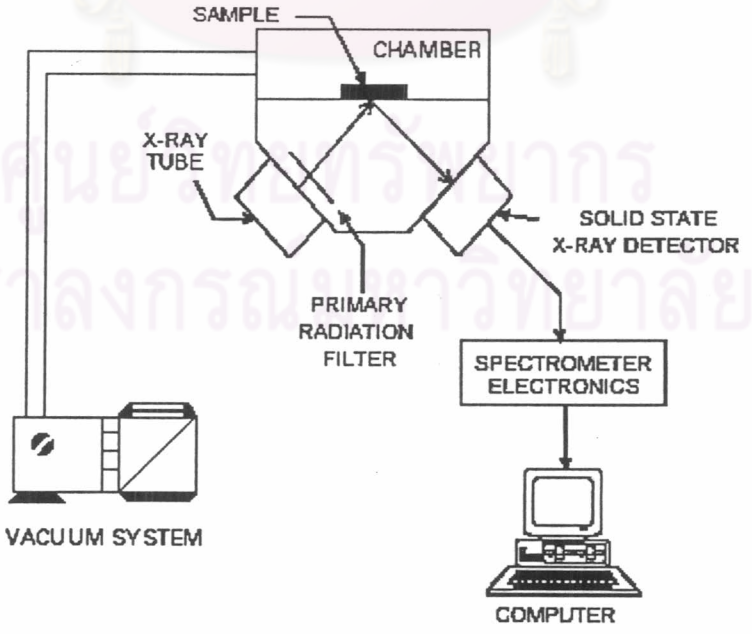
บทที่ 3

การพัฒนาส่วนเชื่อมโยงสัญญาณและโปรแกรมอิมูเลเตอร์

3.1 ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาส่วนเชื่อมโยงสัญญาณ

ระบบวิเคราะห์ธาตุแบบ EDX เดิมที่นำมาพัฒนาสมรรถภาพเพิ่มเติม ประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ หลายส่วนด้วยกัน เช่น หัววัดรังสีเอกซ์, โพรเซสเซอร์, หลอดรังสีเอกซ์, แชมเบอร์ (Chamber), ระบบสุญญากาศ ดังในรูปที่ 3.1 ในส่วนของระบบวัดและการจัดการสัญญาณตั้งแต่หัววัดรังสีไปจนถึงพัลส์โพรเซสเซอร์นั้นยังทำงานได้ดีรวมถึงระบบสุญญากาศที่แม้จะไม่ได้ใช้งานมานานและมีอายุการใช้งานค่อนข้างมากแต่ประสิทธิภาพของระบบเหล่านี้ยังดีพอที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ธาตุได้ แต่ในส่วนของระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ธาตุนั้นเนื่องจากสมรรถนะของเครื่องต่ำกว่าระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันรวมทั้งระบบจัดเก็บไฟล์ก็ไม่สามารถเข้ากันได้ (Compatible) กับระบบไฟล์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของระบบนี้ให้ดีขึ้นและมีความเข้ากันได้กับระบบวิเคราะห์ธาตุในปัจจุบันมากขึ้น โดยแบ่งเป็นการพัฒนาในส่วนเชื่อมโยงสัญญาณจากพัลส์โพรเซสเซอร์ให้สามารถรับสัญญาณมาเก็บในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์กับส่วนของโปรแกรมอิมูเลเตอร์สำหรับควบคุมและแสดงผลที่มีฟังก์ชั่นการทำงานเหมือนกับระบบวิเคราะห์เดิมแต่ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น รวมทั้งการตรวจสอบและแก้ไขการทำงานของหลอดรังสีเอกซ์และระบบสุญญากาศให้ทำงานได้ดี



รูปที่ 3.1 แสดงภาพส่วนประกอบของเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯ

3.2 แหล่งกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทป

จากตรวจสอบการทำงานของหลอดรังสีเอกซ์ซึ่งเป็นต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิของเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯเดิมพบว่ามีความชำรุดเสียหายจากการกัดกร่อนบริเวณหน้าต่างอันเกิดจากความชื้นและสารเคมีทำให้หลอดรังสีเอกซ์ดังกล่าวไม่สามารถใช้งานได้ต่อไป จึงได้มีการประยุกต์นำเอาแหล่งกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทปมาใช้แทน โดยเป็นไอโซโทปรังสีของพลูโตเนียม 238 มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 86.4 ปี ความแรงรังสีเท่ากับ 100 mCi หรือ 3.7 GBq มีพลังงานเท่ากับ 12 - 22 keV ผลิตขึ้นในปี 1988 เมื่อคำนวณการอัตราการปล่อยรังสี ณ เวลาปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 2003) จะได้ค่าความแรงรังสีเท่ากับ

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

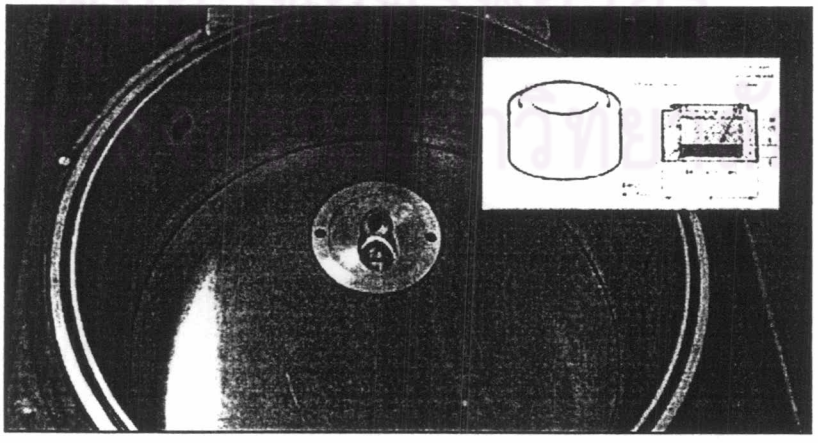
เมื่อ $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$; $\lambda = 0.693/86.4 = 0.00802$

$$A = 3.7 \times 10^9 \times e^{-(0.00802 \cdot 15)}$$

$$A = 3.7 \times 10^9 \times 0.99946$$

$$A = 3.698 \times 10^9 \text{ Bq}$$

จากค่าอัตราการปลดปล่อยรังสีและพลังงานที่ปล่อยออกมาสามารถจะนำมาแทนที่แหล่งกำเนิดรังสีปฐมภูมิของเดิมที่เป็นหลอดรังสีเอกซ์ได้ เนื่องจากพลังงานของไอโซโทปรังสีอยู่ในช่วงของพลังงานเดิมที่ใช้งานอยู่จึงสามารถวิเคราะห์ธาตุได้ใกล้เคียงกันแต่จะมีข้อดีในแง่ที่ว่าพลังงานของไอโซโทปรังสีจะปล่อยออกมาเป็นช่วงพลังงานเดียวและไม่ขึ้นกับแหล่งจ่ายไฟ ทำให้การปล่อยรังสีเอกซ์ปฐมภูมิเพื่อมากระตุ้นธาตุตัวอย่างจะมีความคงที่และต่อเนื่อง ตัวแหล่งกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทปที่นำมาใช้ซึ่งเป็นพลูโตเนียม 238 มีค่าครึ่งชีวิตที่ยาว ทำให้มีอายุการใช้งานได้นานกว่าหลอดรังสีซึ่งมีอายุการใช้งานสั้นกว่า ลักษณะการจัดวางจะแสดงดังในรูปที่ 3.2



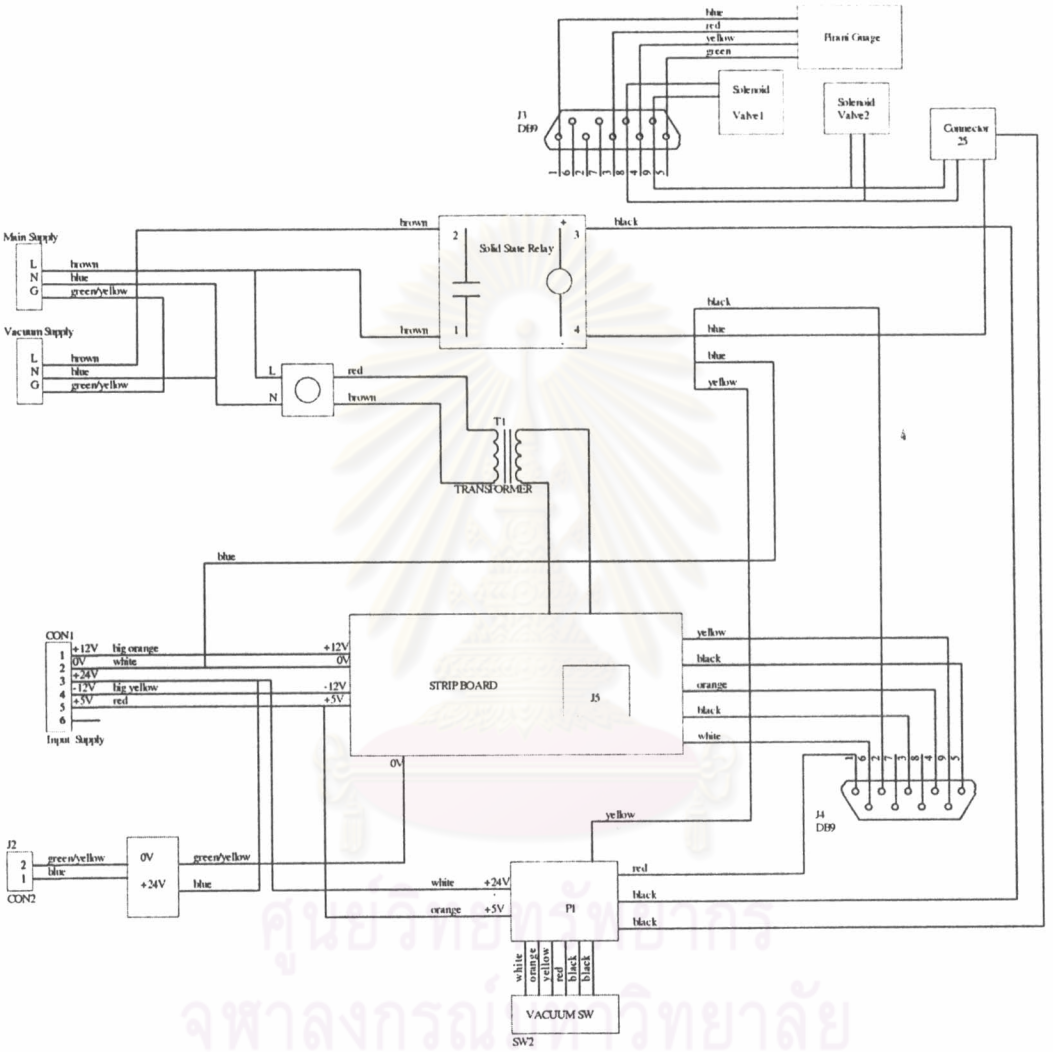
รูปที่ 3.2 แสดงแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิชนิดไอโซโทปจาก Pu-238

3.3 ระบบสุญญากาศ

เพื่อช่วยให้ระบบวิเคราะห์มีความไวในการตรวจจับรังสีที่พลังงานต่ำๆมากขึ้น จำเป็นต้องมีระบบสุญญากาศในระบบวิเคราะห์ธาตุฯโดยปั๊มสุญญากาศจะทำการสูบอากาศออกจากแชมเบอร์เพื่อให้โมเลกุลของก๊าซภายในแชมเบอร์ลดน้อยลงทำให้รังสีเอกซ์พลังงานต่ำสามารถวิ่งเข้าไปในหัววัดรังสีเอกซ์ได้มากขึ้นโดยไม่เกิดอันตรกิริยากับโมเลกุลของก๊าซเสียก่อน ในส่วนของปั๊มสุญญากาศเป็นแบบ Rotary Vane Vacuum Pump ให้อัตราการสูบอากาศขนาด 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะถูกควบคุมการทำงานด้วย Solid State Relay และเปิดปิดโดยสวิตช์ที่แผงควบคุมด้านหน้า ระดับความดันภายในแชมเบอร์จะถูกตรวจจับโดย Thermocouple Vacuum Gauge ซึ่งจะวัดความดันในรูปของปริมาณการนำพาก๊าซร้อนออกไปจากฮอตไวร์โดยมีช่วงการทำงานอยู่ที่ 2.5 ถึง 10^{-3} torr ซึ่งสามารถปรับค่าของความดันภายในแชมเบอร์ได้จากวงจรควบคุมระบบสุญญากาศ โดยมี Solenoid Valve ทำหน้าที่เป็นวาล์วเปิด/ปิดให้อากาศผ่านเข้าออกในแชมเบอร์ได้เมื่อต้องการเปิดฝาแชมเบอร์ออก

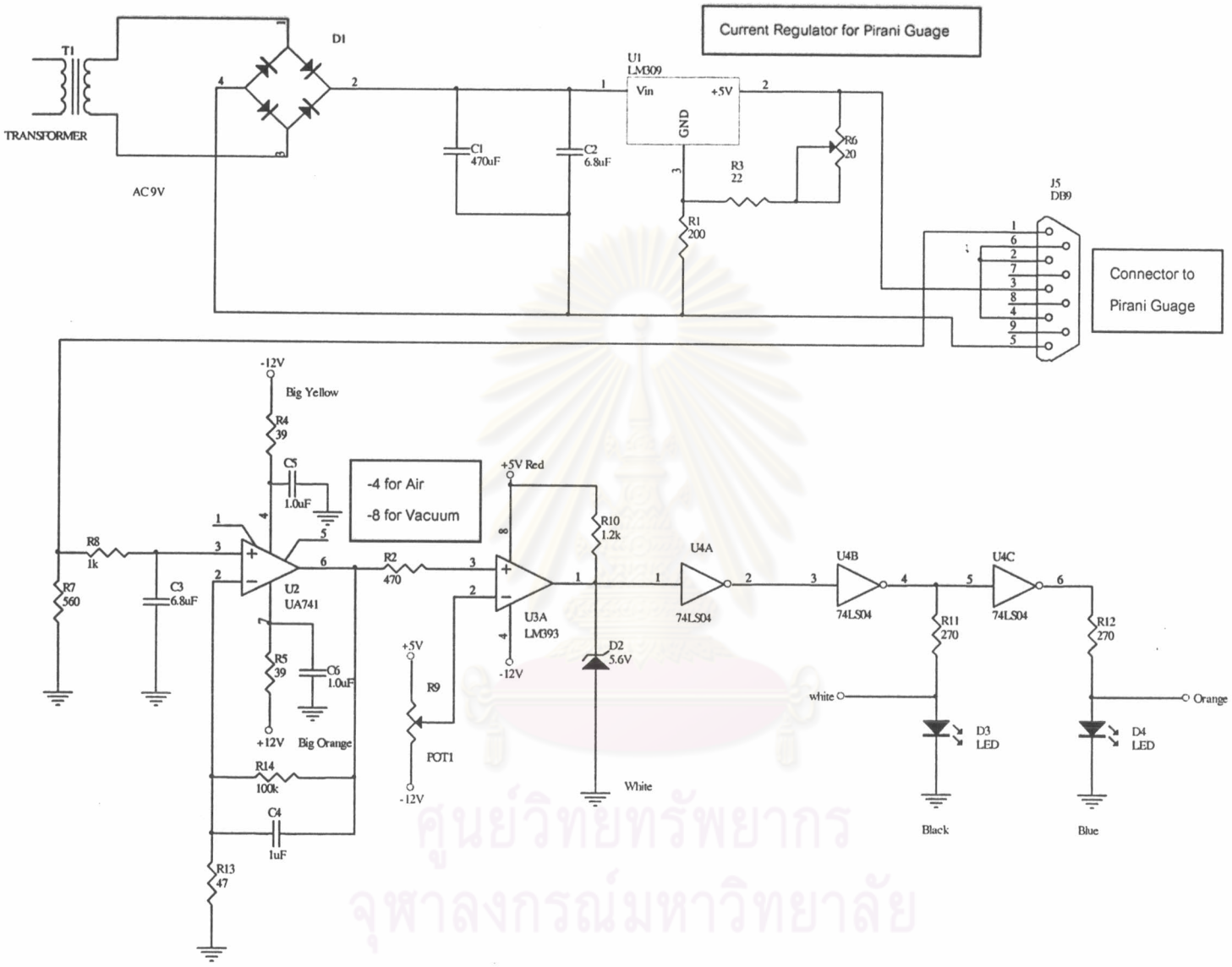
3.3.1 วงจรควบคุมระบบสุญญากาศ

เมื่อเริ่มต้นการทำงานให้กดสวิตช์เปิดการทำงานของระบบสุญญากาศที่แผงควบคุมด้านหน้าจะทำให้ Solid State Relay ทำงาน กระแสไฟจะจ่ายเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ การควบคุมความดันภายในแชมเบอร์จะใช้วงจรดังรูปที่ 3.3 ภายในแชมเบอร์จะมี Pirani Gauge ที่ตรวจจับความดันภายในแล้วส่งสัญญาณเป็นระดับแรงดันไฟฟ้าไปยัง Strip Board เพื่อขยายสัญญาณโดยออปแอมป์ไอซี UA741 เนื่องจากระดับสัญญาณที่เข้ามาอยู่ในระดับมิลลิโวลต์จึงจำเป็นต้องขยายสัญญาณให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและกำจัดสัญญาณรบกวนก่อนทำการเปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงที่ตั้งไว้โดยใช้ไอซี LM393 (รูปที่ 3.4) การตั้งค่าความดันภายในแชมเบอร์สามารถตั้งได้จากค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงโดยปรับค่าจากความต้านทาน R9 ในขณะที่ปั๊มสุญญากาศทำงานอยู่นั้นถ้าค่าความดันยังไม่ถึงระดับที่ตั้งไว้ปั๊มสุญญากาศจะยังคงสูบอากาศออกไปเรื่อยๆจนถึงระดับความดันที่ต้องการปั๊มจะหยุดการทำงาน และจะกลับมาทำงานอีกครั้งเมื่อระดับความดันเพิ่มสูงขึ้นเพื่อรักษาระดับความดันภายในแชมเบอร์ให้คงที่ตลอดเวลา เมื่อต้องการเปิดฝาครอบแชมเบอร์เพื่อเปลี่ยนตัวอย่างให้กดสวิตช์ควบคุมระบบสุญญากาศอีกครั้งเพื่อหยุดการทำงาน วงจรจะทำการตัดกระแสไฟที่จ่ายให้กับปั๊มสุญญากาศขณะเดียวกัน Solenoid Valve สองตัวจะเริ่มต้นทำงานเปิดวาล์วปล่อยให้อากาศเข้ามาภายในแชมเบอร์ เมื่อระดับแรงดันกลับเข้าสู่ระดับแรงดันบรรยากาศก็จะสามารถเปิดฝาแชมเบอร์ได้



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

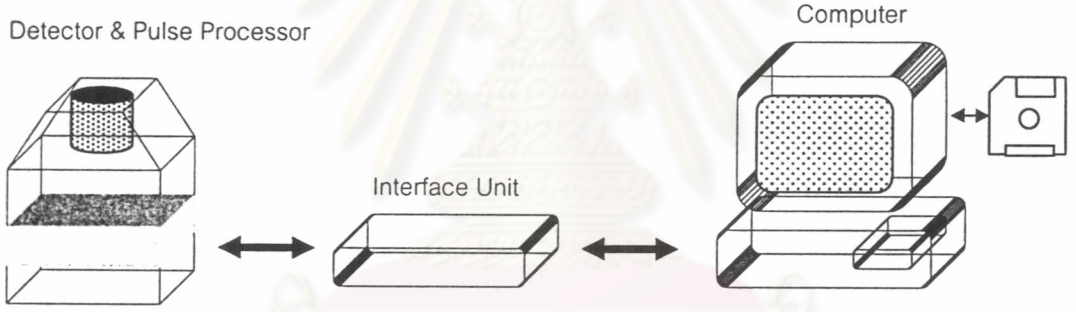


รูปที่ 3.4 วงจรเปรียบเทียบความดันภายในแซมเบอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การออกแบบวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ

สัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับจากหัววัดรังสีเอกซ์เมื่อผ่านการปรับแต่งสัญญาณจากวงจรพัลส์โพรเซสเซอร์แล้วจะถูกส่งไปยังวงจรแปลงผันสัญญาณเพื่อเปลี่ยนจากสัญญาณอะนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล แต่เนื่องจากในระบบวิเคราะห์ธาตุฯของเดิมนั้นในส่วนของการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ชำรุดเสียหายรวมทั้งการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลก็ไม่สามารถเข้ากันได้กับระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความทันสมัยมากขึ้น โดยการออกแบบวงจรเชื่อมโยงสัญญาณให้รับข้อมูลจากวงจรแปลงผันสัญญาณโดยตรงแล้วส่งไปจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB พอร์ต ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งปัจจุบันมีการนำ USB พอร์ตมาใช้อย่างแพร่หลายในอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ ทั้งนี้เป็นเพราะคุณสมบัติพิเศษของ USB พอร์ตที่ทำให้เมื่อนำอุปกรณ์ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB พอร์ต จะทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณที่พัฒนาขึ้นมาได้ทันทีผ่านทางไดรเวอร์ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกมากขึ้น

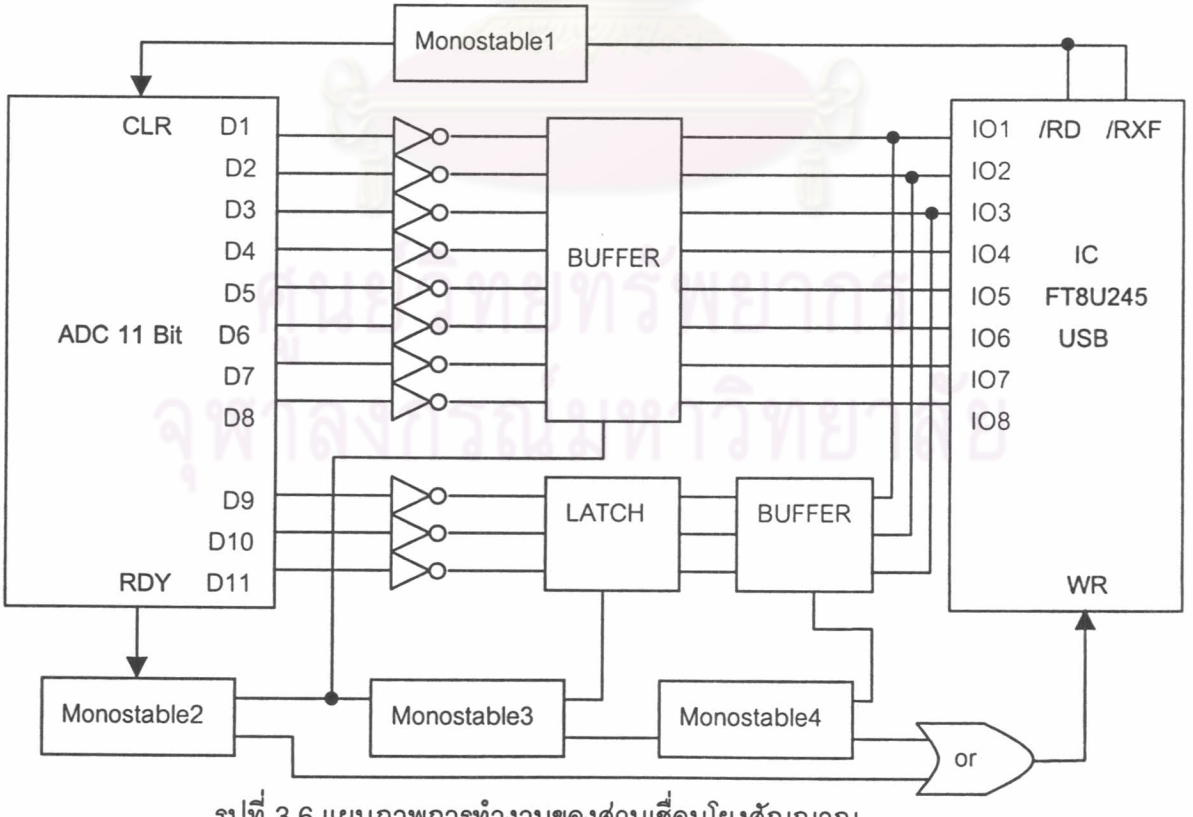


รูปที่ 3.5 แสดงส่วนเชื่อมโยงสัญญาณ

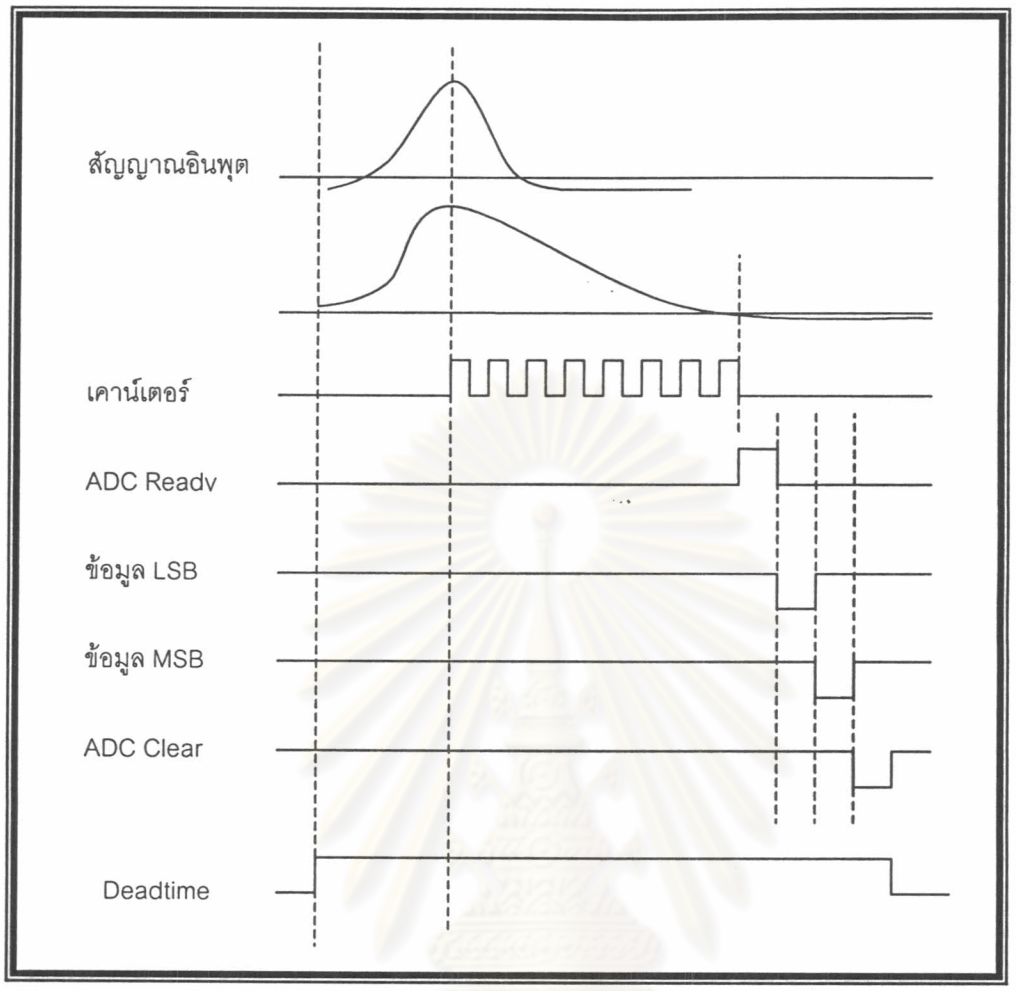
3.4.1 วงจรเชื่อมโยงสัญญาณ

การทำงานของวงจรแปลงผันสัญญาณชนิดวิลคินสันเป็นวงจรที่อาศัยหลักการของการเก็บประจุบนตัวเก็บประจุจนศักย์ไฟฟ้าเท่ากับความสูงของพัลส์สัญญาณอินพุต แล้วจึงคายประจุออกมาในอัตราคงที่ด้วยวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่เพื่อสร้างช่วงเวลาการเปิดปิดเกตของวงจรนับสัญญาณนาฬิกา เมื่อตัวแปลงผันสัญญาณแปลงสัญญาณอินพุตจากอะนาล็อกเป็นดิจิตอลเสร็จจะส่งสัญญาณ ADC Ready ออกมาบอกให้คอมพิวเตอร์นำค่าจากการแปลงผันสัญญาณไปจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ หลังจากที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์นำข้อมูลในหน่วยความจำไปประมวลผลแล้วจะส่งสัญญาณ ADC Clear กลับมาเพื่อรีเซตการทำงานของตัวแปลงผันสัญญาณให้พร้อมรอรับสัญญาณลูกต่อไป

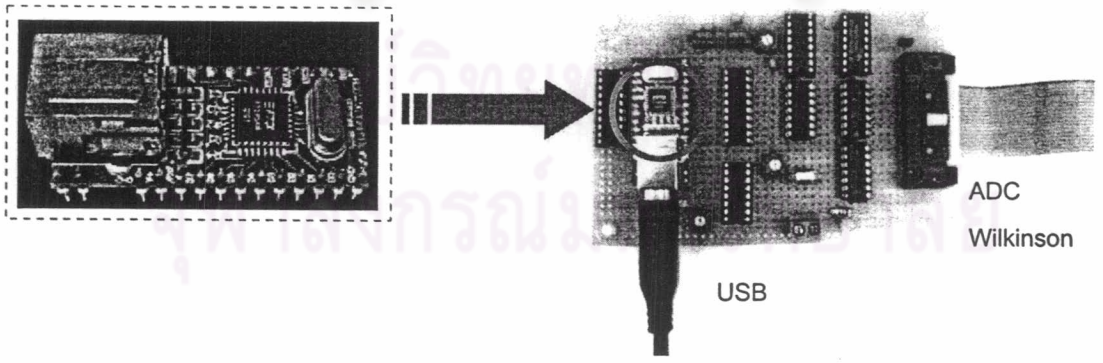
จากหลักการข้างต้นจึงได้พัฒนาวงจรเชื่อมโยงสัญญาณโดยเลือกใช้ไอซี FT8U245 ของบริษัท FTDI เข้ามาทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากตัวแปลงผันสัญญาณแล้วส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ การทำงานของวงจรเชื่อมโยงสัญญาณจะเริ่มต้นเมื่อตัวแปลงผันสัญญาณทำงานเสร็จและส่งข้อมูลรวมทั้งสัญญาณ ADC Ready ออกมา ข้อมูลจากการแปลงผันจะถูกส่งไปยังบัฟเฟอร์เพื่อเตรียมพร้อมส่งไปยัง USB พอร์ต ส่วนสัญญาณ ADC Readyจะส่งไปยังโมโนสเตเบิลที่ทำหน้าที่ควบคุมการส่งข้อมูลจากบัฟเฟอร์ไปยัง USB พอร์ต แต่เนื่องจากไอซี FT8U245 มีพอร์ตที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลเพียงจำนวน 8 บิต ในขณะที่วงจรแปลงผันสัญญาณจะส่งสัญญาณข้อมูลมาให้ 11 บิต ทำให้ต้องมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนโดยการสลับกันส่งข้อมูลเข้ามายัง USB พอร์ต เริ่มจากข้อมูลชุดแรกจะถูกส่งไปยังบัฟเฟอร์และรอสัญญาณจากโมโนสเตเบิลตัวที่ 2 เมื่อสัญญาณถูกส่งมาที่บัฟเฟอร์ ข้อมูลจากบัฟเฟอร์จะส่งไปยังพอร์ตอินพุตของ USB ขณะเดียวกันสัญญาณจากโมโนสเตเบิลตัวที่ 2 อีกส่วนหนึ่งจะส่งไปที่ขา WR เพื่อบอกให้ไอซี FT8U245 นำข้อมูลจากอินพุตไปใส่ไว้ใน FIFO ภายใน รอการส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ ในส่วนข้อมูลชุดที่สองจะส่งไปเก็บไว้ชั่วคราวที่ตัวพักข้อมูลหรือตัวแลตช์ซึ่งใช้ไอซี 74LS175 ก่อนแล้วรอให้ข้อมูลชุดแรกส่งเป็นที่เรียบร้อยจึงจะส่งไปยังบัฟเฟอร์อีกตัวเพื่อรอสัญญาณลอจิกจากโมโนสเตเบิลตัวที่ 4 ก่อนจึงจะส่งข้อมูลชุดที่สองออกไปพร้อมกับส่งสัญญาณไปที่ขา WR เพื่อเขียนข้อมูล เมื่อส่งข้อมูลจนครบทั้งสองส่วนแล้วไอซี FT8U245 ก็จะส่งข้อมูลไปให้คอมพิวเตอร์เพื่อจะนำข้อมูลกลับมารวมกันอีกครั้งและนำไปคำนวณต่อไป ดังรูปที่ 3.6



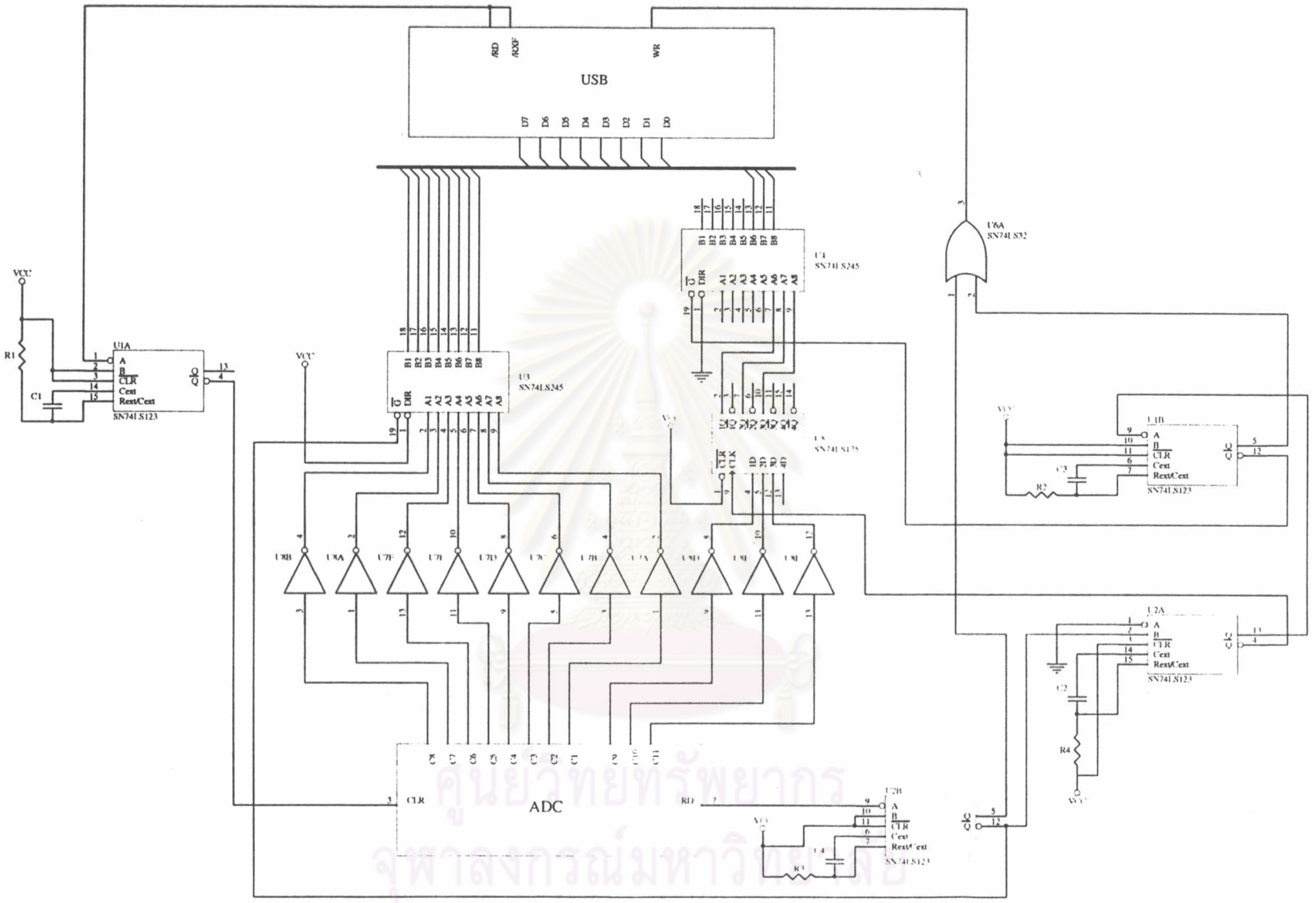
รูปที่ 3.6 แผนภาพการทำงานของส่วนเชื่อมโยงสัญญาณ



รูปที่ 3.7 แสดงแผนภาพเวลาของวงจรควบคุมการแปลงผันสัญญาณ



รูปที่ 3.8 แสดงการพัฒนาวงจรเชื่อมโยงสัญญาณจากไอซี FT8U245



รูปที่ 3.9 วงจรเชื่อมโยงสัญญาณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญาณการควบคุมการส่งข้อมูลนั้นจะสร้างจากไอซี 74LS123 ซึ่งเป็นไอซีวงจรโมโนสเตเบิล ช่วงเวลาของโมโนสเตเบิลแต่ละตัวสามารถควบคุมได้ด้วยค่าคงที่เวลาของความต้านทานภายนอก (R_{ext}) และ ตัวเก็บประจุภายนอก (C_{ext}) โดยกำหนดให้มีขนาดเท่ากันสามารถคำนวณคาบเวลาได้จาก

$$t_w = kR_{ext}C_{ext} \qquad \ldots(3.1)$$

เมื่อ t_w คือ ความกว้างของสัญญาณพัลส์

k ขึ้นกับแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้า

การคำนวณเพื่อเลือกค่า R_{ext} จะกำหนดคาบเวลาของ t_d เท่ากับ 300 ns สำหรับโมโนสเตเบิลทุกตัว เงื่อนไข $C_{ext} \geq$ 1000pF และ $100\Omega \leq R_{ext} \leq 2\ k\Omega$ เลือกใช้ค่า k = 0.45 ตามคำแนะนำจากคู่มือเพื่อให้ปรับค่าได้จากต่ำสุด ในกรณีนี้เลือก C_{ext} เท่ากับ 1000 pF จากสมการ 3.1

จะได้

$$t_w = kR_{ext}C_{ext}$$

$$300\times10^{-9} = 0.45\times R_{ext}\times1000\times10^{-12}$$

$$\therefore R_{ext} = \frac{300\times10^{-9}}{0.45\times1000\times10^{-12}} = 660\ \Omega$$

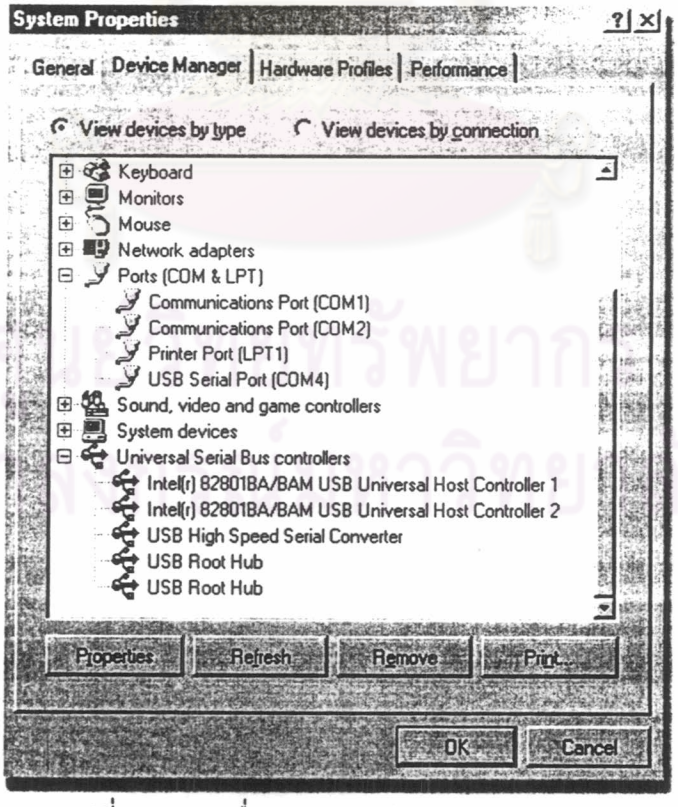
ดังนั้นเราจะเลือกใช้ $V_{R1} = 660\ \Omega$

3.5 โปรแกรมอิมูเลเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานเครื่องวิเคราะห์ธาตุ

โปรแกรมอิมูเลเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ธาตุได้รับการพัฒนาจากโปรแกรมภาษา Visual Basic เนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เป็นส่วนใหญ่ และระบบปฏิบัติการดังกล่าวเป็นระบบปฏิบัติการแบบ 32 บิต ทำให้โปรแกรมวิเคราะห์ธาตุของเดิมนั้นไม่สามารถทำงานได้ แต่ทั้งนี้ในปัจจุบันมีโปรแกรมวิเคราะห์ธาตุหลายๆโปรแกรมที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ได้ ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมอิมูเลเตอร์เพื่อควบคุมเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯให้สามารถทำงานเข้ากันได้กับโปรแกรมวิเคราะห์ธาตุสมัยใหม่จึงเป็นสิ่งจำเป็น อีกทั้งอุปกรณ์ต่อพ่วงในปัจจุบันนิยมพัฒนาให้สามารถต่อพ่วงผ่านพอร์ต USB ที่ให้ความเร็วมากกว่าพอร์ตอนุกรมและขนานในรุ่นเก่า ทำให้การพัฒนาโปรแกรมโดยรองรับเทคโนโลยีดังกล่าวจะให้ประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้

3.5.1 การพัฒนาโปรแกรมอิมูเลเตอร์สำหรับควบคุมและแสดงผลข้อมูล

ในการพัฒนาอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณนั้น จะใช้ไอซี FT8U245 มาใช้ในการจัดการการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่อพ่วงกับคอมพิวเตอร์ผ่าน USB พอร์ต โดยภายในตัวไอซี FT8U245 จะมีชุดคำสั่งต่างๆ ที่สนับสนุนการทำงานของ USB รวมอยู่ภายในตัวไอซีรวมทั้งโปรแกรมขนาดเล็กที่ใช้ในการจัดการรูปแบบของข้อมูลที่จะส่งเข้าไปในคอมพิวเตอร์ ในการทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักกับอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณนี้เมื่อเวลาที่ได้ต่อเชื่อมเข้าไปนั้นจำเป็นต้องอาศัยซอฟต์แวร์ไดรเวอร์ระดับล่างทำหน้าที่ให้รายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์ต่อพ่วงแก่คอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักเมื่อเวลาที่เราได้ติดตั้งอุปกรณ์นี้เข้าไป ซึ่งซอฟต์แวร์ไดรเวอร์นี้เราจะทำการติดตั้งในครั้งแรกของการต่ออุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณเข้าไป หลังจากนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะสามารถรับรู้ถึงการต่อเข้าเพิ่มหรือการถอดอุปกรณ์ออกจากบัส USB ได้อย่างอัตโนมัติ เมื่ออุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณได้ติดตั้งเป็นที่เรียบร้อยจะปรากฏข้อมูลอยู่ในส่วนของ Device Manager ภายในวินโดวส์ ซึ่งสามารถตรวจสอบดูได้ว่าการติดตั้งนั้นเรียบร้อยดีหรือไม่โดยดูได้จากหัวข้อ Port(Com & LPT) ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ถ้าการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณเป็นที่เรียบร้อยจะปรากฏรายชื่อ USB Serial Port ขึ้นมา โดยคอมพิวเตอร์จะมอง USB พอร์ตเสมือนหนึ่งว่าเป็นพอร์ตติดต่อสื่อสารตัวหนึ่ง (COM4) ที่ถูกติดตั้งเข้ามาในภายหลัง



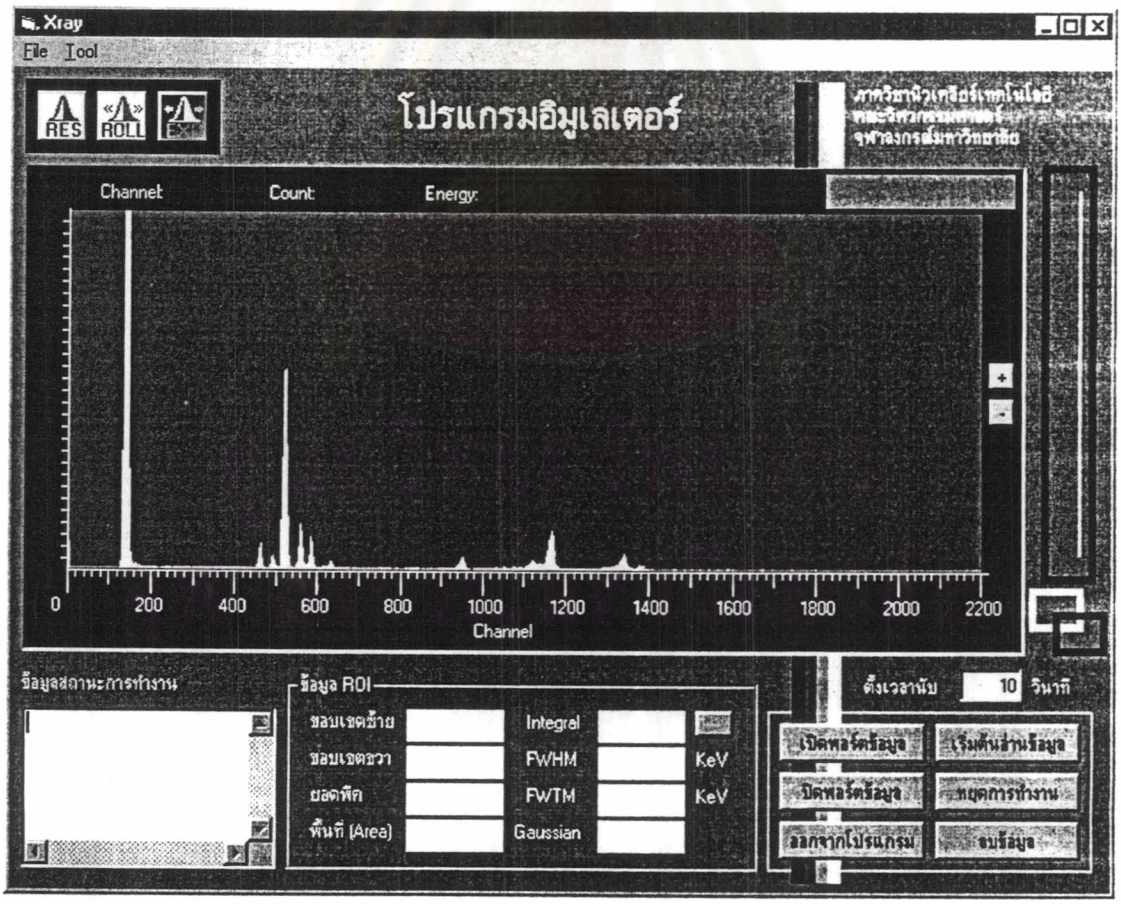
รูปที่ 3.10 รายชื่อพอร์ตต่างๆในคอมพิวเตอร์

เมื่อได้ทำการติดตั้งไดรเวอร์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว เราสามารถเปิดโปรแกรมอิมูเลเตอร์ควบคุมเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯขึ้นมาใช้งานได้ทันที การติดต่อควบคุมอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณนั้นจะกระทำผ่านพอร์ตเสมือน (Virtual Port) COM 4 ซึ่งแทนพอร์ตของ USB โดยโปรแกรมจะกำหนดค่าสำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ตไว้ดังนี้

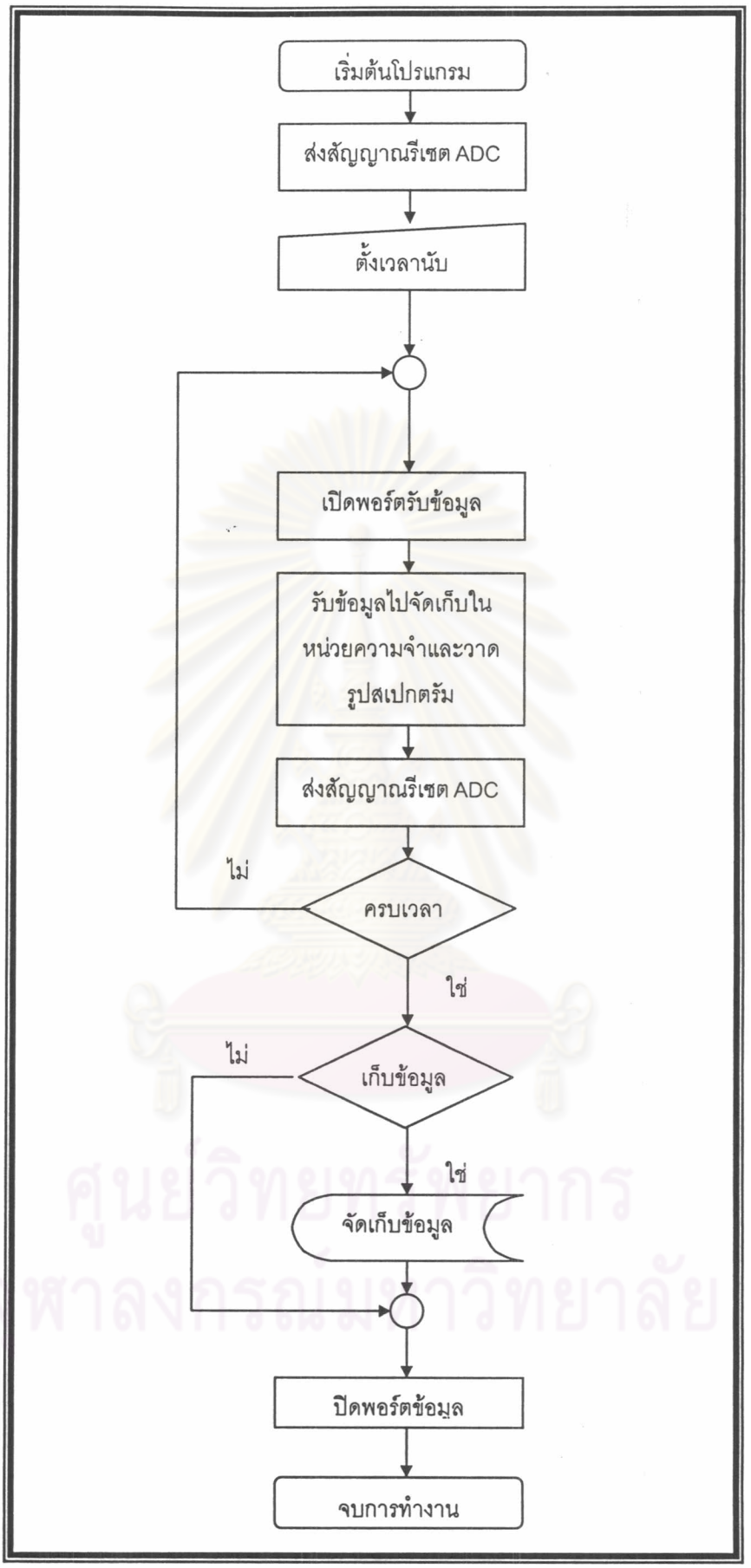
Bits Per Second = "115200" Parity = "None" Data Bits = "8"

Stop Bits = "1" Com Port = "4"

การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มต้นจากเปิดโปรแกรมขึ้นมาจากนั้นกดไปที่ปุ่ม "เปิดพอร์ตข้อมูล" เพื่อเปิดพอร์ตข้อมูลให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณได้ จากนั้นจะกำหนดเวลาในการนับและกดปุ่ม "เริ่มต้นอ่านข้อมูล" โปรแกรมจะวนลูปอ่านข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯแล้วใส่จุดลงบนหน้าจอตามตำแหน่งแต่ละแชนแนลจนกระทั่งหมดเวลาทำงานก็จะแสดงผลให้เห็นดังภาพที่ 3.11 เมื่อต้องการจะหยุดการทำงานขณะเก็บข้อมูลให้กดที่ปุ่ม "หยุดการทำงาน" หรือถ้าต้องการล้างข้อมูลเก่าเพื่อเริ่มต้นเก็บข้อมูลใหม่ก็ให้กดที่ปุ่ม "ลบข้อมูล" โปรแกรมจะทำการล้างข้อมูลเก่าทิ้งไป เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานให้กดที่ปุ่ม "ปิดพอร์ตข้อมูล" ตามด้วยปุ่ม "ออกจากโปรแกรม" เพื่อจบการทำงานของเครื่อง แผนภาพการทำงานแสดงในรูปที่ 3.12



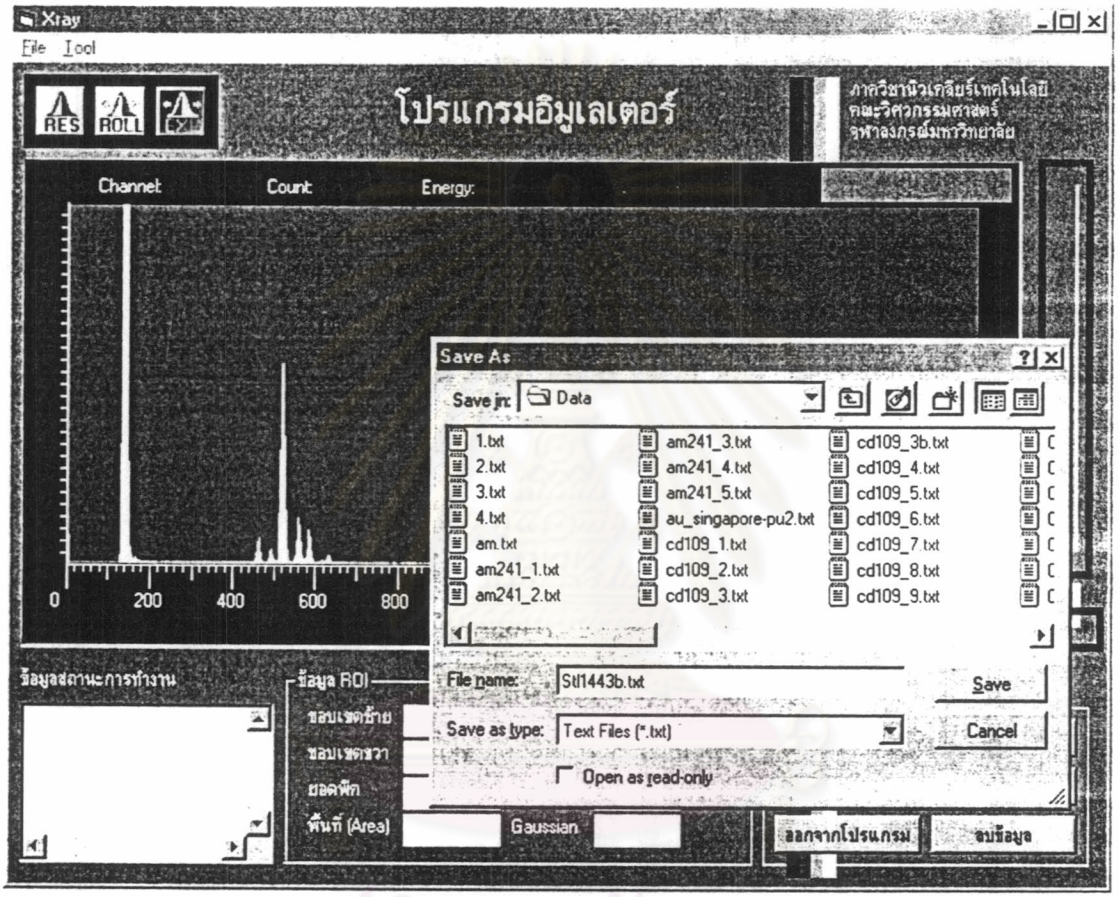
รูปที่ 3.11 หน้าต่างการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ฯ



รูปที่ 3.12 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมเครื่องวิเคราะห์ฯ

3.5.2 การจัดเก็บข้อมูล

ในการจัดเก็บข้อมูลนั้นจะจัดเก็บไฟล์ในรูปของเท็กซ์ไฟล์ (Text Files) เพื่อสะดวกต่อการนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ธาตุ QXAS โดยการเลือกที่เมนู File/Save แล้วตั้งชื่อไฟล์ โดยมีนามสกุลของไฟล์เป็น txt เช่นเดียวกันถ้าต้องการเปิดไฟล์นั้นกลับมาดูสามารถเลือกได้จากเมนู File/Open เพื่อเปิดไฟล์ที่ได้ทำการจัดเก็บไว้แล้วกลับมาดูอีกครั้ง ดังรูปที่ 3.13

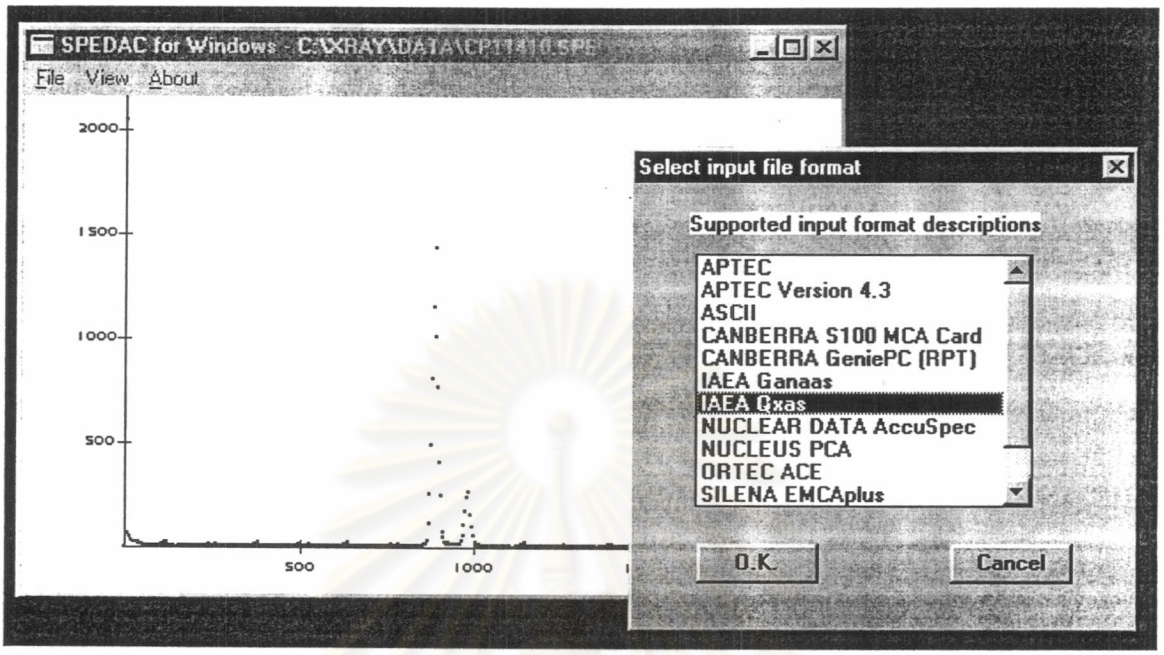


รูปที่ 3.13 หน้าต่างแสดงขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลสเปกตรัมรังสีเอกซ์จากเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯ

3.5.3 การแปลงรูปแบบไฟล์ให้เป็นไฟล์มาตรฐานสำหรับ WinQXAS

เนื่องจากรูปแบบไฟล์ในการวิเคราะห์ของโปรแกรม WinQXAS เป็นรูปแบบเฉพาะดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแปลงข้อมูลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมโดยการใช้โปรแกรมที่เรียกว่า WinSpedac ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงรูปแบบไฟล์ของเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯในรูปแบบต่างๆให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐานของ IAEA เพื่อจะสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้ โดยในการแปลงไฟล์นั้นเนื่องจากไฟล์ที่เราจัดเก็บไว้เป็นแบบเท็กซ์ไฟล์ดังนั้นเราจะต้องเลือกไฟล์อินพุตเป็นแบบ ASCII จากนั้นโปรแกรมจะทำการแปลงให้อยู่ในรูปไฟล์มาตรฐานแล้วจึงเลือก

ไฟล์ที่ต้องการจัดเก็บเป็นรูปแบบ IAEA QXAS ไฟล์ที่ทำการแปลงก็จะจัดเก็บเป็นไฟล์มาตราฐานที่ต้องการดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 หน้าต่างโปรแกรมแปลงรูปแบบไฟล์ SPEDAC for Windows

3.5.4 โปรแกรมวิเคราะห์ WinQXAS

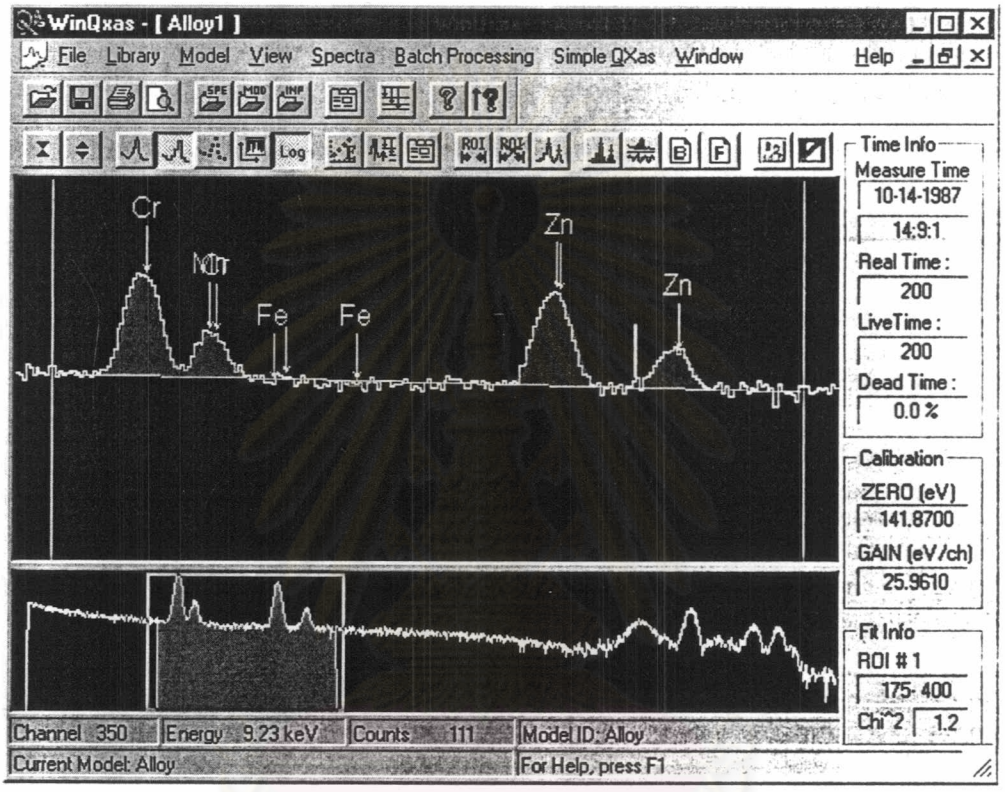
คำว่า QXAS เป็นคำย่อมาจาก Quantitative X-ray Analysis System หมายถึงโปรแกรมที่บรรจุไปด้วยชุดซอฟต์แวร์ที่จัดเตรียมไว้ใช้ในการคำนวณข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์ธาตุชนิดแจกแจงพลังงาน (EDX) ในเวอร์ชันแรกของ QXAS จะจัดทำขึ้นมาสำหรับระบบปฏิบัติการ MS-DOS โดยการสนับสนุนจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) นำทีมพัฒนาโปรแกรมโดย Prof.Dr.P. Van Espen จาก Antwerp University ในปี 1987-1994 โปรแกรม QXAS ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลายาวนานและนำมาใช้ในห้องทดลองต่างๆ เพื่อคำนวณหาค่าพื้นที่พีคสุทธิของสเปกตรัมที่เป็นแบบอนุกรมพลังงานเดี่ยวในช่วงที่เราสนใจโดยใช้โปรแกรม AXIL (Analysis of X-ray Spectra by Iterative Least-sqaures Fitting) ซึ่งเป็นโมดูลหนึ่งในโปรแกรม QXAS จนกระทั่งในปัจจุบันได้พัฒนาให้โปรแกรมสามารถทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ซึ่งได้เรียกชื่อใหม่เป็น WinQXAS แทน ซึ่งทำงานได้ดีขึ้นและง่ายขึ้นกว่าโปรแกรมในเวอร์ชันเดิมช่วยให้ผู้ใช้ที่ไม่คุ้นเคยกับการใช้งานโปรแกรมนี้มาก่อนเข้าใจการทำงานได้ง่ายขึ้น ตัวโปรแกรมพัฒนาขึ้นมาจากภาษา C++ ยกเว้นเฉพาะในส่วนของซับรูทีนการวิเคราะห์ที่เขียนด้วยภาษา FORTRAN ความสามารถของโปรแกรมจะสามารถอ่านข้อมูลสเปกตรัมรังสีเอกซ์จากการ

ทดลองในรูปแบบไฟล์ IAEA เองรวมทั้งรูปแบบไฟล์จากเวอร์ชันเก่า ทำให้สามารถนำไฟล์ในเวอร์ชันเก่ามาใช้งานได้ทันที รูปแบบไฟล์จะแสดงดังตารางที่ 3.15 ทางด้านล่าง

ตารางที่ 3.15 แสดงรูปแบบไฟล์ใน WinQXAS

File Extension	File Type	Brief Description
.SQX	WinQXAS document	All data regarding evaluation and processing of X-ray spectra is included here. Contains spectral information, current library and model data, including calibration parameters used for a given analysis. This is a main working file of the WinQXAS system
.SPE	IAEA spectra	Spectral data in IAEA standard format
.ASC	ASCII file	Any files converted to ASCII format
.MOD	WinQXAS model file	Contains information regarding actual experimental setup, fitting and background parameters, detector characteristics, etc.
.WSE	WinQXAS sensitivitycalibration file	Contains experimental as well asfitted sensitivity.
.INP	Old MS-DOS QXAS model file	Can be imported and convertedinto new model format.
.XRL	X-ray and attenuationcoefficients libraries	
.PSL	WinQXAS pulse shapecorrection library	This is a SYSTEM file, used byAXIL fitting routine.
.SEN	Old MS-DOS QXAS Sensitivity calibration files	It is not compatible with thisversion, calibration must be redone
.ASR	Fitting results file forquantitative analysis byMS-DOS QXAS package	This is a SYSTEM file, used by AXIL fitting routine.
.DAT	Fitting results file in acolumn-wise format	For spread-sheet or graphicalprograms import

หลังจากที่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์ธาตุฯนำมาแปลงไฟล์เป็นที่เรียบร้อยแล้วเราจะนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WinQXAS เพื่อดูรายละเอียดของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ว่าประกอบไปด้วยธาตุอะไรบ้างและมีปริมาณเท่าไหร่ ทั้งนี้ในขั้นตอนแรกจะต้องทำการปรับเทียบค่าพลังงานให้กับโปรแกรมโดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่างมาตรฐานเพื่อกำหนดค่าพลังงานของแต่ละช่องก่อนจากนั้นจึงนำข้อมูลจากตัวอย่างมาวิเคราะห์ก็จะได้ผลลัพธ์ตามต้องการดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 หน้าต่างแสดง WinQXAS

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย