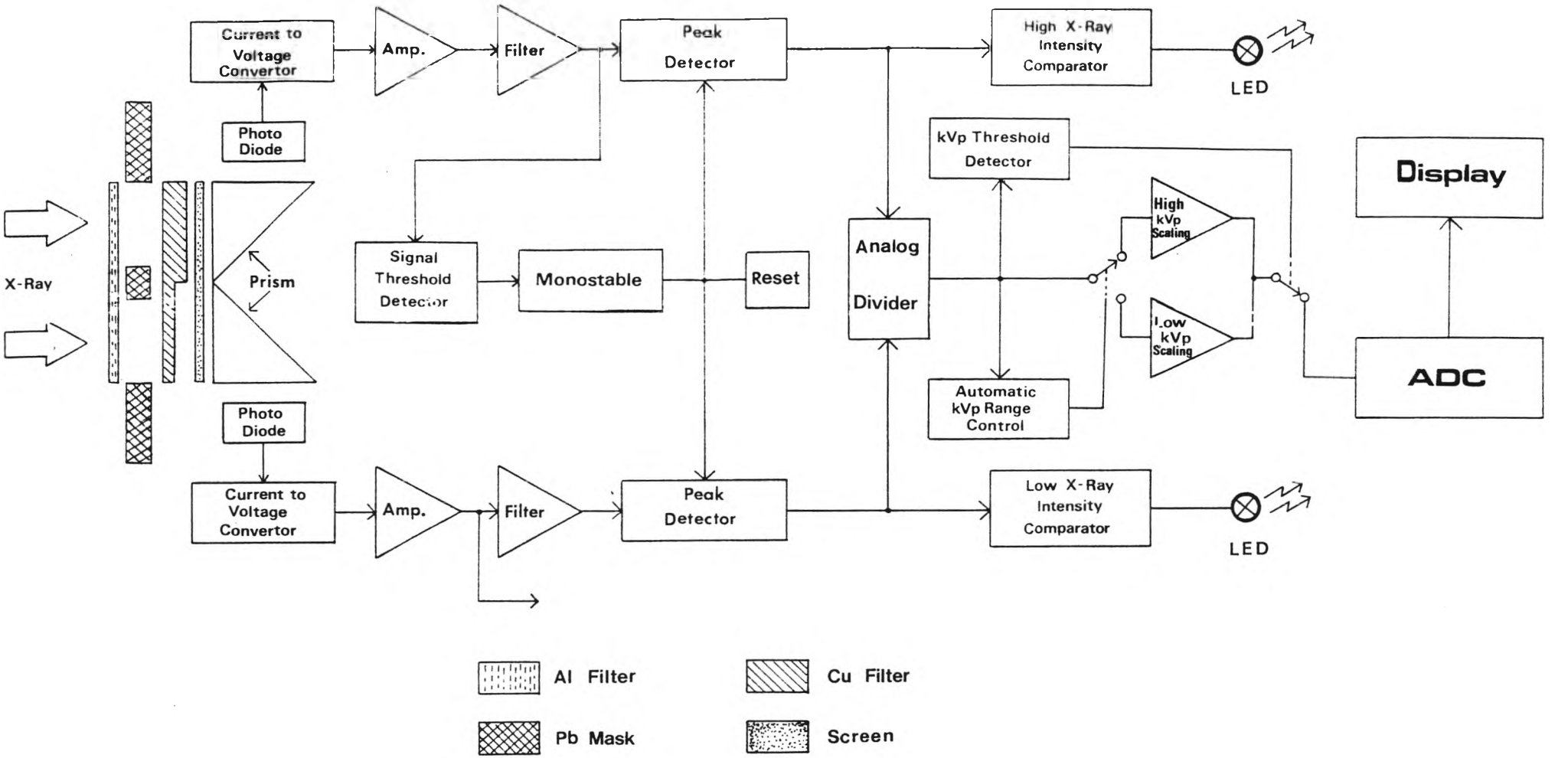
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พีก

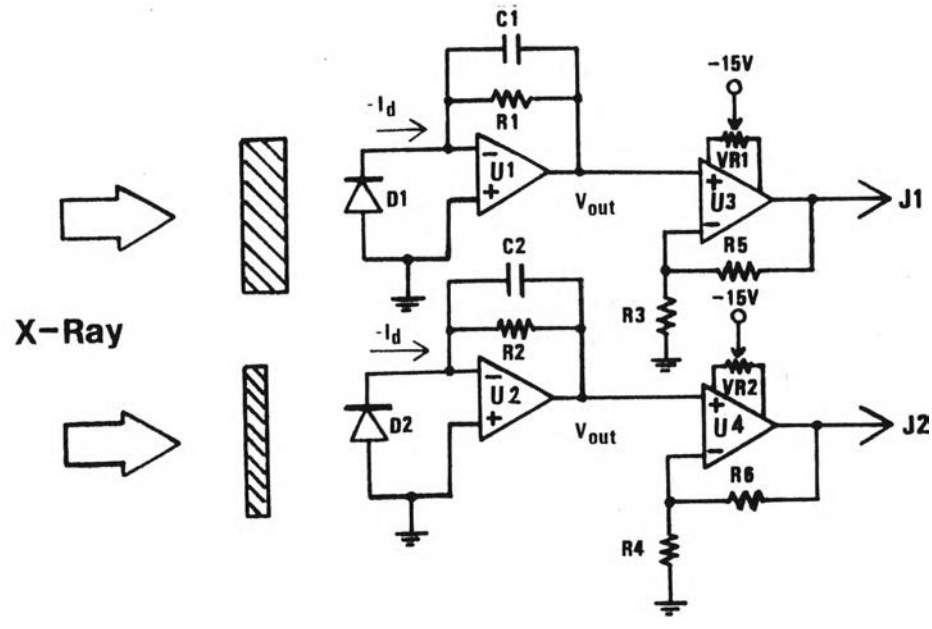
เครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พีกสำหรับเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยที่ออกแบบสร้างขึ้น ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูป 4.1 โดยการทำงานของเครื่อง เริ่มจากรังสีเอกซ์ที่เข้าสู่หัววัดกิโลโวลต์พีกจะถูกกรองให้มีพลังงานเฉลี่ยสูงขึ้น โดยแผ่นอะลูมิเนียม ทะลุผ่านแผ่นทองแดงซึ่งมีความหนาต่างกัน กระทบกับแผ่นเรืองแสง แสงที่เกิดขึ้นจะถูกหักเห โดยปริซึม เข้าสู่โฟโตไดโอด 2 ชุด กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า จากนั้นจึงเข้าสู่วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า (Amplifier) และวงจรกรอง (Filter) เมื่อวงจรตรวจสอบสัญญาณเริ่มต้น (Signal Threshold Detector) ตรวจสอบพบว่ามีสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากรังสีเข้าสู่หัววัด จะส่งสัญญาณไปกระตุ้น วงจรโมโนสเตเบิล (Monostable) ให้ส่งสัญญาณไปควบคุม วงจรพีกดีเทคเตอร์ (Peak Detector) ให้ทำการเก็บค่าสูงสุดของแรงดันไฟฟ้าสัญญาณที่เก็บไว้ใน วงจรพีกดีเทคเตอร์แต่ละตัว จะถูกส่งไปหารหาอัตราส่วน โดยวงจรหารแบบอนาลอก (Analog Divider) ในขณะเดียวกัน สัญญาณดังกล่าวก็จะถูกเปรียบเทียบกับวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณ (Comparators) เพื่อตรวจสอบความเข้ม ของรังสีเอกซ์ที่เข้าสู่หัววัดกิโลโวลต์พีก ว่ามีความเหมาะสมกับ วงจรหารแบบอนาลอกหรือไม่ ผลลัพธ์ของการหารเข้าสู่ วงจรปรับเทียบค่ากิโลโวลต์พีก (kVp Scaling) ซึ่งผลหารหรืออัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้าจะถูกตรวจสอบ โดยวงจรควบคุมช่วงกิโลโวลต์พีกอัตโนมัติ (Automatic kVp Range Control) แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์ซึ่งทำหน้าที่เป็น สวิตช์เลือกวงจรปรับเทียบจากนั้นจึงส่งเข้าสู่ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) แสดงผลเป็นค่ากิโลโวลต์พีก



รูป 4.1 แผนผังการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องวัดค่าโลโวลต์พก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในห้วัดกิโลโวลต์พีก



รูป 4.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในห้วัดกิโลโวลต์พีก

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนห้วัดรังสี จะทำหน้าที่วัด ปริมาณรังสีที่ผ่านแผ่นทองแดงสองแผ่นที่มีความหนาต่างกัน จากรูป 4.2 โฟโตไดโอด (Photodiode) D_1 และ D_2จะวัดความเข้มแสง จากแผ่นเรืองแสงที่เกิดจากรังสีเอกซ์ทะลุผ่านแผ่นทองแดงแผ่นหนา และแผ่นบางตามลำดับ กระแสไฟฟ้าที่เกิดจาก D_1 และ D_2 จะถูกแปลงไปเป็นแรงดันไฟฟ้าโดย U_1 และ U_2 ซึ่งเป็นวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันไฟฟ้า (Current to Voltage Convertor) โดยแรงดันที่เอาต์พุตของ U ทั้งสอง (V_{out}) จะเป็นดังสมการ 4.1

$$V_{out} = -I_dR_f \qquad \text{..... (4.1)}$$

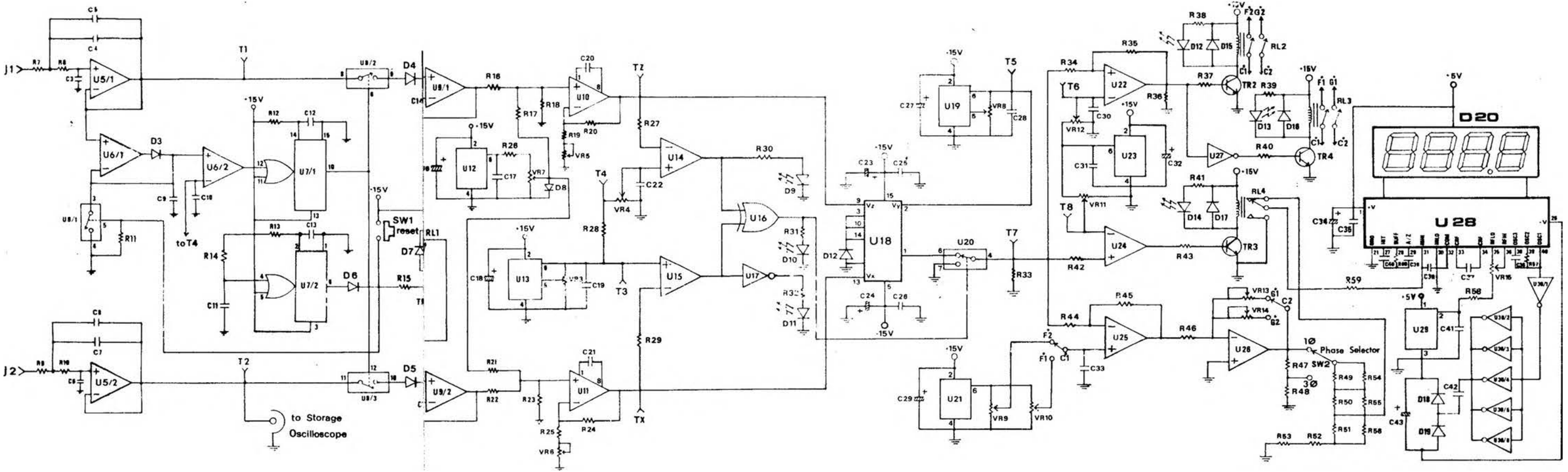
เมื่อ I_d คือ กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากโฟโตไดโอด และ R_f คือ ค่าความต้านทานป้อนกลับ (Feedback Resistor) ในที่นี้คือ R_1 และ R_2

เนื่องจากโฟโตไดโอดถูกต่อแบบไบแอสกลับ (Reverse Bias) ค่าของI_d จึงเป็นลบ ดังนั้นแรงดันที่เอาต์พุตของ U_1และU_2 จะเป็นบวกสำหรับ C_1 และ C_2 ในวงป้อนกลับ (Feedback Loop) ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสเป็นศักดาไฟฟ้า

U_3 และ U_4 ต่อเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non Inverting Amplifier) เพื่อรับสัญญาณจากเอาต์พุตของ U_1 และ U_2 แล้วขยายสัญญาณด้วยอัตราขยายประมาณ 20 เท่า มี VR_1 และ VR_2 เป็นตัวปรับแรงดันที่เอาต์พุต ให้เป็นศูนย์ เมื่อไม่มีแสงมากระทบโฟโตไดโอด

4.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์หลัก (Main Electronic Circuit)

วงจรอิเล็กทรอนิกส์หลักจะทำหน้าที่ จัดการสัญญาณไฟฟ้าจากหัววัดรังสี เพื่อแปรผลสัญญาณไฟฟ้าเป็น ค่ากิโลโวลต์พีกของรังสีเอกซ์ ดังรูป 4.3 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้คือ เอาต์พุตของวงจรขยายแต่ละช่องจะถูกป้อนให้กับ วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low-Pass Filter) ซึ่งประกอบด้วย $U_{5/1}$, $U_{5/2}$, R_7-R_{10} และ C_3-C_8 เพื่อตัดสัญญาณรบกวนความถี่สูง โดยมีความถี่ตัด (Cut Off Frequency) ประมาณ 700 Hz สัญญาณไฟฟ้าจากเอาต์พุตของ $U_{5/2}$ มีจุดต่อไปยังขั้วต่อแบบ BNC ซึ่งติดอยู่ด้านหลัง ของเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พีก สำหรับต่อเข้ากับ สตอเรจออสซิลโลสโคป (Storage Oscilloscope) ในกรณีที่ต้องการดูลักษณะของ รูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าจากรังสีเอกซ์ (X-Ray Waveform) ส่วนสัญญาณไฟฟ้าจากเอาต์พุตของ $U_{5/1}$ จะถูกตรวจสอบโดย วงจรตรวจสอบสัญญาณเริ่มต้น(Signal Threshold Detector) ซึ่งเป็นวงจรพีกดีเทคเตอร์ที่มีความไวต่อการตอบสนองสัญญาณ(Fast Response Peak Detector) ประกอบด้วย $U_{6/2}$, D_3 และ C_9 เมื่อระดับแรงดันของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากรังสีเอกซ์มีค่าสูงกว่า ระดับแรงดันอ้างอิงที่ขาอินเวอร์ตติ้งของ $U_{6/2}$ เอาต์พุตของ $U_{6/2}$ ซึ่งต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบ(Comparator) จะส่งสัญญาณไปกระตุ้น(Trigger) วงจรโมโนสเตเบิล (Monostable) ซึ่งประกอบด้วย $U_{7/1}$, C_{12} และ R_{12} ให้ส่งสัญญาณเป็นพัลส์บวก (Positive Pulse) ไปควบคุม $U_{8/2}$ และ $U_{8/3}$ ซึ่งเป็น อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ให้เป็นวงจร (Close Circuit) เป็นเวลาประมาณ 100 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมกับช่วงเวลาที่เครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยปลดปล่อยรังสีออกมาคือประมาณ 10 - 1,000 มิลลิวินาที โดยความกว้างของสัญญาณควบคุมดังกล่าวจะถูกกำหนด โดย C_{12} และ R_{12}



รูป 4.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์หลักของเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าแบบดิจิตอลของเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย

เพื่อให้วงจรพีกดีเทคเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย $U_{9/1}$, $U_{9/2}$, D_4 , D_5 , C_{14} และ C_{15} เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้น ส่วน $U_{7/2}$ ต่อเป็น วงจรโมโนสเตเบิล ซึ่งทำหน้าที่เซ็ตวงจรเมื่อเปิดเครื่อง (Power On Reset) และ SW_1 เป็นสวิตช์รีเซ็ต โดยส่งพัลส์บวกผ่าน R_{15} ไปขับให้ TR_1 นำกระแสทำให้ RL_1 ทำงานและควบคุมอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ $U_{8/1}$ ให้ปิดวงจร เพื่อคายประจุ (Discharge) จาก C_9 , C_{14} และ C_{15} ลงกราวน์ เนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม D_4 และ D_5 จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตของวงจรพีกดีเทคเตอร์ คือ $U_{9/1}$ และ $U_{9/2}$ น้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดรังสี จึงจำเป็นต้องมีการชดเชย แรงดันส่วนที่หายไป โดยใช้วงจรซัมมิ่งแอมปลิฟลายเออร์ (Summing Amplifier) ทำหน้าที่บวกแรงดันส่วนที่ตกคร่อมไดโอด กับ แรงดันจากเอาต์พุตของ วงจรพีกดีเทคเตอร์ วงจรซัมมิ่งแอมปลิฟลายเออร์นี้ประกอบด้วย U_{10} , U_{11} , R_{16} ถึง R_{25} โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ คือ VR_5 และ VR_6 ทำหน้าที่ปรับอัตราขยาย (Gain) ของวงจรให้ผลลัพธ์ของการบวก มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น มี C_{20} และ C_{21} เป็นตัวเก็บประจุชดเชยความถี่ของวงจร U_{12} เป็นวงจรรักษาระดับแรงดัน มี C_{16} ทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพของวงจร และ C_{17} ทำหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนความถี่สูง R_{26} เป็นตัวจำกัดกระแสจ่ายออกของ U_{12} และ VR_7 เป็นตัวกำหนดกระแสที่จะไบแอสให้ D_8 เพื่อจะได้แรงดันที่เหมาะสมไปบวกกับแรงดันจากเอาต์พุตของวงจรพีกดีเทคเตอร์ เอาต์พุตจากวงจรซัมมิ่งแอมปลิฟลายเออร์ จะถูกป้อนเข้าสู่ U_{18} ซึ่งเป็น มัลติฟังก์ชันคอนเวอร์เตอร์ชิป (Multifunction Convertor Chip) การต่อ U_{18} ดังรูป4.3 ทำให้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เป็นตาม สมการ 4.2

$$V_{out}\ (Pin1) = \{V_y(Pin2) * V_z(Pin9)\}/V_x(Pin13) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4.2)$$

ให้ V_z เป็นแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากรังสีเอกซ์ทะลุผ่านแผ่นกรองทองแดงแผ่นหนา และ V_x เป็นแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากรังสีเอกซ์ทะลุผ่านแผ่นกรองทองแดงแผ่นบาง จะเห็นว่า V_x มากกว่า V_z เสมอ ค่าอัตราส่วนระหว่าง V_z กับ V_x จึงน้อยกว่าหนึ่งเสมอ ดังนั้นเพื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตของ U_{16} มีค่ามากขึ้นเหมาะที่จะนำไปจัดการ

ต่อไป จึงจำเป็นต้องตั้งค่าตัวคูณคือ V_y ให้เท่ากับ 10.00 โวลต์ โดย U_{19} ซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงดันอ้างอิงคงที่ 10.00 โวลต์ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตของ U_{18} จะเท่ากับ 10 คูณ V_z และหารด้วย V_x

ตามข้อกำหนดเฉพาะ(17)ของ U_{18} ซึ่งจะทำงานได้อย่างถูกต้องคือ ผลหารมีความผิดพลาดไม่เกิน 0.9 เปอร์เซนต์ เมื่อเศษ คือ V_z มีค่าไม่เกิน 10 โวลต์ และส่วน คือ V_x มีค่าไม่ต่ำกว่า 1.0 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบ V_x และ V_z เพื่อความถูกต้อง ในการหารหาอัตราส่วน U_{14} และ U_{15} ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบ โดยมี U_{13} ทำหน้าที่สร้างแรงดันอ้างอิง VR_3 เป็นตัวปรับให้แรงดันที่เอาต์พุตของ U_{13} มีค่าเท่ากับ 10 โวลต์ เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงให้ U_{15} โดยมีR_{28} และ VR_4 เป็นวงจรแบ่งแรงดัน VR_4 เป็นตัวปรับแรงดันอ้างอิงของ U_{14} ให้เท่ากับ 1 โวลต์ โดย U_{14} จะทำหน้าที่ตรวจสอบขนาดแรงดันไฟฟ้า ที่เกิดจากรังสีเอกซ์ทะลุผ่านแผ่นกรองทองแดงแผ่นหนาว่า มีค่าสูงหรือต่ำกว่า 1 โวลต์ ถ้าต่ำกว่าเอาต์พุตของ U_{14} จะเป็นลอจิกสูง (High Logic) ขับให้ไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองด้านหน้าของเครื่องฯ สว่าง ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ กดสวิตช์เปิดเครื่องฯ หรือฉายรังสีลงบนหัววัดแล้ว อัตรารังสี (Dose Rate) มีค่าต่ำเกินไป ต้องปรับค่ามิลลิแอมแปร์ของเครื่องเอกซเรย์ ให้สูงขึ้น หรือปรับระยะระหว่างจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ กับหัววัดรังสีให้สั้นลง

ทำนองเดียวกัน U_{15} จะทำการตรวจสอบขนาดของแรงดันไฟฟ้า ที่เกิดจากรังสีเอกซ์ทะลุผ่านแผ่นทองแดงแผ่นบางว่ามีค่าสูง หรือต่ำกว่า 10 โวลต์ ถ้าสูงกว่าเอาต์พุตของ U_{15} จะเป็นลอจิกต่ำ (Low Logic) ป้อนให้อินพุตของ U_{17} ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์เกต (Inverter Gate)ทำให้เอาต์พุตของ U_{17} เป็นลอจิกสูงขับให้ไดโอดเปล่งแสงสีแดง ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเครื่องฯ สว่าง ซึ่งแสดงว่าอัตรารังสีมีค่าสูงเกินไป ต้องปรับค่ามิลลิแอมแปร์ของเครื่องเอกซเรย์ให้ลดลง หรือเพิ่มระยะระหว่างจุดโฟกัสของเครื่องเอกซเรย์ กับหัววัดรังสีให้ยาวขึ้น กดสวิตช์ SW_1 รีเซ็ตเครื่องฯ ให้พร้อมที่จะวัดค่าปริมาณรังสีต่อไป

เอาต์พุตของ U_{14} และ U_{15} จะถูกป้อนเข้าอินพุตของ U_{16} ซึ่งเป็นเอกซ์คลูซีฟออร์เกต (Exclusive-OR Gate) เมื่ออินพุตขาใดขาหนึ่งเป็นลอจิกต่ำ คือ V_x มากกว่า 1 โวลต์ และ V_z น้อยกว่า 10 โวลต์ เอาต์พุตของ U_{16} จะเป็นลอจิกสูงขับให้ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวสว่าง ซึ่งแสดงว่าสัญญาณจากห้าวัดรังสี อยู่ในช่วงที่ทำให้ U_{18} ทำการคำนวณได้อย่างถูกต้อง ในขณะเดียวกันสัญญาณจากเอาต์พุตของ U_{16} จะถูกส่งไปควบคุม U_{20} ซึ่งเป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ให้เปลี่ยนตำแหน่งมารับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของการคำนวนจาก U_{18}

เนื่องจากเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นนี้ มีจุดประสงค์ที่จะใช้ตรวจสอบค่ากิโลโวลต์พีกของเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 60 ถึง 120 กิโลโวลต์พีก จากการทดลองในบทที่ 3 พบว่า ความสัมพันธ์ของค่ากิโลโวลต์พีกกับอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้า ที่เกิดจากรังสีเอกซ์ทะลุผ่านแผ่นกรองทองแดงสองแผ่น ที่มีความหนาต่างกัน เป็นกราฟเส้นโค้ง จึงจำเป็นต้องแบ่งกราฟดังกล่าว ออกเป็น 2 ช่วง คือ 60 ถึง 90 กิโลโวลต์พีก และ 90 ถึง 120 กิโลโวลต์พีก แล้วแทนกราฟเส้นโค้ง ด้วยกราฟเส้นตรงสองเส้นสำหรับค่ากิโลโวลต์พีก แต่ละช่วง วงจรเลือกช่วงกิโลโวลต์พีกอัตโนมัติและวงจรปรับเทียบ (Automatic kVp Range Selector and Calibration Circuit)จะทำงานสัมพันธ์กันคือ U_{22} ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งเอาต์พุตจะเปลี่ยนสถานะ เมื่อแรงดันอินพุตที่ขานันอินเวอร์ตติ้งมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิงเท่านั้น จากคุณสมบัติเฉพาะของ U_{22} อัตราขยายแรงดันที่ความถี่ต่ำ เท่ากับ 100 เดซิเบล (dB) ขณะเป็นวงจรเปิดลูป (Open Loop) เอาต์พุตจะเปลี่ยนสภาวะจากต่ำเป็นสูง เมื่อแรงดันอินพุตมีค่ามากหรือน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง 100 ไมโครโวลต์ ในกรณีที่แรงดันอินพุตมีค่ามากหรือน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงไม่เกิน 100 ไมโครโวลต์ ออปแอมป์ (Op Amp) จะไม่ทำงานเป็นสวิตช์ แต่จะทำงานแบบลิเนียร์ ทำให้เกิดสัญญาณที่ไม่ต้องการ คือ เอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลงตามอินพุต การนำเอาสัญญาณเอาต์พุตบางส่วนป้อนกลับมายังขา นันอินเวอร์ตติ้งผ่าน R_{35} จะช่วยแก้ปัญหานี้ ส่วน R_{33} และ R_{36} ใส่ไว้เพื่อลดการสูญเสียทาง ฮีสเตอริซีส

(Hysteresis) ที่เกิดจากการป้อนกลับทางบวก U_{23} เป็นวงจรสร้างแรงดันอ้างอิง VR_{12} ต่อแบ่งแรงดันจาก U_{23} ให้สามารถปรับแรงดันอ้างอิงของ U_{22} ให้เท่ากับแรงดันที่เอาต์พุตของ U_{18} เมื่อรังสีเอกซ์เข้าสู่หัววัดมีพลังงานเท่ากับ 90 กิโลโวลต์พีก ในกรณีที่แรงดันที่ขาน้อินเวอร์ตติ้ง ของ U_{22} มีค่ามาก หรือน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงดังกล่าว เอาต์พุตจะเปลี่ยนสภาวะทันทีโดยเอาต์พุตของ U_{22} จะถูกส่งไปควบคุมการทำงานของรีดรีเลย์ (Reed Relay) คือ RL_2 และ RL_3 โดย U_{27} เป็นอินเวอร์เตอร์เกตควบคุมให้ RL_2 และ RL_3 ทำงานตรงข้ามกัน คือ RL_3 ทำงานเมื่อรังสีเอกซ์มีพลังงานอยู่ในช่วง 60 ถึง 90 กิโลโวลต์พีก ส่วน RL_2 จะทำงานในช่วง 90 ถึง 120 กิโลโวลต์พีก โดยรีเลย์ทั้งสองจะเลือกขนาดแรงดันที่ใช้ ในการชดเชย (Compensate) และ อัตราขยาย (Gain) ของ วงจรปรับเทียบซึ่งประกอบด้วย U_{25} ต่อเป็นวงจรขยายกลับเฟส (Inverting Amplifier) อัตราขยายเท่ากับ 1 U_{21} ทำหน้าที่สร้างแรงดันอ้างอิง มี VR_9 และ VR_{10} แบ่งแรงดันไปปรับขนาดของการลบล้าง เพื่อเลื่อนจุดตัดแกน Y ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้า ให้เหมาะกับค่ากิโลโวลต์พีกแต่ละช่วง แรงดันไฟฟ้าจากเอาต์พุตของ U_{25} จะถูกส่งผ่าน R_{46} เข้าสู่ U_{26} ซึ่งต่อเป็นวงจรขยายกลับเฟส โดยมี VR_{13} และ VR_{14} เป็นตัวต้านทานป้อนกลับ ปรับค่าได้ ทำให้สามารถปรับอัตราขยายหรือความชัน (Slope) ให้เหมาะกับค่ากิโลโวลต์พีก แต่ละช่วง

เนื่องจากรูปคลื่นรังสีเอกซ์ ที่เกิดจากเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ระบบไฟฟ้าแรงสูงแบบหนึ่งเฟส และสามเฟสมีลักษณะของการริบเบิ้ล (Ripple)ต่างกัน ค่ากิโลโวลต์พีกของเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ระบบไฟฟ้าแรงสูงแบบสามเฟสจะมีค่าประมาณ 95 เปอร์เซนต์ของค่ากิโลโวลต์พีกของเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ระบบไฟฟ้าแรงสูงแบบหนึ่งเฟส (18) ดังนั้นในการวัดค่ากิโลโวลต์พีกจึงต้องมีสวิตช์สำหรับเลือกชนิดของระบบไฟฟ้าแรงสูงของเครื่องเอกซเรย์ ในที่นี้คือ SW_2 เพื่อควบคุมให้เอาต์พุตของ U_{26} ผ่านวงจรแบ่งแรงดันซึ่งประกอบด้วย R_{47} และ R_{48} เพื่อลดแรงดันลงด้วยแฟคเตอร์ 0.95 ในกรณีที่วัดค่ากิโลโวลต์พีกของเครื่องเอกซเรย์ ที่ใช้ระบบ

ไฟฟ้าแรงสูงแบบสามเฟส และไม่ผ่านวงจรแบ่งแรงดันเมื่อวัดค่ากิโลโวลต์พีกของเครื่องเอกซ-เรย์ที่ใช้ระบบไฟฟ้าแรงสูงแบบหนึ่งเฟส

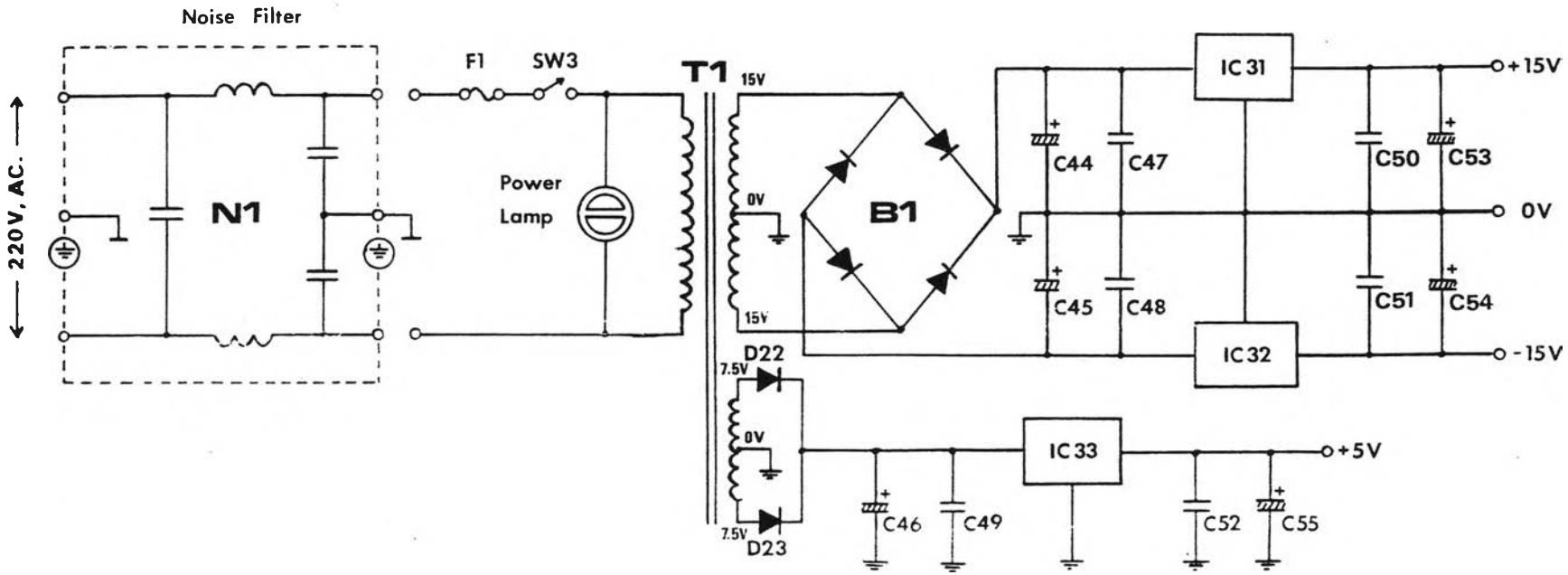
R_{49} ถึง R_{56} ต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดันด้วยอัตราส่วน 1:100 เพื่อให้แรงดันจากเอาต์พุตของวงจรปรับเทียบเหมาะสม กับสเกลแรงดันของวงจรดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ ซึ่งเป็นภาคแสดงผล สำหรับ U_{24} ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบมี VR_{11} แบ่งแรงดันจาก U_{23} มาเป็นแรงดันอ้างอิง โดยแรงดันอ้างอิงของ U_{24} นี้จะตั้งไว้ให้มีค่าต่ำกว่า แรงดันที่เอาต์พุตของ U_{18} เมื่อรังสีเอกซ์ที่เข้าสู่หัววัดมีพลังงาน เท่ากับ 60 กิโลโวลต์พีก เพื่อควบคุมอินพุตของวงจรดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ ไม่ให้แสดงผล เมื่อพลังงานของรังสีเอกซ์ มีค่าต่ำกว่า 60 กิโลโวลต์พีก

ภาคแสดงผลประกอบด้วย U_{28} ซึ่งเป็น ชิ้นส่วนไมโครเดี่ยว สำหรับแปลงสัญญาณอนาลอก เป็น ดิจิตอล ขนาดสามหลักครึ่ง (3 1/2 Digital Single Chip Analog to Digital Converter) ภายในตัว U_{28} ได้รวมเอาวงจรการปรับค่าศูนย์ วงจรชี้ขั้วบวก-ลบอัตโนมัติ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา วงจรกำเนิดแรงดันอ้างอิง และสามารถ ขับตัวแสดงผล แบบตัวเลขเจ็ดส่วน (7-Segment LED)ได้โดยตรง วิธีแปลง แรงดันอนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นแบบสโลปคู่ (Dual Slope) โดย C_{36} และ R_{57} เป็นตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาความถี่ประมาณ 40 กิโลเฮิรตซ์ ทำให้วงจรอินติเกรเตอร์ (Integrator) ใน U_{28} ทำการอินติเกรต 2 ครั้ง เกิดเป็นสโลปคู่ แล้วส่งค่าที่นับได้ ไปถอดรหัสและแสดงผลเป็นค่าแรงดัน C_{39} , C_{40} และ R_{60} ต่อเข้ากับ วงจรปรับศูนย์อัตโนมัติ วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) และ วงจรอินติเกรเตอร์ภายใน U_{28} โดย C_{37} จะอัดประจุ สำหรับแรงดันอ้างอิงในระหว่างการปรับค่าศูนย์อัตโนมัติ C_{38} และ R_{59} ต่อเป็นวงจรกรองสัญญาณรบกวนความถี่สูง U_{29} ทำหน้าที่สร้างแรงดันอ้างอิง โดยมี R_{58} และ VR_{15} ต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน เพื่อสร้างแรงดันอ้างอิง ให้กับ ขา 35 และ 36 ซึ่งเป็น Ref.LO และ Ref.HI ของ U_{28} การอ่านเต็มสเกลบนภาคแสดงผล จะเกิดขึ้นเมื่อค่าแรงดันอ้างอิง เป็นครึ่งหนึ่งของ

ค่าแรงดันเต็มสเกล โดยค่าแรงดันเต็มสเกลเท่ากับ 200 มิลลิโวลต์ และ ค่าแรงดันอ้างอิงเท่ากับ 100 มิลลิโวลต์ ขา 30 ซึ่งเป็น IN LO ของ U_{28} ต่อลงกราวด์ ส่วนขา 31 ซึ่งเป็น IN HI ต่อเข้ากับขา Commond ของ RL_4 เพื่อวัดแรงดันและแสดงผลเป็นค่ากิโลโวลต์พีก

4.3 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (Line Volt) ขนาดแรงดัน 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ผ่านเข้ามายังวงจรกรองไฟสลับ (A.C. Line Filter) เพื่อกรองสัญญาณรบกวนที่เข้ามากับไฟบ้านซึ่งอาจเข้าไปรบกวน การทำงานของวงจรอื่น ๆ ภายในเครื่องฯ มีฟิวส์ขนาด 250 โวลต์ , 500 มิลลิแอมป์ต่ออนุกรมกับวงจรกรองไฟ ทำหน้าที่ป้องกัน กรณีที่โหลดเกิดลัดวงจร SW_3 ควบคุมการ เปิด -เปิด วงจร T_1 เป็นหม้อแปลงลดแรงดันแบบทอรอยด์ (Toroidal) จ่ายกระแสสูงสุดได้ 500 มิลลิแอมป์ แรงดันจ่ายออกเท่ากับ 15 - 0 - 15 โวลต์ และ 7.5 - 0 - 7.5 โวลต์ วงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วย วงจรเรียงกระแส (Rectifier) แบบเซนเตอร์แทปเต็มคลื่น (Full Wave Center Tapped) มี D_{22} และ D_{23} ทำหน้าที่เรียงกระแส และแบบบริดจ์เต็มคลื่น (Full Wave Bridge) มี B_1 ทำหน้าที่เรียงกระแส โดยมี C_{44},C_{45} และ C_{46} ทำหน้าที่กรองแรงดัน C_{47} ถึง C_{52} ทำหน้าที่กรองสัญญาณความถี่สูงทิ้งไป ทำให้สัญญาณรบกวนลดลง U_{31} , U_{32} และ U_{33} ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดัน ให้คงที่ (Regulator) +15 -15 และ +5 โวลต์ ตามลำดับ ส่วน C_{53} , C_{54} และ C_{55} จะทำหน้าที่ปรับค่าตอบสนอง ทางด้านทรานเซี้ยนต์ (Transient Response) ของ วงจรรักษาระดับแรงดัน โดยเป็นแหล่งสะสมประจุ ป้อนกระแสเข้าสู่โหลดในช่วงเวลาสั้น ๆ ในขณะที่ วงจรรักษาระดับแรงดันกำลังปรับตัว เพื่อรับกับความต้องการกระแสที่สูงขึ้น



รูป 4.4 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply)