



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

การพัฒนาอุปกรณ์ต่อพ่วงคอมพิวเตอร์สำหรับการสำรวจรังสีที่ระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอส

The development of computer peripheral device for radiation survey with a GPS locator

วันันต์ วงศ์สิโรจน์กุล เดโช ทองอร่าม* และ อรรถพร ภัทร์สุมันต์

Wasan Wongsirojkul, Decho Thong-Aram* and Attaporn Pattarasumunt

ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10330

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 10330

Received January 2013

Accepted June 2013

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ต่อพ่วงกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตยูเอสบี สำหรับใช้ในการสำรวจรังสีแกมมาที่สามารถระบุตำแหน่งการวัดได้ด้วยจีพีเอส ซึ่งอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดอัตราการรับปริมาณรังสีแกมมาได้ในช่วง 0-2000 mR/hr โดยแบ่งโครงสร้างการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนฮาร์ดแวร์ และส่วนซอฟต์แวร์ ในส่วนฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วยหัววัดรังสีไกเกอร์มูลเลอร์ วงจรกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง วงจรปรับแต่งรูปสัญญาณพัลส์ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับนับสัญญาณ และสื่อสารข้อมูล ส่วนของซอฟต์แวร์ประกอบด้วย โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ที่ทำหน้าที่แสดง และประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และโมดูล GPS ผลการทดสอบการวัดอัตราการนับรังสี (count rate) และอัตราการรับรังสี (exposure rate) จากต้นกำเนิดรังสีแกมมามาตรฐานซีเซียม-137 พบว่ามีอัตราการนับรังสีสูงสุดที่ 1×10^4 cps โดยมีสัมประสิทธิ์ความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 0.9999 และมีค่าความคลาดเคลื่อนของอัตราการรับรังสีเมื่อเทียบกับค่าที่คำนวณจากทฤษฎีเป็นร้อยละ 5.8 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ มีประสิทธิภาพการทำงานสูง ใช้งานง่าย และราคาไม่แพง

คำสำคัญ : เครื่องสำรวจรังสี คอมพิวเตอร์ ยูเอสบี จีพีเอส ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research aims to develop a peripheral interfacing device to personal computer via a USB port for gamma radiation survey with a GPS locator. This developed device can measure the exposure rate of gamma radiation ranging from 0 to 2000 mR/hr. The operation can be divided into 2 major parts: hardware and software. The hardware part consists of the Geiger-Mueller detector, high voltage supply circuit, signal conditioning circuit, microcontroller circuit for signals counting and data communication. The software part

*Corresponding author. Tel.: +66-2218-6772

Email address: Decho.T@chula.ac.th

consists of the microcontroller controlled program and the Windows based program to serve for displaying and manipulating the data received from the microcontroller and GPS module. The device was tested with a Cs-137 gamma-ray source for exposure rate measurement. It was found that the maximum counting rate of the developed system was 1×10^4 cps with linear regression coefficient (R^2) and error of 0.9999 and 5.8% respectively. Furthermore, there are several advantages of the developed device; for instance, high efficiency, easy to use and low price.

Keywords : Survey meter, Computer, USB, GPS, Microcontroller

1. บทนำ

คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่มีการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานทั้งในด้านความเร็วของการประมวลผล และความเร็วในการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เป็นที่นิยมนำมาใช้ในงานด้านต่าง ๆ หลายด้าน เช่น การคำนวณ (Calculation) การประมวลผลข้อมูล (Data processing) และการเชื่อมโยงสัญญาณ (Interfacing) กับเครื่องมือเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม และที่สำคัญคือการนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จากคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น จึงมีแนวคิดที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานร่วมกับวงจรตรวจวัดรังสีที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถใช้เป็นเครื่องมือสำรวจรังสีแกมมาที่มีสมรรถนะและขีดความสามารถในการทำงานที่สูงขึ้น อันได้แก่ การประมวลผลที่มีประสิทธิภาพ และมีความเร็วสูงทำให้สามารถแสดงค่าข้อมูลทางสถิติจากการวัดปริมาณรังสีได้แบบเรียลไทม์ (real-time) การเพิ่มโมดูล GPS (Global positioning system) เข้ากับระบบวัดรังสีเพื่อให้สามารถระบุพิกัดของตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดบนแผนที่จากผู้ให้บริการแผนที่ออนไลน์บนอินเทอร์เน็ตได้ ระบบใช้การเชื่อมโยงสัญญาณ และการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านพอร์ต USB ซึ่งเป็นพอร์ตมาตรฐานของคอมพิวเตอร์ยุคปัจจุบัน พร้อมทั้งได้ออกแบบโปรแกรมสื่อสารกับผู้ใช้ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้การพัฒนาอุปกรณ์ต่อพ่วงคอมพิวเตอร์สำหรับการสำรวจรังสีที่

ระบุตำแหน่งด้วย GPS ยังออกแบบให้มีขนาดเล็ก กระทัดรัด ราคาไม่แพง และใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพอร์ต USB ทำให้ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ภายนอก

2. การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดรังสี

2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

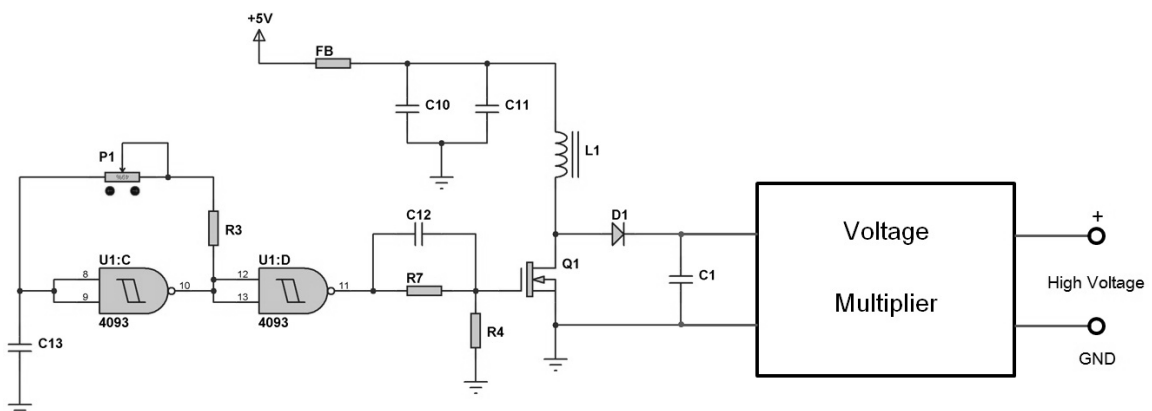
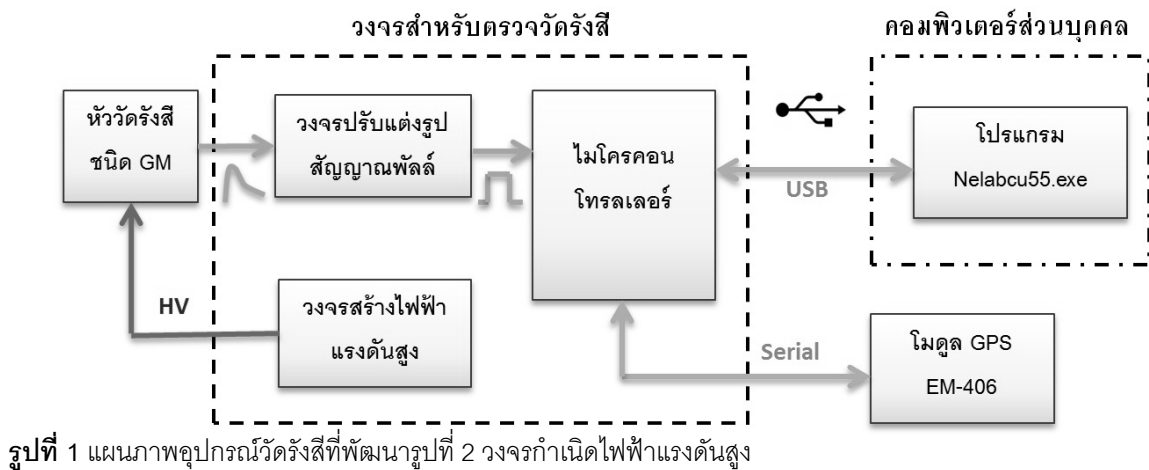
โครงสร้างหลักของอุปกรณ์สำรวจรังสีแกมมาที่ระบุตำแหน่งการตรวจวัดด้วย GPS ที่ทำการพัฒนาขึ้นประกอบด้วย หัววัดรังสีชนิดไกเกอร์มูลเลอร์ (Geiger mueller counter: GM) วงจรปรับแต่งรูปสัญญาณพัลส์ (Signal conditioner circuit) จากหัววัด วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง (High voltage supply circuit) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โมดูล GPS และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) ดังแสดงแผนภาพการทำงานในรูปที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานของวงจรแต่ละส่วนดังนี้

2.1.1 หัววัดรังสีแกมมา (Gamma detector) ที่ใช้งานวิจัยนี้เป็นหัววัดชนิดไกเกอร์มูลเลอร์ [1] ที่มีขนาดเล็กของบริษัท LND รุ่น 714 ทำงานที่ไฟฟ้าแรงดันสูงในช่วงตั้งแต่ 450 ถึง 650 โวลต์ โดยมีความไวต่อรังสีแกมมา (Gamma sensitivity) เป็น 1.5 cps/mR/hr

2.1.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง (High voltage supply circuit) แสดงดังรูปที่ 2 ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อใช้ในการไบอัสให้หัววัดรังสีทำงาน ซึ่งวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบ

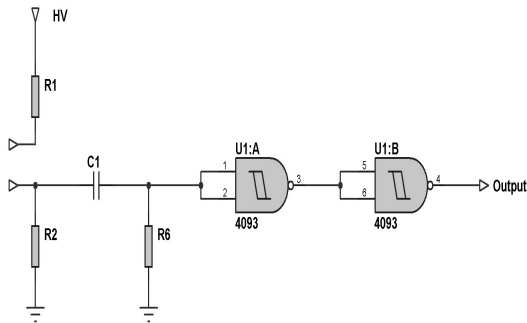
ให้มีอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 0.1 วัตต์ เพื่อให้สามารถใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดัน 5 โวลต์จากพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่โหลดกระแสของพอร์ต USB นอกจากนี้เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุงจึงได้ออกแบบวงจรที่ไม่ซับซ้อน และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีจำหน่ายในประเทศ ซึ่งวงจรประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่สามารถปรับค่าความถี่ได้ตั้งแต่ 10 ถึง 80 กิโลเฮิร์ตซ์ วงจรบูสคอนเวอร์เตอร์ (Boost converter circuit) และวงจรทวีแรงดัน (Voltage multiplier circuit) โดยวงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมอาศัยการทำงานของไอซี U1:C ซึ่งเป็นไอซีแนกเกตชนิดทรานซิสเตอร์ (NAND gate

schmitt trigger) ทำงานร่วมกับ R3 C13 และ P1 สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้นี้จะถูกส่งไปยัง Q1 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิดมอสเฟต (MOSFET transistor) ที่อยู่ในส่วนของวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์ผ่านทางไอซี U1:D ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์แบบกลับสัญญาณ (inverter buffer) และวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ประกอบด้วย R7 C12 และ R4 เมื่อ Q1 ทำงานจะทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่เอาต์พุตของวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์เป็น 50 โวลต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้นี้จะส่งต่อไปยังวงจรทวีแรงดันแบบครึ่งคลื่นเพื่อทำหน้าที่เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น และเหมาะสมกับการป้อนฮาร์ดแวร์ให้ทำงานได้



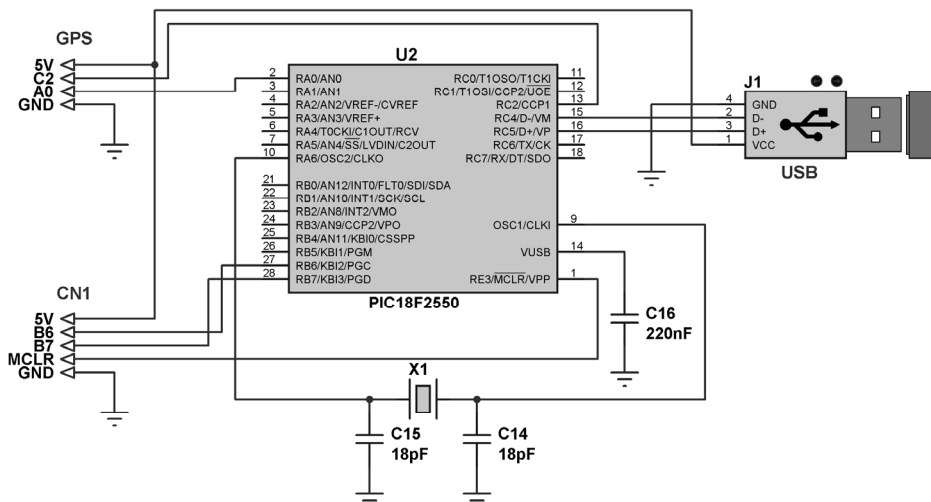
รูปที่ 2 วงจรกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง

2.1.3 วงจรปรับแต่งรูปสัญญาณพัลส์ (Pulse shaping) เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากหัววัดรังสีมีลักษณะเป็นสัญญาณเอ็กซ์โพเนนเชียลจึงทำให้ไม่สามารถนำสัญญาณนี้ไปป้อนให้กับวงจรนับได้โดยตรง เพราะจะทำให้เกิดการนับที่ผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรปรับแต่งสัญญาณเอ็กซ์โพเนนเชียลให้เป็นสัญญาณพัลส์ลอจิก (Pulse logic signal) ด้วยวงจรโมโนสเตเบิลอย่างง่าย (Half-monostable) ที่ประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของ C1 R6 U1:A และ U1:B แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งสัญญาณพัลส์ลอจิกที่ได้จากวงจรจะมีขนาดความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Pulse width) อยู่ที่ 50 ไมโครวินาที ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมกับอุปกรณ์วัดทางนิวเคลียร์ทั่วไป



รูปที่ 3 วงจรปรับแต่งรูปสัญญาณพัลส์

2.1.4 วงจรนับสัญญาณพัลส์ และเชื่อมต่อโยงสัญญาณ (Counter and interfacing circuit) ได้ทำการออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัทไมโครชิปเบอร์ 18F2550 ซึ่งวงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการนับวัดค่าของปริมาณรังสีที่ได้ผ่านกระบวนการตรวจวัดรังสี และปรับแต่งรูปสัญญาณพัลส์มาแล้ว นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ และโมดูล GPS เพื่อรับส่งข้อมูล และสัญญาณควบคุมการทำงานผ่านทางพอร์ตอนุกรม USB และ RS-232C ตามลำดับ โดยที่ข้อมูลของปริมาณรังสี และสัญญาณควบคุมการทำงานจะถูกส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์โดยตรง ขณะที่ข้อมูลของพิกัดตำแหน่งและคำสั่งควบคุมของโมดูล GPS จะถูกส่งเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อจัดรูปแบบข้อมูลรหัส NMEA 0183 (National marine electronics association 0183) พร้อมทั้งจัดจังหวะช่วงเวลาการรับส่งข้อมูลตามโปรโตคอล (Protocol) ที่ถูกกำหนดไว้ผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232C ก่อนจากนั้นก็จะส่งไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB เพื่อทำการประมวลผลข้อมูล และแสดงผลข้อมูลออกมาทางจอคอมพิวเตอร์ในรูปของกราฟและตำแหน่งบนแผนที่ ซึ่งวงจรนับสัญญาณ และรับค่าพิกัด GPS เชื่อมโยงข้อมูลผ่านพอร์ต USB แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรนับสัญญาณ และรับค่าพิกัด GPS ที่สื่อสารผ่านพอร์ต USB

2.1.5 โมดูล GPS ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นโมดูลขนาดเล็ก และมีสมรรถนะการทำงานสูง รุ่น EM-406 ที่ใช้ชิปเซ็ต (Chipset) SiRF starIII ทำให้มีความแม่นยำในการระบุพิกัด โดยมีความคลื่อนไม่เกิน 10 เมตร และสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมของระบบ GPS ได้พร้อมกัน 20 ดวง ใช้โปรโตคอลการรับส่งข้อมูลในรูปแบบมาตรฐาน NMEA-0183 ซึ่งโมดูล GPS นี้จะถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232C

2.1.6 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้งานได้ดีกับอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น ควรจะต้องเป็นระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอกซ์พี (Window XP) ขึ้นไป โดยจำเป็นต้องมีพอร์ต USB สำหรับติดต่อกับวงจรสำหรับตรวจวัดรังสีอย่างน้อย 1 พอร์ต

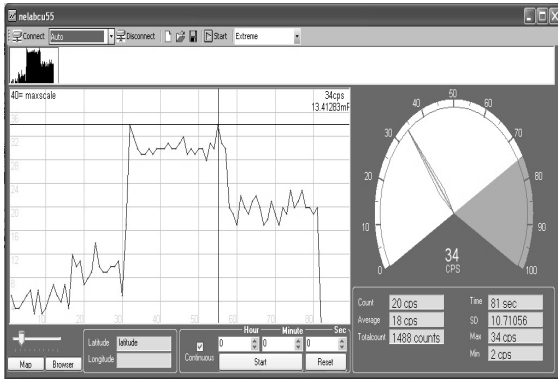
2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

ส่วนของซอฟต์แวร์ประกอบด้วยโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการตรวจนับปริมาณรังสี และส่วนของซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ซึ่งมีหน้าที่ และการทำงานดังนี้

2.2.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการตรวจนับปริมาณรังสีได้ถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรมโปรตอนเบสิก (Proton basic) และถูกบรรจุลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีหน้าที่ในการนับสัญญาณพัลส์จากกระบวนการตรวจวัดรังสีทุก ๆ 1 วินาที จากนั้นจะทำการส่งค่าที่นับได้ไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ที่มีลักษณะการทำงานแบบพอร์ตอนุกรมเสมือน (Virtual COM port) ด้วยไดรเวอร์แบบ CDC [4] ซึ่งในส่วนของโปรแกรมทำงานโดยอาศัยหลักการอินเทอร์รัพท์ (Interrupt) ทำให้มีประสิทธิภาพ และความเร็วในการทำงานที่สูงขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรกใช้ไทม์เมอร์อินเทอร์รัพท์ (Timer interrupt) ของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการตั้งค่าเวลาในการนับรังสี และส่วนที่สองเป็นการใช้การอินเทอร์รัพท์จากภายนอก

(External interrupt) สำหรับการนับสัญญาณพัลส์จากกระบวนการตรวจวัดรังสีผ่านทางขา INTO ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเมื่อสัญญาณที่ขาอินเกิดมีการเปลี่ยนแปลงสถานะก็จะส่งผลให้เกิดการอินเทอร์รัพท์ขึ้น ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถประมวลผลการทำงานได้ทันที

2.2.2 ซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ภายใต้ชื่อ Nelabcu55 มีหน้าที่ประมวลผล และติดต่อกับผู้ใช้งาน ได้ถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft visual basic [2,3] ร่วมกับ dotNET Framework4 ซึ่งโปรแกรมประกอบด้วย ส่วนแสดงผลทางกราฟฟิก ส่วนจัดการข้อมูลจากระบบวัดรังสี ส่วนตั้งเวลา และส่วนจัดการข้อมูลพิกัดจากโมดูล GPS โดยส่วนแสดงผลได้ออกแบบการแสดงผลการวัดปริมาณรังสีทั้งที่เป็นแบบเชิงเลข (Digital) และแบบมิเตอร์เข็ม (Analog meter) ซึ่งมีมิเตอร์เข็มช่วยให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงระดับอัตราการรับปริมาณรังสีได้ง่าย ขณะที่การแสดงผลเชิงตัวเลขทำให้อ่านข้อมูลได้แม่นยำ นอกจากนี้ยังมีส่วนแสดงผลเป็นเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่วัดได้เทียบกับเวลาที่ใช้ในการวัด และมีแถบเลือกตำแหน่งการแสดงผลของกราฟในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ สำหรับส่วนจัดการข้อมูลจากระบบวัดรังสีเป็นส่วนที่แสดงค่าที่วัดได้ และค่าทางสถิติจากข้อมูลที่วัดได้ ในส่วนตั้งเวลา (Timer) ใช้สำหรับตั้งเวลาการตรวจวัดรังสี โดยที่สามารถตั้งเวลาได้ในหน่วย ชั่วโมง นาที และวินาที หรือเลือกเป็นการวัดแบบต่อเนื่องก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ซึ่งลักษณะหน้าต่างของโปรแกรมแสดงดังในรูปที่ 5 สำหรับส่วนจัดการข้อมูลพิกัดจาก GPS จะแสดงค่าละติจูด และลองจิจูดของตำแหน่งเครื่องสำรวจรังสี และสามารถนำค่าพิกัดเหล่านั้นไปใช้กับระบบแผนที่ออนไลน์ของกูเกิล (Google maps) เพื่อแสดงตำแหน่งบนแผนที่ได้ด้วยการคลิกปุ่ม Map นอกจากนี้ยังมีทูลบาร์ (Toolbar) สำหรับฟังก์ชันการใช้งานอื่น เช่น สร้างไฟล์ใหม่ เปิดไฟล์ และบันทึกข้อมูล เป็นต้น ซึ่งลักษณะหน้าต่างของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 6

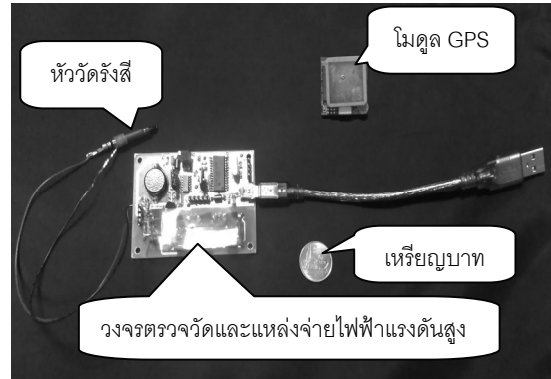


รูปที่ 5 ลักษณะหน้าต่างโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์



รูปที่ 6 ลักษณะการแสดงตำแหน่งบนแผนที่

สำหรับส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์ทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 ซึ่งประกอบด้วย หัววัดรังสี แผงวงจรตรวจวัดรังสีพร้อมแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง และโมดูล GPS ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่ามีรูปร่าง และขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับขนาดของเหรียญบาท หลังจากนำฮาร์ดแวร์ในส่วนต่าง ๆ มาประกอบลงกล่องเข้าด้วยกัน และทดสอบการทำงานร่วมกับ ซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นก็จะได้อุปกรณ์วัดรังสีเกมมาที่สามารถระบุตำแหน่งการวัดด้วย GPS ผ่านคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7 ขนาดเปรียบเทียบของหัววัดรังสี แผงวงจรตรวจวัด และโมดูล GPS กับเหรียญบาท

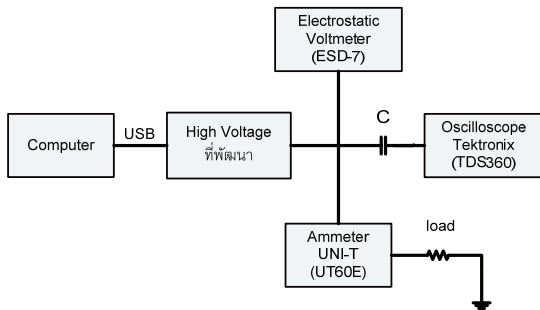


รูปที่ 8 อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์เพื่อสำรวจรังสี

3. การทดสอบสมรรถนะของเครื่องสำรวจรังสี

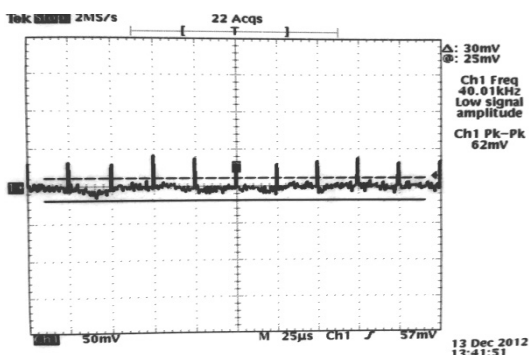
3.1 การทดสอบวงจรไฟฟ้าแรงดันสูง [5]

เป็นการทดสอบความสามารถในการจ่ายแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าสูงสุดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง ตลอดจนสัญญาณรบกวน (Noise) และแรงดันกระเพื่อม (Ripple voltage) ที่เกิดขึ้นที่เอาต์พุตของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง โดยจัดระบบสำหรับการทดสอบวงจรดังแสดงในรูปที่ 9

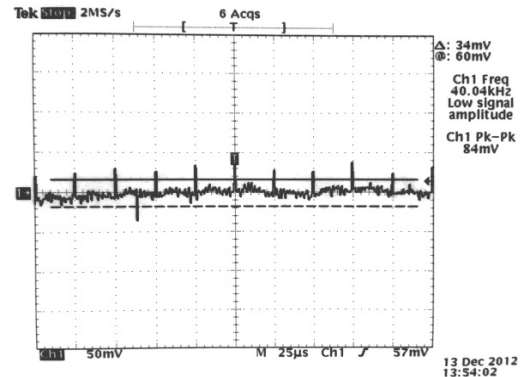


รูปที่ 9 การจัดระบบทดสอบวงจรไฟฟ้าแรงดันสูง

ผลการทดสอบพบว่าวงจรสามารถจ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 480 โวลต์ และ 48 ไมโครแอมแปร์ตามลำดับ ซึ่งมีความเหมาะสมกับหัววัดรังสีที่นำมาใช้งาน สำหรับความถี่ที่ใช้สำหรับขับวงจรรูสกอนเวอร์เตอร์คือ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ส่วนผลการทดสอบสัญญาณรบกวนและแรงดันกระเพื่อมที่เกิดขึ้นที่เอาต์พุตของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง ทั้งขณะไม่มีโหลด และขณะต่อโหลดสูงสุดที่ความต้านทาน 10 เมกะโอห์ม พบว่ามีขนาดของแรงดันกระเพื่อมมีค่าเป็น 30 และ 35 มิลลิโวลต์พีคทูพีค ตามลำดับ ขณะที่สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการสวิตช์ของวงจรรูสกอนเวอร์เตอร์มีค่าสูงสุดเป็น 84 มิลลิโวลต์พีคทูพีค แสดงดังรูปที่ 10 และ รูปที่ 11



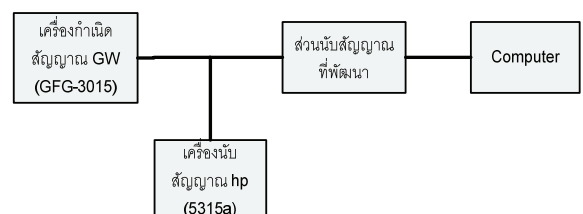
รูปที่ 10 สัญญาณรบกวนและแรงดันกระเพื่อมขณะไม่มีโหลด



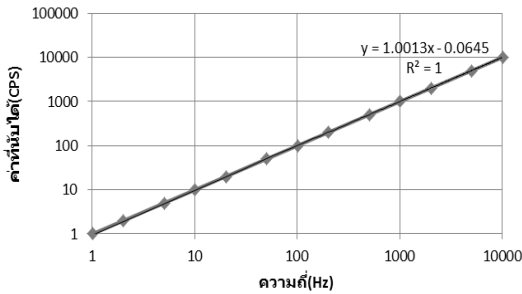
รูปที่ 11 สัญญาณรบกวนและแรงดันกระเพื่อมขณะมีโหลดสูงสุด

3.2 การทดสอบการนับสัญญาณพัลส์ [6]

การจัดระบบสำหรับการทดสอบการนับสัญญาณพัลส์แสดงดังรูปที่ 12 เป็นการทดสอบระบบนับสัญญาณพัลส์และการตั้งค่าเวลานับสัญญาณพัลส์ เพื่อทดสอบหาขีดจำกัดของระบบด้วยการนับสัญญาณพัลส์ลอจิกจากเครื่องกำเนิดรูปสัญญาณพัลส์ลอจิกจากความถี่ตั้งแต่ 0 เฮิร์ตซ์ ถึง 10 กิโลเฮิร์ตซ์ เปรียบเทียบกับเครื่องมือนับความถี่มาตรฐาน โดยแต่ละความถี่ที่ทำการทดสอบจะทำการนับ 5 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลทดสอบแสดงเป็นกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างความถี่อินพุตที่อ่านได้จากเครื่องมือับความถี่มาตรฐาน และจำนวนนับของระบบนับรังสีแสดงดังรูปที่ 13

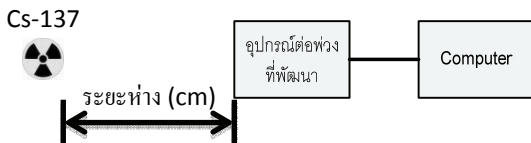


รูปที่ 12 การจัดระบบทดสอบวงจรนับสัญญาณ



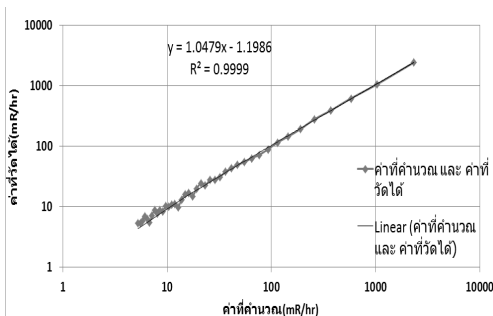
รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่อ้างอิงกับจำนวนพัลส์ที่นับได้จากระบบที่พัฒนาขึ้น

3.3 การทดสอบการวัดรังสี



รูปที่ 14 การจัดระบบทดสอบการวัดรังสี

การจัดระบบทดสอบดังแสดงในรูปที่ 14 เป็นการทดสอบการวัดอัตราการรับปริมาณรังสีพลังงาน 662 keV จากต้นกำเนิดรังสีแกมมามาตรฐานซีเซียม-137 ความแรงรังสี 71 mCi ในช่วงทุก ๆ ระยะ 5 เซนติเมตรโดยเริ่มจากระยะ 5 เซนติเมตรไปจนถึงระยะ 210 เซนติเมตร โดยในแต่ละระยะจะทำการวัดจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับค่าอัตราการรับปริมาณรังสีตามระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งผลของการทดสอบแสดงดังกราฟในรูปที่ 15



รูปที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการรับปริมาณรังสีที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้

4. สรุปผล

การพัฒนาอุปกรณ์ต่อพ่วงคอมพิวเตอร์สำหรับสำรวจรังสีแกมมาพบว่าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในส่วนของการวัดรังสี และการทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ และโมดูล GPS โดยสามารถนับสัญญาณพัลส์ได้ในช่วงตั้งแต่ 1 เฮิรตซ์ถึง 10 กิโลเฮิรตซ์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเชิงเส้น (R^2) เป็น 1 การทำงานของระบบวัดรังสีแกมมาสามารถวัดค่าอัตราการรับรังสี (mR/hr) ในช่วง 0-2000 mR/hr ได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเชิงเส้น (R^2) เป็น 0.9999 และมีความคลาดเคลื่อน 5.8 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากหัววัดรังสีที่ใช้มีขนาดเล็กทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจวัดรังสีลดลงสามารถแสดงผลตำแหน่งพิกัดของอุปกรณ์ขณะทำการตรวจวัดรังสีได้ง่ายด้วยโปรแกรมแผนที่กูเกิล โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งพิกัดน้อยกว่า 10 เมตร นอกจากนี้อุปกรณ์สำหรับวัดรังสีแกมมาที่พัฒนาขึ้น ยังมีประสิทธิภาพสูง ราคาถูก และที่สำคัญคือมีการใช้งานและการบำรุงรักษาง่าย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบคุณศูนย์เชี่ยวชาญนิวเคลียร์เทคโนโลยีสำหรับวิเคราะห์ และทดสอบวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์สำหรับงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณอาจารย์เดโช ทองอร่าม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์ ที่ให้คำปรึกษาในงานวิจัย และขอขอบคุณนางสาวณิชาพร วงศ์โรจน์กุล และนายพลัง วัฒนพานิช ที่ช่วยตรวจทาน และแก้ไขบทความ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Knoll G F. Radiation detection and measurement. 3rd ed. New York: John Wiley & Son; 1999.
- [2] Jarasrujraveevorn S. Visual basic 2010 handbook. Nonthaburi: IDC; 2011 (In Thai)
- [3] Microsoft Developer network. [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-US/2555>
- [4] Axelson, J. USB complete. 3rd ed. Madison : Lakeview research LLC; 2007
- [5] Wangkan K. Development of an economical portable scaler using CPLD [Meng thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2009. (In Thai)
- [6] Chobthumkit P. Development of a game boy based radiation survey meter. KKU Eng J. 2012; 1:77-83 (In Thai)