



KU KASETSART UNIVERSITY
KAMPHAENG SAEN CAMPUS

80
KASETSART UNIVERSITY
80th Anniversary
1947-2027

The 19th KU KPS National Conference ครั้งที่ 19
การประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน



ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2565
เกษตรศาสตร์อัจฉริยะ สุขภาวะคนไทย สู้ภัยเศรษฐกิจ

Proceedings

ผลงานทางวิชาการ 8 สาขา

1. สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ
2. สาขาสัตวและสัตวแพทย์
3. สาขาวิศวกรรมศาสตร์
4. สาขาศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
5. สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และอุตสาหกรรมบริการ
6. สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา
7. สาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ
8. สาขาส่งเสริมการเกษตร



อิทธิพลของจำนวนครั้งในการให้ผลผลิตและระดับสายเลือดโคพันธุ์ไฮลอสไตน์ ต่อปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน ของโคนมที่ถูกเลี้ยงภายใต้สภาพแวดล้อมแบบร้อนชื้น.....	174
การศึกษาผลของ GnRH agonist ในโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด ต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน.....	182
จำนวนครั้งที่ผสมต่อการตั้งท้องและความสัมพันธ์กับอายุเมื่อคลอดลูกครั้งแรก ของโคนมภายใต้สภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น.....	189
การเปรียบเทียบการตอนโคด้วยวิธีการใช้เข็มตอนและการผ่าตอนในโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน.....	197
ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างไบโอฟิล์มในหลอดทดลองของ สารสมุนไพรรอบคอกที่เรียกกลุ่มไวรัสที่แยกได้จากกุ้งขาวแวนนาไม.....	207
ผลของ recombinant antibodyต่อต้านสารพิษ PirA ^{VP} และ PirB ^{VP} ต่อความต้านทานการติดเชื้อ <i>Vibrio parahaemolyticus</i> สายพันธุ์ก่อโรค Early Mortality Syndrome (EMS) ในกุ้งขาวแวนนาไม.....	218
Molecular characterization of Avian Metapneumovirus isolated from turkey in Thailand.....	228
ผลของการเสริมเอนไซม์ช่วยย่อยโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งชนิดรวมในอาหารต่อผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ และลักษณะพื้นฐานวิทยาของลำไส้ในไก่ไข่.....	234
การพัฒนาปฏิกริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสเชิงปริมาณสำหรับเชื้อ <i>Ehrlichia canis</i> ในรีคอมบิแนนท์ พลาสมิด ตัวอย่างเลือด และ เหย็บในประเทศไทย.....	245
สาขาวิศวกรรมศาสตร์	
ระบบตรวจสอบขนาดของปลาถัด.....	253
การออกแบบระบบควบคุมสำหรับเมืองอัจฉริยะผ่านการเชื่อมโยงสรรพสิ่ง.....	260
แบบแผนการทำนายคะแนนความพึงพอใจด้วยข้อมูลการจราจร ในเครือข่ายสำหรับมาตรฐาน ITU-T P.1204.3.....	269
การพัฒนาซอฟต์แวร์ในการประมวลผลสัญญาณการเกิดดิสซาร์จบางส่วน.....	279
การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อคัดกรองความเสี่ยงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019.....	287
การสร้างสถานีตรวจวัดน้ำฝนเสมือนด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์.....	295
การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดพกพา และเก็บข้อมูลบนหน่วยความจำ.....	305
การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกพร้อมกับท่อความร้อน.....	313
การศึกษาการใช้น้ำบำบัดเพื่อทดแทนน้ำประปาในการดับไฟ.....	321
การออกแบบและวิเคราะห์อุปกรณ์ตั้งขึ้นรูปหลอดโลหะ.....	329
ศึกษาประสิทธิภาพการไหลของอากาศผ่านแผ่นกรองอากาศเบื้องต้น ของเครื่องฟอกอากาศที่เคลือบอนุภาคซิลเวอร์นาโน.....	338

การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดพกพา และเก็บข้อมูลบนหน่วยความจำ

Development of a Portable Dosimeter and Store Data in Memory Card

สุทธิเกียรติ ชลลารป¹ สิทธิพร เพ็ชรกิจ¹ ธีระยุทธ นรารวงกูร¹ และประสงค์ ทรัพย์ประสานสุข¹

Suthikeart Chollalarp¹, Sittiporn Petchakit¹, Theerayouth Naravarangkoon¹ and Prasong Sapprasansuk¹

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่แสดงผลเชิงตัวเลข ในปริมาณรังสีสะสม 0-999 มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง มีเสียงเตือน และเก็บบันทึกข้อมูลประเภทหน่วยความจำสำรอง (SD Card) ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ประมวลผลด้วยไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 โดยไม่พบข้อผิดพลาด และทำการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary Standard Dosimetry Laboratory : SSDL) สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (OAP) ผลการสอบเทียบกับต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิด้วยวัสดุกำบัง A พบว่าสามารถวัดปริมาณรังสีได้ดี ที่ระยะทาง 5 เมตร และ 6 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 1.86\%$ และ $\pm 1.62\%$ ด้วยวัสดุกำบัง B พบว่าสามารถวัดปริมาณรังสีได้ดี ที่ระยะทาง 5 เมตร และ 6 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 3.78\%$ และ $\pm 4.43\%$ และวัสดุกำบัง AB พบว่าสามารถวัดปริมาณรังสีได้ดี ที่ระยะทาง 2 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 3.17\%$ อันเป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันอันตรายที่ได้รับจากรังสี

คำสำคัญ : เครื่องวัดปริมาณรังสี, ไมโครคอนโทรลเลอร์, หน่วยความจำสำรอง, การสอบเทียบ

Abstract

This paper presents the development of a numerical personal radiation dosimeter at a cumulative dose of 0 to 999 mR/hr. There is warning sound and saves data as a backup memory (SD card), uses a 12 volt battery, is processed with a PIC18F4550 IC microcontroller without any errors. and calibrated in the Secondary Standard Dosimetry Laboratory: SSDL, Office of Atoms for Peace (OAP). The results of calibration with the secondary standard radiation source with shielding material A showed good radiation at distances of 5 m and 6 m with tolerances of $\pm 1.86\%$ and $\pm 1.62\%$. With shield B, the dosimetry was good at distance of 5 m and 6 m with tolerances of $\pm 3.78\%$ and $\pm 4.43\%$. AB shielding materials, it was found that the radiation dose was well measured at distances of 2 m with a tolerances of $\pm 3.17\%$, which was useful in practice to prevent the harm received from radiation.

Keyword : Dosimeter, Microcontroller, Memory Card, Calibration

E-mail address : Suthikeart.cho@siam.edu

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพฯ 10160

¹ Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Siam University, Bangkok 10160

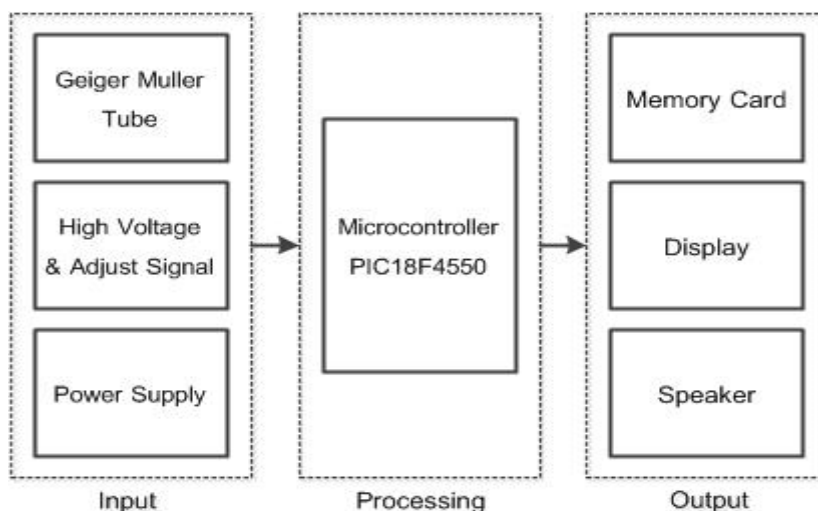
คำนำ

ในปัจจุบันมีการนำรังสีมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อาทิเช่นทางการแพทย์ ใช้รังสีในการตรวจวินิจฉัย และบำบัดรักษาโรคให้แก่ผู้ป่วย ทางอุตสาหกรรมมีการใช้วัดความหนา การหารอยเชื่อม รอยร้าวของโครงสร้างวัสดุ ซึ่งเป็นการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย ในทางเกษตรกรรมมีการใช้ในการถนอมอาหาร และกำจัดแมลงศัตรูพืช เป็นต้น เนื่องจากรังสีเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources of Radiation) หรือมนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Sources of Radiation) ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อกระทบต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จะทำให้อะตอม (Atom) เกิดการแตกตัว ขึ้นอยู่กับชนิด ระยะเวลา และวัสดุป้องกันอันตรายจากรังสี จากคณะกรรมการระหว่างประเทศด้านป้องกันรังสี (International Commission on Radiological Protection, ICRP) ได้กำหนดปริมาณรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี และสำหรับประชาชนทั่วไปไม่เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี (Supakajee, 2019) เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทางรังสี มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถป้องกันอันตรายจากรังสี พ.ศ. 2548 นายกิตินันต์ แสงมณีได้พัฒนาระบบวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่แสดงผลเชิงเลขชนิดเก็บข้อมูลบนหน่วยความจำถอดเปลี่ยนได้ และสามารถวัดปริมาณรังสีสะสมได้ในช่วง 0-9999 มิลลิเรนต์เกิน และ พ.ศ. 2556 นายพลัง วัฒนพานิช ได้พัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีแกมมาที่ทำงานร่วมกับสมาร์ตโฟน เครื่องวัดปริมาณรังสีที่พัฒนาขึ้นมีอัตราการนับรังสี (Count rate) สูงสุดที่ 100 kcps สามารถวัดอัตราปริมาณรังสี (Exposure rate) ได้ในช่วง 0-300 มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง

จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่แสดงผลเชิงตัวเลข มีเสียงเตือน สามารถบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำสำรอง และสามารถวัดค่าปริมาณรังสีได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ โดยการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (OAP) อันจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับรังสีในการป้องกันการอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากรังสี

อุปกรณ์และวิธีการ

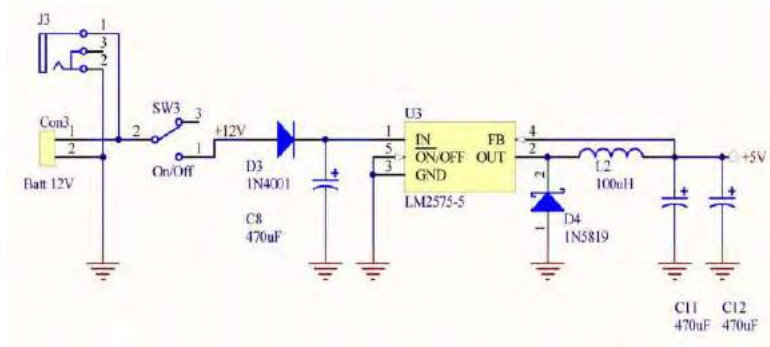
เครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่แสดงผลเชิงตัวเลข ชนิดเก็บข้อมูลบนหน่วยความจำที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ดังนี้



รูปที่ 1 หลักการทำงานของเครื่องวัดปริมาณรังสี

แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

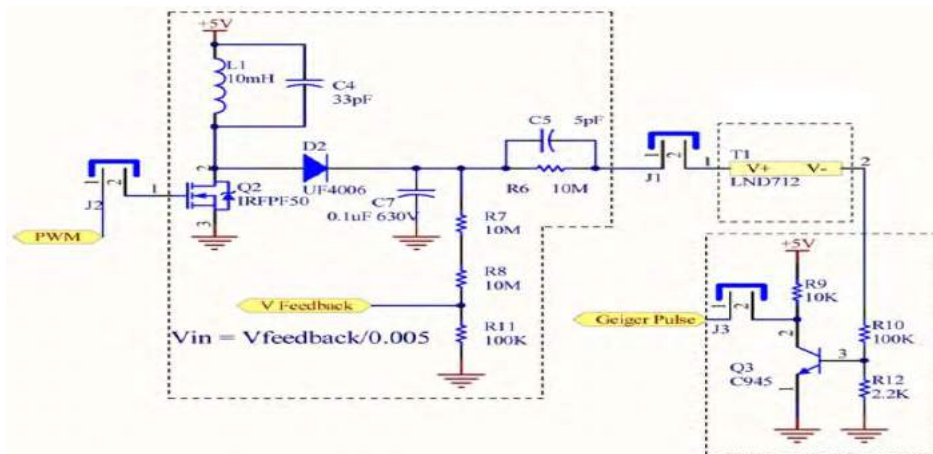
ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนต่างๆ เริ่มด้วยแบตเตอรี่กระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ไหลผ่านวงจรควบคุมแรงดัน โดยใช้ไอซี LM2575 และไอซี 78LM33 เพื่อลดระดับแรงดันไฟให้เหลือ 5 โวลต์ และ 3 โวลต์ ตามลำดับ และวงจรผลิตไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage) โดยใช้ไอซี IRFPF50 เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation) ที่มีค่าความถี่คงที่ และใช้ไดโอด (Diode) แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่แรงดัน 500 โวลต์ เพื่อป้อนที่ขั้วบวก (Anode) และขั้วลบ (Cathode) ของหัววัดไกเกอร์-มูลเลอร์ (Geiger Muller Tube) ทำงาน



รูปที่ 2 วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

ส่วนรับข้อมูล และปรับแต่งสัญญาณ (Data Receiver and Adjust the Signal)

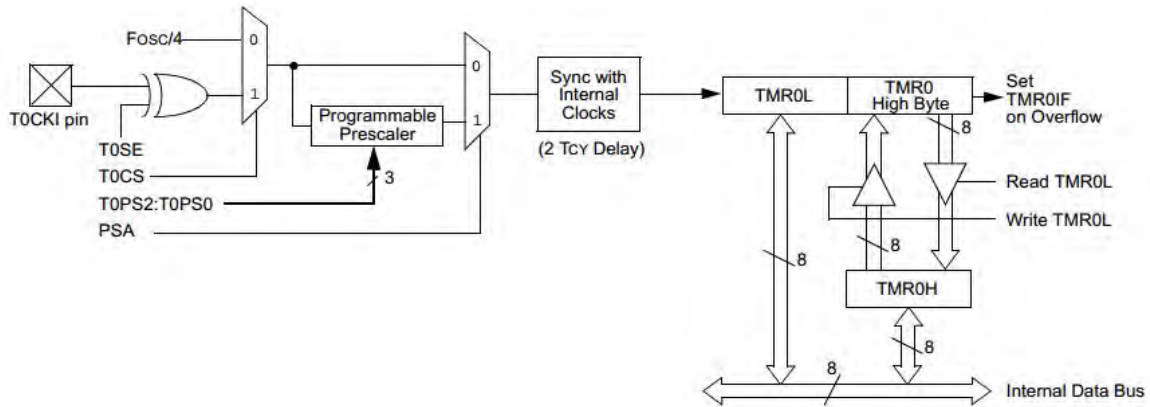
ประกอบด้วยหัววัดรังสีไกเกอร์-มูลเลอร์ ทำหน้าที่รับปริมาณรังสีบีตา และแกมมา ในรูปสัญญาณพัลส์ (Pulse) ผ่านวงจรปรับแต่งสัญญาณ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ C945 เพื่อปรับแต่งรูปสัญญาณดิจิทัล (Digital) ให้มีขนาดความกว้าง และความสูง 5 โวลต์ เพื่อป้อนเข้าส่วนประมวลผลข้อมูลไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550



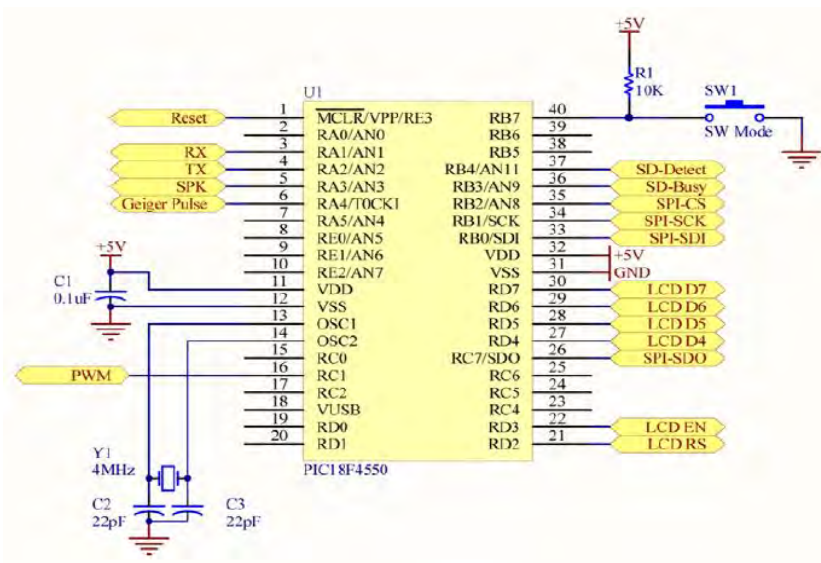
รูปที่ 3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง และวงจรปรับแต่งสัญญาณ

ส่วนประมวลผลข้อมูล (Data Processing)

ประกอบด้วยไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 ทำหน้าที่ควบคุม และประมวลผลการทำงาน โดยเมื่อรับสัญญาณพัลส์มาจากส่วนรับข้อมูล และปรับแต่งสัญญาณ มาที่ขาอินพุต (RA4/TOCK1) โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ (Timer0) ในลักษณะวงจรหารสัญญาณความถี่ (Prescaler) จากปริมาณรังสีที่ได้รับ และส่งต่อในส่วนแสดงผลเชิงตัวเลข ส่งเสียงเตือน และบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำ



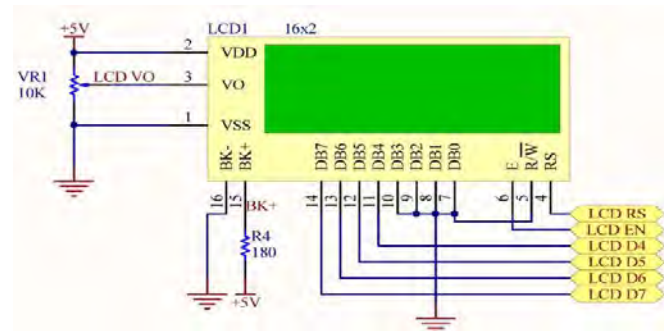
รูปที่ 4 วงจรภายในขาอินพุต (RA4/T0CK1) ไอซี PIC18F4550



รูปที่ 5 วงจรประมวลผล ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550

ส่วนแสดงผล (Display)

ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูลปริมาณรังสีเชิงตัวเลข ในหน่วยเป็นมิลลิเรินต์เกินต่อชั่วโมง (mR/hr) ที่โดยใช้จอแสดงผลผลึกเหลว (LCD :Liquid Crystal Display) ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด

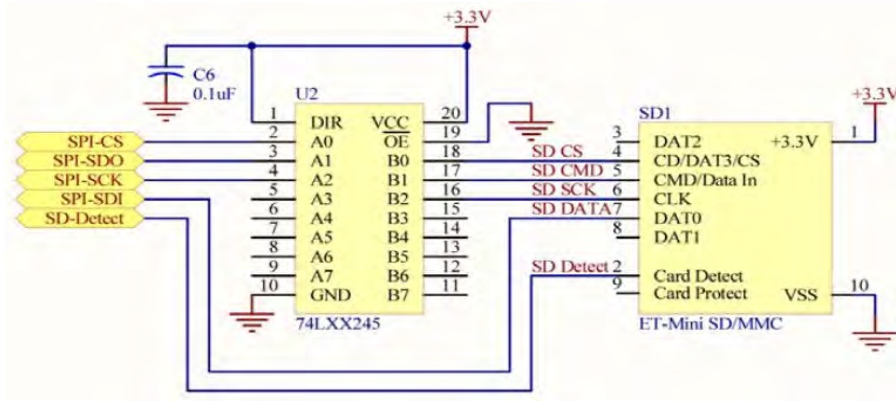


รูปที่ 6 วงจรแสดงผลด้วยจอแสดงผลผลึกเหลว

หน่วยความจำสำรอง (Memory Unit)

สัญญาณที่เข้าส่วนประมวลผลข้อมูลไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 จะทำหน้าที่ประมวลผลและส่งผ่านสัญญาณมาที่ไอซี 74LVC245A เพื่อแปลงและรับ-ส่งสัญญาณกับอุปกรณ์เก็บข้อมูล (ET-Mini

SD/MMC) โดยทำการเก็บบันทึกข้อมูลประเภทหน่วยความจำสำรอง เพื่อนำมาใช้ในการจัดเก็บไฟล์ข้อมูล ที่นิยมคือ SD Card (Secure Digital Card) ซึ่งเป็นการจัดหน่วยความจำ ที่มีขนาดเล็ก พกพาง่าย สะดวก มีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล และพื้นที่ความจุในการจัดเก็บข้อมูล

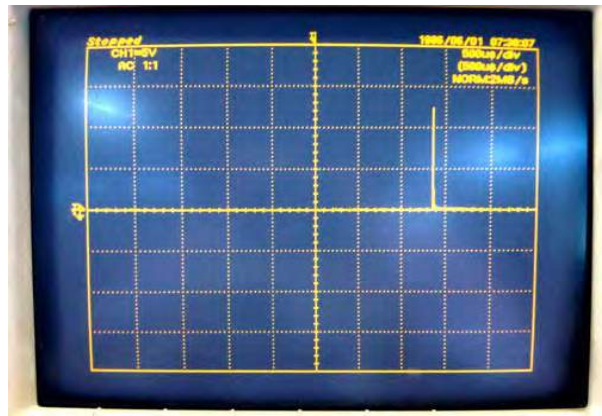


รูปที่ 7 วงจรหน่วยความจำสำรอง

ผลการทดลองและวิจารณ์

เครื่องวัดปริมาณรังสีที่พัฒนาขึ้น

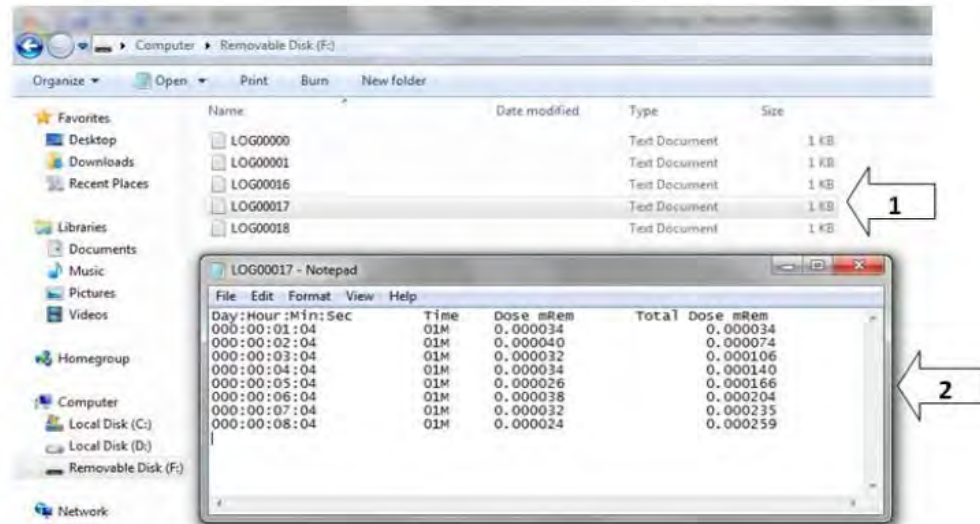
เมื่อปริมาณรังสีตกกระทบหัววัดไกเกอร์-มุลเลอร์ (Geiger Muller Tube) ในรูปสัญญาณพัลส์ (Pulse) ดังรูปที่ 8 ผ่านวงจรปรับแต่งสัญญาณ และไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 เพื่อประมวลผลการทำงาน โดยแสดงผลข้อมูลปริมาณรังสีเชิงตัวเลข ดังรูปที่ 9 และเก็บบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำสำรอง ดังรูปที่ 10



รูปที่ 8 รูปสัญญาณพัลส์ของปริมาณรังสี



รูปที่ 9 หน้าจอแสดงผลลิกเหลว แสดงผลปริมาณรังสีที่วัดได้



รูปที่ 10 ผลการเก็บบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำสำรอง

การสอบเทียบค่ามาตรฐานกับเครื่องวัดปริมาณรังสี

เพื่อให้เครื่องวัดปริมาณรังสีที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงตรง ถูกต้อง และแม่นยำ ทั้งยังสามารถนำไปใช้งานในการป้องกันอันตรายจากรังสีได้อย่างปลอดภัย โดยทำการสอบเทียบค่ามาตรฐานในห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary Standard Dosimetry Laboratory : SSDL) สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

ตารางที่ 1 ผลการสอบเทียบกับต้นกำเนิดรังสีค่ามาตรฐานทุติยภูมิ (SSDL) ด้วยวัสดุกำบัง A

วัสดุกำบัง ชนิด	ระยะทาง (เมตร)	ปริมาณรังสีที่วัดได้ (มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง)	ปริมาณรังสีมาตรฐาน (มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง)	ความคลาดเคลื่อน (%)
A	2	52.44	68.50	25.56
A	3	26.52	29.80	11.65
A	4	15.00	16.80	11.32
A	5	10.88	10.68	1.86
A	6	7.45	7.33	1.62

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบกับต้นกำเนิดรังสีค่ามาตรฐานทุติยภูมิ (SSDL) ด้วยวัสดุกำบัง B

วัสดุกำบัง ชนิด	ระยะทาง (เมตร)	ปริมาณรังสีที่วัดได้ (มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง)	ปริมาณรังสีมาตรฐาน (มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง)	ความคลาดเคลื่อน (%)
B	2	75.84	109.00	35.88
B	3	39.16	47.70	19.66
B	4	23.50	26.90	13.49
B	5	17.78	17.12	3.78
B	6	11.27	11.78	4.43

ตารางที่ 3 ผลการสอบเทียบกับต้นกำเนิดรังสีค่ามาตรฐานทุติยภูมิ (SSDL) ด้วยวัสดุกำบัง AB

วัสดุกำบังชนิด	ระยะทาง (เมตร)	ปริมาณรังสีที่วัดได้ (มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง)	ปริมาณรังสีมาตรฐาน (มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง)	ความคลาดเคลื่อน (%)
AB	2	8.68	8.96	3.17
AB	3	3.53	3.85	8.67
AB	4	1.96	2.20	11.54
AB	5	1.28	1.39	8.24
AB	6	0.85	0.96	12.15

สรุปผลและเสนอแนะ

การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล ที่แสดงผลเชิงตัวเลขปริมาณรังสีสะสม 0-999 มิลลิเรนต์เกินต่อชั่วโมง มีเสียงเตือน และเก็บบันทึกข้อมูลประเภทหน่วยความจำสำรอง (SD Card) ประมวลผลด้วยไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 โดยไม่พบข้อผิดพลาด ผลการสอบเทียบกับต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary Standard Dosimetry Laboratory : SSDL) สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ด้วยวัสดุกำบัง A พบว่าสามารถวัดปริมาณรังสีได้ดี ที่ระยะทาง 5 และ 6 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 1.86\%$ และ $\pm 1.62\%$ วัสดุกำบัง B พบว่าสามารถวัดปริมาณรังสีได้ดี ที่ระยะทาง 5 และ 6 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 3.78\%$ และ $\pm 4.43\%$ วัสดุกำบัง AB พบว่าสามารถวัดปริมาณรังสีได้ดี ที่ระยะทาง 2 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 3.17\%$ ค่าปริมาณรังสีที่วัดได้มีค่าลดลงตามระยะทาง (Distance) โดยการลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง และวัสดุกำบังรังสี (Shielding) สามารถช่วยลดการได้รับปริมาณรังสีลงได้ ด้วยการเลือกชนิดของหัววัด และประเภทของรังสีที่จะทำการวัดให้เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือในการสอบเทียบมาตรฐาน คุณวิเชียร รตนธงชัย ดร.วิฑิต ฝั่งกัน คุณอังศุมาลิน อินแดง และคุณชุตินา เต็มสุข จากห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary Standard Dosimetry Laboratory : SSDL) สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (OAP) ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Supakajee Saengruang-orn, 2019, Radiation Protection in Diagnostic X-ray Imaging, Royal Thai Army Medical Journal, Vol.72 No.4, Oct-Dec : 279-287.

กิตินันต์ แสงมณี, 2548, การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่แสดงผลเชิงเลขชนิดเก็บข้อมูลบนหน่วยความจำถอดเปลี่ยนได้, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พลัง วัฒนพานิช, 2556, เครื่องวัดปริมาณรังสีแกมมาที่ทำงานร่วมกับสมาร์ทโฟน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติศักดิ์ แสนประสิทธิ์, 2557, **การทดลองและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F4550 ด้วยภาษาซี**, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฐม แหยมเกตู, สุรศักดิ์ พงศ์พันธุ์สุข และสุกัญญา จัทรมงคล, 2542, **เจาะลึกเรื่องปรมาณู**, โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

นฤพนธ์ เพ็ญศิริ, 2554, **เครื่องวัดรังสี และการตรวจสอบสภาพการใช้งาน**, สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์

M. Rafiquzzaman, 2018, **Microcontroller Theory and Applications with the PIC18F**, John Wiley and Sons

Dogan Ibrahim, 2014, **Pic Microcontroller Projects in C: Basic to Advanced**, Newnes

Microchip, 2022, **Data Sheet PIC18F2455/2550/4455/4550**, Source;

<https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>