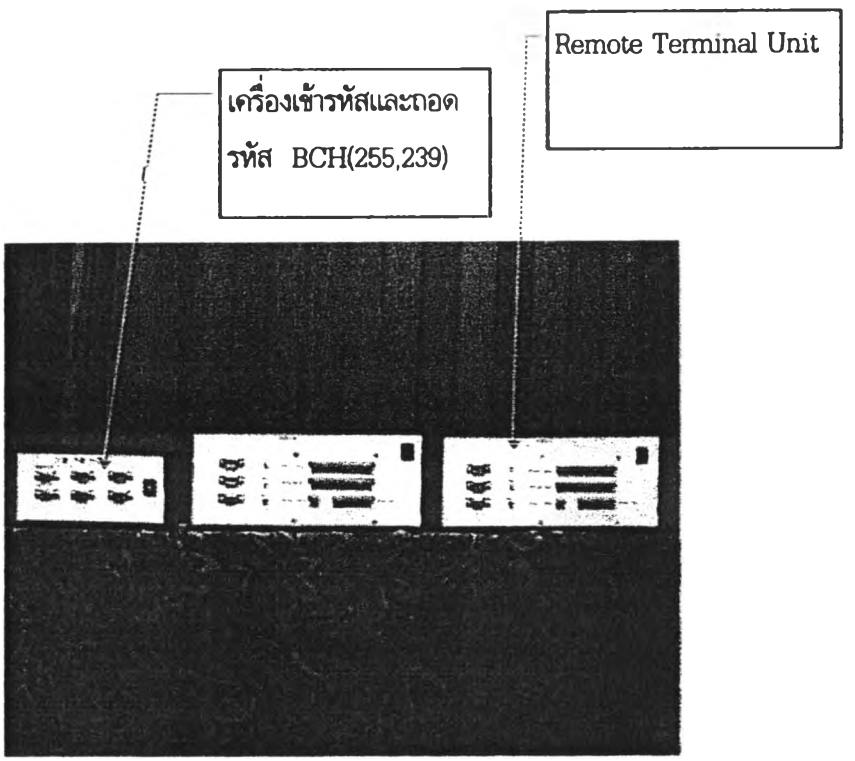
บทที่ 4

การทดสอบระบบ

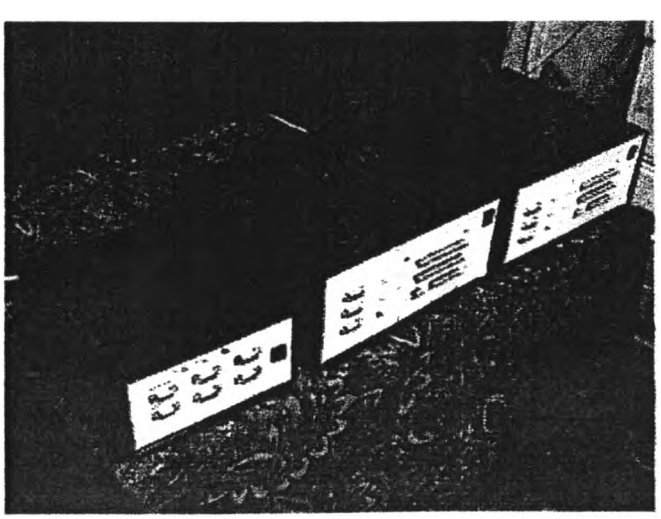
4.1 ขั้นตอนการพัฒนา



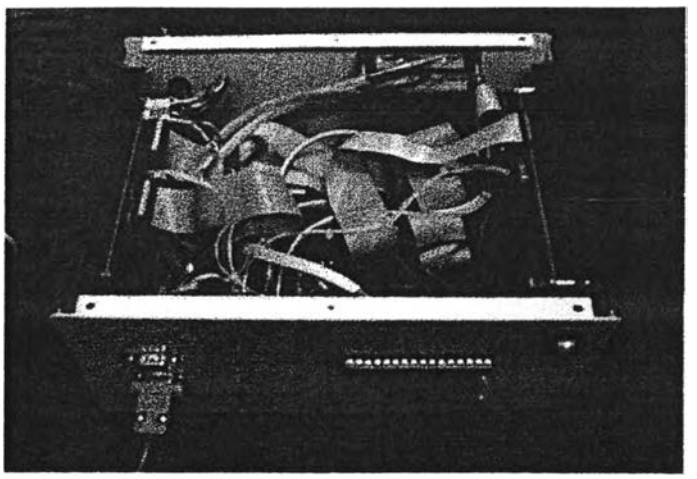
รูปที่ 4.1 แสดงภาพด้านหน้าของอุปกรณ์ของ RTU และ เครื่องเข้ารหัสและถอดรหัส

อุปกรณ์ที่สร้างมีดังนี้

1. เครื่องเข้ารหัสและถอดรหัส BCH(255,239) สัญญาณจากสถานีแม่ข่าย ไปยัง สถานีลูกข่าย และแปลงสัญญาณจาก RS232 เป็น RS422
2. กล่องสถานีลูกข่าย (RTU) จำนวน 2 กล่อง
3. ซอฟต์แวร์สำหรับสถานีแม่ข่ายโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์



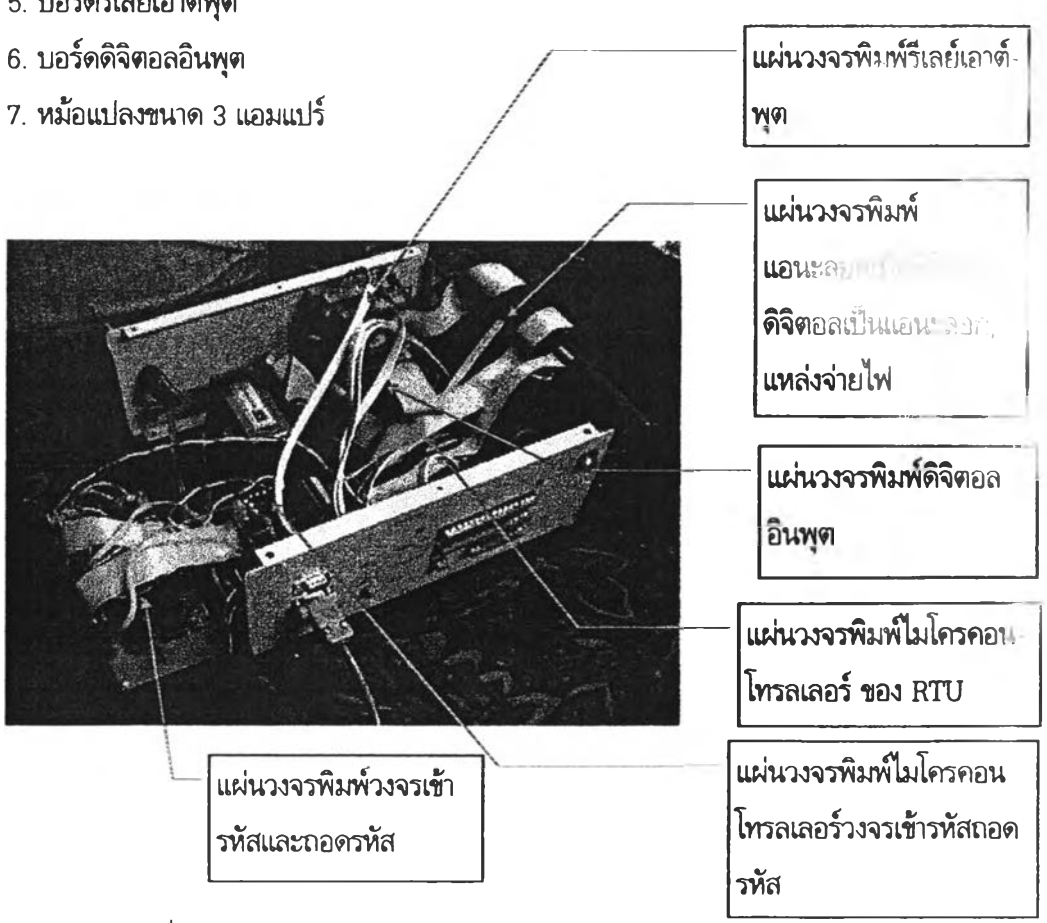
รูปที่ 4.2 แสดงภาพด้านมุมของอุปกรณ์ RTU และ เครื่องเข้ารหัสและถอดรหัส



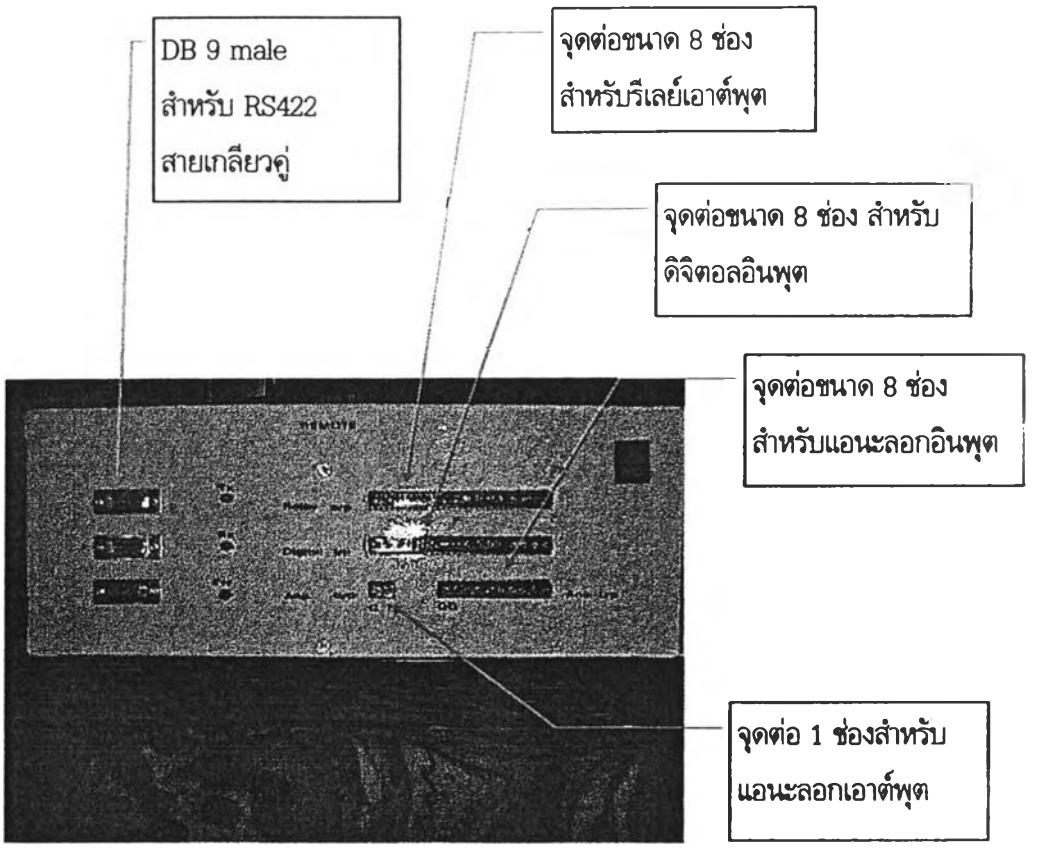
รูปที่ 4.3 แสดงภาพบอร์ดต่างๆภายในอุปกรณ์ RTU

ภาพแสดง อุปกรณ์ภายในของ RTU ซึ่งประกอบด้วยบอร์ดต่างๆ ดังนี้

1. บอร์ดแหล่งจ่ายไฟ และ แอนะลอกเป็นดิจิตอล, ดิจิตอลเป็นแอนะลอก, DIP สวิตช์สำหรับบอกแอดเดรสของ RTU
2. บอร์ดสำหรับวงจรเข้ารหัสและถอดรหัส
3. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับวงจรเข้ารหัสและถอดรหัส
4. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับ RTU
5. บอร์ดรีเลย์เอาต์พุต
6. บอร์ดดิจิตอลอินพุต
7. หม้อแปลงขนาด 3 แอมแปร์



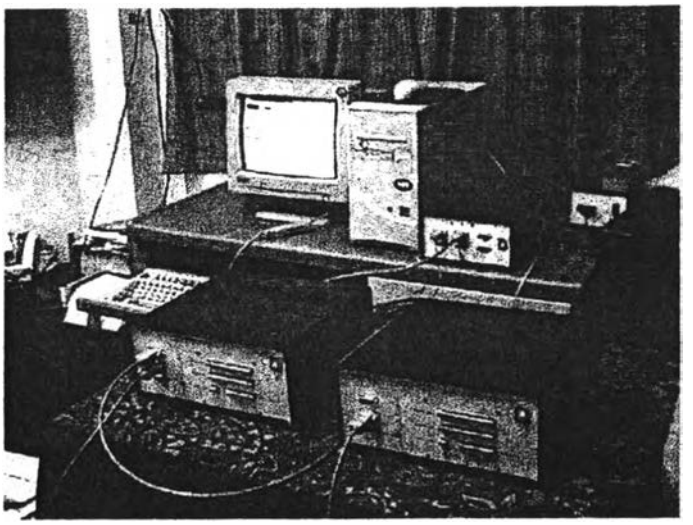
รูปที่ 4.4 แสดงภาพรายละเอียดตำแหน่งของบอร์ดต่างๆ ภายใน RTU



รูปที่ 4.5 แสดงภาพรายละเอียดของจุดต่อต่างๆ ของ RTU

ด้านหน้าของ RTU จะประกอบด้วย จุดต่อต่างๆ ดังนี้

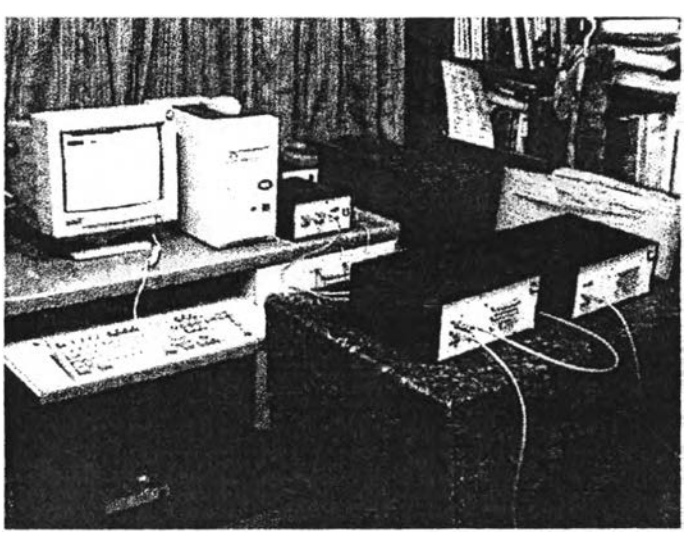
1. DB9 ตัวผู้ 2 ตัว สำหรับรับ-ส่ง สัญญาณจาก สถานีแม่ข่าย โดยเป็นสัญญาณ RS422
2. DB9 ตัวเมีย 1 ตัว สำหรับต่อรับ-ส่ง สัญญาณโดยตรงจากสถานีแม่ข่าย โดยเป็นสัญญาณ RS232 และ ไม่ผ่าน วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส
3. จุดต่อขนาด 8 ช่องเอาต์พุต สำหรับรีเลย์
4. จุดต่อขนาด 8 ช่องอินพุต สำหรับดิจิตอลอินพุท
5. จุดต่อขนาด 1 ช่องอินพุต สำหรับแอนะลอก
6. จุดต่อขนาด 8 ช่องอินพุต สำหรับแอนะลอก



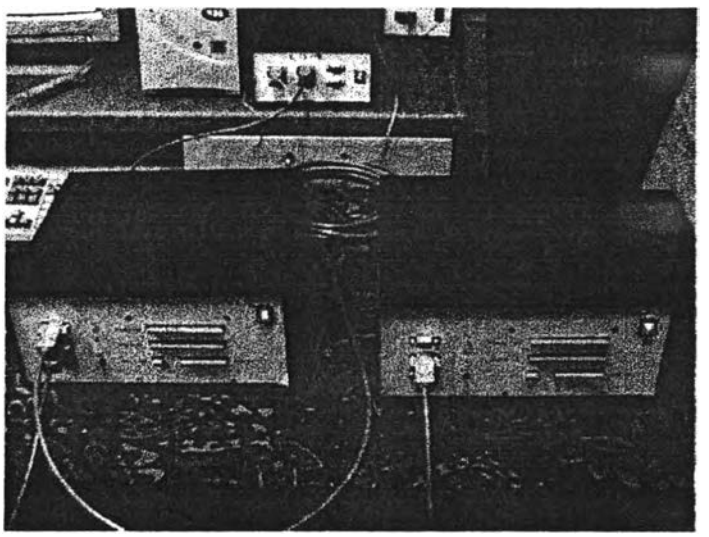
รูปที่ 4.6 แสดงการเชื่อมต่อระบบ1

การต่อเชื่อมระบบ

เราจะทำการต่อเชื่อมระบบโดยต่อ สายสัญญาณRS232 จากไมโครคอมพิวเตอร์ มายังเครื่องเข้ารหัสและถอดรหัส เพื่อทำการเข้ารหัสสัญญาณ จากนั้นส่งต่อไปยังส่วนแปลงสัญญาณจาก RS232 เป็น RS422 สัญญาณที่ถูกเข้ารหัส จะส่งต่อไปยัง สถานีลูกข่าย ซึ่งเมื่อสถานีลูกข่ายรับ RS422 ก็จะแปลงกลับเป็น RS232 แล้วทำการถอดรหัสสัญญาณถ้ามีการผิดพลาดก็จะทำการแก้ไข และส่งสัญญาณต่อไปยัง บอร์ดของ RTU โดยตรงและแปลงคำสั่งต่างๆ ที่ถูกส่งมาจากสถานีแม่ข่าย จากนั้นสถานีลูกข่ายก็จะทำการเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ดิจิตอลอินพุต, แอนะลอกอินพุต เพื่อส่งกลับไปยังสถานีแม่ข่าย โดยส่งสัญญาณจากบอร์ด RTU ผ่านไปยังส่วนของวงจรถอดรหัส และแปลงสัญญาณ จาก RS232 ไปเป็น RS422 เพื่อส่งกลับไปยังสถานีแม่ข่าย

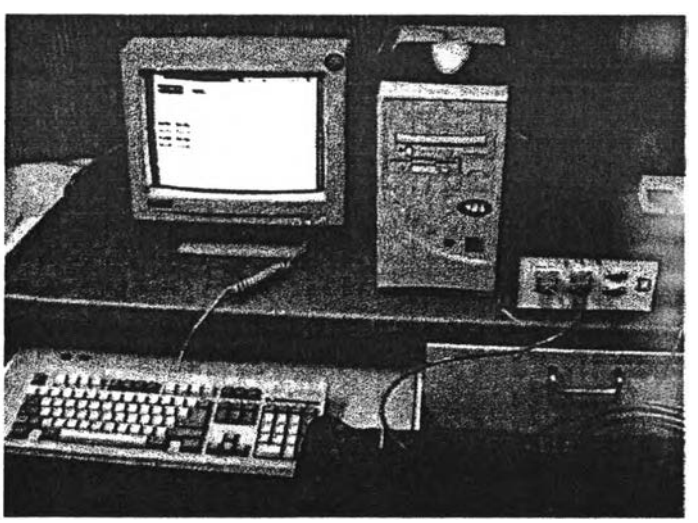


รูปที่ 4.7 แสดงการเชื่อมต่อระบบ2

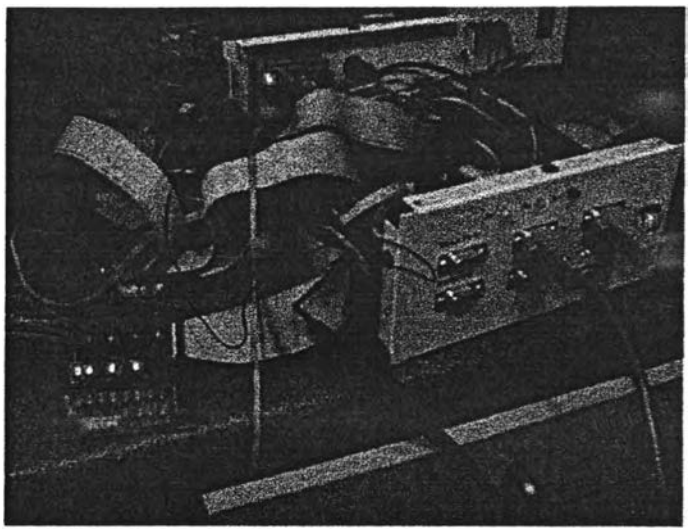


รูปที่ 4.8 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง RTU

ภาพแสดงการต่อเชื่อมสายสัญญาณระหว่าง สถานีลูกข่าย ไปยังสถานีลูกข่าย โดยที่สัญญาณจะเป็นในลักษณะมัลติดร็อป

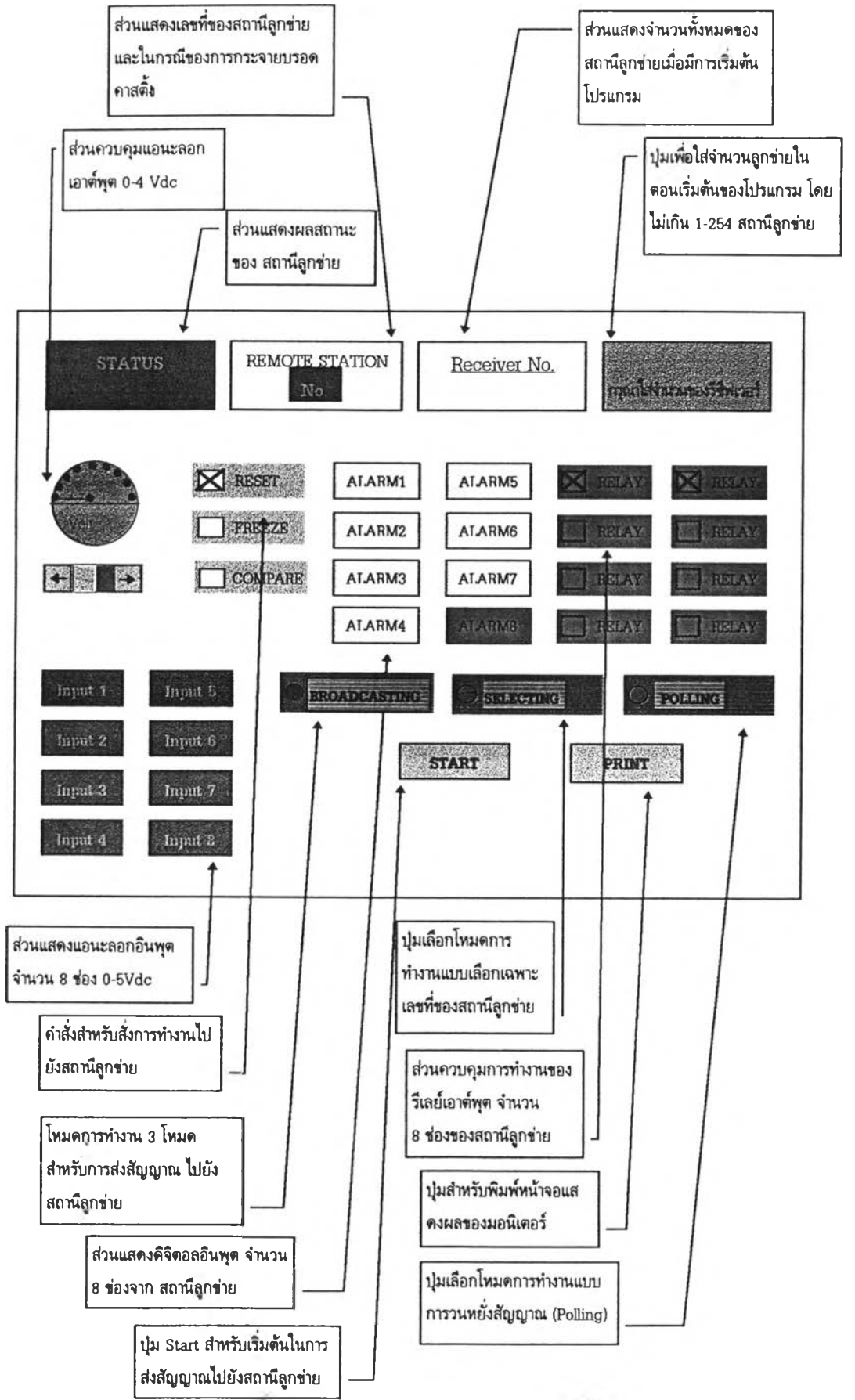


รูปที่ 4.9 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องเข้ารหัสและถอดรหัส



รูปที่ 4.10 แสดงภาพทดสอบหาค่าหน่วงเวลาของเครื่องเข้ารหัสและถอดรหัส

แสดงการทดสอบการทำงานของวงจรเข้ารหัสและถอดรหัส โดยแสดงผลผ่าน LED ซึ่งเป็นการตรวจสอบการทำงานของบล็อกชิงโครไนเซชั่น และ การวัดค่าเวลาของการทำงานของวงจรเข้ารหัสและถอดรหัส



รูปที่ 4.11 แสดงภาพของมอนิเตอร์ของสถานีแม่ข่าย

4.2 การวัดค่าหน่วงเวลาและผลการทดสอบระบบ

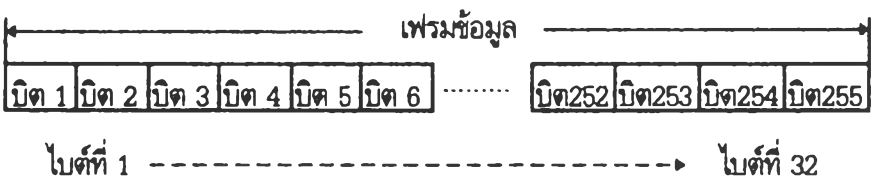
การหน่วงเวลาเมื่อมีการรับ-ส่ง ข้อมูลผ่าน วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส

ส่วนของวงจรเข้ารหัส จากการวัดค่าหน่วงเวลาโดยการ รับข้อมูลจำนวน 31 ไบต์ (รวมไบต์สิ้นสุด) ที่ความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที เข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำจากนั้นส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านวงจร Encode และอ่านค่ารหัสรักษาความปลอดภัย จำนวน 2 ไบต์ เวลาที่เสียไปคือ 35 มิลลิวินาที

ส่วนของวงจรถอดรหัส จากการวัดค่าหน่วงเวลา เมื่อมีการจำลองการเกิดการผิดพลาดของข้อมูล ณ ตำแหน่งต่างๆ ได้ดังนี้

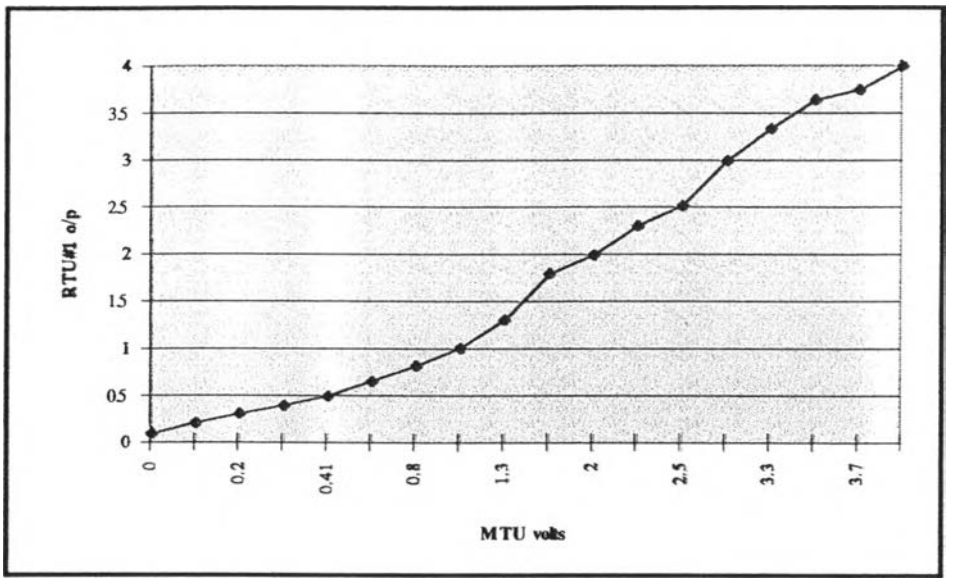
1. ในกรณีที่ไม่มีการผิดพลาดในบิตใดๆ จะหน่วงเวลาสำหรับการตรวจสอบ เท่ากับ 0.5 มิลลิวินาที
2. ในกรณีที่มีการผิดพลาด

บิตผิดพลาด 1 ตำแหน่ง ไบต์ที่ 1 จะ เสียเวลาในการตรวจสอบบิตผิดพลาดและแก้ไข เท่ากับ 0.75 มิลลิวินาที
บิตผิดพลาด 1 ตำแหน่ง ไบต์ที่ 32 จะเสียเวลาในการตรวจสอบบิตผิดพลาดและแก้ไข เท่ากับ 8 มิลลิวินาที
บิตผิดพลาด 2 ตำแหน่ง ไบต์ที่ 1,32 จะเสียเวลาในการตรวจสอบบิตผิดพลาดและแก้ไข เท่ากับ 30 มิลลิวินาที
บิตผิดพลาด 2 ตำแหน่ง ไบต์ที่ 32 จะเสียเวลาในการตรวจสอบบิตผิดพลาดและแก้ไข เท่ากับ 750 มิลลิวินาที
บิตผิดพลาด 2 ตำแหน่ง ไบต์ที่ 31 จะเสียเวลาในการตรวจสอบบิตผิดพลาดและแก้ไข เท่ากับ 710 มิลลิวินาที
จะเห็นว่าการใช้เวลาในการตรวจสอบบิตผิดพลาดและแก้ไข สำหรับไบต์ที่มีบิตผิดพลาดอยู่ในตำแหน่งที่มีนัยสำคัญสูง ๆ จะทำให้การหาบิตผิดพลาดต้องมีการค้นหาตำแหน่งที่ผิดพลาดจากการเปิดตาราง ซึ่งตำแหน่งในตารางจะมีการเรียงลำดับนัยสำคัญจากน้อยไปมาก โดยมีทั้งหมด 255 ลำดับตามจำนวนบิตข้อมูลใน 1 เฟรม

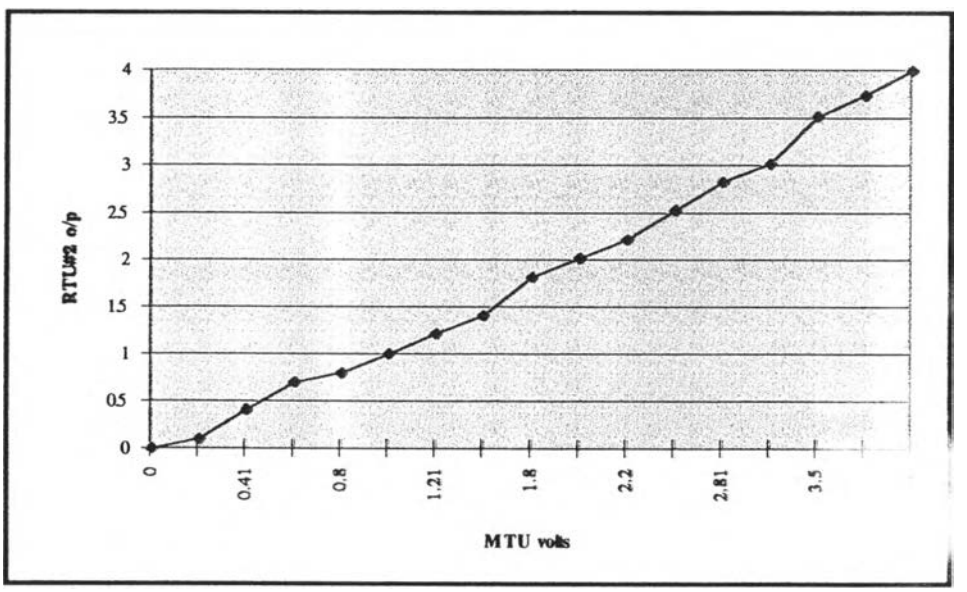


ทำให้เสียเวลาจากการคำนวณโดยจะมีการเปิดตารางจากการคำนวณและแทนค่าในสมการตามขอบเขต รูปที่ 3.10 ดังนั้นถ้าบิตผิดพลาดอยู่ในตำแหน่งที่เป็นลำดับต้นของเฟรมข้อมูล จะทำให้เวลาในการตรวจสอบน้อยกว่าบิตผิดพลาดที่อยู่ในลำดับท้ายของเฟรมข้อมูล

ในกรณีของการหาบิตผิดพลาด 1 ตำแหน่งกับ 2 ตำแหน่งนั้นเวลาที่แตกต่างกันเนื่องมาจากการคำนวณสมการจะสามารถลดทอนลงเป็นอย่างมากในกรณีที่เกิดบิตผิดพลาดเพียงตำแหน่งเดียวโดยเราสามารถตรวจสอบบิตผิดพลาด 1 ตำแหน่ง กับบิตผิดพลาด 2 ตำแหน่งได้จาก กำลังของ Syndrome3 เท่ากับ 3 เท่าของกำลังของ Syndrome1 ซึ่งจะการตรวจสอบนี้ทำให้กรณีที่เกิดบิตผิดพลาด 1 ตำแหน่งเราจะลดเวลาการคำนวณในโปรแกรมได้มาก

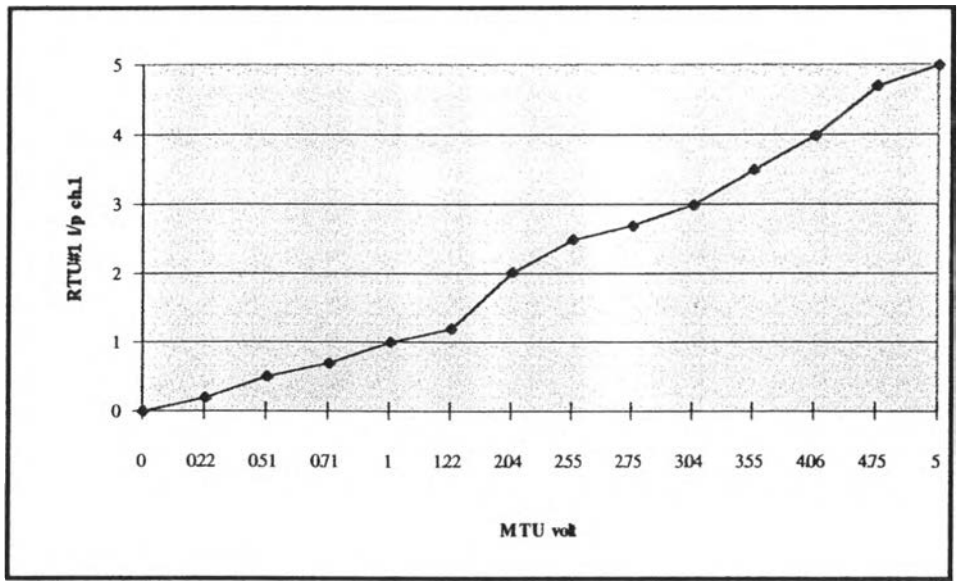


รูปที่ 4.12 แสดงแอนะลอกเอาต์พุตของสถานีลูกข่ายตัวที่หนึ่ง

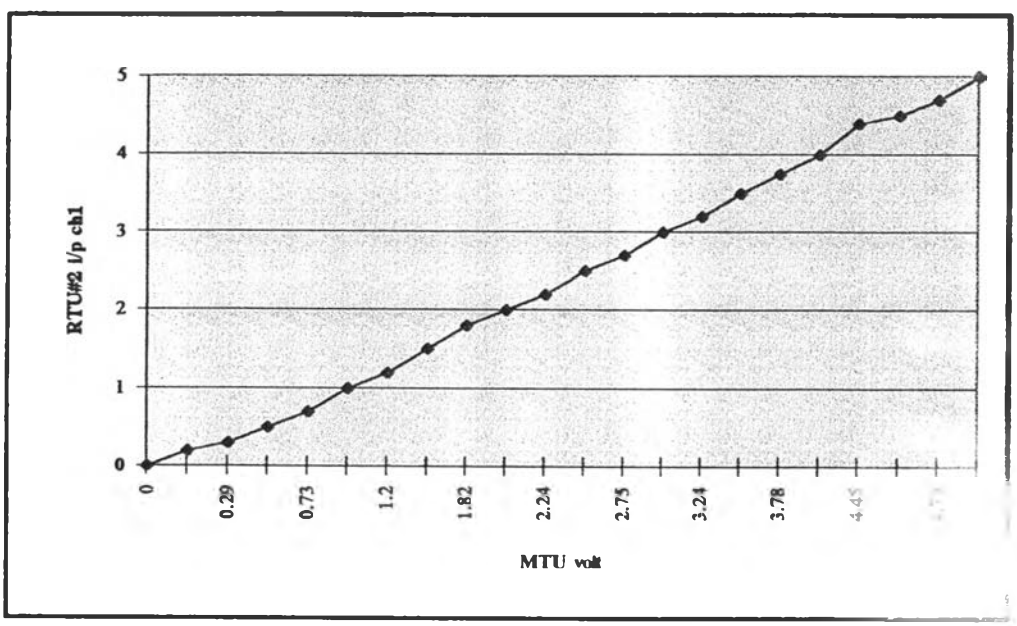


รูปที่ 4.13 แสดงแอนะลอกเอาต์พุตของสถานีลูกข่ายตัวที่สอง

จากรูปที่ 4.12, 4.13 แสดงถึงแอนะลอกเอาต์พุตของสถานีลูกข่ายทั้งสองหน่วย จะเห็นว่ามีค่าออฟเซ็ต (offset) ประมาณ 100 มิลลิโวลต์ที่สถานีลูกข่ายตัวที่หนึ่ง แต่ค่าออฟเซ็ตเอาต์พุตของสถานีลูกข่ายตัวที่สอง จะมีค่าน้อยกว่ามาก ซึ่งเป็นค่าออฟเซ็ตของ IC Opamp ที่ภาคเอาท์พุทของ วงจรแปลงดิจิตอลเป็นแอนะลอก เช่นเดียวกับค่าสูงสุดโดยเมื่อมีการควบคุมให้เอาต์พุตมีค่าสูงสุดที่ 4 โวลต์



รูปที่ 4.14 แสดงแอนะลอกอินพุตช่องที่ 1 ของสถานีลูกข่ายตัวที่หนึ่ง



รูปที่ 4.15 แสดงแอนะลอกอินพุตช่องที่ 1 ของสถานีลูกข่ายตัวที่สอง

จากรูปที่ 4.14, 4.15 แสดงถึงแอนะลอกอินพุตช่องที่ 1 ของสถานีลูกข่ายทั้ง 2 หน่วย ซึ่งจากกราฟ จะเห็นว่า เป็นกราฟที่เป็นเส้นตรงที่ดีโดยไม่มีค่าออฟเซ็ตใดๆ