ภาคผนวก ก

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผู้ทำงานวิจัยใช้เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ของบริษัทอีทีทีจำกัด เบอร์ MC68HC811E2FN เป็นชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยี HCMOS (High - density CMOS) มีความเร็วในการทำงานสูงขณะเดียวกันก็ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ ได้ออกแบบเพื่อรวบรวมคุณสมบัติต่าง ๆ มารวมกันไว้ภายในบอร์ดเดียวกัน สามารถใช้เป็นชุดจำลองการทำงาน (emulator) เพื่อใช้ในขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมและเขียนข้อมูลเข้าในตัวหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit : CPU) เพื่อนำไปใช้เป็นบอร์ดควบคุมระบบได้ทันที ทำให้สะดวกและประหยัดมากขึ้น

โดยทั่วไปแล้วสามารถสรุปคุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ได้เป็น 2 ลักษณะที่สำคัญดังนี้

คุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์

1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เบอร์ 68SEC811E2 ขนาด 8 บิต
2. หน่วยความจำรอม (ROM) ภายใน สำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 8 กิโลไบต์
3. หน่วยความจำอีอีพรอม (EEPROM) ภายใน ขนาด 512 ไบต์
4. หน่วยความจำแรม (RAM) ภายใน ขนาด 256 ไบต์
5. วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต จำนวน 8 ช่อง
6. ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Communication Interface : SCI)
7. วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม (Serial Peripheral Interface : SPI)
8. สามารถติดต่อหน่วยความจำภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
9. สามารถต่อเชื่อมกันทำงานเป็นแบบมัลติโปรเซสเซอร์ได้

คุณสมบัติทางซอฟต์แวร์

1. มี 2 ภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบ คือ ภาษา SBASIC และ ภาษา ASSEMBLY
2. มีชุดคำสั่งเพิ่มเติมจากไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 6800 และ 6801 และสามารถ ใช้ชุดคำสั่งเดียวกับเบอร์ 6800 และ 6801
3. สามารถประมวลผลข้อมูลละเอียดถึงระดับบิต และทำการหารเลข 16 บิต โดยได้ผลลัพธ์เป็นตัวเลข 16 บิต และเศษขนาด 16 บิต
4. มีโหมดการทำงาน WAIT และโหมด STOP เพื่อประหยัดพลังงาน

โครงสร้างของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือหน่วยประมวลผลกลาง หรือซีพียู (CPU) เบอร์ 68SEC811E2 ภายในชิปประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก ดังนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) ส่วนนี้มีส่วนประกอบย่อยอีก 3 ส่วน คือ ส่วนควบคุมโหมดการทำงานของชิป (MODE) ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (CLK) และส่วนลอจิก อินเตอร์รัปต์ (INT) ทั้งสามส่วนจะได้รับการควบคุมการทำงานจากหน่วยประมวลผลกลาง
2. หน่วยความจำภายในชิปซีพียูของ 68SEC811E2 มีหน่วยความจำครบทั้ง 3 แบบ คือ รอม แรม และ อีอีพรอม ซึ่งการต่อและการเรียกใช้หน่วยความจำนี้จะขึ้นอยู่กับหน่วยประมวลผลกลางเป็นหลัก
3. แอกคิวมูเลเตอร์ – วอตช์ด็อก - ตัวตั้งเวลาหลัก ในส่วนนี้จะติดต่อกับพอร์ต A โดยใช้พอร์ต

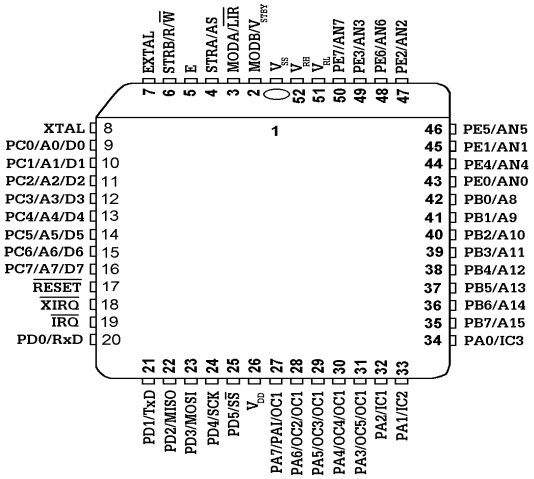
A เป็นทางผ่านของข้อมูล พัลส์แอกคิวมูเลเตอร์จะใช้พอร์ต PA7 ในขณะที่ ส่วนตั้งเวลาหลักจะใช้พอร์ต PA3 - PA6 ภายในชิปยังมีวงจรวอตช์ด็อกเพื่อช่วยให้ชิปสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะมีการรีเซตระบบอยู่บ่อย ๆ ก็ตาม

4. พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต ในชิปซีพียูของ 68SEC811E2 จะมีพอร์ตอินพุต และพอร์ตเอาต์พุตด้วยกัน 5 พอร์ต ดังนี้ พอร์ต A เป็นทั้งพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตโดย มีการทำงานแยกกันคือ PA7 เป็นพอร์ตที่สามารถส่งผ่านข้อมูลได้ 2 ทิศทาง ในขณะที่ PA3 - PA6 เป็นพอร์ตเอาต์พุตของตัวตั้งเวลาหลัก และ PA0 - PA2 เป็นพอร์ตอินพุต

5. วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นวงจร ที่ช่วยเสริมให้ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์มี

ประสิทธิภาพมากขึ้น ในหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู เบอร์ 68SEC811E2 มีจำนวน 8 ช่อง การเรียกใช้วงจรส่วนนี้จะได้รับการควบคุมจากหน่วยประมวลผลกลาง

6. สโตรบ / แฮนด์เชก ส่วนนี้จะทำงานร่วมกับส่วนขยายบัสด้วย ทั้งนี้เพื่อให้หน่วยประมวลผลกลางสามารถทำงานกับแอดเดรสได้ถึง 16 บิต ที่ส่วนนี้จะมีสัญญาณ ที่สำคัญ ๆ อยู่ 2 สัญญาณ คือ STRB/B/ $\overline{W}$ และ STRA/AS ทั้งสองเป็นสัญญาณสโตรบทำให้ชิปอ่านและเขียนข้อมูลได้ ส่วนวงจรแฮนด์เชกมีไว้เพื่อตรวจสอบความพร้อมในการรับส่งข้อมูลของชิปกับอุปกรณ์ภายนอก

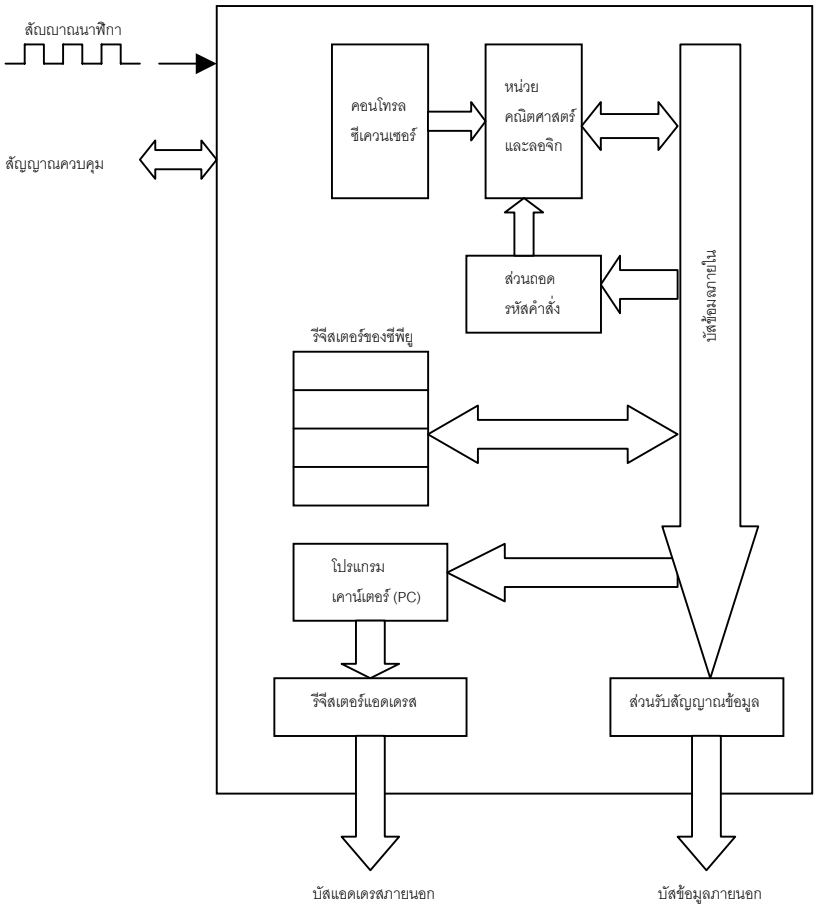


ภาพประกอบ 32 ขาสัญญาณต่าง ๆ ของซีพียูเบอร์ 68SEC811E2

การทำงานของซีพียู (CPU) 68HC11

กระบวนการทำงานของซีพียู (CPU) จะแบ่งเป็นช่วงเฟตช์ และเอ็กซีคิวต์ ช่วงเฟตช์คือ ช่วงที่ซีพียูทำการถอดรหัสคำสั่งที่รับเข้ามาเพื่อเตรียมปฏิบัติ และช่วงเอ็กซีคิวต์คือ ช่วงที่ซีพียูทำงานตามคำสั่งนั้น ๆ โดยซีพียูจะมีรีจิสเตอร์ไว้ทำงานหลายตัวดังนี้

รีจีสเตอร์โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter Register : PC) เป็นตัวบอกซีพียูให้ทราบว่า ขณะนี้กำลังจัดการกับคำสั่งหรือข้อมูลที่ตำแหน่งใด ส่วนถอดรหัสคำสั่งทำหน้าที่ถอดรหัสที่ได้รับจากบัสข้อมูล เพื่อให้ส่วนคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) จัดการกับข้อมูล ขณะที่ส่วนคอนโทรลซีเควนเซอร์ทำหน้ากำหนดจังหวะในการถ่ายทอดคำสั่งและข้อมูลไปยังบัสข้อมูลภายในซีพียู ส่วนรีจีสเตอร์แอดเดรสทำหน้าที่กำหนดสภาวะของบัสแอดเดรส ดังภาพ ประกอบ



ภาพประกอบ 33 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของซีพียู

บัสแอดเดรสภายนอกจะทำหน้าที่เป็นตัวเลือกตำแหน่งของหน่วยความจำ เพื่อเรียกหรือถ่ายทอดข้อมูล ส่วนรับสัญญาณจะเป็นตัวกำหนดสภาวะของสัญญาณข้อมูลที่ขับเข้าหรือส่งออกไปยังหน่วยความจำหรือรีจีสเตอร์เอาต์พุต ลักษณะการทำงานแสดงดังภาพประกอบ 33 ของบล็อกไดอะแกรมของซีพียู

ภาคผนวก ข

การเขียนแผนภูมิสายงานโปรแกรม (flowchart)

ในการประดิษฐ์ชุดทดลองเรื่องสนามไฟฟ้า จำเป็นต้องมีซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบฮาร์ดแวร์ การรับและส่งข้อมูลรวมไปถึงการนำข้อมูลไปคำนวณด้วยวิธีการเชิงตัวเลข แสดงผลข้อมูลและการพลอตกราฟเพื่อให้การทำงานระหว่างชุดทดลองเรื่องสนามไฟฟ้าและเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ มีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ถูกต้อง เที่ยงตรงและแม่นยำ ดังจุดประสงค์ของงานวิจัย

การสร้างซอฟต์แวร์ดังกล่าวนี้ ได้แสดงแนวความคิด (algorithm) หรือแผนภูมิสายงานของโปรแกรม โดยแยกพิจารณาดังต่อไปนี้

ตอน 1 แผนภูมิของโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของระบบฮาร์ดแวร์

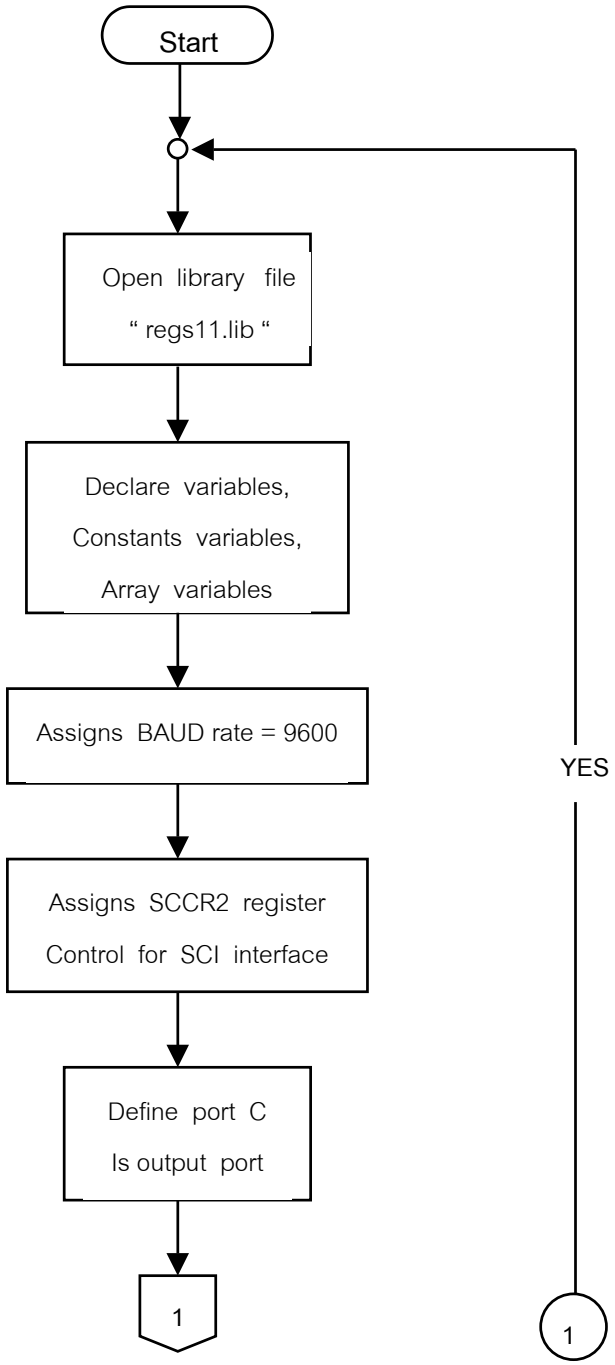
ตอน 2 แผนภูมิของโปรแกรมสำหรับการรับ และส่งข้อมูล รวมถึงการวิเคราะห์ผลข้อมูล

ตอน 1 แผนภูมิของโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของระบบฮาร์ดแวร์

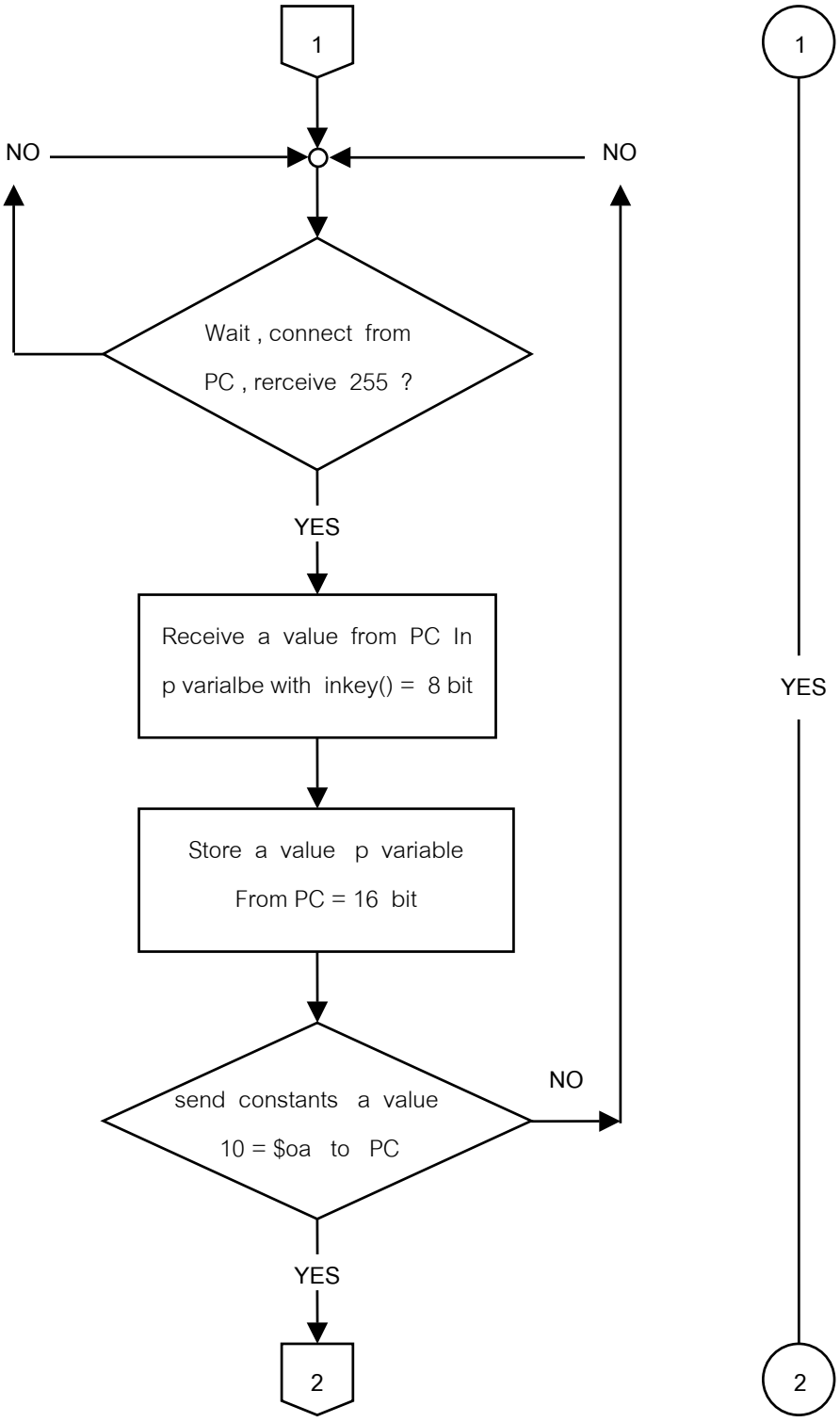
แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมส่วนนี้ พัฒนาด้วยภาษา SBASIC เป็นภาษาที่ทำงานเฉพาะบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของ 68HC11 เพื่อควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์หรือส่วนชุดทดลองสนามไฟฟ้า อย่างไรก็ตามแต่โปรแกรมดังกล่าวนี้ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ง ยังต้องทำงานสัมพันธ์กับโปรแกรมที่ควบคุมส่วนซอฟต์แวร์ซึ่งทำการรับ และส่งข้อมูล รวมถึงการวิเคราะห์ ผลข้อมูล โปรแกรมในส่วนนี้ คือ A80.bas โดยการทำงานยังสามารถแยกแบ่งเป็นโปรแกรมย่อย ดังนี้ คือ

1. แผนภูมิสายงานโปรแกรมหลักส่วนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับเครื่องไมโคร-คอมพิวเตอร์
2. แผนภูมิสายงานโปรแกรมย่อยส่วนเก็บข้อมูลเพื่อส่งข้อมูลต่อไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล

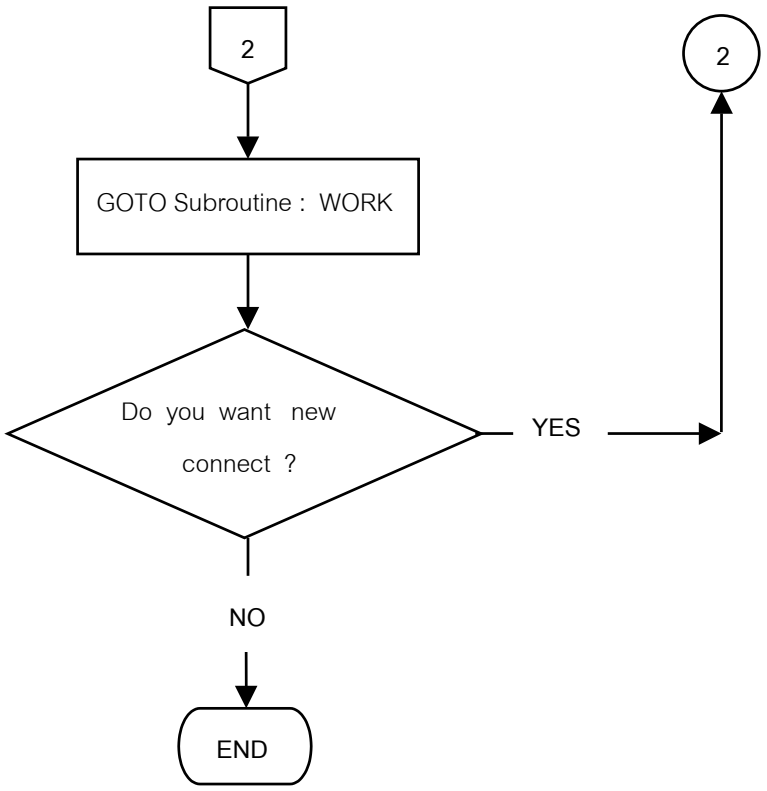
1. แผนภูมิสายงานโปรแกรมหลักส่วนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 34 แผนภูมิสายงานโปรแกรมหลักส่วนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 34 แผนภูมิสายงานโปรแกรมหลักส่วนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (ต่อ)



ภาพประกอบ 34 แผนภูมิสายงานโปรแกรมหลักส่วนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

2. แผนภูมิสายงานโปรแกรมย่อยส่วนเก็บข้อมูลเพื่อส่งข้อมูลต่อไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล ซึ่งประกอบด้วยการทำงานโดยรับข้อมูลจากสัญญาณอนาลอกมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล เก็บข้อมูลทั้งหมดไว้ในหน่วยความจำแบบอะเรย์ 80 ค่า หลังจากนั้นจึงส่งข้อมูลต่อไปประมวลผลต่อยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีแผนภูมสายงานโปรแกรมดังต่อไปนี้