		
R19	10 K		
R20	47 K		
R21	3.8 K		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน

- 1 กดสวิตช์ POWER ON เพื่อจ่าย 220 โวลต์เข้าวงจร
- 2 ปรับ SENSITIVITY ADJUST ให้เกิดการเตือน แล้วปรับทวนเข็มกลับเล็กน้อยให้การเตือนหยุดพร้อมที่จะนำไปตรวจจับโลหะ
- 3 นำส่วนหัวไปบริเวณที่จะตรวจจับ เมื่อมีโลหะ เครื่องจะเตือนให้ทราบได้ด้วยเสียงหรือเสียงสามารถเลือกได้โดยสวิตช์บนหน้าปัทม์



กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับความสำเร็จโดยดี ก็ด้วยความร่วมมือจาก

ส.อ. สมชาย ชะนะ

ข้าพเจ้าผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ก้องเกียรติ. ฌ สีมา "ทฤษฎีและการใช้งาน ไซมเมอร์ ไอซี 555", หน้า 8-22
2. อ.นรินทร์ เนาวประทีป "ออป แอมป์", หน้า 3-39
3. LONSDALE TECHNICAL SERVICES LTD. LONDON W2, "METAL DETECTOR"



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้