# บทที่ 3

## การพัฒนาระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรดสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์

### 3.1 ระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรดสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์

ระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรดสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ที่พัฒนาขึ้นนี้ เป็นระบบที่ใช้แสงอินฟราเรดเป็นพาหะในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ซึ่งเป็นอุปกรณ์รับส่งต้นทางและไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์รับส่งปลายทาง โดยการแปลงรหัสที่อยู่ในรูปของข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอะนาลอก 2 ความถี่ คือ ข้อมูลดิจิตอลในสภาวะ ลอจิก "1" แทนด้วยสัญญาณอะนาลอก 1200 Hz และข้อมูลดิจิตอลในสภาวะ ลอจิก "0" แทนด้วยสัญญาณอะนาลอก 2200 Hz วิธีการนี้สอดคล้องกับมาตรฐาน Bell 202 สัญญาณอะนาลอก 2 ความถี่ที่ได้จะถูกนำมามอดูเลตกับแสงอินฟราเรดในระบบ FMโดยมีความถี่พาหะของแสงอินฟราเรดขนาด 110 kHz และ 256 kHz สำหรับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางและอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง ตามลำดับ ข้อมูลที่อยู่ในรูปสัญญาณแสงอินฟราเรดจะถูกรับและดีมอดูเลตในระบบ FM ซึ่งจะให้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณอะนาลอก 2 ความถี่ ที่สอดคล้องกับข้อมูลดิจิตอลที่ถูกแปลงในช่วงแรกก่อนที่จะส่งมา สัญญาณอะนาลอกที่ดีมอดูเลตจะถูกแปลงกลับไปเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์นำไปประมวลผลต่อไป สำหรับข้อมูลที่ได้มาจากระบบนิวคลีออนิกส์ โดยทั่วไปจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1. ข้อมูลดิจิตอล ได้แก่ เอาต์พุตจาก SCA หรืออุปกรณ์วิเคราะห์แบบช่องเดียว เอาต์พุตจาก สเกลเลอร์ที่เป็นรหัส BCD (Binary Coded Decimal) ฯลฯ

3.1.2. ข้อมูลอะนาลอก ได้แก่ เอาต์พุตจากวงจรขยายสัญญาณหลักและเอาต์พุตจาก เรตมิเตอร์ 0 – 100 มิลลิโวลต์ ฯลฯ

### 3.2 ข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ

3.2.1 ระบบรับส่งข้อมูลใช้แสงอินฟราเรดเป็นพาหะในการรับส่งข้อมูล

3.2.2 การแปลงรหัสข้อมูลจะใช้ตามมาตรฐาน Bell 202 คือ รับส่งข้อมูลโดยใช้การแปลงสัญญาณแบบ FSK โดยความถี่ 1200 Hz แทน ลอจิก "1" และ 2200 Hz ลอจิก "0" ที่อัตราการเปลี่ยนแปลงข้อมูล 1200 ข้อมูลต่อวินาที ทั้งอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางและอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

3.2.3 สามารถรับสัญญาณจากอุปกรณ์วัดนิวคลีออนิกส์ได้หลายชนิดทั้งที่เป็นสัญญาณ

อะนาลอกและดิจิตอล ได้แก่ เรตมิตอร์ (0 – 100 mV) สเกลเลอร์ (BCD) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นกับเรตมิเตอร์ทั้งในลักษณะของระบบวัดอินทิกรัล และดิฟเฟอเรนเชียล

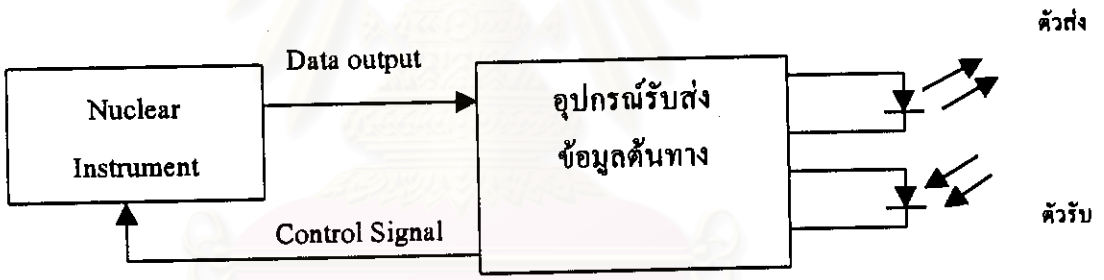
3.2.4 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกและแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล มีความละเอียด 8 บิต

3.2.5 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาแอสแซมบลี

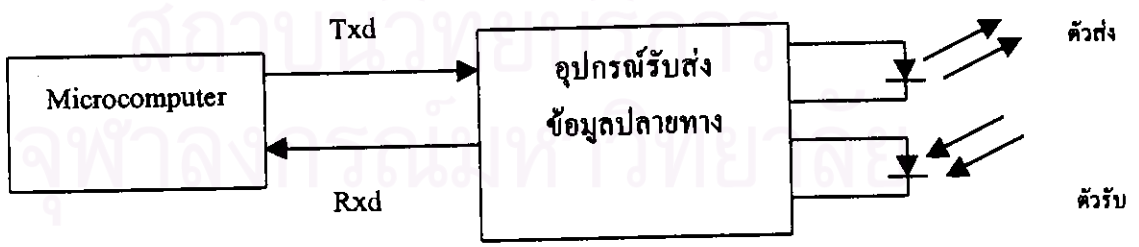
3.2.6 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ พัฒนาโปรแกรมควบคุมและประมวลผลด้วยภาษาปาสคาล

## 3.3 การพัฒนาระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรดสำหรับอุปกรณ์วัดนิวคลีออนิกส์

กาพรวมของระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรด สำหรับอุปกรณ์วัดนิวคลีออนิกส์ มีลักษณะดังรูปที่ 3.1



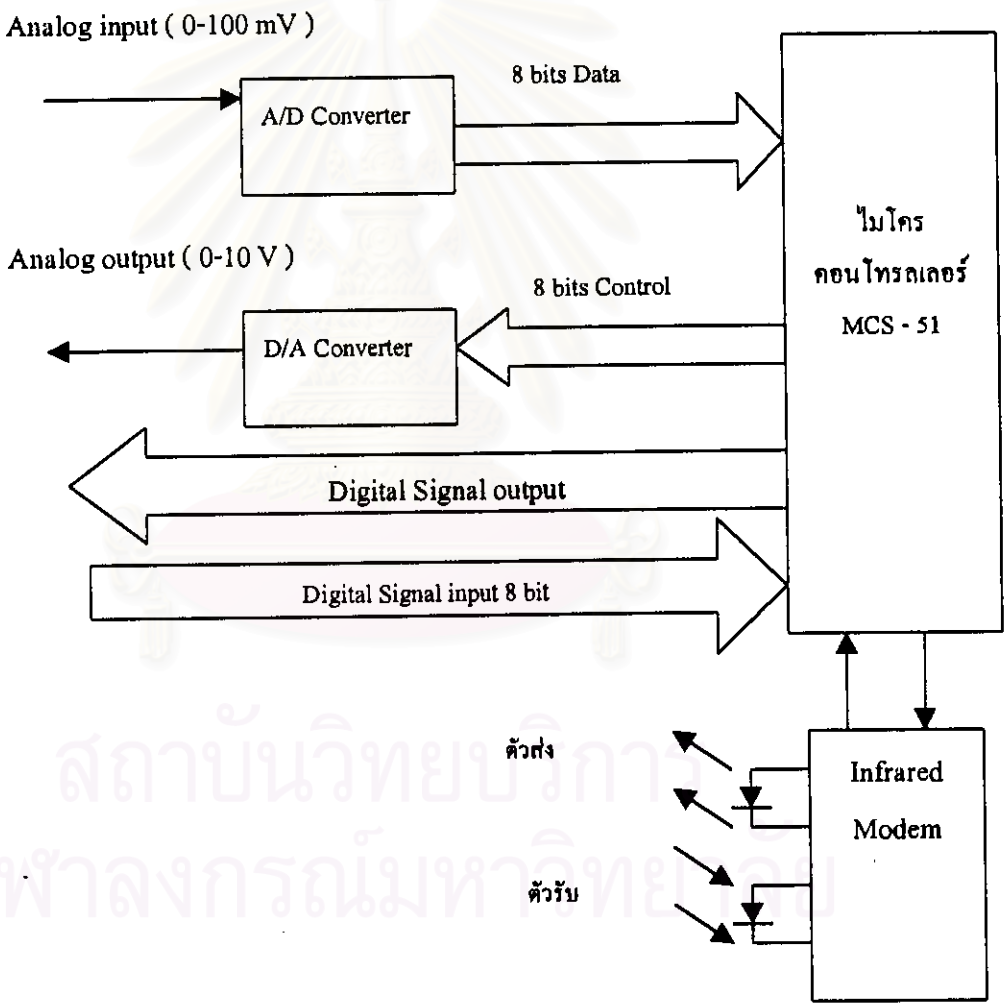

รูป 3.1 ก. อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง




รูปที่ 3.1 ข. อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

3.3.1 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง

อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางได้ถูกออกแบบให้สามารถรับสัญญาณเอาต์พุต จากอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ได้ทั้งสัญญาณอะนาลอกและดิจิตอล และสัญญาณเอาท์พุตเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ได้ทั้งสัญญาณอะนาลอกและดิจิตอล อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางมีส่วนประกอบสำคัญคือวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล(A/D Converter) วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอะนาลอก (D/A Converter) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) อินฟราเรดโมเด็ม (Infrared Modem) และโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.2




รูปที่ 3.2 โครงสร้างของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง

จากรูปที่ 3.2 ในกรณีที่เอาต์พุตของอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์อยู่ในรูปสัญญาณอะนาลอกที่มีขนาด 0 – 100 มิลลิโวลต์ สัญญาณนี้จะถูกส่งผ่านมาที่ ADC เพื่อแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีขนาด 0 – 255 ระดับ ขึ้นอยู่กับขนาดของอินพุต การเปลี่ยนแปลงในแต่ละระดับมีค่าเท่ากับ 100 มิลลิโวลต์ / 256 ระดับ = 0.40 มิลลิโวลต์ / ระดับ สัญญาณนี้ จะถูกส่งไปยัง บัสคอนโทรลเลอร์ (Bus Controller) ภายในเพื่อเลือกส่งให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อมีการติดต่อขอข้อมูล นอกจากนั้นแล้วบัสคอนโทรลเลอร์สามารถรับสัญญาณดิจิตอลที่มาจากระบบวัดนิวคลีออนิกส์ได้โดยตรง แต่ต้องมีการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเพิ่มเติม สัญญาณ Analog output เป็นสัญญาณอะนาลอกขนาด 0 – 10 โวลต์ สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์บางชนิดเช่นควบคุมระดับ Low level discriminator (LLD) ของ SCA เพื่อเลือกพลังงานที่จะทำการวัด สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ในรูปดิจิตอล 8 บิต ( 256 ระดับ)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปของบริษัทอีทีที จำกัด ซึ่งใช้ CPU ในตระกูล MCS – 51 ได้แก่ เบอร์ 8032 ในส่วนนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลด้านทางในด้านต่างๆ ดังนี้

(1) อ่านข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต ที่ถูกแปลงมาจากวงจร ADC แล้วส่งออกทางพอร์ตอนุกรม

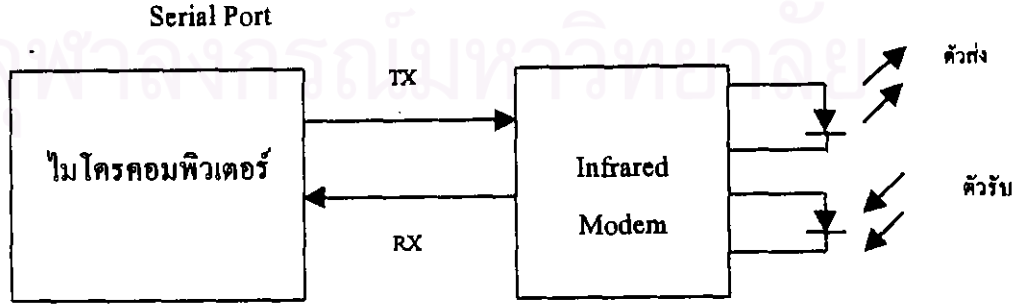
(2) ส่งคำสั่งในรูปข้อมูลดิจิตอลขนาด 8บิตให้กับวงจร DAC

(3) รับข้อมูลคำสั่งจาก พอร์ตอนุกรมที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์รับส่งปลายทาง

อินฟราเรดโมเด็ม คือ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลผ่านทางแสงอินฟราเรดที่มีขนาด บอดเรต1200 bps นอกจากทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลด้นทางกับระบบส่งข้อมูลปลายทางแล้วยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลสำหรับควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

3.3.2 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางจะมีส่วนประกอบ ดังรูปที่ 3.3




รูปที่ 3.3 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

ไมโครคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางและการแสดงผลในรูปของเรตมิเตอร์ได้ด้วย สัญญาณควบคุมการทำงานของอุปกรณ์วัดนิวคลีออนิกส์จะถูกส่งผ่านทางพอร์ตอนุกรมของไมโครคอมพิวเตอร์ไปยังอินฟราเรดโมเด็มเพื่อทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของแสงอินฟราเรด แล้วส่งต่อไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง เมื่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางรับสัญญาณควบคุมได้ก็จะส่งข้อมูลนี้ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์วัดนิวคลีออนิกส์ในกรณีที่อุปกรณ์นี้ต้องการสัญญาณควบคุมในรูปของสัญญาณดิจิตอล สำหรับอุปกรณ์วัดนิวคลีออนิกส์บางชนิดที่ต้องการสัญญาณควบคุมในรูปสัญญาณอะนาลอกเช่น การปรับ LLD ของอุปกรณ์วิเคราะห์แบบช่องเดียว สัญญาณควบคุมนี้จะต้องถูกแปลงให้เป็นสัญญาณอะนาลอกเสียก่อนโดยวงจร DAC แล้วส่งสัญญาณตอบกลับมายังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางเพื่อปรับเลื่อน LLD ค่าต่อไป

3.3.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบรับส่งข้อมูล

โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรดสำหรับอุปกรณ์วัดนิวคลีออนิกส์ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

(1) โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง

โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง พัฒนาขึ้นด้วยภาษาแอส-แซมบลี (ASSEMBLY language) สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS –51 โดยโปรแกรมที่คอมไพล์แล้วจะอยู่ในรูปของ Intel HEX Format สามารถส่งจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง ผ่านอินฟราเรดโมเดมได้โดยใช้ บอดเรต 1200 bps

(2) โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง พัฒนาขึ้นด้วยภาษาปาส-คาลเวอร์ชัน 7.0 ซึ่งเป็นภาษาชั้นสูง มีรูปแบบการเขียนคำสั่งค่อนข้างจะเหมือนภาษาพูด ทำความเข้าใจกับตัวโปรแกรมได้ไม่ยาก

### 3.4 การออกแบบอินฟราเรดโมเด็ม

ในอินฟราเรดโมเด็มประกอบด้วยวงจร 2 ส่วน คือ

(1) วงจรแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นรหัสข้อมูล FSK และแปลงรหัสข้อมูล FSK กลับเป็นข้อมูลดิจิตอล

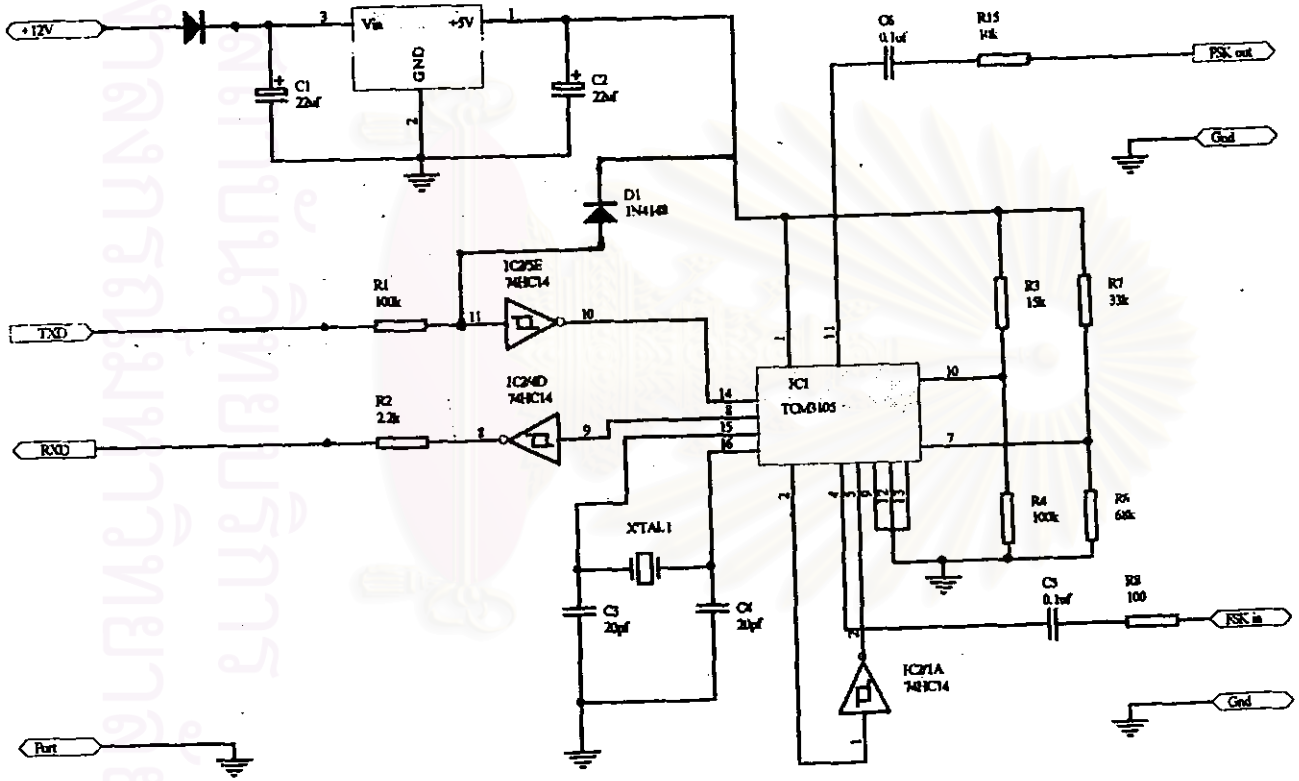
(2) วงจรมอดูเลต ข้อมูล FSK เข้ากับแสงอินฟราเรดและ วงจร ดีมอดูเลตแสงอินฟราเรดเป็นข้อมูล FSK

3.4.1 วงจรแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นรหัสข้อมูล FSK และแปลงรหัสข้อมูล FSK เป็นข้อมูลดิจิตอล มีการทำงานดังนี้

จากวงจรในรูปที่ 3.4 ค่าแรงดันไฟฟ้าสำหรับวงจร ส่งผ่านไปยัง IC3 ซึ่งเป็นไอซีเรกูเลเตอร์รักษาระดับแรงดันไฟให้คงที่ +5 โวลต์ เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้วงจร สัญญาณที่ขา Txd จะมีค่าประมาณ –10 โวลต์ เมื่อผ่าน R1 จำกัดกระแสและส่งผ่านไปยัง IC2/1ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์เกต ทำให้แรงดันที่ขา 14 มีแรงดันประมาณ 5 โวลต์ สัญญาณที่ ขา Rxd จะมีค่าประมาณ –10 โวลต์ เมื่อผ่าน R2 และอินเวอร์เตอร์เกต IC2/3 จะได้แรงดันไฟเอาต์พุท +5 โวลต์ สำหรับ D1-D2 ที่ต่ออยู่กับขาสัญญา Txd และ Rxd ทำหน้าที่ clipping แรงดันอินพุต

จากนั้นเมื่อมีคำสั่งในการส่งข้อมูลจากโปรแกรม จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคือ สัญญาณที่ขา RTS มีแรงดันไฟ +10โวลต์ เป็นช่วงๆ ตามคำสั่ง :TXD # และมีจำนวนครั้งตามคำสั่ง : RETRY # เมื่อ # คือค่าตัวเลขตามที่กำหนด เช่น TXD 15 และ : RETRY 25 สัญญาณที่ขา DTR จะมีแรงดันไฟออกมาสลับไปมาระหว่าง +10 โวลต์ และ –10 โวลต์ ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลความเร็ว 1200 บิตต่อวินาที ทำให้ IC1 ทำการผลิตความถี่เสียงออกมา 2 ค่า ตามมาตรฐานคือถ้าเป็น ลอจิก "0" หรือมีแรงดันส่งออกที่ขา DTR มีค่า +10 โวลต์ จะทำให้ผลิตความถี่เสียงเป็น 2200 Hz และถ้าเป็น ลอจิก "1" หรือมีแรงดันส่งออกที่ขา DTR เป็น –10 โวลต์จะทำให้ผลิตความถี่เสียงเป็น 1200 Hz กระบวนการในการผลิตสัญญาณความถี่เสียงนี้เกิดจากสถานะแรงดันที่ขา 14 โดย IC1 จะอาศัยชุดวงจรสร้างความถี่ภายใน ซึ่งใช้งานร่วมกับคริสตอลความถี่ 4.43361 MHz ที่ต่อรวมอยู่ภายนอกเป็นตัวกำหนดความถี่ออกมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 3.4 วงจรแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นรหัสข้อมูล FSK และแปลงรหัสข้อมูล FSK เป็นข้อมูลดิจิตอล

3.4.2 วงจรมอดูเลต ข้อมูล FSK เข้ากับแสงอินฟราเรด และวงจรดีมอดูเลตแสงอินฟราเรดเป็นข้อมูล FSK

วงจรถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือภาคส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณอินฟราเรด

(1) ภาคส่งสัญญาณ

การส่งสัญญาณใช้วิธีการมอดูเลชันแบบเอฟเอ็ม โดยใช้ชิพไอซี LM566 ทำหน้าที่เป็นออสซิเลเตอร์ที่สามารถควบคุมได้ด้วยแรงดัน (Voltage controlled oscillator, VCO) เอาต์พุตจาก VCO จะถูกผสมแล้วป้อนให้กับภาคขยายเอาต์พุตขับ LED อินฟราเรดทั้ง 8 ตัว รูปที่ 3.5 แสดงวงจรภาคส่งสัญญาณ แต่ละความถี่ ที่ได้จาก VCO ถูกเซตค่าโดยตัวเก็บประจุที่ขา 7 ซึ่งได้แก่ C6 และ C13 ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่อขาที่ขา 6 ของไอซี วงจร VCO ได้ออกแบบให้ใช้ความถี่กลางที่ 110 kHz สำหรับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางและออกแบบให้ใช้ความถี่กลางที่ 256 kHz สำหรับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง เอาต์พุตของ VCO ที่ขา 4 เป็นสัญญาณรูปสามเหลี่ยม และเมื่อผ่านวงจรกรองสัญญาณ RC จะได้สัญญาณรูปไซน์

การมอดูเลตความถี่ของแต่ละ VCO ทำได้โดยการป้อนสัญญาณที่ขา 5 ซึ่งเป็นอินพุตแรงดันควบคุมออสซิเลเตอร์ หรือเรียกได้ว่าเป็นมอดูเลชันอินพุต ตัวต้านทาน R6 R7 และ R15 R16 ทำหน้าที่ตั้งจุดทำงานสำหรับไอซี การเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 5 จะมีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนความถี่ของออสซิเลเตอร์ การเปลี่ยนแปลงแรงดันสูงสุดจะทำให้ความถี่เกิดเบี่ยงเบนสูงสุดด้วยจากความถี่กึ่งกลางที่ตั้งไว้ สัญญาณที่ผ่านวงจรในส่วนของ VCO แล้ว ถูกป้อนเข้าสู่ภาคขับ LED อินฟราเรด ซึ่งเป็นวงจรขยายสัญญาณ ทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q4โดยมี R21 ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลผ่าน LED อินฟราเรด การทำงานของวงจรต้องมีการควบคุมระดับสัญญาณที่ป้อนเข้าทางอินพุต เพื่อไม่ให้เกิดการโอเวอร์มอดูเลชันโดยปรับระดับสัญญาณได้ที่ VR1 ควบคุมการเบี่ยงเบนความถี่จากจุดกึ่งกลางที่ตั้งไว้นอกจาก VR1 ซึ่งเป็นตัวปรับระดับสัญญาณไม่ให้เกิดการโอเวอร์ ในอีกทางหนึ่งถ้าสัญญาณอ่อนเกินไปก็จะทำให้สัญญาณที่รับได้เกิดการรบกวนขึ้นมาก หรืออัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าต่ำ เพื่อปรับปรุงอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนจึงใช้การปรีเอมฟาซิสโดยใช้ตัวเก็บประจุบายพาส C4 และ C11 ที่ขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์และในส่วนของภาคขับเอาต์พุตออกแบบให้ทำงานแบบคลาสเอ เพื่อทำให้การส่งสัญญาณเป็นเชิงเส้นมากขึ้น

(2) ภาครับสัญญาณ

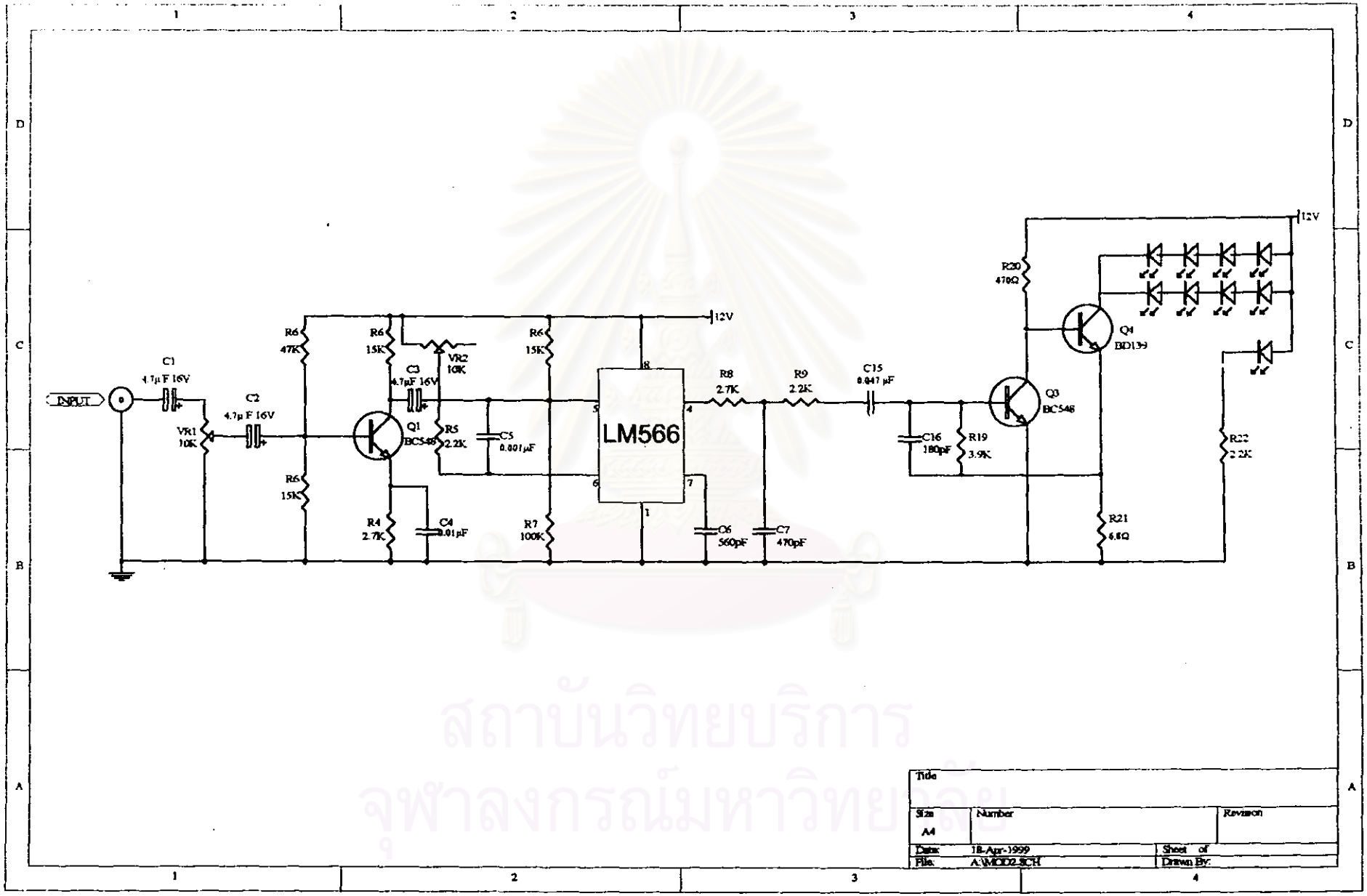
ทำหน้าที่สำคัญในการแยกสัญญาณเสียงออกจากความถี่พาหะดังแสดงวงจรภาครับสัญญาณในรูปที่ 3.6 วงจรดีเทกเตอร์ออกแบบโดยใช้ชิพ LM 565 เป็นไอซีเฟสลอกลูป (Phase lock loop) มาทำหน้าที่นี้ โดยมี C37 C38 ต่อที่ขา 9 และ R48 R49 VR5 และ VR6 ต่อที่ขา 8 ทำหน้าที่ตั้งความถี่กึ่งกลางให้กับ IC5 สำหรับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง ปรับตั้งไว้ที่ 110 kHz

กิโลเฮิรตซ์ และสำหรับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางปรับตั้งที่ความถี่ 256 kHz สัญญาณถูกป้อนเข้า IC5 ทางขา 3 ซึ่งผ่านวงจรปรีแอมปลิไฟเออร์และวงจรกรองสัญญาณมาแล้ว ตัวต้านทาน R42 ทำหน้าที่กำหนดจุดทำงานของ IC5

ในส่วนของวงจรปรีแอมปลิไฟร์มีการทำงานดังนี้ เมื่อไดโอดไวแสง D1 และ D2 ได้รับสัญญาณ ซึ่งมีระดับน้อยมากต้องทำการขยายสัญญาณก่อนเพื่อป้อนให้กับ LM565 โฟโต้ไดโอดทั้ง 2 ตัว ถูกต่อแบบไบแอสกลับและต่อในลักษณะขนานเพื่อทำให้การรับสัญญาณมีมุมรับกว้างขึ้น IC4 ได้รับหน้าที่ในการขยายสัญญาณในส่วนนี้ โดยออกแบบให้ทำงานในลักษณะเป็นเชิงเส้นสำหรับขยายสัญญาณขนาดเล็ก ด้วยการต่อตัวต้านทานป้อนกลับมายังอินพุต อัตราการขยายขึ้นอยู่กับค่าของตัวต้านทานป้อนกลับและตัวต้านทานอินพุตของวงจร สำหรับเหตุผลที่ใช้ค่าตัวต้านทานป้อนกลับมีค่าสูงก็เพื่อทำให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้มีเสถียรภาพที่ดี IC4/1 และ IC4/2 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากโฟโตไดโอด หลังจากนั้นถูกป้อนเข้าวงจร กรองสัญญาณชนิดแบนด์พาสเพื่อทำหน้าที่กรองความถี่ที่รับมาจากภาคส่ง สัญญาณความถี่ถูกขยายโดย IC4/3 และ IC4/4 สัญญาณที่ผ่านการขยายแล้วจะป้อนผ่านไปยัง IC5

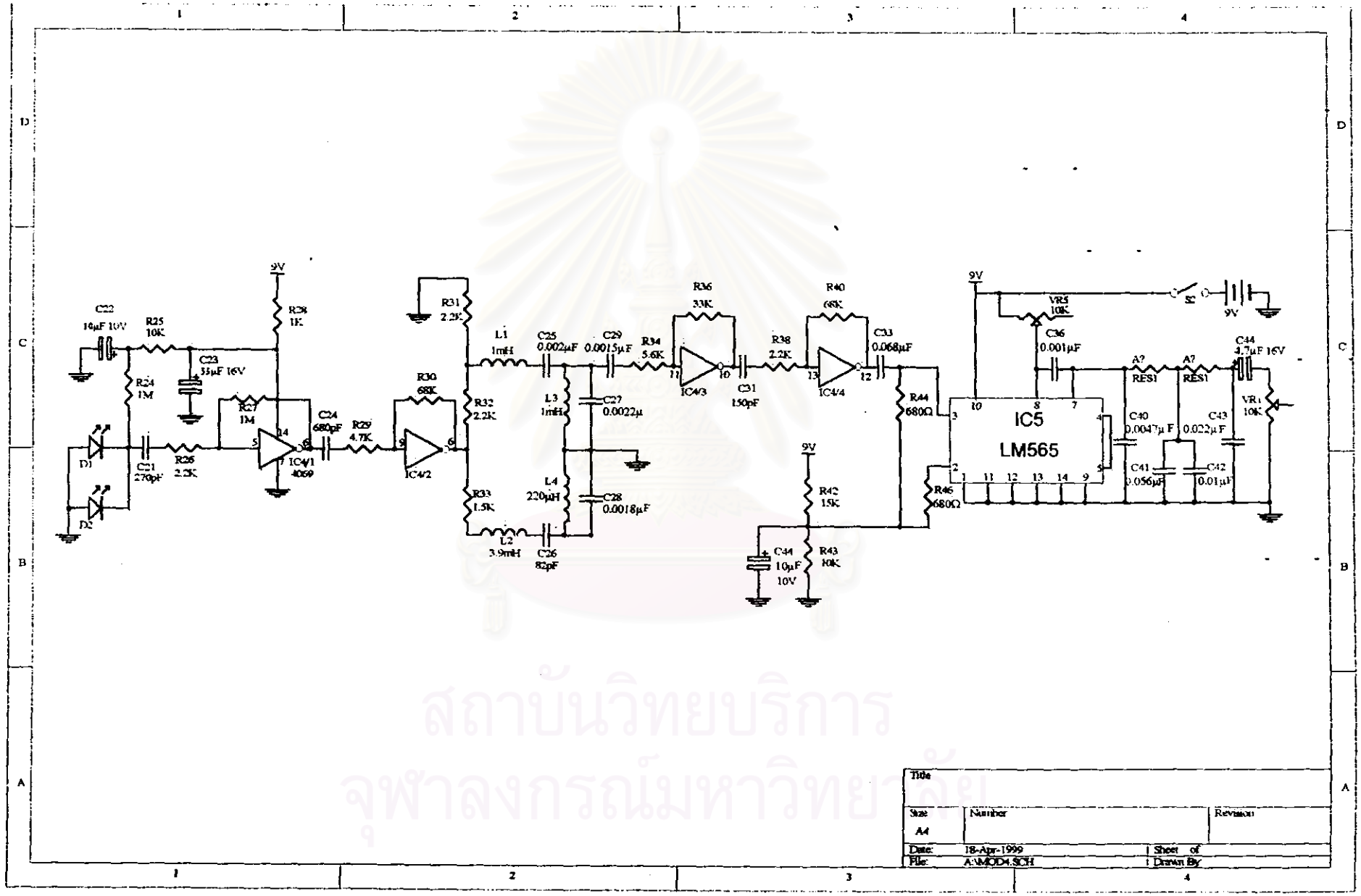
สัญญาณที่ได้จาก IC5 และ IC6 ถูกป้อนเข้าวงจรกรองสัญญาณแบบ RC อีกครั้ง เพื่อลดทอนความถี่พาหะที่เล็ดลอดออกมาและทำหน้าที่เป็นวงจรดีเอมฟาซิสด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 3.5 วงจรภาคส่งสัญญาณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 3.6 วงจรภาครับสัญญาณ**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.5 วงจร ADC

ไอซี ADC0804 จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล ขนาด8 บิต โดยใช้หลักการสุ่มรับสัญญาณอะนาลอกทางอินพุต (SAMPLING) แล้วนำขนาดของสัญญาณอะนาลอกนั้นมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงของวงจร แล้วเปลี่ยนเป็นค่าข้อมูลแบบดิจิตอล ซึ่งความเร็วในการสุ่มขนาดสัญญาณ (SAMPLING RATE) สามารถกำหนดได้จากความถี่ของสัญญาณนาฬิกาของวงจร ซึ่งค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกานี้สามารถกำหนดได้โดยวงจร R2 และ C5 โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้ คือ

$$f = 1 / (1.1\,RC)$$

เมื่อ f คือ ค่าความถี่ของการสุ่มขนาดของสัญญาณของไอซี ADC

R คือ ค่าความต้านทานของ R2 ในวงจร

C คือ ค่าความจุของ C5 ในวงจร

### 3.6 วงจร DAC

ไอซี DAC0832 จะทำหน้าที่นำข้อมูลอินพุตแบบดิจิตอลมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงของวงจรแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณอะนาลอกออกทางเอาต์พุต ซึ่งขนาดของสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับขนาดของข้อมูลอินพุตแบบเป็นสัดส่วนเชิงเส้น(LINEAR) โดยขนาดของสัญญาณเอาต์พุตนั้นสามารถแบ่งขนาดออกได้เป็นช่วง ๆ (STEP) ตามขนาดของไอซี DAC ที่ใช้ ค่า STEP นี้จะเป็นตัวแสดงถึงความละเอียดของสัญญาณเอาต์พุตของวงจร DAC ในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนข้อมูลอินพุต ว่ามีค่าข้อมูลเพิ่มขึ้น 1 ระดับขนาดของสัญญาณเอาต์พุตเพิ่มขึ้นเท่าไร ถ้าไอซี DAC มีจำนวนบิตมาก ค่าความละเอียดก็จะมากถ้าไอซี DAC มีจำนวนบิตน้อยค่าความละเอียดก็จะมีค่าน้อยตามไปด้วย

#### 3.6.1 ความสัมพันธ์ของอินพุตและเอาต์พุตของไอซี DAC

ไอซี DAC จะใช้การเปรียบเทียบจำนวนของข้อมูลอินพุตแบบดิจิตอล กับแรงดันอ้างอิงของวงจรแล้วจึงเปลี่ยนขนาดของข้อมูลอินพุตนั้นกลับเป็นสัญญาณแบบอะนาลอกส่งออกทางเอาต์พุต ซึ่งขนาดของข้อมูลอินพุต กับขนาดของสัญญาณเอาต์พุตมีความสัมพันธ์ ดังนี้คือ

- ถ้าค่าของข้อมูลอินพุตมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของข้อมูลสูงสุด (เป็นลอจิก "1" ทั้งหมดทุกบิต) จะได้ขนาดสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงของวงจร

- ถ้าค่าของข้อมูลอินพุตมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของข้อมูลสูงสุด จะได้ขนาดสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุต มีค่าเท่ากับค่าของแรงดันอ้างอิงของวงจรซึ่งขนาดของสัญญาณเอาต์พุตของวงจรถูกกำหนดโดยค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้คือ

(1) แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจร DAC

ค่าของแรงดันของแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้วงจร DAC นี้จะเป็นตัวกำหนดขนาดสูงสุดของสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตที่สามารถทำได้ แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงจากตัวบอร์ดเอง เป็นแรงดันไฟตรงแบบ บวก ลบ และ กราวนด์ เพื่อป้อนให้วงจร DAC ซึ่งมีค่าประมาณ 10 VDC ซึ่งแรงดันในส่วนนี้สร้างขึ้นจากไอซี MAX 232 ในวงจร ซึ่งจะจ่ายแรงดันนี้ให้กับวงจร DAC โดยตรงอยู่แล้ว แต่การเลือกใช้แหล่งจ่ายในตัวบอร์ดนี้มีข้อจำกัดอย่างหนึ่งคือ จะได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตสูงสุดมีค่าไม่เกิน +10V

แหล่งจ่ายไฟตรงจากภายนอกต้องเป็นแรงดันไฟตรงที่ผ่านการเร็กติฟาย (rectifier) และกรอง (filter) แล้วเท่านั้น ค่าแรงดันจากภายนอกจะต่อผ่านเข้ามาทางขั้วต่อ CONNECTOR CN3 โดยผู้ใช้สามารถกำหนดให้มีค่าสูงสุดได้ +15 VDC

(2) แรงดันอ้างอิงของวงจร (Voltage Reference หรือ Vref / 2)

แรงดันอ้างอิงของวงจรนี้เป็นจุดอ้างอิงมาตรฐานของวงจรเป็นตัวกำหนดความเที่ยงตรงในการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอะนาลอก ซึ่งวงจรต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความเที่ยงตรงสูง เพราะหากแรงดันอ้างอิงของวงจรไม่มีความเที่ยงตรงแน่นอนแล้วการทำงาน ของวงจรก็จะไม่คงที่ นั่นก็คือจะส่งผลให้ค่าของสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตที่ได้เปลี่ยนแปลงไม่คงที่ตามไปด้วย ถึงแม้ว่าค่าของข้อมูลอินพุตที่ป้อนให้ไอซี DAC จะมีขนาดคงที่ก็ตาม และแรงดันอ้างอิงของวงจรนี้ยังเป็นตัวกำหนดสัดส่วนของข้อมูลอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตอีกด้วย ในงานวิจัยนี้ใช้แรงดันอ้างอิง 5.00 volt

3.6.2 ค่าเกณฑ์การขยายของวงจร OP-AMP

เนื่องจากสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตที่ได้จากไอซี DAC นั้นมีขนาดต่ำไม่สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง จึงต้องใช้วงจรขยายขนาดของสัญญาณให้สูงขึ้น ดังนั้นเกณฑ์การขยายของวงจรจึงเป็นตัวกำหนดอัตราส่วนของขนาดสัญญาณสูงสุดที่ต้องการ ค่าของข้อมูลอินพุต (DATA) ค่าของข้อมูลอินพุตนี้เป็นตัวกำหนดขนาดของสัญญาณเอาต์พุตโดยตรง ซึ่งค่าของตัวแปรอื่น ๆ นั้นเรากำหนดเพียงครั้งเดียวแล้วกำหนดคงที่ไว้ที่ตำแหน่งนั้นเลย แต่ค่าของข้อมูลอินพุตนี้สามารถเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลง โดยตลอดเวลาเพื่อควบคุมขนาดของสัญญาณเอาต์พุตในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามความต้องการ ซึ่งถ้าค่าของข้อมูลมีค่ามากก็จะได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตมาก แต่ถ้าค่าของข้อมูลมีค่าน้อยก็จะทำให้ได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตน้อยตามไปด้วยเช่นกัน

3.6.3 การกำหนดค่าของข้อมูลเพื่อกำหนดขนาดของสัญญาณเอาต์พุต

การกำหนดค่าของข้อมูลอินพุตของไอซี DAC เพื่อให้ได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตตามความต้องการนั้น ก่อนอื่นต้องทราบความสามารถของไอซี DAC ก่อนว่าสามารถให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตต่อ STEP ก่อน แล้วจึงหาว่าต้องการได้ค่าสัญญาณเอาต์พุตขนาดเท่านี้แล้วต้องใช้กี่ STEP จึงจะได้ขนาดของสัญญาณตามต้องการ ซึ่งค่า STEP นี้สามารถกำหนดได้จากจำนวนบิตข้อมูลของไอซี DAC ที่ใช้ในวงจรไอซี DAC ขนาด 8 บิต จะได้ค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง 00H – FFH หรือ 0 – 255 นั่นก็คือ ไอซี DAC สามารถให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นช่วง ๆ ทั้งหมด 256 ช่วง (0 – 255)

ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตต่อ 1 STEP สามารถหาได้จาก

STEP = ANALOG MAX / DAC STEP

เมื่อ

STEP คือ ค่าของขนาดสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตต่อ 1 ช่วงข้อมูล

ANALOG MAXIMUM คือ ค่าของขนาดสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตสูงสุดที่ใช้ในวงจร

DAC STEP คือ ค่าของจำนวน STEP ของไอซี DAC ที่ใช้ในวงจร โดยใช้ไอซี DAC0832 (DAC ขนาด 8 บิต) DAC STEP มีค่าเป็น 256 หาข้อมูลได้จากสูตร

DATA = Vout / STEP

เมื่อ

DATA คือ ค่าของข้อมูลที่ต้องการหา

Vout คือ ค่าของขนาดสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตที่ต้องการ

STEP คือ ค่าของขนาดสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตต่อ 1 ช่วงข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 3.7 การทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบรับส่งข้อมูล

เนื่องจากระบบรับส่งข้อมูลนี้สามารถประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ได้หลายชนิด ลักษณะของโปรแกรมที่ใช้จึงขึ้นอยู่กับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ที่เลือกใช้งานและข้อมูลที่ต้องการจากระบบวัด ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบระบบรับส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ 2 ชนิดได้แก่

(1) เรตมิเตอร์

(2) อุปกรณ์วิเคราะห์ชนิดช่องเดียว

ดังนั้นโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้จึงประกอบด้วย โปรแกรมควบคุมระบบรับส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ในรูปแบบของเรตมิเตอร์และโปรแกรมควบคุมระบบรับส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ในรูปแบบของอุปกรณ์วิเคราะห์ชนิดช่องเดียว ซึ่งในแต่ละรูปแบบจะประกอบด้วยโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางและโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางดังนี้

3.7.1 โปรแกรมควบคุมระบบรับส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ในรูปแบบของเรตมิเตอร์

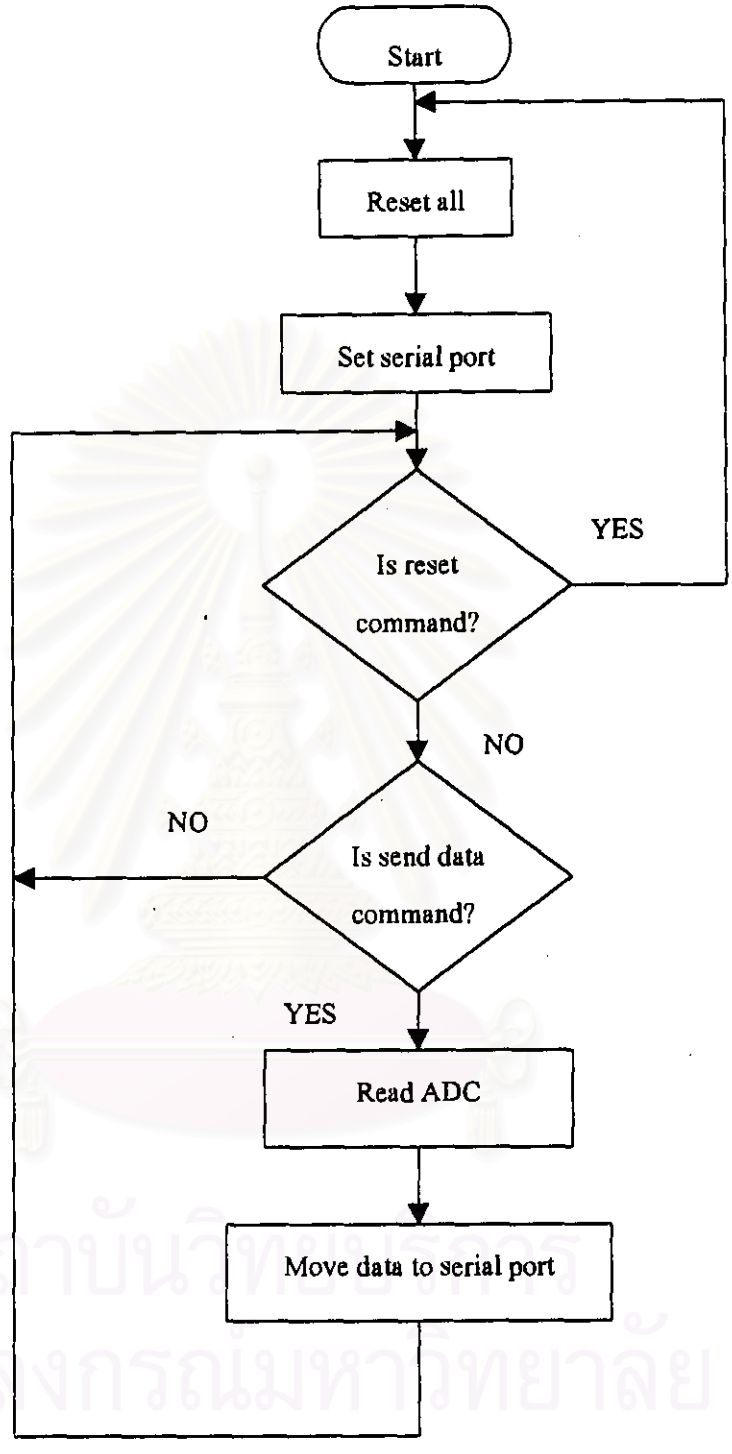
ในการควบคุมระบบรับส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ในรูปแบบของเรตมิเตอร์ โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะสั่งให้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางส่งข้อมูลที่อ่านได้จากเรตมิเตอร์ออกไปตลอดเวลาส่วนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางจะนำข้อมูลไปแสดงผลที่หน้าจอในลักษณะของอัตรานับ/เวลา หรืออัตรานับสัมพัทธ์

(1) โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง

จากโฟลวชาร์ตในรูปที่ 3.7 โปรแกรมเริ่มต้นทำงานโดยเคลียร์ค่ารีจิสเตอร์และตัวแปรทดข้อมูล จากนั้นทำการเซตคำสั่งเริ่มต้นให้กับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 bit Auto reload ที่ บอดเรต 1200 bps ขณะนี้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางพร้อมที่จะส่งข้อมูลจากอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์กลับไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง โดยถ้ามีรหัสคำสั่ง #13 (CTRL-S) เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะส่งข้อมูลจากอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์กลับไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง 1ค่าแล้ววนกลับมารอรับคำสั่งอีกครั้งและถ้ามีรหัสคำสั่ง #13 (CTRL-S)เข้ามาทางพอร์ตอนุกรมอีก อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะส่งข้อมูลจากอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์กลับไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง 1ค่าไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีรหัสคำสั่ง #12 (CTRL-R) เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะรีเซตตัวเอง แล้วเข้าสู่สภาวะเริ่มต้นอีกครั้ง

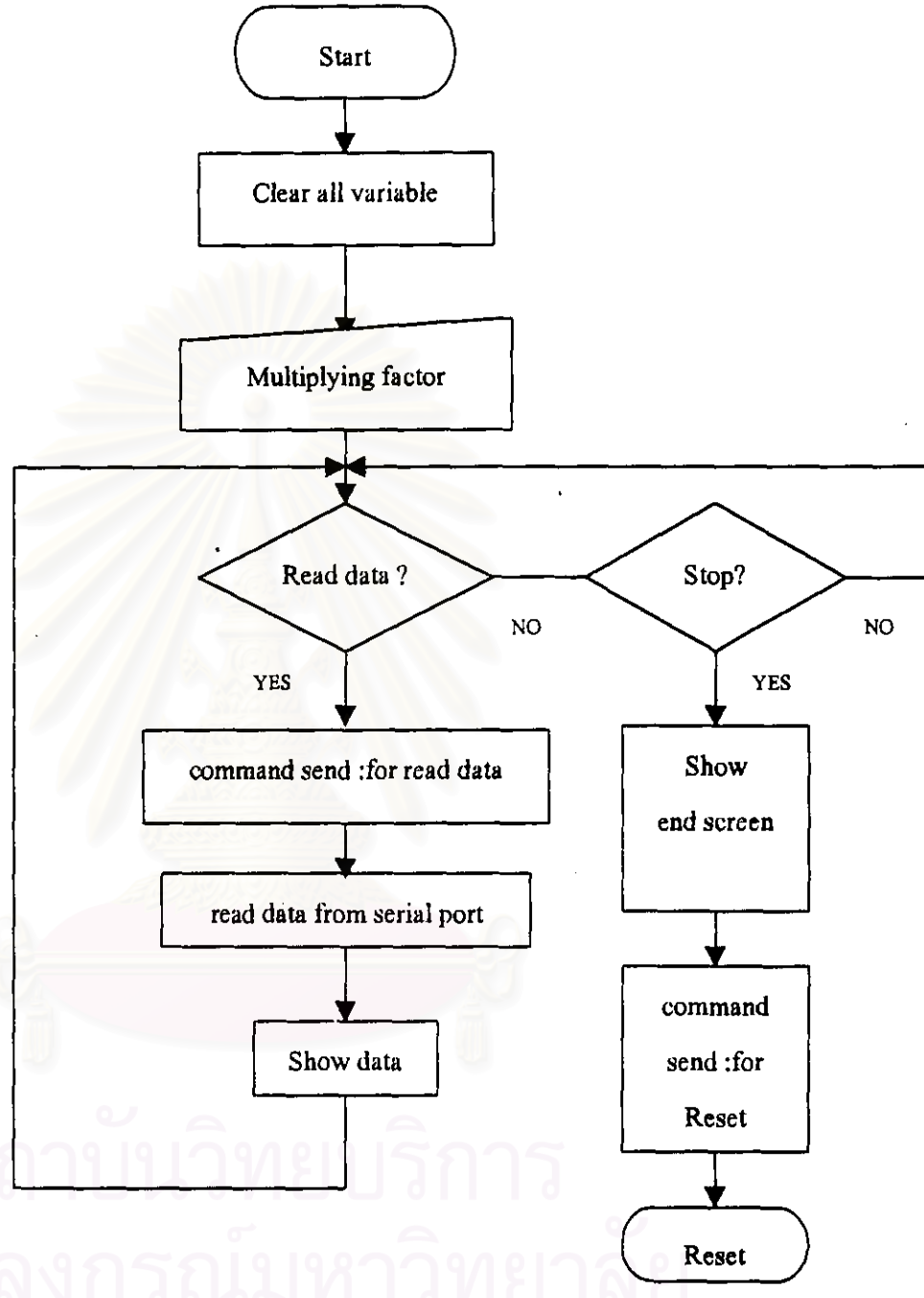
(2) โปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

จากโฟลวชาร์ตในรูปที่ 3.8 โปรแกรมเริ่มต้นทำงานโดยเคลียร์ค่ารีจิสเตอร์และตัวแปรทดข้อมูล จากนั้นโปรแกรมจะถามค่าตัวคูณสำหรับปรับค่าที่นับได้ ให้อยู่ในรูปจำนวนนับต่อวินาที (cps) จากนั้นจะรอรับคำสั่ง Start และเมื่อมีคำสั่ง Start โปรแกรมจะส่งคำสั่ง #13 ไปที่พอร์ตอนุกรมแล้ว แสดงเวลาที่เริ่มต้น เวลาในขณะนับ และค่าที่นับได้ในขณะนั้น ถ้ามีการกดปุ่มใด ๆโปรแกรมจะส่งคำสั่ง #12 ไปที่พอร์ตอนุกรมแล้วแสดงเวลาที่เริ่มต้น เวลาที่หยุดนับและค่าที่นับได้ก่อนที่จะหยุดนับ




รูปที่ 3.7 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 3.8 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7.2 โปรแกรมควบคุมระบบรับส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ในรูปแบบของอุปกรณ์วิเคราะห์ชนิดช่องเดียว

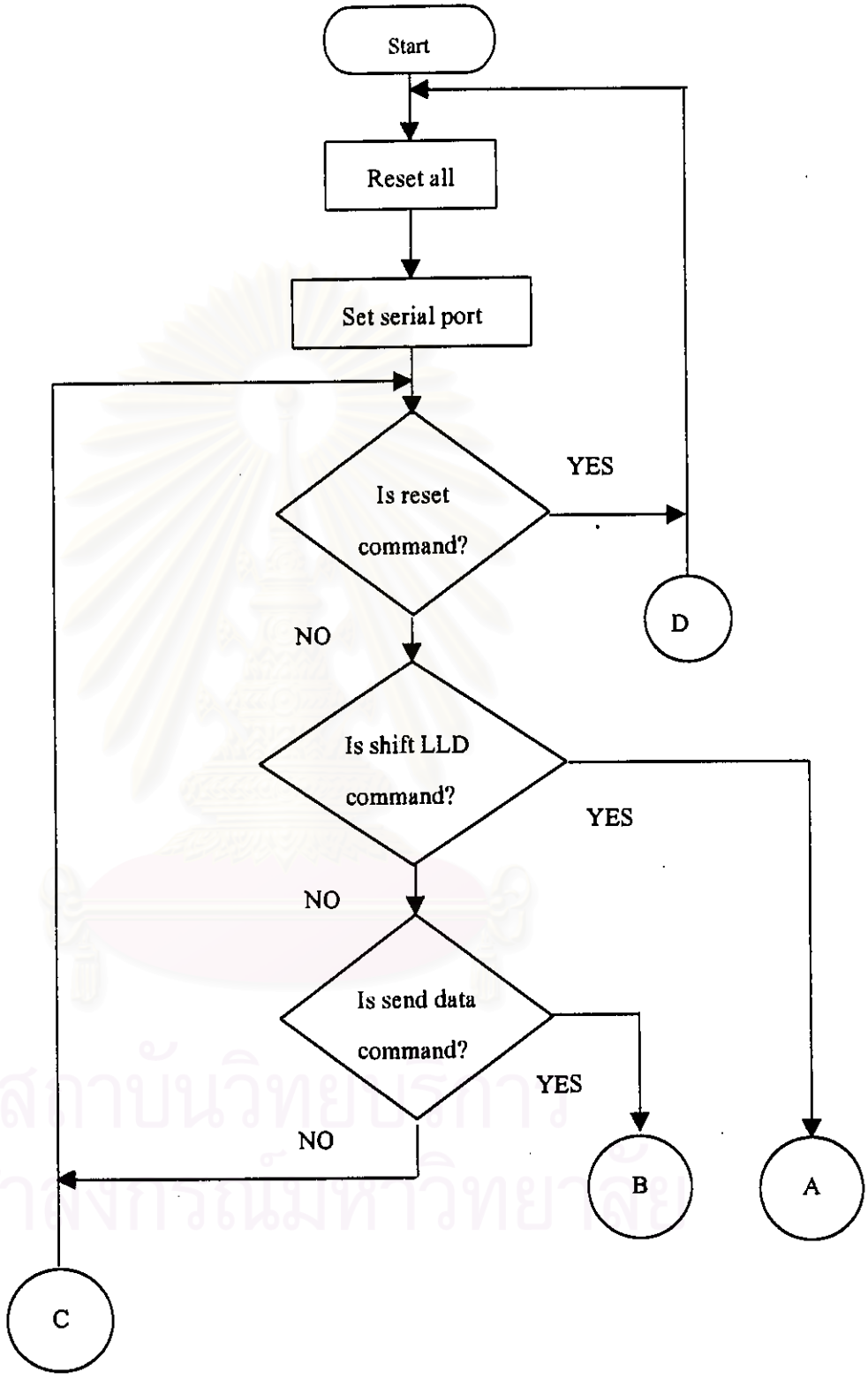
ในการควบคุมระบบรับส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ในรูปแบบของอุปกรณ์วิเคราะห์ชนิดช่องเดียว โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะรอคำสั่งให้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางส่งข้อมูลควบคุม LLD เมื่อส่งสัญญาณควบคุมออกไป1ค่าแล้วจะรอคำสั่งให้ส่งค่าที่อ่านได้จากเรตมิเตอร์กลับไปที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางวนไปจนกระทั่งครบ 256 ค่าจึงรีเซตตัวเอง ส่วนโปรแกรมควบคุมจะนำข้อมูลไปแสดงผลที่หน้าจอในลักษณะของสเปกตรัมของพลังงาน

(1) โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง

จากโฟลวชาร์ตในรูปที่ 3.9 โปรแกรมเริ่มต้นทำงานโดยเคลียร์ค่ารีจิสเตอร์และตัวแปรทดข้อมูล จากนั้นทำการเซตคำสั่งเริ่มต้นให้กับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 bit Auto reload ที่ บอดเรต 1200 bps ขณะนี้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางพร้อมที่จะส่งข้อมูลจากอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์กลับไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง โดยถ้ามีรหัสคำสั่ง #14 (CTRL-T) เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะส่งข้อมูล 00Hไปควบคุมค่า LLD ของอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์แล้วรอคำสั่งอ่านค่าข้อมูลอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง ถ้ามีรหัสคำสั่ง #13 (CTRL-S) เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะส่งข้อมูลที่อ่านได้1ค่าแล้ววนกลับมารอรับคำสั่งอีกครั้งและถ้ามีรหัสคำสั่ง #14 (CTRL-T) เข้ามาทางพอร์ตอนุกรมอีก อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะส่งข้อมูล 01Hไปควบคุมค่า LLD ของอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์และรอส่งข้อมูลจากอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์กลับไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง 1ค่าไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีรหัสคำสั่ง #12 (CTRL-R) เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม หรือจนกระทั่งข้อมูล ที่ไปควบคุมค่า LLD ของอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์เท่ากับ FFH อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางจะรีเซตตัวเอง แล้วเข้าสู่สถาวะเริ่มต้นอีกครั้ง

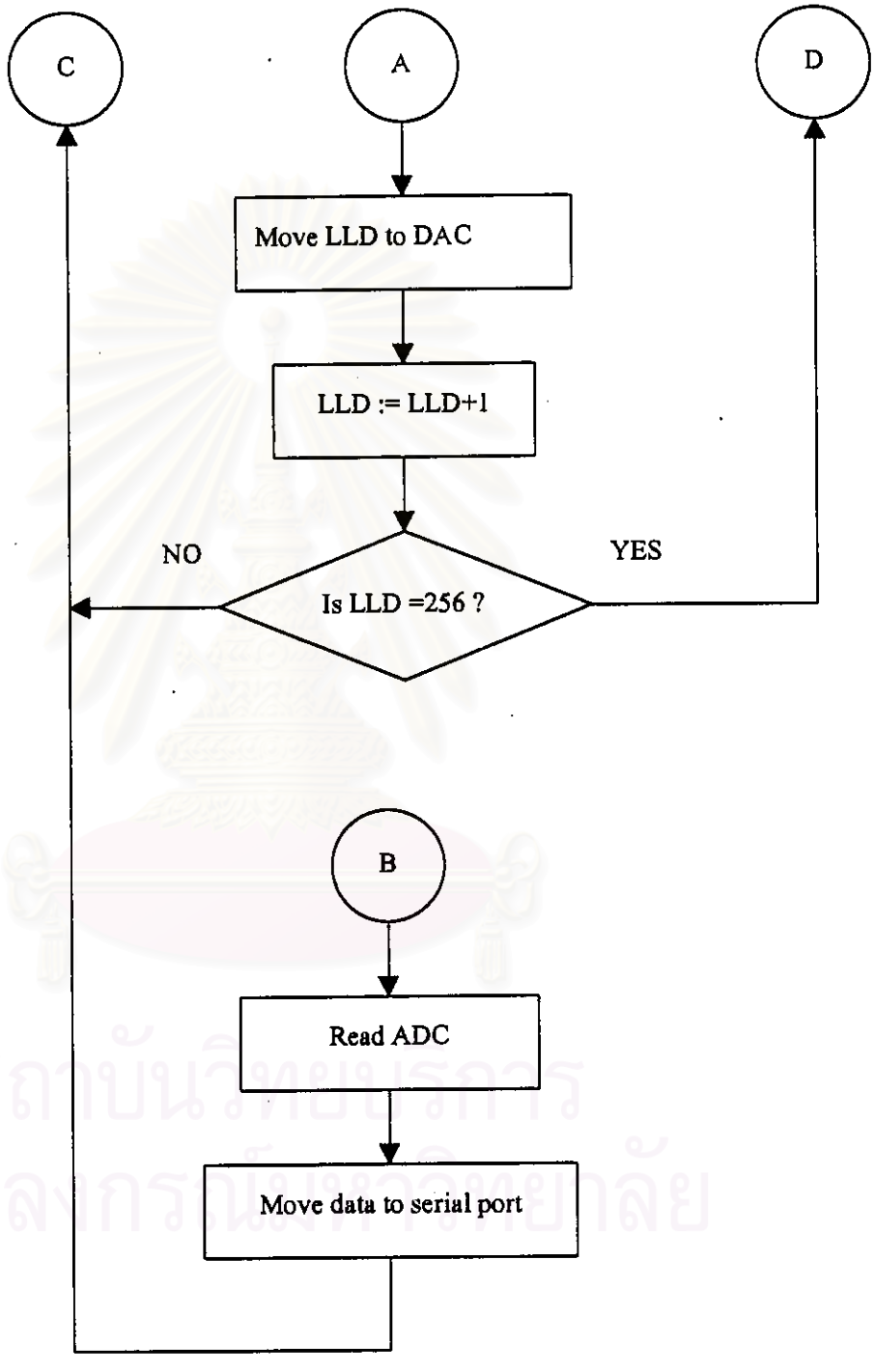
(2) โปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

จากโฟลวชาร์ตในรูปที่ 3.10 โปรแกรมเริ่มต้นทำงานโดยเคลียร์ค่ารีจิสเตอร์และตัวแปรทดข้อมูล จากนั้นจะรอรับคำสั่ง read และเมื่อมีคำสั่ง read โปรแกรมจะส่งคำสั่ง #14 ไปที่พอร์ตอนุกรมแล้ว จะส่งค่า #12ไปที่พอร์ตอนุกรมแล้วรอรับค่าที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางอ่านจากอุปกรณ์นิวคลีออนิกส์ จากนั้นแสดงกราฟของข้อมูลในลักษณะเรียลไทม์(Real time) แล้วส่งคำสั่งเลื่อน LLD กลับไป โปรแกรมจะทำงานวนไปจนกระทั่งอ่านค่าจนครบ 256 ช่อง



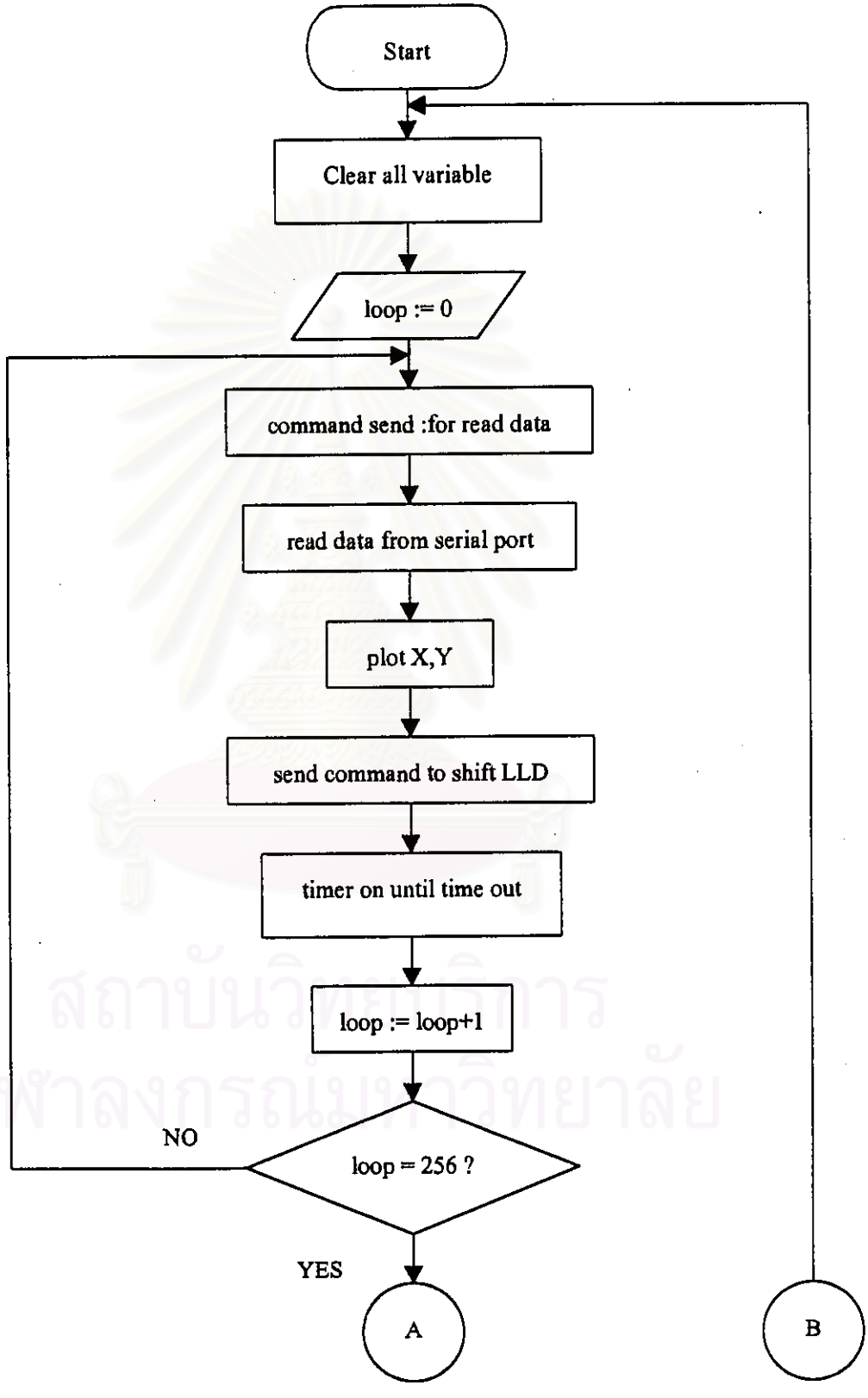

รูปที่ 3.9 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



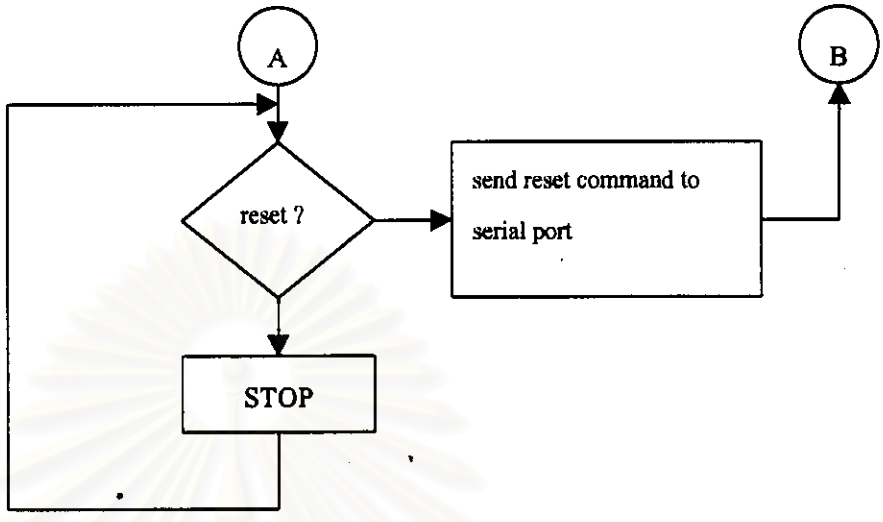

รูปที่ 3.9 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทาง (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 3.10 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

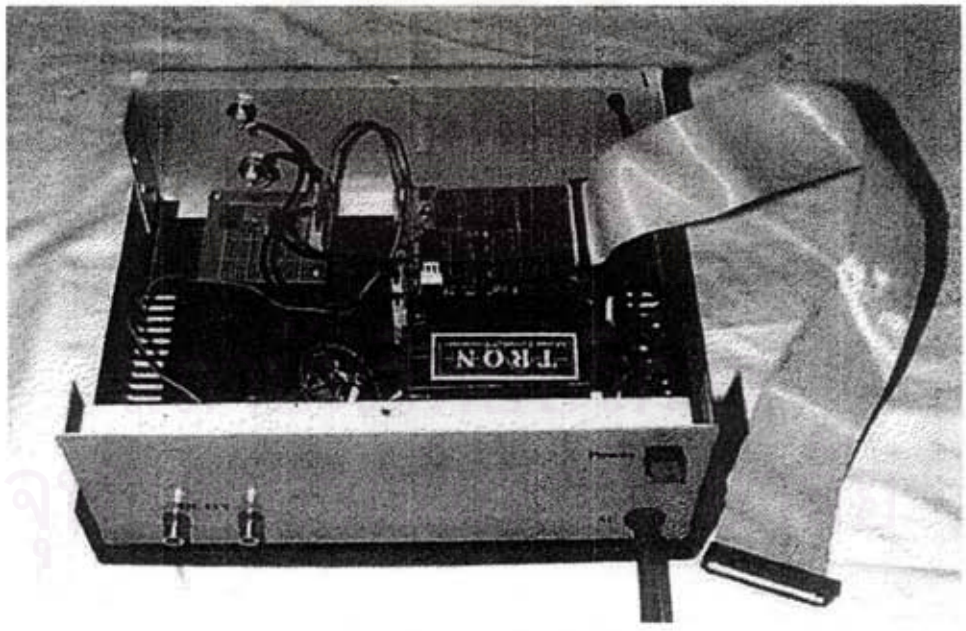
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



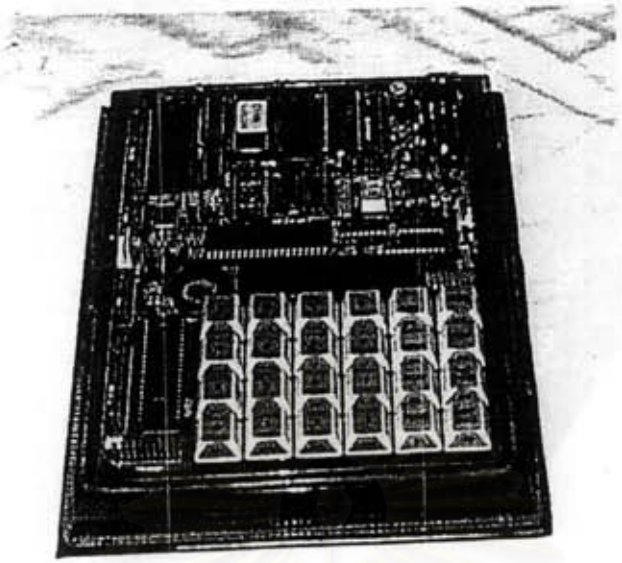

รูปที่ 3.10 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

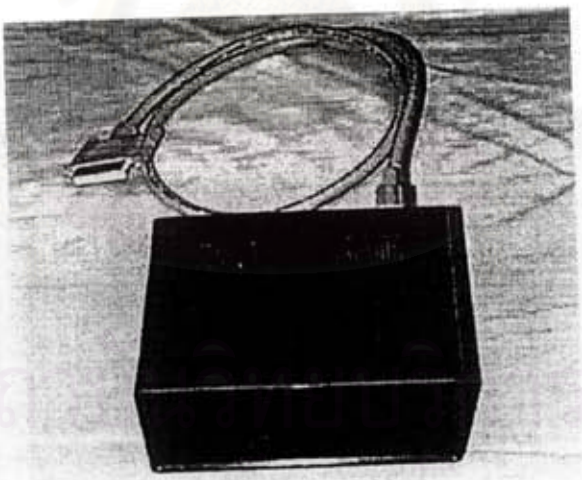
รูปที่ 3.11 รูปแสดงอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต



รูปที่ 3.12 รูปแสดงภายในอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตซึ่งประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอลและวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอะนาลอก

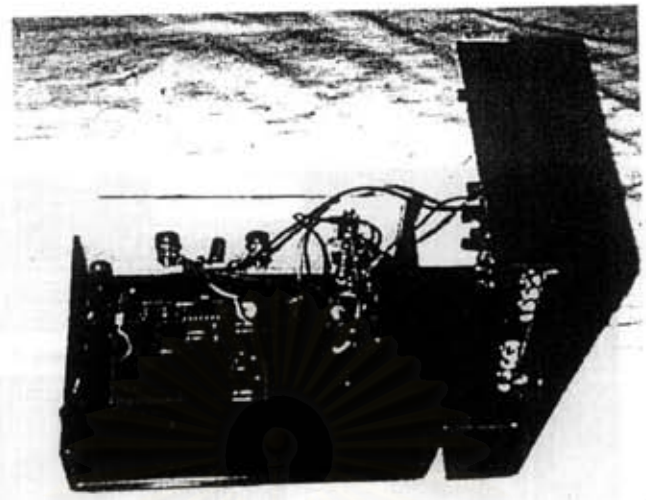


รูปที่ 3.13 รูปแสดงไมโครคอนโทรลเลอร์

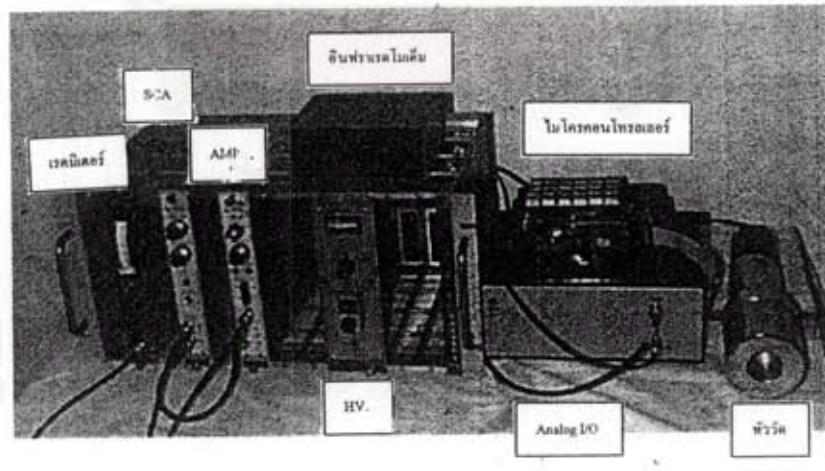


รูปที่ 3.14 รูปแสดงอินฟรารดโมเด็ม

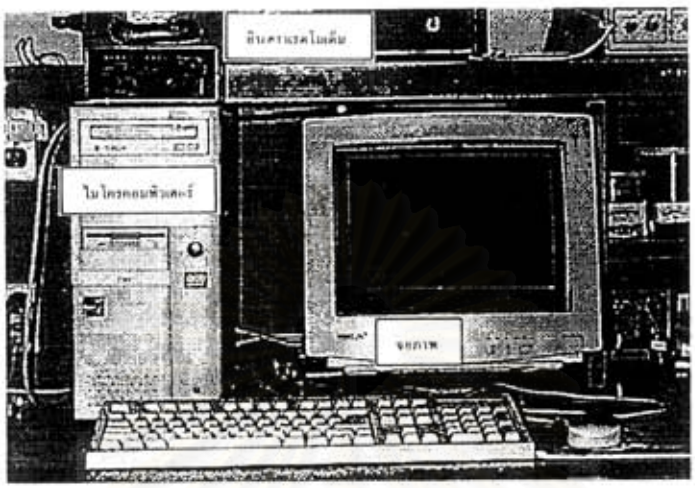
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.15 รูปแสดงภายในอินฟราเรดโมเด็มซึ่งประกอบด้วยวงจรแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นรหัสข้อมูล FSK และแปลงรหัสข้อมูล FSK กลับเป็นข้อมูลดิจิตอล วงจรมอดูเลตข้อมูล FSK เข้ากับแสงอินฟราเรดและวงจรดีมอดูเลตแสงอินฟราเรดเป็นข้อมูล FSK




รูปที่ 3.16 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลด้นทางและอุปกรณ์นิวคลิออนิกส์




**รูปที่ 3.17 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย