บทที่ 4

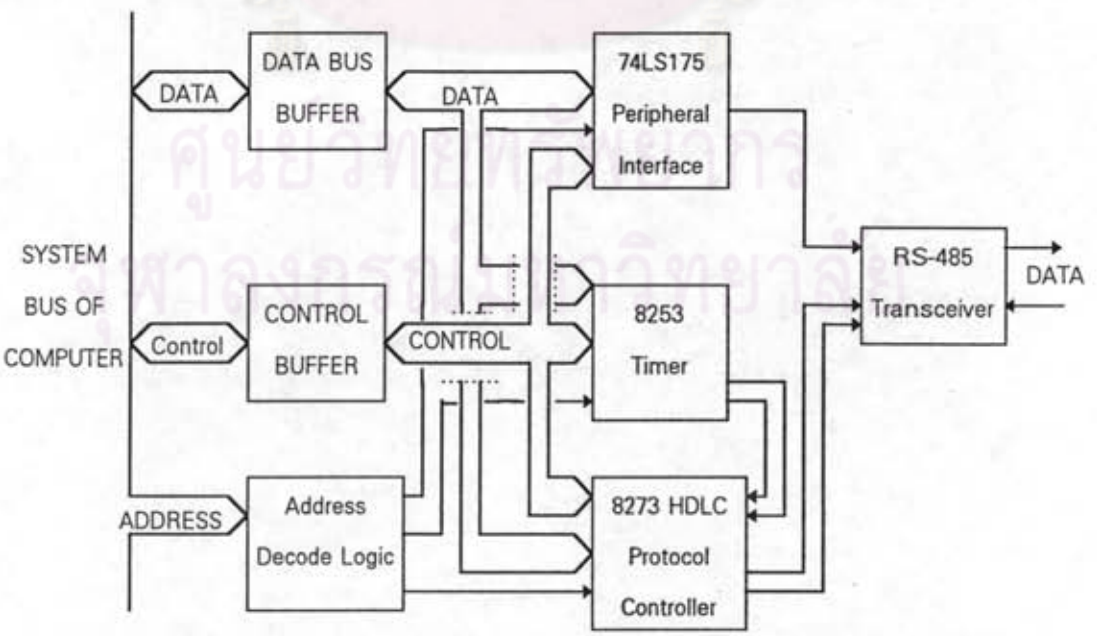
ฮาร์ดแวร์ของระบบ

ฮาร์ดแวร์ของระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485 สามารถแบ่งฮาร์ดแวร์เป็น 2 ส่วนหลักคือ

1. ฮาร์ดแวร์ของสถานีควบคุม
2. ฮาร์ดแวร์ของโมดูลระยะไกล

ฮาร์ดแวร์ของสถานีควบคุม

สำหรับสถานีควบคุม ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (ISA Bus Slot) โดยส่วนควบคุมการติดต่อสื่อสาร ผู้วิจัยได้ออกแบบส่วนควบคุมโปรโตคอลเป็นแผงวงจรเสียบในสลอต (Slot) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ตามเหตุผลในหัวข้อ แนวคิดการออกแบบฮาร์ดแวร์ของสถานีควบคุม สำหรับฮาร์ดแวร์ของวงจรควบคุมโปรโตคอลสามารถเขียนเป็นไดอะแกรมส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของฮาร์ดแวร์ส่วนควบคุมโปรโตคอลสถานีควบคุม

1 ส่วนควบคุมโปรโตคอล

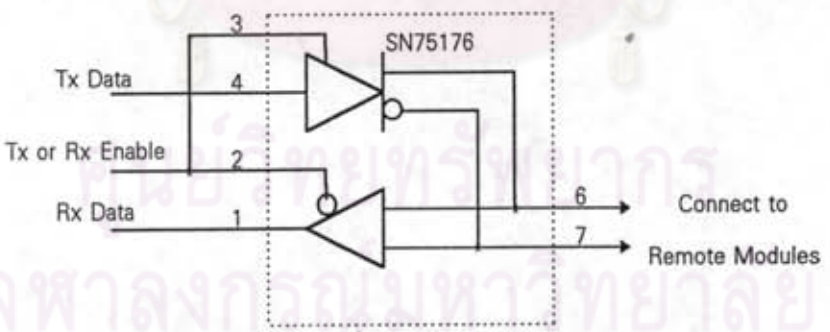
วงจรส่วนควบคุมโปรโตคอล ในงานวิจัยนี้ใช้ไอซีสนับสนุนเบอร์ Intel 8273 (HDLC /SDLC Protocol Controller) โดยมีการรับส่งสัญญาณควบคุมและข้อมูล จากบัสระบบของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ สำหรับวงจรที่เกี่ยวข้องกับส่วนควบคุมโปรโตคอล ประกอบด้วยส่วนหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งไทม์เมอร์ ทำหน้าที่กำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยใช้ไอซีสนับสนุนเบอร์ Intel 8253 และส่วนที่สองส่วนควบคุมการอินเทอร์รัพต์และควบคุมการรับส่งข้อมูล ซึ่งใช้ชิพเบอร์ 74LS175

2 ส่วนอินเทอร์รัพต์

ส่วนอินเทอร์รัพต์ การทำงานของหน่วนประมวลผลกลาง งานวิจัยนี้ใช้การขอบริการอินเทอร์รัพต์ระดับ 5 (IRQ5) สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลในระบบการสื่อสาร

3 ส่วนรับและส่งข้อมูลแบบ RS-485

การรับส่งข้อมูลให้เป็นไปตามมาตรฐาน RS-485 ในงานวิจัยนี้ใช้ไอซีเบอร์ SN75176 โดยถูกควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลจากส่วนควบคุมคือ ชิพเบอร์ 74LS175 สำหรับข้อมูลที่จะส่งนั้น ได้รับมาจากส่วนควบคุมโปรโตคอล และข้อมูลที่รับได้จะถูกส่งให้ส่วนควบคุมโปรโตคอลเช่นกัน ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่รับและส่งนั้นเป็นข้อมูลที่อนุกรมกัน แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงส่วนรับส่งข้อมูลแบบ RS-485

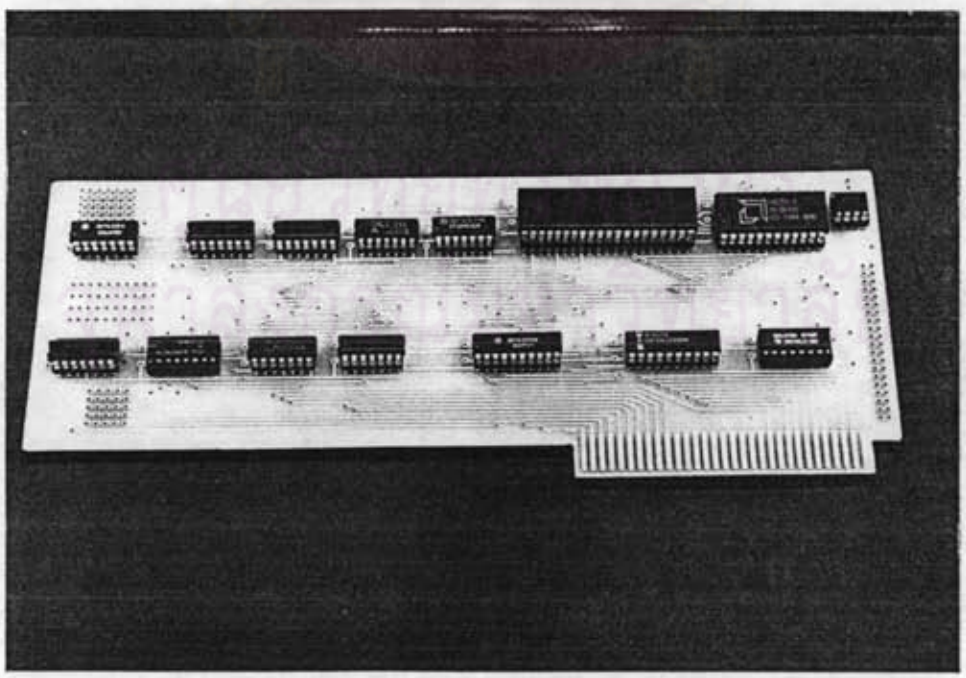
4 เขตที่อยู่ของฮาร์ดแวร์

การจัดวางตำแหน่งเขตที่อยู่ของฮาร์ดแวร์ของวงจรควบคุมโปรโตคอล มีการอ้างอิงตำแหน่งเดียวกับวงจรควบคุมโปรโตคอลเอสดีแอลซีของคู่มือเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (IBM PC/AT) แต่มีข้อแตกต่างในส่วนควบคุมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายใน วงจรควบคุมโปรโตคอล แสดงดังรูปที่ 4.3

SDLC Communications	Interrupt Enable	380 H	
	Transmit Enable	381 H	
	Receive Enable	382 H	
	Disable All	383 H	
	Square Wave Generator	384 H	32*CLK Generator
	Square Wave Generator	385 H	1*CLK Generator
	Spare	386 H	
	8253 Set Mode	387 H	
	Command/Status	388 H	Command or Satus
	Parameter/Result	389 H	Parameter or Result
	Transmit INT Status	38A H	TxINT Result
	Receive INT Status	38B H	RxINT Result
	DPC(Direct Program Control	38C H	Direct Transceiver

รูปที่ 4.3 แสดง I/O Address map ของฮาร์ดแวร์วงจรควบคุมโปรโตคอล

ฮาร์ดแวร์ส่วนวงจรควบคุมโปรโตคอลของสถานีควบคุมส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงแผ่นวงจรควบคุมโปรโตคอลส่วนสถานีควบคุม

ฮาร์ดแวร์ของโมดูลระยะไกล

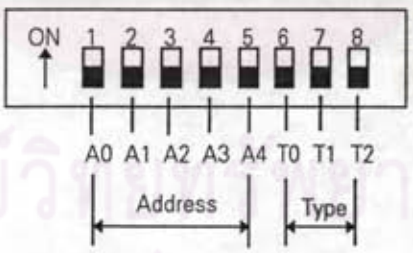
ฮาร์ดแวร์ของโมดูลระยะไกล เมื่อพิจารณาถึงบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.9 ประกอบด้วยส่วนฮาร์ดแวร์สำคัญหลายส่วน ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวแยกทีละส่วนดังนี้

1.ส่วนประมวลผลกลาง

ในงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 87C51FB ทำงานที่ความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์ ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วย ซีพียูขนาด 8 บิต, รอม (ROM) ขนาด 16 กิโลไบต์ หน่วยความจำภายใน (Internal RAM) ขนาด 256 ไบต์ และอุปกรณ์รอบนอก (Peripheral) ได้แก่พอร์ต ไทม์เมอร์และ PCA

2.สวิตซ์กำหนดชนิดและฟีลด์เซตที่อยู่

เป็นดิพสวิตซ์ขนาด 8 สวิตซ์ ใช้สำหรับกำหนดชนิดของโมดูลระยะไกล ซึ่งมีด้วยกัน 5 ชนิด ได้แก่ โมดูลดิจิตอลอินพุต,โมดูลดิจิตอลเอาต์พุต,โมดูลแอนะลอกอินพุตสัญญาณมาตรฐาน,โมดูลแอนะลอกเอาต์พุตสัญญาณมาตรฐานและโมดูลแอนะลอกเอาต์พุตสัญญาณ 0-10 โวลต์ นอกจากนั้น ยังใช้สำหรับกำหนดฟีลด์เซตที่อยู่ของโมดูลระยะไกลอีกด้วย สามารถกำหนดฟีลด์เซตที่อยู่ได้ถึง 31 ฟีลด์เซตที่อยู่ โดยหมายเลขอยู่ระหว่าง 00H ถึง 1EH รูปที่ 4.5 แสดงถึงตำแหน่งที่กำหนดชนิดและฟีลด์เซตที่อยู่ของโมดูลระยะไกล รายละเอียดการใช้งานดิพสวิตซ์ดูได้จากคู่มือการใช้งานในภาคผนวก ค. ท้ายวิทยานิพนธ์



รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งต่าง ๆ ของดิพสวิตซ์

3.ส่วนควบคุมโปรโตคอล

รายละเอียดทางด้านฮาร์ดแวร์ของวงจรส่วนควบคุมโปรโตคอล เหมือนกับส่วนควบคุมโปรโตคอลที่สถานีควบคุม ในที่นี้จึงไม่ขอกล่าวซ้ำอีก

4.ส่วนอินเทอร์รัพต์

ส่วนอินเทอร์รัพต์ เป็นสัญญาณที่ส่งจากสัญญาณอินเทอร์รัพต์ ขอส่งข้อมูลหรือสัญญาณอินเทอร์รัพต์ขอรับข้อมูลของตัวควบคุมโปรโตคอล 8273 แล้วส่งสัญญาณเข้าสู่สัญญาณขา INT0 ของส่วนประมวลผลกลาง เพื่อให้บริการรับส่งข้อมูลต่อไป

5.ส่วนสัญญาณโมดูลอินพุต

เมื่อพิจารณาตามชนิดของโมดูลระยะไกล สามารถแบ่งส่วนสัญญาณอินพุตเป็น 2 ชนิดคือ ส่วนสัญญาณอินพุตแบบดิจิตอล และส่วนสัญญาณอินพุตแบบแอนะลอก

5.1 สัญญาณอินพุตแบบดิจิตอล

เป็นส่วนที่รับสัญญาณดิจิตอล จำนวนช่องสัญญาณมีทั้งหมด 16 ช่องสัญญาณต่อโมดูล สำหรับแต่ละช่องสัญญาณสามารถเลือกได้ว่าจะรับสถานะของเซนเซอร์หรือหน้าสัมผัสชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน โดยผู้วิจัยได้กำหนดแหล่งจ่ายไฟของเซนเซอร์หรือหน้าสัมผัสเป็นไฟกระแสตรง 24 โวลต์ ซึ่งเหมาะสมกับเซนเซอร์ทั่วไป มี LED บอกสภาวะการทำงานของสัญญาณภายนอก สำหรับการรับสัญญาณจากภายนอกต้องถูกแยกโดด (Isolated) ด้วยวงจรออปโตคับเปิล (Opto Couple) เพื่อป้องกันการรบกวนหรือเกิดการเสียหายของอุปกรณ์จากวงจรภายนอก นอกจากนี้ยังมีการป้องกันอุปกรณ์ภายในโมดูลได้รับความเสียหายอีกขั้นหนึ่ง โดยสัญญาณจะต้องผ่านบัฟเฟอร์ก่อนที่จะผ่านเข้าสู่บัสข้อมูลของโมดูลระยะไกล

5.2 สัญญาณอินพุตแบบแอนะลอก

เป็นส่วนที่รับสัญญาณแอนะลอก มีสัญญาณเป็น 2 ชุดให้เลือกใช้งานโดยชุดแรกมี 3 ช่องสัญญาณคือช่องสัญญาณที่ 1 ถึง 3 สำหรับต่อกับสัญญาณภายนอกเป็นสัญญาณกระแสไฟตรงมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมแปร์ ส่วนชุดที่สองมี 3 ช่องสัญญาณคือช่องสัญญาณ 4 ถึง 6 สำหรับต่อกับสัญญาณภายนอกเป็นสัญญาณแรงดันไฟตรงมาตรฐาน 1-5 โวลต์ ในกรณีที่นำเซนเซอร์มาใช้งานกับระบบจะต้องมีการปรับสัญญาณให้เหมาะสมกับช่วงการทำงานที่เป็นสัญญาณมาตรฐาน

สำหรับส่วนสัญญาณอินพุตแบบแอนะลอก ยังประกอบด้วยส่วนสำคัญอีก 2 ส่วน คือส่วนแปลงผันสัญญาณ และส่วนวงจรเตือน

5.2.1 ส่วนแปลงผันสัญญาณ

สำหรับวงจรแปลงผันสัญญาณ จากสัญญาณแอนะลอก เป็นสัญญาณดิจิตอล ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการแปลงผันแบบ Successive Approximation ขนาด 12 บิต

5.2.2 วงจรเตือน

เป็นส่วนของวงจรที่ใช้สำหรับเตือน (Alarm) เมื่อขนาดของสัญญาณที่รับจากอุปกรณ์ภายนอก ออกนอกช่วงขนาดสัญญาณมาตรฐาน เอาต์พุตของวงจรเตือน ได้ถูกแยกโดดโดยออปโตคัปเปิล ผู้ใช้สามารถนำไปต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อเป็นสัญญาณเตือนได้ เช่น อ็อดเตือนภัย เป็นต้น

6.ส่วนสัญญาณเอาต์พุต

เมื่อพิจารณาตามชนิดของโมดูลระยะไกล สามารถแบ่งส่วนสัญญาณเอาต์พุตเป็น 2 ชนิด คือ สัญญาณเอาต์พุตแบบดิจิตอล และ สัญญาณเอาต์พุตแบบแอนะลอก

6.1 สัญญาณเอาต์พุตแบบดิจิตอล

เป็นส่วนที่ถูกควบคุมสถานะของสัญญาณโดยส่วนประมวลผลกลางโดยตรงมีจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด 16 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องสัญญาณเป็นอิสระจากกัน สำหรับวงจรส่วนเอาต์พุตแบบดิจิตอลนี้ ใช้คอยล์ของรีเลย์ทำงานที่แรงดันไฟตรง 24 โวลต์ หน้าสัมผัสทานกระแสได้ 5 แอมแปร์ ในการขับอุปกรณ์รอบนอกให้วงจรภายนอกต่อกันหรือตัดขาดจากกัน โดยมีไอซีที่ทำหน้าที่ขับรีเลย์โดยตรงคือ ULN2803 ซึ่งสามารถทนกระแสได้สูงสุด 500 มิลลิแอมแปร์ มี LED บอกสภาวะการทำงานของเอาต์พุต นอกจากนี้ยังมีวงจร RC ต่อขนานหน้าสัมผัส เพื่อป้องกันอัตราการเปลี่ยนของแรงดัน (dv/dt) อย่างรวดเร็วจากภายนอก

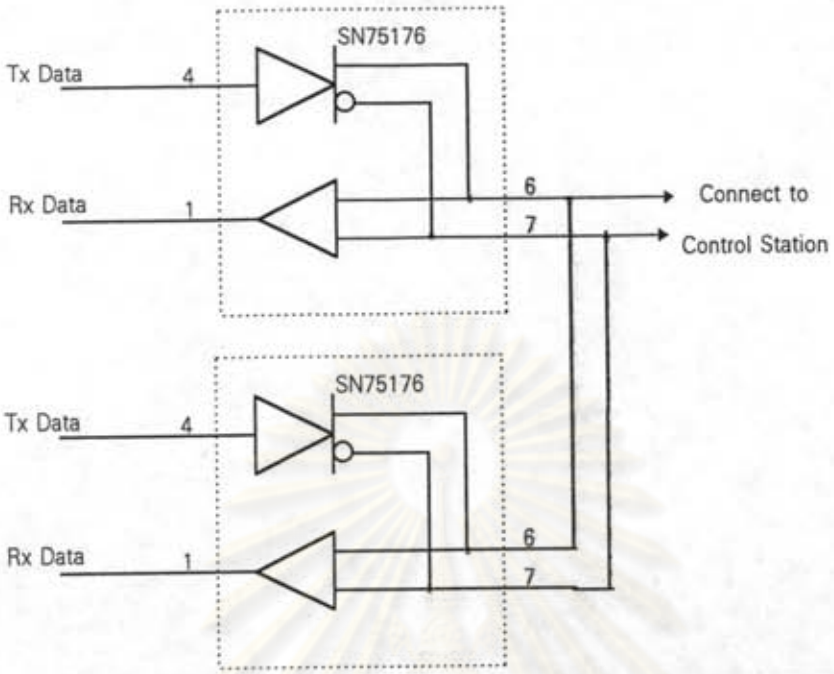
6.2 สัญญาณเอาต์พุตแบบแอนะลอก

ส่วนเอาต์พุตแบบแอนะลอกแบ่งเป็น 2 กลุ่มให้เลือกใช้งาน โดยกลุ่มแรกมี 3 ช่องสัญญาณคือ ช่องสัญญาณที่ 1 ถึง 3 สำหรับต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่ต้องการการควบคุมเป็นสัญญาณกระแสไฟตรงมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมแปร์ ส่วนกลุ่มที่สองมี 3 ช่องสัญญาณคือช่องสัญญาณที่ 4 ถึง 6 สำหรับต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่ต้องการควบคุมเป็นสัญญาณแรงดันไฟตรงมาตรฐานขนาด 1-5 โวลต์ นอกจากนี้ยังมีโมดูลเอาต์พุตแอนะลอกอีกชนิดหนึ่งคือ โมดูลเอาต์พุตแบบแอนะลอกที่มีช่องสัญญาณที่ 1 ถึง 3 สำหรับควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเป็นสัญญาณกระแสไฟตรงมาตรฐาน 0-40 มิลลิแอมแปร์ ช่องสัญญาณที่ 4 ถึง 6 สำหรับต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่ต้องการควบคุม เป็นสัญญาณแรงดันไฟตรงขนาด 0-10 โวลต์อีกด้วย

สำหรับส่วนสัญญาณเอาต์พุตแบบแอนะลอก ยังประกอบด้วยส่วนสำคัญที่อยู่ในกระบวนการควบคุมเอาต์พุตคือส่วนแปลงผันสัญญาณจากสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก ในงานวิจัยนี้ใช้ไอซีเบอร์ AD7541 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดังกล่าว

7.ส่วนรับและส่งข้อมูลแบบ RS-485

รายละเอียดของส่วนรับและส่งข้อมูลแบบ RS-485 ของแต่ละโมดูลเหมือนกับที่กล่าวไว้ในหัวข้อส่วนรับส่งข้อมูลแบบ RS-485 ของสถานีควบคุม จึงขอกล่าวเพิ่มเติมในการเชื่อมต่อกันระหว่างโมดูลระยะไกล ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.6 ข้อสังเกตคือ ขาที่ 6 ของไอซี SN75176 ของแต่ละโมดูลระยะไกลจะต้องต่อถึงกัน ขณะเดียวกันขาที่ 7 ของไอซี SN75176 ของแต่ละโมดูลระยะไกลต้องต่อถึงกันด้วย เพื่อให้มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน RS-485



รูปที่ 4.6 แสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างโมดูลระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485

8.เขตที่อยู่ของฮาร์ดแวร์

เนื่องจากซีพียูที่ใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ฮาร์ดแวร์บางส่วนจะอยู่ภายในซีพียูแล้ว ในการติดต่อกับฮาร์ดแวร์ดังกล่าว สามารถติดต่อได้โดยตรง ซึ่งซีพียูจะมองเห็นในลักษณะเป็นรีจีสเตอร์พิเศษ (SFR : Special Function Registers) ภายในตัวซีพียูเอง ส่วนฮาร์ดแวร์ที่อยู่นอกเหนือจากฮาร์ดแวร์ดังกล่าวเป็นฮาร์ดแวร์ภายนอก จะใช้วิธีการติดต่อในลักษณะเดียวกันกับการที่ซีพียูติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

8.1 อุปกรณ์รอบนอกของซีพียู

8.1.1 พอร์ต (Port)

พอร์ต 0 : ลักษณะการใช้งานแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต กับอุปกรณ์ที่ต่อกับซีพียูถูกใช้กับโมดูลดิจิตอล ส่วนกลุ่มที่สองจะใช้งานร่วมกับพอร์ต 2 ในการส่งข้อมูลให้กับวงจรแปลงผัน D/A หรือ A/D โดยให้ข้อมูลขนาด 8 บิตล่าง (บิต 0-บิต 7) ของข้อมูล 12 บิต ซึ่งใช้กับโมดูลแอนะลอก

พอร์ต 1 : มีหน้าที่สำหรับรับข้อมูลจากดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต ใช้ในการกำหนดชนิดและฟิลด์เขตที่อยู่ของโมดูลระยะไกล

พอร์ต 2 : สำหรับบิต 0 ถึง บิต 3 ของพอร์ต 2 ใช้งานร่วมกับพอร์ต 0 โดยเป็นข้อมูล 4 บิตบน (บิต 8-บิต 11) ส่วนบิต 7 ถึง 7 ใช้ถอดรหัสเพื่อกำหนดช่องสัญญาณ

สำหรับตัวมัลติเพลกเซอร์ (Multiplexer) และเปิดทาง (Enable) สัญญาณที่ช่องสัญญาณถูกกำหนดลักษณะการใช้งานเหล่านี้ใช้กับโมดูลแอนะลอก

พอร์ต 3 : บิต 0 ถึง บิต 5 ใช้งานสำหรับรับส่งสัญญาณที่เป็นบิต โดยแต่ละบิตเป็นอิสระจากกัน บิต 0 และ บิต 1 ใช้ในวงจรการเตือน บิต 2 ใช้สำหรับการถ่ายเทข้อมูลโดยใช้ระดับของสัญญาณกำหนดเงื่อนไขการเกิดอินเทอร์รัพต์ศูนย์ 'INT0' บิต 3 ใช้ในวงจรแปลงผันสัญญาณ A/D หรือ D/A บิต 4 ใช้ในการระบุว่าอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ภายในโมดูลระยะไกลพร้อมที่จะทำงานหรือไม่ บิต 5 ใช้ในวงจรคงค่าเอาต์พุต (Holding Circuit) ตารางที่ 4.1 แสดงความหมายของบิตต่าง ๆ ของพอร์ต 3

8.1.2 ไทม์เมอร์ (Timer)

ใช้ไทม์เมอร์เบอร์ 0 (Timer 0) ของซีพียูในการเป็นฐานเวลาสำหรับ PCA โดยมีคาบเวลาเป็น 250 ไมโครวินาที

8.1.3 PCA (Programmable Counter Array) ใช้ 2 โมดูล

โมดูล 0 สำหรับกำเนิดเวลาการสุ่ม (Sampling Timer) โดยมีคาบเป็น 100
มิลลิวินาที

โมดูล 4 เป็นวอชด็อกไทม์เมอร์ (Watchdog timer)

P 3. X	Pin name	Description
P3.0	ALMH	High alarm
P3.1	ALML	LOW alarm
P3.2	INT0	Interrupt 0
P3.3	COMP	A/D Comparator
P3.4	READY	Hardware ready
P3.5	OUT	Output enable

ตารางที่ 4.1 แสดงบิตต่าง ๆของพอร์ต 3

8.2 ฮาร์ดแวร์ภายนอก

สำหรับฮาร์ดแวร์ภายนอกได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำภายนอก (External Data Memory) และอุปกรณ์รอบนอก ในงานวิจัยนี้แบ่งเขตที่อยู่ของหน่วยความจำออก

เป็น 2 หน้า (Page) หน้าแรกสำหรับหน่วยความจำภายนอก ส่วนหน้าที่สองสำหรับอุปกรณ์รอบนอกที่อยู่ภายนอกซีพียู ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.7

PAGE 1	2 kbytes system external memory	0000 H	
	Blank	0800 H	
PAGE 2	Square Wave Generator	8000 H	32*CLK Generator
	Square Wave Generator	8001 H	1*CLK Generator
	Spare	8002 H	
	8253 Set Mode	8003 H	Control Word 8253
	Command/Status	8004 H	Command or Satus
	Parameter/Result	8005 H	Parameter or Result
	Transmit INT Status	8006 H	TxINT Result
	Receive INT Status	8007 H	RxINT Result
	RxDACK Signal	8008 H	Receive Data
	TxDACK Signal	800C H	Transmit Data
	Interrupt Enable	8010 H	
	Transmit Enable	8011 H	
	Receive Enable	8012 H	
	Disable All	8013 H	
	OUT_ENL ULN2803	8014 H	Control Low Channel
	OUT_ENH ULN2803	8018 H	Control High Channel

รูปที่ 4.7 แสดง Memory Map ของฮาร์ดแวร์ภายนอก

เนื่องจากโมดูลระยะไกลในงานวิจัยนี้มี 5 ชนิด ดังนั้นฮาร์ดแวร์ของโมดูลระยะไกลจึงมี 5 ชนิดดังนี้

1.1 โมดูลอินพุตแบบดิจิตอล

ส่วนประกอบหลักของโมดูลอินพุตแบบดิจิตอลมี 2 ส่วนคือส่วนซีพียู และส่วนสัญญาณอินพุตแบบดิจิตอล ฮาร์ดแวร์ของโมดูลชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 4.8

สำหรับวงจรถอดรหัสฮาร์ดแวร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ไอซีชนิดโปรแกรมได้ประเภท PAL (Programmble Array Logic) [9] โดยโปรแกรมของไอซีดังกล่าวได้รับการพัฒนาด้วยซอฟต์แวร์ PALASM2 [10]

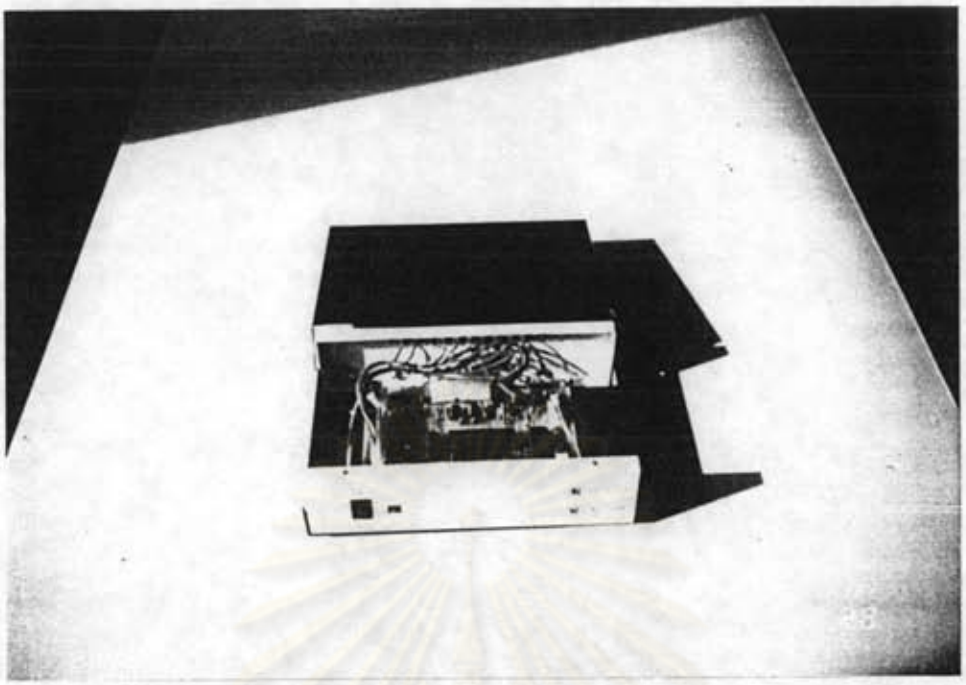
รูปที่ 4.8 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลอินพุตแบบดิจิตอล

1.2 โมดูลอินพุตแบบแอนะลอกสัญญาณมาตรฐาน

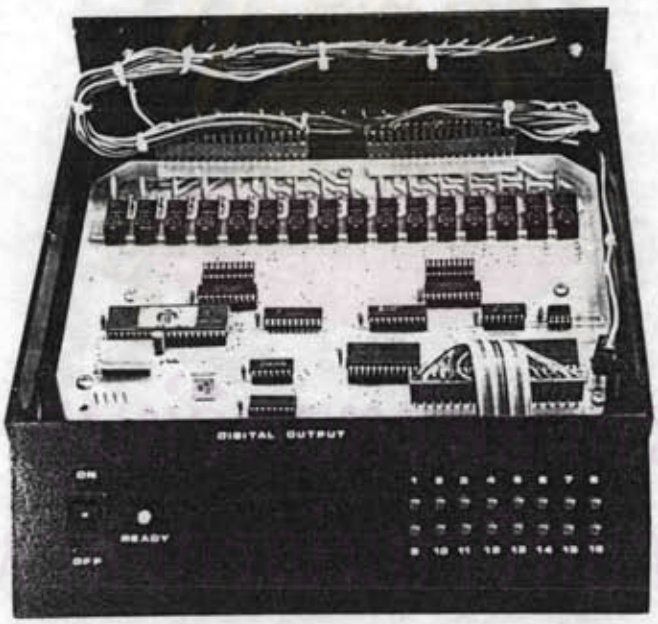
ส่วนประกอบหลักของโมดูลอินพุตแบบแอนะลอกสัญญาณมาตรฐานมี 2 ส่วน คือ ส่วนซีพียู และส่วนสัญญาณอินพุตแบบแอนะลอก (1-5 โวลต์ หรือ 4-20 มิลลิแอมแปร์) ฮาร์ดแวร์ของโมดูลชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 4.9

1.3 โมดูลเอาต์พุตแบบดิจิตอล

ส่วนประกอบหลักของโมดูลเอาต์พุตแบบดิจิตอลมี 2 ส่วนคือส่วนซีพียู และส่วนสัญญาณเอาต์พุตแบบดิจิตอล ฮาร์ดแวร์ของโมดูลชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลอินพุตแอนะลอกสัญญาณมาตรฐาน



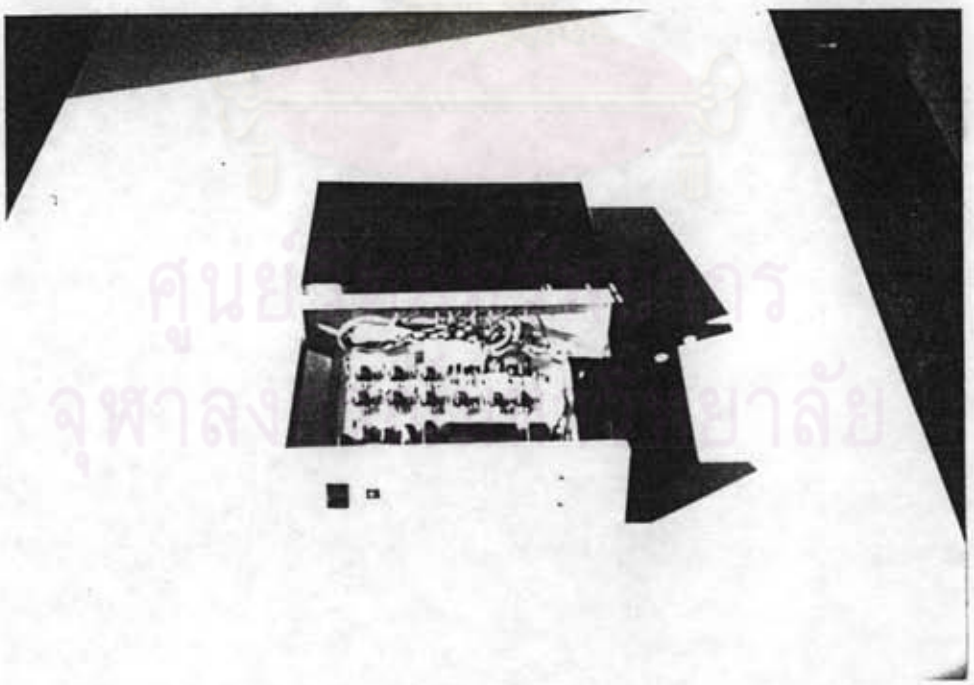
รูปที่ 4.10 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลเอาต์พุตแบบดิจิตอล

1.4 โมดูลเอาต์พุตแบบแอนะลอกสัญญาณมาตรฐาน

ส่วนประกอบหลักของโมดูลเอาต์พุตแบบแอนะลอกสัญญาณมาตรฐานมี2 ส่วน คือ

ส่วนซีพียู และส่วนสัญญาณเอาต์พุตแบบแอนะลอก (1-5 โวลต์ หรือ 4-20 มิลลิแอมแปร์) ฮาร์ดแวร์ของโมดูลชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลเอาต์พุตแอนะลอกสัญญาณมาตรฐาน



รูปที่ 4.12 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลเอาต์พุตแอนะลอก 0-10 โวลต์

1.5 โมดูลเอาต์พุตแบบแอนะลอก 0-10 โวลต์

ส่วนประกอบหลักของโมดูลเอาต์พุตแบบแอนะลอก 0-10 โวลต์ มี 2 ส่วนคือ ส่วนซีพียู และส่วนสัญญาณเอาต์พุตแบบแอนะลอก (0-10 โวลต์หรือ 0-40 มิลลิแอมแปร์) ฮาร์ดแวร์ของโมดูลชนิดนี้ แสดงดังรูปที่ 4.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย