บทที่ 2
ระบบวัดนิวเคลียร์

อนุภาคนิวเคลียร์ชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น แอลฟา (α) บีตา (β) แกมมา (γ) เอกซ์-เรย์หรือตลอดจนนิวตรอน (n) มีสภาวะทางฟิสิกส์อยู่ในรูปของพลังงานจลน์สามารถทำอันตรกิริยา (Interaction) กับตัวกลางที่เหมาะสม เช่น ก๊าซ ซินทิลเลเตอร์ และ เซมิคอนดักเตอร์ แล้วก่อให้เกิดการตอบสนองที่มีความสัมพันธ์กันโดยตรงทั้งระดับพลังงานและความแรงรังสี (Activity) ดังนั้นถ้าสามารถแปลงความสัมพันธ์ของการตอบสนองของตัวกลางใด ๆ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าได้ก็จะทำให้สามารถวัดพลังงานจลน์ของอนุภาคนิวเคลียร์ได้เช่นกัน จากหลักการดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาเครื่องมือวัดนิวเคลียร์ในรูปแบบต่าง ๆ

2.1 ระบบวัดนิวเคลียร์ชนิดวิเคราะห์ความสูงของพัลส์

โดยทั่วไปเครื่องมือวิเคราะห์ความสูงของพัลส์ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ก. หัววัดรังสี (Detector) ที่สามารถแจกแจงพลังงานได้

ข. วงจรขยายส่วนหน้า (Pre-Amplifier) และวงจรขยายหลัก (Amplifier)

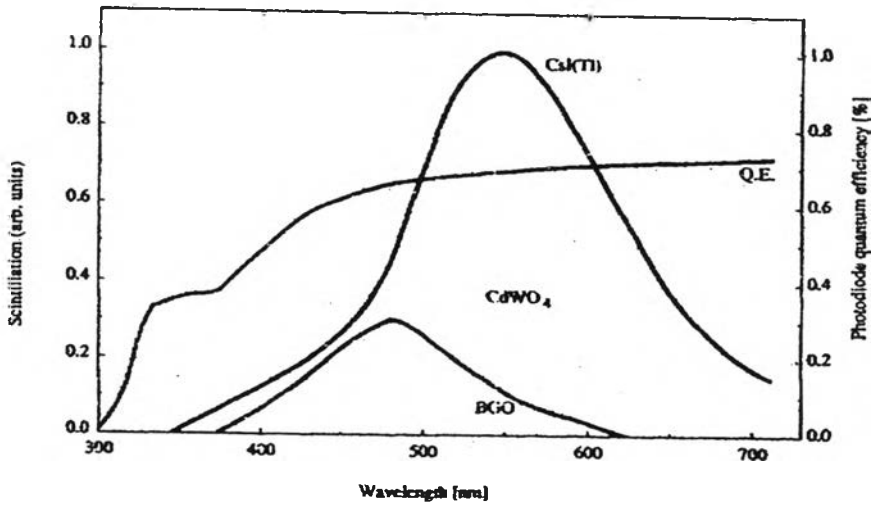
ค. อุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลส์ (Pulse Height Analyzer)

ง. อุปกรณ์อ่านค่า (Read out) หรือ อุปกรณ์แสดงผล (Display)

2.1.1 หัววัดรังสีชนิดโฟโตไดโอดซิลทิลเลชัน (Photodiode Scintillation Detector : CsI(Tl))

โครงสร้างของหัววัดรังสีชนิดโฟโตไดโอดซินทิลเลชัน คือ การนำซิลิกอนโฟโตไดโอด (Silicon Photodiode) ชนิดพินโฟโตไดโอด (PIN Photodiode) มาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดประกายแสง (Scintillated Light) ที่เกิดขึ้นบนผลึกซินทิลเลเตอร์ที่ทำมาจากซีเซียมไอโอไดด์และแอกติเวต (Activate) ด้วยทัลเลียม มีคุณสมบัติที่สามารถดูดกลืน (Asorbe) พลังงานรังสีเอกซ์และแกมมาได้ดี ย่านการปลดปล่อยความยาวคลื่น (Wavelength Emission) ของผลึกซินทิลเลเตอร์ชนิดซีเซียมไอโอไดด์(ทัลเลียม) แสดงดังรูปที่ 2.1 โดยปริมาณความเข้มของแสงที่เกิดขึ้นบนผลึกซินทิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีที่ตกกระทบและมีพินโฟโตไดโอดเป็นตัวรับแสงที่เกิดขึ้นแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อนส่งไปยังวงจรขยายส่วนหน้า (Pre-Amplifier) ชนิดที่มีการทำงานแบบไวต่อประจุ (Charge Sensitive) เพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและเหมาะกับ

ความต้องการของวงจรขยายหลัก (Spectrometry Amplifier) ที่อยู่ในส่วนถัดไป สำหรับข้อดีของการใช้พินโฟโตไดโอด คือ อุณหภูมิและสนามแม่เหล็กจะไม่ค่อยมีผลกับการทำงานของวงจร จึงทำให้เสถียรภาพ การทำงานของวงจรดีกว่าการใช้หลอดทวีแสง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าในภาพรวมของการใช้พินโฟโตไดโอดแทนหลอดทวีแสง (Photo Multiplier Tube) จะทำให้สามารถสร้างเครื่องมือที่มีขนาดเล็กลงได้ และไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงก็ตาม แต่ยังคงมีปัญหาเรื่องของสัญญาณรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นจากการใช้พินโฟโตไดโอดแทนการใช้หลอดทวีแสง ทั้งนี้เพราะว่าตัวของพินโฟโตไดโอดเองจะสร้างสัญญาณรบกวนตลอดเวลา ซึ่งปริมาณของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจะแปรผันตามพื้นที่ของตัวพินโฟโตไดโอด ซึ่งวิธีการที่จะลดสัญญาณรบกวนเหล่านี้ได้ต้องใช้ระบบเทอร์โมอิเล็กตริกคูล (Thermo Electric Cool) เพื่อลดระดับสัญญาณรบกวนชนิดเทอร์มัล (Thermal Noise)



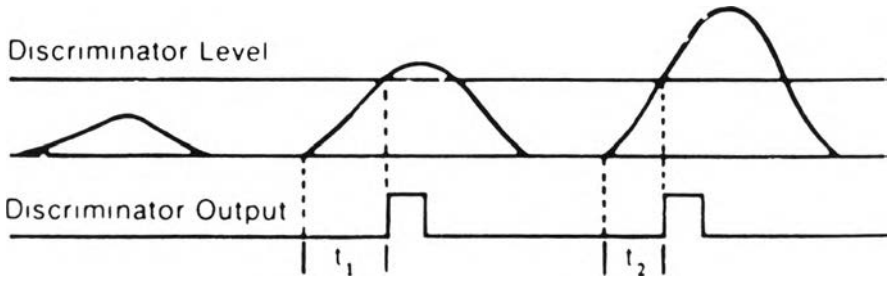
รูปที่ 2.1 ย่านการปลดปล่อยความยาวคลื่นของ CsI(Tl)[1]

2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลส์แบบช่องเดียว (Single Chanal Analyzer : SCA)

ในกระบวนการวิเคราะห์ความสูงของพัลส์จำเป็นอย่างยิ่ง ที่ต้องมีการเลือกวัดความแรงรังสีเฉพาะระดับความสูงของสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ ซึ่งความสูงของสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์นี้จะเป็นค่าที่แสดงถึงข้อมูลของระดับพลังงานของอนุภาคนิวเคลียร์ที่เข้ามาตกกระทบกับหัววัดรังสี โดยหลักในการเลือกความสูงของพัลส์นิวเคลียร์ที่ได้มาจากเอาต์พุต (Output) ของอุปกรณ์ขยายสัญญาณสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ดิสครีมิเนเตอร์ (Discriminator) ซึ่งการ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำงานของอุปกรณ์ดิสครีมิเนเตอร์ จะให้สัญญาณลอจิกพัลส์ (Logic Pules) ที่เอาต์พุตก็ต่อเมื่อสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ ที่ได้รับเข้ามามีระดับความสูงของสัญญาณมากกว่าระดับของเทรสโฮลด์ (Threshold Level) ที่อุปกรณ์ดิสครีมิเนเตอร์ได้ตั้งค่าเอาไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า สัญญาณพัลส์ลูกแรกมีระดับต่ำกว่าระดับเทรสโฮลด์ จึงทำให้ไม่เกิดสัญญาณพัลส์ลอจิกที่เอาต์พุต ส่วนสัญญาณพัลส์ที่เหลืออีก 2 สัญญาณมีระดับความสูงเกินกว่าระดับเทรสโฮลด์จึงทำให้เกิดลอจิกพัลส์ที่เอาต์พุตของอุปกรณ์ดิสครีมิเนเตอร์ ซึ่งลักษณะการเกิดลอจิกพัลส์เกิดขึ้นที่ขอบขาลง (Leading Edge) ของสัญญาณอินพุต ดังนั้นเวลาในการเกิดเอาต์พุตลอจิกพัลส์จะเป็นฟังก์ชัน (Function) ของขนาดสัญญาณ (Amplitude) และไรส์ไทม์ (Rise Time) ของสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ที่ป้อนเข้าที่อินพุต ซึ่งส่งผลให้เกิดไทม์วอล์ก (Time Walk) ของสัญญาณลอจิกพัลส์เมื่อเทียบกับสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ที่ได้จากเอาต์พุตของวงจรขยายหลัก การทำงานของดิสครีมิเนเตอร์ที่เลือกนับรังสี ที่มีขนาดสัญญาณพัลส์สูงเกินระดับดิสครีมิเนเตอร์ระดับเดียวเรียกว่า " Integral Discriminator"



รูปที่ 2.2 ลักษณะการเกิดสัญญาณลอจิกพัลส์ของอินทีกรัลดิสครีมิเนเตอร์ [1]

ในส่วนของ SCA ประกอบด้วยอุปกรณ์ดิสครีมิเนเตอร์ 2 ระดับ คือ ดิสครีมิเนเตอร์ระดับต่ำ (Lower) และระดับสูง(Upper) จะให้สัญญาณลอจิกพัลส์ที่เอาต์พุตก็ต่อเมื่อ สัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ที่ได้รับเข้ามามีระดับความสูงของสัญญาณอยู่ในช่วงระหว่างค่าเทรสโฮลด์ (Threshold) ทั้ง 2 ระดับ ซึ่งทั่วไปนิยมเรียกว่า ระดับดิสครีมิเนเตอร์ด้านต่ำ (Low Level Discriminator :LLD) และระดับดิสครีมิเนเตอร์ด้านสูง (Upper Level Discriminator : ULD)

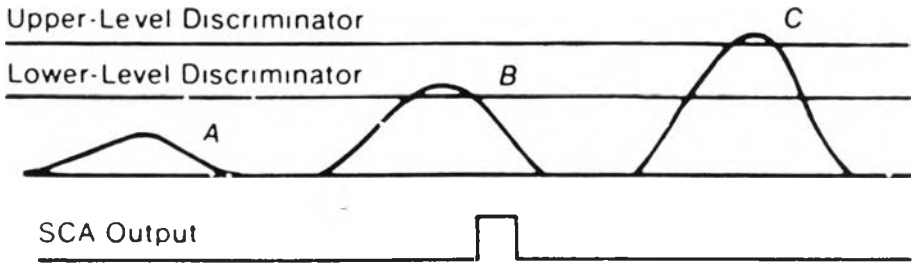
โดยการเกิดสัญญาณลอจิกพัลส์จะเกิดบริเวณขอบขาลง (Falling Edge) ของสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ที่ตัดกับระดับดิสครีมิเน-เตอร์ด้านต่ำ (LLD) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่ามีเพียงสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ B เท่านั้นที่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสร้างลอจิกพัลส์เพื่อส่งต่อไปยังเอาต์พุตของ SCA แต่ถ้าทำการปรับตั้งค่าของระดับดิสครีมิเนเตอร์ด้านสูง (ULD) ให้เป็นค่าสูงสุดก็จะทำให้สัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ทั้งของ B และ C ถูกสร้างเป็นลอจิกพัลส์ไปปรากฏที่เอาต์พุตของ SCA โดยทั่วไปได้มีการแบ่งโหมดการทำงานของ SCA ไว้ 4 โหมดคือ

ก. โหมดอินทีกรัล (Integral Mode) การทำงานของ SCA ในโหมดนี้จะต้องปรับตั้งค่าของระดับดิสครีมิเนเตอร์ด้านสูง (ULD) ให้เป็นค่าสูงสุดจึงทำให้มีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกับการทำงานของอินทีกรัลดิสครีมิเนเตอร์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นจะแตกต่างก็เพียงแต่รูปแบบการเกิดลอจิกพัลส์ที่เอาต์พุตของ SCA กล่าวคืออินทีกรัลดิสครีมิเนเตอร์มีลักษณะการเกิดลอจิกพัลส์ที่ขอบขาขึ้นแต่ SCAจะเกิดบริเวณขอบขาลงของสัญญาณนิวเคลียร์พัลส์ที่เข้ามาทางอินพุต

ข. โหมดปกติ (Normal Mode) สำหรับการทำงานของ SCA ในโหมดนี้มีการปรับตั้งค่าของ LLD และ ULD ได้อิสระจากกันจึงทำให้สามารถเลือกกำหนดค่าของ LLD และ ULD ให้เหมาะสมกับช่วงพลังงานเฉพาะที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ได้

ค. โหมดวินโด (Window Mode) ในกรณีของโหมดวินโดการปรับตั้งค่าของ LLD และ ULD ไม่สามารถทำได้อย่างอิสระเหมือนกับโหมดปกติ โดยทั่วไปในการใช้งานจะต้องตั้งค่าความแตกต่างระหว่าง ULD และ LLD ให้คงที่ไว้ที่ค่าใดค่าหนึ่งก่อนเพื่อใช้กำหนดเป็นวินโด (Window) หรือนิยมเรียกแทนว่า ΔE ซึ่งในการตั้งค่าของ ΔE ต้องสัมพันธ์และเหมาะสมกับระดับความสูงของสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์หรือระดับพลังงานของรังสีทางด้านอินพุตของ SCA ที่ต้องการจะทำตรวจวิเคราะห์ ในส่วนของขั้นตอนการแปรเปลี่ยนค่า LLD สามารถปรับจากระดับต่ำไปสูงเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง แต่ทุก ๆ ครั้งของการปรับค่าของ LLD จะต้องเพิ่มขึ้นครั้งละ ΔE ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าผลรวมของ LLD กับ ΔE (LLD+ΔE) ดังนั้นจะเห็นว่าการทำงานของโหมดวินโดจะเหมาะสำหรับการระบบวิเคราะห์สเปกตรัมของพลังงาน

ง. โหมดสวีฟ (Sweep Mode) เป็นโหมดที่ LLD ของ SCA รับสัญญาณกวาด (Sweep) จากอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณภายนอกและส่งสัญญาณ SCA Out ไปบันทึกยังอุปกรณ์นับในแต่ระดับของ ΔE โดยอัตโนมัติ

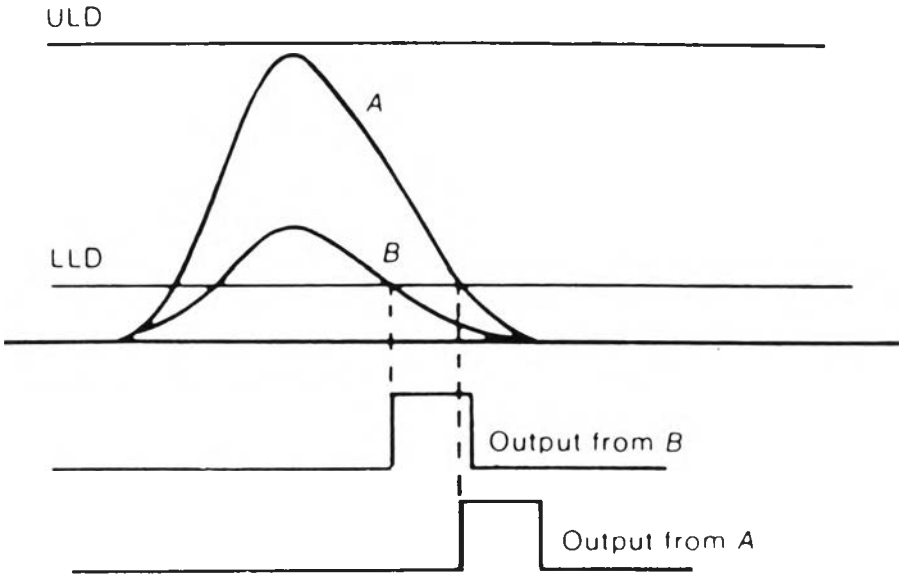


รูปที่ 2.3 การเกิดลอจิกพัลส์ที่เอาต์พุตของ SCA [1]

นอกจากนี้ยังได้มีการจำแนกชนิดของ SCA ตามพื้นฐานลักษณะการทำงานไว้ 2 ชนิด คือ [2]

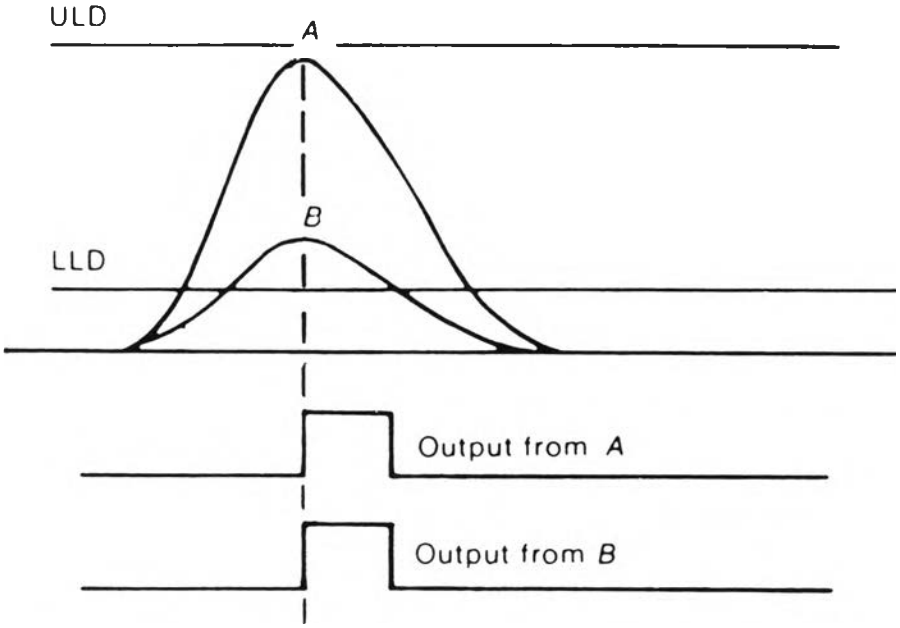
ก. นอน-ไทม์มิง SCA (Non-Timing SCA) ซึ่งในการทำงานของ SCA ระบบนี้จะให้สัญญาณลอจิกพัลส์ปรากฏที่เอาต์พุตของ SCA ต่อเมื่อสัญญาณนิวเคลียร์พัลส์ที่เข้ามาทางอินพุทเกิดขึ้นภายในวินโด (ΔE) และในการเกิดสัญญาณลอจิกพัลส์ที่เอาต์พุตของ SCA จะเกิดขึ้นที่บริเวณขอบขาลงของสัญญาณนิวเคลียร์พัลส์ที่เข้ามาทางอินพุทที่ตัดกับระดับของ LLD ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งการทำงานของ SCA ชนิดนี้จะส่งผลให้เกิดไทม์วอล์กของสัญญาณลอจิกพัลส์ที่ปรากฏขึ้นที่เอาต์พุตของ SCA

ข. ไทม์มิง SCA (Timing SCA) ในระบบนี้สัญญาณลอจิกจะปรากฏที่เอาต์พุตของ SCA ต่อเมื่อสัญญาณพัลส์อยู่ภายใน วินโด และการเกิดสัญญาณลอจิกจะออกแบบให้เกิดที่ตำแหน่งเฉพาะ เช่น พีค (Peak) , จุดตัดศูนย์ (Zero Crossover) หรือแฟรกชันที่กำหนด (Constant Faction) ดังรูปที่ 2.4 , 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ เหมาะกับระบบวิเคราะห์สเปกตรัมเวลา

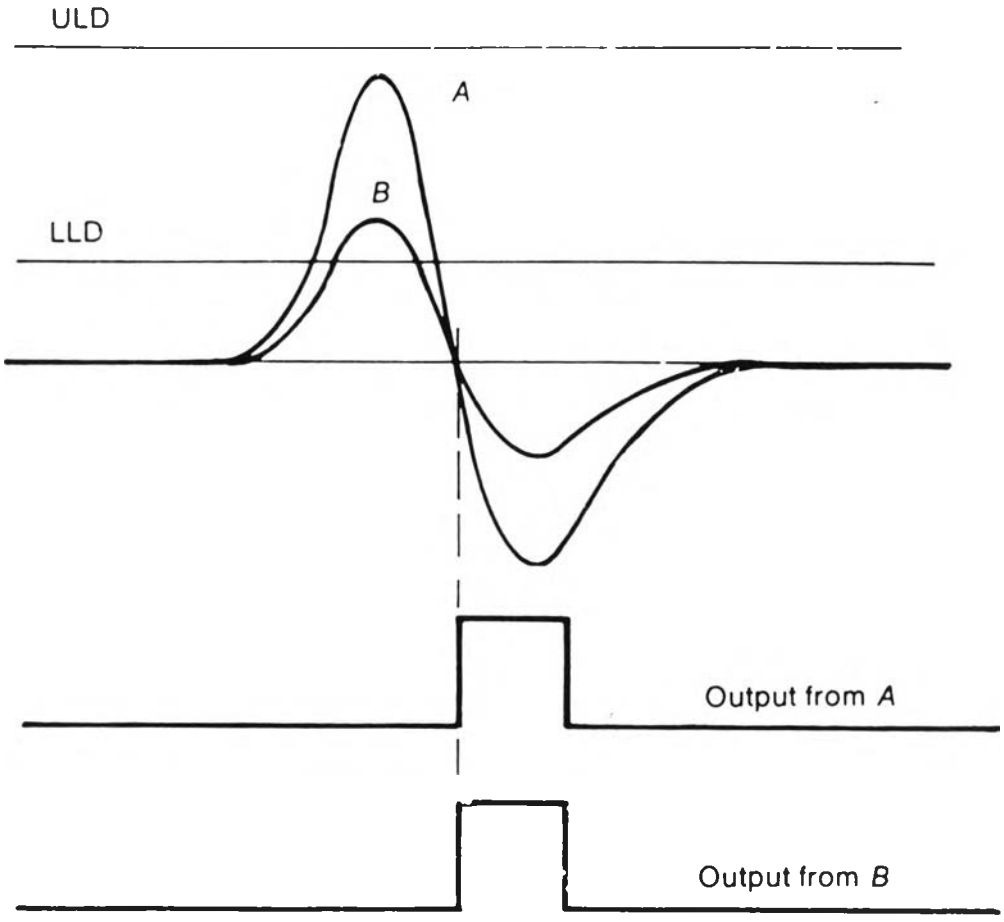


รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดลอจิกที่เอาต์พุตของ SCA ชนิด Non –Timing[1]

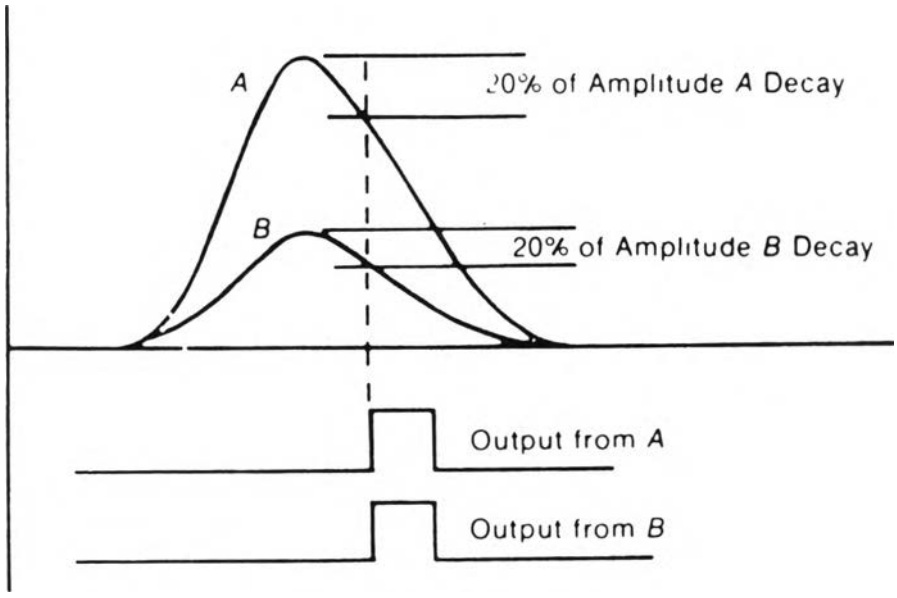
ข. ไทม์มิง SCA (Timing SCA) หลักการทำงานของ SCA ชนิดนี้



รูปที่ 2.5 แสดงการเกิดลอจิกที่เอาต์พุตของ SCA ชนิด Peak Sensing[1]



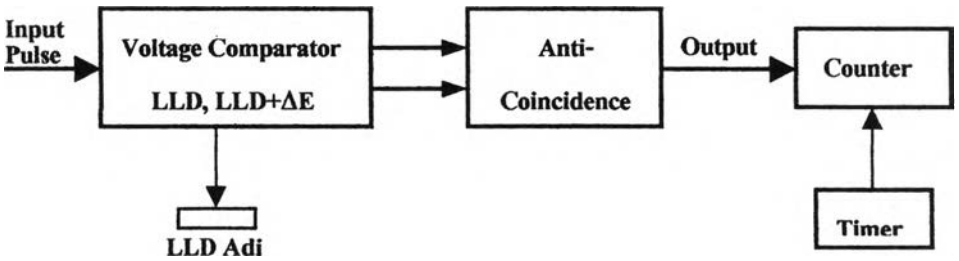
รูปที่ 2.6 แสดงการเกิดลอจิกที่เอาต์พุตของ SCA ชนิด Zero-Crossover[1]



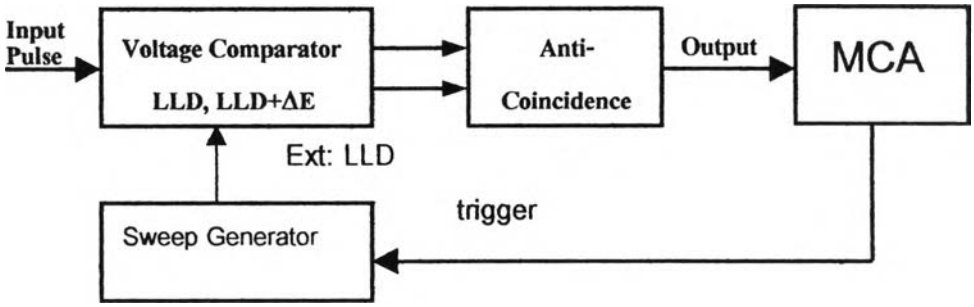
รูปที่ 2.7 แสดงการเกิดลอจิกที่เอาต์พุตของ SCA ชนิด Constant Fraction[1]

2.3 การสร้างสเปกตรัมทางนิวเคลียร์ด้วย SCA

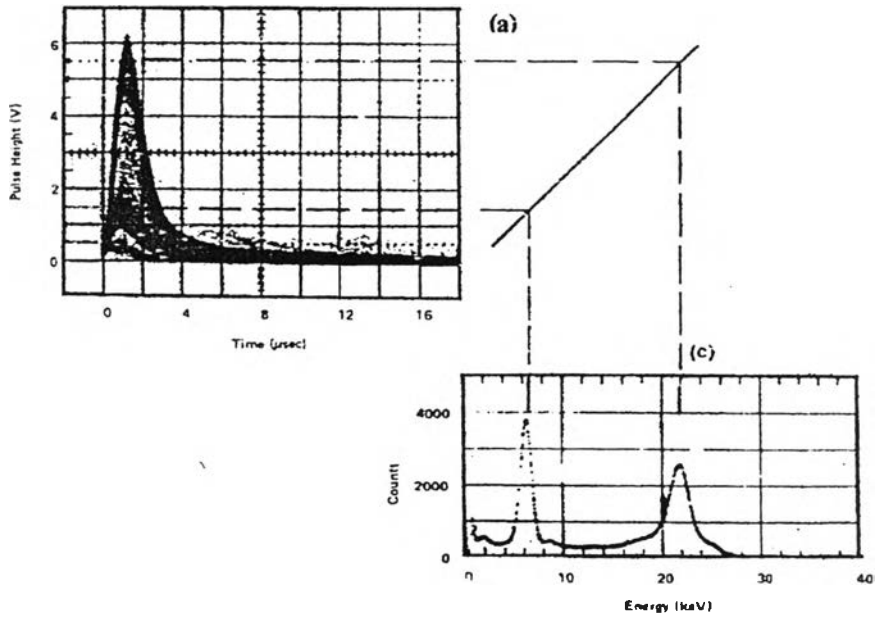
ในการวิเคราะห์ระดับพลังงานเพื่อสร้างสเปกตรัมพลังงานของอนุภาคนิวเคลียร์ด้วยอุปกรณ์ SCA จะเริ่มจากการตั้งโหมดการทำงานอุปกรณ์ SCA ในรูปที่ 2.8 ก. แบบวินโดโหมด จากนั้นก็ตั้งค่าของ ΔE ซึ่งมีขนาดความละเอียดช่องวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับความสามารถในการแจกแจงพลังงานของหัววัดรังสีที่กำเนิดสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ที่ป้อนเข้ามาทางอินพุตการตั้งค่าของ ΔE ให้มีค่าน้อย ๆ เพื่อที่จะได้จำนวนของข้อมูลสำหรับนำไปใช้สร้างเป็นสเปกตรัมที่มีรายละเอียดสูง ต่อจากนั้นเริ่มปรับ LLD ซึ่งแท้จริงคือการปรับค่าผลรวมของ LLD กับ ΔE ที่ละขั้น (Step) จากค่าต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุดแล้วบันทึกค่าของจำนวนนับต่อหน่วยเวลาคงที่ (Count Rate) ในแต่ละครั้งของการปรับเปลี่ยนค่าของ LLD ส่วนของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนี้คือจำนวนนับของระดับพลังงาน (E_i) ใด ๆ ที่เกิดจากค่าการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนปริมาณนับกับกับค่าของพลังงาน ($dN(E_i)/dE_i$) จากพลังงานต่ำไปจนถึงพลังงานสูง เมื่อนำข้อมูลที่ได้เหล่านั้นมาทำการพลอตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่าง $dN(E_i)/dE_i$ เทียบกับ E_i โดยกำหนดให้แกนตั้ง (Y) เป็นสเกลของ dN_i/dE_i และแกนนอน (X) เป็นสเกลของระดับพลังงาน (E_i) หรือความสูงของพัลส์ ก็จะได้เป็นกราฟหรือสเปคตรัมที่แสดงการกระจายของพลังงาน (Energy Distribution Curve) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ในทางปฏิบัติสเปคตรัมต่าง ๆ ทางนิวเคลียร์จะมีรูปร่างหรือรูปแบบ (Pattern) เฉพาะที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสี และเมื่ออุปกรณ์ SCA ได้รับการปรับเทียบกับพลังงานของต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานอย่างถูกวิธีก็จะสามารถทำให้อุปกรณ์ SCA อ่านค่าความสูงของพัลส์ในหน่วยของพลังงาน (eV) ได้ทันที ในรูปที่ 2.8 ข. เป็นการจัดระบบวิเคราะห์แบบ SCA Sweep Mode ซึ่งสามารถกวาดสเปกตรัมพลังงานได้อัตโนมัติ



รูปที่ 2.8 ก. หลักการเบื้องต้นของระบบวิเคราะห์ความสูงของพัลส์



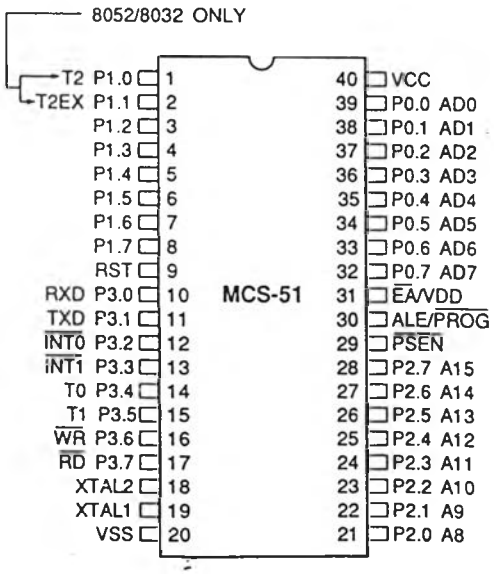
รูปที่ 2.8 ข. หลักการของระบบวิเคราะห์ความสูงที่ใช้ SCA Sweep Mode



รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์การเกิดสเปกตรัมกับขนาดความสูงพัลส์ [1]

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052

ไอซี 8052 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวซึ่งอยู่ในตระกูล MCS-51 สถาปัตยกรรมของ 8052 สร้างขึ้นด้วย HMOS ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS–51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงการจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51[4]

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 เบอร์ 8052 แสดงในรูปที่ 2.11[4]

2.4.1 คุณลักษณะของ 8052

(1) เป็น CPU แบบ 8 บิต

(2) มีวงจรออสซิลเลเตอร์และ CLOCK อยู่ในตัว

(3) มีขาสัญญาณเข้าและออก (I/O) 32 ขา

(4) แยกหน่วยความจำของข้อมูลได้ 64K และหน่วยความจำของโปรแกรมอีก 64K

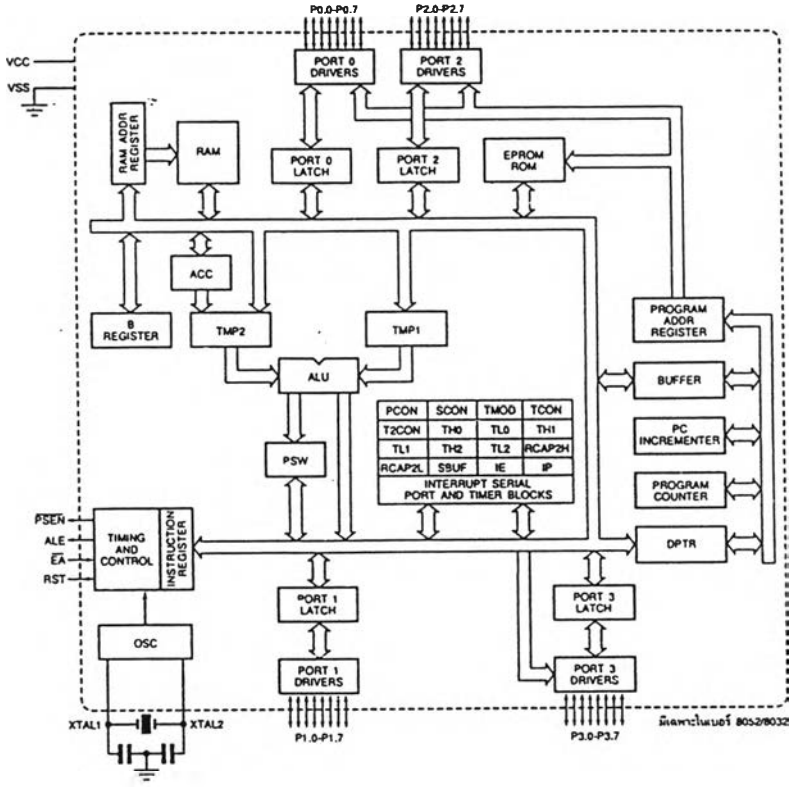
(5) TIMER และ COUNTER แบบ 16 บิต ถึง 3 ตัว

(6) สัญญาณอินเตอร์รัพท์ 6 แหล่ง 5 VECTOR ซึ่งแบ่งลำดับความสำคัญออกเป็น 2 ระดับ

(7) การทำงานแบบ FULL DUPLEX ในขณะส่งข้อมูลแบบอนุกรม

(8) มีการประมวลผลแบบบูลีน (AND,OR,XOR) ฯลฯ

(9) มีหน่วยความจำภายในตัว



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 เบอร์ 8052[4,5]

2.4.2 การจัดหน่วยความจำของ 8052

8052 แบ่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลอย่างละ 64K และยังมีหน่วยความจำประเภทแรมอีก 256 ไบท์ ซึ่งอยู่ในตัวของ 8052 และบน 8052 ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่พิเศษ (SPECIAL FUNCTION REGISTOR : SFR) ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.12

ตำแหน่งแอดเดรส	(MSB) บิตแอดเดรส (LSB)								รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ
	WDT	T32	SERR	IZC	P3HZ	P2HZ	P1HZ	ALF	
0F8H	FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8	IOCON
0F0H	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	B
0E0H	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	ACC
	CY	AC	F0	RS1	RS0	0V	F1	P	
0D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	PSW
0CDH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TH2
0CCH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TL2
0CBH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								RCAP2H
0CAH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								RCAP2L
	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/$\overline{T2}$	CP/$\overline{RL2}$	
0C8H	CF	CE	CD	CC	CB	CA	C9	C8	T2CON
	PCT		PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	
0B8H	BF	—	BD	BC	BB	BA	B9	B8	IP
0B0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	P3
	EA		ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
0A8H	AF	—	AD	AC	AB	AA	A9	A8	IE
0A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P2
99H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								SBUF
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	T1	R1	
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	SCON
90H	97	96	95	94	93	92	91	90	P1
8DH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TH1
8CH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TH0
8BH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TL1
8AH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TL0
89H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TMOD
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	
88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	TCON
87H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								PCON
83H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								DPH
82H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								DPL
81H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								SP
80H	87	86	85	84	83	82	81	80	P0

รูปที่ 2.12 แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่พิเศษ[4,5]

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 สามารถจะเข้าถึงบิตใดบิตหนึ่งใน SFR ได้โดยตรงโดยการอ่านแอดเดรสแบบไบท์ และแบบบิต

2.4.3 พอร์ตอนุกรม

พอร์ตอนุกรมเป็น FULL DUPLEX ที่สามารถรับข้อมูลใน BYTE ที่สองได้โดยที่ BYTE แรกยังไม่ถูกอ่านออกไปจาก BUFFER แต่อย่างไรก็ตามข้อมูล BYTE แรกจะต้องถูกอ่านไปก่อนที่การรับข้อมูลใน BYTE ที่สองจะเสร็จสมบูรณ์มิฉะนั้นข้อมูล BYTE แรกสูญเสียไป (ถูกทับด้วยข้อมูลที่ตามมา) ข้อมูลที่จะใช้ในการส่งและการรับจะถูกพักไว้ ณ ที่เดียวกันคือ SBUF การ

เขียนข้อมูลไปที่ SBUF จะเป็นการโหลดข้อมูลให้กับ TRANSMIT REGISTOR และการอ่าน SBUF จะเป็นการอ่านข้อมูลจาก RECEIVER REGISTOR พอร์ตอนุกรมแบ่งการทำงานออกเป็น 4 โหมด

โหมด 0 :

ข้อมูลจะเข้ามาทาง RXD ส่วนข้อมูลทางออกจะออกทาง TXD ความเร็วในการส่ง (BAUD RATE) จะถูกกำหนดตายตัวเป็น 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ของระบบ ในโหมด 0 จะเป็นการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (โดย LSB ออกไปก่อน)

โหมด 1 :

ส่งและรับข้อมูลขนาด 10 บิต ซึ่งประกอบด้วย START BIT (0) , ข้อมูล 8 บิต (LSB) ออกก่อน , STOP BIT ในขณะรับข้อมูล STOP BIT จะถูกส่งให้ RB8 ในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ SCON ความเร็วในการส่งไม่กำหนดตายตัว การหา BAUD RATE พิจารณาได้จากตารางที่ 2.1

โหมด 2 :

ส่งและรับข้อมูลขนาด 11 บิต ประกอบด้วย START BIT (0),ข้อมูล 8บิต (LSB ก่อน), ข้อมูลบิตที่ 9 ที่สามารถโปรแกรมได้ และอีก 1 STOP BIT บิตที่ 9 ของข้อมูลสามารถ SET เป็น 0 หรือ 1 ก็ได้ประโยชน์อาจใช้เป็นตัวส่งพาริตี้บิตโดยนำค่าของแฟลก P ใน PSW มาไว้ใน TB8 และใน ขณะทำการรับข้อมูลบิตที่ 9 ของข้อมูลจะถูกโหลดเข้าไปที่ RB8 ของ SCON ความเร็วในการส่งจะถูกโปรแกรม เป็น 1/32 หรือ 1/64 ของออสซิลเลเตอร์

โหมด 3 :

การทำงานเหมือนกับโหมด 2 เพียงแต่ความเร็วในการส่งไม่กำหนดตายตัว การทำงานทั้ง 4 โหมดทางด้านส่งจะเริ่มการส่งขึ้นก็ต่อเมื่อ SBUF ถูกใช้เป็นปลายทางของคำต่างๆ เช่น MOV SBUF,A ในทางด้านรับการรับจะเริ่มก็ต่อเมื่อ RI =0 และ REN = 1 ในโหมด 0 ส่วนโหมดอื่นๆ การรับข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อมี START BIT เข้ามาและ REN = 1

เมื่อใช้ TIMER 1 เป็นตัวกำเนิด BAUD RATE ความเร็วจะขึ้นอยู่กับ OVERFLOW RATE และค่าที่อยู่ใน SMOD ความเร็วของ BAUD RATE คำนวณได้จากสูตร

$$\text{MODE 1,3 BAUD RATE} = \frac{2^{SMOD} \text{ X ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่ใช้}}{32 \text{ X } 12 \text{ X } [256 - (TH1)]}$$

โดยที่ค่า TH1 จะเป็นค่าในช่อง RELOAD ของตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 การใช้ TIMER 1 กำเนิดบอดเรต[4,5]

BAUD RATE	f (OSC)	SMOD	C/T	MODE	TIMER 1 RELOAD VALUE
MODE 0 MAX : 1MHZ	12MHZ	X	X	X	X
MODE 2 MAX : 375K	12MHZ	1	X	X	X
MODE 1,3 : 62.5K	12MHZ	1	0	2	FFH
19.2K	11.059MHZ	1	0	2	FDH
9.6K	11.059MHZ	0	0	2	FDH
4.8K	11.059MHZ	0	0	2	FAH
2.4K	11.059MHZ	0	0	2	F4H
1.2K	11.059MHZ	0	0	2	E8H
137.5	11.059MHZ	0	0	2	1DH
110	6MHZ	0	0	2	72H
110	12MHZ	0	0	1	FEEBH

ในการใช้ TIMER 1 เป็นตัวกำเนิดความเร็วในการส่งข้อมูลนี้จะต้องไม่ยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์ของ TIMER 1 วิธีการใช้ TIMER 1 เป็นตัวกำเนิดความเร็วนี้โดยทั่วไปเราจะเซ็ทให้ TIMER 1/ COUNTER เป็น TIMER และอยู่ในโหมด 2 ซึ่ง TIMER ในโหมด 2 นี้ทำ AUTO-RELOAD ได้ (เซ็ทไบท์สูงของ TMOD = 0010B) ในกรณีนี้ความเร็วจะคำนวณได้จากสูตร

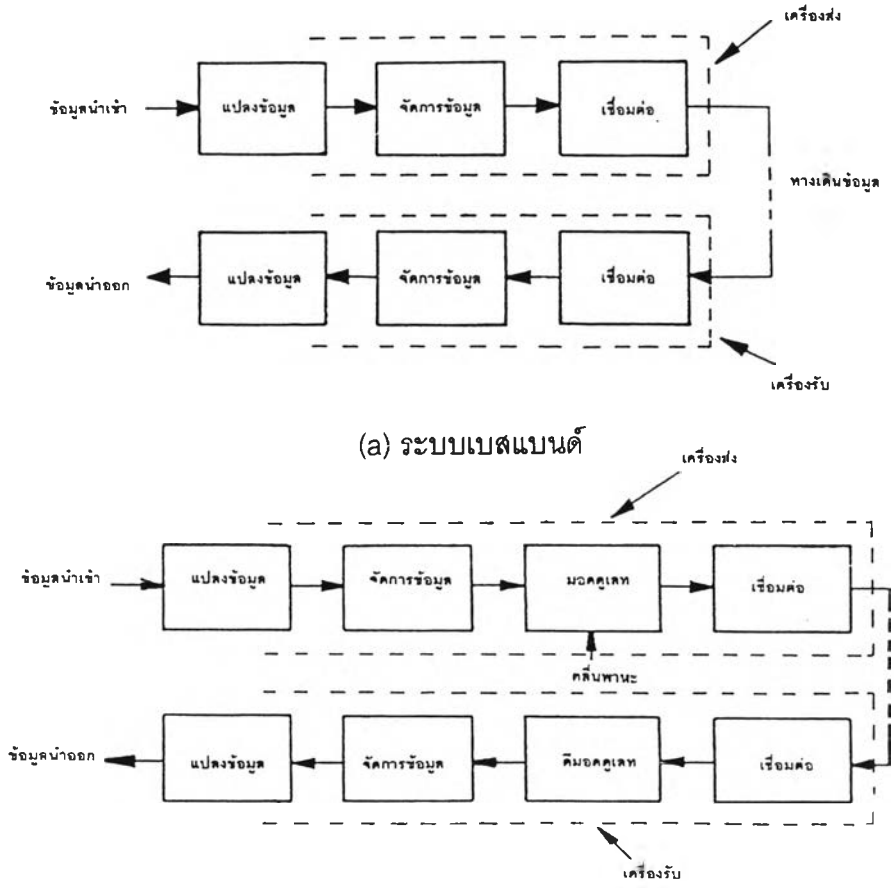
$$\text{MODE 1 ,3 BAUD RATE} = 256 - \left[\frac{2^{SMOD} \text{ X ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่ใช้}}{384 \text{ X Baud Rate}} \right]$$

2.5 ระบบการสื่อสาร (Communication System)

ระบบสื่อสารสามารถแบ่งได้ 2 แบบตามลักษณะสัญญาณที่ใช้ในระบบคือ

2.4.1 ระบบสื่อสารแบบอนาลอก

ในระบบการสื่อสารแบบอนาลอกสามารถแยกระบบการรับและการส่งข้อมูลเป็นแบบระบบเบสแบนด์ (Base Band) และแบบระบบมอดูเลต (Modulate) ซึ่งมีการทำงานภายในที่ต่างกันดังรูป 2.13



(a) ระบบเบสแบนด์

(b) ระบบมอดูเลต

รูปที่ 2.13 แสดงระบบสื่อสารแบบอนาลอก[6]

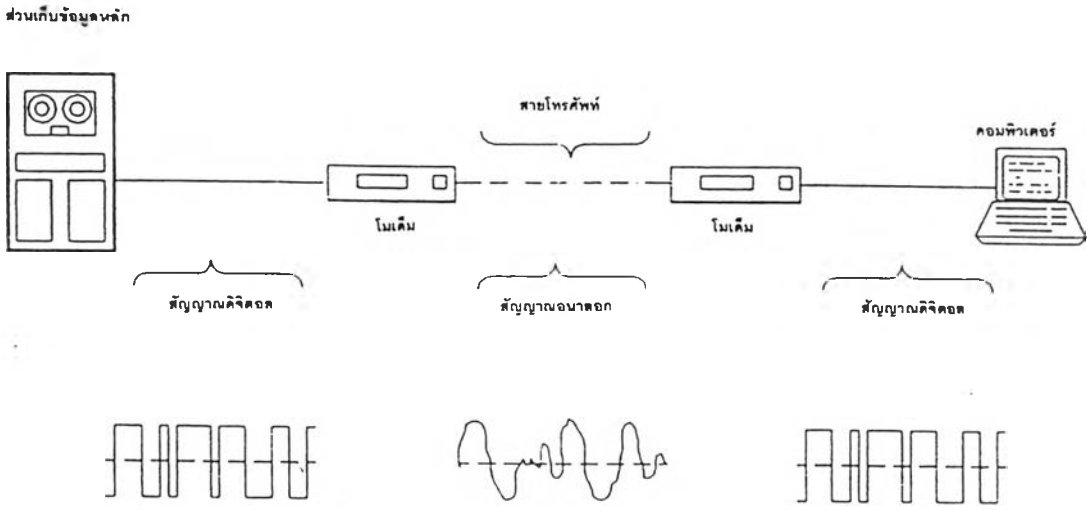
จากรูป 2.13 (a) แสดงให้เห็นถึงระบบแบบเบสแบนด์ (Base Band) ที่มีลักษณะสำคัญคือรูปสัญญาณที่ส่งออกมา จะมีรูปสเปกตรัมความถี่เดียวกับแหล่งต้นทาง หรือแหล่งกำเนิดความถี่ ซึ่งหมายถึงไม่มีการมอดูเลต (Modulate) กับคลื่นความถี่พาหะที่มีความถี่สูงกว่า

ส่วนขั้นตอนที่เกี่ยวกับสัญญาณในด้านส่ง อาจมีการขยายสัญญาณ การกรองความถี่ หรือการแมชชิ่งอิมพีแดนซ์(Impedance Matching) เพื่อลดการสูญเสียในการรับส่งและรับ

ส่วนรูปที่ 2.13 (b) แสดงถึงระบบสื่อสารแบบอนาลอก ที่มีการรวบรวมและการแยกสัญญาณทางคณิตศาสตร์ (Modulation and Demodulation) การรวมหรือการแยกสัญญาณจะใช้การเปลี่ยนรูปสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณให้เข้ากับช่วงความถี่ที่ได้เลือกไว้ หรือในอีกลักษณะหนึ่งเป็นการป้อนสัญญาณอื่นแทรกเข้ามาในช่วงความถี่เดียวกัน

2.4.2 ระบบสื่อสารแบบดิจิตอล

ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในระบบนี้จะอยู่ในรหัส "1" หรือ "0" เช่นเลขฐานสอง ,เลขฐานสิบหก การส่งสัญญาณอนาลอกผ่านระบบดิจิตอล จึงต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อน เรียกว่า การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ซึ่งเป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ ค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจัดเป็นรหัสเลขฐานสอง (Binary Code) ที่สามารถจัดการตามเทคนิคดิจิตอลได้ เช่นการส่งข้อมูลแบบขนานหรืออนุกรม



รูปที่ 2.14 แสดงการสื่อสารทั้งแบบอนาลอกและดิจิตอล[6]

จากรูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณในการติดต่อระหว่าง เครื่องคอมพิวเตอร์กับส่วนเก็บข้อมูลหลักผ่านทางสายโทรศัพท์ โดยมีอุปกรณ์โมเด็ม (Modulator – Demodulator : MODEM) ทำหน้าที่ช่วยให้เครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถรับและส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ได้

สัญญาณคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในด้านส่งและแปลงกลับอีกทางด้านรับ ซึ่งวิธีการแปลงสัญญาณคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณไฟฟ้า เรียกว่า "การมอดูเลต" และวิธีการการแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นคอมพิวเตอร์ เรียกว่า "การดีมอดูเลต"

2.4.3 การมอดูเลตและการดีมอดูเลต (Modulation/Demodulation)

การมอดูเลต (Modulation) เป็นการผสมสัญญาณข้อมูลเข้ากับสัญญาณอีกสัญญาณหนึ่งเรียกว่า คลื่นพาหะ (Carrier) ซึ่งสัญญาณนี้มีความถี่ที่เหมาะสมกับช่องสัญญาณแต่ละช่อง เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งเข้าไปในช่องสัญญาณเดินทางได้ไกลมากขึ้น เมื่อมีการมอดูเลตที่ภาคส่ง การที่จะรับข้อมูลได้นั้นต้องมีการดีมอดูเลต (Demodulation) ที่ภาครับด้วย

<u>ชนิดของวิธีการมอดูเลตและการดีมอดูเลต</u>

ในการมอดูเลตที่ใช้พาหะรูปซายน์ (Sine – Wave Carrie) นิยมนำไปมอดูเลตกับตัวแปร 2 ตัว คือ ขนาดและความถี่ ทำให้แบ่งประเภทของการมอดูเลตที่นิยมใช้ได้ 2 ประเภทคือ

- การมอดูเลตเชิงขนาด (Amplitude Modulation :AM)
- การมอดูเลตเชิงความถี่ (Frequency Modulation : FM)

สำหรับคลื่นพาหะ แทนสมการได้ว่า

$$a_c = A_c \sin (2\pi f_c t + \theta_c)$$

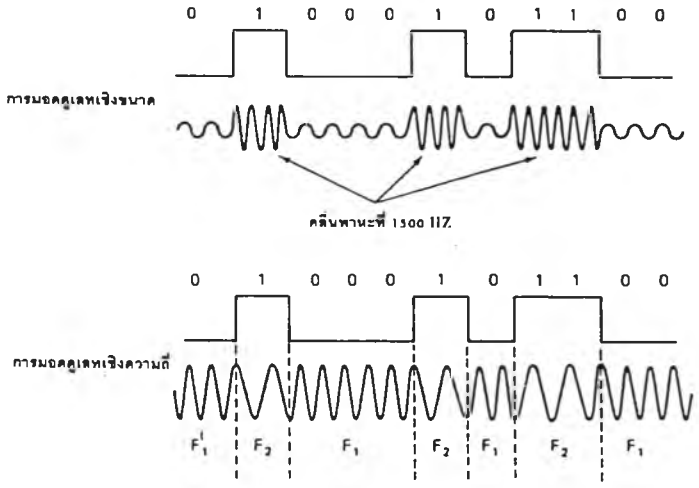
ซึ่ง a_c แทน ค่าศักดาไฟฟ้าของคลื่นพาหะที่เวลา t

A_c แทน ขนาดที่มากที่สุดของคลื่นพาหะ(โวลต์)

f_c แทน ความถี่ของคลื่นพาหะ

θ_c แทน เฟส

ค่า A_c , F_c , θ_c เป็นค่าที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ไม่ใช่ค่าคงที่ดังพิจารณาได้ในรูปที่ 2.15

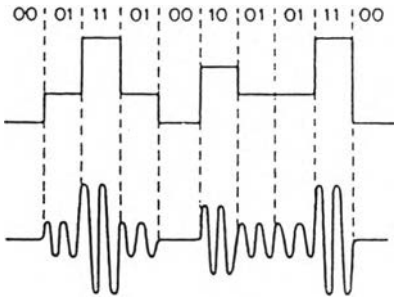


รูปที่ 2.15 แสดงรูปสัญญาณในการมอดดูเลตทั้ง 2 แบบ[6]

จากรูปที่ 2.15 ใช้คลื่นพาหะความถี่ 1500 Hz เพื่อมอดดูเลตกับสัญญาณข้อมูลแบบบิต ซึ่งมีค่า 01 000 101100

ก. การมอดดูเลตและดีมอดดูเลตเชิงขนาด (Amplitude Modulation/Demodulation)

การมอดดูเลตเชิงขนาดหรือเรียกสั้นๆว่าการมอดดูเลตแบบ AM และเรียกสัญญาณที่ถูกมอดดูเลตว่าสัญญาณ AM วิธีนี้แอมพลิจูดของคลื่นพาหะจะปลี่ยนแปลงตามสัญญาณของข้อมูลที่ได้มาดังรูปที่ 2.16 การมอดดูเลตเชิงขนาดแบบ 4 ระดับสัญญาณ



รูปที่ 2.16 แสดงสัญญาณมอดดูเลตเชิงขนาด (AM) แบบ 4 ระดับสัญญาณ[6]

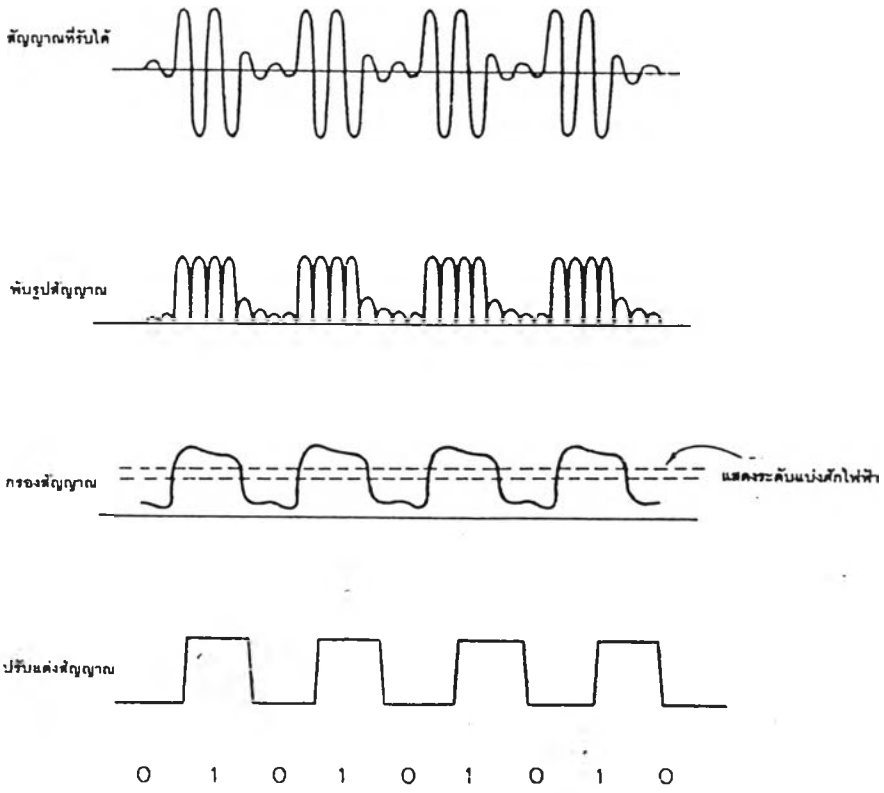
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคดีมอดูเลต (AM)

มีการดีมอดูเลตเชิงขนาดอยู่ 2 แบบ ดังนี้

1. แบบซิงโครนัส (Synchronous Detection)
2. แบบเอนแวโลป (Envelope Detection)

ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะแบบที่ 2 ดังรูปที่ 2.17

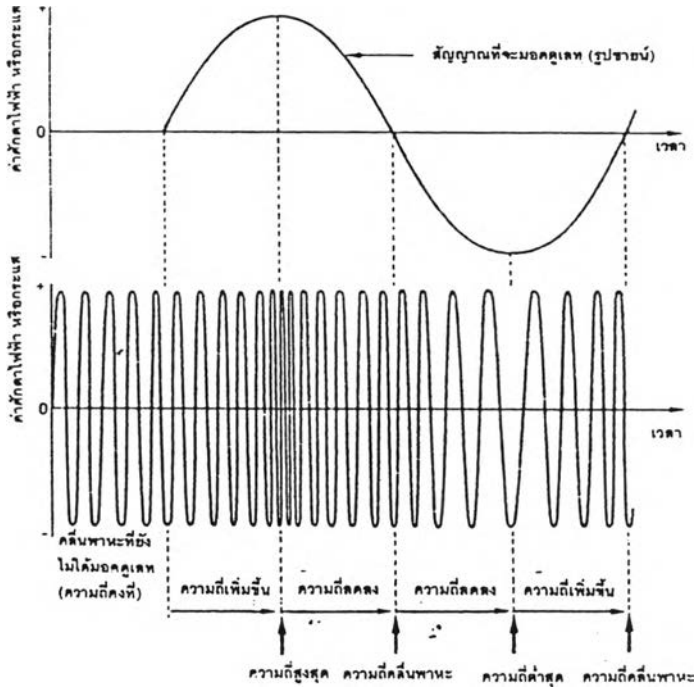


รูปที่ 2.17 แสดงการดีมอดูเลตแบบเอนแวโลป (Envelope)[6]

จากรูปที่ 2.17 แสดงถึงขั้นตอนการทำงานของการดีมอดูเลตแบบเอนแวโลป การทำงานแบบนี้เมื่อรับสัญญาณเข้ามาจะทำการปรับเฟส สัญญาณให้อยู่บนครึ่งเดียวกันหมดเพื่อความง่ายในการเทียบค่าบิตว่าเป็น “1” หรือ “0”

ข. การมอดูเลตและดีมอดูเลตเชิงความถี่ (Frequency Modulation/Demodulation)

การมอดูเลตเชิงความถี่หรือเรียกสั้นๆว่า การมอดูเลตแบบ FM วิธีนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นพาหะตามสัญญาณของข้อมูลที่เข้ามา ดังแสดงในรูปที่ 2.18



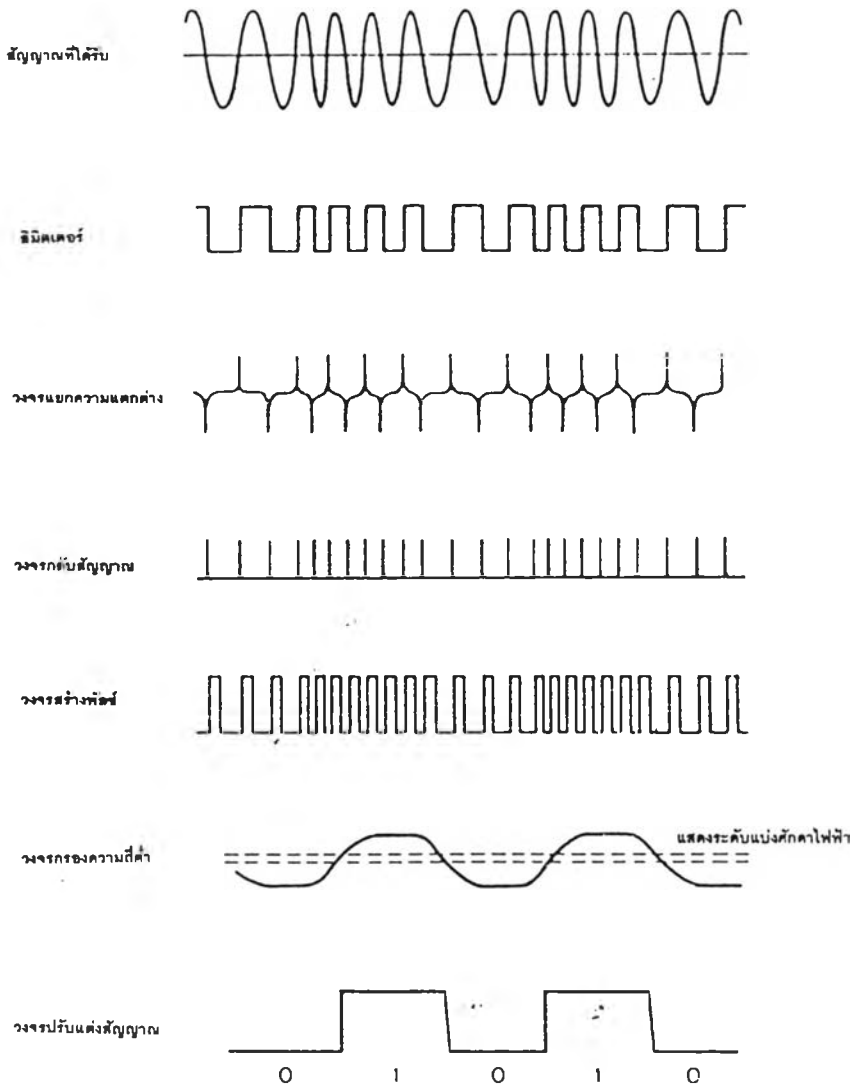
รูปที่ 2.18 แสดงสัญญาณในการมอดูเลตเชิงความถี่[6]

จากรูปที่ 2.18 เห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ขึ้นอยู่กับค่าแอมปลิจูดของคลื่นที่จะมอดูเลตด้วย

<u>ภาคดีมอดูเลต (FM)</u>

สัญญาณจากการมอดูเลตเชิงความถี่ถูกส่งออกมาด้วยค่าแอมปลิจูดคงที่ สัญญาณรบกวนมีโอกาสเกิดขึ้นในเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่(แต่มีค่าน้อยมาก)

ในการดีมอดูเลตมีการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า "ลิมิตเตอร์" (Limitter) ที่มีค่ามากกว่าค่าแอมปลิจูดเท่ากับศูนย์ (สัญญาณเหนือเส้นระดับ) ให้เป็นรูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ขั้นตอนทำงานในภาคดีมอดูเลต (FM)[6]

จากรูปที่ 2.19 เอาต์พุตของวงจรลิมิตเตอร์จะถูกแยกความแตกต่างโดยทริกที่ขอบขาขึ้นและขอบขาลงของสัญญาณ จากนั้นใช้วงจรกลับรูปสัญญาณเพื่อเป็นพื้นฐานในการสร้างสัญญาณบิตขึ้นมา โดยใช้วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ตามรูปสัญญาณที่เข้ามาวงจรกรองความถี่จะสร้างคลื่นสัญญาณที่สอดคล้องกับความถี่ออกมา

2.6 โมเด็ม (MODEM)

การสื่อสารข้อมูลผ่านสายสัญญาณโทรศัพท์ จัดเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง เครื่องโมเด็มจัดเป็นอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่จำเป็น สำหรับการรับส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านสายสัญญาณโทรศัพท์เนื่องจากแบนด์วิดท์ (Band Width) ของวงจรโทรศัพท์มีช่วงจำกัดเท่ากับ 300 – 3400Hz หรือประมาณ 3.1 kHz ซึ่งไม่กว้างพอที่จะส่งสัญญาณดิจิตอลได้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณดิจิตอล เป็นสัญญาณอนาลอกในช่วงความถี่เสียงเพื่อให้ส่งผ่านเครือข่ายของโทรศัพท์ได้ และที่ปลายทางรูปสัญญาณจะถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณดิจิตอลดังเดิมอีก

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดของ CCITT ในการใช้โมเด็ม[6]

ข้อกำหนด CCITT	อัตราบิท (บิท/วินาที) ปกติ (normal)	สำรอง (Fall - back)	แบบซิงโครนัส (S) หรือ แบบนอนซิงโครนัส (N)	ชนิดของการมอดดูเลท	ฟูลดูเพล็กซ์ (F) หรือ ฮาล์ฟ- ดูเพล็กซ์ (H) pstn leased	
V21	300	-	N	FSK	F	-
V22	1200	600	N/S	DPSK	F	_
	300	-	N/S	DPSK	F	-
V22 bis	2400	1200	N/S	QAM	F	-
V23	1200	600	N/S	FSK	H	F
V26	2400	-	S	DPSK	-	F
V26 bis	2400	1200	S	DPSK	H	F
V26 ter	2400	1200	N/S	QAM	F	-
V27	4800	-	S	DPSK	-	F
V27 bis	4800	2400	S	DPSK	H	F
V27 ter	4800	2400	S	DPSK	H	-
V29	9600	7200/4800	S	QAM	-	F
V32	9600	4800/2400	N/S	QAM	F	-
V33	14,400	12,000	S	QAM	-	F
V36	48 -72 K		S	VSBAM	-	F

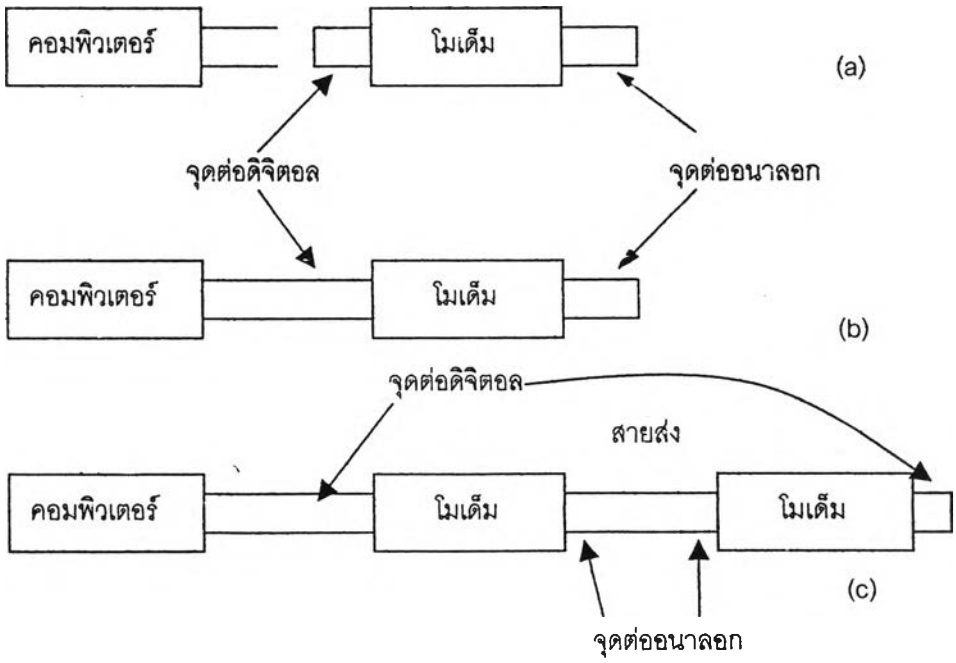
ตามมาตรฐานของ CCITT นิยามให้โมเด็มหมายถึง Data Communication Equipment (DCE)

ตามมาตรฐานของ EIA นิยามให้โมเด็มหมายถึง Data Cricuit Terminating Equipment (แทนด้วย DCE)

เครื่องโมเด็มจะถูกต่อที่ปลายจุดต่อแต่และด้านผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ โดยใช้วงจรเช่า (Leased circuit) หรือผ่านการหมุนหมายเลขของเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (Dial-Up Connection Via the PHTN) ฟังก์ชั่นการหมุนเลขและตอบรับอย่างอัตโนมัติมีอยู่ในโมเด็มทุกเครื่องและบางแบบ อาจมีฟังก์ชันให้รักษาการสื่อสาร เมื่อช่องสัญญาณติดต่อล้มเหลวโดยเปลี่ยนไปหาช่องสัญญาณอื่นแทน

โมเด็มมีการใช้วิธีการมอดูเลตแบบดิจิตอลได้หลายชนิดในการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นรูปความถี่เสียงและสร้างขึ้นตามข้อกำหนดของ CCITT ดังแสดงในตารางที่ 2.2

โมเด็มหลายชนิดที่มีฟังก์ชันการทดสอบวิเคราะห์ระบบอยู่ภายในเครื่องตามข้อกำหนด CCITT V54 โดยมีฟังก์ชันดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงการทดสอบโมเด็ม[6]

(a) เซลฟ์เทส (Self – test) (b) โลเคิลอนาลอกลูป (Local analog loopback)

(c) รีโมทดิจิตอลลูป (Remote digital loopback)

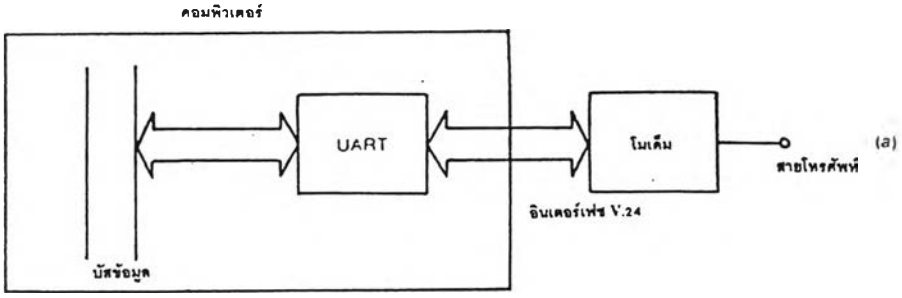
จากระบบทดสอบในรูปที่ 2.20 การทดสอบแต่ละระบบทำงานดังนี้

(a) เซลฟ์เทสจัดวิธีตามรูป2.20 (a)ใช้ทดสอบฮาดแวร์ของโมเด็มโดยจุดต่ออนาลอกถูกลูปเข้าหากันจากนั้นโมเด็มทำการส่งบิตข้อมูลที่ได้เตรียมไว้เพื่อการทดสอบโดยเฉพาะส่งออกไปที่จุดออกด้านหนึ่งและรับบิตเข้าอีกด้านหนึ่ง เพื่อนำมาเปรียบเทียบบิตกัน ถ้าไม่มีบิตผิดผลาดโมเด็มสามารถทำงานได้ตามปรกติ การใช้วิธีเซลฟ์เทสมีข้อดีคือโอเปอเรเตอร์หรือผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องคีย์ข้อมูลเข้าไปและคอยตรวจสอบข้อมูลจากจอแสดงผล

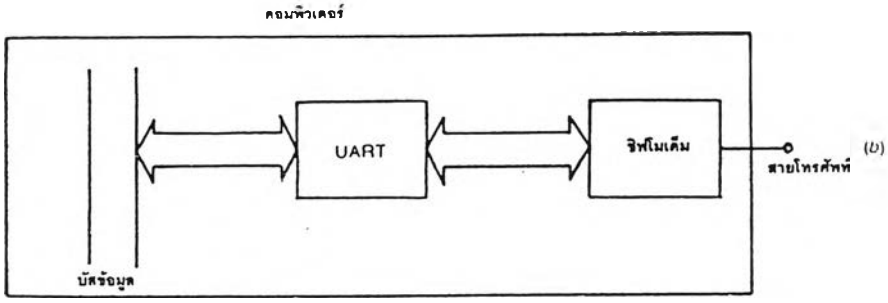
(b) โลเคิลอนาลอกลูป เป็นวิธีตามรูป2.20 (b) ทำได้โดยลูปจุดต่ออนาลอกเข้าหากันแต่ยังคง การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม วิธีนี้ข้อมูลส่งไปจากโมเด็มจะย้อนกลับเข่าโมเด็มเครื่องเดิมเพื่อเป็นการทดสอบการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม วิธีนี้ใช้ทดสอบการอิน-เตอร์เฟซของโมเด็มด้วย

(c) รีโมทดิจิตอลลูป ตามรูป2.20 (c) วิธีนี้จะทำการลูปจุดต่อดิจิตอลของโมเด็มเครื่องปลายทาง เพื่อให้ข้อมูลทั้งหมดที่รับได้ ส่งกลับไปหาคอมพิวเตอร์ต้นทางใหม่ วิธีนี้ใช้ทดสอบการทำงานของโมเด็มทั้งสองเครื่องและตรวจการใช้งานของสายโทรศัพท์

จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านสารกึ่งตัวนำ ทำให้มีการพัฒนาชิฟโมเด็มมาเพื่อใช้ร่วมกับอุปกรณ์เพียงไม่กี่อย่าง แนวโน้มนี้มีผลให้โมเด็มมีราคาถูกลงขนาดเล็กและมีความแน่นอนในการทำงานสูงกว่าเดิม ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหาโมเด็มแบบเดิมมีคือ แหล่งจ่ายไฟของโมเด็มแยกออกมา,อินเตอร์เฟซ แบบ V.24 ดังแสดงในรูปที่ 2.21



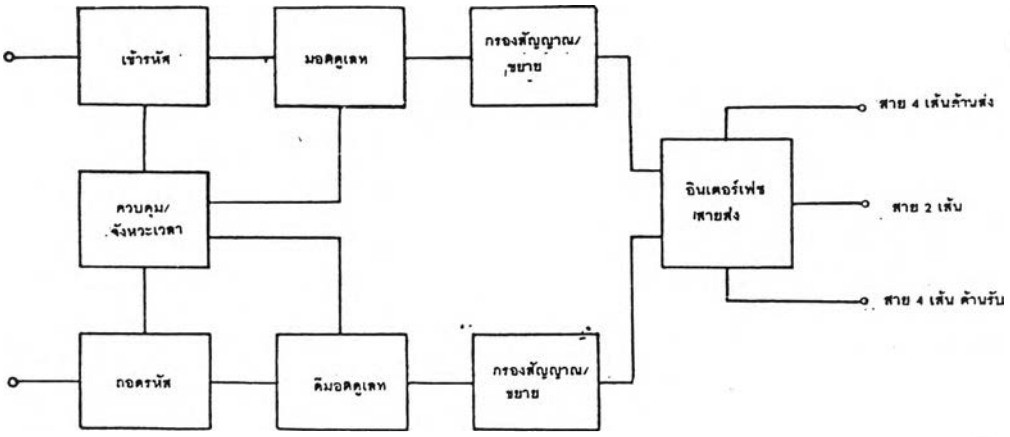
(a) การใช้โมเด็มแยกส่วน



(b) การใช้โมเด็มชนิดติดตั้งภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นการลดส่วนแหล่งจ่ายไฟและอินเตอร์ - เฟซ

รูปที่ 2.21 แสดงข้อเปรียบเทียบของการใช้ซิฟโมเด็มกับเครื่องโมเด็ม[6]

โครงสร้างของโมเด็มรุ่นใหม่ที่ได้รับการพัฒนาให้มีสมรรถณะการทำงานสูง ประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ ดังแผนภาพในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงแผนภาพพื้นฐานของโมเด็ม[6]

จากรูปที่ 2.22 สัญญาณดิจิตอลอินพุตจากคอมพิวเตอร์หรือเทอร์มินอล ส่งเข้าส่วนเข้ารหัสซึ่งบิตข้อมูล ถูกจัดให้เป็นข้อมูลแบบ 2 บิต, 3 บิต , 4 บิต จากนั้นส่งต่อไปภาคมอดูเลต เพื่อสร้างสัญญาณในย่านความถี่สัญญาณเสียงขึ้นมาและมีความถี่บางส่วนที่ไม่ต้องการ จะถูกกำจัดออกด้วยวงจรกรองสัญญาณและนำผลที่ได้มาขยายสัญญาณใหม่ เพื่อส่งให้ภาคอินเตอร์-เฟซของสายส่ง เมื่อถึงจุดนี้สัญญาณความถี่เสียง ถูกเลือกให้ส่งในสายโทรศัพท์แบบใดแบบหนึ่งมี 1 เส้นและ 2 เส้น ในภาครับสัญญาณถูกกรองเอาส่วนความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป จึงส่งต่อให้ภาคดีมอดูเลตและภาคถอดรหัสสัญญาณให้อยู่ในรูปเดิม

2.7 หลักการส่งสัญญาณของโทรศัพท์

ในปัจจุบันไม่ว่าเป็นการสื่อสารของสัญญาณ ผ่านสายบนพื้นดินหรือระหว่างทวีปโดยผ่านดาวเทียม ส่วนใหญ่เป็นสัญญาณเสียง (Speech) ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกทั้งสิ้น เทคนิคทางดิจิตอลในการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นข้อมูล ยังใช้ได้อีกหลายปีกว่าที่เครือข่ายสื่อสารดิจิตอลถูกนำมาใช้งานได้จริง

2.7.1 ชุมสายโทรศัพท์แบบเก็บโปรแกรม (Stored Program Control : SPC)

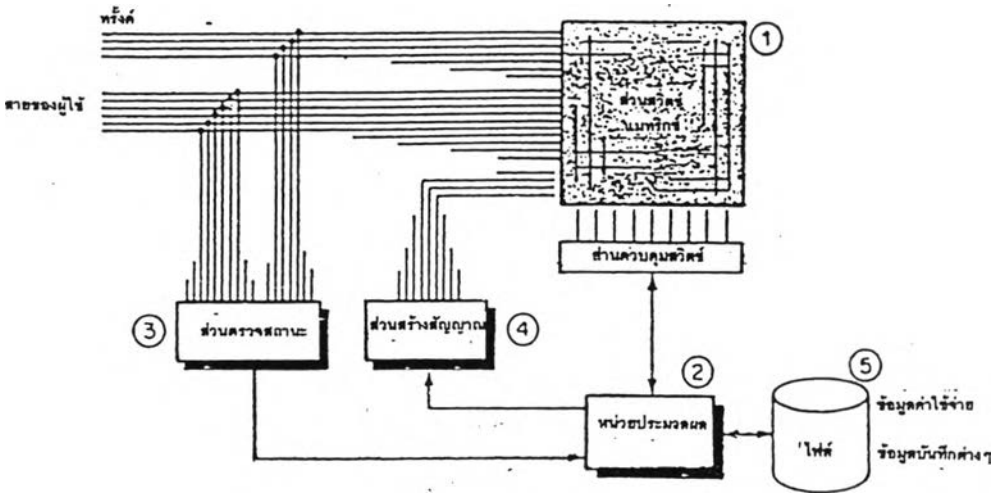
ชุมสายโทรศัพท์แบบเก็บโปรแกรมหรือเรียกย่อว่าชุมสายแบบ SPC มีข้อดีในการนำเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ และ ระบบซอฟต์แวร์ ระบบคอมพิวเตอร์อาจมีตั้งแต่เมนเฟรมมินิ ไปจนถึงระบบไมโครโปรเซสเซอร์หรือวงจรอีเล็กทรอนิกส์มาควบคุม การควบคุมอาจเป็นแบบรวมศูนย์โดยใช้คอมพิวเตอร์กลางหรือระบบแยกส่วนควบคุมของไมโครโปรเซสเซอร์เป็นส่วนย่อย ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมจะมีทั้งส่วนถาวรและส่วนที่ปรับเปลี่ยนได้การทำงานของสายระบบนี้จะเหมาะสำหรับเครื่องดิจิตอลคอมพิวเตอร์

ระบบชุมสาย SPC ประกอบด้วยส่วนสำคัญพื้นฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.23 ประกอบด้วย

1. สวิตช์ แมทริกซ์
2. หน่วยประมวลผลกลาง
3. ส่วนตรวจสถานะโทรศัพท์

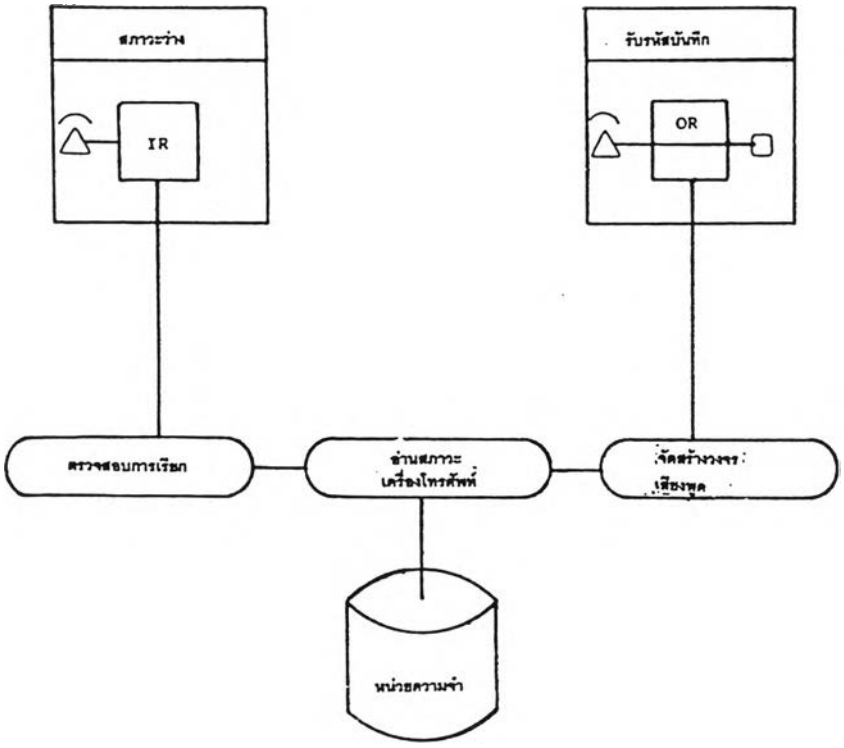
4. ส่วนสร้างสัญญาณในระบบ

5. ส่วนเก็บข้อมูลการใช้/หมายเลข ฯลฯ



รูปที่ 2.23 แผนภาพหลักการพื้นฐานของชุมสาย SPC[7]

สวิตช์แมทริกซ์อาจเป็นอุปกรณ์รีเลย์ไฟฟ้าหรือสวิตช์อีเล็กทรอนิกส์สารกึ่งตัวนำก็ได้ ที่จะคอยรับข้อมูลสำหรับการเชื่อมต่อวงจรต่างๆ จากอุปกรณ์ควบคุม และนำมาเชื่อมต่อคู่สายเข้าด้วยกัน หน่วยเก็บข้อมูลการเรียกจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเรียกเข้า สถานะความพร้อมของสายและวงจรบริการ รวมทั้งภาวะของวงจรสวิตช์ภายในไว้ชั่วคราวเพื่อให้หน่วยประมวลผลกลางสามารถเรียกไปใช้ได้ ข้อมูลสถานะของวงจรจะถูกตรวจและนำมาเก็บไว้ในหน่วยของความจำ วงจรทางผ่านเสียงจะถูกตรวจสอบว่าอยู่ในสภาวะว่างหรือถูกใช้งานอยู่ หน่วยเก็บโปรแกรมจะเก็บคำสั่งของอุปกรณ์ควบคุม(หน่วยประมวลผลกลาง) จากหลักการขั้นต้น สามารถแสดงกรรมวิธีการเรียกในชุมสายแบบ SPC ดังแสดงดังรูป 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงการทำงานในการเรียกเข้าของชุมสายแบบ SPC[7]

จากรูปที่ 2.24 หลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ของระบบ SPC นี้ได้อาศัยการทำงานของลอจิก ที่ถูกควบคุมโดยโปรแกรมผลการทำงานของลอจิกนี้ถูกป้อนเข้าไปใน Program Store และโปรแกรมนี้เป็นส่วนควบคุมการทำงานทั้งหมดของชุมสายโทรศัพท์ ถ้าต้องการเปลี่ยนหน้าที่ต่างๆ ของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ใหม่หรือเปลี่ยนหน้าที่ให้การบริการของชุมสายโทรศัพท์เป็นอย่างอื่นต้องป้อนโปรแกรมอันใหม่เข้าไปยังโปรแกรม Program Store