

เครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟอัจฉริยะ

Smart Microwave Leakage Detector

ประทีป พรหมมาโฮม¹ จินห์ณิชา กินแก้ว¹ ปฏิภาณ เกิดลาภ¹ และสุชัย พงษ์ پاکเพียร^{1*}
Prateep Prommahom¹, Jinnitchapa Kinkaew¹, Patiphan Kerdlap¹ and Suchai Pongpakpien^{1*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Engineering, Eastern Asia University

*Corresponding author: suchai@eau.ac.th

Received: July 11, 2023

Revised: September 19, 2023

Accepted: September 25, 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาออกแบบและจัดสร้างเครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟ โดยใช้ Arduino ควบคุมการทำงาน อุปกรณ์ที่ออกแบบและสร้างประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนรับสัญญาณ ส่วนขยายสัญญาณและส่วนแสดงผล เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบกับเครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟ รุ่น MT-M2 กับเตาไมโครเวฟ พบว่าการทำงานของเครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟ ในช่วงที่เตาไมโครเวฟเริ่มทำงาน หน้าจอจะแสดงผลค่าการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ ที่ 0.000 mW/cm^2 และ 0.909 mW/cm^2 จากการทดลองเปรียบเทียบกับเครื่องวัดคลื่นไมโครเวฟรุ่น MT-M2 พบว่า การทำงานของเครื่องวัดที่ออกแบบสามารถตรวจจับคลื่นไมโครเวฟและแสดงผลการแจ้งเตือนว่า มีการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟได้ จากการทดลองพบว่า เตาไมโครเวฟที่นำมาทดสอบจะมีบางช่วงที่เตาไมโครเวฟจะปล่อยคลื่นรั่วไหลที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย ช่วงที่เตาไมโครเวฟทำงานจะปล่อยคลื่นเพียงเล็กน้อย เครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟ วัดค่าได้ประมาณ 0.909 mW/cm^2 และช่วงเครื่องทำงานผิดปกติเครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟ วัดค่าได้ 10.000 mW/cm^2 จะสังเกตได้จากเสียงของเตาไมโครเวฟจะมีเสียงดังผิดปกติ เป็นการพัฒนาการแสดงผลการตรวจจับการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟในรูปแบบผ่านแพลตฟอร์มให้มีความทันสมัยมากขึ้น

คำสำคัญ: ไมโครเวฟ เครื่องตรวจจับ การรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ

Abstract

This article aims to study the design and development of a microwave leakage detector using Arduino as the control. The designed detector was composed of three parts: a signal receiver, a signal amplifier, and a display. The experimental test rigs were conducted in comparison to commercial microwave leakage measuring instruments, such as a model MT-M2, and a microwave oven. The results showed that when the microwave oven started operating, the display screen of the leakage measuring instrument showed microwave leakage values of 0.000 mW/cm^2 and 0.909 mW/cm^2 . During heavy operation of the microwave oven, comparing the results with the MT-M2 microwave leakage measuring instrument, it was found that the designed instrument could detect the microwave waves and alert. The experiments revealed that the tested microwave oven had certain periods during which it emitted harmful microwave leakage that could affect the human body. When the microwave oven is working, it emits only a small number of waves. In the microwave leak detector, the value was measured to be approximately 0.909 mW/cm^2 , and during the malfunction of the microwave leak detector, the instrument measured a value of 10.000 mW/cm^2 . This detection and display circuit design would enable future development of microwave leakage detection, alarm display, and display in various formats, more modern through different platforms.

Keywords: microwave, detector, microwave leakage



บทนำ

ปัจจุบันในครัวเรือนทั่วไป นิยมใช้เตาไมโครเวฟ เพราะเตาไมโครเวฟมีประโยชน์มากในการอุ่น ทอด และเตรียมอาหารให้ง่ายและสะดวกสบาย และเป็นอุปกรณ์ครัวที่ช่วยให้การเตรียมอาหารเป็นเรื่องง่ายและประหยัดเวลา ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ไม่ทราบถึงข้อกำหนดการใช้งาน โดยเฉพาะปัญหาการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟอาจมีผลกระทบร้ายแรง สมบัติของคลื่นไมโครเวฟหากมีการสัมผัสการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ ความเสี่ยงจากคลื่นไมโครเวฟส่วนใหญ่มาจากความร้อนที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายเมื่อมีการเปิดปิดเตาไมโครเวฟหรือเปิดปิดฝาไมโครเวฟ คลื่นไมโครเวฟสร้างความร้อนโดยรวดเร็วโดยตรงในอาหารหรือสิ่งของที่อยู๋ภายในเตาไมโครเวฟ การตั้งค่าเวลาที่ไม่ถูกต้องหรือการใช้วัตถุดิบที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นและอันตราย คลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก ซึ่งไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า หากเกิดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ การวัดการรั่วไหลของ

คลื่นไมโครเวฟเป็นขั้นตอนสำคัญในการให้ความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัย คุณภาพ และประสิทธิภาพในการใช้งานคลื่นไมโครเวฟ หากเกิดการรั่วไหลสูงทุกวันอาจทำให้เกิดปัญหา เช่น มะเร็งผิวหนัง ความเสียหายต่อดวงตาอย่างรุนแรง ปัญหาหัวใจและหลอดเลือดและความเสียหายของระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งจำนวนคนใช้เตาไมโครเวฟเพิ่มขึ้นทุกปีและทำให้มีความเสี่ยงต่ออันตราย (Chavan, Deshmukh & Kulkarni, 2014) การป้องกันอันตรายจากคลื่นไมโครเวฟควรปฏิบัติตามคำแนะนำที่ระบุในคู่มือการใช้งานเตาไมโครเวฟ ควรตรวจสอบการใช้งานเตาไมโครเวฟสภาพปลอดภัยและไม่ชำรุดที่อาจทำให้เกิดความเสี่ยงในการใช้งาน โดยเตาไมโครเวฟให้ความร้อนด้วยการแผ่คลื่นย่านความถี่ 2.45 GHz (Srilaphan, Prasertthai & Thupmeung, 2013) เข้าไปในอาหาร โมเลกุลของน้ำ ไขมัน และน้ำตาล ที่อยู่ในอาหารจะดูดซับพลังงานของคลื่นที่ผ่านเข้าไป และเกิดเป็นความร้อนขึ้น ในกระบวนการที่เรียกว่า การเกิดความร้อนในสารไดอิเล็กตริก (dielectric

heating) เนื่องจากโมเลกุลส่วนใหญ่เป็นโมเลกุลที่มีขั้วไฟฟ้า คือ มีประจุบวก และ ประจุลบ ที่ขั้วตรงกันข้าม เมื่อคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็นสนามไฟฟ้าผ่านเข้าไป โมเลกุลจะถูกเหนี่ยวนำและหมุนขั้ว ปรับเรียงตัวตามสนามไฟฟ้าของคลื่น (Khare & Singh, 2016)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rattanadecho and Pongpakpien (2011) ได้ทำเครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟที่แสดงผลในรูปแบบของแอลอีดีบาร์ เนื่องจากเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคครัวเรือน โดยมีลักษณะทางเทคนิค คือ ใช้การตรวจสอบรั่วรั่วที่เหมาสมกับคลื่นความถี่ย่านไมโครเวฟ ผ่านวงจรปรับปรุงลูกคลื่นให้เกิดการแสดงผลที่ง่ายต่อการเข้าใจ โดยใช้แถบสีเป็นตัวบอกความอันตรายของความเข้มของรังสีที่แพร่กระจายออกมาภายนอก เพื่อให้สามารถเข้าใจหลักการทำงานง่ายขึ้น โดยแถบสีแอลอีดีจะไล่สีจากสีเขียว เหลือง แดง ซึ่งหมายถึงปลอดภัย ระวังอันตราย ตามลำดับ และตัวเครื่องได้ออกแบบให้มีการส่งเสียงเตือนเมื่อเกิดระดับอันตราย สำหรับการตรวจสอบการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟจากเตาไมโครเวฟ เพื่อส่งเสริมความปลอดภัย การตรวจวัดทำได้โดยต่อเตาไมโครเวฟเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและให้ทำงานตามปกติ ทำการวัด ณ จุดใดๆ ตามจุดอ่อนของเตาไมโครเวฟ เช่น กระฉก ด้านหน้าบานประตู ตะเข็บรอยต่อต่างๆ เป็นต้น (Chaimongkon, 2015)

Srilaphan, Chainarong and Veerayuth (2013) ได้ทำโครงการการศึกษาเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ มีส่วนประกอบสำคัญหลัก ดังนี้ คือ (1) วงจรภาครับสัญญาณ มีการใช้วงจรการเรียงกระแสครึ่งคลื่นแบบบริดจ์เปลี่ยนสัญญาณ สลับเป็นสัญญาณตรง (2) ออปแอมป์ เพื่อทำการขยายสัญญาณที่เข้ามาให้มีขนาดที่ตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC สามารถประมวลผลได้ โดยอุปกรณ์เหล่านี้มีการทำงานหลัก ๆ คือ วงจรภาครับสัญญาณรับสัญญาณเข้ามาจากสายอากาศ จากนั้นสัญญาณที่เข้ามาจากสายอากาศนั้นจะ ถูกส่งไปยังออปแอมป์เพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาดที่เท่าไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถประมวลผลได้ เพื่อแสดงค่าบนจอแสดงผล เตาไมโครเวฟ

เมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งอาจจะเกิดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟออกมาจากเตาไมโครเวฟ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผู้ใช้งาน (Srilaphan, Prasertthai & Thupmeung, 2013) โดยที่ผู้ใช้งานไม่สามารถรับรู้การรั่วไหลดังกล่าวได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจวัดระดับความอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น หรือมีการแจ้งเตือนที่ทันสมัยในแพลตฟอร์มต่าง ๆ เช่น ทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทางอินเทอร์เน็ต เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาและออกแบบเครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟ เพื่อแจ้งเตือนผ่านทางไมโครโปรเซสเซอร์อัจฉริยะ Arduino ให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้และวางแผนการใช้งาน การบำรุงรักษาเตาไมโครเวฟได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาวงจรตรวจจับคลื่นไมโครเวฟทำงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ Arduino โดยมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรการทำงาน of เครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟ และ (2) เพื่อสร้างเครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟ เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรการทำงาน of เครื่องมือวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟอัจฉริยะที่สามารถแสดงผลในหลากหลายรูปแบบในอนาคตได้ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือเตือนภัยที่มีราคาและขนาดที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในบ้านและสถานประกอบการที่มีการใช้เตาไมโครเวฟเป็นประจำ

แนวคิดทฤษฎี

หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟ ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากถึง 2,450 ล้านรอบต่อวินาที มีลักษณะคล้ายกับคลื่นวิทยุแต่มีความถี่ที่สูงกว่า Klai-pan (2002); Sritrakun (2016) หัวใจสำคัญของเตาไมโครเวฟ คือตัวแมกนีตรอนที่จะเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟ หลักการให้ความร้อนของเตาไมโครเวฟ แตกต่างจากการให้ความร้อนด้วยเตาธรรมดา คือ เตาธรรมดาให้ความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาแก๊ส หรือ ความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อน คือการนำ การพาและการแผ่รังสี แต่เตาไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟ ที่มีความถี่

สูง ทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือน และชนโมเลกุลอื่น ๆ ต่อไป จนเกิดเป็นพลังงานจลน์และพลังงานจลน์นี้เองจะกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว และเร็วกว่าการประกอบอาหารด้วยระบบอื่น ๆ โดยไม่เสียพลังงานความร้อน Orsat (2017)

ปัจจุบันผู้ใช้งานนิยมใช้เตาไมโครเวฟมากขึ้น เพราะสะดวก รวดเร็ว ผู้บริโภคในยุคสมัยใหม่น้อยรายนักที่จะตระหนักถึงการรั่วของคลื่นไมโครเวฟอาจทำให้เกิดอันตรายได้ ถ้าหากใช้อย่างไม่ระมัดระวัง IEC 60335-2-25 (2002-2003)

Pri Sanyakun (2006) ระบุว่า มีผลการสำรวจระบุว่า ผู้ใช้งานเตาไมโครเวฟร้อยละ 68 ไม่ทราบมาก่อนว่า ปกติแล้วจะมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารั่วออกจากเตาไมโครเวฟ ผู้ใช้งานร้อยละ 57 ไม่ทราบว่าขณะใช้งานควรอยู่ห่างจากเตา อย่างไรก็ตามการที่สารรังสีไมโครเวฟที่รั่วจากเตาไมโครเวฟนั้น มีปริมาณค่อนข้างต่ำและไม่อยู่ในเกณฑ์ที่จะก่อให้เกิดอันตราย อย่างไรก็ตามสิ่งที่ควรระวังเป็นพิเศษ คือ เมื่อวัสดุตามขอบประตูชำรุดหรือหากมีรอยร้าวและรอยแตก เศษอาหารติดอยู่ตามขอบตู้ทำให้ปิดประตูไม่สนิท หรือการชำรุดของตู้เนื่องจากการขนย้าย หรือเกิดเปลวไฟภายในตู้จะทำให้มีปริมาณรังสีรั่วมากกว่าระดับปกติซึ่งเป็นอันตรายได้ แต่เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟมองไม่เห็นและไม่มีการกีดกัน ต้องใช้เครื่องตรวจวัด ซึ่งสามารถส่งตรวจวัดได้ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (Department of Medical Sciences, 2019)

โดยปกติเตาไมโครเวฟมีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตามมาตรฐาน 1773-2548 เฉพาะด้านความปลอดภัยสำหรับเตาไมโครเวฟที่ใช้ในที่อยู่อาศัย Thai Industrial Standard 1773-2548 (2005) และตามมาตรฐานการทดสอบ IEC 60335-2-25 (2002-2003) กำหนดโดยวัดระยะ 5 cm จากผิวเตา และการรั่วไหลได้ไม่เกิน 5 mW/cm^2 แต่ว่าอันตรายที่เกิดขึ้นได้นั้นมักจะเกิดจากเตาไมโครเวฟที่มีความเก่ามาก ๆ เป็นสนิมผุ วัสดุเคลือบผิวลอก บานพับประตูชำรุด ประตูปิดไม่สนิท หรือกระจกแตก ทำให้มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารั่วออกมา หากมีความเข้มข้นเกินมาตรฐาน จะก่อให้เกิดอันตรายได้

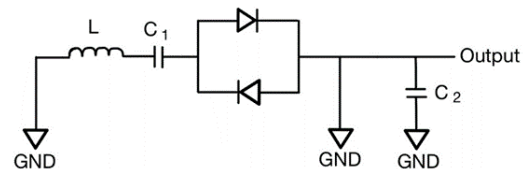
ส่วนประกอบของต้นแบบเครื่องตรวจจับ รายละเอียด ดังนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ วงจรรับสัญญาณ วงจรขยายสัญญาณ และการแสดงผล

วงจรรับสัญญาณ

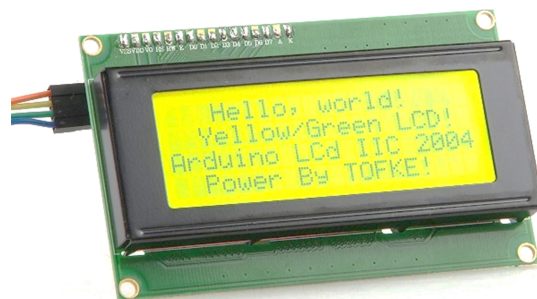
วงจรรับสัญญาณทำหน้าที่รับสัญญาณจากคลื่นไมโครเวฟ การออกแบบใช้วงจรแบนพาสฟิลเตอร์ที่เหมาะสม (Electrical4U, 2021) จะรับสัญญาณเฉพาะคลื่นไมโครเวฟเท่านั้น ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังชนิดไดโอด HSMS 268 ทำหน้าที่จับสัญญาณในย่านความถี่คลื่นไมโครเวฟ คือ 2.45 GHz โดยรับสัญญาณคลื่นไมโครเวฟและส่งต่อสัญญาณไปยังชุดปรับและแปลงสัญญาณ ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณคลื่นไมโครเวฟไปเป็นสัญญาณไฟกระแสดตรง แล้วเข้าสู่ภาคขยายสัญญาณ ดังแสดงในภาพ 1

วงจรขยายสัญญาณและการแสดงผล

ภาคขยายสัญญาณจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากภาครับสัญญาณ ประกอบด้วยออปแอมป์ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ จากนั้นจะส่งสัญญาณที่ได้ไปยังภาควงจรแสดงผลจะแสดงผลการรั่วของคลื่นไมโครเวฟในรูปแบบของจอ LCD ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด Arduino โดยทำหน้าที่รับสัญญาณที่ผ่านการเทียบสัญญาณแล้วจากภาคขยายสัญญาณ Sauraubon (2018) และส่งสัญญาณไปยังจอ LCD ซึ่งความเข้มของคลื่นไมโครเวฟจะสอดคล้องกับค่าบนจอ LCD ที่ปรากฏ หน้าจอแสดงผล LCD-yellow-screen (2022)



ภาพ 1 วงจรรับสัญญาณ



ภาพ 2 จอแสดงผล LCD

Note. From “LCD (Yellow Screen) 20x4” by arduino4, retrieved from <https://www.arduino4.com/p/658>

วิธีการและการออกแบบ

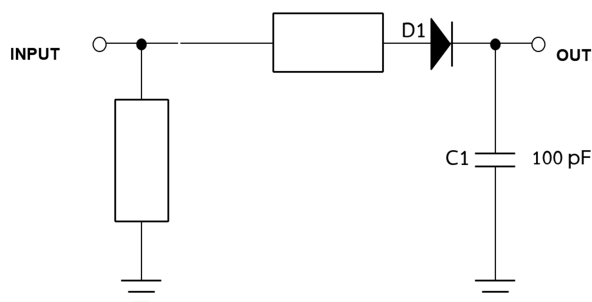
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย การเลือกใช้ประเภทเตาไมโครเวฟ ที่มีระบบอุ่นอาหารเท่านั้น เพราะจะมีแค่แมกนีตรอน สำหรับปล่อยคลื่นไมโครเวฟอย่างเดียวใช้สำหรับอุ่นอาหารหรือทำอาหาร และการออกแบบวงจรรับสัญญาณ การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ การออกแบบวงจรประมวลผลและแสดงผล การทดสอบและผลการทดสอบ

การออกแบบวงจรรับสัญญาณ

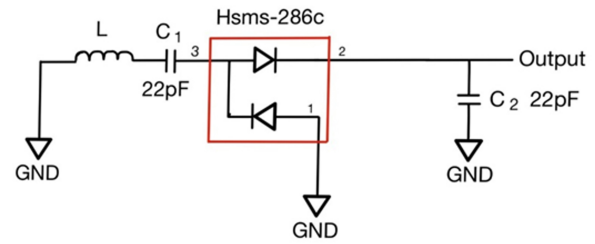
เนื่องจากวงจรรับสัญญาณ มีอุปกรณ์ในการรับสัญญาณที่ย่านความถี่ไมโครเวฟ 2.45 GHz คือ ไดโอดชนิด Hsms-268c การออกแบบวงจรอ้างอิงข้อมูลจากคุณสมบัติของไดโอด HSMs-286x Microwave Datasheet (2022) แสดงดังภาพ 3

การออกแบบวงจรรับสัญญาณ สามารถเลือกใช้ตัวเก็บประจุ C1 ได้ตั้งแต่ขนาด 20-100 pF สำหรับวงจรรับสัญญาณในงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวเก็บประจุ C1 ขนาด 22 pF เนื่องจากมีจำหน่ายตามร้านอะไหล่อุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป วงจรรับสัญญาณ แสดงดังภาพ 4

เนื่องจากวงจรรับสัญญาณที่ออกแบบนี้จะเปรียบเทียบกับสัญญาณคลื่นไมโครเวฟและแสดงผลสัญญาณในรูปแบบของแรงดัน แต่สัญญาณที่ได้ออกมาจะมีขนาดเล็ก ในระดับ mA จึงต้องออกแบบวงจรเพื่อขยายสัญญาณด้วยวงจรขยายสัญญาณ



ภาพ 3 วงจรรับสัญญาณของไดโอด



ภาพ 4 วงจรรับสัญญาณ

การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ

เนื่องจากแรงดัน output ของวงจรรับสัญญาณมีขนาดเล็กมาก คือ ค่าที่ได้เป็นค่า mV เพื่อต้องการแรงดันมีขนาดเท่าที่ Microcontroller สามารถประมวลผลได้ คือ 0-5 V โดยในการออกแบบต้องการอัตราขยาย 1000 เท่า ต้องกำหนด $V_{in} = 0.021 \text{ mV}$ กำหนด $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ เพื่อให้ได้แรงดันในช่วง 0-5 V กำหนด $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ จะได้ R_2 จากสูตร

$$\text{สูตร} \quad A_v = 1 + R_2/R_1 \quad (1)$$

$$R_2/R_1 = 1000 - 1 = 999$$

$$R_2 = 999 \text{ k}\Omega \text{ เลือกใช้ } 1 \text{ M}\Omega$$

เลือกใช้ Op - Amp LM358P

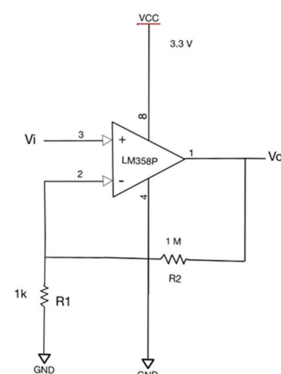
กำหนด $V_{in} = 0.021 \text{ mV}$ จะได้

$$V_{out} = 1 + R_2/R_1 \times V_{in} \quad (2)$$

$$V_{out} = 1 + 1\text{M}\Omega/1\text{k}\Omega \times 0.021\text{m}$$

$$V_{out} = 1.021 \text{ V}$$

และจ่ายแรงดัน $V_{cc} = 3.3 \text{ V}$ ในวงจรขยายสัญญาณจะได้วงจรแสดงดังภาพ 5

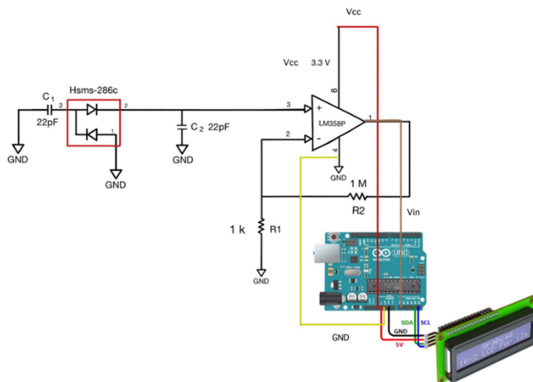


ภาพ 5 วงจรขยายสัญญาณ

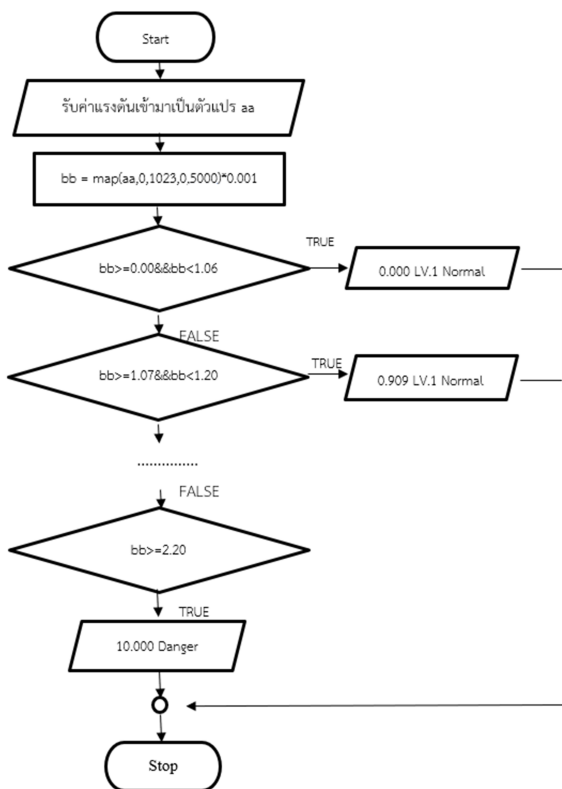
การออกแบบวงจรประมวลผลและแสดงผล

งานวิจัยเลือกใช้ Arduino UNO ในการประมวลผลด้วยการเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุม Arduino ide และแสดงผลผ่านจอ LCD

จากที่ประกอบวงจรต่าง ๆ ภายในกล่องโดยประกอบวงจรในตำแหน่งที่เหมาะสมภายในกล่องจะได้เครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟเพื่อนำไปทำการวัดสอบเทียบและวัดผลการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ



ภาพ 6 การต่อวงจรรวม



ภาพ 7 ขั้นตอนการแสดงผล



ภาพ 8 เครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟที่ออกแบบและจัดสร้างขึ้น

การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟด้วยเครื่องตรวจจับที่ได้ออกแบบและสร้าง โดยการทดสอบการทำงานของ Arduino UNO และ จอ LCD การทดสอบเครื่องมือวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟกับเตาไมโครเวฟที่ผ่านการใช้งานและมีสภาพชำรุดเล็กน้อย อายุการใช้งานระหว่าง 3-5 ปี โดยกำหนดเงื่อนไขการทดสอบด้วยวัตถุที่เป็นอาหารชนิดเดียวกัน ทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องตรวจจับที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดไมโครเวฟรุ่น HT-M2 ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดและราคาเหมาะสม Santatechnology.com (2022) ดังแสดงในภาพ 9

การสอบเทียบจะใช้เตาไมโครเวฟที่ใช้ทั่วไปตามครัวเรือน ซึ่งเตาไมโครเวฟที่ได้นำมาทดสอบจะวัดที่ระยะ 5 cm จากผิวเตาไมโครเวฟ ตรงรอยต่อของผิวเตาไมโครเวฟ อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.1773-2548 เครื่องวัดที่ใช้สอบเทียบครั้งนี้ ได้มาจากการใช้เครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟรุ่น HT-M2 เนื่องจากคลื่นที่ปล่อยออกจากเครื่องไมโครเวฟนั้นเวลาเครื่องทำงานที่ค่าต่ำจะอ่านค่าได้เพียง 0.24 mW/cm² และในช่วงเวลาที่เครื่องทำงานวัดค่าสูงสุดได้ 10.00 mW/cm² ค่าที่ได้นำมากำหนดช่วงของการแสดงผล ได้ดังตาราง 1

นำค่าจากการแสดงผลในตาราง 1 ไปป้อนในโปรแกรม IDE เพื่อประมวลผลและแสดงผลตามค่าที่ได้กำหนดช่วงไว้เพื่อให้ Arduino UNO ประมวลผลให้ค่าที่แสดงผลออกมานั้นสัมพันธ์กับค่า input ของแรงดันในแต่ละช่วงที่กำหนดไว้



ภาพ 9 เครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟรุ่น HT-M2

ตาราง 1

ผลการทดสอบการแสดงผลแรงดันไฟฟ้า

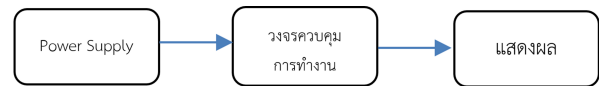
แรงดันเข้า Arduino (V)	แสดงผล (mW/cm ²)	Level
0.00 – 1.06	0.000	LV.1 Normal
1.07 – 1.20	0.909	LV.1 Normal
1.21 – 1.30	1.818	LV.1 Normal
1.31 – 1.40	2.727	LV.1 Normal
1.41 – 1.50	3.636	LV.2 Beware
1.51 – 1.60	4.545	LV.2 Beware
1.61 – 1.70	5.455	LV.3 Danger
1.71 – 1.80	6.364	LV.3 Danger
1.81 – 1.90	7.273	LV.3 Danger
1.91 – 2.00	8.182	LV.3 Danger
2.01 – 2.10	9.091	LV.3 Danger
2.11 – 2.20	10.000	LV.3 Danger
>2.20	10.000	Danger

การทดสอบการทำงานของ Arduino UNO และจอแสดงผล LCD

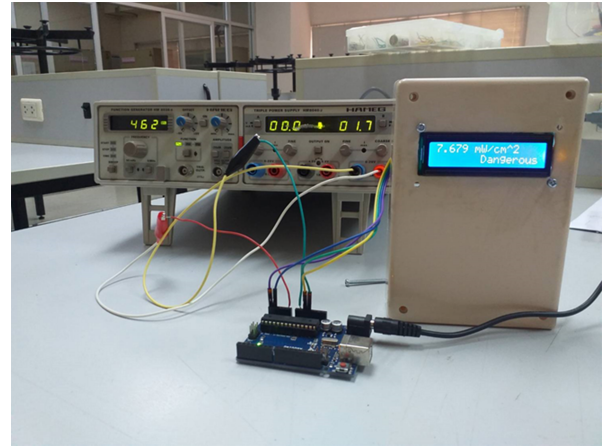
ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมการทำงานของ Arduino UNO และการแสดงผล จอ LCD โดยใช้ Power supply เป็นแหล่งจ่ายป้อนแรงดันไฟฟ้า input แทนวงจรรับสัญญาณ เพื่อทำการทดสอบค่าแต่ละช่วงว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ แสดงดังภาพ 10

เมื่อต่อวงจรและทำการจ่ายแรงดัน โดยใช้ Power supply เพื่อทดสอบวงจรควบคุมการทำงานและแสดงผล เพื่อให้ทราบว่าวงจรแสดงผลนี้สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งผลการทดสอบดังตาราง 2

จากผลการทดสอบจะสังเกตเห็นว่า แรงดันที่ป้อนเข้าจะแสดงผลตรงตามค่าที่ได้เขียนคำสั่งไว้ในโปรแกรม Arduino ide ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า วงจรควบคุมการทำงานและแสดงผลทำงานได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนทุกค่าที่ได้ทำการเขียนคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE



ภาพ 10 ขั้นตอนการทำงาน



ภาพ 11 ทดสอบวงจรควบคุมการทำงานและแสดงผล

ตาราง 2

ผลการทดลอง

แรงดันเข้า Arduino (V)	แสดงผล (mW/cm ²)	Level
0.00 – 1.06	0.000	LV.1 Normal
1.07 – 1.20	0.909	LV.1 Normal
1.21 – 1.30	1.818	LV.1 Normal
1.31 – 1.40	2.727	LV.1 Normal
1.41 – 1.50	3.636	LV.2 Beware
1.51 – 1.60	4.545	LV.2 Beware
1.61 – 1.70	5.455	LV.3 Danger
1.71 – 1.80	6.364	LV.3 Danger
1.81 – 1.90	7.273	LV.3 Danger
1.91 – 2.00	8.182	LV.3 Danger
2.01 – 2.10	9.091	LV.3 Danger
2.11 – 2.20	10.000	LV.3 Danger
>2.20	10.000	Danger

การทดสอบเครื่องมือวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟกับเตาไมโครเวฟ

ทำการทดสอบการทำงานของวงจรรับสัญญาณ ขยายสัญญาณ ควบคุมการทำงาน และแสดงผล โดยมีเครื่องไมโครเวฟเป็นแหล่งจ่ายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสดงดังภาพ 12

จากการทดสอบเครื่องมือวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟ โดยวัดที่ระยะ 5 เซนติเมตร จากผิวเตาตรงรอยต่อของฝา

เปิดปิดเครื่อง โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.1773-2548
ผลการทดลองแสดงดังตาราง 3

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟ จะสังเกตได้ว่าเครื่องที่ได้ทำการทดสอบนั้นจะปล่อยคลื่นเป็นช่วงของการทำงาน คือ ช่วงเครื่องทำงานค่าต่ำนั้นจะปล่อยคลื่นเพียงเล็กน้อย ซึ่งวัดค่าได้ประมาณ 0.909 mW/cm^2 และช่วงที่เครื่องทำงานค่าสูงจะสังเกตได้จากเสียงของเตาไมโครเวฟจะมีเสียงดัง พบว่า ค่าที่วัดได้สูงถึง 10.000 mW/cm^2 ซึ่งระยะที่ใช้ในการวัดอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.1773-2548 โดยวัดที่ระยะ 5 cm จากผิวเตา ตรงรอยต่อของฝาเปิดปิดเครื่อง ความแม่นยำของเครื่องตรวจจับที่สร้างขึ้นโดยวัดจาก 3 ระดับ ที่แสดงสถานะปกติ รั่วระดับ 1 อันตราย ความสามารถของเครื่องตรวจจับไมโครเวฟในการอ่านค่าหรือแสดงค่าที่วัดได้เข้าใจค่าจริง ระดับที่ 1 สถานะปกติ 1.20 ± 0.91 ระดับที่ 2 สถานะรั่วระดับ 1 4.09 ± 0.68 และระดับที่ 3 สถานะอันตราย 7.72 ± 1.36



ภาพ 12 ทดสอบเครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟ

ตาราง 3

ผลการทดสอบเครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟกับเตาไมโครเวฟ

ทดสอบ	ค่ารั่วไหลของไมโครเวฟ (mW/cm^2)
ช่วงที่เครื่องทำงานค่าต่ำ	0.000 ถึง 0.909 LV.1 Normal
ช่วงที่เครื่องทำงานค่าสูง	10.000 LV.3 Danger

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การทดสอบเครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ จะสังเกตเห็นได้ว่าเตาไมโครเวฟที่มีอายุการใช้งานมากซึ่งตามมาตรฐานเตาไมโครเวฟนั้นเมื่อมีอายุการใช้งาน 3-5 ปี จะเริ่มมีการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ และบางช่วงของการทำงานจะเกิดอาการผิดปกติ เช่น เสียงดัง เครื่องร้อน ซึ่งช่วงที่ผิดปกตินั้น จะปล่อยคลื่นรั่วไหลออกมามาก ซึ่งจากการทดสอบวัดที่ระยะ 5 cm จากผิวเตา ตรงรอยต่อของผิวเตา วัดอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.1773-2548 จากการวัดค่าจะแสดงผลสลับไปมา ระหว่าง 0.000 mW/cm^2 และ 0.909 mW/cm^2 วัดค่าสูงสุดได้ 10.000 mW/cm^2 สำหรับเครื่องตรวจจับที่สร้างขึ้นใช้ระยะการวัดที่จุดห่างจากเตาไมโครเวฟ 5 cm ในการทดลองมีการวัดค่าจากการกำหนดช่วงแรงดันขาเข้าโดยการอ้างอิงจากการวัดระดับ 1 (Level1) สถานะปกติคลื่นระหว่าง $0.000-2.727 \text{ mW/cm}^2$ วัดแรงดันได้ 0-1.40 V ส่วนเครื่องวัดไมโครเวฟรุ่น MT-M2 ที่นำมาเปรียบเทียบการทดสอบจะวัดค่าต่ำสุดได้ 0.24 mW/cm^2 และวัดระดับ 3 (Level3) คลื่นสูงสุด 10.00 mW/cm^2 วัดแรงดันได้ 2.11 V สถานะผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือน และเมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนการแจ้งเตือนตามมาตรฐานกำหนดการรั่วได้ไม่เกิน 5 mW/cm^2 วัดระดับ 3 (Level3) อยู่ที่ 5.455 mW/cm^2 คิดเป็นร้อยละ 9.1

เครื่องวัดที่ใช้สอบเทียบครั้งนี้ แสดงผลเพียงสองค่า คือ ค่าที่ต่ำที่สุดและค่าที่สูงที่สุด จากค่าที่สามารถทำการทดสอบวัดค่าที่รั่วไหลทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเตาไมโครเวฟนั้นปล่อยคลื่นรั่วไหลเป็นบางช่วงของการทำงานของเตา ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพของเตาไมโครเวฟด้วย

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองการทำงานของเครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟกับเตาไมโครเวฟ พบว่าการทำงานของเครื่องวัดการรั่วไหลของไมโครเวฟ ในช่วงที่เตาไมโครเวฟเริ่มทำงาน หน้าจอจะแสดงผลค่าการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ คือ 0.000 mW/cm^2 และ 0.909 mW/cm^2 และช่วงที่เครื่องเริ่มทำงานที่ค่าสูงจะวัดค่าได้ 10.000 mW/cm^2 จากการทดลองเปรียบเทียบกับเครื่องวัดไมโครเวฟรุ่น MT-M2 พบว่าการทำงานของเครื่องวัดที่ออกแบบสามารถตรวจจับคลื่นไมโครเวฟและแสดงผลได้เหมือนกัน จากการทดลองพบว่าเตาไมโครเวฟที่นำมาทดสอบจะมีบางช่วงที่เตาไมโครเวฟจะปล่อยคลื่นรั่วไหลที่ส่งผลอันตรายต่อร่างกาย

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

เครื่องตรวจจับการรั่วไหลของไมโครเวฟสามารถทดสอบวงจรการทำงานพื้นฐานได้ผลการทดลองสามารถตรวจวัดการรั่วไหลได้ โดยสอบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานของท้องตลาด ผลทดสอบเบื้องต้นที่วัดได้สอดคล้องกับเครื่องวัดดังกล่าว ส่วนข้อจำกัดของเครื่องเนื่องจากไม่สามารถควบคุมแหล่งจ่ายที่เป็นคลื่นของไมโครเวฟได้ทำให้การแสดงผลมีความคลาดเคลื่อน และพัฒนาการทำงานของวงจรตรวจจับให้แสดงผลการเตือนผ่านมือถือ เป็นต้น



References

- Chavan, N. M., Deshmukh, A. M., & Kulkarni, A. S. (2014). *Automated system to detect rf leakage from microwave oven using raspberry pi* (Master's thesis). Sinhgad College of Engineering, Pune, India. India.
- Chaimongkon, P. (2015). Checking for microwave leaks from microwave ovens to improve quality of life and promote safety. *Journal of the Department of Science Services*. 63(199). 25-26. (in Thai)
- Department of Medical Sciences. (2019). *Microwaves are more dangerous than atomic bombs*. Retrieved from <https://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/2/02/128238/> (in Thai)
- Electrical4U. (2021). *Band pass filter: circuit & transfer function (active & passive)*. Retrieved from https://www.electrical4u.com/band-pass-filter/#google_vignette (in Thai)
- HSMS-286x Microwave Datasheet. (2022). *HSMS-286x microwave datasheet*. Retrieved from <https://datasheetspdf.com/datasheet/HSMS-286x.html>.
- IEC 60335-2-25. (2002-2003). *Household and similar electrical appliances-safety-Part 2-25: Particular requirements for microwave ovens, including combination*. Retrieved from <https://webstore.iec.ch/publication/15173>
- Khare, V., & Singh, P. (2016). Rf leakage detection system for microwave based industrial heating appliances. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, 11(3), 26-30. doi: 10.9790/2834-1103022630
- Klai-pan, C. (2002). *Studying the history and origins of microwave ovens*. Retrieved from http://www.dss.go.th/images/st-article/pep_2_2546_microwave.pdf. (in Thai)

- LCD-yellow-screen. (2022). *Lcd-yellow-screen-20x4-lcd-adapter*. Retrieved from <https://www.arduino4.com/product/658/2004-lcd-yellow-screen-20x4-lcd-adapter>. (in Thai)
- Orsat, V., Raghavan, G. S. V., & Krishnaswamy, K. (2017). 5-Microwave technology for food processing: An overview of current and future applications. In M. Regier, K. Knoerzer and H. Schubert (Eds). *The Microwave Processing of Foods* (2nd ed.) (pp. 100-116). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. doi.org/10.1016/B978-0-08-100528-6.00005-X
- Pri Sanyakun, S. (2006). *Microwave leak radiation avoidable danger*. Retrieved from https://mgronline-com.translate.google.com/detail/9490000086798?_x_tr_sl=th&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en&_x_tr_pto=sc. (in Thai)
- Rattanadecho, P., & Pongpakpien, S. (2011). *Digital readout microwave leakage detector LD Bar*. Patent No. A63F 13/20, G01S 13/00. Pathum Thani: Thammasat University. (in Thai)
- Santatechnology.com. (2022). *Microwave-leakage-detector-ht-m2*. Retrieved from <https://santatechnology.com/Microwave-leakage-detector-ht-m2>. (in Thai)
- Saurabon, K. (2018). *Developing IoT on arduino and raspberry Pi platforms*. Bangkok: Intermedia. (in Thai)
- Srilaphan, M., Prasertthai, C., & Thupmeung, V. (2013). *Microwave oven leakage detector* (Bachelor's thesis). Suranaree University of Technology. Nakhon Ratchasima. (in Thai)
- Sritrakun, V. (2016). *Microwave oven*. Retrieved from http://thep-center.org/src2/views/daily-life.php?article_id=16. (in Thai)
- Thai Industrial Standard 1773-2548. (2005). *Microwave ovens safety requirements*. Retrieved from <https://www.tisi.go.th/data/standard/fulltext/TIS-1773-2548m.pdf>. (in Thai)

