

บทที่ 4

การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

4.1 หลักการทำงานของระบบโดยรวม

ในหลักการที่ใช้ออกแบบวิธีการตรวจสอบ FRP Hot Stick ที่ใช้ในการทำงานบนสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยไม่ต้องปิดระบบการจ่ายไฟ เพื่อใช้ในงานภาคสนามนี้ เป็นการออกแบบอุปกรณ์ตรวจสอบชนิดพกพาที่สามารถนำไปใช้งานในภาคสนามได้โดยสะดวก มีขนาดเล็กกะทัดรัดใช้งานง่ายสะดวกจัดเก็บง่าย และมีราคาถูกพร้อมทั้งยังสามารถประยุกต์วิจัยใช้ในการตรวจสอบค่าความปนเปื้อนของสิ่งสกปรกบนผิวของลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าแรงสูงชนิดที่ไม่ใช่แบบเซรามิกได้อีกด้วย โดยมีหลักการที่ใช้ทดสอบจะต้องอยู่ภายใต้ข้อบังคับของมาตรฐาน IEEE Std.978-1984 และ OSHA Regulation 1910.269 Part J-Live Line Tools. อุปกรณ์ตรวจสอบนี้เป็นอุปกรณ์พกพาที่สามารถนำไปใช้ตรวจสอบ FRP Hot Stick และ เชือก ก่อนที่จะทำงานในสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยวิธีไม่ต้องดับไฟ หลักการโดยรวมที่ใช้ตรวจสอบคือ จะใช้การวัดค่าแรงดันและความถี่ที่สูญเสียไปที่ความถี่ประมาณ 10 - 20 MHz. โดยป้อนสัญญาณเข้าไปที่ FRP Hot Stick โดยทำการวัดค่ากำลังที่สูญเสียไปเนื่องจากความชื้นหรือ Carbon Tracking โดยทำการวัดค่าจริงของสัญญาณที่ถูกส่งผ่านหน้าเครื่องมือตรวจสอบ เมื่อสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นนี้ส่งผ่านไปที่ อิเล็กโทรด 1 จะตกกระทบและวิ่งผ่านผิวของ FRP Hot Stick ผ่านไปยัง อิเล็กโทรด 2 และจะถูกตรวจนับค่าความถี่ที่สูญเสีย นั่นคือค่าของ Watt-Loss และจะทำการเปรียบเทียบค่า และในกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบจะแสดงผลไปที่ LED และ Buzzer เพื่อนเตือนให้ทำความสะอาดโดยใช้ Hot Stick Silicone Cleaner และทำการตรวจสอบอีกครั้งให้ผ่านตามมาตรฐานก่อนใช้งานจริงเพื่อป้องกันอันตรายขณะปฏิบัติผู้ปฏิบัติงานจากการ Flash Over ผ่านผิว FRP Hot Stick

4.2 Block Diagram ของระบบ

ประกอบด้วยส่วนต่างดังนี้

4.2.1 ส่วนกำเนิดคลื่นความถี่

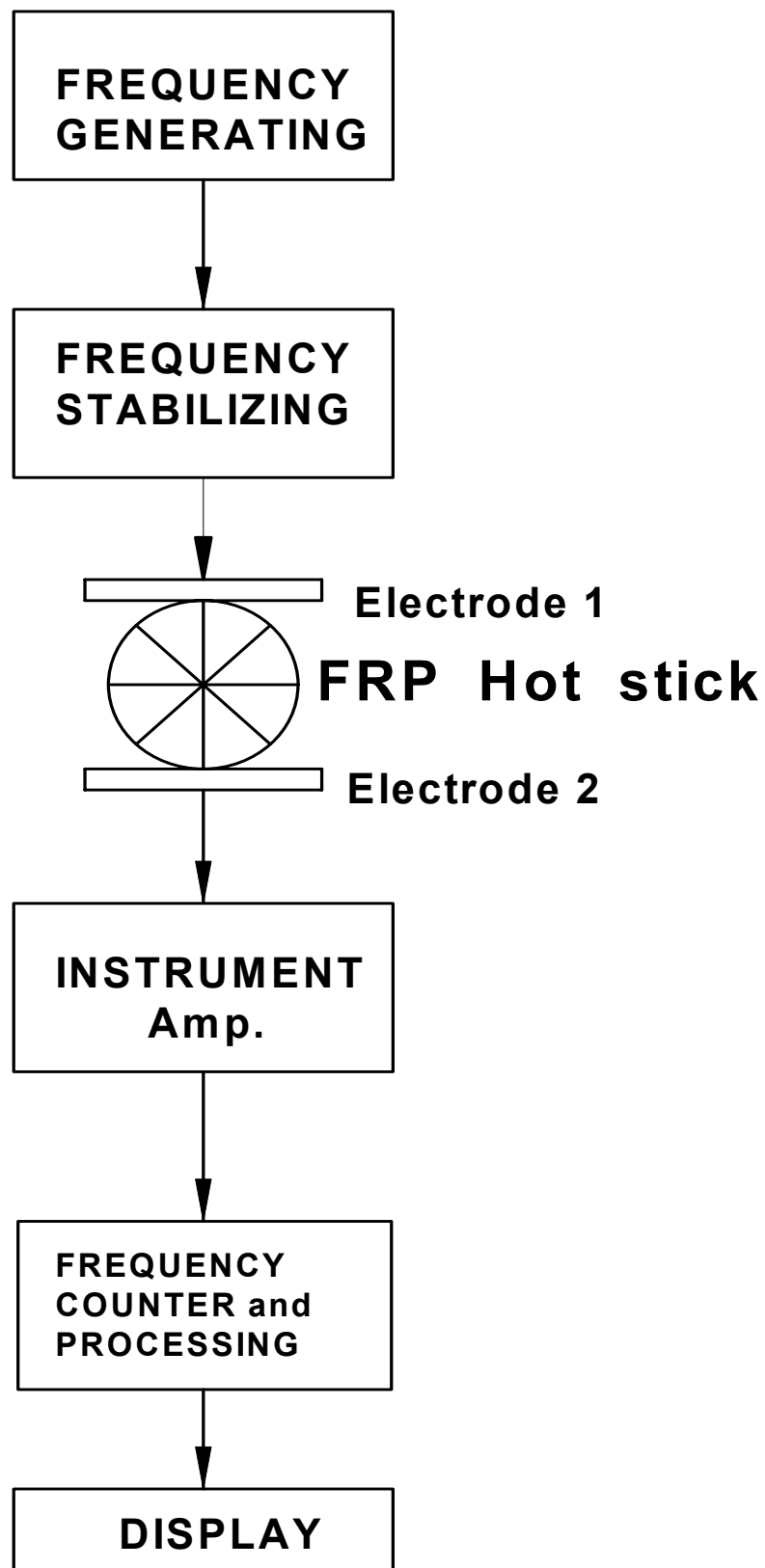
4.2.2 ส่วนรักษาเสถียรภาพความถี่

4.2.3 ส่วนทวีคูณความถี่และเพิ่มความแรงของสัญญาณ

4.2.4 การตรวจนับสัญญาณ

4.2.5 ส่วนประมวลผล

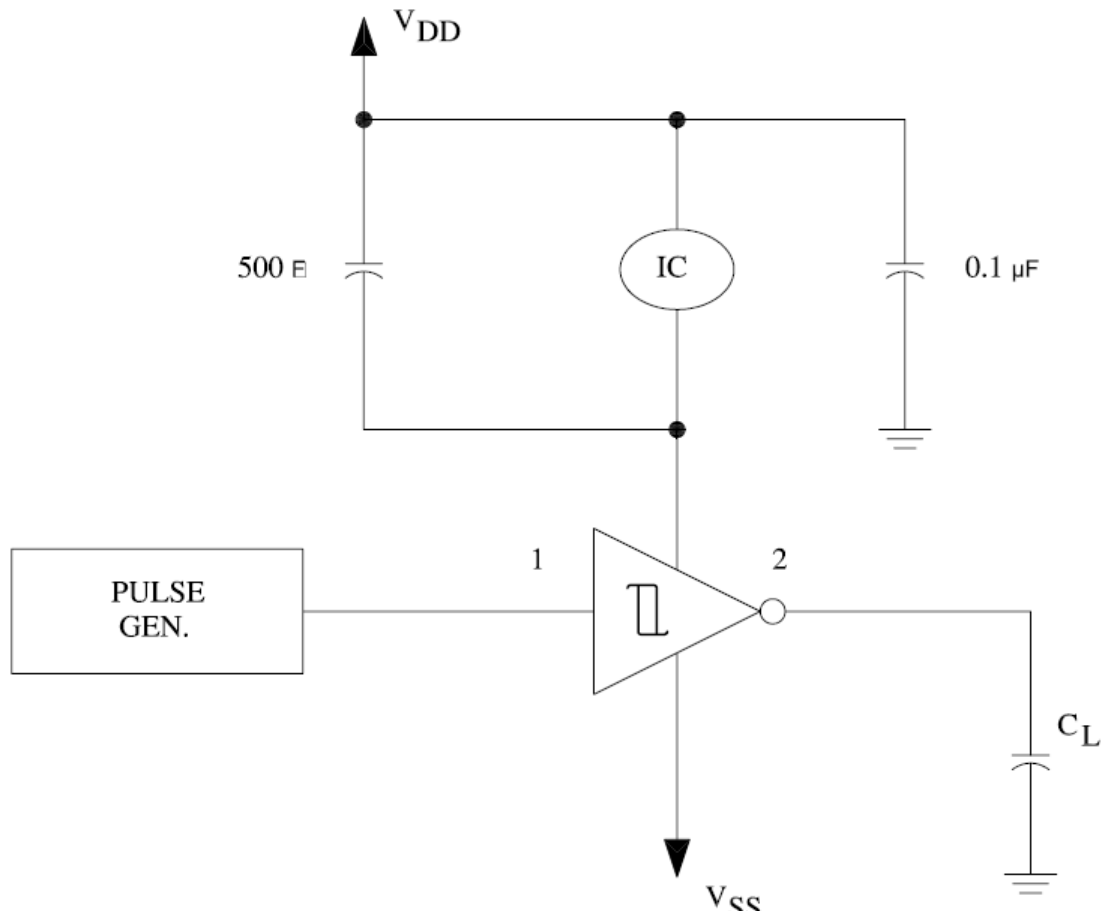
4.2.6 การแสดงผล



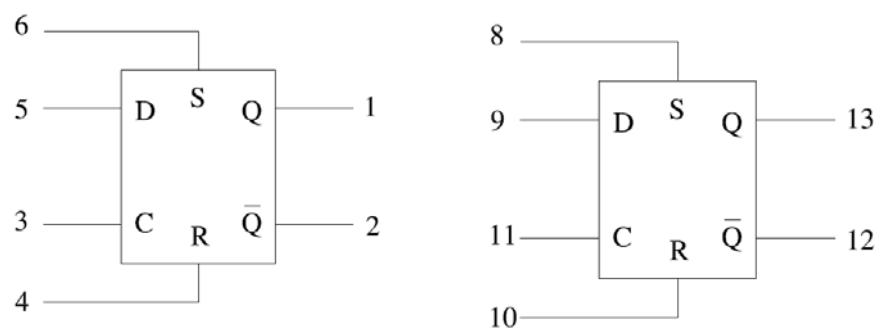
รูปที่ 4.1 แสดง Block Diagram ของระบบ

4.2.1 ส่วนกำเนิดคลื่นความถี่

ในส่วนของการสร้างคลื่นความถี่ที่จะใช้สำหรับส่งผ่านสัญญาณเข้าไปใน Hot Stick นั้นเป็นการสร้างแรงดันและ คลื่นความถี่ขนาด 10 - 20 MHz โดยการใช่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการกำเนิดความถี่ขึ้นมา ในวงจรกำเนิดความถี่ดังกล่าวนี้ ประกอบด้วย IC 2 เบอร์ CD40106B และ MC14013B Dual Type D Flip-Flop



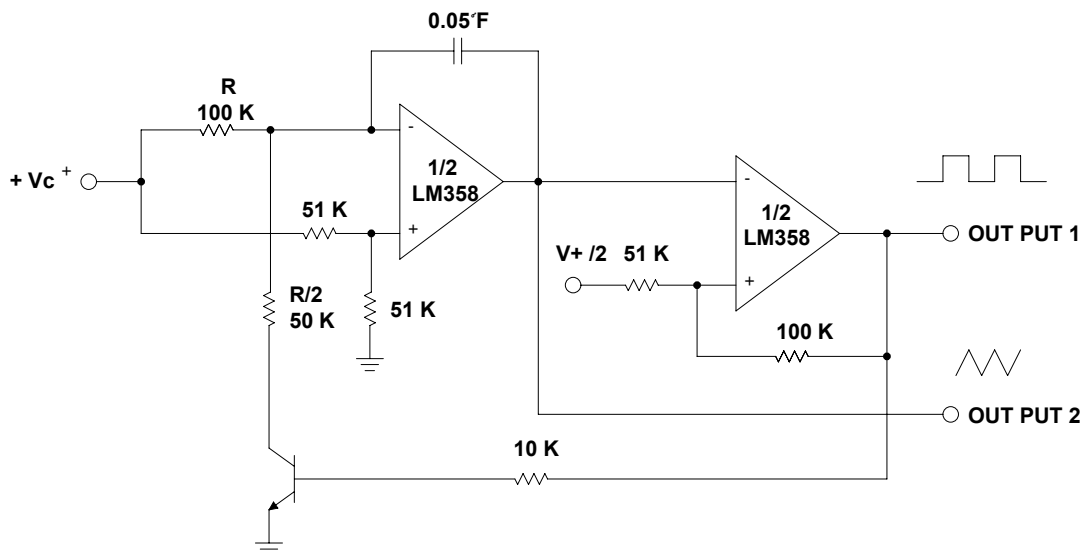
รูปที่ 4.2 IC 2 เบอร์ CD40106B



รูปที่ 4.3 MC14013B Dual Type D Flip-Flop

4.2.2 ส่วนรักษาเสถียรภาพความถี่

เนื่องจากในส่วนของวงจรกำเนิดความถี่ จะทำการผลิตความถี่ออกมาเพียงอย่างเดียวโดย จะไม่มีการรักษาเสถียรภาพของความถี่ที่ออกมา จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียวงจรรักษาเสถียรภาพของความถี่เพื่อที่จะใช้ในการวัด และการตรวจสอบให้มีความแม่นยำมากขึ้นโดยความสำคัญของ วงจรรักษาเสถียรภาพของความถี่เพื่อรักษาความสมดุล หรือระดับของความถี่ที่วงจรกำเนิดความถี่ ผลิตออกมาชดเชย และ ตัดออกในกรณีที่ความถี่ที่ ผลิตออกมาน้อยเกินไปและมากเกินไปและ ทำ ให้การวัดค่ามีความเที่ยงตรงมากขึ้น อุปกรณ์หลักๆ นั่นคือ Op-Amp เบอร์ LM158 ที่ใช้ในวงจร รักษาเสถียรภาพของความถี่ คุณสมบัติของ Op-Amp เบอร์ LM158 ที่ใช้ในวงจรรักษาเสถียรภาพ ของความถี่ ในรุ่นของ LM158 จะประกอบด้วย 2 ส่วนที่อิสระจากกัน ได้แก่ ส่วนของอัตราขยาย กำลังสูงและในส่วนของการขยายโดยใช้การชดเชยจาก



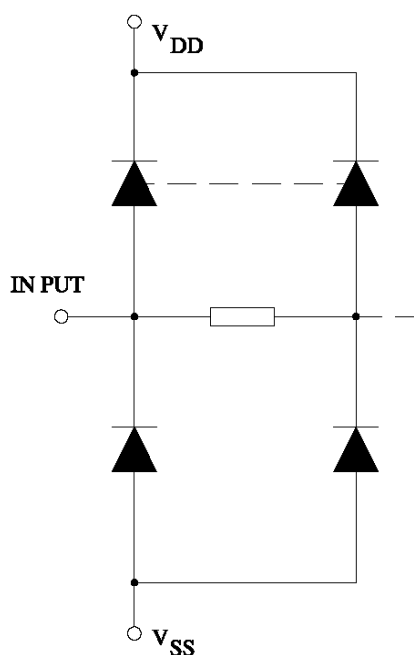
รูปที่ 4.4 วงจร Voltage Controlled Oscillator (VCO)

ความถี่ภายในซึ่งออกแบบมานี้ ใช้เฉพาะกับแหล่งจ่ายไฟแบบเดี่ยว ที่มีช่วงของแรงดันที่ นำมาใช้งานกว้างโดยจะสามารถทำงานจากแหล่งจ่ายไฟ ที่แยกออกจากกันได้ โดยรวมถึงการใช้ กับแหล่งจ่ายไฟที่กินกระแสต่ำจะไม่เกี่ยวข้องใด ๆ กับจำนวนของแหล่งจ่ายไฟที่จะใช้เลย

4.2.3 ส่วนทวีคูณความถี่และเพิ่มความแรงของสัญญาณ

เนื่องจากขนาดของสัญญาณและแรงดันที่ถูกสร้างขึ้นมานั้นอาจจะมีขนาดที่ต่ำมากเกินไป เมื่อทำการส่งสัญญาณผ่านออกไปแล้ว อาจจะทำให้สัญญาณมีปริมาณน้อยมาก ทำให้การตรวจวัด สัญญาณไม่ชัดเจน หรือไม่เที่ยงตรงได้จึงจำเป็นต้องทำการเพิ่มขนาดของสัญญาณให้สูงขึ้น เพื่อ ความชัดเจนในการตรวจวัด ในส่วนของการเพิ่มความแรงของสัญญาณนั้น จะใช้หลักการทำงาน

ของวงจรขมิต์ทริกเกอร์ วงจรขมิต์ทริกเกอร์จะทำงานโดยไม่เกี่ยวกับส่วนประกอบภายนอกหรือไม่เกี่ยวกับส่วนประกอบอื่น ๆ



รูปที่ 4.5 Input Equivalent Circuits

วงจรขมิต์ทริกเกอร์ มีกระแสไฟฟ้าวิ่งขึ้นลง ตั้งฉากระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ คือ

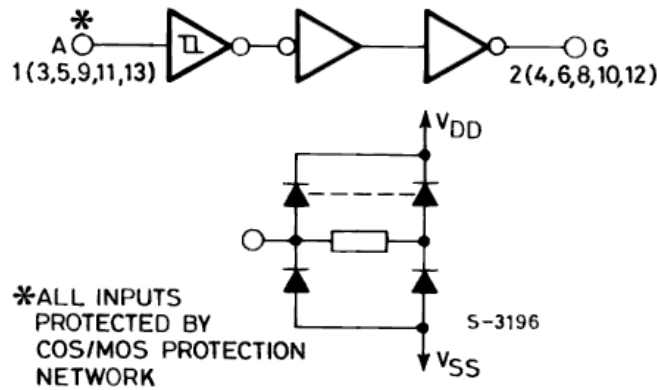
0.9 V. at $V_{DD} = 5 \text{ V}$.

2.3 V. at $V_{DD} = 10 \text{ V}$.

3.5 V. at $V_{DD} = 15 \text{ V}$.

วงจรขมิต์ทริกเกอร์มีคุณสมบัติดังนี้

1. ช่วยลดคลื่นรบกวนมากกว่า 50 %
 2. กระแสขึ้นลงได้ตลอดเวลา
 3. มีกระแสไฟผ่านเข้าออก อย่างช้า ๆ จากหลอดไฟไปหาสวิตช์
 4. ลักษณะพิเศษของวงจรขมิต์ทริกเกอร์ คือ มีระบบการทำงานเป็นมาตรฐาน
 5. กระแสไฟฟ้าที่ใช้กับวงจรมีค่าคงที่ และมีค่าแตกต่างได้ไม่มาก มีค่าแตกต่างสูงสุดไม่เกิน 20 V.
 6. แรงดันไหลเวียนในวงจรของขมิต์ทริกเกอร์อยู่ที่ 5V. หรือ 10 V. และ 15 V.
 7. กระแสอินพุทที่ใช้ในวงจรขมิต์ทริกเกอร์ $I_1 = 100 \text{ nA}$. สูงสุดที่ $V_{DD} = 18 \text{ V}$. $T_A = 25^\circ \text{C}$
- ผ่านการทดสอบกระแส 100 %



รูปที่ 4.6 Logic Diagram ส่วนที่ควบคุมความถี่และเพิ่มความแรงของสัญญาณ

4.2.4 การตรวจนับสัญญาณ

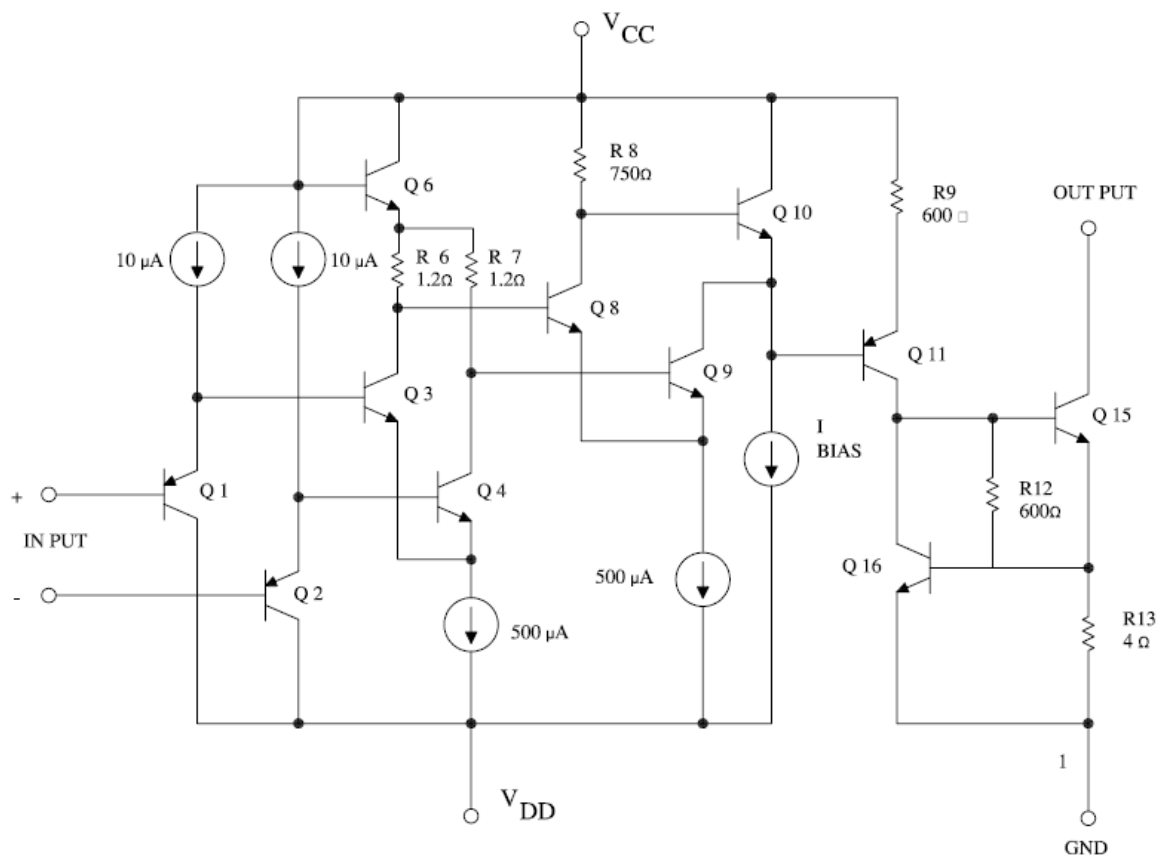
การทำงานของส่วนตรวจนับสัญญาณจะใช้ไอซีเปรียบเทียบแรงดันเบอร์ 311 ซึ่งเป็น (IC Comparator) ของบริษัท National Semiconductor ซึ่งมีรายละเอียดภายในของวงจรและตัวถังไอซีที่ใช้ ดังแสดงในรูป การทำงานภายในของวงจรสามารถอธิบายได้พอสังเขปดังนี้ คือ ในส่วนวงจรภาคอินพุตส่วนหน้าประกอบด้วยวงจรขยายสัญญาณอีมิเตอร์ตาม (emitter follower) Q_1 และ Q_2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ รับสัญญาณอินพุตและส่งผ่านสัญญาณให้กับวงจรขยายสัญญาณผลต่าง (differential amplifier) Q_3 และ Q_4 จากนั้น Q_8 และ Q_9 จะขยายสัญญาณก่อนส่งต่อไปให้กับ Q_{11} ทำหน้าที่ขยายสัญญาณอีกครั้งหนึ่งพร้อมทั้ง แปลงให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นแบบปลายเดียว (Single – ended output) เพื่อขับให้ทรานซิสเตอร์ Q_{15} นำกระแส (ON) หรือหยุดนำกระแส (OFF) นั่นเอง LM111, LM211, LM311 เป็นอุปกรณ์เปรียบเทียบแรงดันมีกระแสอินพุตประมาณหนึ่งพันเท่าเป็นอย่างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับ LM100 หรือ LM710 พวกมันได้รับการออกแบบการทำงาน ให้มีแหล่งจ่ายแรงดัน มี Range การทำงานในช่วงกว้าง ๆ โดยมาตรฐานแล้วออปแอมป์จะใช้ ± 15 V สำหรับ IC LOGIC จะใช้ 5 V , เอาต์พุตของมัน จะเข้ากันได้กับ RTL , DTL และ TTL เช่นเดียวกับวงจร MOS, นอกจากนี้ พวกมันสามารถใช้กับหลอดไฟและรีเลย์ , สามารถสับเปลี่ยนแรงดันถึง 50 V , กระแสสูงสุด 500 mA คู่นี้จะมีอินพุตและเอาต์พุตโดยที่ LM111 , LM 211 , หรือ LM 311 สามารถแยกออกจากกระบวนกราวด์และเอาต์พุตสามารถขับโหลดที่เกี่ยวข้องไปถึงกราวด์ได้ ในกรณีที่แหล่งจ่ายเป็น + หรือ – สิ่งที่จะเช็คความสมดุลและประสิทธิภาพภายใต้เงื่อนไข และเอาต์พุตสามารถใช้สายไฟ OR ‘ ed ได้ ถึงแม้ว่าจะช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ LM 106 , LM 710 (ช่วงเวลาตอบสนอง loons Vs 40 ns) เป็นอุปกรณ์ที่มีแนวโน้มในการทำปลอมน้อยกว่า , LM111 , จะมีโครงสร้างเหมือนกับ LM 106 และ LM 710 LM 211 จะเหมือนกันทุกอย่างกับ LM 111, นอกจากสมรรถนะของมันที่ระบุไว้ในรายละเอียดจะทนอุณหภูมิ ได้ในย่าน – 25°C ถึง $+85^{\circ}\text{C}$ ใน LM211, -55°C ถึง $+25^{\circ}\text{C}$ ใน LM 111, LM 311 จะมีย่านอุณหภูมิที่ทนได้ 0°C ถึง $+70^{\circ}\text{C}$ โดยมีลักษณะการทำงานเฉพาะ ดังนี้

1. ใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 V ในการทำงาน

2. กระแสอินพุท 150 nA สูงสุด, อุณหภูมิมาก
3. กระแสชดเชย 20 nA 4.2.4. การตรวจนับสัญญาณ, อุณหภูมิมาก
4. ความแตกต่างของแรงดันอินพุทอยู่ในย่าน ± 30 V
5. กำลังงานที่ใช้ 135 mW ที่ ± 15 V

ไอซีเปรียบเทียบกับแรงดัน ที่มีการนำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือ IC เบอร์ LM 311 ของบริษัท National Semiconductor ซึ่งมีรายละเอียดภายในของวงจรและตัวถังไอซีที่ใช้ดังแสดงในรูปการทำงานภายในของวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ

ในส่วนของวงจรภาคอินพุทส่วนหน้าของวงจรประกอบด้วยวงจรขยายสัญญาณอิมิเตอร์ตาม (Emitter follower) Q_1 และ Q_2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์รับสัญญาณอินพุทและส่งผ่านสัญญาณให้กับวงจรขยายสัญญาณผลต่าง (differential amplifier) Q_3 และ Q_4 จากนั้น Q_8 และ Q_9 จะขยายสัญญาณก่อนส่งต่อไปให้กับ Q_{11} ทำหน้าที่ขยายสัญญาณอีกครั้งหนึ่งพร้อมทั้งแปลงให้สัญญาณเอาต์พุทเป็นแบบปลายเดี่ยว (single – ended output) เพื่อขับให้ทรานซิสเตอร์ Q_{15} นำกระแส (ON) หรือหยุดนำกระแส (OFF) นั้นเอง



รูปที่ 4.7 LM311 Voltage Comparator

4.2.5 ส่วนประมวลผล

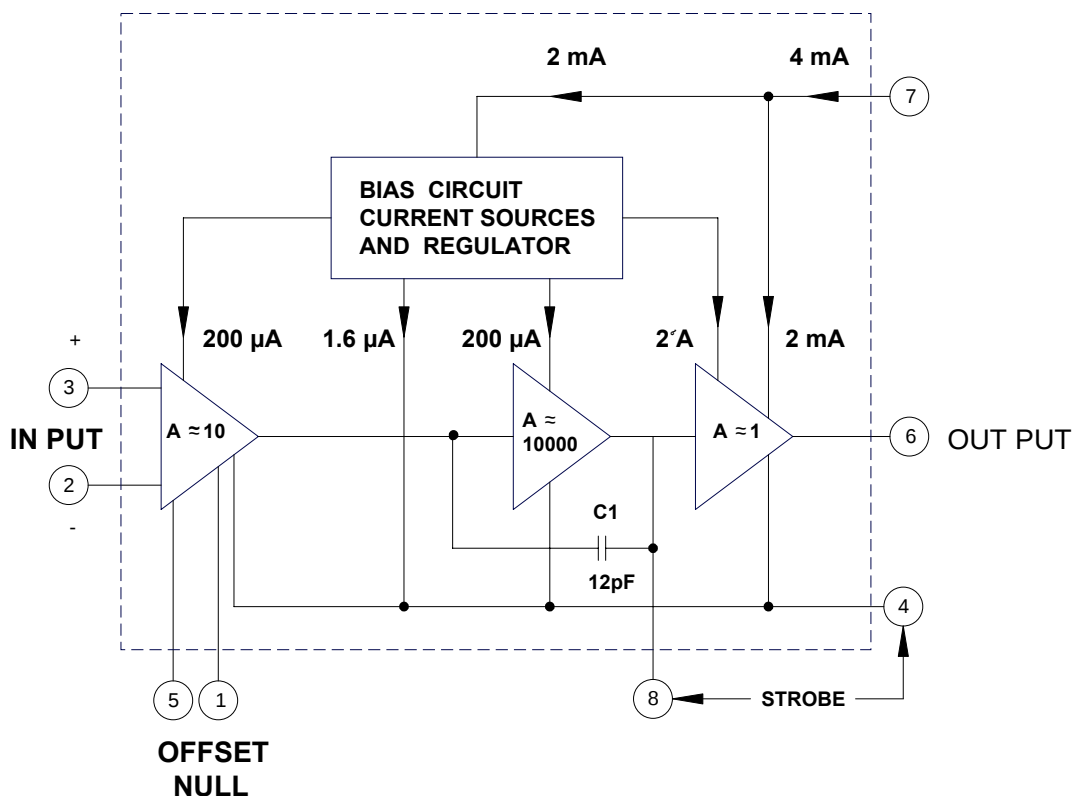
การทำงานของวงจรส่วนประมวลผลนี้ เป็นการนำเอาผลของการเปรียบเทียบสัญญาณที่ตรวจวัดได้ระหว่างสัญญาณที่ส่งออกกับสัญญาณที่รับมา แล้วนำไปประมวลผลเพื่อบ่งชี้ให้ได้ว่าความแตกต่างของสัญญาณทั้งสองนั้นจะผ่านหรือไม่ผ่านเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

ในส่วนของวงจรประมวลผลนี้ใช้ IC CA3140A และ CA3140 ประกอบเข้าด้วยกันในการปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า The CA3140A and CA3140 ได้รับการประกอบเข้าด้วยกันในการปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าของเครื่องขยายเสียง ซึ่งได้มีการรวมข้อได้เปรียบของแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง ทรานซิสเตอร์ PMOS ที่มีแรงเคลื่อน ไฟฟ้าทรานซิสเตอร์ bipolar บนตัวชิปโมโนลิทิก The CA3140 and CA3140 BIMOS การปฏิบัติการเครื่องขยายเสียงมีลักษณะเด่นของการป้องกัน MOSFET (PMOS) การป้อนวงจรไฟฟ้าได้จัดการการป้อนความถี่ของขดลวดต่อการแสไฟฟ้าสลับสูงมาก

การป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำมาก และมีการเร่งความเร็วของการเดินของเครื่องที่สูง The CA3140A และ CA3140 ได้จัดการการจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าจาก 4 โวลต์ (ทั้งการจ่ายเดี่ยวและจ่ายคู่) การปฏิบัติการของเครื่องขยายเสียงนี้เป็นการชดเชยภายใน ที่จะให้บรรลุผลในการปฏิบัติการอย่างมั่นคง และการเพิ่มที่ขั้วปลายสายไฟฟ้าเป็นการผนวกภายนอกใช้ สนาม PMOS มีผลกระทบต่อทรานซิสเตอร์ในการป้อน

ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าในระดับทั่วไปมีความจุลดลงที่ 0.5 โวลต์ป้อนได้ใช้ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ และรวมการสร้างการป้องกันภายในเพื่อต่อต้าน ความเสียหายจากการโหลดระบบวงจรไฟฟ้าอย่างสิ้นที่ขั้วปลายสายไฟฟ้าทั้งที่การจ่ายที่รางหรือพื้นดิน มีลักษณะเด่น ดังนี้

1. การป้อนความถี่ของขดลวดต่อกระแสไฟฟ้าสลับสูงมาก การป้อนกระแสไฟฟ้าต่ำมาก
2. แรงเคลื่อนไฟฟ้าในแบบทั่วไปที่กว้างสามารถหักเหกระแสไฟฟ้าที่ระดับ 0.5 โวลต์
3. การใช้งานตัวอย่างและบรรจุเครื่องขยายเสียง
4. ระยะเวลายาวนานของการตัดกระแสไฟตรงให้เป็นกระแสไฟสลับ
5. จุดสูงสุดของเครื่องจับคลื่นเสียงที่ส่งมากับคลื่นวิทยุ
6. เครื่องกรองไฟฟ้าการจัดการมาตรฐานของการใช้งานเครื่องขยายเสียง
7. งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการควบคุมเสียงสูงเสียงต่ำ
8. พลังในการจ่ายไฟฟ้าเครื่องมือที่พกพาได้
9. ระบบสัญญาณการแทรก

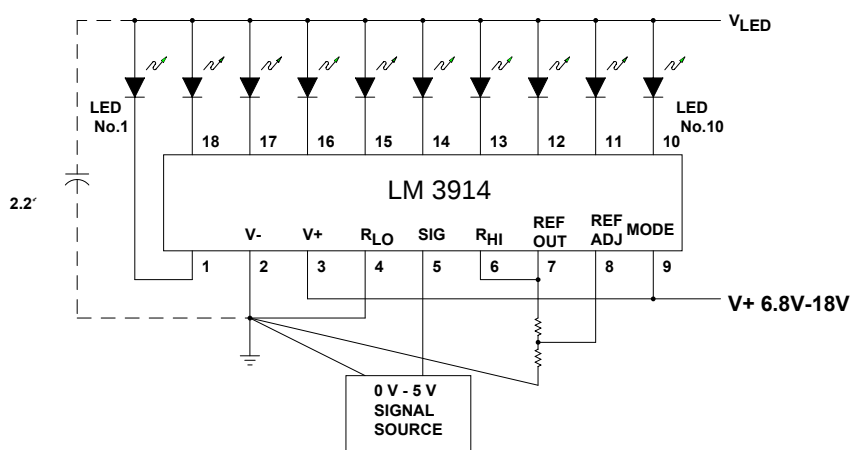


รูปที่ 4.8 Block Diagram CA3140, CA3140A

4.2.6 การแสดงผล และวงจรการทำงานโดยรวม

ในการทำงานของส่วนการแสดงผลนั้น ก็เป็นการนำเอาผลที่ได้จากส่วนประมวลผล มาแสดงออกให้ผู้ใช้งานเครื่องตรวจสอบ FRP Hot Stick รับทราบว่า FRP Hot Stick ที่กำลังตรวจสอบอยู่นั้นผ่านหรือไม่ผ่านหรือกล่าวได้ว่า FRP Hot Stick นั้นสามารถนำไปใช้งานได้ อย่างปลอดภัยหรือไม่ โดยการแสดงผลนั้นจะใช้สัญญาณไฟเขียวถ้าผ่าน และใช้สัญญาณไฟแดง ถ้าไม่ผ่าน IC ที่ใช้ในวงจร คือ IC. LM 3914

0 V TO 5 V Bar Graph Meter



รูปที่ 4.9 LM3914Dot/Bar Display Drivers

LM3914 เป็นไอซีแบบโมโนลิทิกส์ ซึ่งใช้สำหรับตรวจสอบระดับสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาล็อก ใช้สำหรับขับ LED แสดงผล 10 ดวง โดยแสดงผลแบบเชิงเส้น มีขาที่กำหนดรูปแบบการแสดงผลแบบ DOT และ BARGRAPH ได้ กระแสที่ใช้ขับ LED จะมีความคงที่การให้ความสว่างขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน ในการออกแบบจะยอมให้มีค่าน้อย 3V

วงจรภายในจะประกอบไปด้วยวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบปรับค่าได้ 10 ระดับ ใช้กระแสสัญญาณทางด้าน INPUT ที่ต่ำ แต่มีการป้องกันไม่ให้เกิน 0-35V ตัวขับบัฟเฟอร์จำนวน 10 ชุด จะทำการเปรียบเทียบเพื่อที่จะทำให้เกิดการบางแรงดัน ในการแสดงผลที่ไม่คงที่มาสารอปปรับได้ถึง 0.5% ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิรอบข้างด้วย

การออกแบบที่จะทำให้ IC LM3914 มีความสามารถในการแสดงผลระดับการควบคุมที่ใช้การเตือนแบบวิซวล และมีรูปแบบในการแสดงผลที่ง่ายต่อระบบนั้น ๆ วงจรสามารถขับ LED ให้หลายสี หรือใช้กับหลอดอินแคนเดสเซนต์ที่ใช้กระแสต่ำ เมื่อนำ IC LM3914 มาต่อกันจำนวนมาก ๆ แบบอนุกรมสามารถแสดงผลได้ตั้งแต่ 20 จนถึงมากกว่า 100 ดวง วิธีการแสดงผลมาสามารถประยุกต์ให้เป็นการแสดงมิเตอร์แบบ ซีโร เซนเตอร์ โดยใช้ตัวหารจำนวน 2 ชุด จึงทำให้ IC LM3914 ง่ายต่อการประยุกต์ใช้งานในรูปแบบของอนาลอก มิเตอร์โดยมิเตอร์ที่วัดได้ 1.2V พูลสเกลกับค่าความต้านทาน 1 ตัว และไฟเลี้ยงตั้งแต่ 3-15V ที่จะทำให้เกิดการแสดงผลของ LED จำนวน 10 ดวงเมื่ออยู่ในรูปการแสดงผลแบบคอร์ทจะมีค่าความผิดพลาดในการแสดงผลเล็กน้อย ระหว่าง LED แต่ละดวง การแสดงผลที่สมบูรณ์และมีค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในส่วนต่าง ๆ ทางด้าน Out Put กระแสไฟฟ้า DC ที่เสียบและนิ่ง กระแสที่จ่ายออกจาก Out Put สามารถนำไปขับทรานซิสเตอร์ซึ่งใกล้เคียงกับ LED ทำให้สามารถควบคุมระบบการแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

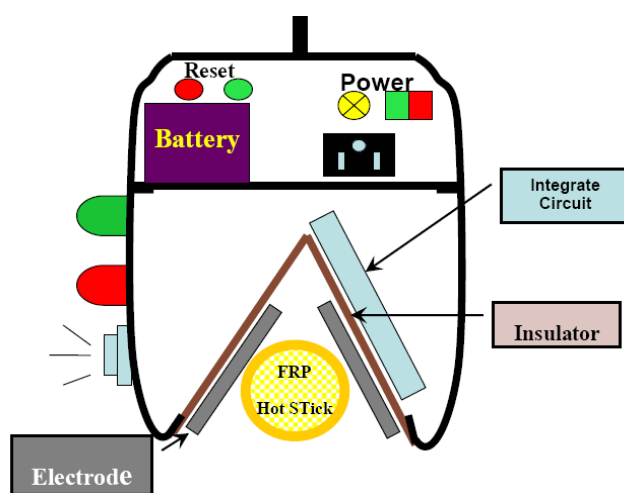
IC LM3914 ทำงานอยู่ในช่องอุณหภูมิ 0 – 70 °C ที่โครงสร้างแบบโมโนลิทิก 18 ขา หลักการประยุกต์การใช้งานที่มีประสิทธิภาพและต้องคำนึงถึงการต่อร่วมของระบบกราวด์และหลีกเลี่ยงการออสซิลเลชัน รูปแบบทั่วไปมีดังนี้

1. ขับได้ทั้ง LED และ LCD แบบฟลอเลซเซนต์
2. แสดงผลได้ทั้งแบบบาร์และคอร์ท โดยมีสวิทช์เลือกภายนอกโดยผู้ใช้
3. สามารถขยายการแสดงผลได้ถึง 100 Step
4. ใช้แรงดันเปรียบเทียบภายใน 1.2 - 12V
5. ทำงานภายใต้แรงดันแบบเดียน้อยกว่า 3 โวลต์ได้
6. สัญญาณ INPUT ทำงานได้ต่ำถึงระดับกราวด์
7. สามารถกำหนดกระแส OUTPUT ได้จาก 2mA – 30mA
8. ไม่สามารถแสดงผลแบบเมตริกซ์ และ แบบสลับ
9. แรงดัน Input สามารถยืดได้ระหว่าง ± 35 โวลต์ โดยปราศจากการจางหายหรือการสูญเสียทาง Output โดยที่ Output สามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณดิจิทัลแบบ TTL และ Cmos ได้

วงจรหาร 10 ภายในตัว IC สามารถหาได้ในระดับจุดทศนิยมและสามารถทำให้เกิดการอ่านกว้างได้ ค่าความผิดพลาด (Accuracy) เป็นค่าแตกต่างระหว่างค่าแรงดันที่ได้รับกับค่าแรงดันไอเดิลเทอร์โฮล ในการเปรียบเทียบแต่ละจุดจะกำหนดแรงดันที่ 10 โวลต์กับแรงดันภายในที่หารกับด้วยตัวต้านทานในอัตราส่วนที่ความผิดพลาด ที่สมมูลเกินจากค่าแรงดันออนเซ็ทหาสำหรับปรับกระแส (Adjust Pin Current) การปรับกระแสในส่วนเอาต์พุตที่จะเปรียบเทียบกับขานี้ ในสถานะที่วงจรขยายเปรียบเทียบยังอยู่ในย่านลิเนียร์การเปรียบเทียบอัตราการขยาย - อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงในกระแส Output กับ การเปลี่ยนแปลงแรงดันทางด้าน Input ทำการเปรียบเทียบกับในย่านการทำงานที่ลิเนียร์แรงดันที่สูงกว่า แรงดันที่วัดจากค่ากระแส Output ที่ตกลงต่ำกว่า 10% กระแสไปยัง Input ค่ากระแสที่ปราศจากสัญญาณ Input เมื่อตัวบัพเฟอร์ทางอินพุตอยู่ในย่านลิเนียร์ควบคุม LED (LED Current Regulation) การเปลี่ยนค่ากระแสทาง Output ที่เกินกว่าค่าปกติของ LED ซึ่งวัดจากแหล่งกระแสทาง Output ที่สามารถทำให้ LED แสดงผลได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงกระแสจำนวนน้อย ค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเปรียบเทียบทางเอาต์พุตเกินกว่าแรงดันของแหล่งจ่ายความสมดุลของโหลด (Load Regulation) ค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเปรียบเทียบ (V Ref) กับค่ากระแสของโหลด (IL Ref) ออฟเซ็ท โวลต์เด็ท (Offset Voltage) ค่าความต่างศักรีระหว่างแรงดันอินพุตที่จะนำไปเปรียบเทียบเพื่อเป็นไบอัสที่เอาต์พุตในย่านลิเนียร์บล็อกไดอะแกรมของ IC LM3914 ทำให้เกิดความเข้าใจในพื้นฐานออกแบบวงจร ทำงานในระดับอินพุตอิมพีแดนซ์สูงกับระดับสัญญาณจาก Ground 12 โวลต์ และมีการป้องกันแรงดันย้อนกลับ LM3914 นี้มีเสถียรภาพไม่ว่าทางอินพุต จะมีสัญญาณแบบพัลส์ หรือ แรงดันคิชีรัวเข้ามา สามารถนำสัญญาณทางเอาต์พุตไปขับวงจร ทางด้าน ลอจิกต่าง ๆ วงจร OPTO วงจร โซลิตเซตตรีเลย์ และหลอดแสดงผลแบบอินแคนเดสเซนต์ที่ใช้กระแสต่ำได้ดี โดยมีข้อสังเกตในการประยุกต์ใช้งาน ในการใช้งานนำไปทำเป็น โวลต์มิเตอร์ แบบแสดงผลด้วยบาร์กราฟ ขนาด 0-50 โวลต์ ปัญหาใหญ่อยู่ที่กระแสนาฬิกาใหญ่ที่จะทำให้ LED แสดงผลได้ไม่เต็มที่ กระแสส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในการต่อวงจรภายนอกต่างๆ และมีค่าของการออสซิลเลตที่เกิดขึ้น ดังนั้นการที่ต่อ RESISTOR STRING จะต้องให้ใกล้เคียงกับ 2 มากที่สุด การต่อสายที่ยาวเกินไปจาก Vled ไปที่ขาอาโนดที่เป็นจุดรวม ก็สามารถทำให้เกิดการออสซิลเลตได้เช่นกันขึ้นอยู่กับค่าความไวของสายวัด และจะแก้ไขได้โดยต่อตัวเก็บประจุคัลลิปึงค่าระหว่าง 0.05–2.2 μF ที่ขา 1 และขา 2 ถ้า LED สว่างช้าเมื่ออยู่ในบาร์โหมด หรือ LED ติดสว่างค้างเมื่ออยู่ใน ดอตโหมด ก็เกิดจากการออสซิลเลตเช่นกัน แก้ไขได้โดยใส่ตัวเก็บประจุบายพาสเข้าที่ขา 2 ค่าตั้งแต่ 0.001uF – 0.1 μF โครงสร้างของเครื่องต้นแบบ การทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนของ FRP Hot Stick เพื่อคุณภาพของการส่งผ่านคลื่นความถี่ และการแสดงผลของตัวเครื่องทดสอบ โดยการใช้ตัวอย่าง FRP Hot Stick ลักษณะต่างๆ แล้วใช้ Oscilloscope วัดผลของรูปคลื่นทางด้านภาคส่ง Electrode 1 และทางด้านส่วนภาครับคือ Electrode 2 เพื่อนำผลของรูปคลื่นที่ได้มาเปรียบเทียบกับเพื่อหาค่าความ

เปลี่ยนแปลง หรือค่าของความสูญเสียไปของสัญญาณความถี่ ซึ่งในการทดลองนี้ได้มีการแบ่งการทดลองตามลักษณะของตัวอย่าง FRP Hot Stick ดังนี้

1. FRP Hot Stick ผิวแห้ง (Dry Surface)
2. FRP Hot Stick ผิวเปียก (Wet Surface)
3. ใช้แผ่นโลหะตัวนำ (Foil) พันรอบ FRP Hot Stick
4. ใช้แท่งเหล็กตัวนำเสียบเข้าไปใน FRP Hot Stick



รูปที่ 4.10 โครงสร้างของตัวตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ทำงานกับระบบไฟฟ้าแรงสูง

ตารางที่ 3 รายการอุปกรณ์

รายละเอียด		จำนวน	หมายเหตุ
ตัวต้านทาน	1 $K\Omega$	9 ตัว	
	3 $K\Omega$	2 ตัว	
	100 $K\Omega$	6 ตัว	
	10 $K\Omega$	1 ตัว	
	1 $K\Omega$	4 ตัว	
	10 $K\Omega$	5 ตัว	
	470 Ω	1 ตัว	
	2.7 $M\Omega$	1 ตัว	
	820 Ω	1 ตัว	
	82 $k\Omega$	1 ตัว	

ตารางที่ 3 รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายละเอียด		จำนวน	หมายเหตุ
	51 $k\Omega$	3 ตัว	
	30 $k\Omega$	1 ตัว	
	200 $k\Omega$	2 ตัว	
	5.1 $k\Omega$	2 ตัว	
ตัวต้านทาน ปรับค่าได้	VR1 2 $k\Omega$	1 ตัว	
	VR2 100 $k\Omega$	1 ตัว	
	VR3 100 $k\Omega$	1 ตัว	
	VR CALIBRATE 10 $k\Omega$	1 ตัว	
ตัวเก็บประจุ	1000 μF 35 V	1 ตัว	อิเล็กโทรไลต์
	100 μF 35 V	1 ตัว	
	47 μF 25 V	2 ตัว	
	10 μF 50 V	1 ตัว	แทนทาลัม
	1 μF 35 V	3 ตัว	
	4.7 μF 35 V	1 ตัว	
	10 μF 16 V	1 ตัว	
	0.1 μF	1 ตัว	ไมลาร์
	0.001 μF	1 ตัว	
	1 μF 100 V ชนิด MKS 4 WIMA	1 ตัว	
	100 pF	1 ตัว	เซรามิก
	0.1 μF	3 ตัว	
	300 pF	1 ตัว	
	330 pF ชนิด โพลีโพรไพรีนฟอยล์	1 ตัว	
ไดโอด	1N4148	10 ตัว	
	1N4007	1 ตัว	
ทรานซิสเตอร์	2N2222A	2 ตัว	
	2N2907	2 ตัว	

ตารางที่ 3 รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายละเอียด		จำนวน	หมายเหตุ
IC	78L05	1ตัว	
	LM3914 N	1 ตัว	
	CA324E	1 ตัว	
	CD40106B	1ตัว	
	MC14013B	1 ตัว	
	CA3140	1ตัว	
	HCF40106	1 ตัว	
	LM358N	1ตัว	
LED	สีแดง	1ตัว	
	สีเขียว	1ตัว	
	สีเหลือง	1ตัว	
	สวิทช์ปิด-เปิด	1ตัว	
	สวิทช์ RESET	2ตัว	