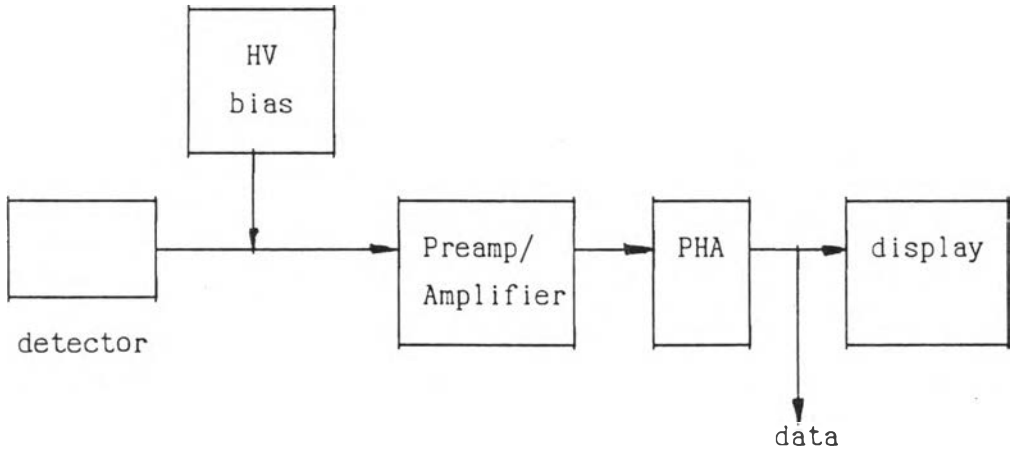
บทที่ 2

ระบบวัดนิวเคลียร์และการส่งสัญญาณแบบไร้สาย

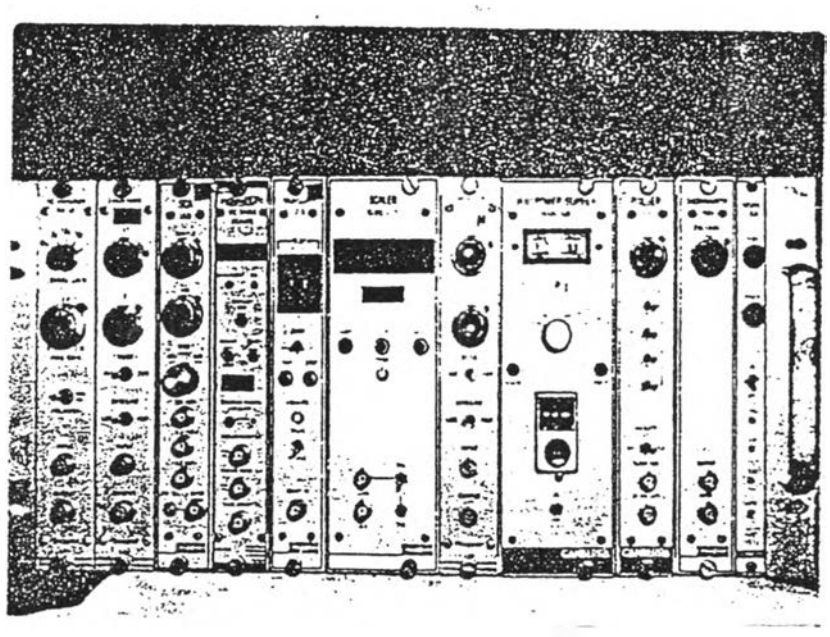
การส่งสัญญาณวัดระยะไกลได้เข้ามามีบทบาทสูงในด้านระบบตรวจวัด เพื่อการเฝ้าระวัง (Area Monitoring) ทางด้านมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งจำเป็นต้องมีการวัดต่อเนื่องและมีสถานีเครือข่าย การใช้พลังงานนิวเคลียร์ก็เช่นกัน จำต้องมีการตรวจวัดเพื่อเฝ้าระวังอุบัติภัยทางรังสีและการลดอันตรายจากปฏิบัติการวัดบริเวณรังสีสูง การนำระบบส่งสัญญาณระยะไกลโดยเฉพาะระบบไร้สายมาใช้ในการส่งข้อมูลตรวจวัด จากระบบวัดส่วนหน้าไปยังห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ผล จะช่วยให้การปฏิบัติงานทำได้สะดวก รวดเร็วและปลอดภัย นอกจากนี้การนำเทคโนโลยีควบคุมและการประมวลข้อมูลด้วยระบบเชิงตัวเลขของไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ จะช่วยให้รับสัญญาณจากระบบวัดลูกที่เป็นเครือข่ายพร้อมกัน ได้หลายแห่งในเวลาเดียวกัน

ระบบวัดนิวเคลียร์ (Nuclear Measuring System)

ระบบวัดมาตรฐานภายในห้องปฏิบัติการวัดนิวเคลียร์ จะมีลักษณะเป็นอิเล็กทรอนิคส์-โมดุล (modular electronics) ซึ่งถ้าเป็นระบบวัดที่ไม่ซับซ้อนมากนัก จะใช้ระบบวัดตามมาตรฐาน NIM (Nuclear Instrument Module) ซึ่งประกอบด้วยโมดุลอิเล็กทรอนิคส์ที่-เป็นอุปกรณ์เฉพาะหน้าที่ได้แก่อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าศักดาสูง (HV. power supply) อุปกรณ์ขยายสัญญาณพัลส์ (pulse amplifier) อุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลส์ (SCA/MCA) และอุปกรณ์แสดงผลการวัด (scaler/timer) บรรจุอยู่ในโครงบรรจุโมดุลวัด เพื่อสะดวกในการจัดระบบวัดดังแผนภาพใน รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1.ก. แผนภาพของระบบวัดนิวเคลียร์



รูปที่ 2.1.ข. ชุดอุปกรณ์วัดมาตรฐาน NIM

1. กระบวนการวัดรังสีของหัววัดรังสี

กระบวนการวัดสัญญาณนิวเคลียร์ เป็นการวัดอนุภาคนิวเคลียร์ ซึ่งได้แก่ รังสีอัลฟา เบตา แกมมา เอกซ์ นิวตรอนและรังสีอื่น ๆ หลักการทำงานของหัววัดรังสีอาศัยการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอนุภาคนิวเคลียร์ ซึ่งโอนถ่ายให้ตัวกลางที่เหมาะสมกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอนุภาคแต่ละชนิด จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นปริมาณประจุไฟฟ้า หัววัดรังสีจะทำงานคล้ายกับตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ได้รับการไบอัสด้วยศักดาไฟฟ้าสูงเพื่อสร้างสนามไฟฟ้าให้กับแผ่นขั้วไฟฟ้า (electrode) ตัวกลางภายในหัววัดรังสีระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าจะทำหน้าที่รับอันตรกิริยาจากรังสี และเปลี่ยนเป็นประจุไฟฟ้า ปริมาณประจุไฟฟ้าที่สะสมในวงจรหัววัดรังสี จะทำให้เกิดพัลส์ศักดาไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่มีความสูงเป็นสัดส่วนกับพลังงานของอนุภาคนิวเคลียร์ที่ตกกระทบกับหัววัดรังสีนั้น ขนาดของสัญญาณเป็นไปตามสมการที่ 2.1 [1]

$$V_0 = \frac{qne}{C_D}\left(1 - e^{-t/R_L C_D}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2.1$$

เมื่อ

V_0 = พัลส์ศักดาไฟฟ้าจากหัววัดรังสี

q = ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน (1.602×10^{-19} คูลอมบ์)

n = จำนวนประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

C_D = ความจุของโครงสร้างภายในหัววัดรังสี

R_t = ตัวต้านทานจำกัดกระแสในวงจรหัววัดรังสี

t = เวลา

2. ลักษณะของสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์[2]

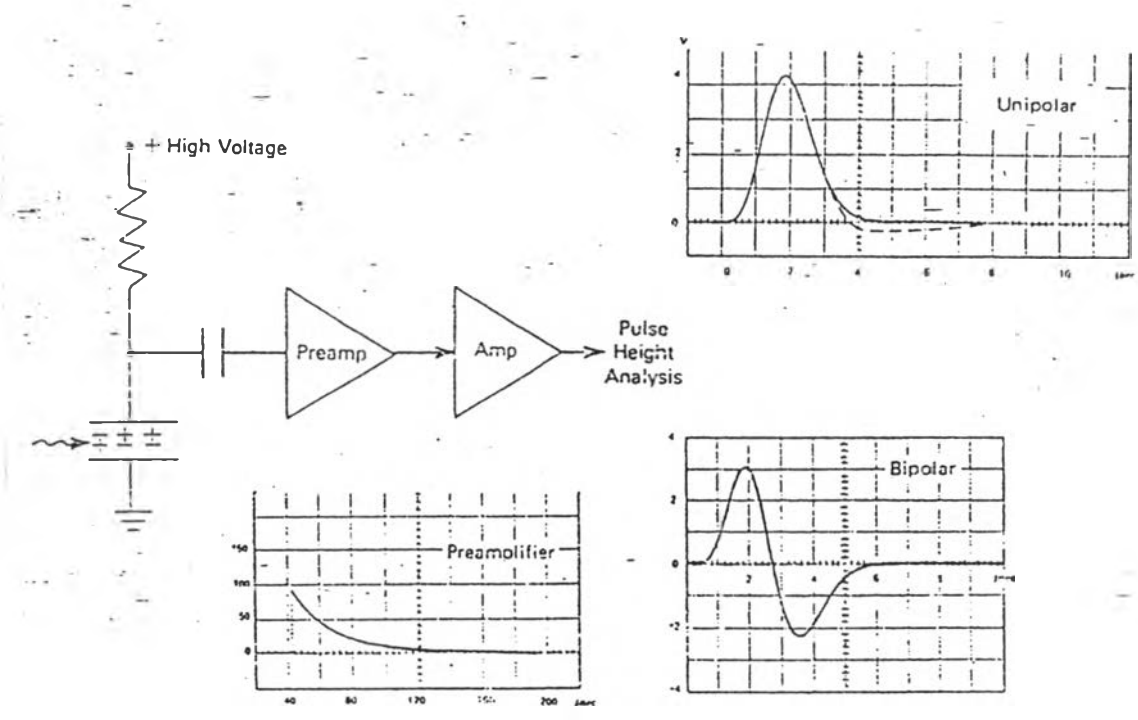
สัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นจาก หัววัดรังสี จะต้องมีการนำไปขยายให้มีขนาดเพิ่มขึ้น และแต่งรูปสัญญาณให้ได้มาตรฐาน เพื่อให้การวิเคราะห์สัญญาณเป็นไปอย่างถูกต้องดังแสดงในแผนภาพที่ 2.2 ในระบบชุดจัดการสัญญาณส่วนหน้า จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณส่วนหน้า (pre-amplifier) และขยายสัญญาณหลัก (amplifier) รวมทั้งการแต่งรูปสัญญาณให้มีคุณภาพดีขึ้น เพื่อให้มี S/N (Signal to noise ratio) สูง ซึ่งทำได้โดยการจำกัดย่านของการตอบสนองความถี่ให้แคบลง พร้อมทั้งปรับเวลาขาขึ้นและขาลงพัลส์ที่วัดได้ ทำให้สัญญาณพัลส์แต่ละลูกถูกแยกออกจากกันโดยเด็ดขาด สะดวกต่อการนับและวิเคราะห์ วงจรที่ใช้ในการจำกัดความถี่เพื่อแต่งรูปสัญญาณเป็นแบบ RC active ชนิดกรองผ่านความถี่สูงและต่ำ จัดการทำงานเป็นลำดับต่อเนื่อง และมีจุดตัดของความถี่เดียวกัน ทำให้ได้รูปสัญญาณพัลส์มาตรฐาน 2 รูปแบบคือ ยูนิโพลาร์ (unipolar) และไบโพลาร์ (bipolar) ในกรณีของการวัดอัตราปริมาณนิบรังสีต่ำ จะใช้สัญญาณแบบยูนิโพลาร์ ซึ่งแก้ไขการคลาดเคลื่อนบริเวณฐานของสัญญาณด้วยการปรับโพลซีโร (pole zero cancellation)

3. ลักษณะการวัดสัญญาณนิวเคลียร์

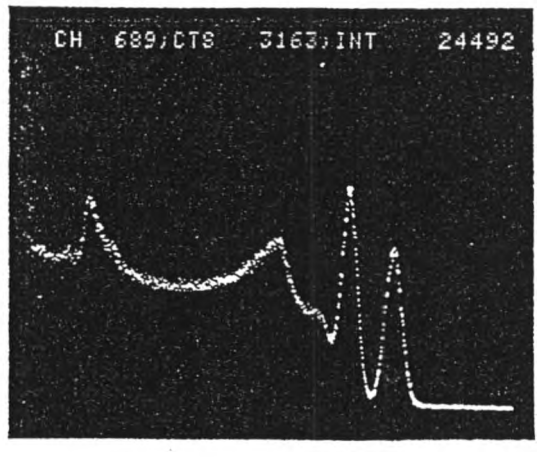
สัญญาณพัลส์ที่วัดได้จากหัววัด เมื่อทำการแต่งรูปสัญญาณเรียบร้อยแล้ว จะต้องนำไปทำการวิเคราะห์ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ

การวัดรังสีแบบนับรวม (Integral Counting System) เป็นการวัดพลังงานที่มีความสูงกว่าระดับที่ตัดสัญญาณรบกวนทิ้งไปแล้ว ซึ่งการวัดแบบนี้มีหน่วยเป็นจำนวนนับต่อหน่วยเวลา

การวัดรังสีแบบนับแยกเฉพาะพลังงาน (Differential Counting System) เป็นการนับแยกพลังงานด้วยการวิเคราะห์ความสูงของพัลส์แต่ละระดับพลังงานที่วัดมาได้ การวัดแบบนี้ เป็นการวัดข้อมูลแบบกระจายความแปรผัน ระหว่างพลังงาน และ ปริมาณรังสี (dN/dE) เมื่อนำมาเขียนเป็นกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน และปริมาณนิบรังสีจะได้สเปกตรัมของพลังงาน (Energy Spectrum) ซึ่งนำไปใช้วิเคราะห์ธาตุ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 ระบบวัดรังสีส่วนหน้าและสัญญาณมาตรฐาน



รูปที่ 2.3 สเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสี Co-60

หลักการสื่อสารด้วยระบบไร้สาย

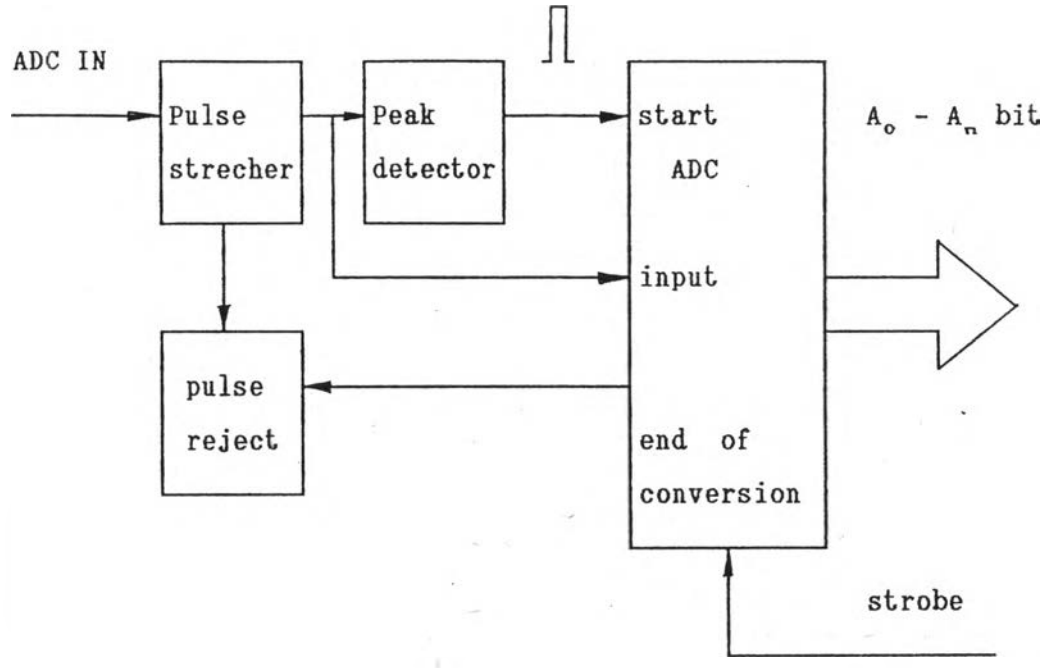
การสื่อสารด้วยระบบสื่อสารระยะไกล ที่นิยมใช้กัน ได้แก่ การนำสัญญาณต้นทางที่ต้องการส่งไปยังปลายทางฝากไปกับคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency) การฝากสัญญาณไปกับคลื่นวิทยุนั้นจะต้องคำนึงถึงรายละเอียดของข้อมูลที่จะต้องรักษาไว้ให้ถูกต้อง และการรบกวนของสัญญาณ ในปัจจุบันการส่งข้อมูลที่มีความผิดพลาดน้อยมากและสามารถตรวจสอบความถูกต้องที่ปลายทางได้คือ การส่งข้อมูลในเชิงตัวเลข ดังนั้น สัญญาณก่อนส่งไปกับคลื่นพาหะจะต้องแปลงรูปเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข และเข้ากระบวนการผสมสัญญาณที่เหมาะสม ตามลำดับขั้น ซึ่งจะต้องควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

1. การแปลงสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์เป็นสัญญาณเชิงตัวเลข

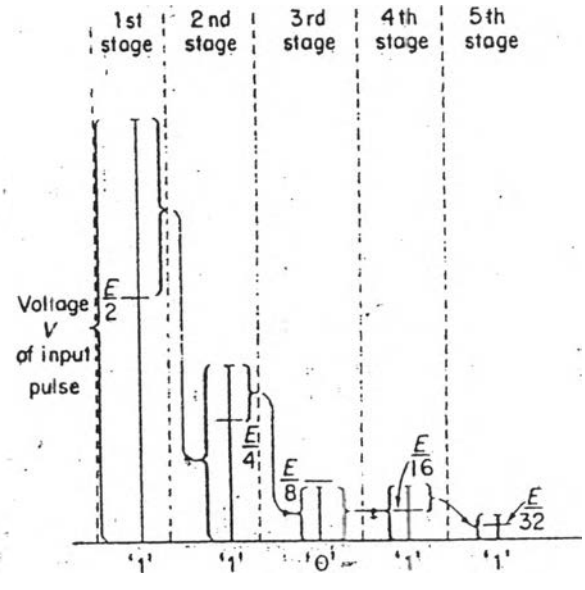
สัญญาณพัลส์นิวเคลียร์มีลักษณะเป็น สัญญาณอนาลอกเดี่ยว ความสูงของพัลส์จะแปรเปลี่ยน ตามสัดส่วนของระดับพลังงานที่ระบบวัดมา และจำนวนพัลส์จะแปรเปลี่ยนตามอัตราวัดรังสี การส่งข้อมูลของพัลส์ แต่ละลูกจึงต้องแปลงความสูงของพัลส์ เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขด้วยระบบแปลงความสูงของพัลส์อนาลอกเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (pulse height ADC) [3] โดยสัญญาณพัลส์ที่เข้ามาจะถูกจับข้อมูลที่พีคความสูง พร้อมทั้งหยุดรับพัลส์ที่ตามเข้ามาจนกว่าจะสิ้นสุดการแปลงข้อมูล ความสูงของพัลส์ในรูปของศักดาไฟฟ้าที่จับไว้จะถูกแปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขด้วยวงจรแปลงข้อมูลแบบ successive approximation ตามขนาดของความละเอียดข้อมูลที่ต้องการ (2 บิต) ดังแสดงการทำงานในแผนภาพรูปที่ 2.4

2. การแปลงสัญญาณแบบ successive approximation

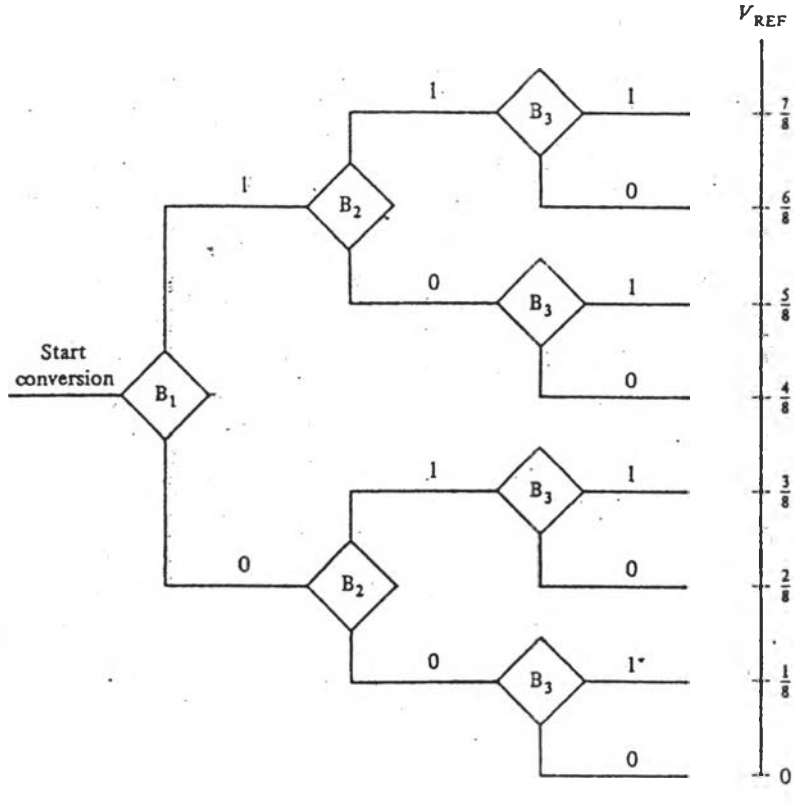
successive approximation [4] เป็นเทคนิคของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข แบบประมาณค่าด้วยการเทียบสัดส่วนสัญญาณอนาลอก กับระดับอ้างอิงซึ่งมีน้ำหนักเชิงตัวเลขไบนารี่ ($E_{/2}$, $E_{/4}$, $E_{/8}$ .... $E_{/n}$) ปริมาณที่สูงกว่าระดับอ้างอิงจะทดเศษเหลือเป็น 1 และนำส่วนที่เหลือเลื่อนมาเทียบกับระดับอ้างอิงเชิงตัวเลขบิตถัดมา ถ้าน้อยกว่าจะทดเศษเหลือเป็น 0 จนกระทั่งเหลือบิตสุดท้ายของการเทียบ ดังแสดงวิธีการของการเทียบแบบ successive binary approximation ในรูปที่ 2.5 และการทำงานในลักษณะการนับกึ่งแบบ 3 stage ในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.4 แผนภาพการทำงานของ pulse height ADC เบื้องต้น



รูปที่ 2.5 แผนภาพของการเปรียบเทียบแบบ successive binary approximation



รูปที่ 2.6 แสดงการแตกกิ่งจากการประมาณค่า 3 บิต

แผนภาพการทำงานทั้งระบบ ของการแปลงสัญญาณเชิงตัวเลข แบบประมาณค่า แสดงในรูปที่ 2.7[5] ซึ่งจะประกอบด้วยวงจร successive approximation registor (SAR) , SAR latch , DAC และสัญญาณนาฬิกา สัญญาณอนาลอกจะเข้าทาง input V_i และส่งผ่านมายัง SAR registor สัญญาณที่แปลงได้แต่ละขั้นจะถูกแปลงเป็นระดับศักดาด้วย DAC และนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณทางเข้า จนสิ้นสุดบิตนัยสำคัญจึงหยุด ทำงาน และข้อมูลเชิงตัวเลขจะปรากฏทาง output

3. มาตรฐานสัญญาณเชิงตัวเลขแบบอนุกรม (serial data)

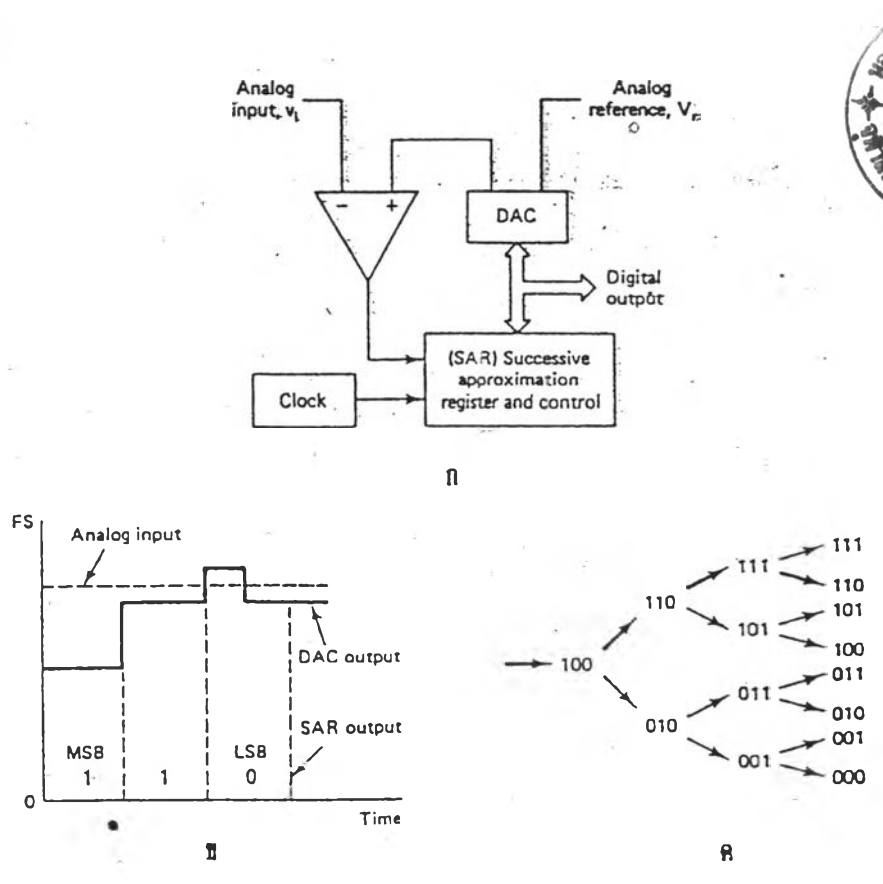
การส่งสัญญาณเชิงตัวเลขโดยอาศัยคู่สัญญาณ 1 คู่สาย หรือการส่งด้วยคลื่นวิทยุนั้น สัญญาณเชิงตัวเลขที่ถูกแปลงจากสัญญาณอนาลอกในแบบขนาน จะต้องจัดส่งยังปลายทางในแบบอนุกรมเป็นชุด ๆ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานของสัญญาณเป็นสากล สัญญาณอนุกรมที่นิยมใช้ในการสื่อสารข้อมูลเป็นมาตรฐาน RS-232C [6] โดยข้อมูล 1 ชุด จะประกอบด้วยบิตต่าง ๆ คือ start, data, parity และ stop ดังแสดงในรูปที่ 2.8

ก. start bit เป็นบิตเริ่มต้นของชุดข้อมูล เพื่อทำให้ปลายทางทราบการเริ่มต้นของชุดข้อมูลที่จะเริ่มบิตแรก และยังทำหน้าที่แสดงการแยกข้อมูลชุดใหม่จาก stop bit ของข้อมูลชุดที่ผ่านไป

ข. data bit เป็นชุดข้อมูลไบนารี ซึ่งอาจจะเป็นกลุ่มข้อมูลที่จัดเป็นชุด 7 บิต หรือ 8 บิต ของมาตรฐานตัวอักษร ASCII

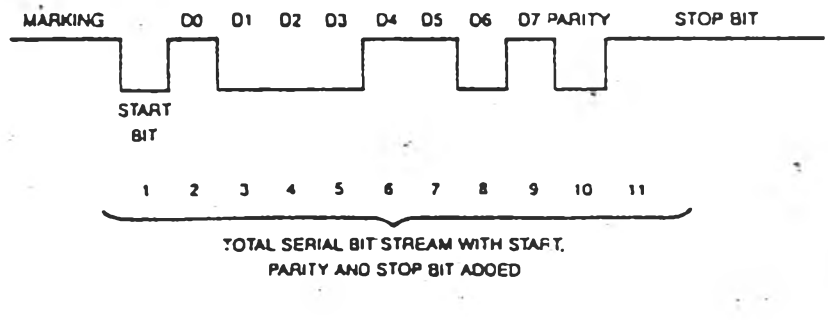
ค. parity bit เป็นบิตที่ช่วยให้ปลายทางสามารถตรวจสอบข้อมูลที่ส่งมาว่า ถูกต้องหรือไม่ โดยการส่งข้อมูลเป็น 1 สำหรับข้อมูลที่มี 1 เป็นจำนวนคู่ และจะส่ง 0 เมื่อเป็นจำนวนคี่ ซึ่งในทางปฏิบัติถ้าเป็นการส่ง baud rate ต่ำ จะไม่ตรวจสอบบิตนี้ก็ได้

ง. stop bit เป็นบิตสุดท้ายของข้อมูลอันดับ เป็นการบอกปลายทางเพื่อขั้นตอนข้อมูลแต่ละชุดซึ่งอาจจะจัดไว้เป็น 1 บิต หรือ 2 บิต



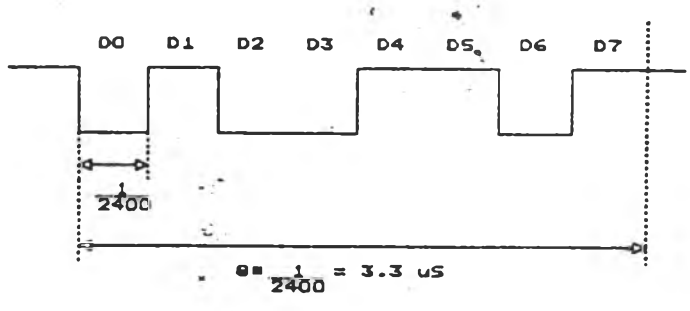
รูปที่ 2.7 การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแบบ SAR

ก. แผนภาพของวงจรแปลงสัญญาณ
ข. การเปรียบเทียบศักดาอ้างอิงแต่ละขั้น
ค. แสดงลำดับการแปลงสัญญาณ



รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของข้อมูลเชิงตัวเลขแบบอันดับ 1 ไบต์

ความเร็วในการโอนถ่ายข้อมูล มีหน่วยวัดเป็น บิตต่อวินาที (bit per second:bps) หรือเรียกว่า บอดเรต (baud rate) อัตราการส่งและรับข้อมูลแบบอนุกรมของต้นทางและปลายทางจะต้องเท่ากัน โดยทั่วไปอัตราการส่งจะสามารถเลือกได้ดังนี้ Baud rate 100, 150, 300, 1200, 2400, 4800 และ 9600 ตัวอย่างการส่งด้วยบอดเรต 2400 หรือ 2400 บิตต่อวินาที ของข้อมูล $0B2_H$ หรือ 10110010 สามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.9



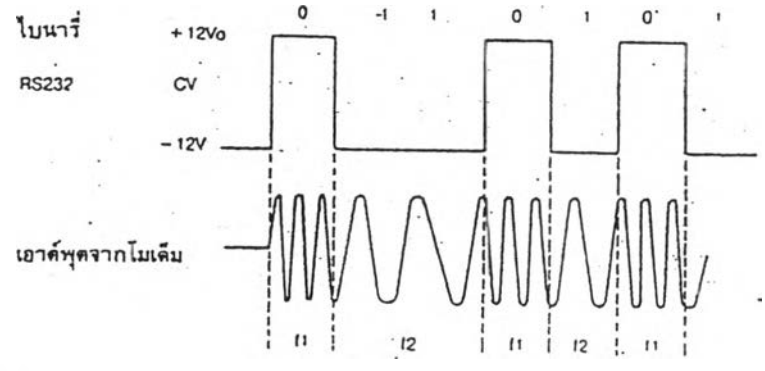
รูปที่ 2.9 สัญญาณของข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งมีข้อมูล 1 ชุดของ $0B2_H$

4. โมเดม (Modem)

การส่งข้อมูลเชิงตัวเลขระยะไกล [6] ไม่ว่าจะเป็นการส่งโดยใช้คู่สาย หรือการฝากข้อมูลไปกับคลื่นวิทยุ รวมทั้งการบันทึกข้อมูลเชิงตัวเลขลงบนแผ่นจานแม่เหล็กหรือแถบเทป จำเป็นต้องแปลงรหัสเลขฐานสอง "1" และ "0" เป็นความถี่รูปคลื่นไซน์ที่แตกต่างความถี่กัน เพื่อป้องกันการผิดเพี้ยน สูญหาย และการรบกวนของข้อมูลปลายทาง การแปลงข้อมูลเชิงตัวเลขนี้กระทำในลักษณะของการผสมสัญญาณต่างระดับกับรูปคลื่นไซน์ เรียกว่า มอดูเลชัน (modulation) ทางด้านรับต้องเปลี่ยนสัญญาณที่รับเข้ามาให้กลับมาอยู่ในรูป

ลอจิกของสัญญาณเชิงตัวเลขตามเดิม ด้วยการแยกสัญญาณผสมต่างความถี่ เรียกว่า ดีมอดูเลชัน (demodulation) ถ้าชุดอุปกรณ์ที่ทำการผสมข้อมูลเชิงตัวเลข และแยกสัญญาณผสมเชิงตัวเลขอยู่รวมเป็นชุดเดียวกันเรียกว่าโมเดม หรือ Modulator and Demodulator

การผสมสัญญาณเชิงตัวเลขสามารถทำได้ 3 ชนิดคือ เฟสแอมปลิจูดมอดูเลชัน (PAM) เฟสชิฟคีย์ (PSK) และฟรีเควนซีชิฟคีย์ (FSK) ซึ่งการผสมสัญญาณแบบหลังนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยการกำเนิดความถี่ด้วยวงจรโวลเตจคอนโทรลออสซิลเลเตอร์ (VCO) ดังนั้น ถ้าระดับสัญญาณลอจิก 0 และ 1 ถูกจัดให้มีระดับศักดาไฟฟ้าที่สอดคล้องกับระดับศักดาควบคุมความถี่จะได้ความถี่รูปคลื่นไซน์ 2 ความถี่ทางด้านส่งข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.10

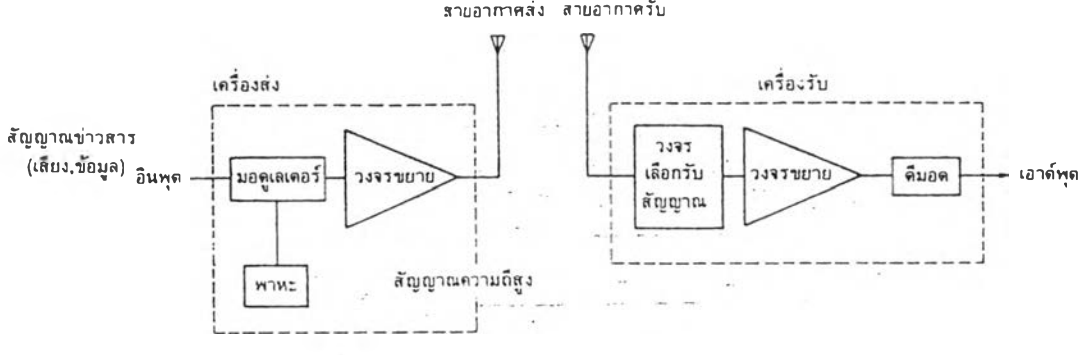


รูปที่ 2.10 การผสมสัญญาณเชิงตัวเลขแบบ FSK ทางด้านมอดูเลเตอร์

ทางด้านรับสัญญาณจะกรองความถี่ที่แตกต่างกัน เพื่อควบคุมเฟสของวงจรเฟสล็อกลูป (PLL) เพื่อถอดสัญญาณผสมและแยกระดับลอจิกของสัญญาณเชิงตัวเลขกลับมา

<u>การส่งและรับคลื่นวิทยุ</u>

การส่งและรับคลื่นวิทยุประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ เครื่องส่ง เครื่องรับ สายอากาศ และสัญญาณสื่อสารหรือข้อมูล ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แผนภาพของการส่งและรับคลื่นวิทยุ

1. เครื่องส่งวิทยุ

เครื่องส่งวิทยุเป็นอุปกรณ์ต้นทางที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล หรือ ข่าวสารออกอากาศไปโดยการผสมสัญญาณกับคลื่นวิทยุ เรียกว่า มอดูเลต (modulate) คลื่นพาหะที่ถูกมอดูเลตแล้ว จะต้องผ่านการขยายสัญญาณให้มีกำลังมากขึ้น เพื่อส่งให้สายอากาศ กระจายคลื่นออกไปในระยะไกล สู่เครื่องรับ ดังนั้น เครื่องส่งจึงต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่สำคัญดังนี้

ก. วงจรกำเนิดคลื่นวิทยุ คลื่นวิทยุที่กำเนิดขึ้นนั้นมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ความถี่สูงทำหน้าที่เป็นคลื่นพาหะ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$e = A\sin(\omega t+\phi) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2.2$$

เมื่อ e คือ ขนาดของศักดาไฟฟ้าหรือกระแสของคลื่นวิทยุที่เวลาใด ๆ
A คือ ขนาดสูงสุดของสัญญาณคลื่นพาหะ
ω คือ ความถี่เชิงมุม = $2\pi f$
t คือ เวลา
ϕ คือ เฟสของสัญญาณ
f คือ ความถี่

การกำเนิดความถี่เพื่อให้เครื่องรับสามารถรับความถี่ได้แน่นอนนั้น วงจรกำเนิดความถี่ ต้องควบคุมด้วยผลึกกำเนิดความถี่ (quartz crystal)

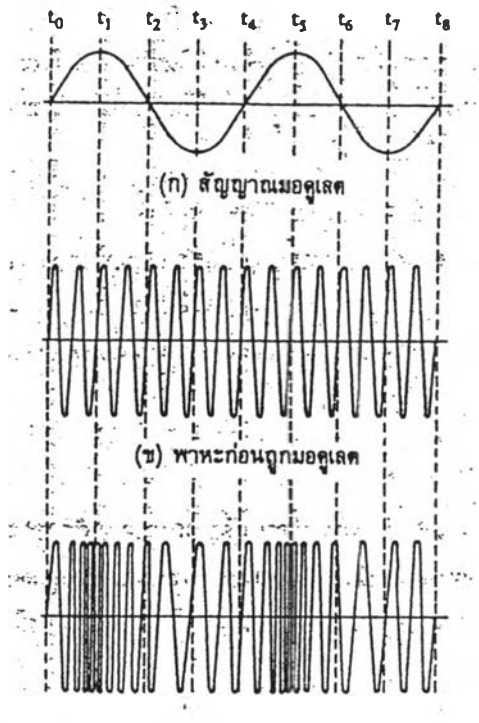
ข. วงจรมอดูเลเตอร์ การฝากข่าวสาร หรือ ข้อมูลจะต้องมีการผสมสัญญาณข้อมูลกับคลื่นพาหะ ซึ่งสามารถกระทำได้ 3 แบบคือ มอดูเลตทางแอมปลิจูด (AM) มอดูเลตทางเฟส (PM) และมอดูเลตทางความถี่ (FM)

การมอดูเลตทางความถี่นั้น เมื่อมีสัญญาณผสมกับคลื่นพาหะจะทำให้ความถี่ของคลื่นพาหะเบี่ยงเบนเป็นสัดส่วนกับความถี่ดังแสดงรูปสัญญาณในรูปที่ 2.12

ข้อบังคับในการกระจายคลื่นแบบ FM นั้น จะยอมให้ความถี่ที่ถูกมอดูเลตเบี่ยงเบนไม่เกิน 75 kHz ซึ่งการพิจารณาการเบี่ยงเบนของความถี่นี้ ได้จากดัชนีของการมอดูเลต (m)(7)

$$m = \frac{f_d}{f_m} \times 100\ \% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2.3$$

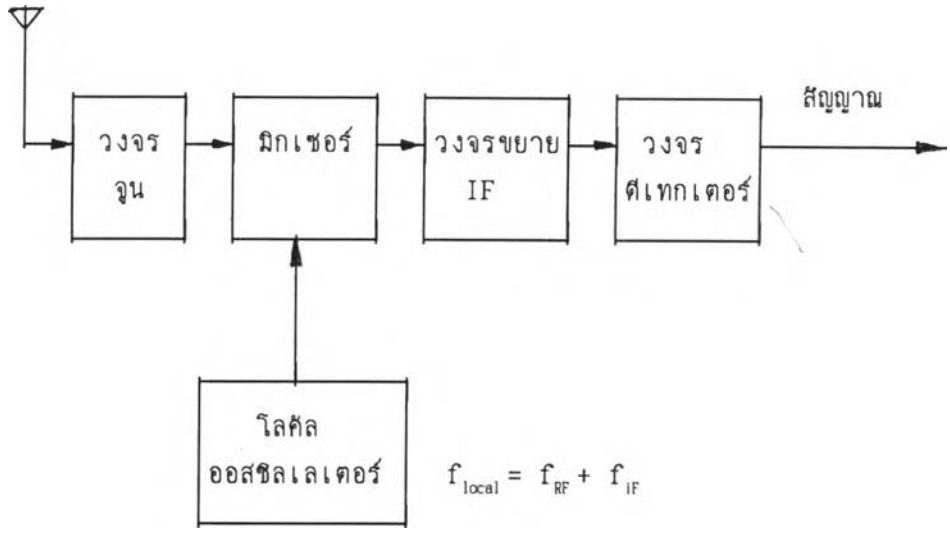
f_d = ช่วงความถี่เบี่ยงเบน
f_m = ความถี่ของสัญญาณที่จะเข้ามามอดูเลต



รูปที่ 2.12 การมอดูเลตทางความถี่

2. เครื่องรับวิทยุ

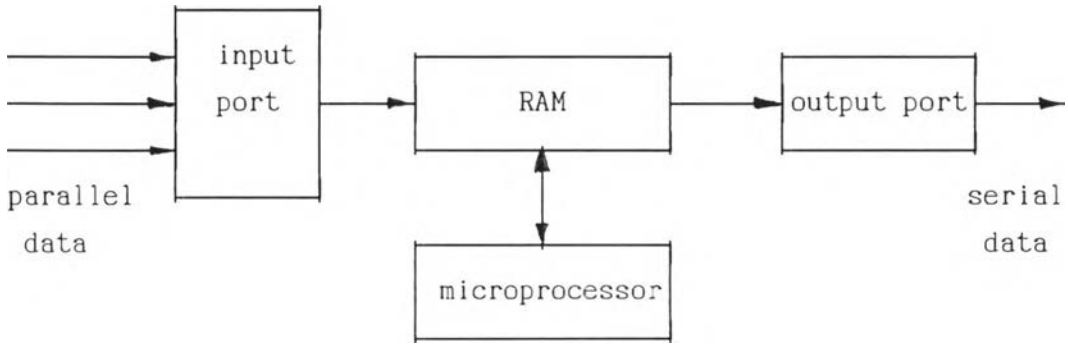
เครื่องรับวิทยุเป็นอุปกรณ์ปลายทางที่ทำหน้าที่รับข้อมูล หรือข่าวสารจากเครื่องส่งด้วยสายอากาศและ วงจรจูน (tune circuit) เฉพาะความถี่คลื่นพาหะ ในระบบซูเปอร์เฮตเตอร์ไรไดน์(superheterodyne) สัญญาณที่รับได้จะถูกแปลงเป็นความถี่ปานกลาง (intermediate frequency ; IF) ด้วยการผสมกับความถี่ที่เครื่องรับผลิตขึ้นในวงจรผสมความถี่ (mixer) สัญญาณความถี่ปานกลางจะถูกขยาย และแยกสัญญาณผสมออกจากคลื่นพาหะนำไปใช้งานต่อไป แผนการทำงานของเครื่องรับระบบซูเปอร์เฮตเตอร์โรไดน์แสดงในแผนภาพรูปที่ 2.13 ความถี่ของโลคัลออสซิลเลเตอร์ (local oscillator) จะมีค่าเท่ากับความถี่ของคลื่นพาหะรวมกับความถี่ปานกลาง



รูปที่ 2.13 แผนภาพของเครื่องรับแบบซูเปอร์เฮตเตอร์โรไดน์

<u>การควบคุมขั้นตอนการส่งข้อมูลเชิงตัวเลข</u>

เนื่องจากในระบบสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย ไม่สามารถส่งข้อมูลเชิงตัวเลขแบบขนาน (parallel data) ที่ได้จากการแปลงสัญญาณอนาลอกได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการควบคุมการแปลงข้อมูลเชิงตัวเลขแบบอนุกรม ตามมาตรฐานสากล (RS-232C) และทำการจัดชุดข้อมูลให้อยู่ในพิกัดการส่งข้อมูลแต่ละชุดเป็นช่วง ๆ รวมทั้งควบคุมการรับและแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นลำดับขั้น จึงจำเป็นต้องมีระบบควบคุมขั้นตอนการทำงานทางด้านเครื่องส่ง ให้ส่งข้อมูลตามช่วงเวลาดังกล่าวด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมลำดับขั้นการทำงานรวมทั้งการจัดชุดข้อมูลไปยังปลายทางจะช่วยให้ฮาร์ดแวร์ของระบบมีขนาดเล็ก และสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าน้อย[8] เช่นเดียวกันทางด้านเครื่องรับข้อมูลอนุกรมที่รับได้จะต้องจัดการให้มีรูปแบบตามกระบวนการวิเคราะห์สเปกตรัมนิวเคลียร์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมควบคุมการรับและแสดงผลอย่างรวดเร็วด้วย



รูปที่ 2.14 แผนภาพการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการส่งสัญญาณเชิงตัวเลข