บทที่ 3

ระบบวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานระยะไกลควบคุมผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

ระบบวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานระยะไกลควบคุมผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ที่พัฒนาขึ้นนี้ ในส่วนของระบบวิเคราะห์พลังงานเป็นแบบ SCA Sweep Mode ออกแบบให้ดิสคริมิเนเตอร์สามารถรับการโปรแกรมค่าสัญญาณอ้างอิง (Programmable Discriminator) เพื่อสแกนระดับความสูงของพัลส์ สามารถทำเป็นเอกเทศภายใต้การควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ควบคุมระยะไกลผ่านโมเด็มสู่เครือข่ายโทรศัพท์ ทางพอร์ตอนุกรม COM 2 โดยสามารถแสดงสเปกตรัมวิเคราะห์พลังงานได้ทั้งขณะทำงานเป็นเอกเทศ และส่งข้อมูลสเปกตรัมแสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ในการควบคุมผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

3.1 ข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ

การออกแบบระบบวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานระยะไกลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานที่ทำงานเป็นเอกเทศ (Stand alone Energy Analyzer) ซึ่งควบคุมการทำงานในการรับคำสั่งและ พารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ กำเนิดสัญญาณในการสแกน (Sweep Signal) เก็บข้อมูล แสดงผล และ ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ อีกส่วนหนึ่งคือโปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครคอมพิวเตอร์

3.1.1 ข้อมูลของเครื่องวิเคราะห์พลังงาน

ก. ระบบวิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยวประยุกต์ใช้ ไอซี สำเร็จรูปชนิด Programmable Voltage Comparator และจัดระบบให้ทำงานใน SCA Sweep Mode ซึ่งมีช่วงการสแกนความสูงพัลส์ ในย่าน 0-10 โวลต์

ข. ระบบควบคุมการทำงานของวงจรต่าง ๆ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 ติดต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232

ค. แสดงสเปกตรัมบนเครื่องวิเคราะห์ด้วย LCD กราฟฟิก ความละเอียด 64X128 Pixel

ง. สื่อสารข้อมูลผ่านโมเด็มสู่เครือข่ายโทรศัพท์ ด้วยอัตราเร็ว Buad Rate 9600 bps

จ. ระบบควบคุมระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม COM 2 แสดงสเปกตรัมพลังงานบนจอมอนิเตอร์

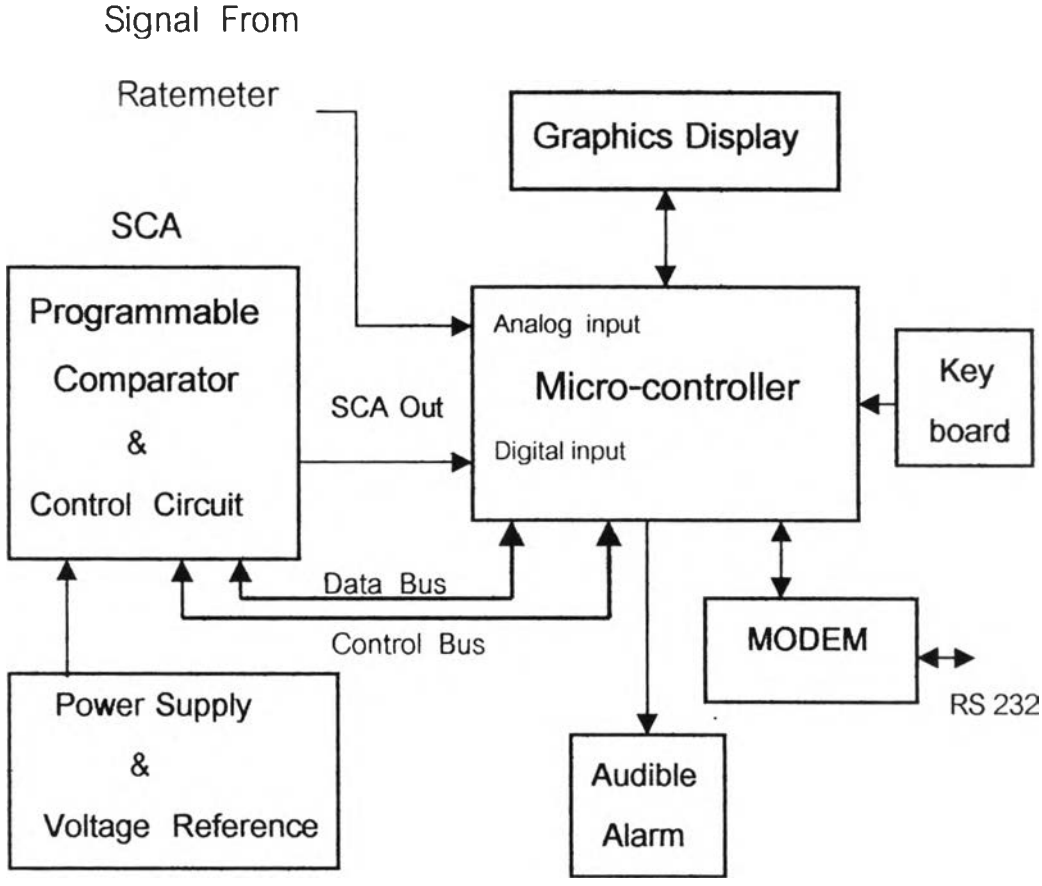
3.1.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

ก. โปรแกรมมอนิเตอร์สำหรับจัดการทำงานของเครื่องวิเคราะห์พลังงานใช้ภาษาเบสิก 52

ข. โปรแกรมควบคุมการทำงานบนไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้ภาษาปาสคาล

3.2 การออกแบบระบบวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงาน

จากข้อมูลพื้นฐานบนความต้องการใช้งานของระบบวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานระยะไกลควบคุมผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ สามารถออกแบบระบบการทำงานได้ดังแผนภาพรูปที่ 3.1



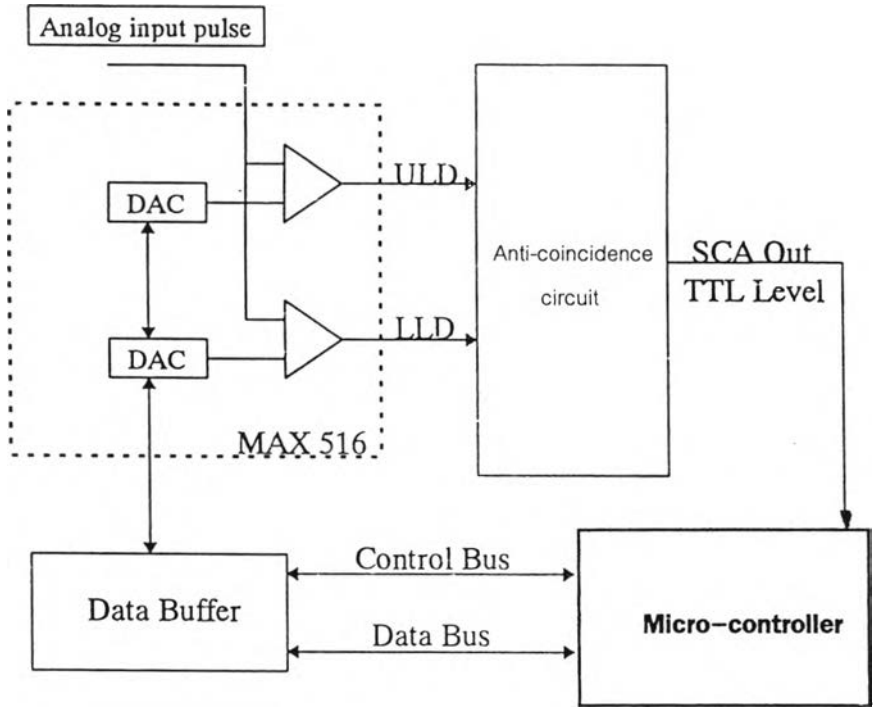
รูปที่ 3.1 แผนภาพของระบบวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงาน

จากแผนภาพในรูปที่ 3.1 การทำงานของระบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 เป็นศูนย์กลางในการควบคุมและประมวลข้อมูล ประกอบด้วยวงจรวิเคราะห์แบบช่องเดี่ยว (SCA) วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง (Voltage Reference) วงจรแสดงสเปกตรัม (Graphic Display) วงจรแป้นคีย์ (Keyboard) และวงจรสร้างเสียงเตือน (Audible Alarm) การทำงานของระบบเริ่มจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการวิเคราะห์ผ่านแป้นคีย์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานผ่าน Control Bus เมื่อเริ่มวิเคราะห์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำเนิดข้อมูลระดับอ้างอิงให้ดิสครีมิเนเตอร์ ผ่านทาง Data Bus เพื่อคัดเลือกจำนวนนับรังสีเฉพาะความสูงที่ระดับต่าง ๆ จากสัญญาณทางเข้า (Nuclear Pulse Input) สัญญาณที่ถูกคัดเลือกจะนำไปเก็บในหน่วยความจำเพื่อประมวลข้อมูลและแสดงสเปกตรัมบนจอชนิด แอล. ซี. ดี. กราฟฟิก นอกจากการรับสัญญาณนับจาก SCA Out แล้วยังออกแบบให้ยังสามารถรับสัญญาณจาก เรทมิเตอร์ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอก พร้อมทั้งสามารถติดต่อสื่อสารในการควบคุมระยะไกลทางพอร์ตอนุกรม RS – 232 ได้ด้วย

3.3 การออกแบบวงจรวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงาน

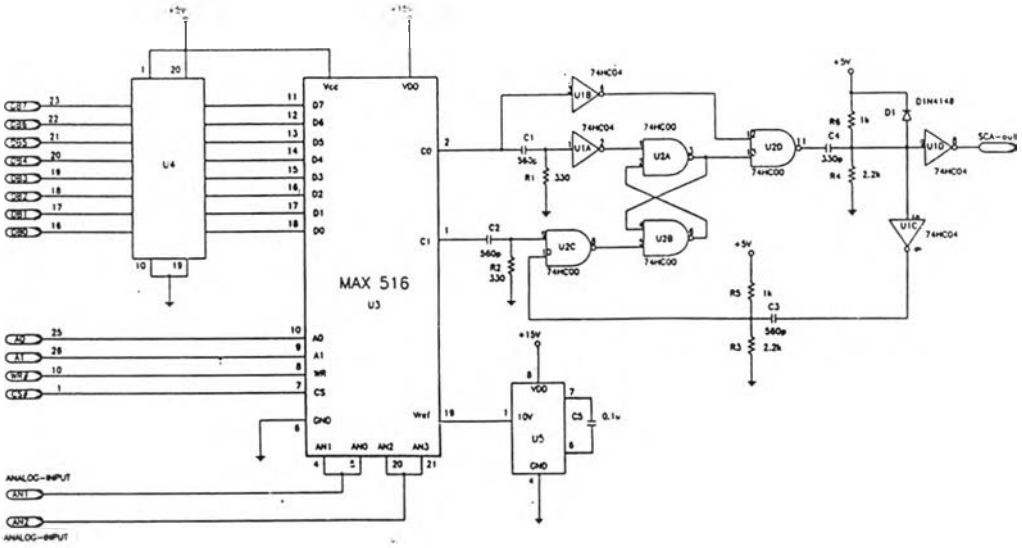
3.3.1 วงจรวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานแบบช่องเดี่ยว

วงจรวิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยวออกแบบให้ทำงานในโหมด SCA Sweep ประกอบด้วยวงจรที่สำคัญ 2 ส่วน คือ วงจรดิสครีมิเนเตอร์ชนิดโปรแกรมได้ 2 ระดับ Programmable Differential Discriminator และ วงจรแอนติโคอินซิแดนซ์ สำหรับวงจรดิสครีมิเนเตอร์เลือกใช้ไอซีสำเร็จรูปชนิด Programmable Voltage Comparator ของบริษัท Maxim เบอร์ MAX516 จัดข้อมูลควบคุมระดับสัญญาณอ้างอิง 256 ช่องวัด ที่ค่าแรงดันสแกนสูงสุด 10 โวลต์ ดังนั้นความละเอียดช่องวิเคราะห์ต่ำสุดที่ทำได้จะมีค่าประมาณ 10V/256 เท่ากับ 40 mV ระดับสัญญาณอ้างอิงจะถูกกำหนดโดยข้อมูลเชิงตัวเลขขนาด 8 บิต จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ในรูปของ ULD-LLD โดยทุกครั้งที่เพิ่มช่องการวิเคราะห์ (ΔE) จะคงที่ สัญญาณพัลส์จาก Voltage Comparator ด้านสูงและต่ำจะถูกคัดเลือกโดย วงจรแอนติโคอินซิแดนซ์ เฉพาะเงื่อนไขที่ความสูงพัลส์อยู่ภายในช่องวิเคราะห์พลังงานเท่านั้น



รูปที่ 3.2 แผนภาพของวงจรวิเคราะห์ความสูงพัลส์

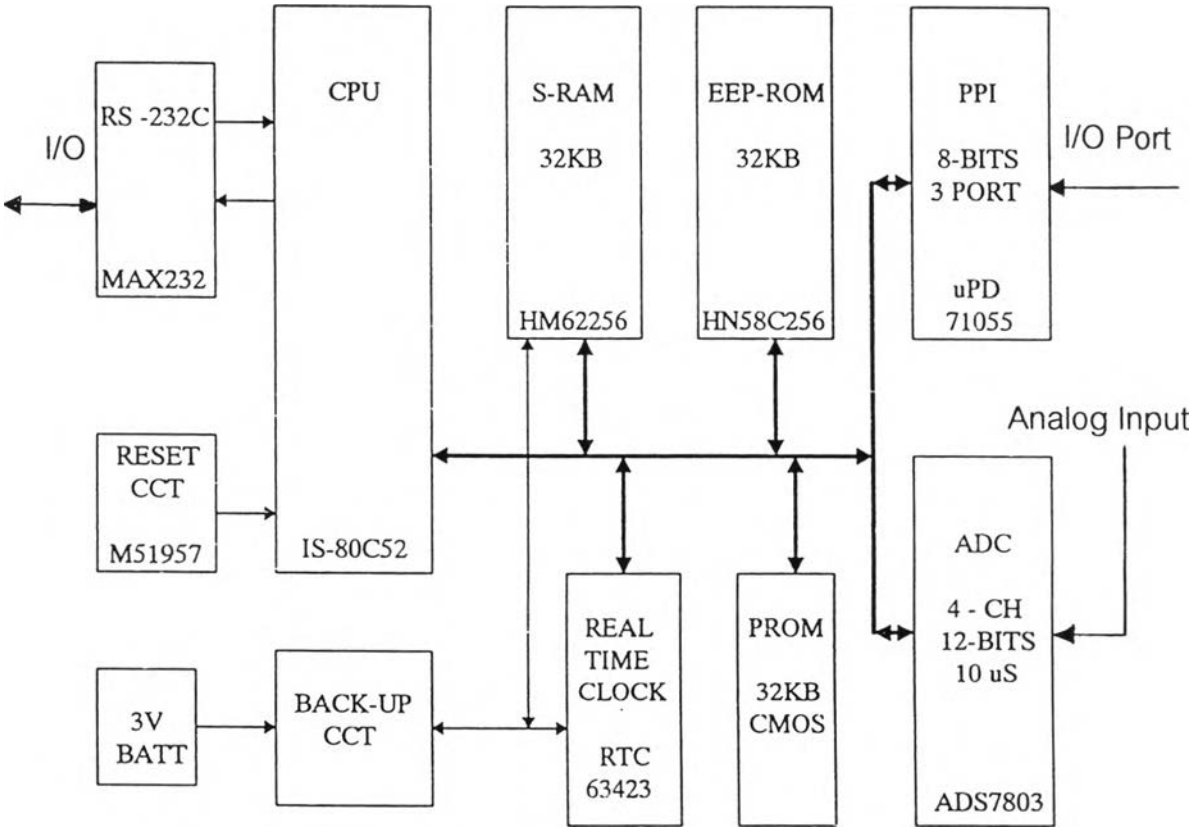
จากแผนภาพการทำงานของวงจรวิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยวสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.3 โดยไอซีเบอร์ MAX516 จะมี Voltage Comparator ภายใน 4 ตัวเลือกใช้เพียง 2 ตัวที่ขาควบคุม A0,A1 และระดับสัญญาณอ้างอิงส่งผ่านไอซี (U4) ทางขาสัญญาณ D0-D7 สัญญาณจาก Voltage Comparator ซึ่งทำหน้าที่เป็นดิสครีมิเนเตอร์ระดับต่ำและสูง ส่งสัญญาณออกทาง C1 และ C2 ลำดับ สัญญาณทั้งสองจะนำเข้าวงจรแอนติโคอินซิแดนซ์ ซึ่งจัดวงจรด้วยเกตแบบ NAND (ไอซี 74HC00) และ NOT (ไอซี 74HC04) เพื่อคัดเลือกความสูงพัลส์ในช่วง ΔE และกระตุ้นให้วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบอร์เตอร์ ส่งสัญญาณ SCA Out ออกไป



รูปที่ 3.3 วงจรวิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยว

3.3.2 การออกแบบระบบทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบ ตั้งแต่การควบคุมระดับขั้นการทำงาน การรับคำสั่งจากแป้นคีย์และพอร์ตอนุกรม การกำเนิดข้อมูลระดับสัญญาณอ้างอิง การบันทึกข้อมูลในหน่วยความจำ การแสดงสเปกตรัมบนจอ LCD กราฟฟิก และการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงเลข ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงต้องมีส่วนของวงจรต่าง ๆ ที่รองรับการทำงานดังที่กล่าวมาและมีโครงสร้างดังแผนภาพรูปที่ 3.4



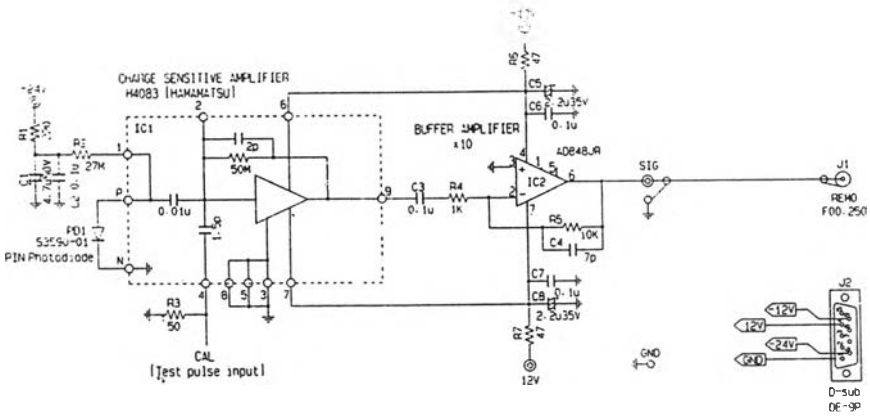
รูปที่ 3.4 แผนภาพระบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

I19694672

จากแผนภาพระบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.4 ได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งใช้ CPU เบอร์ 80C52 ดังรายละเอียดวงจรในภาคผนวก ก. มีหน่วยความจำถาวร (EEPROM) เบอร์ 58C256 ขนาดความจุ 32 kB สำหรับความจุโปรแกรมควบคุมการทำงานและหน่วยความจำสำหรับบันทึกข้อมูลชั่วคราว (RAM) เบอร์ 62256 ขนาดความจุ 32 kB พร้อมทั้งมีไอซีเบอร์ RTC 63423 ทำหน้าที่เป็นวงจรสร้างฐานเวลาสำหรับการทำงานของระบบ นอกจากนี้ยังมีไอซีเบอร์ ADS7803 ซึ่งเป็นไอซีซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงเลข ในการรับสัญญาณการวัดรังสีจากเรทมิเตอร์ สำหรับการเชื่อมโยงการทำงานกับวงจรภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเชื่อมต่อผ่านไอซีเบอร์ 71055 ซึ่งเป็นอินพุต/เอาต์พุต พอร์ตขนาด 8 บิต มีพอร์ต 3 ช่องทาง สำหรับกำหนดให้สัญญาณควบคุมและวิเคราะห์รับเข้าและส่งออก เพื่อการประมวลผลและแสดงผล ในการติดต่อกับโมเด็มจะมีไอซีเบอร์ MAX232 ทำหน้าที่จัดการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม RS-232

3.3.3 วงจรหัววัดรังสีและวงจรขยายสัญญาณ

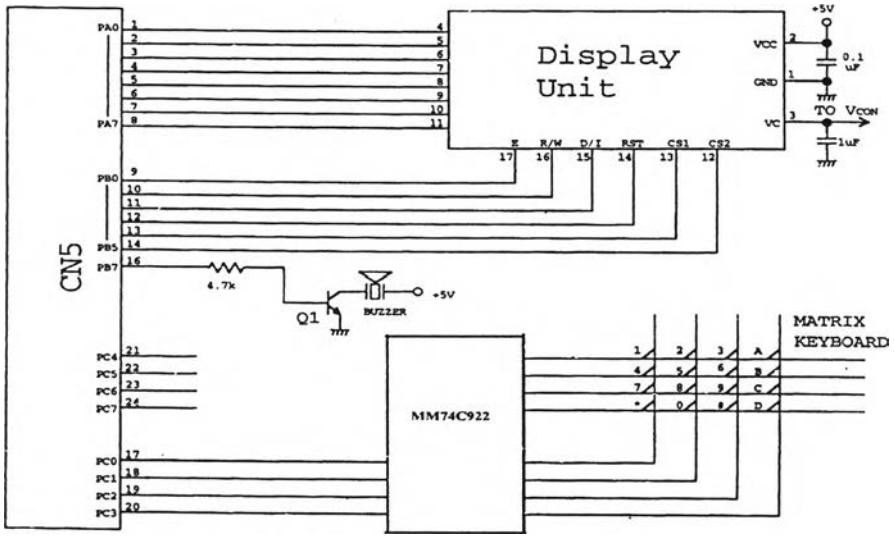
หัววัดรังสีที่เลือกใช้เป็นหัววัดชนิดซิลทิลเลชัน ใช้ผลึก CsI(Tl) ประกอบกับพินไดโอด ของ Hamamatsu รุ่น S3590-01 ใช้ไบอัสต่ำ (-24 V) วงจรขยายส่วนหน้าจัดวงจรแบบไวต่อประจุ ใช้ไอซีเบอร์ H4083 ส่งสัญญาณพัลส์ให้กับวงจรขยายหลักซึ่งจัดวงจรแบบอินเวอร์ติงที่อัตราขยาย 10 เท่า โดยเลือกใช้ ไอซีเบอร์ AD848JR ดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรหัววัดรังสีและวงจรขยายสัญญาณ

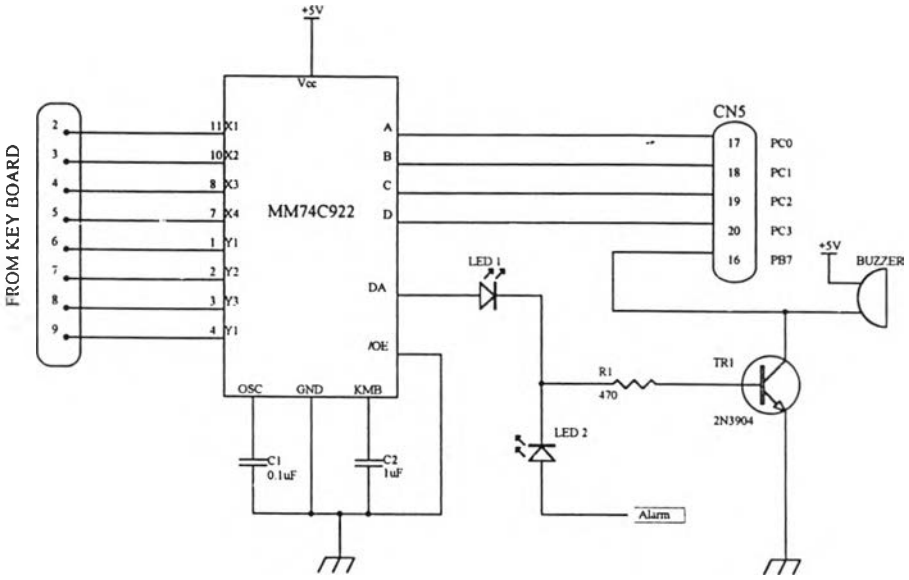
3.3.4 วงจรคีย์บอร์ดและวงจรแสดงผลแบบกราฟฟิก

วงจรคีย์บอร์ดและวงจรแสดงผลแบบกราฟฟิกที่ได้ออกแบบไว้มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ไอซีที่ทำหน้าที่อินพุต/เอาต์พุต เบอร์ 71055 อุปกรณ์แสดงผลแบบ แอล ซี ดี กราฟฟิก ความละเอียด 64X128 พิกเซล (Pixel) และวงจรคีย์บอร์ดแบบเมตริกซ์ต่อกับไอซี เบอร์ 74C922 ดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรคีย์บอร์ดและวงจรแสดงผลแบบกราฟฟิก

จากวงจรที่ 3.6 วงจรแสดงผลและวงจรคีย์บอร์ดจะควบคุมการทำงานจาก CPU ผ่านไอซี เบอร์ 71055 ซึ่งเป็นไอซี อินพุต/เอาต์พุต พอร์ต จากวงจรที่ออกแบบไว้ใช้พอร์ต PB ไอซีเบอร์ 71055 เป็นพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์แสดงผล แอล ซี ดี กราฟฟิก ที่ตำแหน่ง PB0-PB5 ส่วน PB7 กำหนดให้ Buzzer กำเนิดเสียงเตือนและใช้พอร์ต PA เป็นพอร์ตข้อมูล ส่วนพอร์ต PC0-PC3 กำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตโดยจะรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดแบบเมตริกซ์การใช้งานผ่านไอซีเบอร์ MM74C922 ซึ่งช่วยให้สามารถลดขาพอร์ตที่ใช้งานลงได้ 4 ขา สำหรับรายละเอียดในการต่อวงจรคีย์บอร์ดกับไอซี เบอร์ MM74C922 ซึ่งเป็นวงจรเข้ารหัสเมตริกซ์และส่งข้อมูลขนานออกเป็น BCD 4 บิต

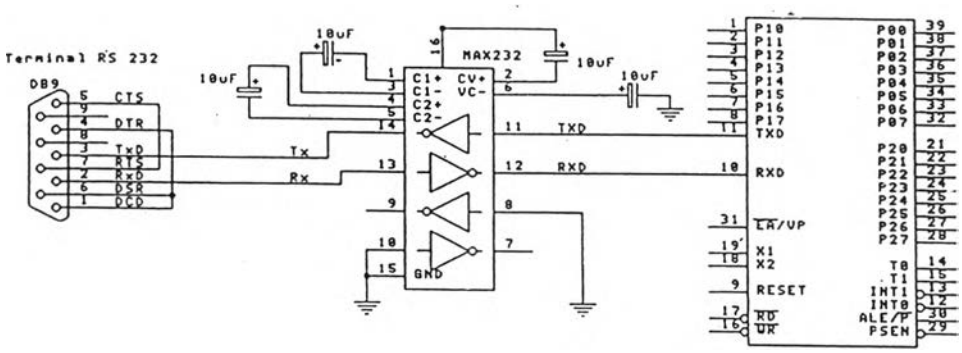


รูปที่ 3.7 การจัดวงจรคีย์บอร์ด กับ ไอซี เบอร์ MM74C922

จากรูปที่ 3.7 วงจรในส่วนนี้ออกแบบให้มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลแบบใช้แสง (LED) 2 ตัว ไว้สำหรับแสดงผลเป็นแสงสว่างเมื่อมีการตรวจวัดรังสีได้ และแสดงแสงสว่างตอนกดคีย์บอร์ดด้วย อีกทั้งยังออกแบบให้มีการแสดงผลแบบใช้เสียงสำหรับเวลากดแป้นคีย์บอร์ดและส่วสัญญาณเสียงเมื่อมีการตรวจวัดรังสีได้

3.3.5 การออกแบบระบบเชื่อมโยงระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมเด็ม

การรับส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C52 จะใช้งานผ่านทางขา 11 (TXD) และขา 10 (RXD) ซึ่งเป็นพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 โดยใช้ไอซี เบอร์ MAX232 ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรแปลงสัญญาณข้อมูลแบบ TTL ให้เป็นสัญญาณในมาตราฐาน RS-232

อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลหรืออัตราบิตข้อมูลในโหมดที่ 1 และ 3 ขึ้นอยู่กับการทำงานของแต่ละโหมดของพอร์ตข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรม โดยการใช้รีจิสเตอร์ไทร์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนด เมื่อไทร์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนดในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 1 และ 3 ค่าของอัตราบิตข้อมูลที่ได้จะถูกกำหนดด้วยอัตราการเกิด Over flow ของไทร์เมอร์ 1 และขึ้นอยู่กับค่าที่โหลดในบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{Baud Rate} = \frac{2^{SMOD} \text{X ความถี่ออสซิสเลเตอร์ที่ใช้}}{32 \text{ X } 12 \text{ X } [256 - (\text{TH1})]} \quad \text{---------- (1)}$$

ดังนั้น จากสมการที่ 1 ค่าที่ต้องโหลดไปไว้ยังรีจิสเตอร์ (TH1) เพื่อให้ได้ค่าอัตราบิตข้อมูล (Baud Rate) จะคำนวณได้ดังนี้

$$\text{TH1} = 256 - \left[\frac{2^{SMOD} \text{ X ความถี่ออสซิสเลเตอร์ที่ใช้}}{384 \text{ X Baud Rate}}\right] \quad \text{---------- (2)}$$

ในข้อกำหนดอัตราบิตข้อมูลค่าต่ำ ๆ ด้วยไทร์เมอร์ 1 สามารถปล่อยให้ไทร์เมอร์ 1 อินเตอร์รัปต์ CPU ได้ โดยกำหนดการทำงานให้เป็นไทร์เมอร์ขนาด 16 บิต และใช้ ไทร์เมอร์ 1 อินเตอร์รัปต์ CPU เพื่อโหลดค่าใหม่ด้วยซอฟต์แวร์ขณะเกิด Over flow เนื่องจากการทำงานโหมด 1 ของไทม์เมอร์ไม่สามารถโหลดค่าใหม่ด้วยวงจรภายนอกได้

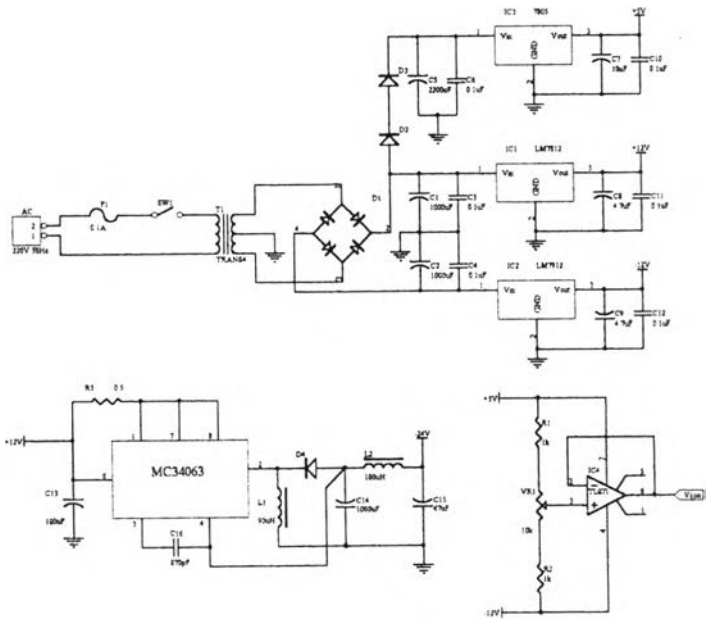
ตารางที่ 3.1 ค่าที่ต้องนำไปไว้ในรีจีสเตอร์ของไทร์เมอร์ 1 เมื่อใช้ BAUD RATEค่ามาตรฐานต่าง ๆ

BAUD RATE	ความถี่ของคริสตอล	บิต SMOD	ไทม์เมอร์ 1		
			C/T	โหมด	ค่าที่ใช้โหลด
Mode 0 Max: 1 MHz	12 MHz	X	X	X	X
Mode 2 Max: 375KHz	12 MHz	1	X	X	X
Modes 1.3: 62.5KHz	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2KHz	11.059 MHz	1	0	2	FDH
9.6KHz	11.059 MHz	0	0	2	FDH
4.8KHz	11.059 MHz	0	0	2	FAH
2.4KHz	11.059 MHz	0	0	2	F4H
1.2KHz	11.059 MHz	0	0	2	E8H
137.5KHz	11.986 MHz	0	0	2	1DH
110KHz	6 MHz	0	0	2	72H
110KHz	12 MHz	0	0	1	FEEBH

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 0 จะมีความเร็วในการส่งข้อมูลมากที่สุด เมื่อเทียบกับโหมดอื่นที่ความถี่ของคริสตอลเดียวกัน และจะเห็นว่าหากเลือกให้คริสตอลความถี่ 11.059 MHz จะสามารถตั้งค่าบิตข้อมูลในโหมด 1 และ 3 เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป เช่น 1200,2400,4800,9600,19200 bps จึงเหมาะที่จะใช้คริสตอลความถี่ 11.059 MHz

3.3.7 การออกแบบแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

แรงดันไฟฟ้าที่วงจรต่าง ๆ ต้องการเป็นวงจรไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า +5V, +12V, -24V และแรงดันอ้างอิงสำหรับ DAC ซึ่งสามารถกำเนิดได้จากการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V_{rms}, 50 Hz เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำ 12Vac ด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าส่งให้วงจรเรียงกระแสและกรองกระแสไฟฟ้า ก่อนที่จะจ่ายให้วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ (Voltage Regulator) เฉพาะค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.11



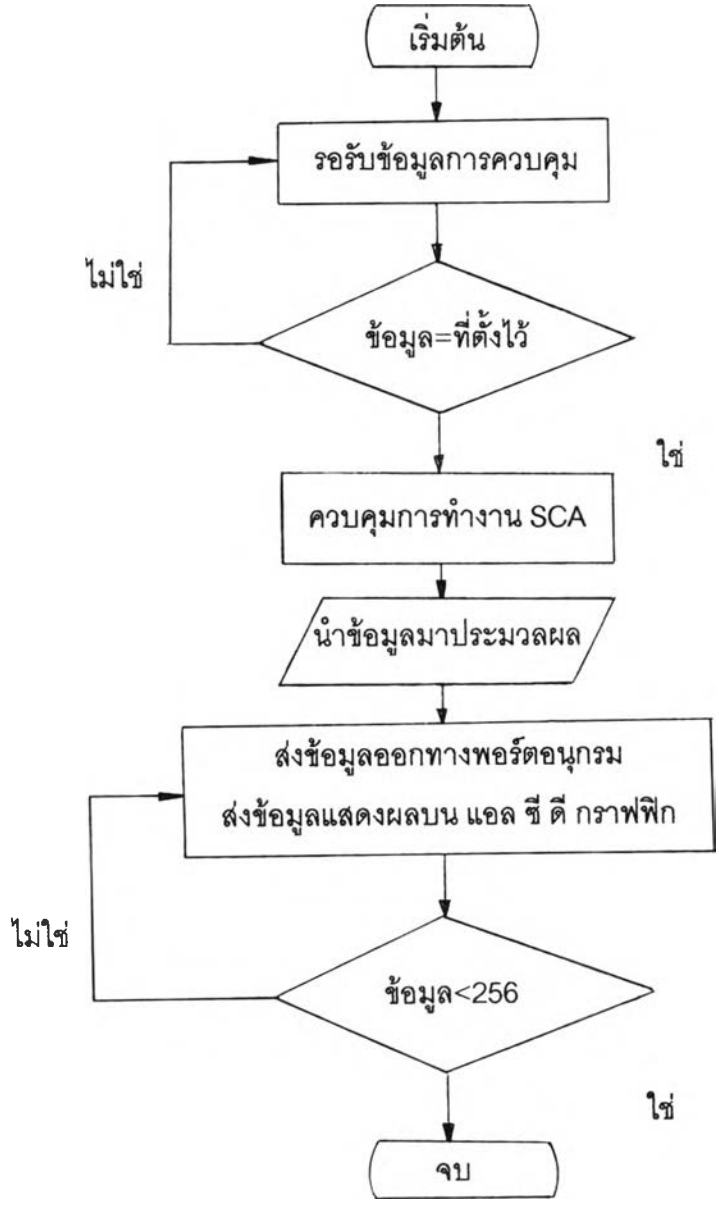
รูปที่ 3.11 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแรงดันต่ำสำหรับระบบวิเคราะห์พลังงาน

จากวงจรในรูปที่ 3.11 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 12 โวลต์ ได้รับการเรียงกระแสแบบ Full Wave Center Tapped ทั้งด้านบวก และ ลบ และ กรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุค่าสูง ได้แรงดันไฟฟ้าขนาด $12\sqrt{2} - 0.7 = 16.3$ V วงจรควบคุมแรงดันให้คงที่เฉพาะค่า +12 V ,-12 V และ +5 V เลือกใช้ไอซีเบอร์ 78L12 , 79L12 และ 7805 ตามลำดับสำหรับทางเข้าของ วงจรควบคุมแรงดัน 5 โวลต์ เพื่อลดแรงดันตกคร่อมไอซี ได้ต่ออันดับไดโอดเพื่อลดแรงดันไว้ 2 ตัว ส่วนแรงดัน –24 โวลต์ สำหรับไบอัสหัววัดรังสีกำเนิดโดยวงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งใช้ไอซี เบอร์ MC34063 ส่วนสุดท้ายคือวงจรสร้างแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงปรับค่าได้ จัดโดยสร้างวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าส่งผ่านวงจรบัฟเฟอร์

3.4 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงาน

3.4.1 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

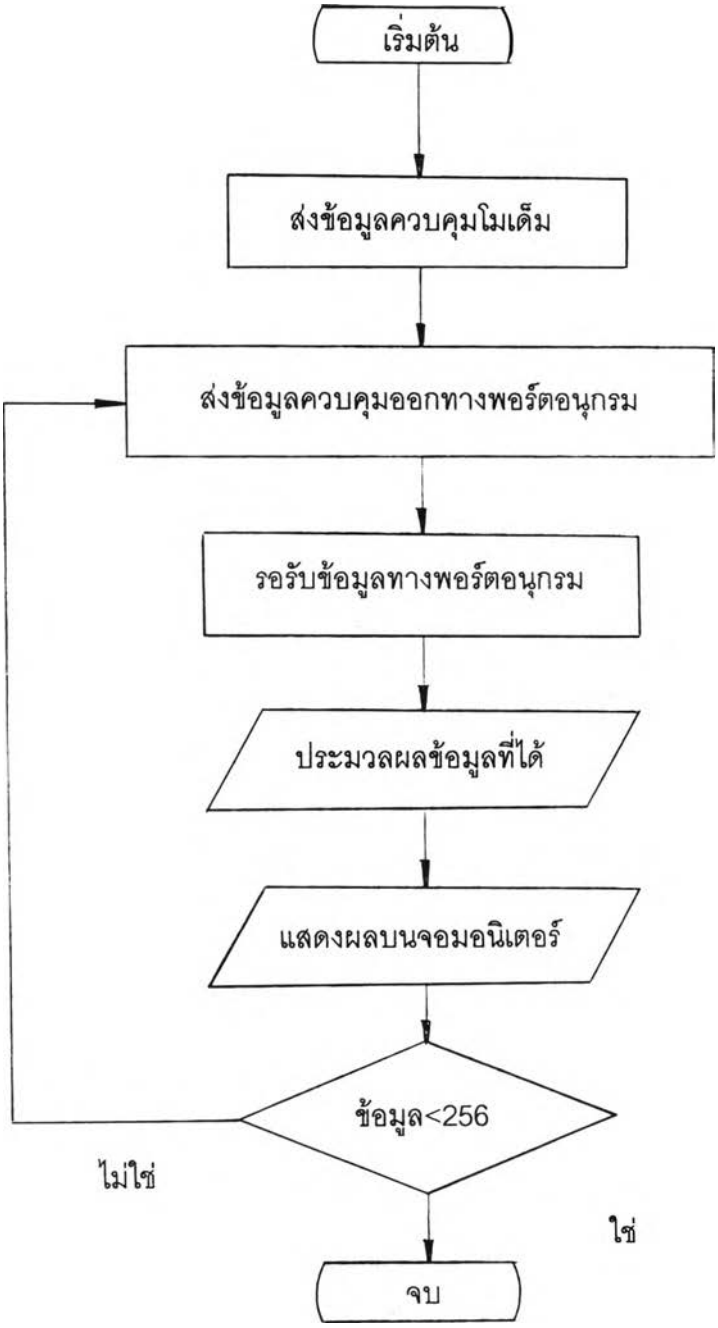
ในรูปที่ 3.10 แสดงโฟล์วชาร์ตของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เขียนด้วยภาษาเบสิก รายละเอียดของโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ข.1



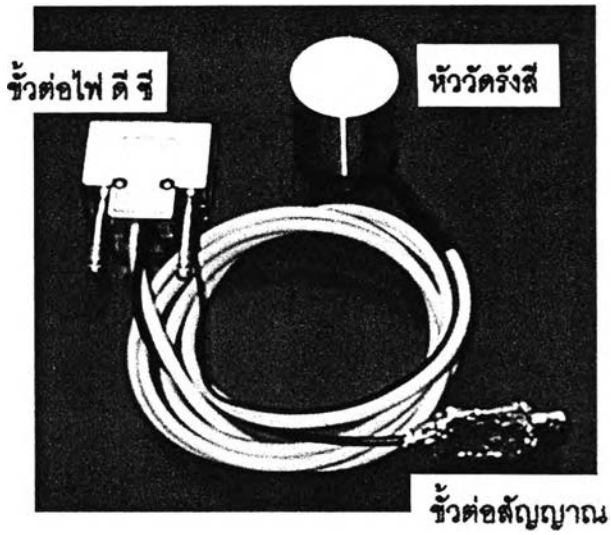
รูปที่ 3.10 โฟล์วชาร์ตของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์

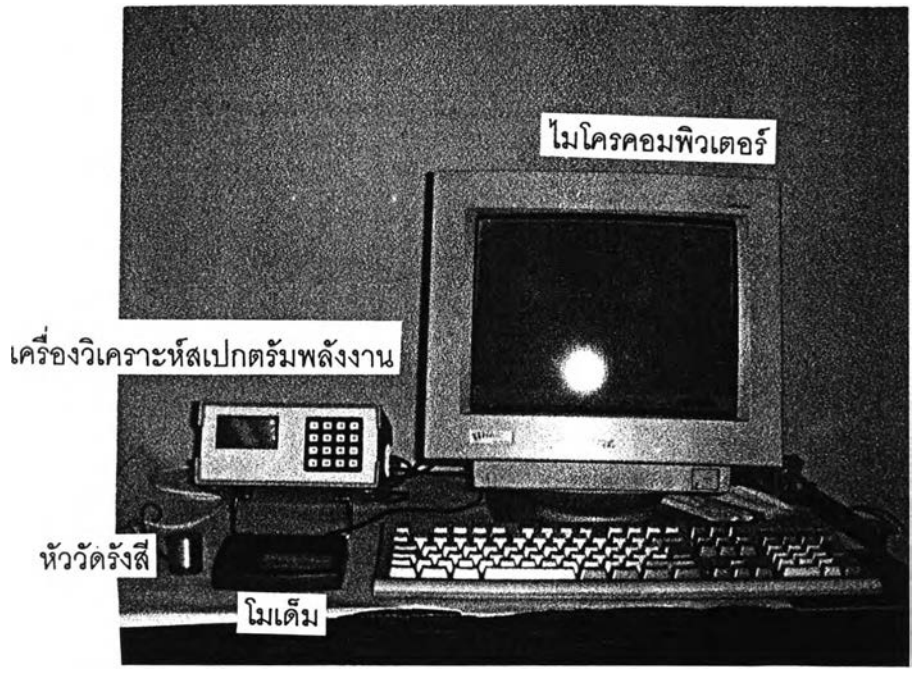
ในรูปที่ 3.11 แสดงโฟล์วชาร์ตของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์เขียนด้วยภาษา ปาสคาล รายละเอียดของโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ข.2



รูปที่ 3.11 โฟล์วชาร์ตของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.12 ภาพหัววัดรังสี CsI(Tl) Pin-Diode



รูปที่ 3.13 ภาพถ่ายของระบบวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงาน