การออกแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม
Chemical Agent Monitor Simulator Design

ชนมภัทร โตระสะ[1]

Chonmapat Torasa[1]

Received: 19 January 2018; Accepted: 30 April 2018

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม (Chemical agent monitor simulator : CAMSIM) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่กรมวิทยาศาสตร์ทหารบกใช้สำหรับการฝึกกำลังพลของหน่วย และสอนนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ทหารบก โดยใช้สัญญาณอุลตร้าโซนิคจำลองเป็นสารพิษเหมือนกับชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามที่มีจำหน่าย ชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามประกอบด้วยวงจรส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค จำนวน 4 ชุด โดยกำหนดให้เครื่องส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค แต่ละชุดส่งความถี่ที่ต่างกัน ดังนี้ 25.0000, 31.2500, 39.0625 และ 46.8750 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) เพื่อจำลองเป็นสารเคมีพิษจำนวน 4 ชนิด และความแรงสัญญาณ อุลตร้าโซนิคของเครื่องส่งจะจำลองเป็นปริมาณของสารพิษ และวงจรรับสัญญาณอุลตร้าโซนิค จำนวน 1 ชุด เพื่อจำลองเป็นเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม วงจรรับสัญญาณอุลตร้าโซนิคประกอบด้วยส่วนต่าง 4 ส่วนคือ 1.ส่วนขยายสัญญาณเบื้องต้น (Preamplifier) 2.ส่วนกรองความถี่ (Frequency filter) 3.ส่วนเร็คติไฟเออร์และ 4.ขยายสัญญาณ (Rectifier and amplifier) และส่วนประมวลผลและแสดงผล (Processing and display) ซึ่งสามารถรับสัญญาณอุลตร้าโซนิคจากวงจรส่งสัญญาณทั้ง 4 ความถี่ และสามารถแสดงชนิด ปริมาณของสารพิษจำลองที่ตรวจวัดได้ทางจอแสดงผล ผลการทดสอบการทำงานของวงจรส่งและรับสัญญาณอุลตร้าโซนิค จำนวน 200 ครั้ง พบว่าวงจรรับสัญญาณสามารถรับสัญญาณอุลตร้าโซนิคจากวงจรส่งสัญญาณแต่ละความถี่ได้ และสามารถแสดงผลชนิดของสารพิษจำลองแต่ละชนิดได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะตรวจจับสัญญาณอุลตร้าโซนิคที่แตกต่างกันดังนี้ ความถี่ 25.0000 kHz สามารถตรวจจับได้ที่ระยะประมาณ 0.50 เมตร ความถี่ 31.2500 kHz ประมาณ 1.46 เมตร ความถี่ 39.0625 kHz ประมาณ 0.90 เมตร และความถี่ 46.8750 kHz ประมาณ 1.50 เมตร เมื่อนำชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามที่สร้างขึ้นไปทดสอบภาคสนาม พบว่าเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม (เครื่องรับสัญญาณอุลตร้าโซนิค) สามารถตรวจวัดและแสดงผลชนิดของสารพิษจำลอง (เครื่องส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค) ได้ถูกต้อง และสามารถตรวจวัดสัญญาณได้ในระยะไกลเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่เท่ากับชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามที่จัดซื้อมาจากต่างประเทศ

คำสำคัญ: การออกแบบวงจร ชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม อุลตร้าโซนิค

Abstract

This article presents the design and construction of a Chemical Agent Monitor Simulator (CAMSIM) which the Royal Thai Army Chemical Department used for training personnel in the department and teaching RTA Chemical School's students. An ultrasonic signal is used to simulate a toxin similar to the CAMSIM. The CAMSIM consists of 4 sets the ultrasonic transmitter, each ultrasonic transmitter was specified to send different frequencies as follows; 25.0000, 31.2500, 39.0625 and 46.8750 KHz. The transmitter simulated 4 types of toxins and the ultrasonic signal strength of the transmitter reproduced the amount of toxins, and 1 set of ultrasonic receiver to simulate Chemical Agent Monitor.

[1] *อาจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300*

[1] *Lecturer, Electrical Technology Department, Faculty of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Dusit, Bangkok 10300, Thailand.*

[*] *Corresponding author; Chonmapat Torasa, Electrical Technology Department, Faculty of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Dusit, Bangkok 10300, Thailand. chonmapat.to@ssru.ac.th*

The ultrasonic receiver consists of 4 parts, 1.preamplifier, 2.frequency filter, 3.rectifier and amplifier, and 4.processing and display. It can receive 4 frequencies from the ultrasonic transmitter and show the type and quantity of simulated toxin on the LCD display. 200 tests of the ultrasonic transmitter and received determined toxins with 100% accuracy., However with different ultrasonic detection ranges are as follows: 25,000 kHz can be detected at approximately 0.5 meters, 31.250 kHz, approximately 1.46 meters, 39.0625 kHz approximately 0.9 meters and 46.875 kHz approximately 1.5 meters. When applying the CAMSIM in the field test, it was found that the Chemical agent monitor (ultrasonic receiver) are able to detect and display the simulated toxin type (ultrasonic transmitter) correctly and can detect ultrasonic signal within a distance of approximately 1 meter, which is the same distance of Chemical Agent Monitor which were purchased from abroad.

Keywords: Circuit design, Chemical agent monitor simulator, Ultrasonic

บทนำ

ในปัจจุบันยังคงมีการนำเอาสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ มาเป็นอาวุธเพื่อโจมตีทำร้ายทหารในการทำสงคราม หรือทำร้ายประชาชนทั่วไปในการก่อการร้ายต่างๆ การโจมตีด้วยอาวุธเคมีนั้นมีค่าใช้จ่ายน้อยแต่ในขณะเดียวกันฝ่ายตรงกันกลับต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการกำจัดหรือทำลายอาวุธเคมีที่ยังคงอยู่ ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำหรือการทำความสะอาดผืนดินสิ่งเหล่านี้ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็น อาวุธเคมียังจะส่งผลเสียในระยะยาว และยังทำลายสภาพจิตใจของทหาร และประชาชนอีกด้วย ตามอนุสัญญาห้ามอาวุธเคมี (Chemical Weapons Convention: CWC) ได้นิยาม อาวุธเคมี (Chemical weapons) คือสารเคมีพิษ หรือสารที่ใช้ผลิตสารเคมีพิษ (Precursor) ซึ่งสามารถทำให้เป็นอันตรายถึงชีวิต บาดเจ็บ หรือไร้สมรรถภาพ อาวุธเคมีจัดเป็นอาวุธทำลายล้างมวลมนุษย์ (Weapons of Mass Destruction : WMD) เนื่องจากสามารถทำให้เกิดการสูญเสียเป็นกลุ่มก้อนในพื้นที่ขนาดใหญ่ และมีผลอันตรายตกค้าง ครอบคลุม และคงทนอยู่ได้นานในพื้นที่นั้น[1] โดยสามารถแบ่งประเภทของสารที่ใช้ในการทำสงครามเคมี (Chemical warfare agents) เป็น 5 ประเภท คือ

1. สารสังหาร (Lethal agents) เป็นสารทำให้มนุษย์และสัตว์เจ็บป่วยอย่างรุนแรง และอาจจะทำให้เสียชีวิต ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 พวก คือ

   1.1 สารประสาท (Nerve agents)

   1.2 สารพุพอง (Blister agents)

   1.3 สารโลหิต (Blood agents)

   1.4 สารสำลัก (Chocking agents)

   1.5 ทอกซิน (Toxin)

2. สารทำให้ไร้สมรรถภาพ (Incapacitating agents) เป็นสารเคมีที่มีผลให้มนุษย์หมดความสามารถในการปฏิบัติภารกิจชั่วคราว และไม่ทำให้เสียชีวิตหรือเกิดอันตรายถาวร และอาการที่เกิดขึ้นจะหายเองโดยไม่ต้องรักษา ซึ่งแบ่งย่อยได้ 3 พวก คือ

   2.1 สารออกฤทธิ์ทางจิต (Psychotomimetic agents)

   2.2 สารอาเจียน (Vomiting agents)

   2.3 สารน้ำตาไหล (Tear agents/ Lachrymatory agents)

3. สารทำลายพืช (Antiplant agents) เป็นสารที่ใช้ทำอันตรายพืชในทางปฏิบัติการทางทหาร ใช้เพื่อทำลายพืชที่ฝ่ายตรงข้ามใช้หลบซ่อนซ่องสุมกำลัง หรือที่ซุ่มโจมตี

4. สารทำควัน (Smoke agents) เป็นสารที่ทำให้เกิดควันกำบัง และควันสัญญาณ

5. สารเพลิง (Incendiaries agents) เป็นสารทำให้เกิดเพลิงเป็นหลักซึ่งมีผลทำให้บาดเจ็บและเสียชีวิตได้[2]

ประเทศไทยได้ตระหนักถึงภัยคุกคามทางสงครามเคมี กองทัพไทยจึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับการใช้ และป้องกันอาวุธเคมี โดยกองทัพบกมีหน่วยที่รับผิดชอบ คือกรมวิทยาศาสตร์ทหารบก ซึ่งมีหน้าที่วางแผน อำนวยการ ประสานงาน กำกับการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับ การผลิต ส่งกำลัง ซ่อมบำรุง ตลอดทั้งการฝึกและศึกษาเกี่ยวกับการปฏิบัติการและการป้องกันทางเคมี ชีวะ รังสี และนิวเคลียร์ ตลอดจนกิจการวิทยาศาสตร์ของกองทัพบก[3] กรมวิทยาศาสตร์ทหารบกได้จัดงบประมาณในการซื้อเครื่องมือต่างๆ มาประจำการในหน่วย เช่นเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม (Chemical agent monitor : CAM) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบสารพิษต่างๆ ที่ถูกนำมาใช้ในสงครามเคมี และชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม (Chemical agent monitor simulator : CAMSIM) เพื่อใช้ฝึกกำลังพลของหน่วย และสอนนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ทหารบก ในการใช้งาน เครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามให้มีการใช้งานที่ถูกต้องและเกิดทักษะความชำนาญในการใช้งานเครื่องมือ โดยบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามก็จะผลิตชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษ

สนามในแต่ละรุ่นให้มีลักษณะที่เหมือนกันเพื่อใช้ในการฝึกการใช้เครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามดังแสดงใน Figure 1 โดยภาพด้านซ้ายมือ (A) เป็นเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามและด้านขวามือ (B) เป็นชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม

(A) (B)

Figure 1 Chemical agent monitors and Chemical agent monitor simulators

แต่ด้วยงบประมาณที่มีจำกัดและชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามที่มีราคาแพง ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้มีชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้ฝึกกำลังพลและสอนนักเรียน และเมื่อชุดจำลองเครื่องมือ

ตรวจสอบสารพิษสนามเกิดการชำรุดเสียหายก็ไม่สามารถที่จะซ่อมแซมได้เอง ทางกรมวิทยาศาสตร์ทหารบกจึงมีแผนดำเนินการพัฒนาชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามขึ้น เพื่อออกแบบและสร้างชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามไว้ใช้งานเอง

วัตถุประสงค์

ออกแบบวงจรรับ และส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค เพื่อจำลองเป็นเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม และสารเคมีพิษพัฒนาต้นแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม

วิธีการวิจัย

แนวคิดในการออกแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม คือการใช้สัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิค จำลองเป็นสารพิษที่นำมาใช้เป็นสารเคมีพิษทางการทหาร เช่นสารประสาท (Nerve agents) พวกสาร G (G - agent) และสาร V (V - agent) สารพุพอง (Blister agents) พวกมัสตาร์ด (Mustard) และพวกสารประกอบสารหนู (Arsenicals) เป็นต้น ซึ่งเป็นหลักการทำงานที่เหมือนกับแหล่งกำเนิดสารพิษจำลองของชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามที่บริษัทผู้ผลิตในต่างประเทศใช้[4,5] โดยออกแบบเครื่องส่งสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิค จำนวน 4 ชุด แต่ละชุดจะส่งสัญญาณคลื่น อุลตร้าโซนิคที่มีความถี่ต่างกัน ซึ่งจะจำลองเป็นสารพิษ 4 กลุ่ม ได้แก่ สารประสาท (Nerve agents) สารพุพอง (Blister agents) สารโลหิต (Blood agents) และสารสำลัก (Choking agents) ซึ่งเป็นกลุ่มสารพิษหลักที่ถูกนำมาใช้เป็นอาวุธเคมีทางการทหาร เมื่อส่งสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิคออกมาจะเปรียบเสมือนการกระจายของสารพิษ เนื่องจากคุณสมบัติของคลื่นเสียงนั้นสามารถเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวางไปด้านหลังของสิ่งกีดขวางได้ สามารถกำหนดทิศทางการแพร่กระจายคลื่นได้ง่ายในกรณีที่สมมุติสถานการณ์ทิศทางการแพร่กระจายสารพิษ และลักษณะการแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดที่เป็นจุดหรือตำแหน่ง เป็นการฝึกการใช้เครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามค้นหาแหล่งกำเนิด หรือตำแหน่งของสารพิษ เพื่อการควบคุม หรือทำลายสารพิษในสนาม และออกแบบเครื่องรับสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิค จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งจำลองเป็นเครื่องตรวจสอบสารพิษสนาม ทำหน้าที่รับสัญญาณคลื่น อุลตร้าโซนิค แล้ววิเคราะห์ความถี่ของสัญญาณอุลตร้าโซนิคว่าส่งสัญญาณมาจากเครื่องส่งตัวใด แล้วจึงแสดงผลชนิดของสารเคมีพิษ ในขณะเดียวกันก็จะวัดระดับความแรงของสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิคที่รับได้แล้ว แสดงผลเป็นระดับการกระจายตัวของสารพิษว่ามากน้อยเพียงใด ดังแสดงใน Figure 2 สำหรับขั้นตอนในการวิจัยออกแบบชุดจำลองเครื่องตรวจสอบสารพิษสนาม แสดงใน Figure 3

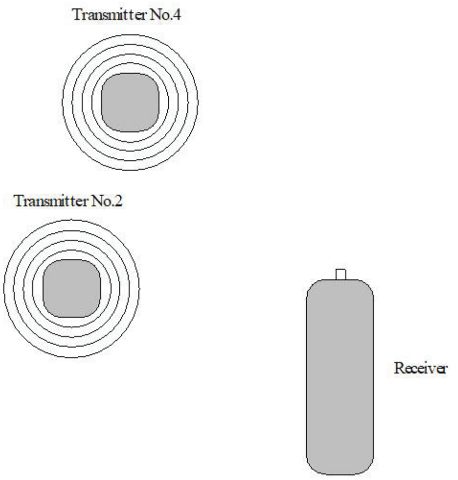


Figure 2 Chemical agent monitor simulator concept design

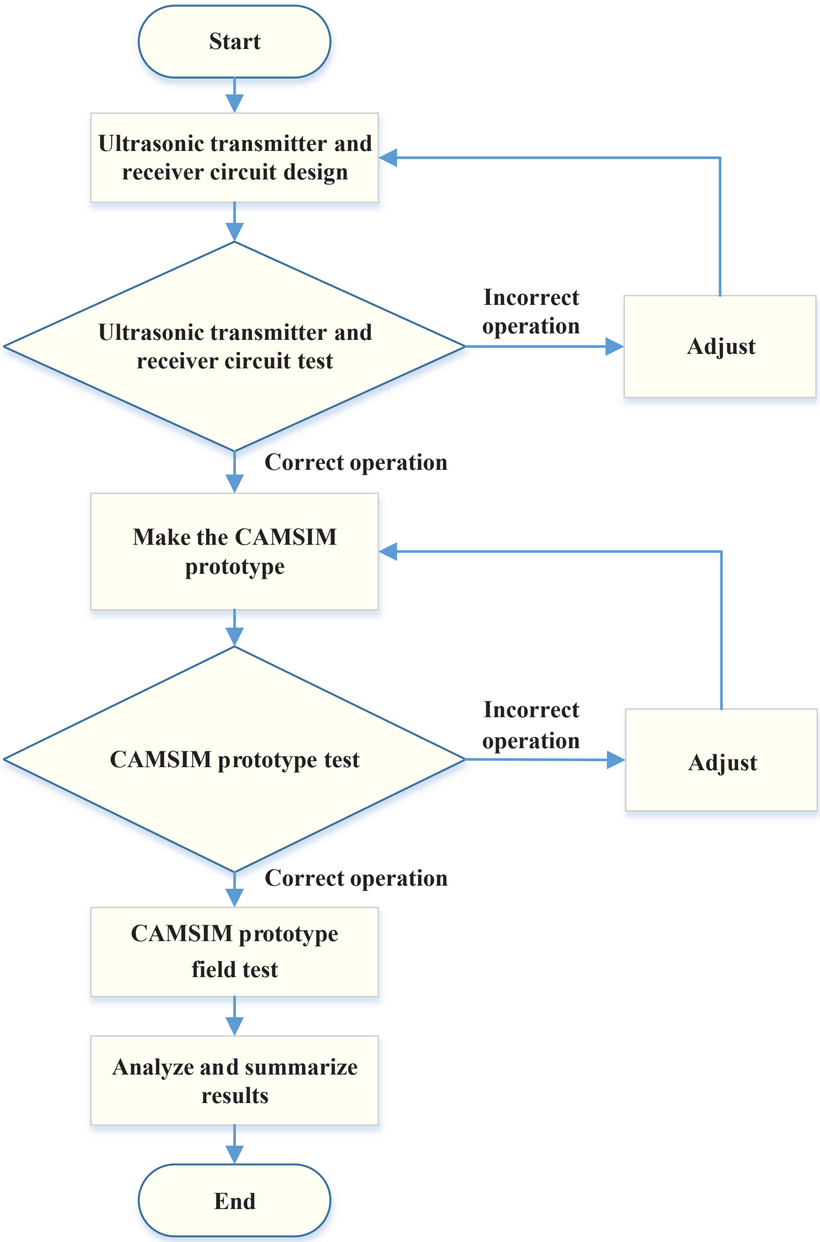


Figure 3 Research process diagram

การออกแบบวงจรส่ง และรับสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิค

1. วงจรส่งสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิค เพื่อใช้เป็นสารพิษจำลองจำนวน 4 ชุด ต้องออกแบบให้มีความถี่ส่งแต่ละชุดที่แตกต่างกัน และเพื่อให้ได้ความถี่ที่สม่ำเสมอและแม่นยำ จึงเลือกใช้คริสตอล (Crystal) มาเป็นตัวสร้างความถี่หลักของวงจรส่งสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิค ค่าความถี่ของตัวคริสตอลที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปในประเทศไทยแสดงใน Table 1 จากนั้นจึงหารค่า ความถี่หลักที่ผลิตได้จากคริสตอลด้วย 256 เพื่อให้ได้ค่าความถี่ต่ำลงอยู่ในช่วงของคลื่นอุลตร้าโซนิค โดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC4060 ซึ่งเป็นไอซีวงจรการนับแบบ ไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous Counter หรือ Ripple Counter) โดยโครงสร้างภายในใช้ฟลิปฟลอปมาต่อเรียงกัน สถานะเอาต์พุตของฟลิปฟลอปแต่ละตัวขึ้นอยู่กับสถานะเอาต์พุตของฟลิปฟลอปตัวก่อนหน้า[6,7]

Table 1 Frequency of crystal

Frequency of crystal (MHz)			
3.5790	3.6864	4.0000	4.0960
4.0320	4.8000	4.9152	5.0000
6.0000	6.4000	8.0000	9.2160
9.8304	10.0000	10.2400	10.2450
11.0592	12.0000	12.2880	13.5475
13.5600	13.5725	14.3182	16.0000
16.3840	17.2800	17.7345	18.4320
20.0000	24.0000	25.0000	26.5900
30.0000	36.8640		

จากค่าความถี่ของคริสตอลใน Table 1 จะต้องเลือกใช้ค่าความถี่ที่ไม่เป็น 2 เท่าของกันและกัน เพราะหากความถี่เป็นสองเท่าของกันและกัน อาจก่อให้เกิดฮาโมนิกส์ (Harmonic) ที่ 2 ขึ้นมาได้ และต้องใช้ค่าความถี่ที่ไม่ใกล้กันจนเกินไป ซึ่งจะส่งผลทำให้วงจรรับสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิคตรวจจับความถี่ได้ผิดพลาด

ในงานวิจัยจึงได้เลือกใช้คริสตอลค่าความถี่ 6.4000, 8.0000, 10.0000 และ 12.0000 MHz มาผลิตความถี่หลักเพื่อเป็นสัญญาณอินพุทให้กับไอซีเบอร์ 74HC4060 ของวงจรส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิคแต่ละชุด เมื่อหารด้วย 256 จะได้ความถี่ของวงจรส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค ดังแสดงใน Table 2 โดยเลือกใช้ความถี่ของวงจรส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิคให้สอดคล้องกับลักษณะการแพร่กระจายของสารพิษ คือความถี่ต่ำ (25 kHz) ซึ่งแพร่กระจายคลื่นได้ใกล้ๆ จำลองเป็นกลุ่มสารพิษ H (สารพุพอง) เนื่องจากสารพุพองมีลักษณะที่หนืดการระเหยช้า ส่วนช่วงความถี่สูง (31.2500 – 46.8750 kHz) จำลองเป็นกลุ่มสารพิษ G (สารประสาท) สารพิษ B (สารสำลัก) และสารพิษ A (สารโลหิต) ตามลำดับ ซึ่งสารกลุ่มต่างๆ นี้มีลักษณะเป็นไอ และแก๊ส ที่มีการระเหยที่เร็ว กระจายตัวไปได้ไกล

Table 2 Frequency of ultrasonic transmitter and type of agent simulator

Frequency of crystal (MHz)	Frequency of ultrasonic transmitter (kHz)	Type of agent simulator
6.4000	25.0000	H (Blister agents)
8.0000	31.2500	G (Nerve agents)
10.0000	39.0625	B (Chocking agents)
12.0000	46.8750	A (Blood agents)

ความถี่สัญญาณอุลตร้าโซนิคที่เอาท์พุทของไอซีเบอร์ 74HC4060 จะถูกขยายให้มีแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นเพื่อขับให้ตัวอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ส่งสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิคได้ไกลๆ โดยประยุกต์ใช้ไอซีเบอร์ MAX323 ซึ่งเป็นไอซีรับ-ส่งสัญญาณ RS232[8] สามารถนำมาเปลี่ยนระดับแรงดันของลอจิกที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0-5V หรือ 0-3.3V ให้เพิ่มขึ้นเป็น -15 ถึง +15V และได้ออกแบบให้เอาท์พุทเกิดเรโซแนนซ์ที่ค่าความถี่สัญญาณอุลตร้าโซนิคเพราะเมื่อเกิดการเรโซแนนซ์จะทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงเพิ่มขึ้นอีก โดยนำตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) มาต่ออนุกรมกับอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ซึ่งมีค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) เท่ากับ 1.74 นาโนฟารัด (nF) โดยคำนวณค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Inductance) จากสมการที่ 1

$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{---------------} \qquad (1)$$

โดยที่ f คือ ความถี่ มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz)
L คือ ความเหนี่ยวนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็นเฮนรี่ (H)
C คือ ความจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นฟารัด (F)

Table 3 Calculated and used inductance value

Frequency of ultrasonic transmitter (kHz)	Calculated inductance value (mH)	Used inductance value (mH)
25.0000	23.2000	27.0000
31.2500	14.8000	15.0000
39.0625	9.5000	10.0000
46.8750	6.6000	6.4000

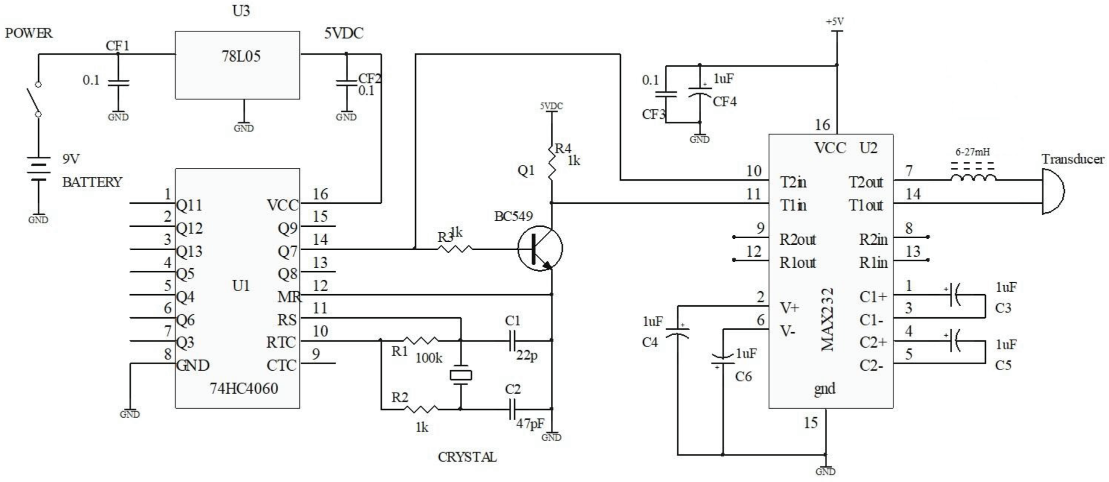


Figure 4 Ultrasonic transmitter circuit diagram

2. วงจรรับสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิค เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบสารพิษจำลองจำนวน 1 ชุด วงจรรับสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิคมีส่วนประกอบย่อย 4 ส่วนดังนี้

2.1 ส่วนขยายสัญญาณเบื้องต้น (Preamplifier) เป็นส่วนแรกที่รับสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิคที่ส่งมาจากเครื่องส่งซึ่งมีระดับความแรงของสัญญาณที่ต่ำมาก จึงต้องออกแบบส่วนขยายสัญญาณขนาดเล็กให้มีขนาดที่สูงขึ้น โดยใช้ไอซีเบอร์ TL074 ซึ่งเป็นไอซีออปแอมป์ (Op-amp)[9] ออกแบบเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (Inverting amplifier) จำนวน 2 ลำดับให้มีอัตราขยายแรงดัน 47 และ 100 เท่า โดยนำสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิคที่รับได้จากอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์มาขยายสัญญาณให้สูงขึ้นเพื่อส่งต่อไปยังส่วนกรองความถี่สัญญาณ ดังแสดงใน Figure 5

2.2 ส่วนกรองความถี่ (Frequency filter) สัญญาณจากส่วนขยายสัญญาณเบื้องต้นจะถูกนำมากรองความถี่สัญญาณที่มีความถี่ตรงกับสัญญาณของเครื่องส่งสัญญาณ โดยใช้วงจร

กรองความถี่สัญญาณ ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือชุดที่ 1 ใช้กรองความถี่ 46.8750 และ 39.0625 kHz ชุดที่ 2 ใช้กรองความถี่ 31.2500 และ 25.0000 kHz ค่าความถี่ที่จะถูกกรองกำหนดได้จากค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า และค่าความจุไฟฟ้าในสมการที่ 1 ความถี่ที่ได้จากส่วนกรองความถี่สัญญาณจะถูกขยายสัญญาณขึ้นด้วยวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสอีกครั้งเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณความถี่ที่สูงขึ้น

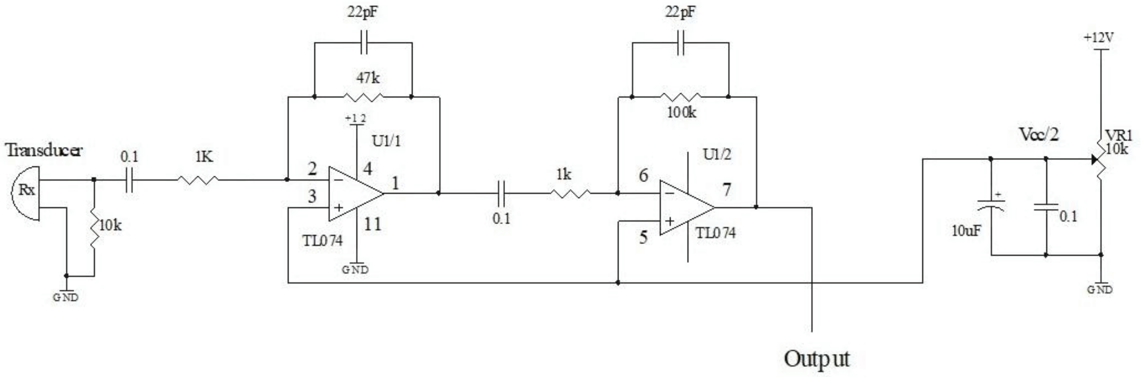


Figure 5 Preamplifier circuit diagram

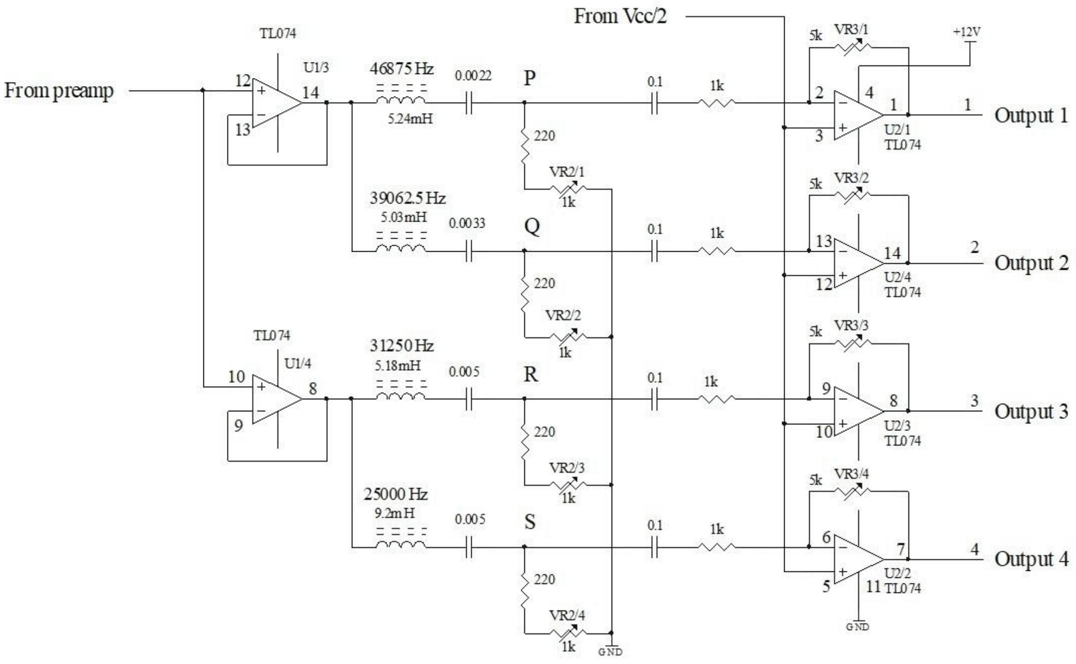


Figure 6 Frequency filter and amplifier circuit diagram

2.3 ส่วนเร็คติไฟเออร์และขยายสัญญาณ (Rectifier and amplifier) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ตัดสัญญาณความถี่ที่กรองความถี่แล้วให้เหลือเพียงสัญญาณด้านบวกเท่านั้น โดยใช้ไดโอดทำหน้าที่ตัดสัญญาณด้านลบออก และนำสัญญาณความถี่ด้านบวกไปขยายด้วยวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส (Non-inverting amplifier) โดยใช้ไอซีออปแอมป์ ดังแสดงในภาพที่ 7

2.4 ส่วนประมวลผลและแสดงผล (Processing and display) เป็นส่วนที่นำสัญญาณที่ผ่านส่วนต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นมาประมวลผล เพื่อแสดงผลการตรวจจับสัญญาณอุลตร้าโซนิค ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เบอร์ PIC18F2525 โดยมีขั้นตอนการทำงานของการประมวลผล และแสดงข้อมูลบนจอแสดงผล LCD ดังแสดงใน Figure 9 สามารถแสดงผลข้อมูลได้ 3 ส่วนคือชนิดของสารพิษ (ความถี่ของสัญญาณอุลตร้าโซนิค) ปริมาณของสารพิษ (ความแรงของสัญญาณอุลตร้าโซนิค) และปริมาณแบตเตอรี่ที่ใช้งานกับเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามจำลอง (เครื่องรับสัญญาณคลื่นอุลตร้าโซนิค) ดังแสดงใน Figure 10

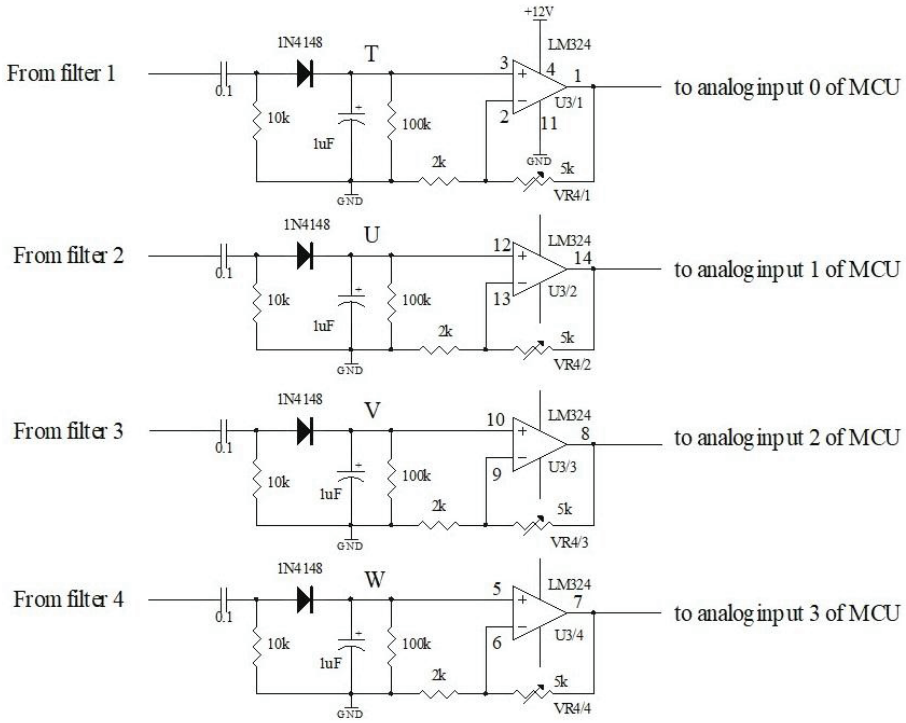


Figure 7 Rectifier and amplifier circuit diagram

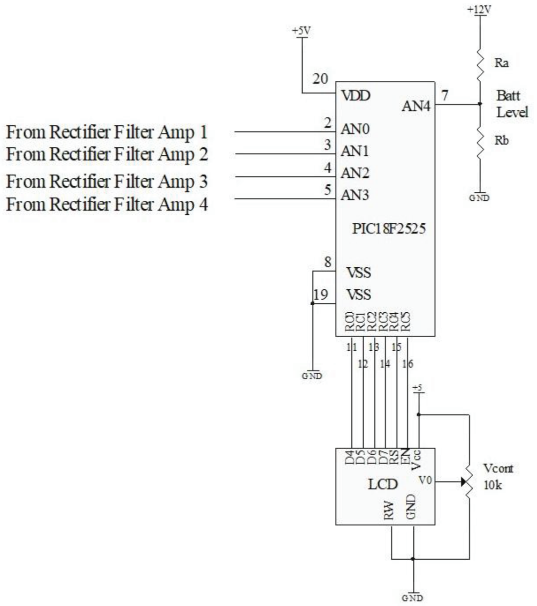


Figure 8 Processing and display circuit diagram

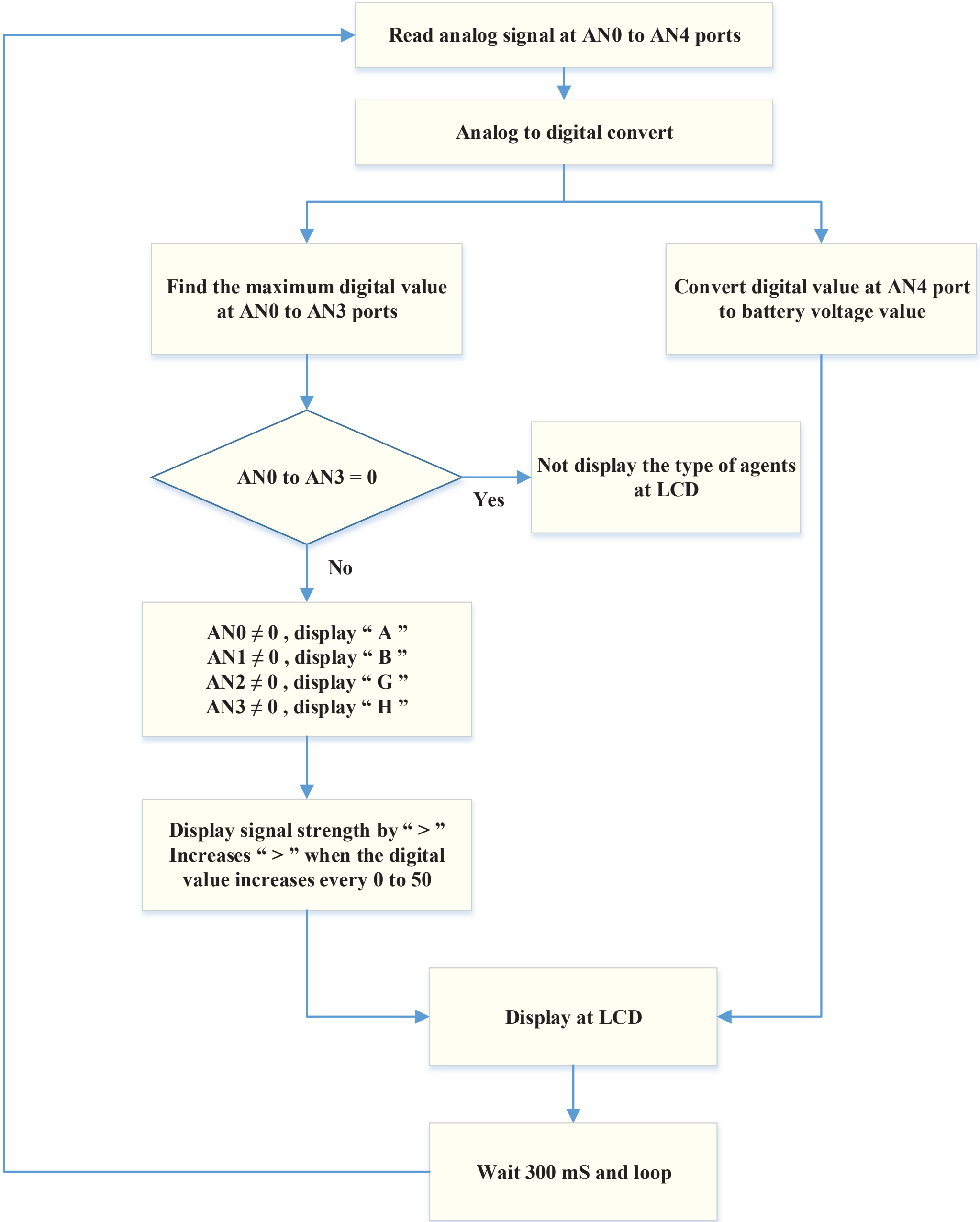


Figure 9 Process diagram of processing and display

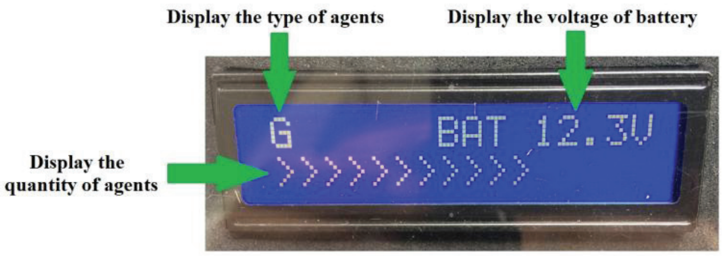
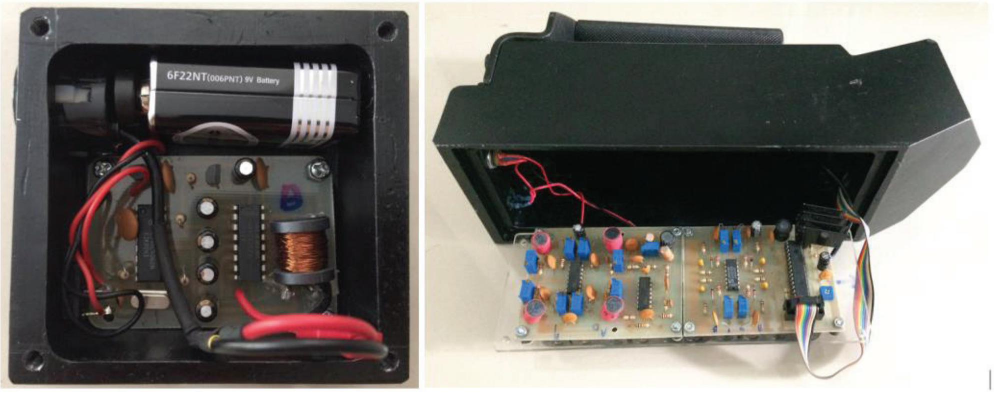


Figure 10 LDC display of ultrasonic receiver

Figure 11 Display of chemical agent monitor simulator purchased from abroad

3. ต้นแบบชุดจำลองเครื่องตรวจสอบสารพิษสนาม ประกอบด้วยสารพิษจำลอง (เครื่องส่งสัญญาณ) จำนวน 4 อัน และ เครื่องตรวจสอบสารพิษสนามจำลอง (เครื่องรับสัญญาณ) จำนวน 1 เครื่อง Figure 12(A) แสดงแผ่นวงจรภายในของเครื่องส่งสัญญาณที่จำลองเป็นสารพิษ และ Figure 12(B) แสดงแผ่นวงจรภายในของเครื่องรับสัญญาณที่จำลองเป็นเครื่องตรวจสอบสารพิษสนาม



(A) (B)

Figure 12 Transmitter and receiver print circuit board (PCB) of chemical agent monitor simulator prototype

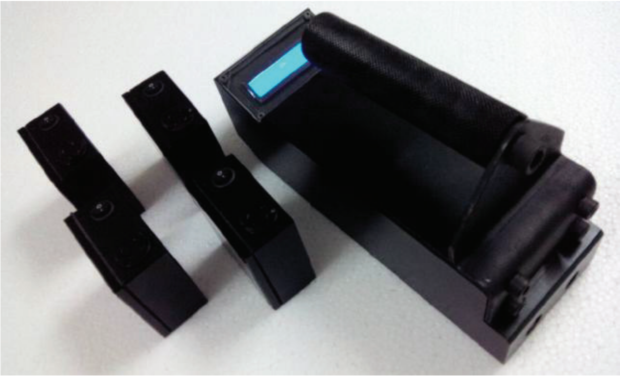


Figure 13 Chemical agent monitor simulator prototype

ผลการวิจัย

ผลของการวิจัยการออกแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ

1. การออกแบบวงจรรับ และส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค เพื่อจำลองเป็นเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม และสารเคมีพิษ โดยทำการทดสอบวงจรรับ และส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค พบว่าการทดสอบวงจรรับสัญญาณที่รับสัญญาณจากวงจรส่งสัญญาณ เพื่อแสดงผลชนิดของสารพิษ (ความถี่ของสัญญาณอุลตร้าโซนิค) จำนวน 200 ครั้ง วงจรรับสัญญาณสามารถแสดงผลชนิดของสารพิษ (สาร A, B, G และ H) ได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถเริ่มตรวจจับสัญญาณอุลตร้าโซนิคที่ส่งมาจากวงจรส่งสัญญาณได้

เมื่อวงจรรับสัญญาณอยู่ห่างจากวงจรส่งสัญญาณในระยะห่างที่แตกต่างกันดังนี้ ความถี่ 46.8750 kHz ที่จำลองเป็นสาร A ประมาณ 1.50 เมตร ความถี่ 39.0625 kHz ที่จำลองเป็นสาร B ประมาณ 0.90 เมตร ความถี่ 31.2500 kHz ที่จำลองเป็นสาร G ประมาณ 1.46 เมตร และความถี่ 25.0000 kHz ที่จำลองเป็นสาร H ประมาณ 0.50 เมตร และแสดงปริมาณของสารพิษ (ความแรงของสัญญาณอุลตร้าโซนิค) ได้เพิ่มขึ้นเมื่อวงจรรับสัญญาณเข้าใกล้วงจรส่งสัญญาณมากขึ้นตามลำดับ สำหรับวงจรส่งสัญญาณเมื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและรูปคลื่นของสัญญาณอุลตร้าโซนิคแต่ละวงจรได้ผลตามตารางที่ 4 ตัวอย่างรูปคลื่นของสัญญาณอุลตร้าโซนิคที่ความถี่ 25.0000 และ 39.0625 kHz แสดงใน Figure 14 และ 15 ตามลำดับ

Table 4 Voltage and ultrasonic signal of transmitter

Frequency of ultrasonic transmitter (kHz)	Voltage of ultrasonic signal		Ultrasonic signal
	V_{P-P}	V_{RMS}	
25.0000	88	31.1100	Sine wave
31.2500	60	21.2100	Sine wave
39.0625	10	3.5400	Non sine wave
46.8750	64	22.6300	Sine wave

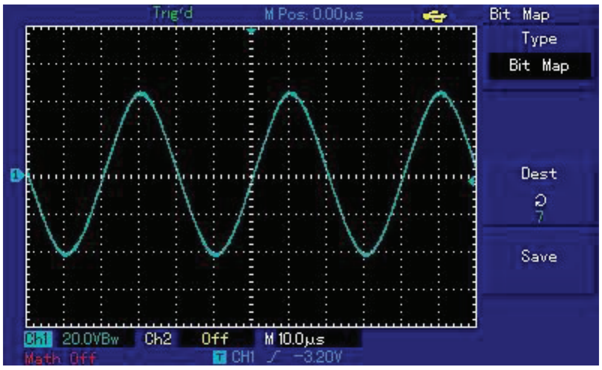


Figure 14 25.0000 kHz Ultrasonic signal of transmitter

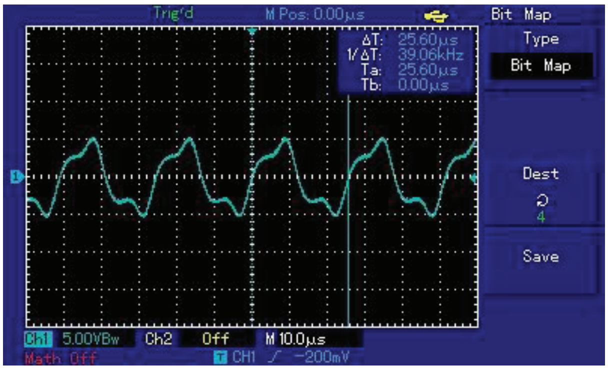


Figure 15 39.0625 kHz Ultrasonic signal of transmitter

2. การทดสอบต้นแบบชุดจำลองเครื่องตรวจสอบสารพิษสนามในภาคสนาม โดยผู้แทนจากกองทัพบก ณ ศูนย์การทหารราบ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าต้นแบบเครื่องตรวจสอบสารพิษสนามจำลองสามารถเริ่มตรวจวัดสารพิษจำลอง (สัญญาณอุลตร้าโซนิค) ได้ในระยะห่างจากสารพิษจำลองดังแสดงในตารางที่ 5 และสามารถแสดงชนิดของสารพิษจำลองได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ และการแสดงผลต่างๆ บนจอแสดงผลมีความชัดเจน สามารถนำไปใช้งานในพื้นที่ๆ มีแสงสว่างมากๆ ได้

Table 5 Test results of the distance to detected agents simulator

Agents simulator	Distance of start detection (m)	Distance of maximum quantity value (cm)
H	0.50	2.50
G	1.46	5.50
B	0.90	3.50
A	1.50	13.00

Figure 16 Chemical agent monitor simulator prototype field test

3. การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของต้นแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามกับชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามที่จัดซื้อมาจากต่างประเทศ ยี่ห้อ Argon รุ่น CAMSIM แสดงใน Table 6

Table 6 The comparison of physical specifications between CAMSIM prototype and Argon CAMSIM

Physical specifications	CAMSIM prototype	Argon CAMSIM
Number of agents simulator	4 (A, B, G and H)	2 (G and H)
Detection range (m)	0.50 - 1.50	0.30 – 1.00
Display the type of agents	Yes (A, B, G and H)	Yes (G and H)
Display the quantity of agents	Yes (Bar graph)	Yes (Bar graph)
Power supply for transmitter (V)	9 (9 V battery)	9 (9 V battery)
Power supply for receiver (V)	12 (AA Ni-mh battery x 10 pcs.)	12 (Special Battery for CAMSIM only)
Weight (kg)	>	approximately 1
Price (Baht)		approximately 2,000,000

สรุปและอภิปรายผล

จากการวิจัยการออกแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามทำให้ได้ต้นแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามซึ่งประกอบด้วย สารพิษจำลอง (เครื่องส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค) จำนวน 4 อัน ซึ่งประกอบด้วยสารพิษจำลองกลุ่ม A, B, G และ H โดยสารพิษแต่ละกลุ่มจะมีความถี่ของสัญญาณอุลตร้าโซนิค 46.8750, 39.0625, 31.2500 และ 25.0000 kHz ตามลำดับ ระดับความแรงของสัญญาณอุลตร้าโซนิคของเครื่องส่งแต่ละเครื่องที่ไม่เท่ากันนั้นเพื่อประโยชน์ในการจำลองสถานการณ์การแพร่กระจายของสารพิษในการฝึก และเครื่องตรวจสอบสารพิษสนามจำลอง (เครื่องรับสัญญาณ) จำนวน 1 เครื่องที่สามารถตรวจวัดและแสดงผลกลุ่มสารพิษจำลอง และปริมาณของสารพิษจำลองได้เช่นเดียวกับเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามจำลองที่จัดซื้อมาจากต่างประเทศ ส่วนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอื่นๆ บางประการของต้นแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามกับชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามที่จัดซื้อมาจากต่างประเทศไม่สามารถทดสอบได้ในขณะนี้เนื่องจากชุดที่จัดซื้อมาจากต่างประเทศเกิดการชำรุดเสียหายไม่สามารถใช้งานได้ จากการวิจัยพัฒนานี้ทำให้กรมวิทยาศาสตร์ทหารบกได้มีต้นแบบของชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามเพื่อนำไปใช้ในการฝึกกำลังพลของหน่วยงานและสอนนักเรียนในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ทหารบก และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้ได้โครงสร้างของเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามจำลอง (CAMSIM) ที่มีรูปทรงใกล้เคียงกับเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม (CAM) ที่ทางกรมวิทยาศาสตร์ทหารบกมีใช้งานอยู่ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบต้นแบบชุดจำลองเครื่องตรวจสอบสารพิษสนามผู้แทนจากกองทัพบกได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงรูปแบบโครงสร้างของเครื่องตรวจสอบสารพิษจำลองให้มีน้ำหนักที่ลดลง โดยใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา แต่มีความคงทนต่อแรงกระแทกได้ดี เนื่องจากโครงสร้างของเครื่องตรวจสอบสารพิษจำลองต้นแบบทำมาจากอลูมิเนียมแท่งกลึงขึ้นรูปทำให้มีน้ำหนักมากเกิน 3 กิโลกรัม ทำให้เมื่อนำไปใช้ในการฝึกเป็นระยะเวลานานๆ อาจทำให้ผู้รับการฝึกเกิดการเมื่อยล้าในการถือเครื่องตรวจสอบสารพิษจำลองนานๆ

พัฒนารูปทรงของเครื่องตรวจสอบสารพิษจำลองให้มีรูปร่างใกล้เคียงกับเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนาม (CAM) ที่ทางกรมวิทยาศาสตร์ทหารบกมีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

พัฒนาเครื่องส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิคให้มีขนาดที่เล็ก และน้ำหนักลดลงให้สามารถนำไปติดตามร่างกาย เสื้อผ้า หรือเครื่องแต่งกาย เพื่อจำลองสถานการณ์ในกรณีที่มีสารพิษติดมาตามร่างกาย เสื้อผ้า หรือเครื่องแต่งกายของกำลังพล

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ในโครงการทุนพัฒนาศักยภาพนักวิจัยด้านยุทโธปกรณ์ เพื่อเพิ่มศักยภาพของกองทัพ และการป้องกันประเทศ ประจำปี 2557 (เพิ่มเติม) ขอขอบคุณสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพบก กรมวิทยาศาสตร์ทหารบก ศูนย์การทหารราบ และกำลังพลของกองทัพบกที่ให้การสนับสนุนในการทดลอง และทดสอบต้นแบบชุดจำลองเครื่องมือตรวจสอบสารพิษสนามที่ได้จากการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. จุฑารัตน์ ถาวรนันท์. การป้องกันภัยจากอาวุธชีวภาพ. 2554. สืบค้นจาก: http://webdb.dmsc. moph.go.th. เมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2560.
2. พิศุทธิ์ ดารารัตน์. ประวัติการใช้อาวุธนิวเคลียร์ ชีวะ เคมี. 2559. สืบค้นจาก: http://edoc.mrta. co.th/ HRD/Attach/public/1458091595_1.pdf. เมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2560.
3. กรมวิทยาศาสตร์ทหารบก. ภารกิจ. 2560. สืบค้นจาก: http://chemical.rta.mi.th/Chemical_Depart ment_RTA2017/Link/mission/mission.html. เมื่อวันที่14 กุมภาพันธ์ 2561.
4. Argon Electronics (UK) Ltd. AP2C-SIM & AP4C-SIM Product sheet. 2015.
5. Jack Tilghman. Chemical Agent Monitor Simulator (CAMSIM). 2001. Available from : http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a393852.pdf
6. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. วงจรนับ. 2560. สืบค้นจาก: https://th.wikipedia.org/wiki. เมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2560.
7. Philips Semiconductors. 74HC/HCT4060 14-stage binary ripple counter with oscillator data sheet. 1990.
8. Maxim Integrated. MAX232 RS-232 Transceivers data sheet. 2003.
9. STMicroelectronics. TL074 Low noise J-FET quad operational amplifiers data sheet.2001