บทที่ 3

การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลแสดงผลเชิงตัวเลข

จากหลักการของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล ได้นำมาประมวลข้อมูลเบื้องต้นที่เหมาะสมกับการใช้งาน สำหรับการออกแบบและพัฒนาวงจร โดยใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่จัดหาได้ในประเทศดังนี้

1. สามารถวัดปริมาณรังสีในแบบเอ็กโพเชอร์ แสดงผลการวัดเชิงตัวเลข 4 หลัก ในหน่วยมิลลิเรินท์เกน (0-9999 mR)

2. เครื่องวัดที่ออกแบบจะต้องมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาสะดวก

3. ทำงานด้วยแบตเตอรี่ที่ประจุไฟฟ้าใหม่ได้ กินกำลังไฟฟ้าน้อย โดยเลือกใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ไมโครตระกูล C-MOS

4. ทนต่อสภาพการใช้งานปกติ และบำรุงรักษาง่าย

5. มีระบบส่งเสียงเตือนทัดเทียมกับเครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศ

จากข้อมูลดังกล่าวจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดประมาณรังสีประจำบุคคล ซึ่งมีโครงสร้างและการทำงานดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 3.1

3.1 โครงสร้างของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลแสดงผลเชิงตัวเลข

จากแผนภาพรูปที่ 3.1 เครื่องวัดปริมาณรังสีแบบอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยวงจรที่ประสานการทำงานต่างๆ ดังนี้

ก. หัววัดรังสีไกเกอร์ (GM tube) ขนาดเล็ก

ข. วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง (high voltage power supply)

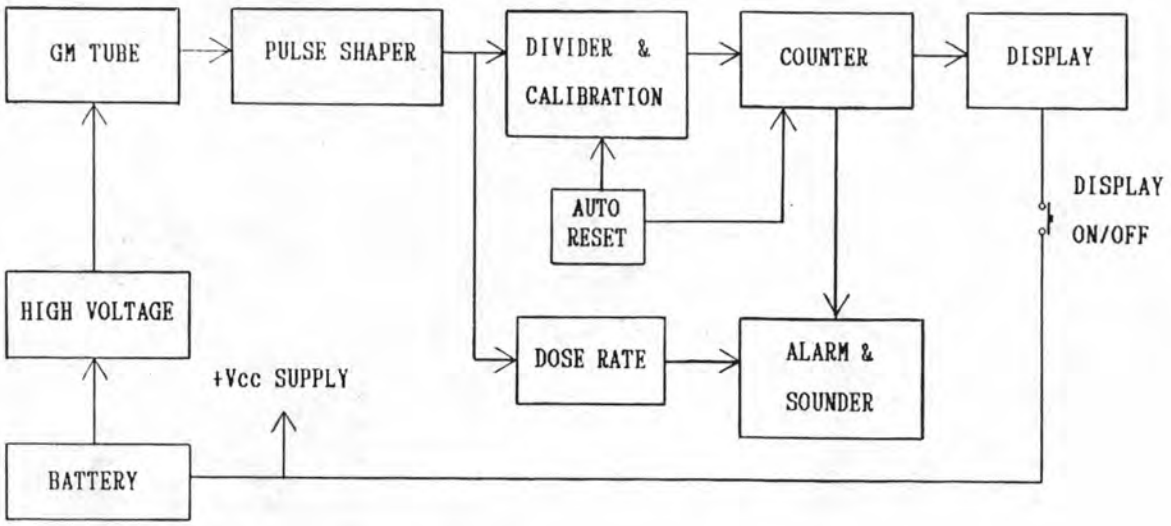
ค. วงจรแต่งรูปสัญญาณพัลส์ (pulse shaper)

ง. วงจรคำนวณค่าเพื่อปรับเทียบปริมาณรังสี (divider & calibration)

จ. วงจรนับและแสดงผลการวัดปริมาณรังสี (counter & display)

ฉ. วงจรส่งเสียงเตือนและบอกปริมาณรังสี (alarm & sounder)

ช. แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำที่สามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้ (rechargeable battery)



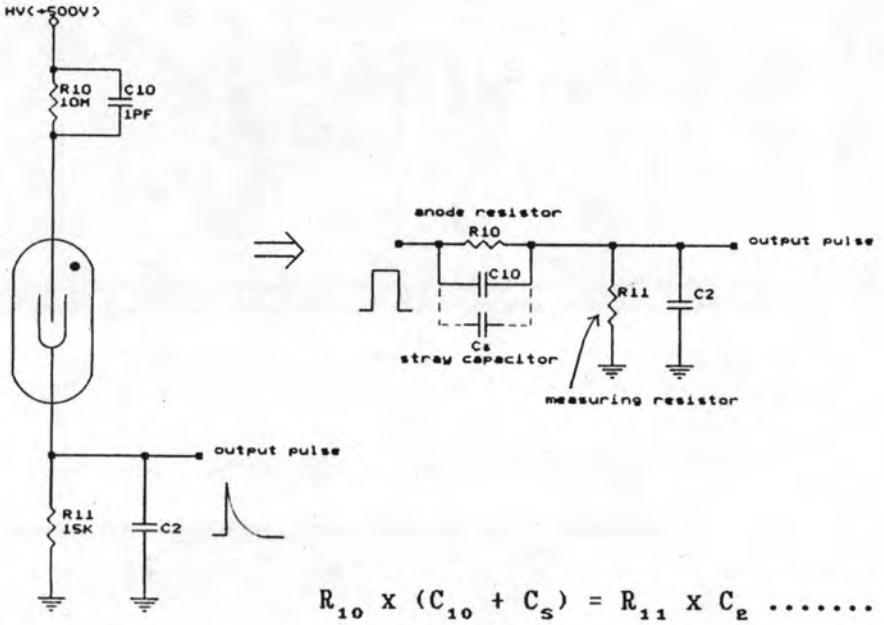
รูปที่ 3.1 แผนภาพของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่พัฒนาขึ้น

การทำงานของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล ในแผนภาพรูปที่ 3.1 เริ่มจากกระบวนการวัดรังสีของหัววัดรังสีไกเกอร์ ซึ่งได้รับไบอัสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง ณ จุดทำงาน หัววัดรังสีจะเปลี่ยนพลังงานของรังสีที่ตกกระทบให้เป็นสัญญาณพัลส์รูปเข็ม โดยมีอัตรานับรังสีเป็นสัดส่วนกับปริมาณรังสี สัญญาณพัลส์รูปเข็มจะได้รับการแต่งรูปเป็นพัลส์สัญญาณลอจิก และถูกหารแบ่งตามสัดส่วนอัตรานับที่สัมพันธ์กับปริมาณรังสี ในการปรับเทียบค่าที่วัดในหน่วยมาตรฐานสัญญาณพัลส์ลอจิกจากส่วนคำนวณค่าปรับเทียบปริมาณรังสีนี้จะส่งไปยังวงจรนับ เพื่อแสดงข้อมูลการวัดปริมาณรังสีและเปรียบเทียบระดับของปริมาณรังสีที่ยอมให้รับได้ที่ตั้งไว้ในระบบเชิงตัวเลข เพื่อส่งสัญญาณเตือนมายังวงจรส่งเสียงเตือน สัญญาณจากวงจรแต่งรูปสัญญาณอีกส่วนหนึ่งจะส่งมายังวงจรโดสเรท (dose rate circuit) สำหรับเปรียบเทียบค่าอัตราปริมาณรังสีที่ตั้งไว้ในระบบอนาลอกเพื่อส่งเสียงเตือน วงจรส่งเสียงเตือนนอกจากจะรับสัญญาณควบคุมจากวงจรโดสเรทและวงจรนับรังสีแล้ว ยังรับการควบคุมให้ส่งเสียงเตือนจากวงจรปรับเทียบค่าปริมาณรังสีทุก 1 มิลลิเรินท์เกน และวงจรแต่งรูปสัญญาณ เมื่อปริมาณรังสีสูงเกินพิกัดของหัววัดรังสี การแสดงผลข้อมูลการวัดจะได้รับการปรับเทียบมาตรฐานการวัดปริมาณรังสีและอ่านค่าในหน่วยวัดปริมาณรังสีมาตรฐาน

3.2 การออกแบบและพัฒนาวงจรของเครื่องวัดปริมาณรังสี

3.2.1 วงจรหัววัดรังสี

เครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลนี้ ออกแบบเพื่อวัดปริมาณรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมา ในบริเวณที่มีปริมาณรังสีในช่วง 2 - 5000 mR/hr ต้องการหัววัดที่มีขนาดเล็ก จึงเลือกหัววัดรังสีไกเกอร์เบอร์ LND 716 ซึ่งมีรายละเอียดในภาคผนวกง.1 วงจรหัววัดรังสีเลือกแบบ DC coupling และเพื่อลดการผิดเพี้ยนของสัญญาณพัลส์ สภาวะของวงจรหัววัดรังสีจะต้องมีค่า $R_{10} \times (C_{10} + C_s) = R_{11} \times C_e$



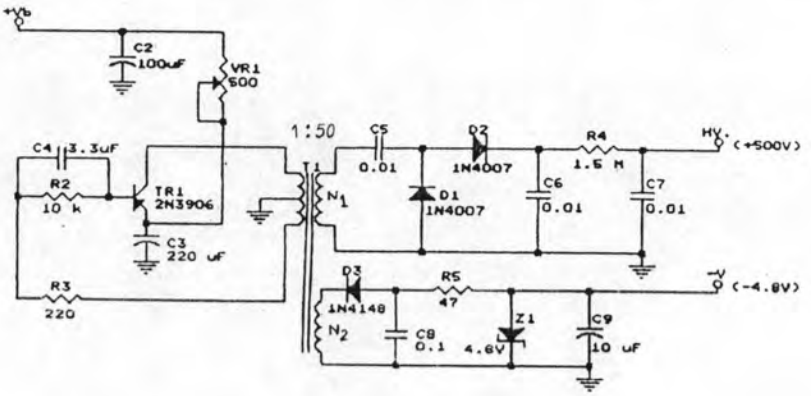
$$R_{10} \times (C_{10} + C_s) = R_{11} \times C_e \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3.1)$$

รูปที่ 3.2 วงจรหัววัดรังสีไกเกอร์แบบ DC coupling

3.2.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงกระแสตรง

เพื่อให้วงจรมีขนาดเล็ก และใช้พื้นที่น้อยจึงเลือกวงจรแปลงศักดาไฟฟ้าแบบทรานสฟอร์เมอร์ไดเรคเคอร์เรนท์คอนเวอร์เตอร์ แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงนี้จะกำเนิดศักดาไฟฟ้า 2 ส่วนคือ ศักดาไฟฟ้าเพื่อป้อนวงจรทวีศักดา 2 เท่า สามารถปรับค่าได้จาก 400-500 โวลต์ ที่กระแส 12.5 ไมโครแอมแปร์ เพื่อจ่ายให้กับวงจรหัววัดรังสีและอีกส่วนหนึ่งเป็นศักดาไฟฟ้าต่ำชั้วลบ สำหรับวงจรนับรังสี ซึ่งต้องการศักดาไฟฟ้าลบ 5 โวลต์ 5.6 มิลลิแอมแปร์ ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องจ่ายแก่วงจรต่างๆ จะมีค่าประมาณ 35 มิลลิวัตต์

การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 แสดงในภาคผนวก ก.

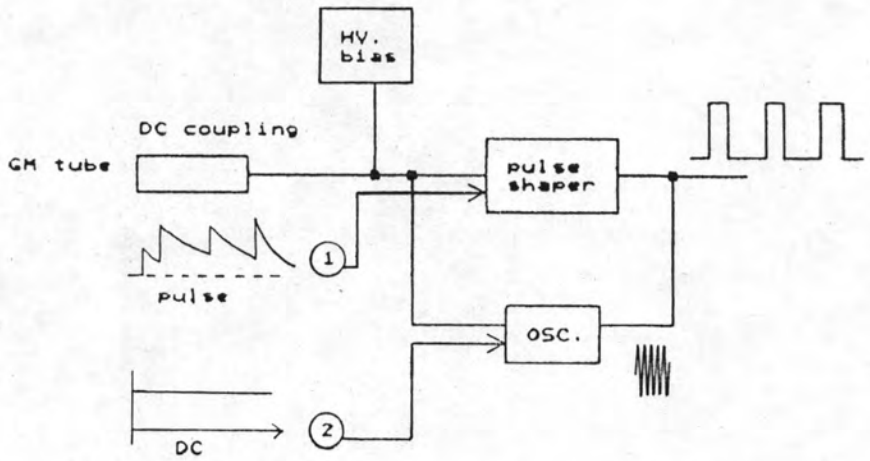


รูปที่ 3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง

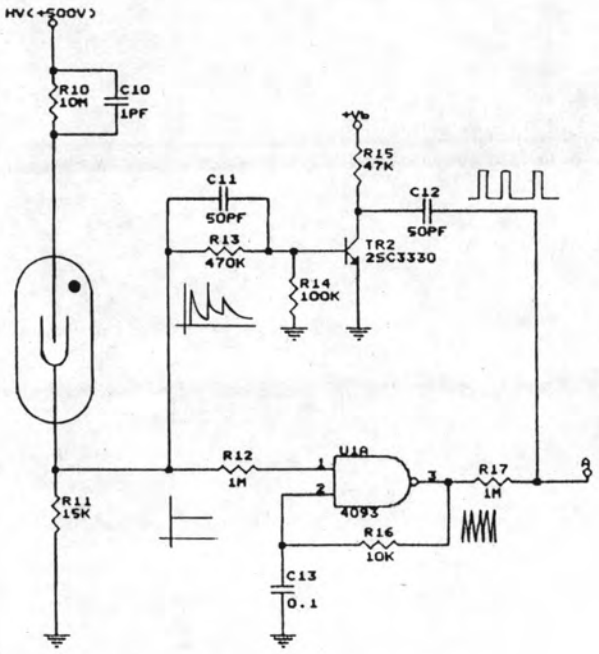
การทำงานของวงจรในรูปที่ 3.3 ทรานซิสเตอร์ TR_1 และหม้อแปลง T_1 จัดรูปวงจรแบบกำเนิดความถี่ด้วยตัวเอง จากผลของการป้อนกลับแบบ positive VR_1 ทำหน้าที่แปรเปลี่ยนกระแสในวงจรคอลเลคเตอร์ มีผลให้การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง เป็นการปรับศักดาไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ ศักดาไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวด N_1 ขนาด 250 โวลต์จะส่งไปยังวงจรทวีศักดาไฟฟ้า 2 เท่า ซึ่งประกอบด้วย C_5, C_6, D_1 และ D_2 ทำให้ได้ศักดาไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 500 โวลต์ บน C_6 ผ่านวงจรกรองกระแสไฟฟ้า R_4 และ C_7 เพื่อจ่ายให้วงจรหัววัดรังสี ศักดาไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจากขดลวด N_2 จะนำมาสร้างศักดาไฟฟ้าลบ โดย D_3 และ C_8 ผ่านวงจรควบคุมศักดาไฟฟ้าคงที่ด้วยซีเนอร์ไดโอด Z_1 และ R_5 กรองกระแสด้วย C_9 ได้ศักดาไฟฟ้า -4.8 โวลต์

3.2.3 วงจรแต่งรูปสัญญาณ

สัญญาณพัลส์จากวงจรหัววัดรังสี จะมีลักษณะเป็นพัลส์รูปเข็มขนาดต่างๆ กัน และมีเวลาขาลงเหลื่อมกัน ดังนั้นเพื่อให้วงจรนับ เพื่อหาความถี่ทำงานได้สมบูรณ์ จะต้องเปลี่ยนสัญญาณรูปเข็มเป็นสัญญาณลอจิก ในขณะเดียวกันเพื่อเป็นการตรวจสอบสภาวะของหัววัดที่ได้รับอัตรานับรังสีสูงเกินพิกัดทำงาน จนกระทั่งหัววัดรังสีไกเกอร์เกิดการอิ่มตัว(saturation) จำเป็นต้องใส่วงจรกำเนิดความถี่ ซึ่งจะทำงานเมื่อสถานะของสัญญาณลอจิกเป็น 1 (high) ไว้ในวงจรนี้ด้วย ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 3.4 และวงจรในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของวงจรแต่งรูปสัญญาณ



รูปที่ 3.5 วงจรแต่งรูปสัญญาณ

จากวงจรในรูปที่ 3.5 ทรานซิสเตอร์ TR_2 ออกแบบให้ทำงานในลักษณะของวงจรสวิตช์ โดยมี R_{13}, R_{14} เป็นส่วนของวงจรไบอัส และ R_{15}, C_{12} เป็นวงจรส่งผ่านสัญญาณ เมื่อสัญญาณรูปเข็มเข้ามาทางวงจรเบส (base circuit) ทรานซิสเตอร์จะเปลี่ยนสัญญาณพัลส์รูปเข็มเป็นสัญญาณลอจิกส่วนไอซี U1A ออกแบบไว้เป็นวงจรกำเนิดความถี่ R_{16} และ C_{13} จะควบคุมให้ทำงานที่ความถี่ 2 กิโลเฮิรตซ์ วงจรกำเนิดความถี่นี้จะทำงานเมื่อขา1ของ U1A ผ่าน

R_{12} มีสถานะเป็น 1 ซึ่งสถานะนี้จะเกิดเมื่ออัตรานับรังสีที่หัววัดรังสีสูงเกินความสามารถในการกำเนิดพัลส์ของหัววัดรังสี กระแสจากการไอออนไนซ์จะไหลผ่าน R_{11} ต่อเนื่อง ทำให้เกิดระดับศักดาไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อม R_{11} นั่นเอง สัญญาณทางออกทั้ง 2 ส่วน จะไปรวมกันที่จุด A

3.2.4 วงจรปรับเทียบค่าปริมาณรังสี

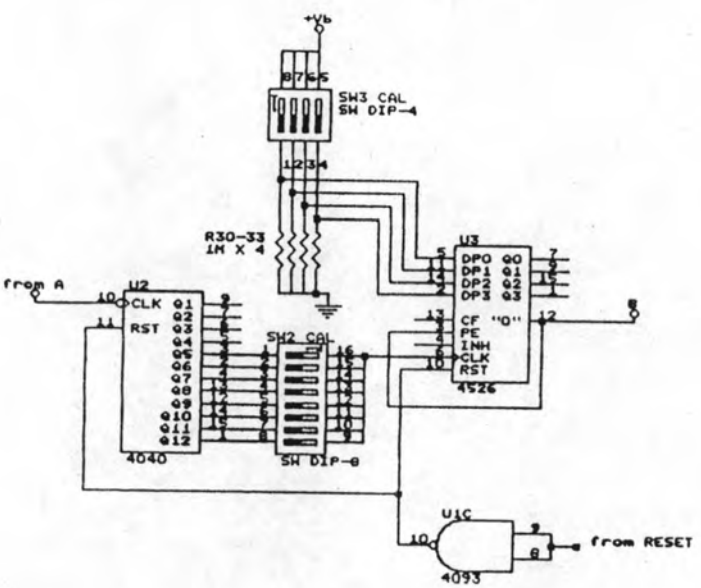
วงจรปรับเทียบค่าปริมาณรังสี ทำหน้าที่หารแบ่งความถี่พัลส์ตามสัดส่วนอัตรานับที่สัมพันธ์กับปริมาณรังสีในหน่วยมิลลิเรินท์เกน (mR) ในลักษณะของการหารแบบไบนารี่ คือ หาร 1, 2, 4, 8, 16, 32, ------ 2^n ผนวกกับการหารแบ่งย่อยระหว่างลำดับไบนารี่ด้วยวงจรหารแบบเลือกค่าตัวหารต่อเนื่อง (n_e) ซึ่งผลการหารจะเป็นไปตามสมการดังนี้

$$\text{ความถี่ทางออก } (f_{out}) = \frac{\text{ความถี่ทางเข้า } (f_{in})}{\text{จำนวนหาร } (x)} \quad \text{---------- (3.2)}$$

โดยที่ $x = 2^n \times n_e$

เมื่อ n = จำนวนหลักตัวหารไบนารี่

n_e = ค่าตัวหารที่เลือกค่าไว้

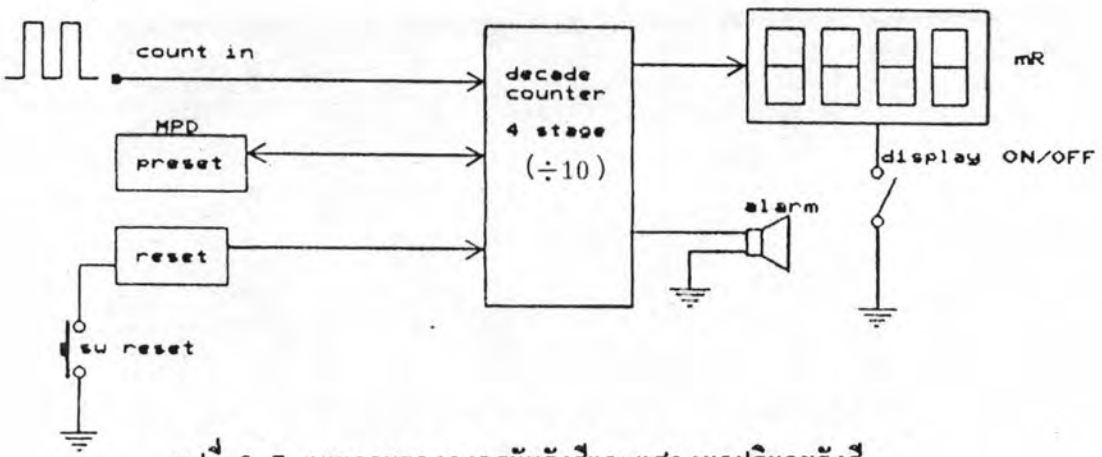


รูปที่ 3.6 วงจรปรับเทียบค่าปริมาณรังสี

ไอซีที่ทำการหารเลือกเบอร์ DM 4040 เป็นไอซีที่ทำการหารแบ่งแบบไบนารี่ 12 หลัก และหารแบ่งย่อยเพื่อให้ละเอียดลงไปด้วย ไอซี U_3 (DM 4526) ซึ่งทำหน้าที่เป็น programmable down counter สามารถหารแบ่งความถี่ได้ตั้งแต่ n_2 เท่ากับ 1 ถึง 15 การเลือกตัวหาร X ตามสมการที่ 3.2 สามารถเลือกด้วยตำแหน่งสวิตช์ SW_2 และ SW_3 ประกอบกัน ซึ่งตัวหารทั้งหมดเพียงพอกับการปรับเทียบปริมาณนับรังสีจากอัตรานับพัลส์ของระบบวัดส่วนหน้า

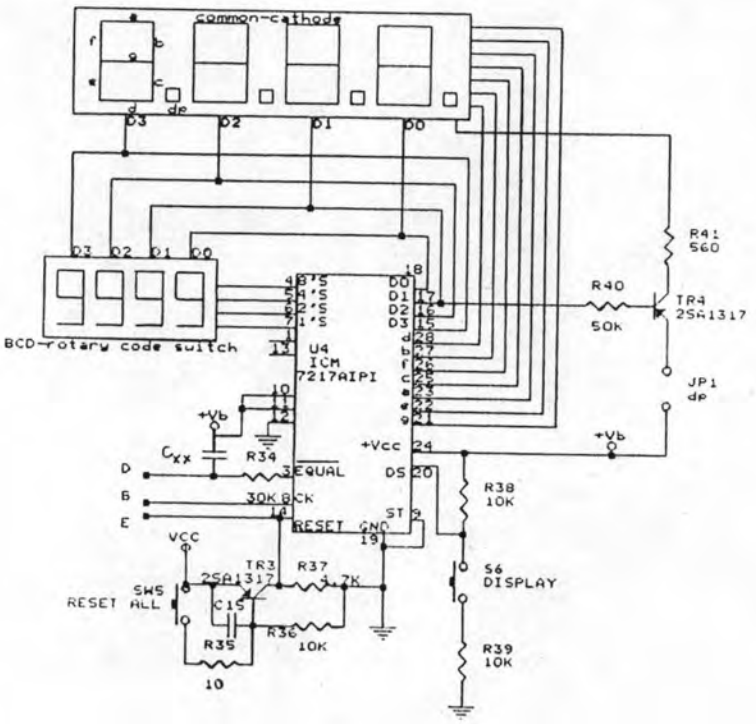
3.2.5 วงจรนับรังสีและแสดงผลปริมาณรังสี

วงจรนับรังสีสำหรับเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล เป็นวงจรนับสิบ 4 หลัก แสดงผลด้วยไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน เพื่อสามารถอ่านค่าปริมาณรังสีในที่มืดเมื่อต้องการได้ และเพื่อเป็นการลดความสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ การแสดงผลออกแบบให้แสดงผลเมื่อต้องการอ่านค่าเท่านั้น นอกจากการแสดงปริมาณรังสีสะสมแล้ว จะต้องออกแบบให้วงจรสามารถส่งเสียงเตือน เมื่อปริมาณรังสีสะสมที่ผู้ใช้ได้รับถึงระดับยอมรับได้ที่กำหนดไว้ในการปฏิบัติงานแต่ละช่วง และก่อนเริ่มใช้งานจำเป็นต้องมีวงจรรีเซทเพื่อเริ่มค่านับใหม่ ซึ่งแผนภาพการทำงานของระบบนับและแสดงผลปริมาณรังสีแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนภาพของวงจรนับรังสีและแสดงผลปริมาณรังสี

จากความต้องการของระบบนับแสดงผลปริมาณรังสีดังกล่าว ได้เลือกไอซีเบอร์ ICM 7217(รายละเอียดในภาคผนวก ง.2)ซึ่งสามารถนับรังสีได้ 4 หลัก และตั้งค่านับปริมาณรังสีได้ในตัว เพื่อใช้ในการตั้งระดับปริมาณรังสี โดยใช้ BCD switch ดังวงจรในรูปที่ 3.8



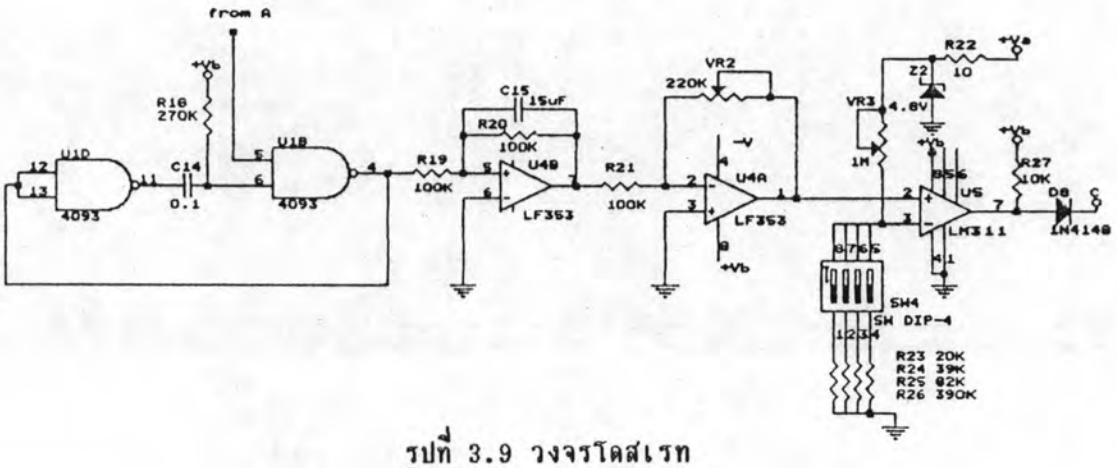
รูปที่ 3.8 วงจรนับรังสีและแสดงปริมาณรังสี

สัญญาณพัลส์จากการหารแบ่ง เพื่อปรับเทียบปริมาณรังสีจะป้อนเข้าที่ขา 8 ของไอซี ICM 7217 เพื่อทำการนับและแสดงผลปริมาณรังสี 4 หลัก (0-9999 mR) สวิตช์ S_6 และ R_{38}, R_{39} ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงผลของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งเป็นการทำงานในระบบมัลติเพล็กซ์ที่ส่งข้อมูล ชิ้นส่วนตัวเลขออกทางขา 21-28 (a-g) และข้อมูลหลักเลขออกทางขา 15-18 (D_0 - D_3) ทศนิยมของการอ่านค่าสามารถเลือกได้ด้วยวงจรขับ TR_4 โดยการเลือกตำแหน่งหลักเลขด้วยการเปลี่ยนตำแหน่ง R_{40} ในส่วนของวงจรตั้งค่าระดับปริมาณรังสีที่ยอมรับได้นั้น BCD switch จะทำงานในระบบมัลติเพล็กซ์เช่นกัน โดยข้อมูลของสวิตช์จะส่งเข้าเปรียบเทียบกับข้อมูลนับปริมาณรังสีที่ขา 4-7 (8'S-1'S) เมื่อค่าเปรียบเทียบเท่ากันสัญญาณลอจิกจะส่งออกที่ขา 3 นำไปใช้ควบคุมวงจรส่งเสียงเตือน ซึ่งจะหน่วงเวลาไว้ประมาณ 300 μs ด้วย c_{xx} และ R_{34} สำหรับวงจรรีเซทเพื่อเริ่มต้นนับปริมาณรังสีใหม่ควบคุมด้วย TR_3, R_{37}, R_{36} และR_{35} ซึ่งจัดไบอัสให้ทำงานเป็นวงจรสวิตช์ รับการสั่งงานจากสวิตช์ SW_5 เพื่อควบคุมขารีเซทของไอซี ICM 7217 ที่ขา 14 และสัญญาณรีเซทส่วนนี้จะถูกส่งไปควบคุมการเริ่มต้นทำงานของระบบวัดทั้งหมดด้วย

3.2.6 วงจรส่งเสียงเตือนและบอกปริมาณรังสี

เนื่องจากข้อได้เปรียบของการทำงานในระบบอิเลกทรอนิกส์ เครื่องวัดรังสีประจำบุคคลชนิดนี้จึงมีการออกแบบสัญญาณเตือนที่เป็นประโยชน์ในด้านการควบคุมความปลอดภัยในการปฏิบัติงานไว้ ได้แก่ การบอกปริมาณรังสีที่ได้รับทุกๆ 1 มิลลิเรินท์เกน การเตือนเมื่อได้รับปริมาณรังสีตามค่าที่ตั้งไว้ และวงจรบอกอัตราปริมาณรังสีที่ตั้งไว้ เป็นต้น

3.2.6.1 วงจรโดสเรท (dose rate circuit)

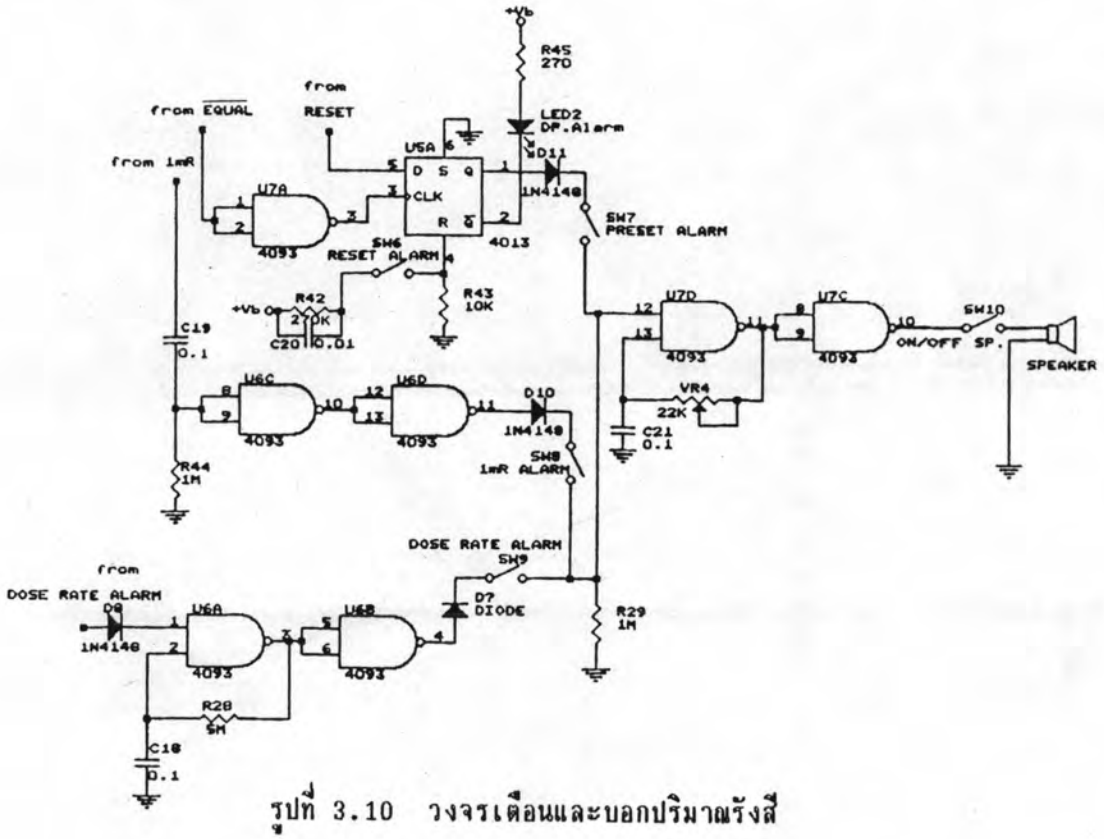


รูปที่ 3.9 วงจรโดสเรท

วงจรโดสเรทประกอบด้วยวงจรย่อย 2 วงจร คือ วงจรเรทมิเตอร์ และวงจรเปรียบเทียบศักดาไฟฟ้า ในส่วนของวงจรเรทมิเตอร์ เกต NAND U1B, U1D, R_{18}, และ C_{14} จัดวงจรเป็นโมโนสเตเบิล (monostable) ทำหน้าที่ปรับความกว้างของพัลส์ ส่วน U4B (ไอซี LF353), R_{19} , R_{20} และ C_{15} เป็นวงจรอินติเกรเตอร์ (integrator) ทำหน้าที่เป็นวงจรอัดประจุ เพื่อเปลี่ยนอัตรานับรังสีเป็นศักดาไฟฟ้าส่งให้ U4A, R_{21} และ VR_2 ซึ่งเป็นวงจรขยายแบบกลับขั้วไฟฟ้า สำหรับปรับเทียบอัตรานับรังสีกับระดับอัตราปริมาณรังสี ค่าอัตราปริมาณรังสีจาก U4A จะส่งผ่านมาที่วงจรเปรียบเทียบศักดาไฟฟ้า U5 (ไอซี LM 311) ทำหน้าที่เปรียบเทียบศักดาไฟฟ้า จากผลการวัดอัตราปริมาณรังสีที่ขา 2 เทียบกับศักดาไฟฟ้าอ้างอิงอัตรานับรังสีที่เลือกด้วยสวิตช์ SW_4 ที่ขา 3 สัญญาณจากผลการเปรียบเทียบจะส่งผ่าน D_8 ไปยังวงจรส่งเสียงเตือน

3.2.6.2 วงจรส่งเสียงเตือน

วงจรส่งเสียงเตือนนี้จะรับสัญญาณเตือนจากวงจรส่วนอื่น 3 แหล่ง ได้สัญญาณจาก ปริมาณรังสีถึงระดับอัตราปริมาณรังสีที่ตั้งไว้ สัญญาณจากบริเวณที่มีรังสีสูงจนกระทั่งหัววัดรังสีเกิดการอิ่มตัว และสัญญาณที่เตือนปริมาณรังสีทุก 1 mR ดังนั้นจึงต้องมีการผสมความถี่เสียงที่แตกต่างกัน เพื่อแยกสัญญาณเตือนต่างๆ ที่เกิดขึ้น และสามารถควบคุมการใช้งานของสัญญาณเตือนเหล่านั้นได้



รูปที่ 3.10 วงจรเตือนและบอกปริมาณรังสี

วงจรกำเนิดความถี่เสียงหลักของวงจรเตือนประกอบด้วยเกต U7D และ U7C ซึ่งควบคุมความถี่ด้วย VR_4 และ C_{21} สัญญาณเสียงทางออกความถี่ 4.8 กิโลเฮิรตซ์ จะส่งไปขับลำโพงผ่านสวิตช์ SW_{10} ส่วนทางเข้าจะรับการผสมสัญญาณจากวงจรกำเนิดจังหวะสัญญาณ 3 รูปแบบ คือ ในวงจรรูปที่ 3.10 ตามรายละเอียด ดังนี้

ก. สัญญาณ $\overline{\text{EQUAL}}$ จากวงจรนับปริมาณรังสีจะส่งเข้ามาที่เกต U7A เพื่อกระตุ้นฟลิบ-ฟลอบ (flip-flop) U5A ผ่านสวิตช์เลือก SW_7 มายังขา12 ของ U7D ของวงจรกำเนิด

ความถี่เสียงหลักให้ส่งเสียงต่อเนื่อง สามารถรีเซทด้วย SW_8

ข. สัญญาณ 1 mR จากวงจรหารแบ่งความถี่เพื่อปรับเทียบปริมาณนับรังสี จะส่งเข้ามาที่เกต U6C และ U6D ผ่าน C_{19} และ R_{44} ในขณะที่สัญญาณทางออกที่เป็นจังหวะทุก 1 mR จะถูกส่งผ่านสวิตช์เลือก SW_8 ไปยังวงจรกำเนิดความถี่หลัก

ค. สัญญาณเปรียบเทียบจากวงจรโดสเรท จะส่งเข้ามาที่ขา 1 ของ U6A ซึ่งเป็นวงจรกำเนิดจังหวะความถี่ เพื่อผสมกับสัญญาณความถี่หลัก โดยมี R_{28} และ C_{18} ควบคุมจังหวะผสมความถี่ที่ประมาณ 4 เฮิรตซ์ สัญญาณทางออกผ่านสวิตช์เลือก SW_8 ไปควบคุมวงจรกำเนิดความถี่หลัก

3.2.7 <u>วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำ</u>

ในส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำออกแบบให้ใช้กับแบตเตอรีนิเกิล-แคดเมี่ยม ขนาดศักดาไฟฟ้า 4.8 โวลต์ มีความจุสำหรับจ่ายกระแส 180 mAh สามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้ รวมทั้งแสดงสภาวะของแบตเตอรีต่ำกว่าปกติ หรือต้องการอัดประจุใหม่ ดังนั้นวงจรในส่วนนี้จึงประกอบด้วยวงจรย่อย 2 วงจร คือ วงจรประจุแบตเตอรี และวงจรตรวจสอบศักดาไฟฟ้าของแบตเตอรี ดังแสดงในรูปที่ 3.11

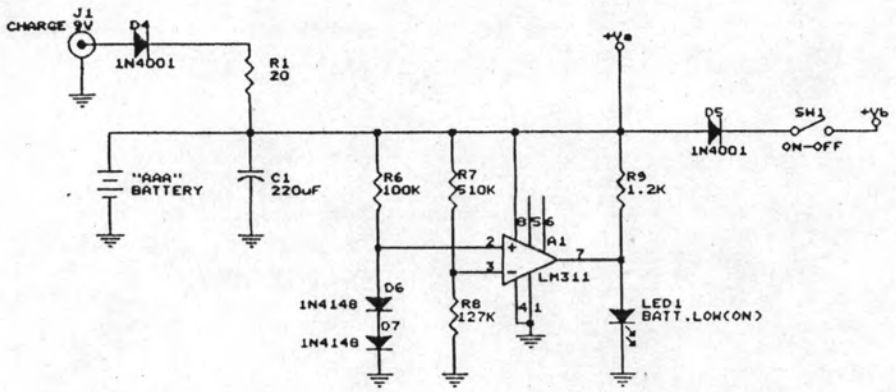
แบตเตอรีที่เลือกใช้กับเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลนี้ เลือกใช้แบตเตอรีขนาด "P-18AAAF" ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้ 2 แบบ คือ

ก. ประจุไฟฟ้าแบบปกติ (standard charge) ใช้เวลาประจุไฟฟ้า 15 ชั่วโมง ที่กระแสไฟฟ้า 18 มิลลิแอมป์

ข. ประจุไฟฟ้าแบบรวดเร็ว (quick charge) ใช้เวลาประจุไฟฟ้า 6 ชั่วโมง ที่กระแสไฟฟ้า 45 มิลลิแอมป์

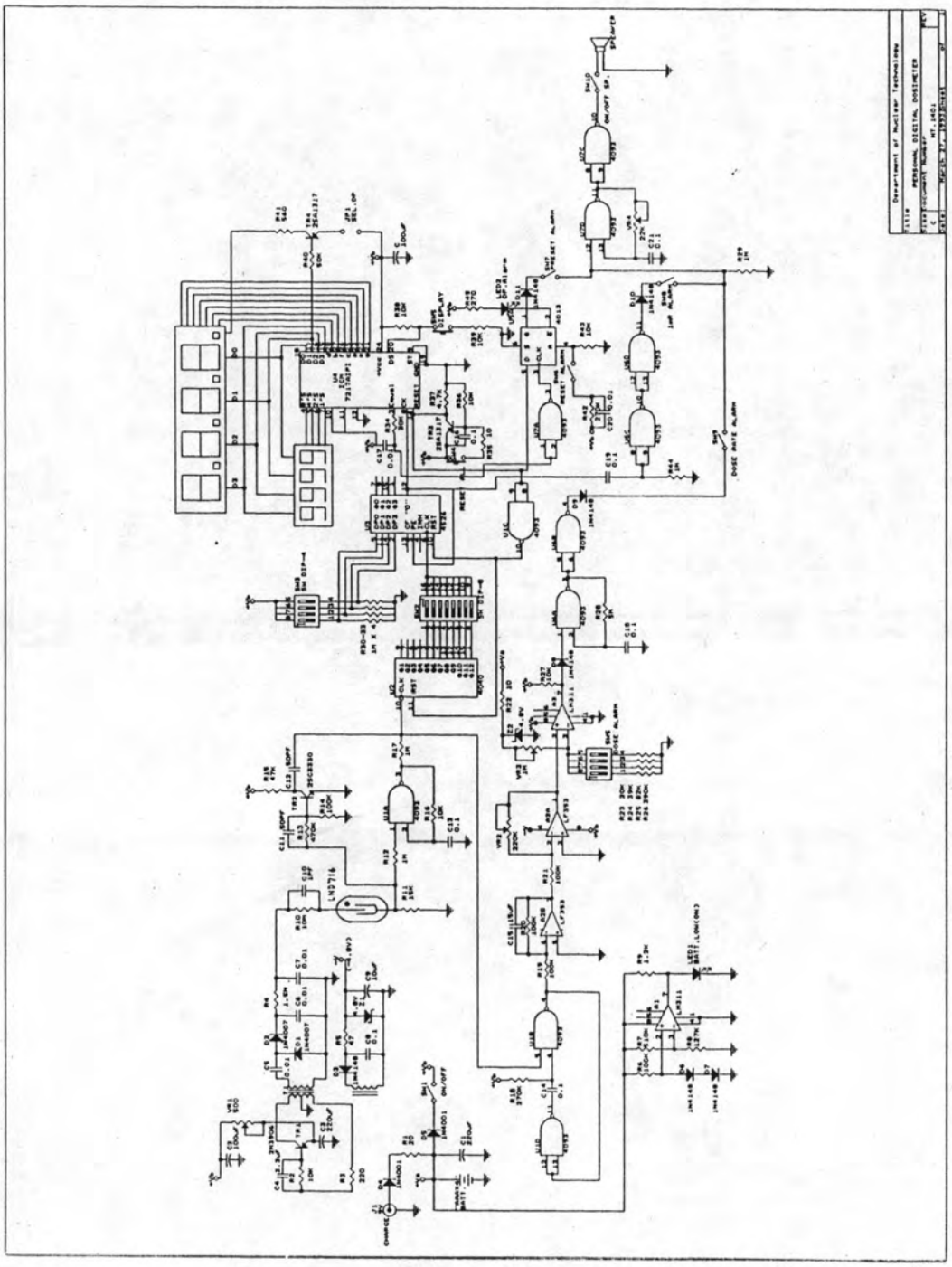
สำหรับเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลนี้เลือกใช้การประจุไฟฟ้าแบบรวดเร็ว วงจรประจุไฟฟ้าใหม่ออกแบบให้ใช้กับเครื่องประจุไฟฟ้า (charger adaptor) ขนาด 9 โวลต์ โดยประจุที่กระแส 45 มิลลิแอมป์ ดังวงจรรูปที่ 3.11 ประกอบด้วยไดโอด D_2 ป้องกันการกลับขั้วไฟฟ้าและ R_1 เป็นตัวต้านทานจำกัดกระแสประจุ สำหรับไดโอด D_5 ออกแบบไว้สำหรับป้องกันการใส่แบตเตอรีกลับขั้ว

ม.ท.A26637



รูปที่ 3.11 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำ

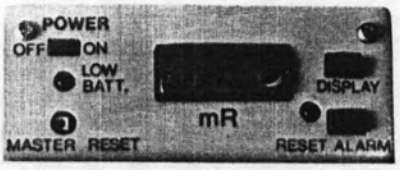
การตรวจสอบระดับศักดาไฟฟ้าของแบตเตอรี ใช้วงจรเปรียบเทียบศักดาไฟฟ้า โดยเลือกใช้ไอซี A_1 (LM 311) ศักดาไฟฟ้าอ้างอิงที่ขา 2 ของไอซี A_1 กำเนิดจากศักดาไฟฟ้าตกคร่อมไดโอด D_6 และ D_7 ซึ่งถูกไบอัสด้วย R_8 ขณะที่ศักดาไฟฟ้าเพื่อนำมาตรวจสอบถูกแบ่งศักดาไฟฟ้าด้วย R_7 และ R_8 ป้อนที่ขา 3 วงจรเปรียบเทียบจะทำงาน เมื่อศักดาไฟฟ้ามีขนาดเริ่มต่ำกว่า 4.53 โวลต์ LED1 จะแสดงผลศักดาไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ จำเป็นต้องประจุแบตเตอรีใหม่ ค่าศักดาไฟฟ้าต่ำสุดที่เครื่องวัดยังสามารถใช้งานได้นี้ จะมีผลให้การวัดปริมาณรังสีคลาดเคลื่อนจากค่าที่ปรับเทียบไว้ไม่เกิน $\pm$20 เปอร์เซนต์



รูปที่ 3.12 วงจรของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลแสดงผลเชิงตัวเลข

3.3 การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์

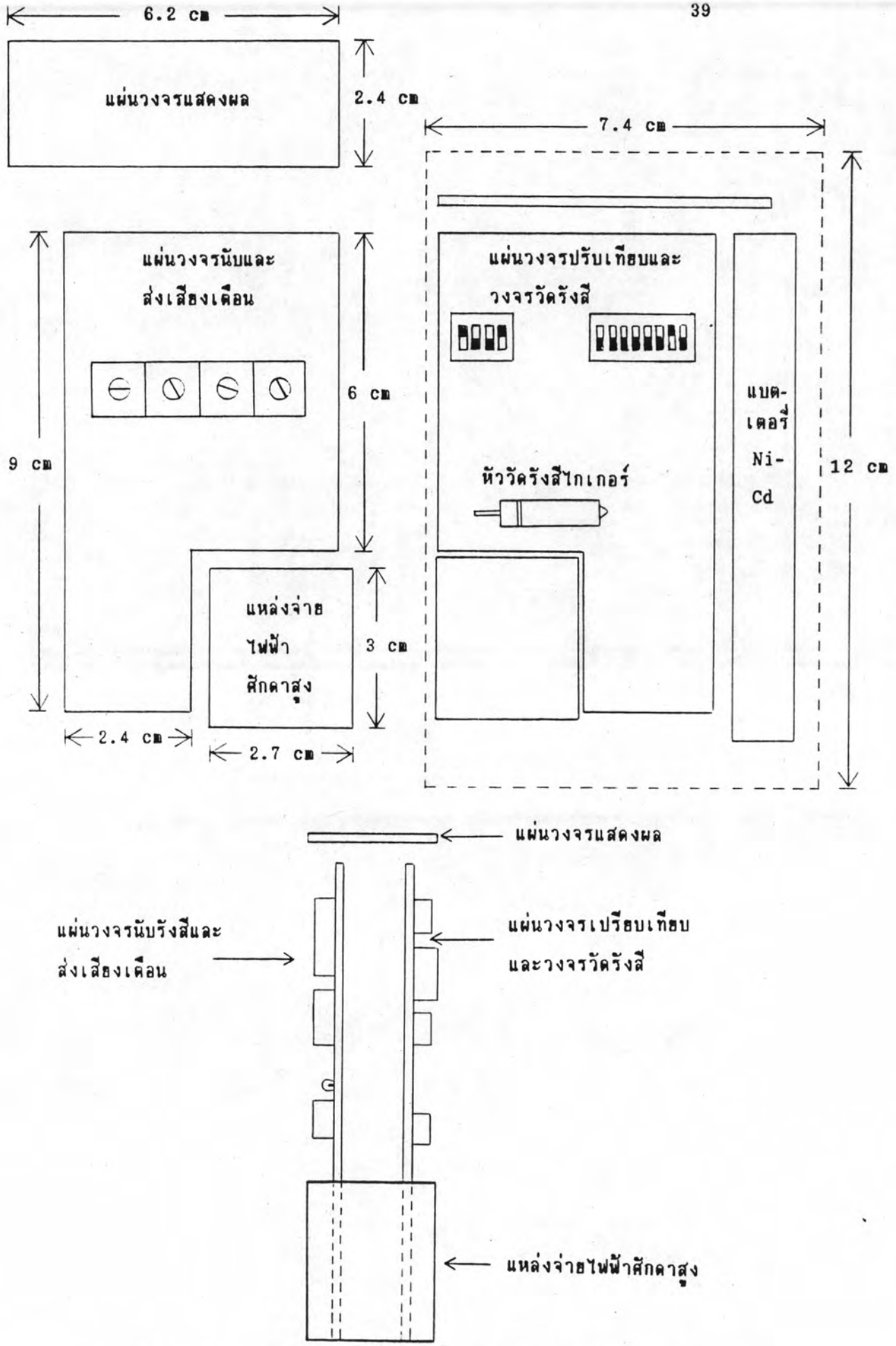
เนื่องจากเครื่องวัดปริมาณรังสีแบบอิเล็กทรอนิกส์ จะต้องออกแบบให้มีขนาดเล็กพกพาสะดวกและการจัดอุปกรณ์จะต้องไม่กำบังทิศทางการวัดรังสี จึงจำเป็นต้องจัดวางรูปแบบของชิ้นส่วนแผ่นวงจรและอุปกรณ์ต่างๆ ให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 3.13 การลดพื้นที่ของวงจรแผ่นพิมพ์ทำได้โดยการแยกแผ่นวงจรออกเป็น 3 ส่วน และจัดซ้อนกัน ซึ่งทำให้ได้ขนาดของเครื่องวัดปริมาณรังสีขนาด 7.4 x 12 x 3 เซนติเมตร^3



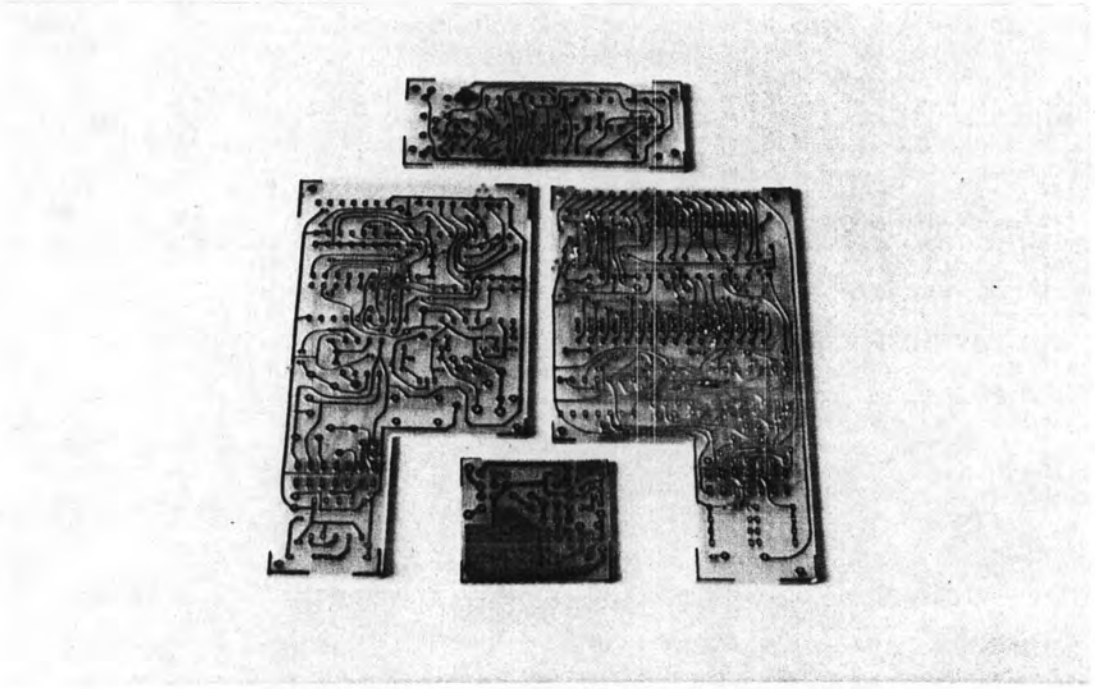
การวางอุปกรณ์ด้านบนของเครื่องวัด

การวางอุปกรณ์ด้านหน้าของเครื่องวัด

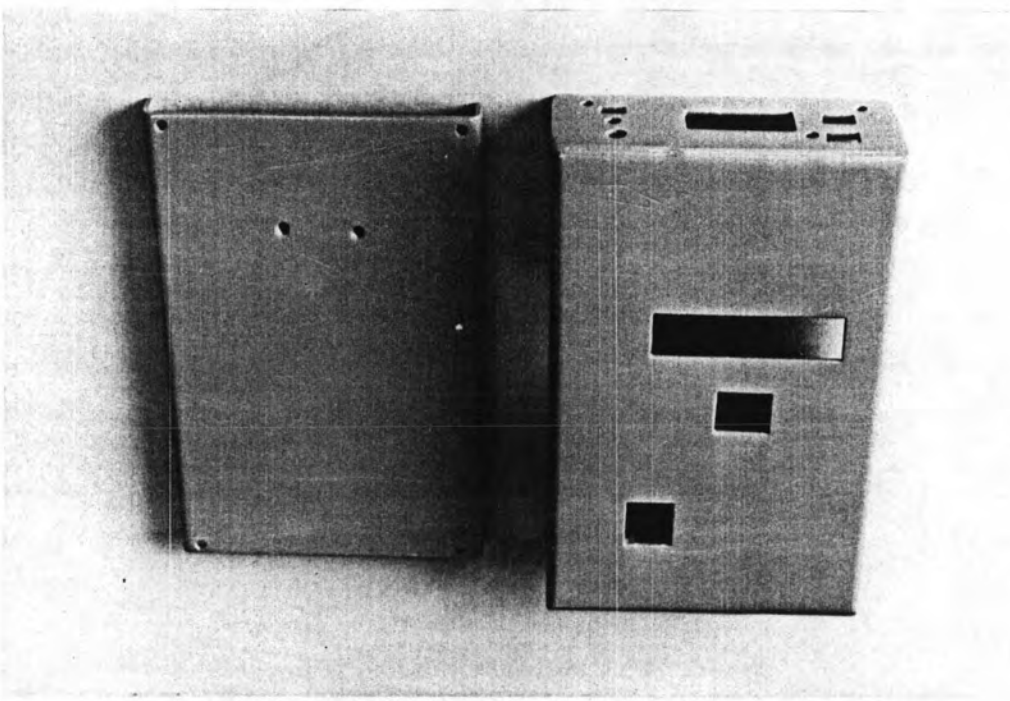
รูปที่ 3.13ก. การวางอุปกรณ์บนหน้าปัทม์ของเครื่องวัด



รูปที่ 3.13ข. แผนผังแสดงการจัดวางแผ่นวงจรและอุปกรณ์ภายในกล่องบรรจุ



รูปที่ 3.14 วงจรแผ่นพิมพ์ที่ออกแบบขึ้น



รูปที่ 3.15 กล่องบรรจุแผ่นวงจรและอุปกรณ์