

การพัฒนาซอฟต์แวร์ เครื่องไกเกอร์-มุลเลอร์ เคาน์เตอร์สำหรับ
พลังงานที่แตกต่างกันของเครื่องตรวจจับรังสี
DEVELOPMENT OF GEIGER-MUELLER COUNTER
SOFTWARE FOR VARYING
ENERGY OF RADIATION DETECTOR



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การพัฒนาซอฟต์แวร์ เครื่องไกเกอร์-มุลเลอร์ เคาน์เตอร์สำหรับ
พลังงานที่แตกต่างกันของเครื่องตรวจจับรังสี

DEVELOPMENT OF GEIGER-MUELLER COUNTER
SOFTWARE FOR VARYING
ENERGY OF RADIATION DETECTOR



b00266163

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF GEIGER-MUELLER COUNTER
SOFTWARE FOR VARYING
ENERGY OF RADIATION DETECTOR



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อโครงการพิเศษ การพัฒนาซอฟต์แวร์ เครื่องไกเกอร์-มุลเลอร์ เคาน์เตอร์สำหรับพลังงานที่
แตกต่างกันของเครื่องตรวจจับรังสี
Development of Geiger-Mueller Counter Software for Varying
Energy of Radiation Detector

ชื่อนักศึกษา นางสาวกมลทิพย์ แก้วบุญเรือง รหัสนักศึกษา 55051441

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ชนาธิป ทิพยกุล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการคุมสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ณัฐพร พรหมรส ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.เชรชฐา รัตนพันธ์ กรรมการ	
อ.ภารุจ บัณฑิตธาตวิทย์ กรรมการ	
รศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.ชนาธิป ทิพยกุล กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ใช่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาซอฟต์แวร์ เครื่องไกเกอร์-มุลเลอร์ เคาน์เตอร์สำหรับพลังงานที่แตกต่างกันของเครื่องตรวจจذبรังสี
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกมลทิพย์ แก้วบุญเรือง รหัสนักศึกษา 55051441
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.ชนาธิป ทิพยกุล

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือนับวัดรังสีแบบใช้ซอฟต์แวร์โดยใช้หัววัดชนิด Geiger-Mueller (GM) ให้เป็นเครื่องวัดรังสีที่สามารถเลือกช่วงการตรวจวัดพลังงานของรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วเครื่องวัดรังสีแบบ GM จะต้องมีการ Calibration Factor มาใช้ในการเปลี่ยนจากค่านับวัดรังสี (count rate) ไปเป็นหน่วยอัตราปริมาณรังสี (dose rate) ซึ่งค่า Calibration Factor นี้เป็นค่าที่ได้มาจากการสอบเทียบและเป็นค่าที่ขึ้นกับปริมาณรังสีที่ทำการวัด ดังนั้นโครงการพิเศษนี้จึงได้ทำการพัฒนาเครื่องวัดรังสีแบบ GM ที่มีราคาถูก และสามารถเลือกค่า Calibration Factor ตามพลังงานของรังสีได้ การพัฒนาเครื่องวัดรังสีได้นำ microcontroller ชนิด Arduino Uno R3 มาใช้เนื่องจากมีราคาไม่สูงและสามารถสร้างฟังก์ชันใช้งานได้อย่างดี โดยการทำงานของเครื่องรังสี GM ที่พัฒนาขึ้นจะแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 การตรวจจذبโดยหัววัดไกเกอร์-มุลเลอร์ LND-721 กับภาคปรับแต่งสัญญาณ และส่วนที่ 2 การประมวลผลซึ่งจะใช้โปรแกรม Arduino Uno R3 การทดสอบการทำงานแบ่งเป็นสองส่วนคือส่วนแรกเป็นการทดสอบโปรแกรมควบคุมการเลือกฟังก์ชันพลังงานที่ต้องการวัดกับค่าสอบเทียบมาตรฐานสมมุติ และส่วนที่สองเป็นการสอบเทียบมาตรฐานเพื่อคำนวณหาค่า Calibration Factor ของรังสีแกมมาโดยใช้ต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม-137 และต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 50 keV, 100 keV และ 150 keV ผลการสอบเทียบด้วย ซีเซียม-137 พบว่าได้ค่า Calibration Factor $143.83 \text{ cpm}\cdot\text{hr}\cdot\text{uSv}^{-1}$ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในเครื่องวัดรังสีที่พัฒนาขึ้นสำหรับรังสีแกมมา และการสอบเทียบมาตรฐานที่พลังงานรังสีเอกซ์ 50 keV, 100 keV และ 150 keV พบว่าได้ค่า Calibration Factor คือ 1.18 6.02 และ 9.66 $\text{cpm}\cdot\text{hr}\cdot\text{uSv}^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งค่า Calibration Factor เหล่านี้ได้ถูกนำไปใช้ในเครื่องวัดรังสีที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปหาค่าอัตราปริมาณรังสีตามช่วงพลังงานของรังสีได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ: ไกเกอร์มุลเลอร์ ซีเซียม-137 X-ray Calibration factor อัตราปริมาณรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Development of Geiger-Mueller Counter Software for Varying Energy of Radiation Detector
Student	Miss Gamoltip Kaewboonrueng Student ID 55051441
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL)
Academic	2015
Advisor	Assoc.Prof.Sarai Lekchaum
Co-Advisor	Mr.Chanatip Tippayakul (Ph.D)

Abstract

This special project focuses on the development of a software based Geiger-Mueller (GM) Counter capable of measuring energy-dependent gamma ray and x-rays. This is because, in general, GM counter must use a calibration factor to convert from radiation count rate into dose rate. This is obtained from calibration operation and essentially depends on the energy of the measured radiation. Therefore, it is the purpose of this project to develop a low-cost GM counter which can provide the calibration factor depending on the radiation energy range. The development uses a microcontroller Arduino which is relatively cheap and opts for creating flexible functions. The operation of the developed GM counter is divided into two parts: the first part is a Geiger probe LND721 with pulse shaping circuit and the second part is the software controlled by Arduino. Once the GM counter is developed, two tests were performed. The first test was to test to the software function with simulated calibration factors. The second test was to perform calibration using Cs-137 and X-ray at the energy of 50, 100 and 150 keV respectively. It was found that the calibration factor was $143.83 \text{ cpm}\cdot\text{hr}\cdot\text{uSv}^{-1}$ for Cs-137. This calibration factor is then used in the developed GM counter for gamma energy range. For X-Ray Measurements at the energy of 50, 100 and 150 keV, the calibration factor were 1.18, 6.02 and $9.66 \text{ cpm}\cdot\text{hr}\cdot\text{uSv}^{-1}$ respectively. These calibration factors are also used in the GM counter for measuring the dose rate of X-ray at different energy ranges more accurately.

Keywords: Calibration factor, Dose rate, Geiger-Mueller

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่องนี้สามารถเสร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการช่วยเหลือและสนับสนุนจากรองศาสตราจารย์สาหร่าย เล็กชะอุ่ม ผู้ซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาทางด้านวิชาการที่ดีตลอดมาและยังเสนอแนะข้อสงสัยต่างๆทำให้ผู้จัดทำมีความรู้ความเข้าใจและแนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ ดร.ชนาธิป ทิพยกุล ผู้ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้และให้คำปรึกษา ในขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอนคอยแนะแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของงาน และยังคงจัดเตรียมสถานที่สำหรับทำการทดสอบเครื่องมือวัด ตลอดจนทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ไปด้วยดี

ขอขอบคุณ นายธนรรจน์ แสงจันทร์ ผู้ซึ่งให้ความรู้ในการเขียนโปรแกรม Arduino คอยให้คำแนะนำปรึกษาทั้งด้านขั้นตอนการทำงาน แนวทางการออกแบบ แนะนำกระบวนการวิธีคิดให้สามารถออกแบบซอฟต์แวร์ให้สามารถทำงานตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ให้สำเร็จลุล่วงได้

ขอขอบคุณพี่ๆ ณ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ทุกท่านที่เสียสละเวลาในการอบรมให้ความรู้ต่างๆเกี่ยวกับการทำงานด้านรังสีที่ถูกต้องและปลอดภัย และให้การต้อนรับอย่างอบอุ่น คอยสนับสนุน อำนวยความสะดวกไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานทุกขั้นตอน

ขอขอบคุณ เพื่อนๆสาขาฟิสิกส์ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือ คอยแนะนำวิธีการจัดทำโครงการพิเศษให้เป็นไปตามระเบียบและให้กำลังใจในการทำโครงการพิเศษตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่เมตตาตั้งแต่การศึกษาภาคบังคับจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวของผู้ศึกษาวิจัยที่คอยให้คำปรึกษาเป็นทุนทรัพย์และคอยเป็นแรงผลักดันให้ผู้ศึกษาวิจัยมีกำลังใจในการทำโครงการพิเศษซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการศึกษาและการทำโครงการพิเศษนี้ ตลอดจนบุคคลต่างๆที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากที่ผู้ศึกษาไม่สามารถกล่าวนาม ได้หมดในที่นี้ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึง กราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

กมลทิพย์ แก้วบุญเรือง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 บทนำ	4
2.2 หน่วยวัดปริมาณรังสี	5
2.2.1 กัมมันตรังสี (activity)	6
2.2.2 เอกซ์โพเชอร์ (exposure)	6
2.2.3 แอบซอร์บโดส (absorbed dose)	7
2.2.4 โดสิคควิวาเลนต์ (dose equivalent)	8
2.3 หัววัดรังสี	9
2.3.1 ชนิดของหัววัดรังสี (Type of radiation detectors)	10
2.3.2 หัววัดรังสีชนิดบรรจุก๊าซ	10
2.4 เครื่องวัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ (GEIGER MULLER COUNTER)	11
2.4.1 แนวคิดของอุปกรณ์และการดำเนินงาน	15
2.5 ระบบวัดนิวเคลียร์ (Nuclear measuring system)	23
2.5.1 การวัดรังสี	24
2.5.2 เครื่องวัดรังสี	25
2.6 ทฤษฎีทางการควบคุมระบบ	26
2.6.1 การเขียนโปรแกรมภาษาซีเบื้องต้น สำหรับการควบคุมบอร์ด Arduino Uno R3	26
2.6.2 ชนิดของตัวแปร	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	34
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย	34
3.1.1 ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับรังสีและเครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ (Geiger-Muller tube)	34

เอกสารนี้เป็น 3.1.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบการนับวัดรังสี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
3.1.3 ทดสอบและวัดผลการทำงานของระบบนับวัดรังสี	44
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	47
4.1 การทดสอบระบบการทำงานของเครื่องมือวัดรังสี	47
4.2 การสอบเทียบมาตรฐานของ Cs-137 กับ Survey meter	52
4.3 การสอบเทียบมาตรฐานที่พลังงานรังสีเอกซ์	56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการทดสอบจากการวัดและวิเคราะห์	62
5.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ	62
5.3 ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก GEIGER MULLER: A THIN END WINDOW TUBE RADIATION DETECTOR	



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แนวทางการดำเนินงาน	2
2.1 คุณสมบัติของรังสีและอนุภาคชนิดก่อให้เกิดไอออน	4
2.2 สรุปรูปหน่วยที่ใช้วัดปริมาณรังสี	6
2.3 ค่าRBE สำหรับรังสีชนิดต่างๆ	8
2.4 ค่า QF ของรังสีต่างๆ	9
4.1 แสดงผลการวัดปริมาณรังสีจากเครื่องวัดมาตรฐาน SURVEY METER MODEL 5 S/N 100865	52
4.2 แสดงผลการนับวัดจำนวนรังสีต่อเวลาที่จากเครื่องวัดปริมาณรังสี	52
4.3 แสดงผล calibration factor การคำนวณจากสมการ 4.1	53
4.4 ผลการทดลอง รังสีเอ็กซ์ที่ระดับพลังงานต่างๆ	56
4.5 แสดงผลการวัด ที่พลังงานรังสีเอ็กซ์ 150 keV	57
4.6 แสดงผลการวัด ที่พลังงาน 100 keV	58
4.7 แสดงผลการวัด ที่พลังงาน 50 keV	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบการวัดรังสี ชนิดของหัววัดรังสี	9
รูปที่ 2.2 หัววัดรังสีชนิดบรรจุก๊าซโดยรังสีทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบ	10
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า	11
รูปที่ 2.4 เครื่อง GM counter และหัววัดรูปแบบต่างๆ	12
รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของ GM counter	12
รูปที่ 2.6 Characteristic curve ของ GM counter	14
รูปที่ 2.7 แบบดั้งเดิมของ ไกเกอร์ มุลเลอร์ เคาน์เตอร์ใช้หลอดหน้าต่างปลายบางและกับแหล่งจ่าย แรงดันสูงใช้ผ่านตัวต้านทาน	15
รูปที่ 2.8 แผนภาพเปลือกของกระบวนการสำรวจรังสี	15
รูปที่ 2.9 วงจรตรวจจับ	16
รูปที่ 2.10 หลอด GM STS-5(SBM-20)	16
รูปที่ 2.11 ลักษณะเส้นโค้งของหลอด GM	17
รูปที่ 2.12 หลอด GM ตรวจจับสัญญาณพัลส์	18
รูปที่ 2.13 อัตราการนับ VS อัตราปริมาณรังสีสำหรับหลอด Geiger Muller ทั่วไป	19
รูปที่ 2.14 พัลส์นับวงจร	20
รูปที่ 2.15 วงจร Boost Converter	20
รูปที่ 2.16 PIC16F877A	21
รูปที่ 2.16 LCD 16X 2 displays	22
รูปที่ 2.17 RS-232	23
รูปที่ 2.18 MAX232 IC	23
รูปที่ 2.19 ระบบวัดรังสีแบบนับรวมพลังงาน	24
รูปที่ 2.20 วงจรการทำงานของระบบนับวัดรังสีและสัญญาณที่ได้จากส่วนประกอบต่างๆ	25
รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบอย่างง่ายของเครื่องมือวัด ไกเกอร์-มุลเลอร์	25
รูปที่ 2.22 แสดงหน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม	33
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการทำงาน	35
รูปที่ 3.2 การทำงานของหัววัดรังสีแบบ Geiger-Muller Tube	36
รูปที่ 3.3 ข้อมูลจำเพาะของหัววัดรังสีแบบ Geiger-Muller Tube รุ่น LND-712	37
รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมส่วนต่างๆโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	38
รูปที่ 3.4 Arduino Uno R3 Board	38
รูปที่ 3.5 วงจรภาคประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (ATMEGA328)	39
รูปที่ 3.7 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	40
รูปที่ 3.8 การต่ออุปกรณ์สำหรับทดสอบการทำงานของระบบ	44
รูปที่ 3.9 เครื่องวัดปริมาณรังสีและการแสดงผลทางหน้าจอแสดงผล	45
รูปที่ 4.1 รูปส่วนประกอบของระบบนับวัดรังสีต้นแบบ ชนิดหัววัด ไกเกอร์-มุลเลอร์	47
รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนควบคุมการทำงานและประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์	48

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงการเริ่มต้นใช้งาน	48
รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงใช้เลือกพลังงานเมื่อกดปุ่ม RESET	49
รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงใช้เลือกพลังงานเมื่อกดเลือกพลังงานครบ 3 หลัก พร้อมแสดงค่าสอบเทียบมาตรฐานนั้น	49
รูปที่ 4.6 หน้าจอแสดงโหมดการเลือกใช้ค่าสอบเทียบมาตรฐาน	49
รูปที่ 4.8 หลังจากการเลือกแล้วระบบจะทำการนับวัด	50
รูปที่ 4.9 หน้าจอแสดงเมื่อกด 2	50
รูปที่ 4.10 หน้าจอแสดงค่าสอบเทียบมาตรฐานเมื่อมีการป้อนค่าจากผู้ใช้งาน	51
รูปที่ 4.11 หลังจากการเลือกแล้วระบบจะทำการนับวัด	51
รูปที่ 4.12 SURVEY METER MODEL 5 S/N 100865	52
รูปที่ 4.13 Cs-137	52
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปริมาณรังสีกับระยะห่าง	54
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปริมาณรังสีกับอัตราการนับรังสี	55
รูปที่ 4.16 แสดงบริเวณพื้นที่ทำการทดสอบ	56
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Count กับ Calibration factor ที่พลังงานรังสีเอ็กซ์ 150 keV	58
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Count กับ Calibration factor ที่พลังงานรังสีเอ็กซ์ 100 keV	59
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Count กับ Calibration factor ที่พลังงานรังสีเอ็กซ์ 50 keV	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

รังสีเป็นพลังงานที่แพร่กระจายออกมาในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในความยาวของคลื่นที่แตกต่างกัน พลังงานดังกล่าวจะถูกปล่อยออกจากอะตอมในหลายรูปแบบ เช่น แสง ความร้อน คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์และกัมมันตรังสี โดยรังสีสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ รังสีที่ไม่ทำให้เกิดการแตกตัวของประจุ เป็นรังสีที่พบในชีวิตประจำวันเช่น คลื่นวิทยุและโทรทัศน์และแสง เป็นต้น โดยรังสีนี้เมื่อกระทบกับสารใดๆ จะไม่ทำให้เกิดการแตกตัวของประจุ อีกลักษณะหนึ่งคือรังสีทำให้เกิดการแตกตัวของประจุ เป็นรังสีที่กระทบกับสารใดก็ตามจะทำให้เกิดการแตกตัวของประจุบวกหรือลบที่สารนั้นๆ รังสีชนิดนี้จัดเป็นพลังงานระดับสูงที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปเรียกว่า กัมมันตรังสี จะพบว่ารังสีที่ทำให้เกิดประจุนี้มี 2 ลักษณะคือ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมาก เคลื่อนที่ไปในลักษณะข ง ล 'นเซ่รังสี ออกซ และรังสีแกมมา หรือเป็นอนุภาคเช่น รังสีแอลฟา รังสีเบตา ซึ่ง เป็นรังสีที่เรา ม่สามารถรู้ ักได้จากประสาทสัมผัสของมนุษย์ได้จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบรังสีนี้ได้

เครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ (Geiger-Muller tube) เป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่ น ยมใช้ในการวัดรังสี ผ ออกมาจากสารกัมมันตรังสี มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ว ด ง ส แบบหลอดไกเกอร์-มุลเลอร์ (Geiger-Muller tube) วงจรไฟฟ้าศักย์สูง วงจรนับสัญญาณไฟฟ้า และหน่วยแสดงผล โดยหัววัดรังสีเป็นหลอดรูปทรงกระบอกภายในฉาบด้วยตัวนำทำหน้าที่เป็นแคโทดและใช้ลวดเหล็กกล้าไร้สนิมวางที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางตามแนวยาวของทรงกระบอกทำหน้าที่เป็นขั้วบวก ภายในหลอดบรรจุก๊าซเฉื่อย เช่นก๊าซอาร์กอนที่ความดันต่ำ เมื่อมีรังสีผ่านเข้าไปในหลอด จะทำให้ก๊าซอาร์กอนแตกตัวเป็นไอออน และอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงไปยังขั้วแอโนดทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดลดลงเกิดสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังวงจรับสัญญาณไฟฟ้าเพื่อบอกปริมาณรังสีที่ชนหัววัดได้จากหน่วยแสดงผล โดยค่าที่อ่านได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของรังสีที่ทำให้ก๊าซกลายเป็นไอออน

อุปกรณ์ตรวจวัดรังสีมีหลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับปัจจัยการใช้งานและประสิทธิภาพในการตรวจวัด ซึ่งโครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาหลักการทำการเครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ (Geiger-Muller tube) โดยได้ศึกษาระบบนับวัดรังสีของเครื่องมือนิวเคลียร์ การประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งใช้โปรแกรม Arduino ในการออกแบบซอฟต์แวร์เพื่อให้การนับวัดมีประสิทธิภาพและสะดวกกับการตรวจวัด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์-มูลเลอร์
2. เพื่อสามารถออกแบบซอฟต์แวร์การนับวัดและการประมวลผลสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดด้วยโปรแกรม Arduino Uno R3 เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานให้มากขึ้น โดยสามารถเลือกช่วงพลังงานที่ต้องการวัดรังสี

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับรังสีและเครื่องตรวจวัดรังสี ออกแบบการควบคุมการทำงาน และการประมวลผลด้วยโปรแกรม Arduino Uno R3
2. สร้างเครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์-มูลเลอร์ (Geiger-Muller tube) โดยพัฒนาและออกแบบซอฟต์แวร์ให้ง่ายต่อใช้งาน
3. ทดสอบและวิเคราะห์ผลของระบบวัด
4. สรุปผลการทดลอง

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินการ

โครงการมีระยะเวลาในการจัดทำ รวมทั้งสิ้น 12 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2558 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2558			ปี 2559			
	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย
1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับรังสีและเครื่องวัดรังสี	☆	☆					
2. ศึกษาการใช้โปรแกรม Arduino กับ การวัดพลังงานของรังสี		☆	☆				
3. ออกแบบและสร้างชุดโปรแกรมควบคุมระบบการนับวัดความแรงรังสี			☆	☆			
4. ทดลองและวิเคราะห์ผลของระบบวัดด้วยโปรแกรม			☆	☆	☆		
5. สรุปผลการทดลอง					☆	☆	
6. รวบรวมผลและทำเล่มรายงาน						☆	☆

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบต่างๆภายในเครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์-มูลเลอร์ และมีความรู้ความเข้าใจการหลักการทำงาน การตรวจวัดของเครื่องวัดรังสี
2. สามารถออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องวัดรังสีด้วยโปรแกรม Arduino Uno R3 ให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น



บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

นับตั้งแต่มนุษย์ได้ค้นพบสารตามธรรมชาติ ที่มีการเปลี่ยนแปลงภายในตัวของสารนั้นๆ เพื่อให้เกิดความเสถียรและมีการแผ่รังสีออกมา(Radioactivity decay) ดังนั้นโครงสร้างของนิวเคลียสเป็นตัวกำหนดว่านิวเคลียสนั้นจะมีการแผ่รังสีหรือไม่ พบว่านิวเคลียสที่มีการจัดเรียงตัวแบบหนึ่งที่มีความเสถียร ขณะที่แบบหนึ่งจะไม่มีเสถียร การเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียสนี้ อาจจะมีผลให้รังสีต่างๆออกมา เช่น รังสีบีตา รังสีแอลฟา และรังสีแกมมา นอกจากนี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ให้รังสีชนิดอื่นๆได้บ้างแต่ก็มีโอกาสน้อย เช่น รังสีโพสิตรอน รังสีเอกซ์ และรังสีนิวตรอน

พลังงานรังสีมักจะบอกค่าเป็นอิเล็กตรอนโวลต์(Electron volt, eV) ซึ่งหมายถึงพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่อิเล็กตรอนผ่านความต่างศักย์หนึ่งโวลต์ และมีค่าเท่ากับ 1.66×10^{-19} J โดยปกติพลังงานรังสีจะใช้เป็น กิโลอิเล็กตรอน (keV) หรือ เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV)

$$\begin{aligned} 1 \text{ electron volt} &= 1.66 \times 10^{-19} \text{ J} \\ 1 \text{ Kilo electron volt} &= 1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV} \\ 1 \text{ Mega electron volt} &= 1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} \\ 1 \text{ Giga electron volt} &= 1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV} \end{aligned}$$

อนุภาคและรังสีที่แผ่ออกมาจากการสลายตัวของธาตุจะให้รังสีและพลังงานซึ่งสามารถทำให้อิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอมหลุดออกมาได้ กระบวนการนี้เรียกว่าการก่อให้เกิดไอออน (Ionizing) จึงเรียกอนุภาคหรือรังสีเหล่านี้ว่ารังสีก่อไอออน (Ionizing radiation) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของรังสีและอนุภาคชนิดก่อให้เกิดไอออน

ชนิดของรังสี	สัญลักษณ์	มวล (u^*)	ประจุ ($e^{\#}$)
แอลฟา	α	4	+2
บีตา	β^-	1 / 1840	-1
แกมมา	γ	0	0
โพสิตรอน	β^+	1 / 1840	+1
เอกซ์เรย์	X	0	0
นิวตรอน	N	1	0

ชนิดของรังสี (Types of Ionizing Radiation)

รังสีแอลฟา (Alpha particle)

รังสีแอลฟา คือนิวเคลียสของฮีเลียม ประกอบด้วยโปรตอน 2 ตัว นิวตรอน 2 ตัว จึงมีมวลเท่ากับ 4 u และมีประจุเท่ากับ +2e รังสีแอลฟาใช้อักษรกรีก α เป็นสัญลักษณ์

รังสีบีตา (Beta particle)

รังสีบีตา คือ อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากนิวเคลียส เมื่อนิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดความเสถียร ถ้านิวเคลียสมีจำนวนนิวตรอนมากเกินไปจะมีการเปลี่ยนแปลงนิวตรอนไปเป็นโปรตอนและให้อิเล็กตรอน(-1e) ออกมา ดังนั้นนิวเคลียสจะมีจำนวนนิวตรอนลดลงหนึ่งแต่ก็จะมีจำนวนโปรตอนเพิ่มขึ้นหนึ่ง ในทำนองเดียวกันถ้านิวเคลียสมีจำนวนมากเกินไปจะมีการเปลี่ยนแปลงโปรตอนไปเป็นนิวตรอน และให้โพสิตรอน(+1e) ออกมา นิวเคลียสก็จะมีนิวเคลียสเพิ่มขึ้นหนึ่ง แต่มีจำนวนโปรตอนลดลงอีกด้วย มวลของรังสีบีตาเท่ากับมวลของอิเล็กตรอนซึ่งมีค่าเท่ากับ $1u/1840$ รังสีบีตาใช้อักษรกรีก β^- หรือ β^+ เป็นสัญลักษณ์

รังสีแกมมา (Gamma rays)

รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งออกมาจากนิวเคลียส เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของนิวเคลียส รังสีแกมมาจึงมีลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานเฉพาะ หรือเรียกอีกแบบหนึ่งว่าโฟตอน รังสีแกมมาไม่มีมวล ไม่มีประจุ ใช้อักษรกรีก γ เป็นสัญลักษณ์

รังสีเอกซ์ (X-rays)

รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับรังสีแกมมาแต่ต่างจากรังสีแกมมาโดยที่กำเนิดมาจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอมหรือจะกล่าวได้ว่ามีการเกิดขึ้นภายนอกนิวเคลียสของอะตอมเท่านั้น

รังสีนิวตรอน

นิวตรอน คือ อนุภาคที่อยู่ภายในนิวเคลียสของอะตอม (สัญลักษณ์ n) มีมวลเท่ากับ 1 amu และไม่มีประจุ เมื่ออยู่ในรูปอนุภาคที่อิสระและมีพลังงาน เรียกว่า รังสีนิวตรอน

2.2 หน่วยวัดปริมาณรังสี

นอกจากค่ากัมมันตรังสี ที่สามารถบอกอัตราการสลายตัวของนิวไคลด์กัมมันตรังสีแล้ว ยังมีหน่วยวัดปริมาณทางรังสีที่บอกสมบัติอื่นๆ ของกัมมันตรังสีนั้นๆ ได้ เช่น ความสามารถก่อไอออน การดูดกลืนพลังงานจากรังสีของตัวกลาง ผลทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตที่ได้รับรังสี โดยหน่วยงานต่างประเทศที่ได้กำหนดไว้คือ International Commission on Radiation Unit and Measurement (ICRU) ซึ่งได้กำหนดหน่วยทางรังสีไว้ในตารางที่ 2.2 และมีนิยามดังนี้

ตารางที่ 2.2 สรุปหน่วยที่ใช้วัดปริมาณรังสี

หน่วยปริมาณทางรังสี	หน่วยเก่า	SI unit	ความสัมพันธ์
Activity	Ci	Bq	1 Ci = 3.7×10^{10} Bq 1 Bq = 2.7×10^{-11} Ci
exposure dose	R	C/kg	1 C/kg = 3876 R 1 R = 2.58×10^{-4} C/kg
adsorbed dose	Rad	Gy	1 Gy = 100 rad 1 rad = 0.01 Gy
dose equivalent	Rem	Sv	1 Sv = 100 rem 1 rem = 0.01 Sv

2.2.1. กัมมันตรังสี (activity)

กัมมันตรังสี คือ ความแรงของสารกัมมันตรังสี เป็นหน่วยกัมมันตรังสี (Radioactivity unit) ที่แสดงอัตราการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี โดยมีหน่วย คูรี (curie, Ci) และรัทเทอร์ฟอร์ด (Rutherford) เป็นหน่วยแสดงค่ากัมมันตรังสี เมื่อ

1 คูรี หมายถึง ปริมาณสารกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้กัมมันตภาพ 3.7×10^{10} ครั้งต่อวินาที

$$1 \text{ curie} = 3.7 \times 10^{10} \text{ dps}$$

1 รัทเทอร์ฟอร์ด หมายถึง ปริมาณสารกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้กัมมันตภาพรังสี 10^6 ครั้งต่อวินาที

$$1 \text{ rutherford} = 10^6 \text{ dps}$$

สำหรับหน่วยสากล (International System Units, SI unit) ค่าที่กำหนดคือ เบ็กเกอร์ล (Becquerel, Bq) เป็นหน่วยของกัมมันตภาพรังสี โดยที่

1 เบ็กเกอร์ล หมายถึง ปริมาณสารกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้กัมมันตภาพรังสี 1 ครั้งต่อวินาที

$$1 \text{ becquerel} = 1 \text{ dps}$$

2.2.2 เอกซ์โพเชอร์ (exposure)

ICRU ได้กำหนดให้ เรินต์เกน (roentgen, R) เป็นหน่วย เอกซ์โพเชอร์ ซึ่งหมายถึง หน่วยที่ใช้วัดปริมาณของประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแตกตัวเป็นไอออนเมื่อรังสีผ่านไปในอากาศ

ปริมาณรังสี 1 เรินต์เกน หมายถึง ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศหนัก 0.001293 กรัม (1 ซม.³) ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐานแตกตัวเกิดประจุไฟฟ้า 1 esu

เรินต์เกนมักใช้กับรังสีเอกซ์และแกมมา ซึ่งเป็นการบอกถึงความสามารถของโฟตอนในการแตกตัวเป็นไอออน เนื่องจาก

$$1 \text{ R} = 1 \text{ esu} / 0.001293 \text{ g}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{1 \text{ esu}}{0.001293 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ C}}{3 \times 10^9 \text{ esu}} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

$$= 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg of standard air}$$

เมื่อคำนึงถึงจำนวนคู่อิออนที่เกิดขึ้น เนื่องจากกระบวนการแตกตัวของไอออน ซึ่งประจุที่เกิดจาก 1 คู่อิออน มีค่า 4.8×10^{-10} esu และพลังงานโฟตอน 34 eV ทำให้เกิด 1 คู่อิออน ในอากาศดังนั้น

$$1R = \left(\frac{1 \text{ esu}}{1 \text{ cc of stanard air}} \right) \left(\frac{1 \text{ ion pair}}{4.8 \times 10^{-10} \text{ esu}} \right)$$

$$= 2.08 \times 10^9 \text{ ion pairs/cc of stanard air}$$

$$1R = \left(\frac{2.08 \times 10^9 \text{ ion pairs}}{0.001293 \text{ g}} \right) \left(\frac{34 \text{ eV}}{1 \text{ ion pair}} \right) (1.602 \times 10^{-12} \text{ erg/eV})$$

$$= 87.7 \text{ erg/g of stanard air}$$

สำหรับ SI Unit ใช้ C/kg แสดงค่าเอกซีโพเซอร์โดยที่

$$1R = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

2.2.3 แอบซอร์บโดส (absorbed dose)

แรด (rad) ซึ่งเป็นคำย่อจาก radiation adsorbed dose หมายถึง ปริมาณพลังงานของรังสีที่ตัวกลางใดๆ ดูดกลืนไว้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของตัวกลางนั้น เมื่อรังสีผ่านไปซึ่งจะเขียนได้ว่า

$$\text{rad} = \frac{\text{พลังงานของรังสี}}{\text{น้ำหนักของตัวกลาง}}$$

ปริมาณรังสี 1 แรด หมายถึง ปริมาณของรังสีที่ตัวกลางดูดกลืนพลังงานไว้ได้ 100 เออร์กต่อกรัมของตัวกลาง

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g}$$

$$= 10^{-2} \text{ J/kg}$$

SI unit กำหนดให้จุลต่อกิโลกรัม หรือเกรย์ (Gray, Gy) เป็นหน่วยสำหรับแอบซอร์บโดส โดยที่

$$1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Gy}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

เมื่อพิจารณาปริมาณรังสี 1 เรินต์เกน ซึ่งมีค่าเท่ากับพลังงาน 87.7 เออร์ก ที่ถูกดูดกลืนไว้โดยอากาศ 1 กรัม จะเห็นได้ว่า มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณรังสี 1 แรด ความสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ของหน่วยเอกซีโพเซอร์และแอบซอร์บโดส จึงประมาณได้ว่า

$$1R = 1 \text{ rad}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 โดสอิกวิวาเลนต์ (dose equivalent)

แม้รังสีแต่ละประเภทจะถ่ายเทพลังงานให้กับตัวกลางเท่ากันก็ตามหากตัวกลางเป็นเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต ผลทางชีวภาพที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกัน เช่น นิวตรอนพลังงาน 0.01 เกรย์ ทำให้เกิดผลทางชีววิทยาได้เท่ากับรังสีแกมมา 0.1 เกรย์ แสดงว่า นิวตรอนทำให้เกิดอันตรายได้มากกว่ารังสีแกมมา 10 เท่า ดังนั้นจำเป็นต้องมีหน่วยโดสอิกวิวาเลนต์ เพื่อแสดงผลทางชีววิทยาที่เกิดขึ้น

เรม (Rem, radiation equivalent man) เป็นหน่วยของโดสอิกวิวาเลนต์ ซึ่งโดยทั่วไป จะใช้ในงานด้านของรังสีชีววิทยา (radiation biology) และด้านการป้องกันและความปลอดภัยทางรังสี โดยพิจารณาจากแอบซอร์บโดส ร่วมกับปัจจัยทางชีววิทยา คือ การยังผลด้านชีวภาพสัมพัทธ์ (relative biological effectiveness, RBE) ซึ่งเปรียบเทียบผลทางชีววิทยาจากปริมาณรังสีเอกซ์พลังงาน 250 kV กับปริมาณรังสีอื่นๆ ที่ให้ผลเดียวกัน ค่า RBE สำหรับรังสีต่างๆ กำหนดได้ดังตารางที่ 2.3

$$\text{RBE} = \frac{\text{Dose of 250 kV X-ray to produce a certain biological effect}}{\text{Dose of a given radiation to produce the same biological effect}}$$

ตารางที่ 2.3 ค่า RBE สำหรับรังสีชนิดต่างๆ

ชนิดของรังสี	RBE
X-ray , γ -rays	1
β -rays	1
Thermal neutron	4.5
Fast neutron	10
α -rays	10-20

สำหรับงานด้านความปลอดภัยและการป้องกันอันตรายทางรังสีนั้น ความเป็นอันตรายที่เกิดขึ้นเนื่องจากรังสี ไม่เพียงแต่จะขึ้นกับการดูดกลืนพลังงานจากรังสี แต่ยังขึ้นกับความว่องไวต่อรังสีรวมทั้งการส่งผ่านพลังงานของอวัยวะและเนื้อเยื่อนั้น ICRU แนะนำให้คำนวณโดสอิกวิวาเลนต์จากปัจจัยการแจกจ่าย (distribution factor, DF) ซึ่งแสดงถึงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในเนื้อเยื่อหรืออวัยวะต่างๆ และค่าปัจจัยคุณภาพ (quality factor, QF) ซึ่งคุณภาพของรังสีชนิดต่างๆ ซึ่งกำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 จึงอาจคำนวณโดสอิกวิวาเลนต์ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Dose equivalent (rem)} &= \text{absorbed dose (rad)} \times \text{RBE} \\ &= \text{absorbed dose (rad)} \times \text{DF} \times \text{QF} \end{aligned}$$

ตารางที่ 2.4 ค่า QF ของรังสีต่างๆ

ชนิดของรังสี	QF
X-ray , γ -rays	1
β -rays ($E_{\max} > 0.003$ MeV)	1
β -rays ($E_{\max} < 0.003$ MeV)	1.7
neutron , proton , alpha	10
heavy recoil nuclei	20

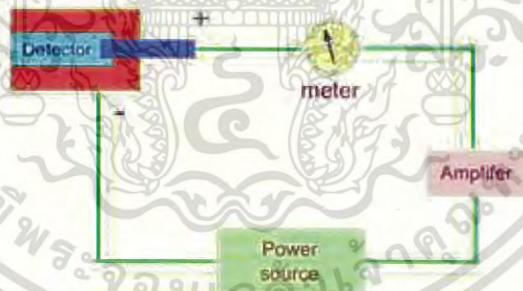
สำหรับหน่วยสากล กำหนดให้ จูลต่อกิโลกรัม หรือ ซีเวิร์ต (sivert, Sv) เป็นหน่วยของโดสอชีววิทยา โดยมีความสัมพันธ์กับเรมดังนี้

$$1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Sv}$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

2.3 หัววัดรังสี

ในการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ หัววัดรังสีเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่มีความสำคัญในการนับวัดปริมาณรังสี หัววัดรังสีมีหลายชนิด ซึ่งการใช้งานขึ้นกับจุดประสงค์และชนิดของรังสี ในการวัดรังสีจะต้องมีหัววัดรังสี(Detector) และระบบการแสดงผลดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบการวัดรังสี ชนิดของหัววัดรังสี ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์หัววัดรังสีที่นิยมใช้มี 2 ประเภทได้แก่ ชนิดบรรจุก๊าซ (Gas-Filled Detector) และชนิดเรืองแสง (Scintillation detector)

แหล่งที่มา:

http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/index_2.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ชนิดของหัววัดรังสี (Type of radiation detectors)

หัววัดรังสีสามารถแบ่งตามชนิดของตัวกลางวัดรังสี ที่ออกแบบขึ้นเพื่อความต้องการด้านประสิทธิภาพในการวัดรังสี (Counting Efficiency) และความสามารถการแจกแจงพลังงาน (Energy Resolution) ได้ 3 ชนิด ดังนี้

1. หัววัดรังสีชนิดบรรจุก๊าซ (Gas-filled detectors)

- 1.1 ไอออนไนเซชันแชมเบอร์ (Ionization chamber counters)
- 1.2 พรอพอร์ชันแนล (Proportional counter)
- 1.3 ไกเกอร์มุลเลอร์ (Geiger-Muller counter)

2. หัววัดรังสีชนิดเรืองรังสี (Scintillation detectors)

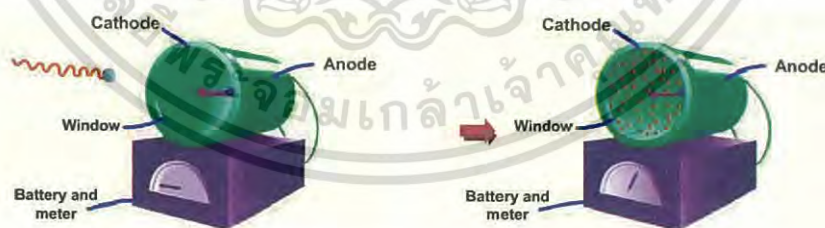
ชนิดของสารเรืองรังสี (Scintillation material) ที่ใช้มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือ ก๊าซ (Solids, liquids or gases scintillator)

3. หัววัดรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor detectors)

- 3.1 Charged-particle detectors (สำหรับวัดอนุภาคที่มีประจุ) ผลักวัดทำงานที่อุณหภูมิแวดล้อม (Diffuse junction, Surface barrier, PIPS)
- 3.2 Photon detectors (สำหรับวัดโฟตอน) ผลักวัดทำงานที่อุณหภูมิต่ำมาก (Lithium drifted; Ge(Li), Si(Li), HPGe, Silicon Drift Detector)

2.3.2 หัววัดรังสีชนิดบรรจุก๊าซ

หัววัดรังสีชนิดนี้ประกอบด้วยวัสดุทึบรังสี ตรงกลางมีก๊าซบรรจุอยู่มักนิยมใช้อากาศ ฮีเลียม นีออน อาร์กอนและ ไฮโดรเจนเป็นต้น และมี 2 Electrode ซึ่ง electrode ที่มีความต่างศักย์เป็นบวกมักจะอยู่ตรงกลางเรียกว่า anode ส่วนที่มีความต่างศักย์เป็นลบมักจะอยู่ด้านนอกเรียก cathode ดังแสดงในรูปที่ 2.2

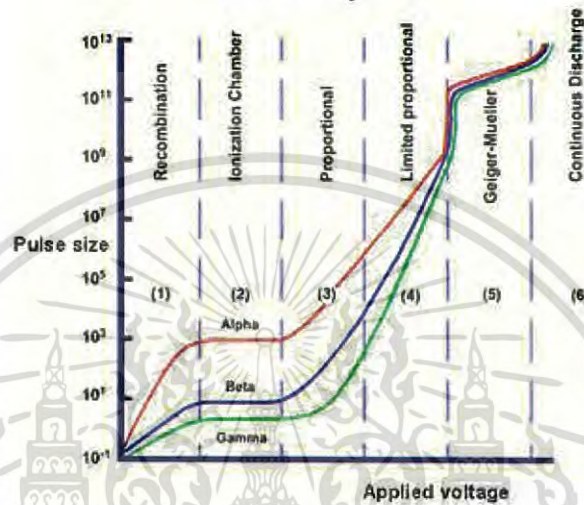


รูปที่ 2.2 หัววัดรังสีชนิดบรรจุก๊าซโดยรังสีทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ซึ่งจะถูกดึงดูดไปที่ Cathode และ Anode ตามลำดับ
แหล่งที่มา:

http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/index_2.htm

หลักการทํางาน

อาศัยหลักการแตกตัวของก๊าซ โดยเมื่อรังสีหรืออนุภาคเข้ามาทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของก๊าซ พลังงานของรังสีจะถ่ายเทให้ก๊าซทำให้เกิดคู่อิออน (ไอออนบวกและไอออนลบ) เมื่อมีความต่างศักย์จ่ายให้กับ Electrode ทั้งสอง ไอออนบวกจะถูกดึงดูดไปที่ cathode ส่วนไอออนลบจะถูกดึงดูดไปที่ anode เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าขึ้น ปริมาณของกระแสขึ้นกับจำนวนไอออนที่ anode จับได้ซึ่งก็ขึ้นกับปริมาณ ชนิดและพลังงานของรังสีที่เข้ามาทำปฏิกิริยา นอกจากนี้ขนาดของกระแสนี้ยังขึ้นกับความต่างศักย์ที่จ่ายให้กับ electrode ทั้งสองเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหัววัดรังสีกับจำนวนคู่อิออนที่เกิดขึ้นโดยแบ่งเป็น 6 ส่วนคือ I เป็นบริเวณ recombination II เป็นบริเวณ ionization III เป็นบริเวณ proportional IV เป็นบริเวณ limited proportional V เป็นบริเวณ GM และ VI เป็นบริเวณ discharge และขนาดของสัญญาณจะขึ้นกับชนิดของรังสี

แหล่งที่มา:

http://www.mt.mahidol.ac.th/e-Learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/index_2.htm

2.4 เครื่องวัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ (GEIGER MULLER COUNTER)

เป็นเครื่องที่นิยมใช้ในการวัดรังสีหรืออนุภาคอย่างกว้างขวาง GM counters ใช้งานง่าย ราคาไม่แพง เหมาะสำหรับเป็นเครื่องมือในการสำรวจสารกัมมันตรังสี โดยเฉพาะในงานป้องกันอันตรายจากรังสี GM counter (รูปที่ 2.4) มีหลายชนิดขึ้นกับการใช้งานได้แก่

- Thin-end window GM counters เป็นหัววัดรังสีที่มีปลายหัววัดด้านหนึ่งทำด้วยแผ่นไมก้า บางๆ ซึ่งส่วนมากจะใช้วัดรังสีแอลฟา และ เบตาพลังงานต่ำ แต่สามารถวัดรังสีแกมมาได้เช่นกัน
- Side- window GM counters จะมีผนังด้านนอกเป็นอะลูมิเนียม หรือ สแตนเลส โดยผนังเลื่อนปิดเปิดได้เพื่อวัดรังสีตามที่ต้องการเช่น ผนังเลื่อนปิดคลุมหัววัดเพื่อวัดรังสีแกมมา เป็นต้น ซึ่งเหมาะสำหรับใช้วัดรังสีเบตาพลังงานสูง รังสีแกมมาและรังสีเอกซ์

Pancake shaped probe จะใช้ในการวัดรังสี แอลฟา เบตาและแกมมา เหมือนชนิด thin end window แต่จะมี sensitivity สูงกว่าชนิด end window เนื่องจากมีพื้นที่ในการวัดรังสีมากกว่า ประมาณ 3 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

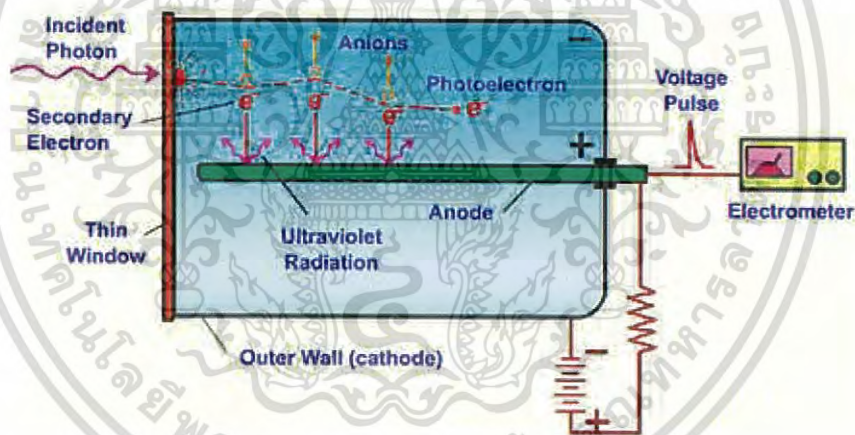


รูปที่ 2.4 เครื่อง GM counter และหัววัดรูปแบบต่างๆ

แหล่งที่มา: [http://www.mt.mahidol.ac.th/e-](http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/14_Geiger_Muller_counter.htm)

[learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/14_Geiger_Muller_counter.htm](http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/14_Geiger_Muller_counter.htm)

ประกอบด้วยภาชนะทรงกระบอกทำด้วยโลหะ หรือเป็นหลอดแก้วหรือหลอดพลาสติกที่มีแผ่นฟิล์มผสมโลหะฉาบไว้ภายใน (รูปที่ 2.5) โดยที่ผนังของภาชนะทรงกระบอกนี้จะทำหน้าที่เป็น Cathode และส่วนตรงกลางจะเป็นเส้นลวดทำหน้าที่ เป็น Anode ซึ่งมีความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า Cathode ภายในหลอด GM จะปิดผนึกและบรรจุก๊าซผสมที่ ประกอบด้วยก๊าซเช่น Helium, Neon, หรือ Argon เป็นต้น นอกจากนี้ยังบรรจุก๊าซที่ทำหน้าที่เป็น Quenching ได้แก่ Bromine หรือ Chlorine



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของ GM counter

แหล่งที่มา: [http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/](http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/15_compound_of_Geiger_Muller_counter.htm)

[NMP_chap2_48/15_compound_of_Geiger_Muller_counter.htm](http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/15_compound_of_Geiger_Muller_counter.htm)

หลักการทำงาน

เมื่อรังสีผ่านเข้าไปภายในหลอด GM จะทำ ปฏิกิริยากับก๊าซเกิดขบวนการแตกตัวขึ้น อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะถูกเร่งเข้าไปที่ anode ที่อยู่กลางหัววัดด้วยความเร็วสูง จะทำ ปฏิกิริยากับก๊าซ ทำให้เกิด ขบวนการแตกตัวขึ้นอีกหลายครั้งซึ่งเรียก gas amplification และเมื่ออิเล็กตรอนวิ่งชน anode จะทำให้เกิดโฟตอน UV หลุดออกมา

- โฟตอน UV บางตัวจะเดินทางไปที่ cathode (ผนังของหัววัด) ทำให้มีอิเล็กตรอนหลุด

ออกมาจากผนัง อิเล็กตรอนเหล่านี้จะถูกเร่งไปยัง anode ทำให้มีโฟตอน UV หลุดออกมาอีก

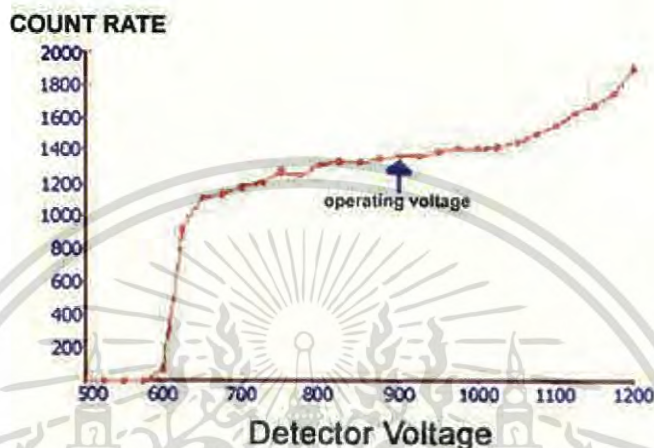
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์นี้เรียก avalanche ionization ซึ่งจะเกิดตามแนวรอบๆ anode

- เมื่อเกิด avalanche อิเล็กตรอนที่เบากว่าประจุบวกจะถูกจับไว้อย่างรวดเร็ว ขณะที่ประจุบวกหนักกว่าทำให้เดินทางช้า ทำให้เกิดเป็นกลุ่มเมฆของประจุบวกรอบๆ anode ขบวนการ avalanche หยุดเมื่ออิเล็กตรอนจะจับกับประจุบวกก่อนที่ถึง anode การเกิด avalanche ionization ใน GM tube จะไม่ขึ้นกับความต่างศักย์ไฟฟ้าและพลังงานของรังสีที่เข้ามาทำปฏิกิริยา ซึ่งทำให้มีกระแสไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ (~ 10¹⁰ เท่า) ทำให้ง่ายต่อการนับวัดด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- ดังนั้น GM-Counter สามารถวัดรังสีได้ที่ละเหตุการณ์ (event) แต่อย่างไรก็ตามขนาดของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะคงที่ไม่ว่ารังสีจะมีพลังงานเท่าใด ดังนั้น GM-counter จึงไม่สามารถแยกพลังงานทางรังสีได้
- เมื่อขบวนการ avalanche สิ้นสุดลงทำให้เกิดปัญหาขึ้นนั่นคือเมื่อประจุบวกเดินทางไปยัง cathode เมื่อเดินทางเข้าไปใกล้จะเกิดมีอิเล็กตรอนหลุดออกมาและจับกับประจุบวกซึ่งอิเล็กตรอนบางตัวจะหลุดเข้าไปในวงโคจรที่มีพลังงานสูงของประจุบวก
- และเมื่ออิเล็กตรอนเดินทางมาวงโคจรที่มีพลังงานต่ำกว่า โฟตอน UV จะถูกปล่อยออกมาจะทำให้เกิดมีอิเล็กตรอนหลุดออกจาก cathode และเกิด avalanche ขึ้นอีก ถ้าปล่อยให้เกิดขึ้นต่อไปจะเกิดปัญหา discharge ขึ้น วิธีการแก้ไขที่นิยมใช้คือใช้ quenching gas ใส่เข้าไปในก๊าซผสมโดย Quenching gas มีคุณสมบัติดังนี้
- ให้อิเล็กตรอนได้ง่ายเมื่อเกิดกลุ่มประจุบวกขึ้น quenching gas จะจับประจุบวกโดยปล่อยอิเล็กตรอน ออกมา quenching gas จะอยู่ในสถานะ ionized molecule
- ionized molecule ของ quenching gas จะจับกับอิเล็กตรอนที่เข้ามาอยู่ในวงโคจรพลังงานสูง เกิดการสลายตัวของโมเลกุลของก๊าซหรืออาจเกิดโฟตอน UV
- โมเลกุลของ quenching gas ต้องมีคุณสมบัติดูดกลืนโฟตอน UV ได้ดี ดังนั้นโฟตอน UV ที่เกิดจากการปรับภาวะพลังงานของกลุ่มประจุบวกจะถูกดูดกลืนไว้ก่อนที่จะทำให้เกิด avalanche อีกครั้ง Quenching gas โดยทั่วไปจะใช้สารระเหยเช่น alcohol และ halogen gas (เช่น คลอรีน) เป็นต้น

ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมที่จ่ายให้กับ GM counter มีความสำคัญเนื่องจากถ้าใช้ ความต่างศักย์ไฟฟ้า ต่ำเกินไปจะทำให้ไม่สามารถนับวัดรังสีได้ หรือถ้ามากเกินไปทำให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาค่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสม สำหรับ GM counter ดังแสดงใน รูปที่ 2.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความต่างศักย์จะเพิ่มขึ้นอย่างมากจนถึงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าบริเวณที่เรียก plateau region ค่านี้วัดจากจุดนี้ไปจะคงที่แม้ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ในการเลือกใช้ถ้า บริเวณ plateau มีบริเวณกว้าง จะใช้ค่า 1/3 ของบริเวณ plateau แต่ถ้าบริเวณ plateau แคบจะ ใช้ค่าที่อยู่กึ่งกลางของ plateau

แต่เมื่อความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้นเลยบริเวณ Plateau ค่านับวัดจะมากขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งทำให้เกิดการแตกตัวภายในหลอด GM แบบต่อเนื่อง บริเวณนี้จะเรียก spontaneous discharge ทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าบริเวณนี้ไม่นิยมนำมาใช้เนื่องจากไม่ได้ให้ข้อมูลที่แม่นยำ เพราะแม้ไม่มีรังสีเข้ามาทำปฏิกิริยาแต่มีการแตกตัวให้คู่อิออน เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการแตกตัวแบบต่อเนื่องของพวก quenching gas เป็นผลให้อายุการใช้งานของ GM counter สั้นลง ดังนั้นความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับ GM counter คือบริเวณ plateau



รูปที่ 2.6 Characteristic curve ของ GM counter

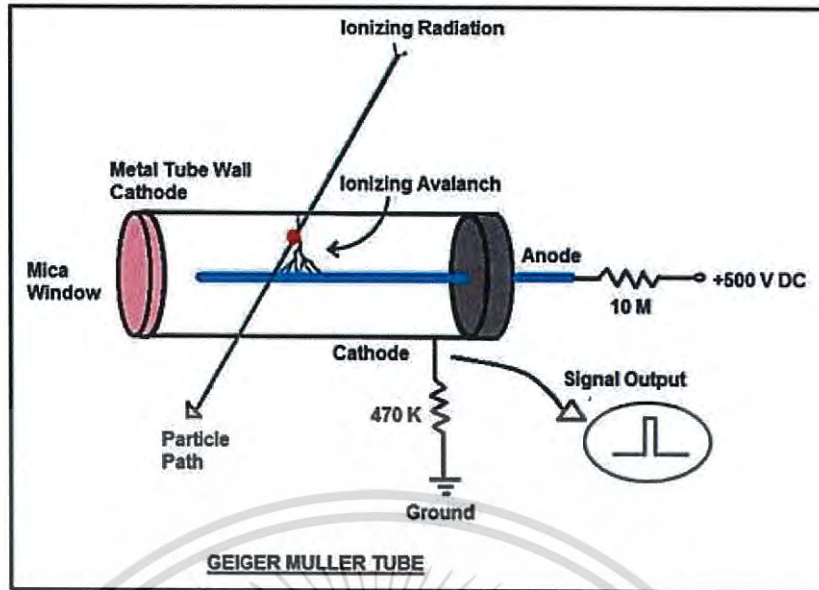
แหล่งที่มา: [http://www.mt.mahidol.ac.th/e-](http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/17_mac_of_Geiger_Muller_counter2.htm)

[learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/17_mac_of_Geiger_Muller_counter2.htm](http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/17_mac_of_Geiger_Muller_counter2.htm)

หลอด Geiger-Muller (หรือ G-M หลอด) เป็นองค์ประกอบที่ตรวจจับของเครื่องมือวัดกัมมันตภาพรังสีใช้สำหรับการตรวจสอบของรังสี มันเป็นชื่อ ฮันส์ โกลเกอร์ ที่คิดค้นหลักการในปี 1908 และ วอลเธอร์ มุลเลอร์ ที่ร่วมมือกับ โกลเกอร์ ในการพัฒนาเทคนิคการต่อไปในปี 1928 การผลิตหลอดปฏิบัติที่สามารถตรวจสอบจำนวนของชนิดที่แตกต่างกันรังสี โกลเกอร์ มุลเลอร์หลอดเป็นการตรวจสอบการฉายรังสีและเครื่องมือวัดแบบพกพาที่ใช้ในการตรวจสอบสถานะของการฉายรังสีในรอบ รังสีเหล่านี้อาจจะเกิดจากอนุภาคแอลฟาอนุภาคเบตา รังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์ นอกจากนี้ยังช่วยให้เรามีตัววัดความเข้มของรังสี

เครื่องวัดสารรังสีของเราเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตามแบบพกพาน้ำหนักเบาแบตเตอรี่ดำเนินเครื่องมือ เคาน์เตอร์ Geiger-Mueller (GM COUNTER) เปิดตัวในปี 1928 เป็นหนึ่งในเครื่องตรวจจับรังสีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน มันมีหลักการง่าย ๆ ของการดำเนินงานที่มีต้นทุนต่ำและความเรียบง่ายก่อสร้างทั่วไป มันเป็นเครื่องตรวจจับก๊าซไอออนไนซ์และใช้ปรากฏการณ์การพังทลาย Townsend ในการผลิตอิเล็กทริกของพัลส์ตรวจพบได้อย่างง่ายดายจากการเป็นเพียงเหตุการณ์เดียวทำให้เกิดไอออนเนื่องจากอนุภาครังสี

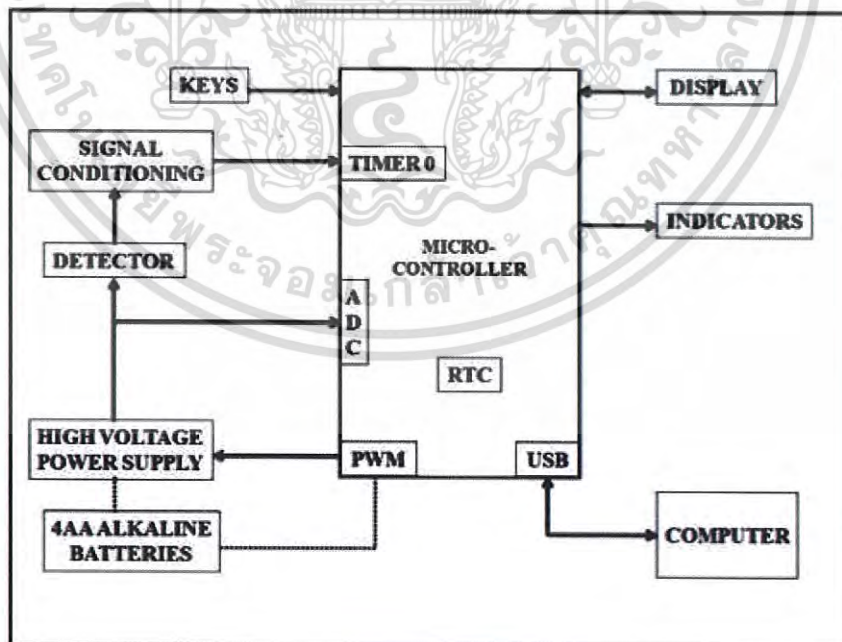
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แบบดั้งเดิมของ ไกเกอร์ มุลเลอร์ เคาน์เตอร์ใช้หลอดหน้าต่างปลายบางและกับแหล่งจ่ายแรงดันสูงใช้ผ่านตัวต้านทาน

แหล่งที่มา: http://www.imagesco.com/articles/geiger/build_your_own_geiger_counter_-_gm_tube.html

2.4.1 แนวคิดของอุปกรณ์และการดำเนินงาน

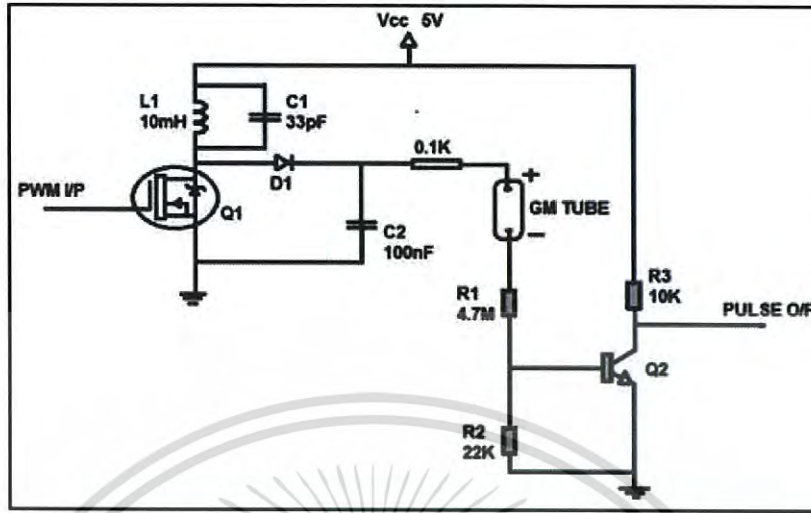


รูปที่ 2.8 แผนภาพบล็อกของกระบวนการสำรวจรังสี

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตรวจจับ



รูปที่ 9 วงจรตรวจจับ

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

เครื่องตรวจจับวงจรประกอบด้วยเครื่องตรวจจับรังสี (หลอด GM) ซึ่งเป็นแปลงเพิ่ม (เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้โดย (หลอด GM) และวงจรนับของพัลส์ (การนับและส่งพัลส์ที่สร้างโดยหลอด GM)

การตรวจจับ

เราใช้ GM หลอด [TYPE- 131] ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยระบบ Nucleonic ในโครงการของเราเนื่องจากมีราคาถูกหม้อหลอดสามารถใช้ได้กับความไวที่ดีกว่า นอกจากนี้ยังเป็นมีขนาดเล็กกว่าซึ่งจะช่วยลดขนาดของเครื่องมือ



รูปที่ 2.10 หลอด GM STS-5(SBM-20)

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

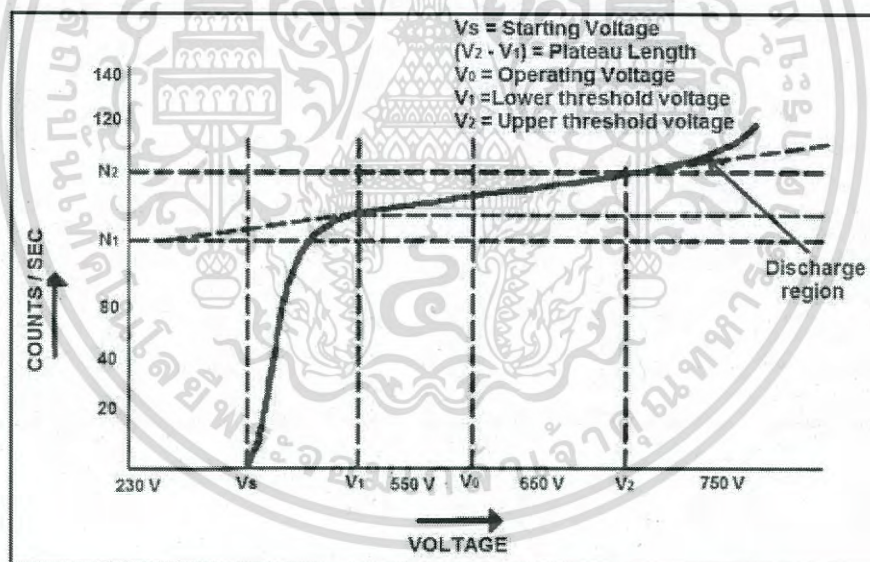
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของหลอด GM

หลอด GM ส่วนใหญ่มีลักษณะเหมือนโลหะปกคลุมกระบอกแก้วที่มีเพียงสองการเชื่อมต่อภายในพวกเขาจะเต็มไปด้วยแก๊สมีตระกูล (นีออนเป็นปกติ แต่ฮีเลียมหรืออาร์กอนยังสามารถใช้) บวกจำนวนเล็ก ๆ ของฮาโลเจน ไฟฟ้าหลอด GM เป็นตัวเก็บประจุทรงกระบอกด้วยก๊าซเป็นอิเล็กทริก ลวดที่วางตามแนวแกนทำหน้าที่เป็นขั้วหนึ่งและเกราะป้องกันโลหะทรงกระบอกเป็นอื่น ๆ DC แรงดันไฟฟ้าขนาดใหญ่ (ระหว่าง 500 และ 1200 V) มีการตั้งค่างระหว่างขั้วกับไม่มีกระแสไหลผ่านได้ตามปกติก๊าซ ถ้ารังสีใด ๆ ที่จะเข้าสู่หลอดและแบ่งอะตอมก๊าซบางอย่างในไอออน (นั่นคือถ้ามันมีพลังงานเพียงพอ) ไอออนจะถูกเร่งโดยสนามไฟฟ้าและชนกับอะตอมอื่นจึงคูณอย่างมหาศาลจำนวนของไอออนภายในหลอด นี้เรียกว่า "ผลการพังทลาย" ผลที่ได้คือการแบ่งอิเล็กทริกและค่าไฟฟ้าที่ไหลผ่านก๊าซและวงจรไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับ

ลักษณะ

รูปที่แสดงให้เห็นว่าเป็นรูปร่างที่เรียบง่ายของการเป็นส่วนหนึ่งของเส้นโค้งลักษณะของหลอด Geiger Muller; STS-5 (SBM- 20) ลักษณะนี้จะได้รับโดยการวางแผนอัตราการนับในพัลส์ต่อวินาทีเป็นหน้าที่ของแรงดันในสาขาเรียงตัวอย่างต่อเนื่อง สำหรับวัดที่ถูกต้องของหลอดความเข้มของรังสีจะต้องดำเนินการในเขตที่ราบ



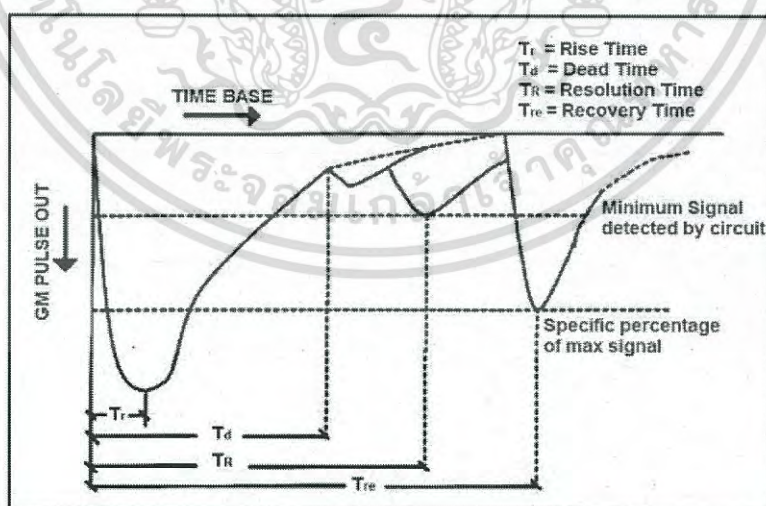
รูปที่ 2.11 ลักษณะเส้นโค้งของหลอด GM

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

1	Starting voltage	280-330V
2	Advised working voltage	360-440V
3	Plateau length	At least 80V
4	Plateau slope	0.125%/1V
5	Maximum natural background	27 pulses/minute
6	Load resistance	5-10Mohms
7	Allowable stray capacitance of input circuit	10pf
8	Transit capacitor	7-10pf
9	Allowable surround temperature	-40-+50 degree Celsius

เดดไทม์ของหลอด GM

เดดไทม์เป็นหนึ่งในตัวแปรที่สำคัญของหลอด GM เดดไทม์เป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ต่อไปปล่อยในระหว่างที่หลอด Geiger Muller มีความสามารถในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ทำให้เกิดไอออนใต้อานี้ ระยะเวลาอันสั้นนี้เวลาในขณะที่ความจุงจรที่มีประสิทธิภาพพาร์จ โดยปกติส่วนใหญ่ของประจุบวกที่เหลือจะเก็บรวบรวมโดยสนามไฟฟ้าในช่วงเวลานี้ แต่สนามยังคงต่ำเกินไปที่จะช่วยให้การปล่อยอีกแม้ว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อทำให้เกิดไอออน เดดไทม์(DT) เป็นเวลาที่ผ่านไประหว่างจุดเริ่มต้นของหนึ่งของพัลส์และของพัลส์ต่อไปที่ใกล้เคียงที่สุดที่มีอยู่ แหล่งที่มาของสารกัมมันตรังสีจะต้องวางอยู่มากใกล้เคียงกับเครื่องตรวจจับที่จะเพิ่มจำนวนในสภาพนี้มีผลในครั้งสั้นอายุสามารถสังเกตเห็นได้ง่ายขึ้น (DT) สามารถแตกต่างกันระหว่าง 20micros และ 200micros ขึ้นอยู่กับรุ่นเครื่องตรวจจับ



รูปที่ 2.12 หลอด GM ตรวจจับสัญญาณพัลส์เท่าที่เห็นในหน้าจอ Oscilloscope เพื่อกำหนดเวลาสั้นอายุ

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

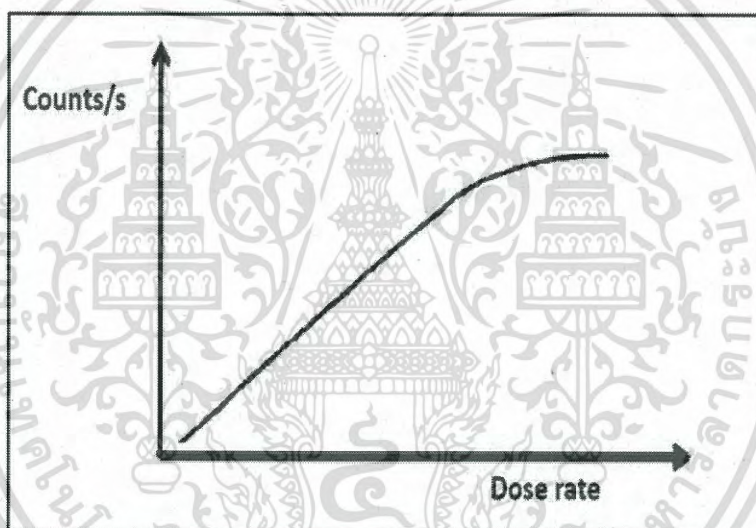
นับเดดไทม์และราคา

เดดไทม์หลังจากที่แต่ละปล่อยไอออนไนซ์จะ จำกัด อัตราสูงสุดนับเพราะ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ตายแล้วไม่สามารถผลิตนับ ความสัมพันธ์ระหว่าง T เวลา ตาย N1 อัตราการนับจริงและอัตราการนับวัด N คือ:

$$N1 = N / (1 - N\tau)$$

นิพจน์นี้จะใช้ได้เฉพาะเมื่อ $N\tau \ll 1$

ในอัตราที่ปริมาณสูงน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้เกิดไอออนภายในระยะเดดไทม์อยู่ใน ระดับสูงและอื่น ๆ เป็นจำนวนมากของการนับจะหายไป ผลกระทบนี้มักจะถูกมองว่าเป็นไม่ใช่ เส้นตรงในอัตราปริมาณรังสีตลอดลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการนับอัตรา

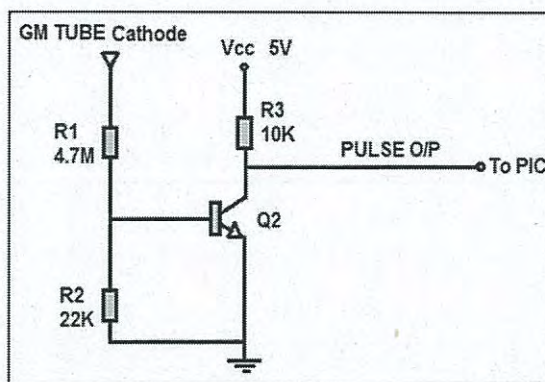


รูปที่ 2.13 อัตราการนับ VS อัตราปริมาณรังสีสำหรับหลอด Geiger Muller ทั่วไป
แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

วงจรมับสัญญาณพัลส์

สัญญาณที่ต้านทานแคโทดจะได้รับไปที่ฐานของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ เป็นสวิทช์ เมื่อแรงดันไฟฟ้าฐานของทรานซิสเตอร์อยู่ในระดับต่ำทรานซิสเตอร์อยู่ในโหมดตัดเพื่อให้ แรงดันไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในระดับสูง เมื่อของพัลส์ในเชิงบวกที่เกิดขึ้นในแคโทดแรงดันไฟฟ้าฐานไดรฟ์ ทรานซิสเตอร์เข้าสู่โหมดความอิมพัลส์ที่แรงดันสะสมจะต่ำ พัลส์จะถูกวัดโดยการควบคุม นักชั้วของ ทรานซิสเตอร์จะเชื่อมต่อกับ 6 ขาของตัวควบคุมของ PIC Timer0 ของตัวควบคุม PIC ถูกนำมาใช้ใน โหมดเคาน์เตอร์ในการวัดชีพจร 6 ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC คือการใส่สัญญาณภายนอกสำหรับ Timer0 เมื่อขอบเชิงลบจะปรากฏขึ้นที่ขา 6, Timer0 ได้รับเพิ่มขึ้นโดยหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 พัลส์นับวงจร

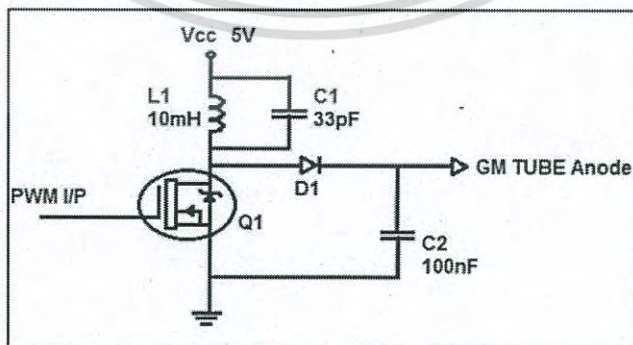
แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

พาวเวอร์ซัพพลาย

หลอด Geiger Muller ต้องใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูง (400V - 1500V) สำหรับการดำเนินงานของ สำหรับหลอดแรงดันไฟฟ้าที่แนะนำโดย บริษัท ผู้ผลิตคือ 500V วงจรที่ใช้สำหรับการสร้างของพัลส์สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยใช้คุณลักษณะ PWM การสนับสนุนจากการควบคุม เราได้สร้างสัญญาณ ขึ้น 4 kHz การโดยใช้คอนโทรลเลอร์ PIC เพื่อจุดประสงค์นี้เวลา 1 ของ PIC คือมีสอง คลื่นสี่เหลี่ยมที่เราได้สร้างขึ้นจะใช้ในการเปิดและปิดมอสเฟต เหนี่ยวนำไดโอดและตัวเก็บประจุ จะถูกใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟเพิ่มเพื่อเพิ่มแรงดัน 5V DC เพื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่สูงขึ้น

Boost Converter

แปลงเพิ่ม (ขั้นตอนขึ้น Converter) เป็นแปลงไฟ DC-DC ไปกับแรงดันออกมากกว่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต มันเป็นขั้นของแหล่งจ่ายไฟสลับโหมด (SMPS) ที่มีอย่างน้อยสองเซมิคอนดักเตอร์ (ไดโอดและทรานซิสเตอร์) และอย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบการจัดเก็บพลังงานตัวเก็บประจุ, ตัวเหนี่ยวนำหรือสองในการรวมกัน ฟิลเตอร์ที่ทำจากตัวเก็บประจุ (บางครั้งร่วมกับ inductors) มีการเพิ่มตามปกติเพื่อให้การส่งออกของแปลงที่จะลดการกระเพื่อมแรงดันขาออก สวิตช์เป็นปกติ MOSFET, IGBT หรือบีเจที

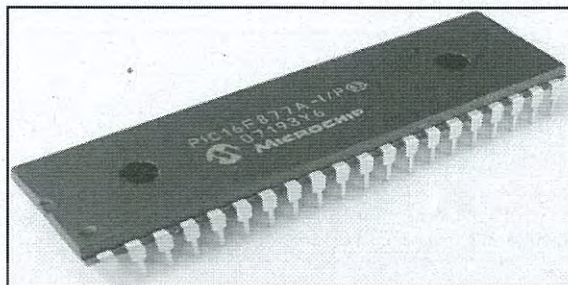


รูปที่ 2.15 วงจร Boost Converter

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไมอนุญาตให้เนาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Controller



รูปที่ 2.16 PIC16F877A

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

เราได้เลือก PIC16F877A ไมโครคอนโทรลเลอร์ มันเป็น 40 ขา 8 บิต CMOS FLASH ไมโครคอนโทรลเลอร์ สถาปัตยกรรมหลักมีประสิทธิภาพสูง RISC CPU; ดังนั้นมัน รันคำสั่งทั้งหมดในรอบเดียว PIC 16F877A มาพร้อมกับ 3 ความเร็วในการทำงานกับข้อมูลนาฬิกา 4, 8 หรือ 20 MHz เนื่องจากแต่ละรอบจะใช้เวลาการเรียนการสอนนาฬิกา 4 การใช้งานรอบการเรียนการสอนในแต่ละเวลา 0.2us เมื่อ 20MHz oscillator ถูกนำมาใช้ มันมีอยู่สองประเภทของความทรงจำภายใน หนึ่งคือหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลของหน่วยความจำ หน่วยความจำโครงการให้บริการโดย 8K คำ (หรือ 8K * 14 บิต) หน่วยความจำแฟลชและหน่วยความจำข้อมูลมีสองแหล่ง ประเภทหนึ่งของหน่วยความจำข้อมูลเป็น RAM 368 ไบต์และอื่น ๆ เป็น 256 ไบต์ EEPROM คุณสมบัติหลักรวมถึงแหล่งที่มาขัดจังหวะไม่เกิน 14 ประหยัดพลังงานโหมดพัก กับแหล่งจ่าย 5V เดียวและการเขียนโปรแกรมแบบอนุกรม (ICSP) ความสามารถในการใช้ไฟฟ้า กระบวนการ / อ่างปัจจุบันแหล่งที่มาซึ่งบ่งชี้อำนาจขับจากพอร์ต I / O ishigh กับ 25mA ใช้พลังงานน้อยกว่าที่ 2mA ในสภาพการดำเนินงาน 5V

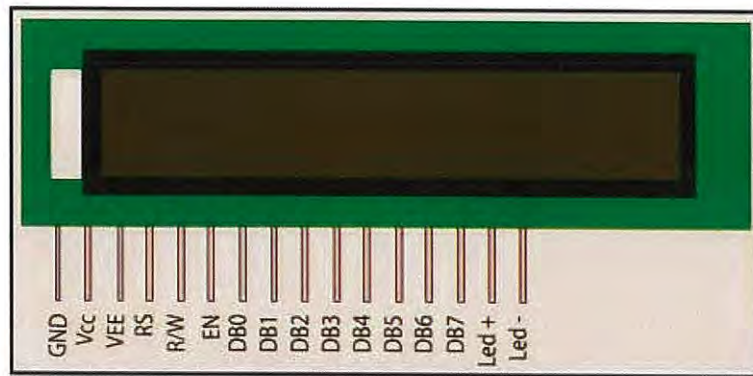
จอโมดูลแสดงผล

เราได้ใช้ 16X2 LCD (JHD162A) ใน "ริงส์สำรวจ Meter" สำหรับคุณสมบัติ

ดังต่อไปนี้

1. มุมมองที่กว้างและความคมชัดสูง
2. เมทริกซ์ 5-7 ตัวละครจุดด้วยเคอร์เซอร์
3. การเชื่อมต่อกับ 4- บิตหรือ 8- บิต MPUs
4. การแสดงผลได้ไม่เกิน 226 ตัวอักษรและสัญลักษณ์พิเศษ
5. รูปแบบตัวอักษรที่กำหนดเองจะแสดงด้วย RAM ตัวอักษร
6. ชุดคำสั่งมากมายรวมทั้งการแสดงผลที่ชัดเจน เคอร์เซอร์ / ปิดและตัวอักษรกระพริบ
7. ขนาดกะทัดรัดและน้ำหนักเบาสำหรับการชุมนุมที่ง่ายต่อการเครื่องมือโฮสต์
8. Operable เดียวแหล่งจ่ายไฟ 5V
9. การใช้พลังงานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

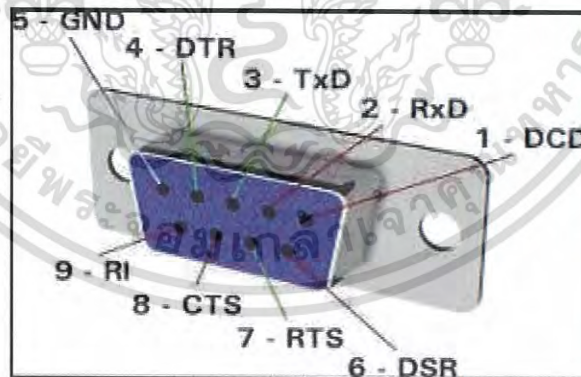


รูปที่ 2.16 LCD 16X 2 displays

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

RS-232 ใช้ MAX 232

ในการสื่อสารโทรคมนาคม, RS-232 เป็นมาตรฐานสำหรับการส่งผ่านการสื่อสารแบบอนุกรมของข้อมูล มันอย่างเป็นทางการกำหนดสัญญาณการเชื่อมต่อระหว่าง DTE (เข้าข้อมูลอุปกรณ์) เช่น สถานีคอมพิวเตอร์และ DCE (อุปกรณ์วงจรการยกเลิกข้อมูลที่กำหนดไว้เดิมเป็นอุปกรณ์การสื่อสารข้อมูลเช่นโมเด็ม. มาตรฐานกำหนดลักษณะไฟฟ้าและระยะเวลาของการส่งสัญญาณความหมายของสัญญาณและขนาดทางกายภาพ และขาออกของการเชื่อมต่อ. รุ่นปัจจุบันของมาตรฐานคือ TIA-232-F เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เทอร์มินัลข้อมูลและวงจรการสิ้นสุดอุปกรณ์จ้างอนุกรมไบนารี Data Interchange ที่ออกในปี 1997



รูปที่ 2.17 RS-232

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

MAX232 เป็น IC ที่แปลงสัญญาณจากพอร์ตอนุกรม RS232 สัญญาณเหมาะสำหรับใช้ใน TTL ที่รองรับวงจรตรรกะดิจิทัล MAX232 เป็นไดรเวอร์คู่ / รับและมักจะแปลง Rx, TX, CTS และ RTS สัญญาณ โปรแกรมควบคุมให้อาร์เอส 232 ระดับแรงดันขาออก (ประมาณ $\pm 7.5V$) จากสัญญาณ + เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5V อุปทานผ่านป้อนค่าใช้จ่ายบนชิปและตัวเก็บประจุภายนอก นี้จะทำให้มันมีประโยชน์สำหรับการใช้ อาร์เอส 232 ในอุปกรณ์ที่อาจไม่จำเป็นต้องใช้แรงดันไฟฟ้าใด ๆ นอก 0V ถึง + 5V ช่วงการออกแบบ แหล่งจ่ายไฟไม่ต้องมีการทำที่ซับซ้อนมากขึ้นเพียงสำหรับการขับ 232 อาร์เอสในกรณีนี้. รับปัจจัย การผลิตลด RS232 (ซึ่งอาจจะสูงถึง ± 25 V), มาตรฐานระดับ TTL 5 รับเหล่านี้มีเกณฑ์ทั่วไป 1.3 V และ hysteresis แบบฉบับของ 0.5V

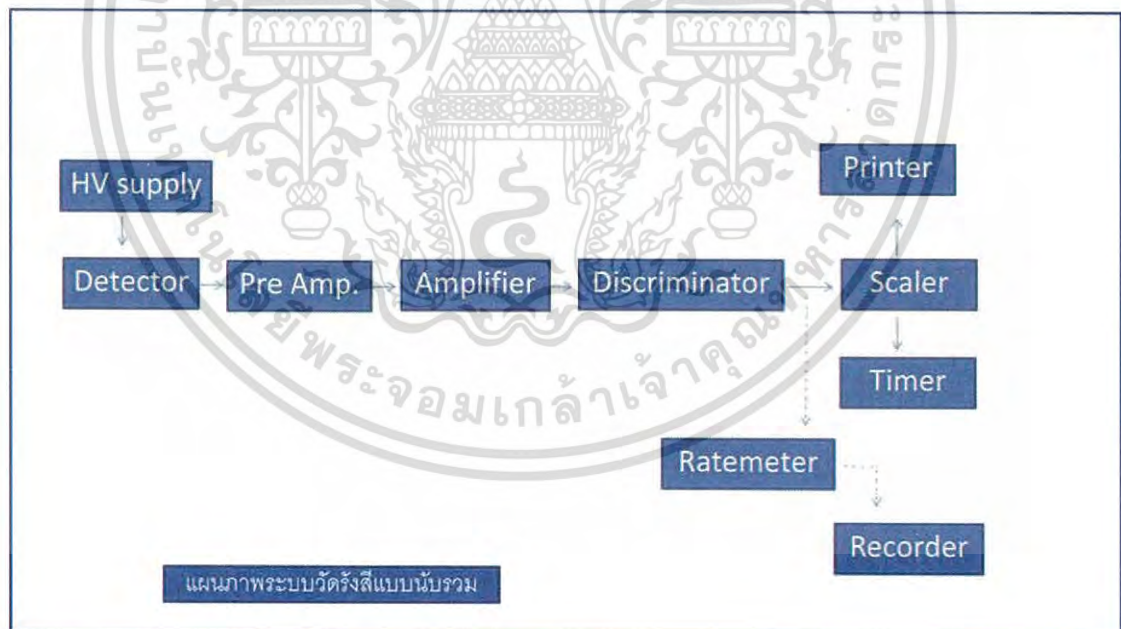


รูปที่ 2.18 MAX232 IC

แหล่งที่มา : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology

2.5 ระบบวัดนิวเคลียร์ (Nuclear measuring system)

Integral counting system (ระบบนับวัดความแรงรังสี)



รูปที่ 2.19 ระบบวัดรังสีแบบนับรวมพลังงาน

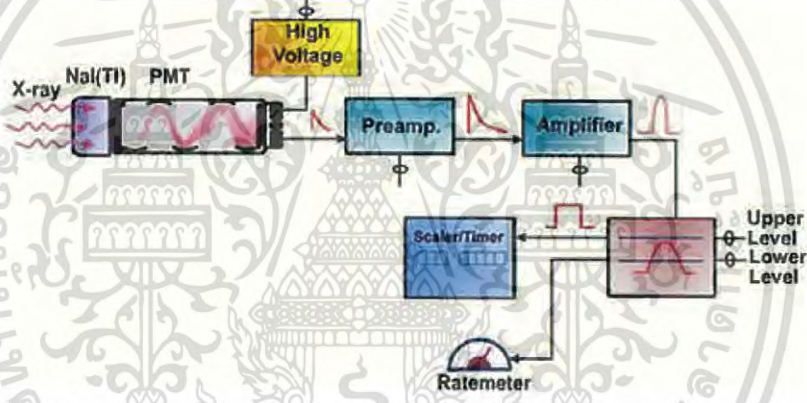
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 การวัดรังสี

กระบวนการนำผลที่ได้จากหัววัดรังสี ไปสร้างเป็นข้อมูลการวัดและ วิเคราะห์ผลการวัดรังสีเพื่อแสดงผลในหน่วยวัดรังสีมาตรฐานประกอบด้วย 2 ส่วนย่อย

ส่วนที่ 1. อุปกรณ์การวัดรังสี ทำหน้าที่จัดสัญญาณไฟฟ้าจากหัววัดรังสีด้วยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ เช่น การวัดปริมาณรังสี การวิเคราะห์สเปกตรัมนิวเคลียร์ เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีเทคนิคในการจัดอุปกรณ์วัดให้จัดการข้อมูลวัดใน รูปแบบที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 การแสดงผลการวัดรังสี ผลการวัดรังสีในหน่วยมาตรฐานจะต้องมีการวิเคราะห์ และแปรผลข้อมูลที่วัดได้จากกระบวนการวัดรังสีจึงต้องการเทคนิคด้านประเมินผลการวัดรังสี เพื่อให้ผลการวัดมีความถูกต้อง ความแม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการวัด รังสีมีตัวแปรที่มีผลต่อค่านับวัดรังสีหลายอย่าง เช่น ประสิทธิภาพของการวัดรังสี รังสีรบกวนจาก ภายนอก ความแปรปรวนของการแผ่รังสี และความไม่เสถียรของระบบวัดรังสี เป็นต้น ระบบนับวัดรังสีในทางนิวเคลียร์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.20

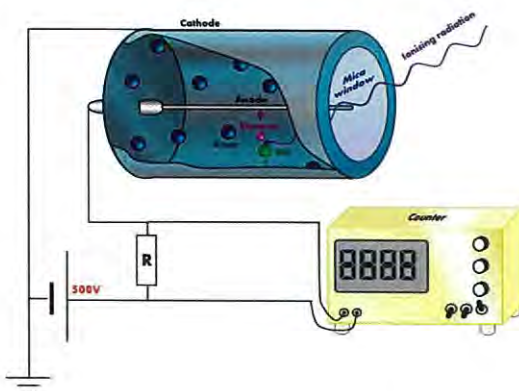


รูปที่ 2.20 วงจรการทำงานของระบบนับวัดรังสีและสัญญาณที่ได้จากส่วนประกอบต่างๆ แหล่งที่มา: จิราภรณ์ โตเจริญชัย, ภาวนา ภูสุวรรณ เทคโนโลยีทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ฉบับแก้ไขปรับปรุง:พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลิฟวิง 2545

2.5.2 เครื่องวัดรังสี

การวัดปริมาณรังสีทำได้โดยอาศัยการวัดปริมาณของไอออนของแก๊สที่แตกตัว ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อรังสีผ่านเครื่องวัด หรือผ่านไปในฟิล์มที่ไวต่อแสง จะทำให้เกิดภาพขึ้น ปริมาณของภาพหรือเส้นแนวทางที่เกิดขึ้นนี้ จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มของรังสี

เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันโดยทั่วไปสะดวกต่อการวัดและเป็นแบบง่ายที่สุด ได้แก่ ไกเกอร์มูลเลอร์-เคเตอร์ (Geiger-Muller counter) หรือเรียกว่า เครื่องนับไกเกอร์ หัววัดทำด้วยโลหะ (ทองแดงหรือทองเหลือง) หรือหลอดแก้วที่มีโลหะฉาบผิวในหลอดก็ได้ ดังภาพที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบอย่างง่ายของเครื่องมือวัด ไกเกอร์-มูลเลอร์

แหล่งที่มา:

http://news.softpedia.com/news/How-Geiger-Counters-Work-89087.shtml#sgal_1

การทำงานของเครื่องนับ ไกเกอร์-มูลเลอร์ สรุปได้ย่อๆ ดังนี้

เมื่ออนุภาคที่มีประจุผ่านไปในหัววัด จะทำให้แก๊สในหลอดแตกตัวเป็นไอออน ไอออนบวกนั้นจะเคลื่อนที่ไปยังผิวของหลอด ส่วนอิเล็กตรอนจะวิ่งเข้าสู่เส้นลวด ดังนั้น แก๊สที่อยู่ในหลอดจะทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ทำให้มีสัญญาณไฟฟ้าอยู่ในวงจร ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องนับสัญญาณ เครื่องนับนี้จะวัดปริมาณของรังสีได้

โดยทั่วไป การพิจารณาว่า รังสีจากธาตุกัมมันตรังสีจำนวนหนึ่งๆ มีปริมาณหรือความแรงของรังสีมากน้อยเพียงใด อาจพิจารณาได้ 2 วิธี

1. พิจารณาจากอัตราการสลาย ที่เรียกว่า กัมมันตภาพรังสีของธาตุกัมมันตรังสีจำนวนนั้น ธาตุจำนวนหนึ่งที่มีกัมมันตภาพรังสีสูง ย่อมให้ปริมาณรังสีมากกว่าธาตุอีกจำนวนหนึ่งที่มีกัมมันตภาพต่ำในช่วงเวลาเดียวกัน

2. พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมเมื่อได้รับรังสี เช่น คว้าเมื่อให้รังสีนั้นผ่านเข้าไปในอากาศ จะทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนมากน้อยเพียงใด วิธีนี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีนั้นแผ่ออกมาโดยตรง จึงนิยมเรียกว่า ขนาดของรังสี (Radiation dose)

หน่วยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณของรังสีจากธาตุกัมมันตรังสี จึงจำแนกได้เป็น 2 หน่วย คือ หน่วยของกัมมันตภาพ (activity units) กับหน่วยของขนาดรังสี (Radiation dose)

2.6 ทฤษฎีทางการควบคุมระบบ

การเขียนโปรแกรมควบคุม

ปัจจุบันนี้การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมคอนโทรลเลอร์สามารถทำได้ง่ายมากขึ้นกว่าแต่ก่อนมาก เพราะมีการพัฒนาเครื่องมือขึ้นทำให้สามารถพัฒนาคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาระดับสูงที่นักโปรแกรมคุ้นเคย เช่น ภาษาเบสิก และภาษาซี แทนการใช้ภาษาแอสเซมบลี แต่อย่างไรก็ตามการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูงทำให้ต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำในการโปรแกรมเยอะมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การเขียนโปรแกรมภาษาซีเบื้องต้น สำหรับการควบคุมบอร์ด Arduino Uno R3

บอร์ด Arduino นี้ได้รับการพัฒนาโดยอาศัยคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Atmel ในกลุ่ม AVR ATMEGA ซึ่งเป็นคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งยังง่ายต่อการเข้าใจและนอกจากนี้ผู้พัฒนา Arduino ยังได้พัฒนาตัวแปลภาษา (Compiler) ภาษาซีให้สามารถ Download มาใช้งานได้ฟรีด้วยรายละเอียด นี้จะกล่าวถึงชนิดของตัวแปร โครงสร้างของภาษาซีสำหรับ Arduino และการใช้งานโปรแกรม Arduino Compiler

2.6.2 ชนิดของตัวแปร

ตัวแปรหมายถึงกลุ่มของอักขระที่ตั้งขึ้นเป็นชื่อเพื่อใช้สำหรับการอ้างถึงข้อมูล การคำนวณ การส่งผ่านข้อมูล หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ตัวแปร คือสะพานเชื่อมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้คอนโทรลเลอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะตัวแปรมีความสำคัญที่สุดในการเขียนโปรแกรม ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้พัฒนาโปรแกรมจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงชนิดของข้อมูล และการประกาศใช้ให้เหมาะสมมิเช่นนั้น จะทำให้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทำงานอย่างผิดพลาดได้

การตั้งชื่อตัวแปรจะต้องตั้งโดยขึ้นต้นด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ (A – Z หรือ a – z) เท่านั้น แล้วตามด้วยตัวเลขหรือตัวอักษรก็ได้ และห้ามมีการเว้นช่องว่างระหว่างชื่อตัวแปร แต่สามารถใช้อักขระ “_” แทนช่องว่างได้ เช่น A_123 หรือ Bruise Lee เป็นต้น

ชื่อตัวแปรส่วนใหญ่จะตั้งให้สื่อถึงข้อมูลที่กำลังดำเนินการอยู่ และไม่ควรมีความยาวมากนัก เพื่อให้การเขียนโปรแกรมไม่เกิดความเทอะทะ ยึดเยื้อ และจบบรรทัดได้ เช่นการตั้งชื่อตัวแปรว่า CommandToSend อาจสื่อถึงข้อมูลที่ต้องการส่งไปควบคุม เป็นต้น

รูปแบบการประกาศตัวแปร ทำได้ดังนี้

ชนิดตัวแปร ชื่อตัวแปร = ค่าเริ่มต้น;

หมายถึงการกำหนดชื่อตัวแปร ให้มีชนิดตามที่กำหนดและมีค่าเริ่มต้นเท่ากับค่าเริ่มต้นที่ต้องการและต้องตามท้ายบรรทัดด้วยเครื่องหมาย Semi-colon (;) เสมอ ซึ่งตัวแปรมีความแตกต่างจากค่าคงที่คือ ตัวแปรสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ด้วยโปรแกรม แต่หากกำหนดให้ตัวแปรเป็นค่าคงที่แล้ว จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้

รูปแบบการกำหนดค่าคงที่ ทำได้ดังนี้

Constชนิดตัวแปร ชื่อตัวแปร = ค่าคงที่;

หมายถึงการกำหนดชื่อตัวแปรให้เป็นค่าคงที่ ให้มีชนิดตามที่กำหนดและมีค่าเท่ากับค่าเริ่มต้นที่ต้องการและต้องตามท้ายบรรทัดด้วยเครื่องหมาย Semi-colon (;) เสมอ

1. ตัวแปรชนิดบูลีน (boolean)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้งานค่าสองแบบคือ จริง หรือ เท็จ (true/false)
การกำหนดค่า	true หรือ false
ขนาดข้อมูล	1 bit
การประกาศใช้	boolean ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	booleanLedStatus; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร LedStatusเป็นตัวแปรชนิด boolean

2. ตัวแปรชนิดตัวอักษร (char)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้ค่าแทนตัวอักษรตามรหัส ASCII เป็นข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม
การกำหนดค่า	หากเป็นการกำหนดค่าตัวอักษร ต้องอยู่ภายใต้เครื่องหมาย ' ' เช่น 'a' 'b' หรือสามารถกำหนดเป็นค่ารหัส ASCII ได้เช่นสามารถใช้ค่า 65 แทนอักษร A ได้ (ตาราง ASCII สามารถดูได้จากภาคผนวก ก.)
ขนาดข้อมูล	8 bit ค่าอยู่ระหว่าง -128 ถึง 127
การประกาศใช้	char ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	char YesChar = 'Y'; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร YesCharเป็นตัวแปรชนิด char มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 'Y' ซึ่งมีค่าเท่ากับ 89 ตามรหัส ASCII

3. ตัวแปรชนิดตัวอักษร (unsigned char)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้ค่าแทนตัวอักษรตามรหัส ASCII หรือเพื่อคำนวณทั่วไป เป็นข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม
การกำหนดค่า	หากเป็นการกำหนดค่าตัวอักษร ต้องอยู่ภายใต้เครื่องหมาย ' ' เช่น 'a' 'b' หรือสามารถกำหนดเป็นค่ารหัส ASCII ได้เช่นสามารถใช้ค่า 65 แทนอักษร A ได้ (ตาราง ASCII สามารถดูได้จากภาคผนวก ก.)
ขนาดข้อมูล	8 bit ค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255
การประกาศใช้	unsigned char ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	unsigned char inLove = 54; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร inLove เป็นตัวแปรชนิด unsigned char มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 54 หรือแปลงเป็นตัวอักษรคือ '6'

i. ตัวแปรชนิดตัวอักษร (byte)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลขนาด 1 ไบต์ เป็นข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม
การกำหนดค่า	สามารถกำหนดค่าเป็นเลขฐานอื่นได้ เช่น ฐาน 2 กำหนดได้โดย 0b00101101 ฐาน 16 กำหนดได้โดย 0x4A ถ้าไม่กำหนดจะถือว่าเป็นเลขฐานสิบ
ขนาดข้อมูล	8 bit ค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255
การประกาศใช้	byte ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	byte YouKnow = 0x33; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร YouKnow เป็นตัวแปรชนิด byte มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0x33 ในฐาน 16 หรือเท่ากับ 51 ในฐาน 10

ii. ตัวแปรชนิดจำนวนเต็ม (int)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลขนาด 2 ไบต์ (สำหรับ UNO R3) และเป็นข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม
การกำหนดค่า	สามารถกำหนดค่าเป็นเลขฐานอื่นได้ เช่นฐาน 16 กำหนดได้โดย 0x45A1 ถ้าไม่กำหนดจะถือว่าเป็นเลขฐานสิบ
ขนาดข้อมูล	16 bit หรือ 2 ไบต์ ค่าอยู่ระหว่าง -32,768 ถึง 32,767
การประกาศใช้	int ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	intGoodLife = -3760; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร GoodLife เป็นตัวแปรชนิด int มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ -3760

iii. ตัวแปรชนิดจำนวนเต็มแบบไม่มีเครื่องหมาย (unsigned int)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลขนาด 2 ไบต์ (สำหรับ UNO R3) และเป็นข้อมูลชนิดจำนวนเต็มบวก
การกำหนดค่า	สามารถกำหนดค่าเป็นเลขฐานอื่นได้ เช่นฐาน 16 กำหนดได้โดย 0x45A1 ถ้าไม่กำหนดจะถือว่าเป็นเลขฐานสิบ
ขนาดข้อมูล	16 bit หรือ 2 ไบต์ ค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 65,535
การประกาศใช้	unsigned int ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	unsigned intGoodLife = 3760; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร GoodLife เป็นตัวแปรชนิด int มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 3760 หากมีการกำหนดให้เป็น -3760 ข้อมูลจะถูกแปลงไปเป็นเลขจำนวนเต็มบวก

4. ตัวแปรชนิดเวิร์ด (word)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลขนาด 2 ไบต์ (สำหรับ UNO R3) และเป็นข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม
การกำหนดค่า	สามารถกำหนดค่าเป็นเลขฐานอื่นได้ เช่นฐาน 16 กำหนดได้โดย 0x45A1 ถ้าไม่กำหนดจะถือว่าเป็นเลขฐานสิบ
ขนาดข้อมูล	16 bit หรือ 2 ไบต์ ค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 65,535
การประกาศใช้	Word ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	word BeautifulLife = 0x4537; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร BeautifulLifeเป็นตัวแปรชนิด word มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0x4537 ในฐาน 16

5. ตัวแปรชนิดลอง (long)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลขนาด 4ไบต์ และเป็นข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม
การกำหนดค่า	สามารถกำหนดค่าเป็นเลขฐานอื่นได้ เช่นฐาน 16 กำหนดได้โดย 0x45BCA1D7 ถ้าไม่กำหนดจะถือว่าเป็นเลขฐานสิบ
ขนาดข้อมูล	32bit หรือ4ไบต์ ค่าอยู่ระหว่าง -2,147,483,648 ถึง 2,147,483,647.
การประกาศใช้	long ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	longBeautifulLife = 0x46569537; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร BeautifulLifeเป็นตัวแปรชนิด longมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0x46569537ในฐาน 16

6. ตัวแปรชนิดลองแบบไม่มีเครื่องหมาย (unsigned long)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลขนาด 4 ไบต์ และเป็นข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม
การกำหนดค่า	สามารถกำหนดค่าเป็นเลขฐานอื่นได้ เช่นฐาน 16 กำหนดได้โดย <code>0x45BCA1D7</code> ถ้าไม่กำหนดจะถือว่าเป็นเลขฐานสิบ
ขนาดข้อมูล	32 bit หรือ 4 ไบต์ ค่าอยู่ระหว่าง 0 to 4,294,967,295
การประกาศใช้	unsigned long ชื่อตัวแปร
ตัวอย่าง	unsigned long YouWillKnow = 0x46569537; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร YouWillKnow เป็นตัวแปรชนิด unsigned long มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0x46569537 ในฐาน 16

7. ตัวแปรชนิดจำนวนจริง (float)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลขนาด 4 ไบต์ และเป็นข้อมูลชนิดจำนวนจริง
การกำหนดค่า	สามารถกำหนดค่าเป็นเลขทศนิยม 6 – 7 หลัก
ขนาดข้อมูล	32 bit หรือ 4 ไบต์ -3.4028235E+38 ถึง 3.4028235E+38
การประกาศใช้	float ชื่อตัวแปร;
ตัวอย่าง	float FeelGood = 1.458E-10; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร FeelGood เป็นตัวแปรชนิด float มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.458E-10

8. ตัวแปรชนิดลองจันวนจริงค่ากว้าง (double)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลขนาด 4 ไบต์ และเป็นข้อมูลชนิดจันวนจริงมีคุณสมบัติเหมือน float ทุกประการ
การกำหนดค่า	สามารถกำหนดค่าเป็นเลขทศนิยม 6 – 7 หลัก
ขนาดข้อมูล	32 bit หรือ 4 ไบต์ -3.4028235E+38 ถึง 3.4028235E+38
การประกาศใช้	double ชื่อตัวแปร;
ตัวอย่าง	double FeelVeryGood = 1.458E-10; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร FeelVeryGoodเป็นตัวแปรชนิด double มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.458E-10

9. ตัวแปรชนิดกลุ่มอักษรหรืออาเรย์ของตัวอักษร (string – char array)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ประกาศเพื่อใช้แทนข้อมูลที่เป็นชุดของอักขระ ตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป
การกำหนดค่า	กำหนดเป็นอักขระเดี่ยวระหว่างเครื่องหมาย ' ' หรือกำหนดเป็นชุดอักขระระหว่างเครื่องหมาย " "
ขนาดข้อมูล	ขึ้นอยู่กับขนาดของชุดข้อมูลที่กำหนด หน่วยเป็นไบต์
การประกาศใช้	char ชื่อตัวแปร[ขนาดของชุดข้อมูล] = ค่าเริ่มต้น;
ตัวอย่าง	char Str2[8] = {'a', 'r', 'd', 'u', 'i', 'n', 'o'}; char Str5[8] = "arduino"; หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร Str2 มีขนาดข้อมูล 8 ไบต์ มีค่าเริ่มต้นเป็นคำว่า arduino

10. ตัวแปรชนิดอาร์เรย์ (array)

อธิบาย	เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดเป็นเซต ประกอบด้วยอาร์เรย์ 1 มิติ 2 มิติ 3 มิติ เป็นต้น
การกำหนดค่า	ข้อมูลที่บรรจุในอาร์เรย์ขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูลที่กำหนด
ขนาดข้อมูล	ขึ้นอยู่กับขนาดของชุดข้อมูลที่กำหนด หน่วยเป็นไบต์
การประกาศใช้	ชนิดข้อมูล ชื่อตัวแปร[ขนาดของชุดข้อมูล] = ค่าเริ่มต้น;
ตัวอย่าง	<pre>intFunnyThings[3] = {42, 0x34, 1413};</pre> <pre>floatDimension [4] = {3.1415, 54.3, 66.80, 0.16E-12}</pre> <p>หมายถึงการกำหนดให้ตัวแปร FunnyThingsเป็นข้อมูลแบบอาร์เรย์ขนาด 3 ชุด โดยข้อมูลแต่ละชุดเป็นข้อมูลแบบ intมีค่าเริ่มต้นตามที่กำหนด</p>

a. โปรแกรม Arduino

- i. การตั้งค่าเบื้องต้น เมื่อ Download โปรแกรม sketchbook มาแล้ว ให้ install และ run program จะได้โปรแกรมดังภาพ จากนั้นให้ไปที่เมนู Tools > Board >เลือก Arduino Uno R3

```

sketch_may07a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เห็นได้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ii. พื้นที่สำหรับการเขียนโปรแกรม

พื้นที่ในการเขียนโปรแกรมจะแบ่งเป็นสองส่วน คือส่วนที่เป็นการตั้งค่า (setup()) และส่วนที่เป็นการ Run (loop())

```
void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

อย่างไรก็ตาม ในส่วน setup() สามารถเขียนโปรแกรมให้ ทำงานได้เช่นเดียวกัน



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

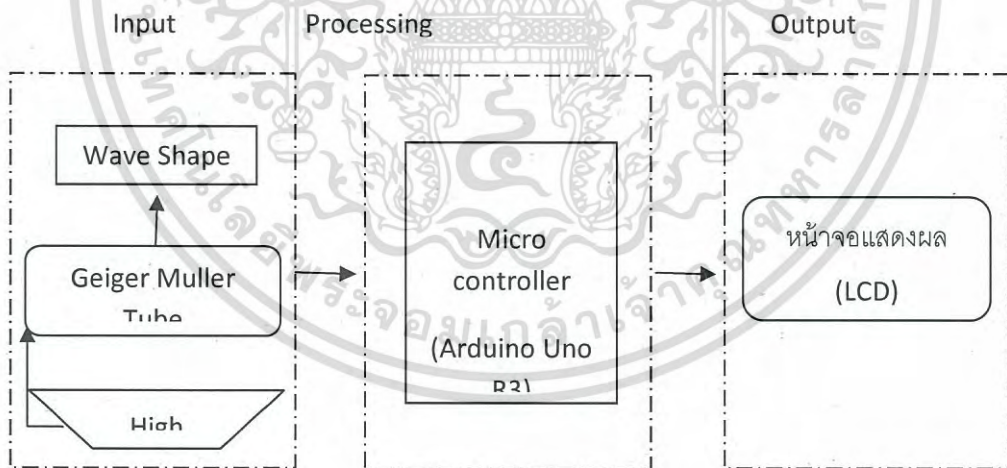
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

- ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับรังสีและเครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ (Geiger-Muller tube)
- ขั้นตอนที่ 2 เขียนโปรแกรมควบคุมระบบการนับวัดรังสี
- ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบและวิเคราะห์ผลการทำงานของระบบนับวัดรังสี

3.1.1 ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับรังสีและเครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ (Geiger-Muller tube)

3.1.1.1 หลักการทำงาน

การทำงานของเครื่องวัดรังสี ในภาคตรวจวัดรังสี จะใช้หัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ ในการตรวจวัดรังสี เมื่อหัววัดรังสีตรวจจับรังสีได้ หัววัดก็จะส่งสัญญาณพัลส์ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นภาคประมวลผล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับสัญญาณและประมวลผลแปลงค่าเป็นหน่วยของการได้รับรังสี และส่งไปที่ภาคแสดงผล ซึ่งการแสดงผลจะประกอบไปด้วย หน้าจอ LCD ทำการแสดงผลค่าเชิงตัวเลข



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการทำงาน

3.1.1.2 วงจรและหลักการทำงานของเครื่องวัดปริมาณรังสี สามารถแบ่งออกเป็นภาคการทำงานต่างๆดังต่อไปนี้

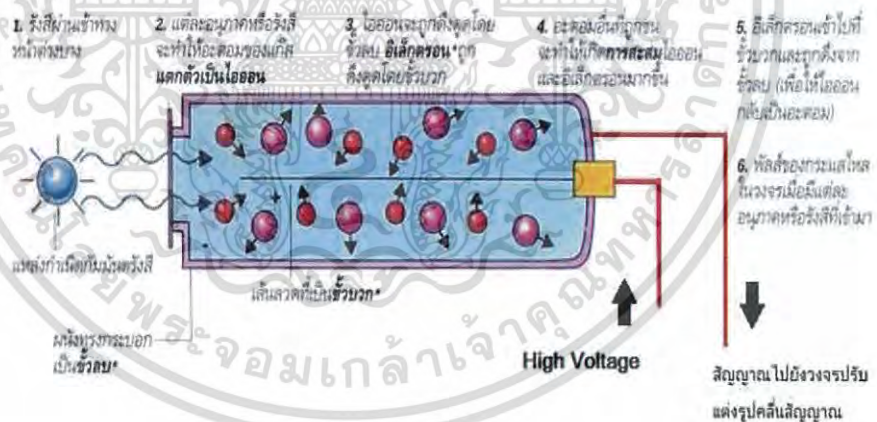
3.1.1.2.1 ภาคแหล่งจ่ายไฟฟ้า

เป็นภาคจ่ายไฟฟ้าให้กับส่วนต่างๆโดยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ จะถูกลดแรงดันให้เหลือ 5 โวลต์ ด้วยชุดวงจร Regulator ไฟฟ้าแรงดัน 5 โวลต์ นี้จะถูกใช้ในการป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์และโมดูลต่างๆได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรควบคุม โมดูลหน้าจอลiquid crystal displays (LCD)

3.1.1.2.2 ภาคตรวจวัดรังสี

จะประกอบไปด้วยหัววัดรังสี วงจรผลิตไฟฟ้าแรงดันสูงและวงจรปรับแต่งรูปคลื่นสัญญาณ ซึ่งจะอธิบายในแต่ละส่วนดังนี้
ก. หัววัดรังสี

เลือกใช้หัววัดรังสีแบบ Geiger-Muller Tube ของบริษัท LND รุ่น 712 ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ทั้งรังสีบีตาและรังสีแกมมา มีย่านการวัด 0.1 -100 มิลลิเรนท์/เกน ต้องมีไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงขนาด 500 โวลต์ จากวงจรผลิตไฟฟ้าแรงดันสูงป้อนให้กับขั้วแอนโนดและขั้วแคโทด ของหัววัดรังสี ในขณะที่ได้รับปริมาณรังสี หัววัดรังสีจะทำการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาทางขั้วแคโทดสัญญาณที่ได้จะเดินทางไปท่วงจรปรับแต่งรูปคลื่นสัญญาณต่อไป



รูปที่ 3.4 การทำงานของหัววัดรังสีแบบ Geiger-Muller Tube

แหล่งที่มา : http://www.research-system.siam.edu/images/coop/DEVELOPMENT_OF_RADIOACTIVE_INSTRUMENT_WITH_DATA_SAVING_MEMORY_CARD/6%20-%20%203%20mag.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Founded 1964

LND, INC.

3230 LAWSON BLVD., OCEANSIDE, NEW YORK 11572

E-mail: info@lndinc.com Web Site: <http://www.lndinc.com>
1-516-678-6141 Fax: 1-516-678-6704

Designers & Manufacturers of Nuclear Radiation Detectors

712 End Window-Alpha-Beta-Gamma Detector**GENERAL SPECIFICATIONS**

Gas filling	Ne +Halogen
Cathode material	446 Stainless Steel
Maximum length (inch/mm)	1.94/49.2
Effective length (inch/mm)	1.5/38.1
Maximum diameter (inch/mm)	0.59/15.1
Effective diameter (inch/mm)	0.36/9.1
Connector	Pin
Operating temperature range °C	-40 to +75

WINDOW SPECIFICATIONS

Areal density (mg/cm ²)	1.5 - 2.0
Effective diameter (inch/mm)	0.36/9.1
Material	Mica

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

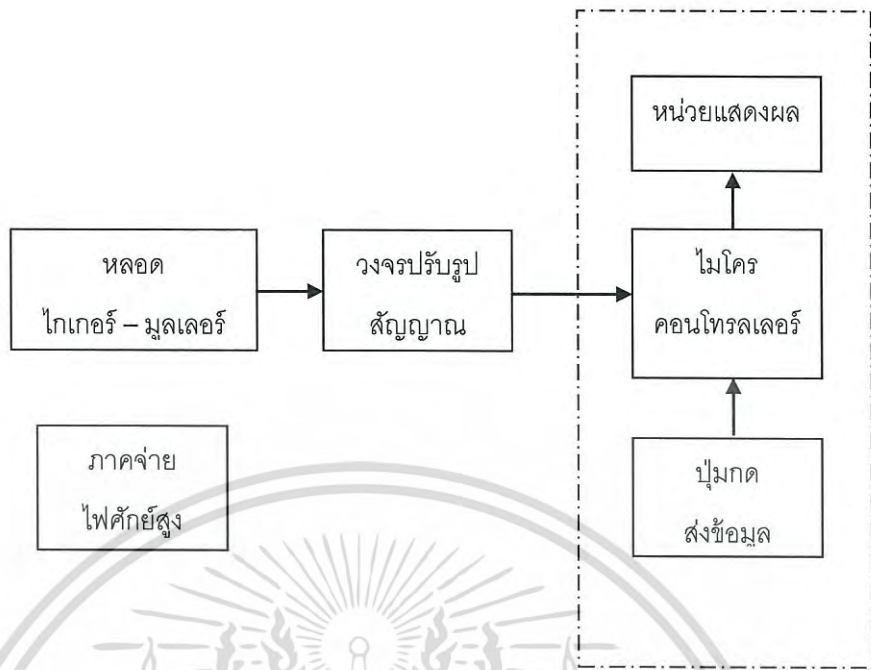
Recommended anode resistor (meg ohm)	10
Maximum starting voltage (volts)	325
Recommended operating voltage (volts)	500
Operating voltage range (volts)	450 - 650
Maximum plateau slope (%/100 volts)	6
Minimum dead time (micro sec)	90
Gamma sensitivity Co60 (cps/mr/hr)	18
Tube capacitance (pf)	3
Weight (grams)	8
Maximum background shielded 50mm Pb + 3mm Al (cpm)	10

รูปที่ 3.6 ข้อมูลจำเพาะของหัววัดรังสีแบบ Geiger-Muller Tube รุ่น LND-712
แหล่งที่มา : <http://www.lndinc.com/products/pdf/711/>

3.1.1.2.3 ภาคควบคุมการทำงานและประมวลผล

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA328P-PU จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องวัดรังสีพร้อมกับทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่ได้จากภาคตรวจวัดรังสี ให้เป็นข้อมูลเพื่อส่งให้กับและภาคแสดงผล หน้าทีของไมโครคอนโทรลเลอร์จะอธิบายในแต่ละส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมส่วนต่างๆโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ก. ควบคุมการทำงาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการทำงาน เครื่องวัดรังสี และส่วนต่างๆ ภายใน เครื่องวัดรังสี ได้แก่ส่งสัญญาณพัลส์เพื่อควบคุมวงจรผลิตไฟฟ้าแรงดันสูง ควบคุมการทำงานของภาคแสดงผลที่หน้าจอแอลซีดี

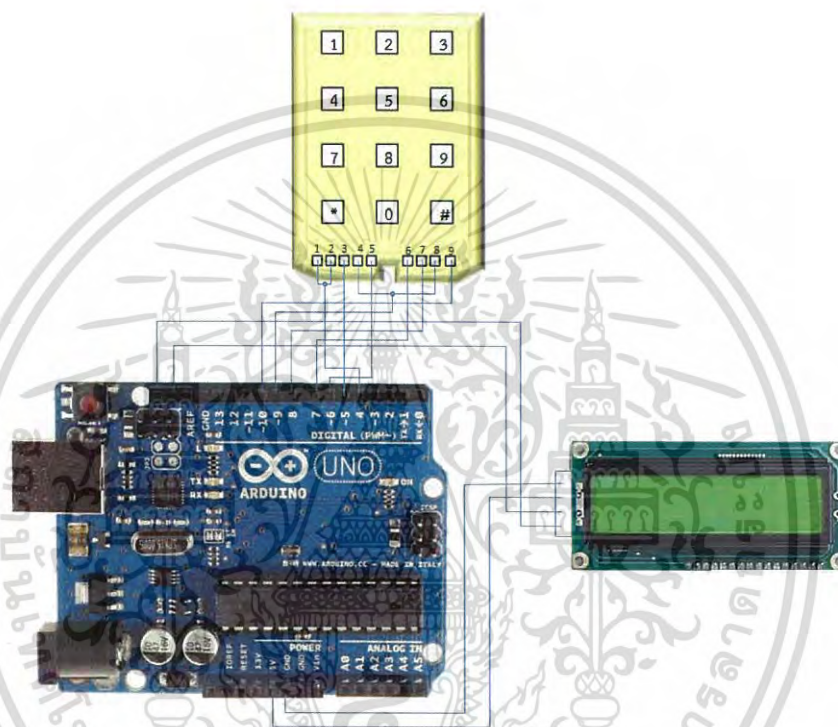


รูปที่ 3.8 Arduino Uno R3 Bread

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

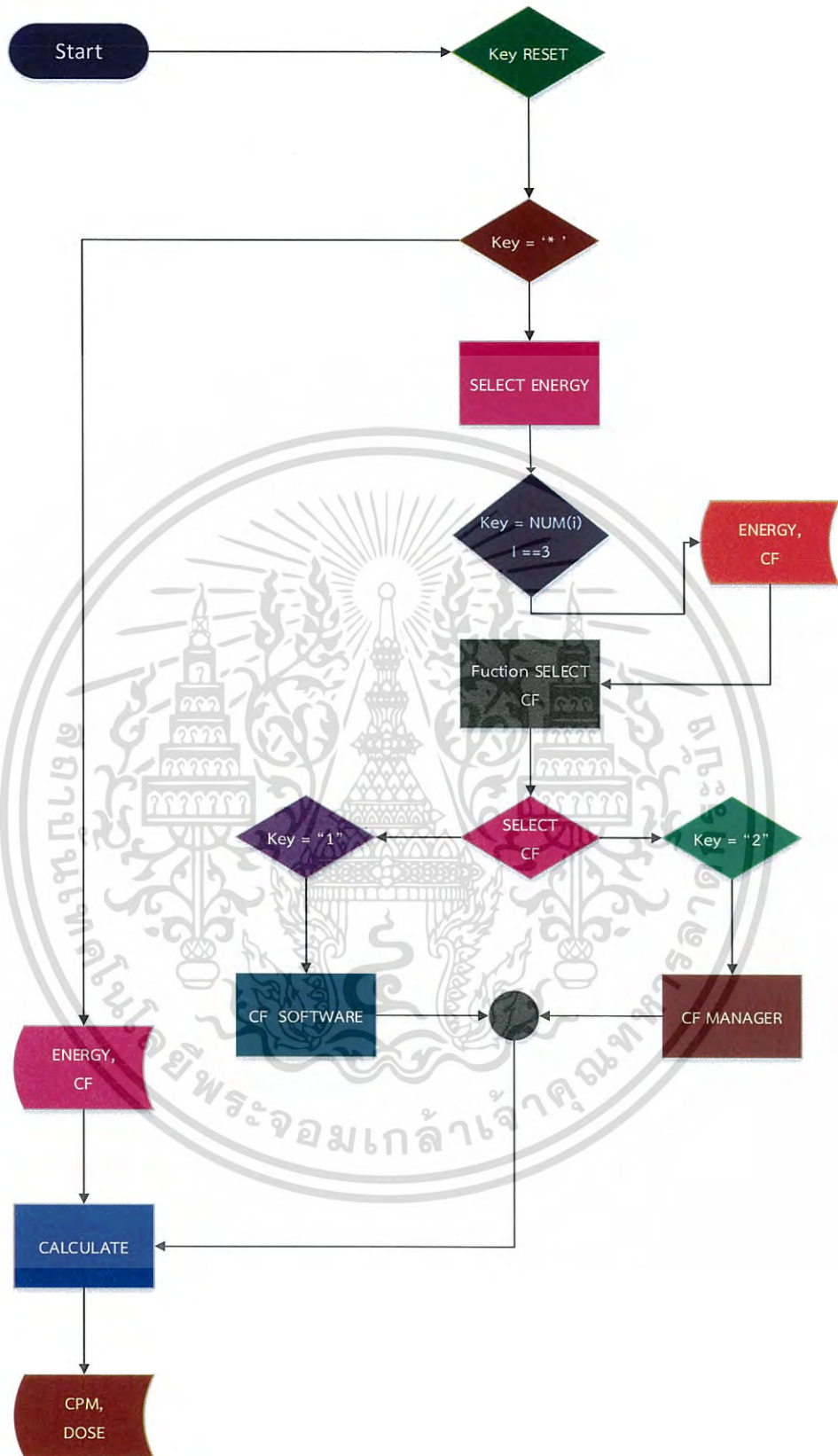
การทำงานของเครื่องวัดรังสี เมื่อเริ่มเปิด สวิตช์ เครื่องจะเริ่มทำงานในโหมด การนับรังสี เราสามารถเปลี่ยนค่าพลังงานได้โดยกด Reset ที่ปุ่ม “*” แล้วเลือกพลังงานได้ตั้งแต่ช่วง 0-300 keV หลังจากนั้นระบบจะแสดงค่า พลังงานและ Calibration factor และแสดงฟังก์ชันการเลือกใช้ค่า calibration factor โดยเลือกกด 1 จะใช้ค่า calibration factor ของระบบ และ กด 2 ผู้ใช้สามารถป้อนค่า calibration factor ที่ต้องการได้ เมื่อเลือกเสร็จ ระบบจะทำการนับวัดและคำนวณค่าการนับ เป็นจำนวนครั้งต่อหนึ่งนาที่ และค่าปริมาณรังสีในหน่วยไมโครซีเวิร์ต

3.1.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบการนับวัดรังสี



รูปที่ 3.9 วงจรภาคประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (ATMEGA328)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนซอฟต์แวร์

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบนับวัดของเครื่องวัดรังสี ทางผู้ศึกษาวิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมในส่วนของการควบคุม โดยใช้โปรแกรม Arduino uno r3 ในการควบคุม ซึ่งในส่วนของโปรแกรมที่ใช้จะเป็นชุดคำสั่งทำหน้าที่ควบคุมการนับวัดปริมาณรังสีซึ่งโปรแกรมที่เขียนจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนแสดงการตั้งค่า Library เริ่มต้น

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
#include <Keypad.h>
```

ส่วนแสดงฟังก์ชันประกาศตัวแปร

```
int DECENERGY;
char Energy[3];
char CF_VALUE [3];
int CF_status ;
boolean CF_OK = false;
boolean state = 0;
boolean KeyStatus = false;
char index = 0;
unsigned long cnt = 0;
float cpm;
float dose;
unsigned long oldtime = 0;
unsigned long curtime;
float convtable_f [20] = {1.00, 1.05, 1.10, 1.15, 1.20, 1.25, 1.30, 1.35, 1.40, 1.45, 1.50,
    1.55, 1.60, 1.65, 1.70, 1.75, 1.80, 1.85, 1.90, 1.95}; //ตัวแปร Array เก็บค่า
    cons_factor
float conv_f = 1 ;
```

ส่วนแสดงฟังก์ชันประกาศตัวแปร ของปุ่มกด

```
char K = 0;
char keytable[10] = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, };
const byte ROWS = 4; //four rows
const byte COLS = 3; //three columns
```

```

char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3'},
  {'4', '5', '6'},
  {'7', '8', '9'},
  {'*', '0', '#'}
};
byte rowPins[ROWS] = {7, 6, 5, 4}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPins[COLS] = {10, 9, 8}; //connect to the column pinouts of the keypad
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );

```

ส่วนแสดงการฟังก์ชันการนับวัดและทำงานใน loop

```

testkey();
detachInterrupt(1);
curtime = millis() - oldtime;
cpm = ((float)cnt / (float) curtime) * 60000;
dose = cpm / conv_f;
oldtime = millis();
attachInterrupt(1, isr, FALLING);
cnt = 0;

```

ส่วนแสดงฟังก์ชันการกดปุ่มกด

```

else if (KeyStatus == true){
  lcd.print(key);
  delay(500);
  if (key == 49) {
    K = 1;
  }
  else if (key == 50) {
    K = 2;
  }
  else if (key == 51) {
    K = 3;
  }
  else if (key == 52) {
    K = 4;
  }
  else if (key == 53) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
else if (key == 54) {
    K = 6;
}
else if (key == 55) {
    K = 7;
}
else if (key == 56) {
    K = 8;
}
else if (key == 57) {
    K = 9;
}
else if (key == 48) {
    K = 0;
}

```

ส่วนแสดงการคำนวณค่าตัวเลขจากปุ่มกด

```

Energy[index] = keytable[K];
index = index + 1;
} // KeyStatus == true
if (index == 3) {
    DECENERGY = Energy[0] * 100 + Energy[1] * 10 + Energy[2];
if ((DECENERGY > 0) && (DECENERGY <= 15)) {
    conv_f = convtable_f[0];
}

```

ส่วนแสดงการเลือกใช้ค่า conv_f ในแต่ละย่านพลังงาน

```

else if ((DECENERGY > 15) && (DECENERGY <= 30)) {
    conv_f = convtable_f[1];
}
else if ((DECENERGY > 30) && (DECENERGY <= 45)) {
    conv_f = convtable_f[2];
}
else if ((DECENERGY > 45) && (DECENERGY <= 60)) {
    conv_f = convtable_f[3];
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if ((DECENERGY > 60) && (DECENERGY <= 75)) {
    conv_f = convtable_f[4];
}
else if ((DECENERGY > 75) && (DECENERGY <= 90)) {
    conv_f = convtable_f[5];
}
else if ((DECENERGY > 90) && (DECENERGY <= 105)) {
    conv_f = convtable_f[6];
}
else if ((DECENERGY > 105) && (DECENERGY <= 120)) {
    conv_f = convtable_f[7];
}
else if ((DECENERGY > 120) && (DECENERGY <= 135)) {
    conv_f = convtable_f[8];
}
else if ((DECENERGY > 120) && (DECENERGY <= 135)) {
    conv_f = convtable_f[9];
}
else if ((DECENERGY > 135) && (DECENERGY <= 150)) {
    conv_f = convtable_f[9];
}
else if ((DECENERGY > 150) && (DECENERGY <= 165)) {
    conv_f = convtable_f[10];
}
else if ((DECENERGY > 165) && (DECENERGY <= 180)) {
    conv_f = convtable_f[11]; }
else if ((DECENERGY > 180) && (DECENERGY <= 195)) {
    conv_f = convtable_f[12]; }
else if ((DECENERGY > 195) && (DECENERGY <= 210)) {
    conv_f = convtable_f[13]; }
else if ((DECENERGY > 210) && (DECENERGY <= 225)) {
    conv_f = convtable_f[14];
}
else if ((DECENERGY > 225) && (DECENERGY <= 240)) {
    conv_f = convtable_f[15];
}
else if ((DECENERGY > 240) && (DECENERGY <= 255)) {
    conv_f = convtable_f[16];
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
else if ((DECENERGY > 255) && (DECENERGY <= 270)) {
    conv_f = convtable_f[17];
}
else if ((DECENERGY > 270) && (DECENERGY <= 285)) {
    conv_f = convtable_f[18];
}
else if ((DECENERGY > 285) && (DECENERGY <= 300)) {
    conv_f = convtable_f[19];
}

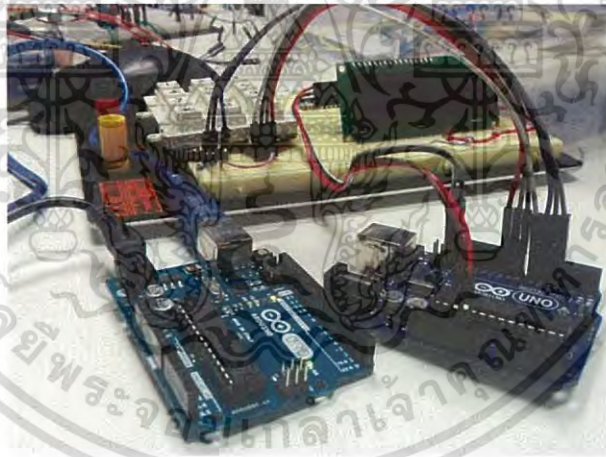
```

ส่วนแสดงการเลือกใช้ค่า conv_f เมื่อป้อนค่าจากปุ่มกด

$conv_f = CF_VALUE[0]*100 + CF_VALUE[1] * 10 + CF_VALUE[2];$

3.1.3 ทดสอบและวัดผลการทำงานของระบบนับวัตต์รังสี

3.1.3.1 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานของระบบนับวัตต์รังสี

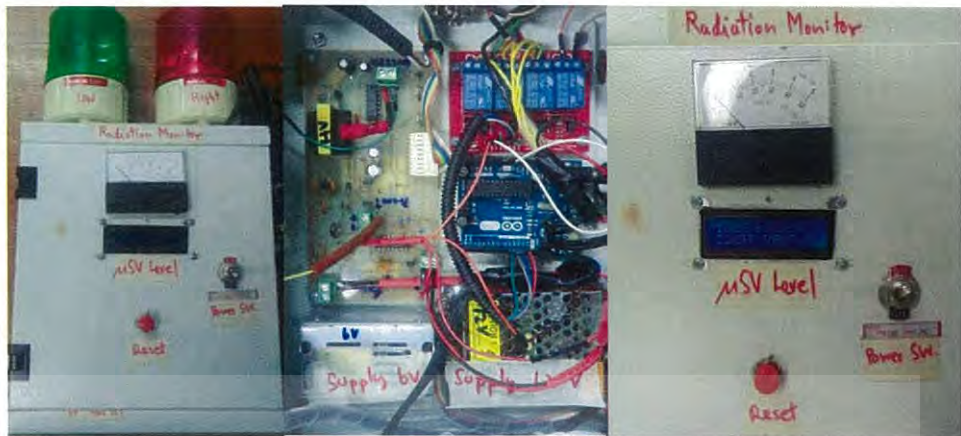


รูปที่ 3.11 การต่ออุปกรณ์สำหรับทดสอบการทำงานของระบบ

อุปกรณ์ในการทดสอบระบบ

1. บอร์ด Arduino Uno R3
2. ปุ่มกดตัวเลขโทรศัพท์ ขนาด 4x3
3. Display LiquidCrystal_I2C lcd(16, 2)
4. สายไฟเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดปริมาณรังสีและการแสดงผลทางหน้าจอแสดงผล

3.1.3.2 การสอบเทียบมาตรฐานของ Cs-137 กับ Survey meter

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เช็ตอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งาน เช็ตสวิตช์เปิด-ปิดเครื่องมือ
2. เช็ตระยะการวาง ซีเซียม-137 ที่ระยะ 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5 และ 20.0 เซนติเมตร
3. วัดปริมาณรังสี (Dose) ของซีเซียม-137 ด้วยเครื่อง SURVEY METER MODEL 5 S/N 100865 ตามระยะที่กำหนด
4. วางหัววัดรังสีตามระยะที่กำหนด แล้วบันทึกจำนวนรังสีที่นับได้ cpm
5. คำนวณหาค่า Calibration factor เพื่อป้อนให้กับเครื่องวัดรังสี

3.1.3.3 การสอบเทียบมาตรฐานที่พลังงานรังสีเอ็กซ์ 50 keV, 100 keV และ 150 keV กับเครื่องวัดปริมาณรังสี รุ่น 6150 AD 5/H

ขั้นตอนการทดสอบ

1. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับป้องกันและวัดรังสีประจำบุคคล
2. จัดวางอุปกรณ์ เครื่องมือวัดในตำแหน่งให้เรียบร้อย
3. ปรับพลังงานรังสีเอ็กซ์ 50 keV, 100 keV และ 150 keV บันทึกผล คำนวณหาค่า Calibration factor และวิเคราะห์ผลที่ได้

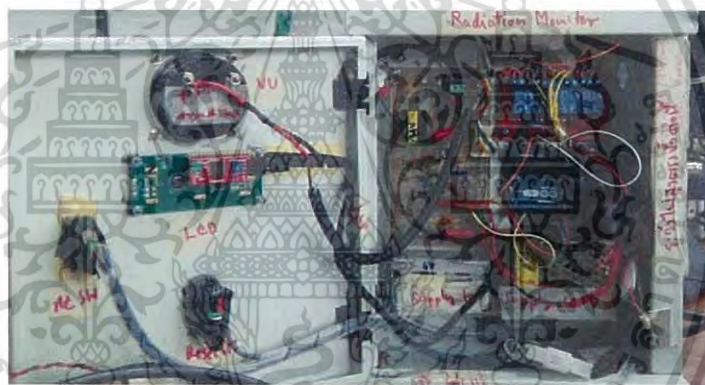
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและอภิปรายผล

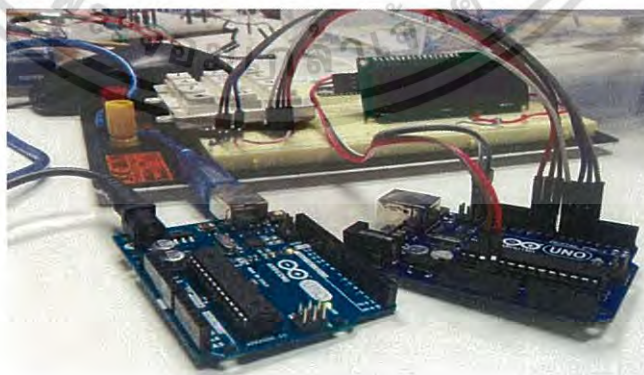
ในส่วนของการทดสอบระบบของเครื่องวัดปริมาณรังสีนั้นผู้ทำการศึกษาวิจัยได้มีการแบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบโปรแกรมในการนับวัดโดยจำลองสัญญาณพัลส์ในแต่ละความถี่เปรียบเทียบกับจำนวนนับของสัญญาณเป็นจำนวนครั้งต่อนาที และทดสอบระบบกับเครื่องวัดปริมาณรังสี

ในส่วนของการทดสอบระบบการนับวัดรังสีของเครื่องวัดรังสี หัววัดไกเกอร์ -มุลเลอร์นั้นผู้ทำการศึกษาวิจัยได้มีการออกแบบให้ ผู้ใช้งานสามารถเลือกย่านพลังงานได้ตั้งแต่ 0-300 keV โดยค่าที่รับจากปุ่มกดจะถูกส่งไปยังบอร์ดคอนโทรลเลอร์จะนำค่าที่ได้จะถูกส่งไปวิเคราะห์ค่าสอบเทียบมาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนค่าสอบเทียบมาตรฐาน ก็สามารถเปลี่ยนได้เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณรังสีและแสดงผล

4.1 การทดสอบระบบการทำงานของเครื่องมือวัดรังสี



รูปที่ 4.1 รูปส่วนประกอบของระบบนับวัดรังสีต้นแบบ ชนิดหัววัด ไกเกอร์-มุลเลอร์



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนควบคุมการทำงานและประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงการเริ่มต้นใช้งาน

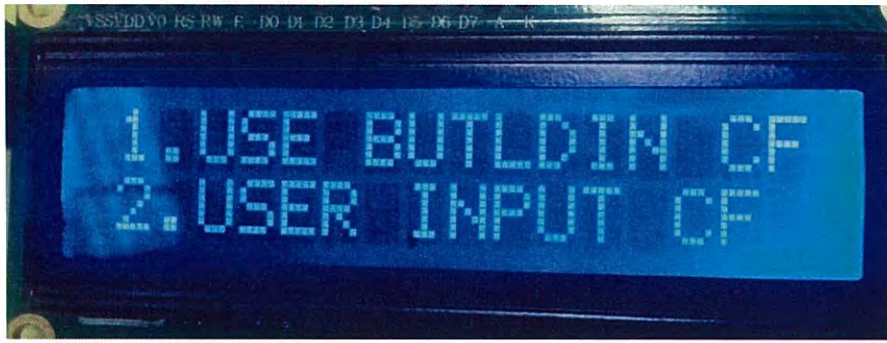


รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงใช้เลือกพลังงานเมื่อกดปุ่ม RESET



รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงใช้เลือกพลังงานเมื่อกดเลือกพลังงานครบ 3 หลัก พร้อมแสดงค่าสอบเทียบมาตรฐานนั้น

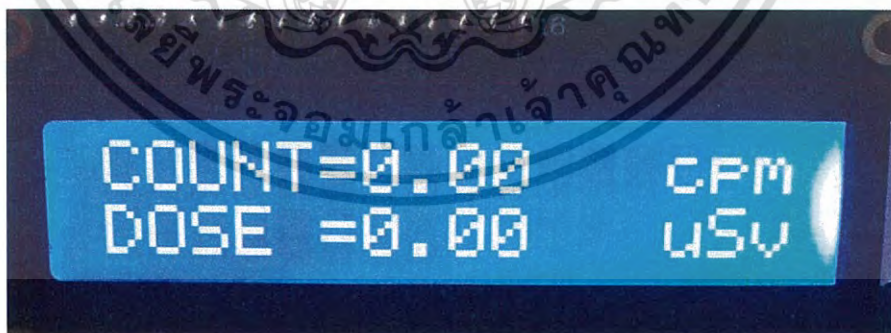
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 หน้าจอแสดงโหมดการเลือกใช้ค่าสอบเทียบมาตรฐาน
 กต 1 ใช้ค่าจากระบบที่แสดงก่อนหน้า
 กต 2 ใช้ค่าจากการป้อนค่าของผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.7 หน้าจอแสดงการกด 1 เลือกโหมดการเลือกใช้ค่าสอบเทียบมาตรฐานจากระบบ



รูปที่ 4.8 หลังจากการเลือกแล้วระบบจะทำการนับวัดและ คำนวณจำนวนนับต่อนาทีและปริมาณรังสี
 ในหน่วย ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง

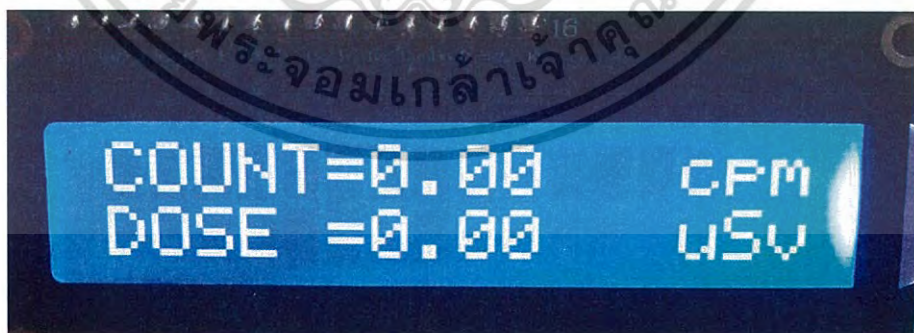
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 หน้าจอแสดงเมื่อกด 2 เลือกโหมดการเลือกใช้ค่าสอบเทียบมาตรฐานจากการป้อนค่าจาก
ผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.10 หน้าจอแสดงค่าสอบเทียบมาตรฐานเมื่อมีการป้อนค่าจากผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.11 หลังจากการเลือกแล้วระบบจะทำการนับวัดและคำนวณจำนวนนับต่อนาทีและ
ปริมาณรังสีในหน่วย ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการทดสอบเครื่องมือให้สัญญาณที่มีอัตรานับ 576.18 cpm และเลือกค่า Calibration Factor เป็น 1.20 จะสามารถอ่านค่าอัตราปริมาณรังสีได้ 480.15 uSv/hr



รูปที่ 4.11 ก การเลือก ค่า Calibration Factor เป็น 1.20



รูปที่ 4.11 ข หลังจากการเลือกแล้วระบบจะทำการนับวัดและคำนวณจำนวนนับต่อนาที และอัตราปริมาณรังสีในหน่วย ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง

อภิปรายผล

การทำงานของเครื่องมือวัดเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งสามารถเลือกย่านพลังงานการวัด และเลือกค่า Calibration Factor ได้ ผลจากการทดสอบ เมื่อเราเปลี่ยนค่า Calibration Factor (CF) ทำให้ อัตราปริมาณรังสี (Dose rate) ก็มีค่าเปลี่ยนไปด้วย คือ เมื่อนับสัญญาณได้ 576.18 cpm ใช้ค่า Calibration Factor (CF) เท่ากับ 1.20 จะได้ อัตราปริมาณรังสี เท่ากับ 480.15 uSv/hr ตามที่ออกแบบสมการการคำนวณอัตราปริมาณรังสีไว้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การสอบเทียบมาตรฐานของ Cs-137 กับ Survey meter



รูปที่ 4.12 SURVEY METER MODEL 5 S/N 100865



รูปที่ 4.13 Cs-137

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เช็คอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งาน เช็คสวิตช์เปิด-ปิดเครื่องมือ
2. เช็คระยะการวาง ซีเซียม-137 ที่ระยะ 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5 และ 20.0 เซนติเมตร
3. วัดอัตราปริมาณรังสี (Dose Rate) ของซีเซียม-137 ด้วยเครื่อง SURVEY METER MODEL 5 S/N 100865 ตามระยะที่กำหนด
4. วางหัววัดรังสีตามระยะที่กำหนด แล้วบันทึกจำนวนรังสีที่นับได้ในหน่วย cpm
5. คำนวณหาค่า Calibration Factor เพื่อป้อนให้กับเครื่องวัดรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัดอัตราปริมาณรังสีจากเครื่องวัดมาตรฐาน
SURVEY METER MODEL 5 S/N 100865

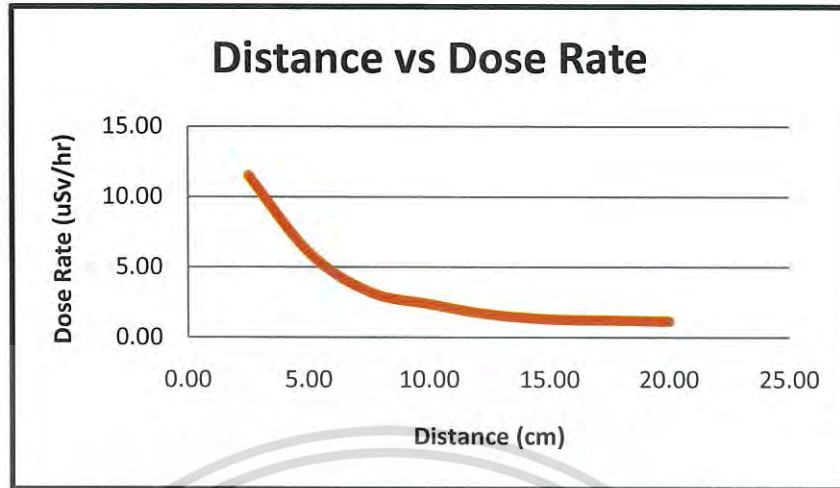
Distance (cm)	Dost Rate (uSv/hr)			
	1	2	3	Average
2.50	11.00	11.50	12.00	11.50
5.00	6.00	5.90	6.20	6.03
7.50	3.00	3.50	3.20	3.23
10.00	2.00	2.60	2.50	2.37
12.50	1.60	1.80	1.50	1.63
15.00	1.00	1.00	0.90	0.97
17.50	1.40	1.00	1.30	1.23
20.00	1.15	1.00	1.30	1.15
22.50	0.50	0.40	0.38	0.43
25.00	1.00	0.65	0.90	0.85
27.50	0.49	0.70	0.60	0.60
30.00	0.50	0.50	0.40	0.47
32.50	0.50	0.50	0.50	0.50
35.00	0.40	0.40	0.40	0.40
37.50	0.30	0.30	0.30	0.30
40.00	0.25	0.25	0.25	0.25
42.50	0.20	0.20	0.20	0.20
45.00	0.20	0.20	0.20	0.20

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการนับวัดจำนวนรังสีต่อนาทีจากเครื่องวัดปริมาณรังสี

Distance (cm)	Count Rate (CPM)			
	1.00	2.00	3.00	Average
2.50	3680.51	3793.10	3527.16	3666.92
5.00	1264.37	1188.50	111.82	854.90
7.50	460.95	384.12	460.95	435.34
10.00	384.12	307.50	461.24	384.29
12.50	230.47	230.62	230.47	230.52
15.00	115.24	269.58	192.06	192.29
17.50	115.24	192.43	192.55	166.74
20.00	153.55	0.00	38.56	64.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับระยะห่างของหัววัดกับจุดกำเนิดรังสี



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับระยะห่าง

การสอบเทียบค่ามาตรฐานของเครื่องมือวัด
ผลจากรายการทดลอง
สามารถคำนวณหา Calibration Factor ได้จาก

$$CF = \frac{\text{Count}}{\text{Dose}} \quad \text{cpm} \cdot \text{hr} \cdot \text{uSv}^{-1} \quad (4.1)$$

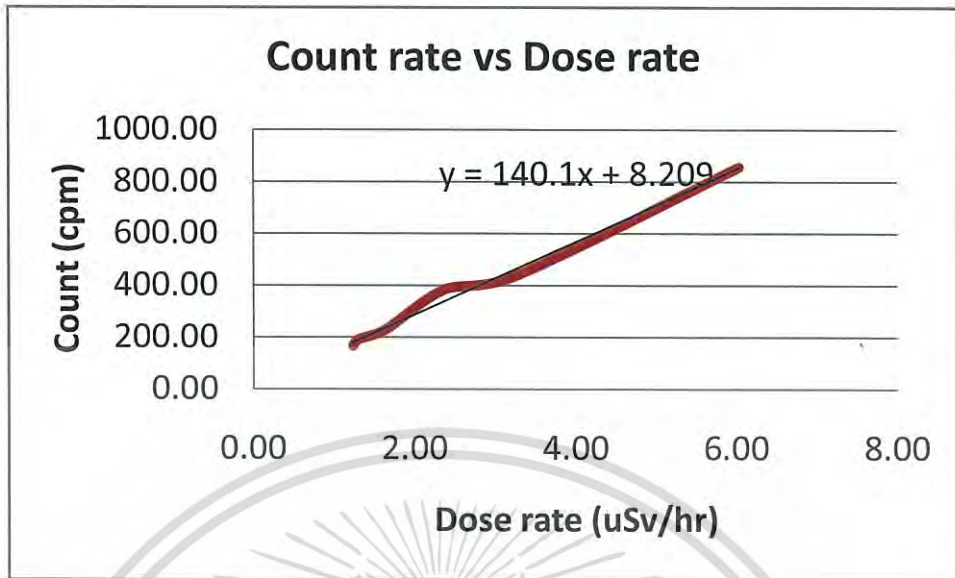
Count คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด

Dose คือ ค่าจริงที่ทราบจากเครื่องวัดมาตรฐาน

ตารางที่ 4.3 แสดงผล Calibration Factor การคำนวณจากสมการ 4.1

Distance (cm)	Count (cpm)	Dose (uSv/hr)	CF
2.50	3666.92	11.50	318.86
5.00	854.90	6.03	141.77
7.50	435.34	3.23	134.78
10.00	384.29	2.37	162.15
12.50	230.52	1.63	141.42
15.00	192.29	1.30	147.92
17.50	166.74	1.23	135.56
20.00	64.04	1.15	55.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปริมาณรังสีกับอัตราการนับรังสี

วิเคราะห์ผล

ผลจากการทดลอง เมื่อคำนวณหาค่า Calibration Factor ที่ระยะต่างๆ จะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะสามารถหาค่าเฉลี่ยของ Calibration Factor ได้ซึ่งเมื่อสังเกตค่าจากการทดลองค่าที่คำนวณได้ เมื่อนำมาพล็อตกราฟสังเกตได้ว่า ค่านับวัดและค่า Dose Rate มีการเปลี่ยนแปลงลดลงเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างหัววัดและต้นกำเนิดรังสี ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่ว่า ณ จุดต้นกำเนิดรังสีเดียวกัน ถ้าอยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีมากกว่าเดิมเป็น 2 เท่า จะได้ปริมาณรังสีลดลง 4 เท่า เมื่อเทียบกับจุดเดิม เป็นไปตามกฎการผกผันกำลังสอง การสอบเทียบหัววัดรังสีสำหรับแกมมาจึงใช้วิธีเปลี่ยนระยะห่างระหว่างหัววัดกับต้นกำเนิดรังสีเพื่อเปลี่ยนความแรงรังสี เนื่องจากต้นกำเนิดรังสีมีอัตราการปล่อยรังสีคงที่ และนอกจากนี้ได้ค่า Calibration Factor = 140.1 แล้วก็นำค่านี้ไปใส่ในโปรแกรม เพื่อเป็นค่าเริ่มต้น ในการวัดรังสีแกมมา ซึ่งคำนวณได้จาก

เพราะฉะนั้น ซีเซียม-137 ที่พลังงาน 662 keV จะมีค่า Calibration Factor คือ

$$140.1 \text{ cpm} \times \text{hr} \times \text{uSv}^{-1}$$

4.3 การสอบเทียบมาตรฐานที่พลังงานรังสีเอกซ์ 50 keV, 100 keV และ 150 keV กับเครื่องวัดปริมาณรังสี รุ่น 6150 AD 5/H



รูปที่ 4.16 แสดงบริเวณพื้นที่ทำการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบ

1. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับป้องกันและวัดรังสีประจำบุคคล
2. จัดวางอุปกรณ์ เครื่องมือวัดในตำแหน่งให้เรียบร้อย
3. ปรับพลังงานรังสีเอกซ์ 50 keV, 100 keV และ 150 keV บันทึกผล คำนวณหาค่า Calibration Factor และวิเคราะห์ผลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลอง รังสีเอกซ์ที่ระดับพลังงานต่างๆ

X-Ray Measurements at the energy multiple values									CF
Meas.HV ($\mu\text{Sv/hr}$)	E (keV)	I (mA)	Count Rate (cpm)					Average	
			1	2	3	4	5		
133.00	150	1.5	1095.44	996.28	1012.20	1100.06	1053.36	1051.47	7.91
84.50	150	1.0	835.86	949.83	851.21	846.02	882.35	873.05	10.33
56.90	150	0.5	643.88	602.08	596.89	596.89	612.46	610.44	10.73
35.80	100	1.5	301.04	223.18	166.09	259.52	223.18	234.60	6.55
26.70	100	1.0	166.09	145.34	202.42	140.14	202.42	171.28	6.42
23.40	100	0.5	145.37	114.19	109.00	109.00	119.38	119.39	5.10
5.92	50	1.5	10.38	10.38	5.19	5.19	10.38	8.30	1.40
0.00	50	1.0	5.19	0.00	5.19	10.38	5.19	5.19	-
4.36	50	0.5	0.00	0.00	10.39	5.19	5.19	4.15	0.95

ผลจากตารางการทดลอง

สามารถคำนวณหา Calibration Factor ได้จาก

$$CF = \frac{\text{Count}}{\text{Dose}} \quad \text{cpm} \cdot \text{hr} \cdot \mu\text{Sv}^{-1} \quad (4.1)$$

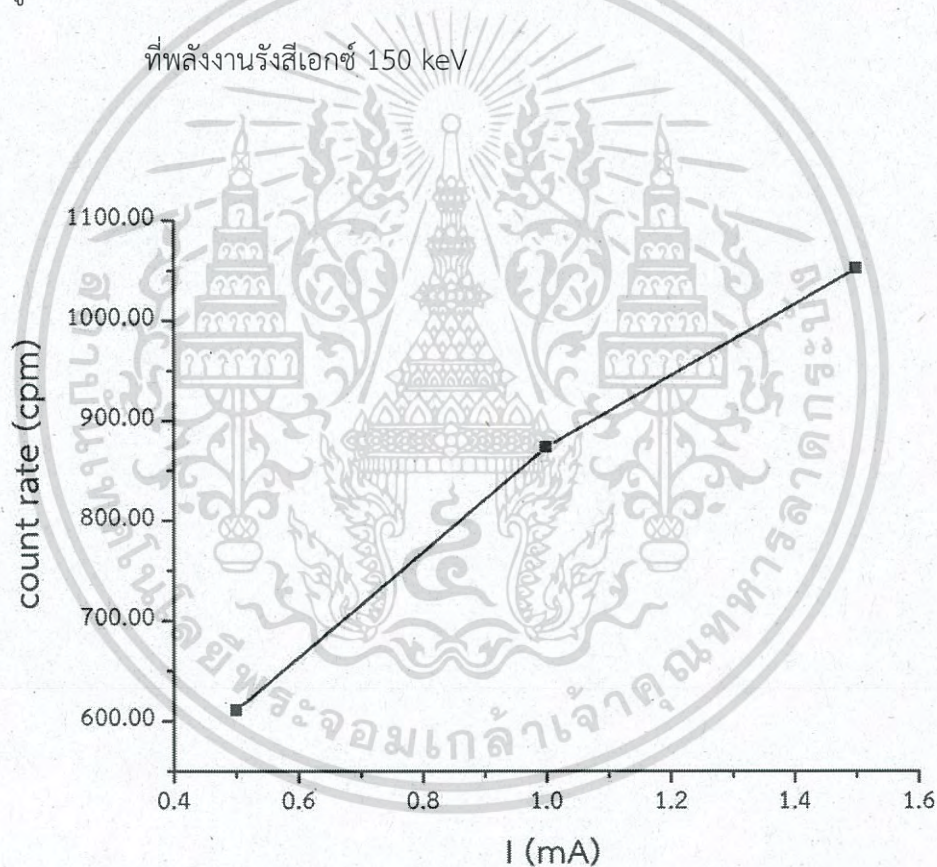
วิเคราะห์ผลจากตาราง

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวัด ที่พลังงานรังสีเอกซ์ 150 keV

I (mA)	Meas.HV (uSv/hr)	Count Average (cpm)	Calibration Factor
1.5	133.00	1051.47	7.91
1.0	84.50	873.05	10.33
0.5	56.90	610.44	10.73

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Count Rate กับ Calibration Factor

ที่พลังงานรังสีเอกซ์ 150 keV



เพราะฉะนั้น ที่ พลังงานรังสีเอกซ์ 150 keV จะได้

$$CF = \frac{7.91+10.33+10.73}{3} \quad \text{cpm} \times \text{hr} \times \text{uSv}^{-1}$$

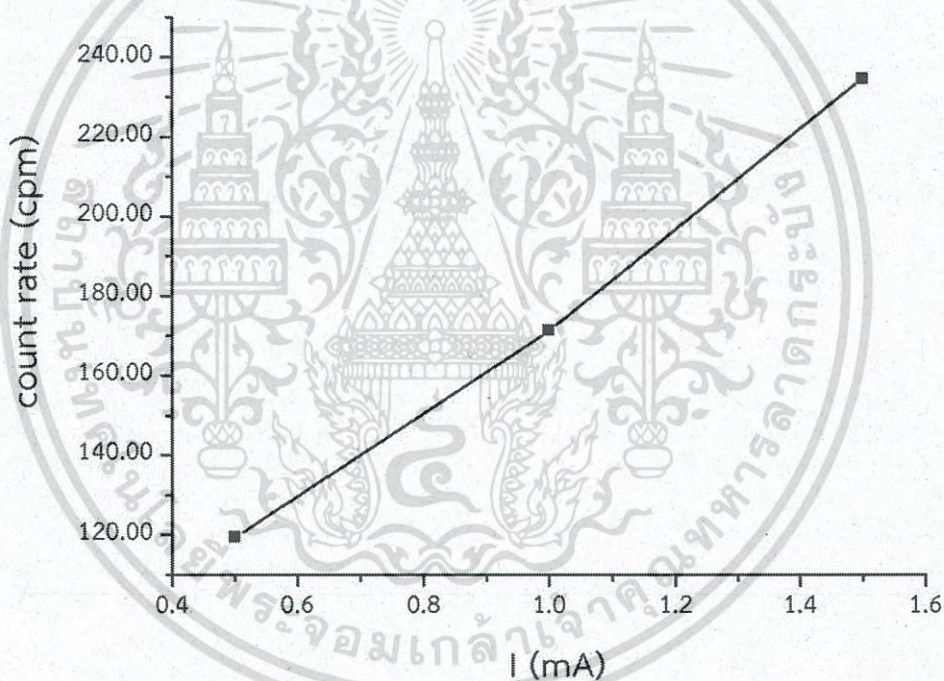
$$CF = 9.66 \quad \text{cpm} \times \text{hr} \times \text{uSv}^{-1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวัด ที่พลังงาน 100 keV

I (mA)	Meas.HV (uSv/hr)	Count Average (cpm)	Calibration Factor
1.5	35.80	223.18	6.55
1.0	26.70	202.42	6.42
0.5	23.40	119.38	5.10

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Count Rate กับ Calibration Factor
ที่พลังงานรังสีเอกซ์ 100 keV



เพราะฉะนั้น ที่ พลังงานรังสีเอกซ์ 100 keV จะได้

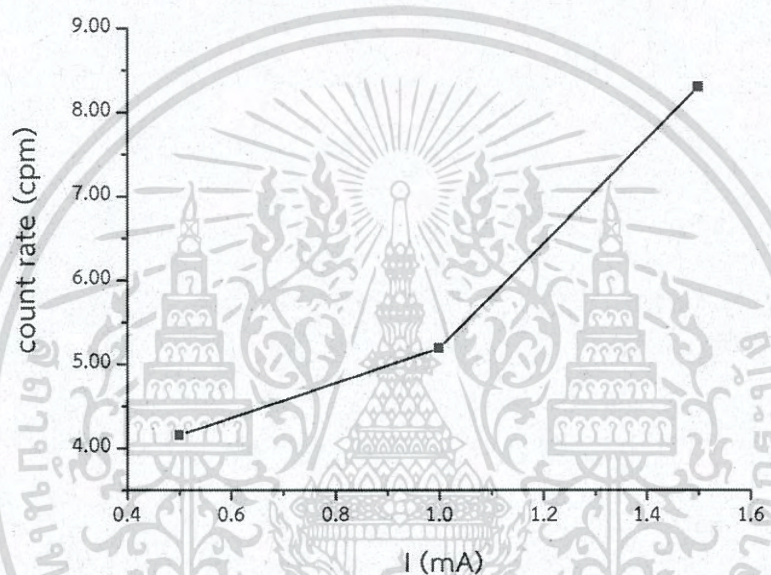
$$CF = \frac{6.55 + 6.42 + 5.10}{3} \quad \text{cpm} \times \text{hr} \times \text{uSv}^{-1}$$

$$CF = 6.02 \quad \text{cpm} \times \text{hr} \times \text{uSv}^{-1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวัด ที่พลังงาน 50 keV

I (mA)	Meas.HV (uSv/hr)	Count Average (cpm)	Calibration Factor
1.5	5.92	8.30	1.40
1.0	0.00	5.19	-
0.5	4.36	4.15	0.95



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Count Rate กับ Calibration Factor ที่พลังงานรังสีเอกซ์ 50 keV

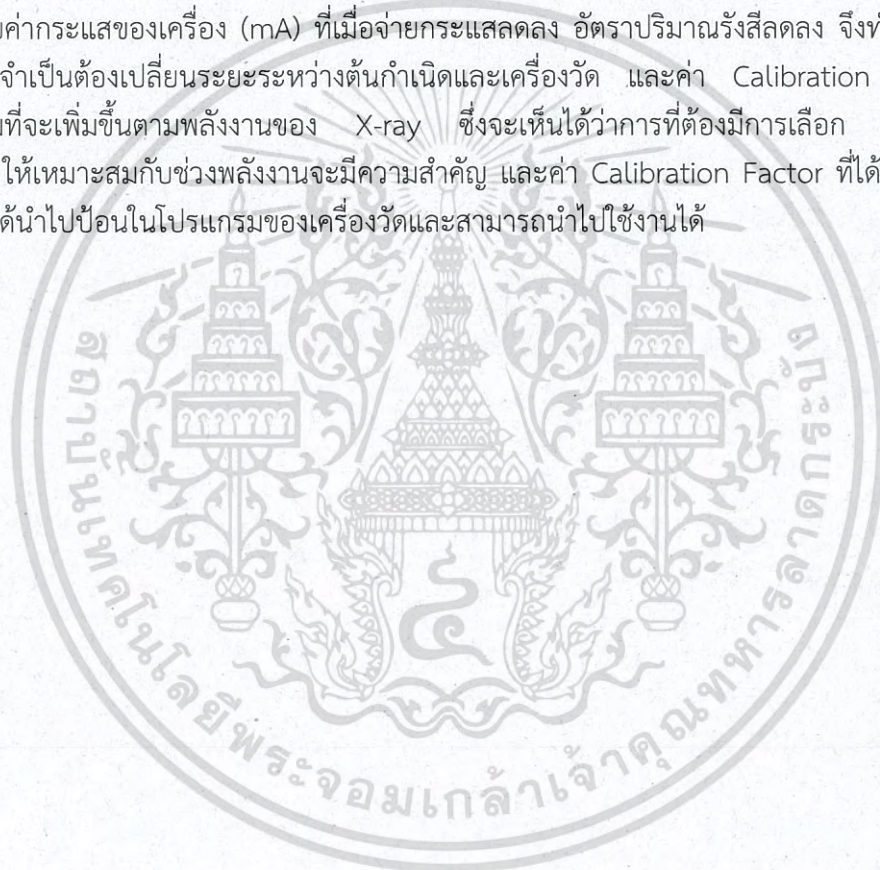
เพราะฉะนั้น ที่ พลังงานรังสีเอกซ์ 50 keV จะได้

$$CF = \frac{1.4+0.95}{2} \quad \text{cpm}\times\text{hr}\times\text{uSv}^{-1}$$

$$CF = 1.18 \quad \text{cpm}\times\text{hr}\times\text{uSv}^{-1}$$

อภิปรายผลการทดสอบ

การสอบเทียบกับ X-ray ควรจะทำการสอบเทียบที่หลายพลังงานตามที่กำหนดในโปรแกรม เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องเวลาของเครื่อง X-ray จึงทำให้สามารถทำการทดสอบได้แค่ 3 พลังงาน และอธิบายความแตกต่างในการสอบเทียบกับแกมมาคือ X-ray สามารถปรับอัตราการปล่อยรังสีได้โดยการปรับค่ากระแสของเครื่อง (mA) ที่เมื่อจ่ายกระแสลดลง อัตราปริมาณรังสีลดลง จึงทำให้การสอบเทียบไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนระยะระหว่างต้นกำเนิดและเครื่องวัด และค่า Calibration Factor มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามพลังงานของ X-ray ซึ่งจะเห็นได้ว่าการที่ต้องมีการเลือก Calibration Factor ให้เหมาะสมกับช่วงพลังงานจะมีความสำคัญ และค่า Calibration Factor ที่ได้จากการสอบเทียบก็นำไปป้อนในโปรแกรมของเครื่องวัดและสามารถนำไปใช้งานได้



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบจากการวัดและการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นจะแบ่งการออกเป็นสองตอน คือ ตอนที่หนึ่งเป็นการวิเคราะห์ระบบซอฟต์แวร์ในส่วนของเครื่องวัดคือสามารถเลือกวัดย่านพลังงานได้ และสามารถเลือกเปลี่ยนค่าสอบเทียบมาตรฐานได้ซึ่งง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน และส่วนที่สองเป็นการสอบเทียบเครื่องวัดเพื่อสามารถป้อนค่าสอบเทียบให้กับระบบได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบ พบว่า ซีเซียม-137 สอบเทียบค่ามาตรฐานได้ $143.83 \text{ cpm}\cdot\text{hr}\cdot\text{uSv}^{-1}$ และพบว่าการสอบเทียบมาตรฐานที่พลังงานรังสีเอ็กซ์ 50 keV, 100 keV และ 150 keV ค่า Calibration Factor คือ 1.18, 6.02 และ $9.66 \text{ cpm}\cdot\text{hr}\cdot\text{uSv}^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ที่พลังงานมากขึ้น ค่า Calibration Factor ก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดสอบค่าที่ได้จากเครื่องวัดจะแสดงค่าปริมาณรังสีในหน่วย uSv/hr และ (Count Rate) ตัวเลขนับจำนวนรังสีที่ได้ต่อเวลา (cpm) ค่าที่ได้เริ่มแรกอาจยังไม่ใช่ค่าที่แท้จริง เพราะเมื่อเริ่มเปิดเครื่องทำงาน ค่าที่ได้จะยังไม่คงที่ ก่อนบันทึกค่าที่ได้รอสัก 4 ถึง 5 นาที สังเกตค่าที่ได้ก็เป็นไปตามผลที่คาดไว้คือ เมื่อพลังงานเปลี่ยนไป ค่า Calibration Factor ก็เปลี่ยนด้วย เพราะฉะนั้น เมื่อเราเปลี่ยนย่านพลังงานในการวัด ควรมีค่า Calibration Factor ของค่าพลังงานนั้นๆ

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาได้ทำการทดสอบค่าพลังงานในย่านพลังงานรังสีเอ็กซ์ที่ 50 keV 100 keV และ 150 keV ซึ่งจะได้ Calibration Factor ที่ทราบกับเครื่องใช้เพียง 3 พลังงาน แต่เครื่องวัดสามารถรับค่า Calibration Factor ได้จากการป้อนค่า เมื่อต้องการวัดที่ย่านพลังงานอื่น สามารถทำการทดสอบเพื่อสอบเทียบค่ามาตรฐานของแต่ละย่านพลังงาน เพื่อเลือกใช้ Calibration Factor ที่เหมาะสมได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] อ.ธวัช ชิตตะการ 2541. การตรวจและการวัดรังสีกรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] อ.สุวิทย์ ปุณณชัยยะ. การตรวจวัดรังสีนิวเคลียร์และอุปกรณ์วัดนิวเคลียร์กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน). เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตร “การพัฒนาบุคลากรด้านการซ่อมบำรุงเครื่องมือวัดรังสี”.
- [4] IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology
- [5] [Online]. Available: http://www.mt.mahidol.ac.th/elearning/Instrumentation/NMP_chap2_48/17_mac_of_Geiger_Muller_counter2.htm
- [6] [Online]. Available: <http://digi.library.tu.ac.th/thesis/st/0339/03chapter2.pdf>
- [7] [Online]. Available: <http://www.entech.co.th>
- [8] [Online]. Available: http://electron9.phys.utk.edu/phys250/Laboratories/counting_statistics.htm
- [9] [Online]. Available: <http://www.lndinc.com/products/category/35>
- [10] [Online]. Available: <http://www.sas.org/E-Bulletin/2002-06-21/features3/body.html>
- [11] [Online]. Available: http://www.centronic.co.uk/downloads/Geiger_Tube_theory.pdf
- [12] Grafton D. Chase and Joseph L. Rabinowitz, Principles of Radioisotope Methodology, Third Edition, Burgess Publishing Company, 1967.
- [13] Nicholas Tsoulfanidis, Measurement and Detection of Radiation, Hemisphere Publishing Corporation, 1983
- [14] [Online]. Available: <http://www.techlib.com/science/geiger.html>
- [15] [Online]. Available: <http://adammunich.com/geiger-muller-tubes>
http://www.imagesco.com/articles/geiger/build_your_own_geiger_counter_-_gm_tube.html
- [16] [Online]. Available: <http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/index.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GEIGER MULLER: A THIN END WINDOW TUBE RADIATION DETECTOR

N.N. Ghuge¹, Sapna Jasrotia², Anamika³, Chilsea Sadhu⁴

¹HOD, Electrical Engineering Department, JSPM's BSIOTR, Maharashtra, India, ghuge1974@gmail.com

²B.E. Students, Electrical Engineering Department, JSPM's BSIOTR, Maharashtra, India

³B.E. Students, Electrical Engineering Department, JSPM's BSIOTR, Maharashtra, India

⁴B.E. Students, Electrical Engineering Department, JSPM's BSIOTR, Maharashtra, India

Abstract

After various nuclear accidents in different places like Mayapuri locality, Delhi in India (April 2010), San Juan de Dios radiotherapy accident in Costa Rica (1996) etc. people are very concerned about their safety and health related issues like cancer, tumor and ultimately death as the radioactivity cannot be noticed by our five senses. To know how much radioactivity is there in a place we need a specific device, like the RADIATION SURVEY METER presented in the paper. It has been designed as economical, easy to use, and accurate for the non-technical public to keep at home or work place and monitors the radioactivity level in the area. This paper represents the use of a gas filled radiation detector, GM tube (Geiger Muller tube), which will sense the radioactivity, sense the gamma radiation, display its intensity and save the data in memory so that it can be further analyzed. The high DC voltages necessary to polarize GM tube (500 - 900 V) can be obtained from batteries or through boost converter with few and less expensive electronic components. The system has been designed using digital display technique using PIC microcontroller, LCD and keys. The system is also facilitated with USB interface.

Keywords: Nuclear accidents, radioactivity, radiation survey meter, GM tube

1. INTRODUCTION

A nuclear and radiation accident is defined by the International Atomic Energy Agency (IAEA) as "an event that has led to significant consequences to people, the environment or the facility." Of particular concern in nuclear waste management are two long-lived fission products, Tc-99 (half-life 220,000 years) and I-129 (half-life 15.7 million years), which dominate spent fuel radioactivity after a few thousand years. The most troublesome transuranic elements in spent fuel are Np-237 (half-life two million years) and Pu-239 (half-life 24,000 years). Nuclear waste requires sophisticated treatment and management to successfully isolate it from interacting with the biosphere. This usually necessitates treatment, followed by a long-term management strategy involving storage, disposal, or transformation of the waste into a non-toxic form.

The impact of nuclear accidents has been a topic of debate practically since the first nuclear reactors were constructed in 1954. It has also been a key factor in public concern about nuclear facilities. Some technical measures to reduce the risk of accidents or to minimize the amount of radioactivity released to the environment have been adopted. Despite the use of such measures, human error remains, and "there have been many accidents with varying impacts as well near misses and incidents. An attack on or sabotage of a nuclear facility, such as a commercial irradiation facility or a nuclear power plant, could release large amounts of radioactive material.

The Geiger-Muller tube (or G-M tube) is the sensing element of the Geiger counter instrument used for the detection of ionizing radiation. It was named after Hans Geiger, who invented the principle in 1908 and Walther Muller, who collaborated with Geiger in developing the technique further in 1928 to produce a practical tube that could detect a number of different radiation types. Geiger Muller Tube is a portable radiation detection and measurement instrument used to detect presence of radiation in the surrounding. This radiation may be due to alpha particles, beta particles, gamma rays, or x-rays. It also gives us the measure of intensity of radiation.

Our Radiation survey meter is a micro controller based, portable, light weight, battery operated instrument. The Geiger-Mueller counter (GM counter), introduced in 1928, is one of the radiation detectors widely used today. It has simple principle of operation, low cost and its general construction simplicity. It is a gaseous ionization detector and uses the Townsend avalanche phenomenon to produce an easily detectable electronic pulse from as little as a single ionizing event due to a radiation particle.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

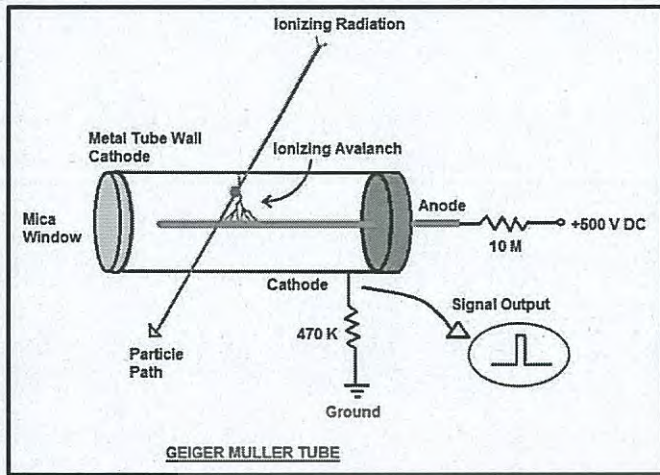


Fig -1: Traditional Geiger Muller counter utilize a thin end window tube and a high voltage supply applied through a resistor

2.2 Detector

We are using GM tube [Type- 131], which is manufactured by Nucleonic Systems, in our project as it is cheaper amongst available tubes with better sensitivity. Also it is smaller in size which reduces the size of the instrument.

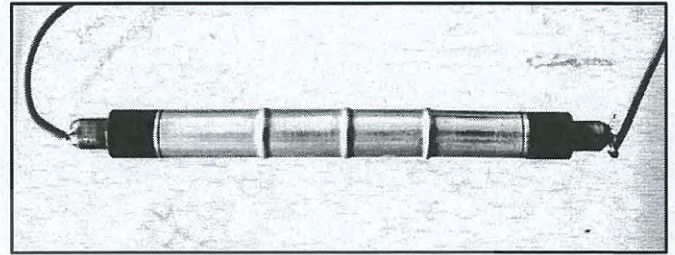


Fig - 4: GM tube STS-5(SBM-20)

2. DEVICE CONCEPTS AND OPERATION

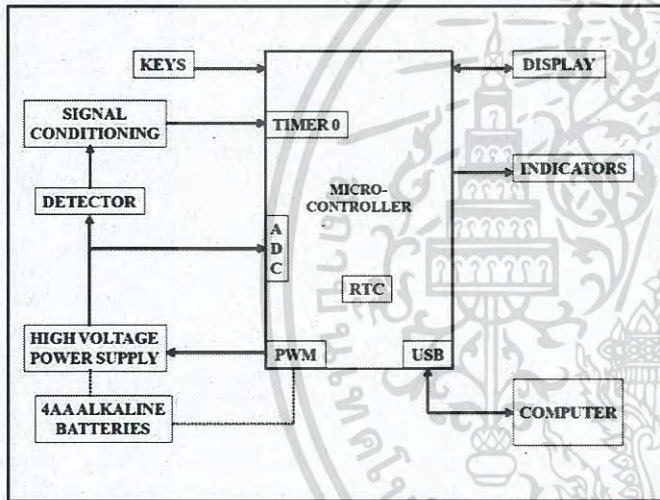


Fig -2: Block diagram of the radiation survey process

2.1 Detector Circuit

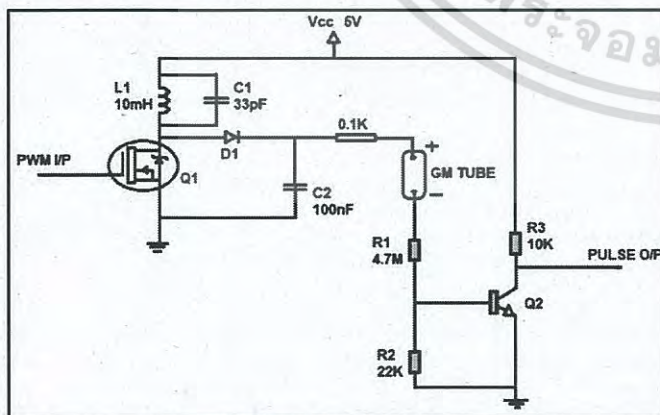


Fig - 3: Detector circuit diagram

Detector circuit consists of the radiation detector (GM tube), a boost converter (to provide necessary voltage required by the GM tube), and a pulse counting circuit (to count and transmit the pulses generated by GM tube).

2.2.1 Working of Gm Tube

Most GM tubes look like metal covered glass cylinders with just two connections. Inside they are filled with a noble gas (Neon is usual, but Helium or Argon can also be used) plus a small amount of a halogen. Electrically, a GM tube is a cylindrical capacitor with the gas as the dielectric. A wire placed along the axis acts as one electrode and the cylindrical metal shield as the other. A large DC voltage (between 500 and 1200 V) is set up between the electrodes with no current normally flowing through the gas.

If any ionizing radiation enters the tube and breaks some gas atoms into ions (that is, if it has enough energy) the ions are accelerated by the electrical field and collide with other atoms thus multiplying hugely the number of ions inside the tube. This is known as 'avalanche effect'. The result is the dielectric break and an electrical charge flowing through the gas and the electrical circuit the tube is connected to.

2.2.2 Characteristics

Figure shows a simplified version of part of the characteristic curve of a Geiger Muller tube; STS-5(SBM-20). This characteristic is obtained by plotting the count rate in pulses per second as a function of supply voltage in a constant radiation field. For accurate measurement of radiation intensity tube must be operated in plateau region.

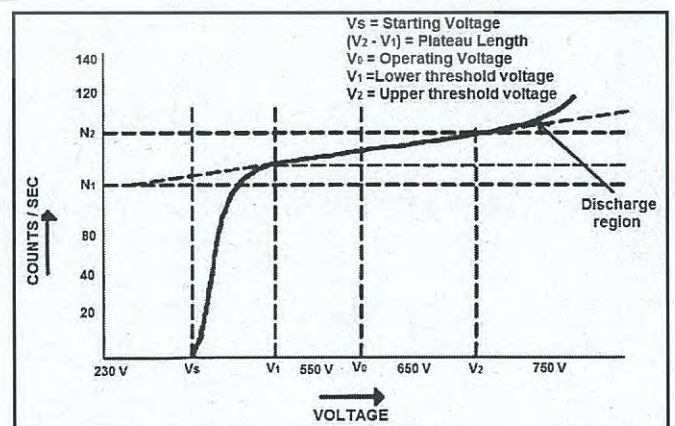


Fig -5: Characteristic curve of GM tube

1	Starting voltage	280-330V
2	Advised working voltage	360-440V
3	Plateau length	At least 80V
4	Plateau slope	0.125%/1V
5	Maximum natural background	27 pulses/minute
6	Load resistance	5-10Mohms
7	Allowable stray capacitance of input circuit	10pf
8	Transit capacitor	7-10pf
9	Allowable surround temperature	-40-+50 degree Celsius

2.2.3 Dead Time of Gm Tube

Dead time is one of the important parameter of GM tube. The dead time is the very brief period following a discharge, during which the Geiger Muller tube is incapable of responding to any subsequent ionizing event. This short period lasts while the effective circuit capacitance is recharged. Normally, most of the residual positive ions are collected by the electric field during this period, but the field is nevertheless too low to allow another discharge, even if further ionizing events occur.

The dead time, DT, is the elapsed time between the beginning of one pulse and the closest next pulse available. The radioactive source must be placed very close to the detector to increase the counts, in this condition, the dead time effect can be noticed more easily. The DT can vary between 20micros and 200micros, depending on the detector model.

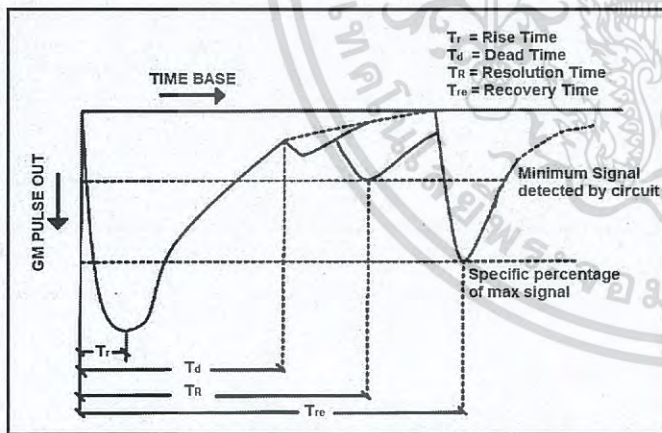


Fig -6: GM detector pulses as seen in the Oscilloscope screen to determine the dead time.

2.2.4 Dead Time and Count Value

The dead time after each ionization discharge will limit the maximum count rate because events that occur in the dead period cannot produce a count. The relationship between dead time τ , the true count rate N_1 and the measured count rate N is:

$$N_1 = N / (1 - N\tau)$$

This expression is valid only when $N\tau \ll 1$.

At high dose rates the probability of an ionizing event occurring within the dead time is high and so a significant number of counts are lost. This effect is usually seen as a non-linearity in the tube characteristic relating dose rate to count rate.

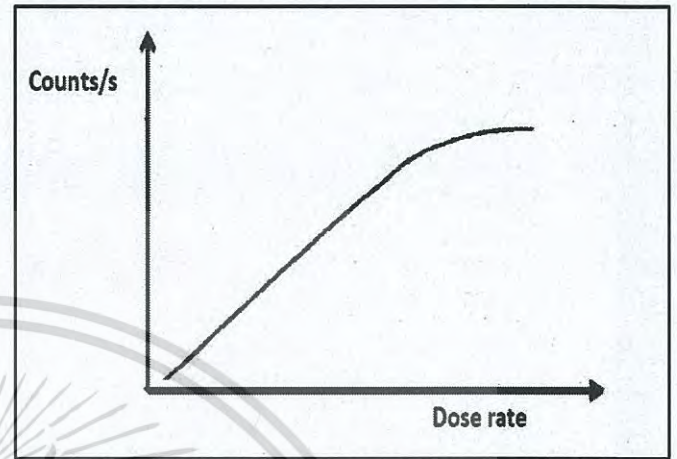


Fig -7: Count Rate versus dose rate for a typical Geiger Muller tube

2.3 Pulse Counting Circuit

The output signal at cathode resistor is given to the base of the transistor. The transistor is used as a switch. When base voltage of the transistor is low, transistor is in cut-off mode, so the collector voltage is high. When positive pulse occurs at cathode, base voltage drives the transistor into saturation mode, therefore collector voltage becomes low. The pulses are measured by the controller. Collector terminal of transistor is connected to the pin no.6 of the PIC controller. Timer0 of PIC controller is used in counter mode to measure pulses. Pin no.6 of PIC microcontroller is external clock input for Timer0. When negative edge appears at pin no.6, Timer0 gets incremented by one.

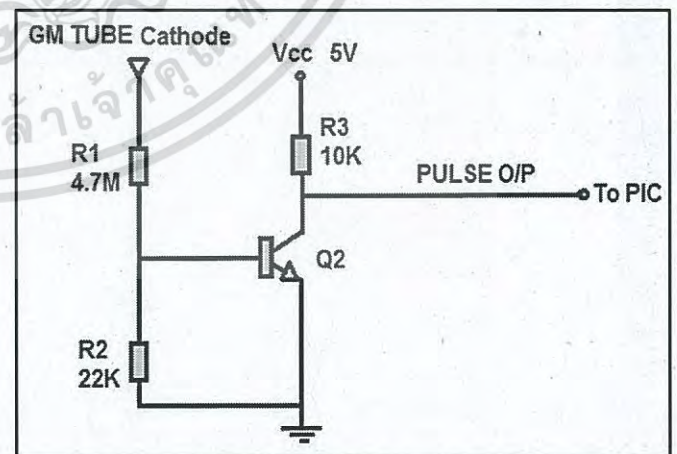


Fig -8: Pulse Counting Circuit

2.4 Power Supply

Geiger Muller tube requires high DC voltage (400V - 1500V) for its operation. For the tube recommended voltage by manufacturing company is 500V. Circuitry used for

generating pulse can be avoided by using PWM feature supported by controller. We have generated 4 kHz signal using PIC controller. For this purpose Timer 1 of PIC is used. The square wave we have generated is used to switch ON and OFF the MOSFET.

The inductor, diode, and capacitor are used as a boost power supply to increase the voltage from 5V DC to higher DC voltage.

2.4.1 Boost Converter

A boost converter (step-up converter) is a DC-to-DC power converter with an output voltage greater than its input voltage. It is a class of switched-mode power supply (SMPS) containing at least two semiconductors (a diode and a transistor) and at least one energy storage element, a capacitor, inductor, or the two in combination. Filters made of capacitors (sometimes in combination with inductors) are normally added to the output of the converter to reduce output voltage ripple. The switch is typically a MOSFET, IGBT, or BJT.

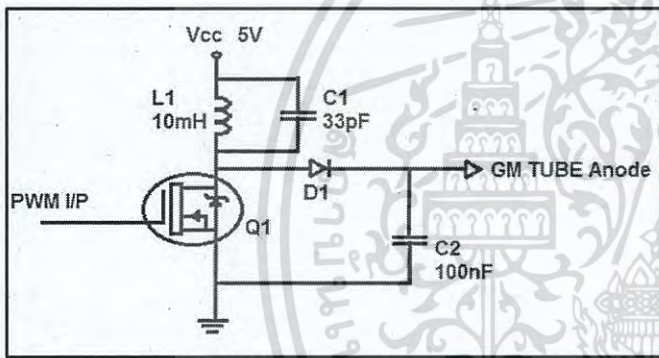


Fig -9: Boost converter circuit

2.5 Controller

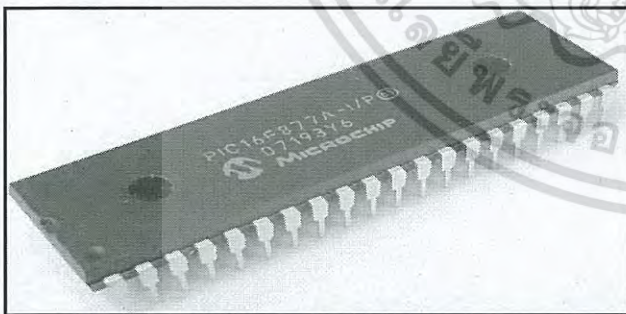


Fig -10: PIC16F877A

We have selected PIC16F877A microcontroller. It is a 40 pin 8-bit CMOS FLASH microcontroller. The core architecture is a high performance RISC CPU; hence, it executes all instructions in single cycle. PIC 16F877A comes with 3 operating speed with 4, 8 or 20 MHz clock input. Since each instruction cycle takes 4 operating clock cycles, each instruction takes 0.2µs when 20MHz oscillator is used. It has two types of internal memories; one is program memory and data memory. Programme memory is provided by 8K words (or 8K*14 bits) of FLASH memory

and data memory has two sources. One type of data memory is a 368 byte RAM and the other is 256 byte EEPROM. The core feature includes interrupt upto 14 sources, power saving SLEEP mode, a single 5V supply, and In-Circuit Serial Programming (ICSP) capability. The sink/source current, which indicates a driving power from I/O port, is high with 25mA. Power consumption is less than 2mA in 5V operating condition.

2.6 Display Module

We have used 16X2 LCD (JHD162A) in the 'Radiation Survey Meter' for its following features:-

1. Wide viewing angle and high contrast
2. 5-7 dot character matrix with cursor
3. Interfaces with 4- bit or 8- bit MPUs
4. Display upto 226 character and special symbols
5. Custom character patterns are displayed with the character RAM
6. Abundant instruction set including clear display, cursor on/off, and character blinking.
7. Compact and light weight for easy assembly to the host instrument
8. Operable on single 5V power supply
9. Low power consumption

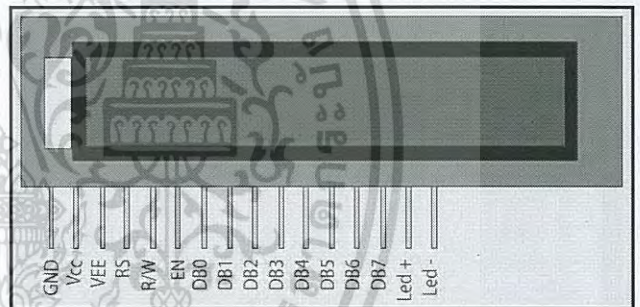


Fig -11: LCD 16X2 display

2.7 RS-232 using MAX 232

In telecommunications, RS-232 is a standard for serial communication transmission of data. It formally defines the signals connecting between a DTE (data terminal equipment) such as a computer terminal, and a DCE (data circuit-terminating equipment, originally defined as data communication equipment, such as a modem. The standard defines the electrical characteristics and timing of signals, the meaning of signals, and the physical size and pin out of connectors. The current version of the standard is TIA-232-F Interface between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange, issued in 1997.

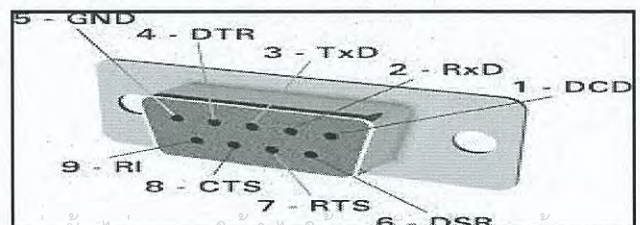


Fig -12: RS-232

MAX232 is an IC that converts signal from an RS232 serial port to signals suitable for use in TTL compatible digital logic circuits. The MAX232 is a dual driver/receiver and typically converts the Rx, Tx, CTS and RTS signals. The driver provides RS 232 voltage level output (approx $\pm 7.5V$) from a signal +5V supply via on-chip charge pumps and external capacitors. This makes it useful for implementing RS 232 in devices that otherwise do not need any voltage outside 0V to +5V range, as power supply design does not need to be made more complicated just for driving RS 232 in this case. The receiver reduces RS232 inputs (which may be as high as $\pm 25 V$), to standard 5V TTL levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, and a typical hysteresis of 0.5V

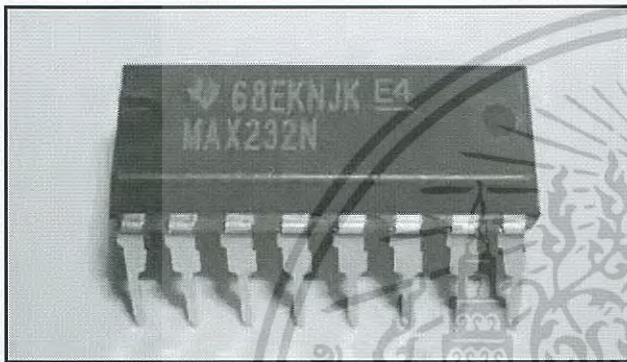


Fig -13: MAX232 IC

2.8 Alarm Indicator

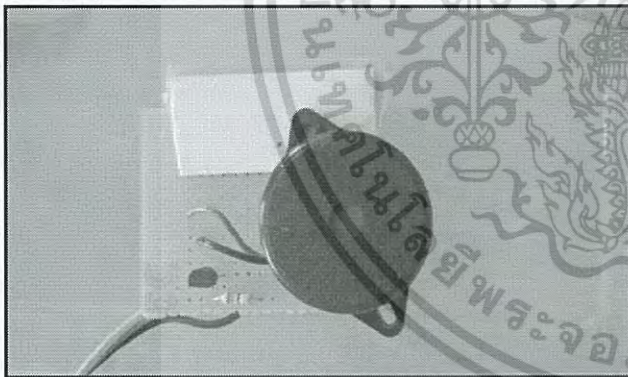


Fig -14: Alarm indicator

Alarm indicator used in the project is to give a sound for every increase in pulse count by 10 within 10 seconds. Buzzer circuit consists of an n-channel transistor and a resistor of 330Ω . When the radiation reading value will succeed the predefined safe limit value of radiation, the microcontroller will give signal to the buzzer circuit, and an audible alarm sound will be heard. The alarm circuit is provided to indicate that the radiation level in the environment has increased beyond the safe value.

3. DEVICE CHARACTERISTICS

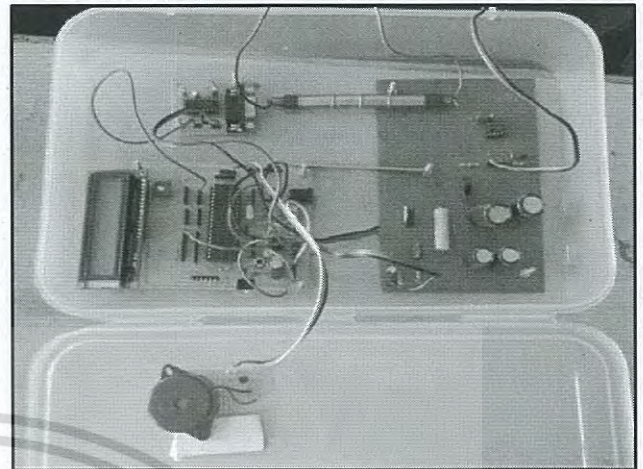


Fig -15: Hardware of the radiation survey process

1. The 500V DC GM tube biasing voltage is generated by a PIC microcontroller in boost power supply configuration.
2. The display is menu driven with LCD digital readout.
3. Microcontroller 'sleep' mode is used to reduce power consumption
4. Radiation measurements are date/time stamped by an internal real time clock.
5. Internal memory can store 375 radiation measurements using PIC16F877A.
6. Built-in USB interface for data upload to a personal computer.
7. PIC firmware is written in freely available C language.

4. OBSERVATIONS

We have observed and noted down the readings obtained using the radiation source Thorium of Symbol Th and atomic number 90. It is a radioactive actinide metal. The half life of thorium-232 is about 14 billion years.

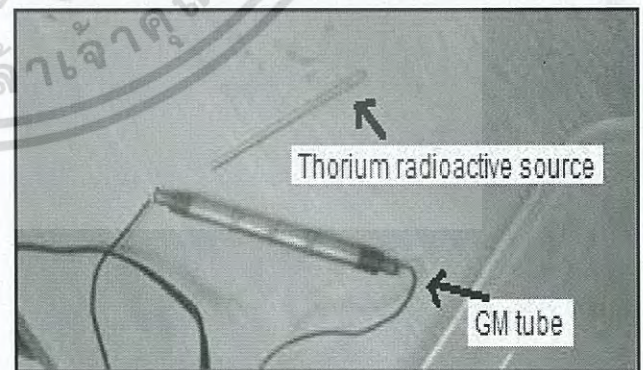


Fig -16: Thorium rods-radioactive source

The readings on GM tube are obtained under three situations:

1. When there is no radioactive source around
-In this case the GM tube must show background noise reading (which is predefined as ≤ 10 pulses per 10 seconds)
2. When the Radioactive source is kept around the GM tube (distance up to 15 cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- In this case the reading must be ≥ 10 pulses per 10 seconds and the buzzer must start sounding.

3. When the radioactive source is kept on the GM tube (by placing paper between tube and source to avoid direct contact between them)

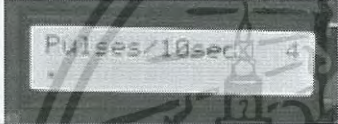
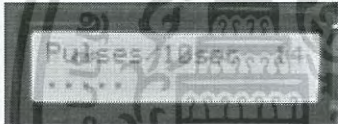

- In this case the reading must be higher and the buzzer must sound

The Observation Table below shows the readings obtained.

Observation Table:

Following readings are taken for counts per 10 seconds.

Table -1: Readings observed

Sr. no.	Distance between source and GM tube	Radiation intensity in counts per 10 seconds
1.	No nearby source	4 counts/10 sec 
2.	≤ 15 cm	14 counts/10 sec 
3.	≤ 0.5 cm	20 counts/10 sec 

5. RESULTS

Sensitivity of STS -5/SBM-20 GM tube for Cobalt- 17 cps/mR/hr

1 cps= 0.06 mrem/hr

• **Conversion formula:**

$$\text{Sensitivity} = \frac{\text{counts per second}}{\frac{\text{mrem}}{\text{hr}}}$$

Table -2: Results calculated

Sr No.	Distances between source and GM tube	Radiation intensity in Counts per 10 seconds	Radiation level in standard unit; mrem/ hr
1.	No source nearby	4 counts per 10 sec	0.0235
2.	≤ 15 cm	14 counts per 10 sec	0.0823
3.	≤ 0.5 cm	20 counts per 10 sec	0.1176

Graphs on Terminal Software

The below figure shows the graph obtained on TERMINAL Software for the reading obtained.

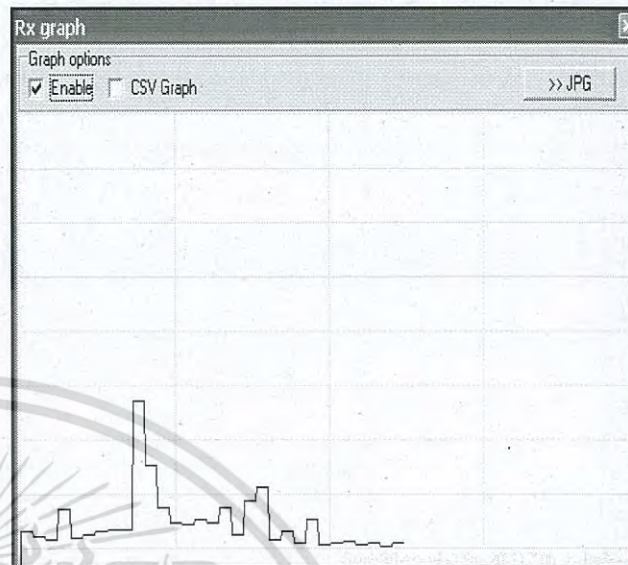


Fig -17: Graph on Terminal Software

Data Stored in Docklight Software

The figure below shows the data stored in the DOCKLIGHT software for the readings obtained.

ASCII	HEX	Decimal	Binary
20/3/2015 12:14:10 - 00 03 02 01 04 06 04 02 03 04 04 05 05 05 16 20 24 20 23 19 16 05 04 07 12 00 01 00			

Fig -18: Reading stored in Docklight software

6. CONCLUSION

Radiation detectors are widely used in industrial applications (nuclear power plants and military applications) as well as in research surveys for detecting emission of radioactive radiations. This project discusses the implementation where a large sized, complicated detector is replaced by compact GM tube radiation detector, in order to prepare a small sized, mobile and inexpensive radiation detection device based on low cost PIC microcontroller. These controllers help in detecting the radiations emitted by radioactive material with minimum external hardware requirement by retaining the efficiency of detector and hence reducing the cost of detection device making it more affordable.

REFERENCES

- [1]. H. Geiger and W. Muller, "Geiger Counter Tube," Naval Research Laboratory, 25th May 1949.
- [2]. Chester G. Wilson and Yogesh B. Gianchandani, "Microgeiger: A Microfabricated Gas Based Beta Radiation Detector," Solid State Sensor, actuator and Microsystem workshop Hilton Head Island, South Carolina, June 6-10, 2004.
- [3]. Rania Gomaa, IhabAdly, Karan Sharshar, Ahmed Saiwat, Hani Ragai, "Zigbee Wireless Sensor Network For Radiation Monitoring At Nuclear Facilities," IEEE 2013.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [4]. Koviljka Stankovic and Predrag Osmokrovic, "The Model For Calculating The Type A Measurement Uncertainty Of GM Counter From The Aspect Of Device Miniturization," IEEE 3rd June 2014.
- [5]. Jerrold T. Bushberg, Linda A. Kroger, Marcia B. Hartman, Edwin M. Leidholdt Jr, Kenneth L. Miller, Robert Derlet, and Cheryl Wraa, "Nuclear/Radiological Terrorism: Emergency Department Management Of Radiation Casualties," ELSEVIER 2007.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้