4. การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการควบคุม

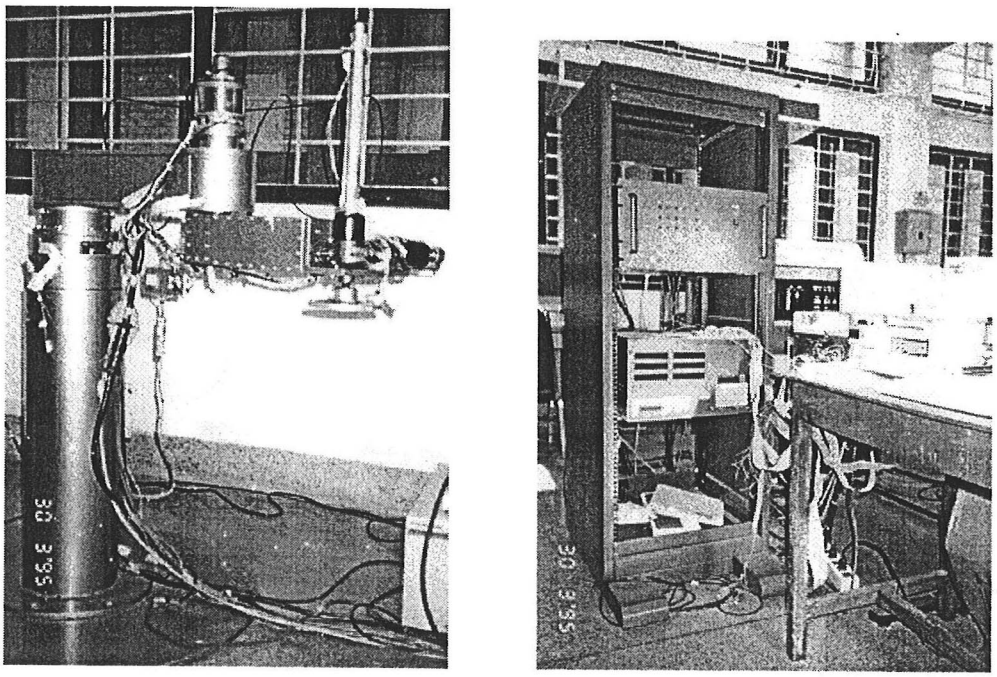
แขนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจุฬา 2 ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้มีความสามารถในการเคลื่อนที่ไปตามวิถีทางที่กำหนดให้อย่างแม่นยำ และขณะเดียวกันก็อาจจะทำงานได้ที่ความเร็วสูง ตัวควบคุมที่ใช้ในการควบคุมแขนหุ่นยนต์จุฬา 2 นี้จะต้องมีความเร็วสูงในการคิดคำนวณ ทั้งนี้เนื่องจากว่าอัตราการสุ่มข้อมูล (sampling rate) ที่ใช้สำหรับระบบควบคุมนั้นจะมีค่าค่อนข้างสูง การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับใช้ในการควบคุมแขนหุ่นยนต์จุฬา-2 นี้ ก็เพื่อต้องการได้อุปกรณ์พื้นฐานที่สามารถทดสอบตัวควบคุมแบบใหม่ ๆ ที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคต ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า แบบจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมนั้นมีรูปแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear system) ดังนั้นการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมจึงจำเป็นต้องให้มีความยืดหยุ่นตัวสูง เพื่อสามารถดัดแปลงเพื่อใช้ในการควบคุมแบบต่าง ๆ ได้

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมแขนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจุฬา 2 นั้นในขณะที่เริ่มสร้างนั้นได้ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล 80386 พร้อมตัวโปรเซสเซอร์ร่วมที่ทำหน้าที่ในการคำนวณ (mathco processor) ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ที่เร็วที่สุดในขณะนั้น แต่ขณะที่เขียนรายงานอยู่นี้เรามีโครงการจะเปลี่ยนเป็นเครื่องที่มีความสามารถสูงยิ่งขึ้นไปอีก ซึ่งอาจจะเป็นเครื่อง 80486/DX2, 80486/DX4 หรืออาจจะเป็นเครื่อง Pentium ซึ่งกำลังพิจารณาอยู่ ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ตระกูล 80386 ที่ใช้อยู่เดิมนั้นก็ยังมีความเร็วไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการควบคุมแขนหุ่นยนต์จุฬา 2 ดังนั้นเราจึงมีความคิดที่จะใช้คอมพิวเตอร์ 2 ตัวแทน โดยที่คอมพิวเตอร์ตัวหนึ่งจะทำหน้าที่คำนวณในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการควบคุมฮาร์ดแวร์ที่ใช้ต่อกับแขนหุ่นยนต์เช่นในกรณีของตัวควบคุมแบบปรับได้ (adaptive) นั้น ในส่วนของการทำการปรับ (adaptiation) จะทำโดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตัวนี้ สำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตัวที่สองจะทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ตัวมอเตอร์ อุปกรณ์ตรวจรู้ (sensor) ซึ่งจะเป็นส่วนของการควบคุมแบบปิด ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการสร้างอุปกรณ์เพิ่มเติมที่ทำให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทั้งสองตัวนั้นสามารถติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันได้ การออกแบบระบบควบคุมนี้จะครอบคลุมถึงการควบคุมแบบปรับได้หรือ Adaptive Control ซึ่งจะทำการศึกษาโดยละเอียดในเอกสารอ้างอิงที่ 1 และ 2 สำหรับการทดสอบระบบควบคุมนี้จะทำเฉพาะ PD control เท่านั้น แต่เพื่อให้เอกสารรายงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์เราจึงอธิบาย ระบบควบคุมที่สร้างขึ้นนี้พร้อมครอบคลุมถึงการควบคุมขั้นสูงด้วย

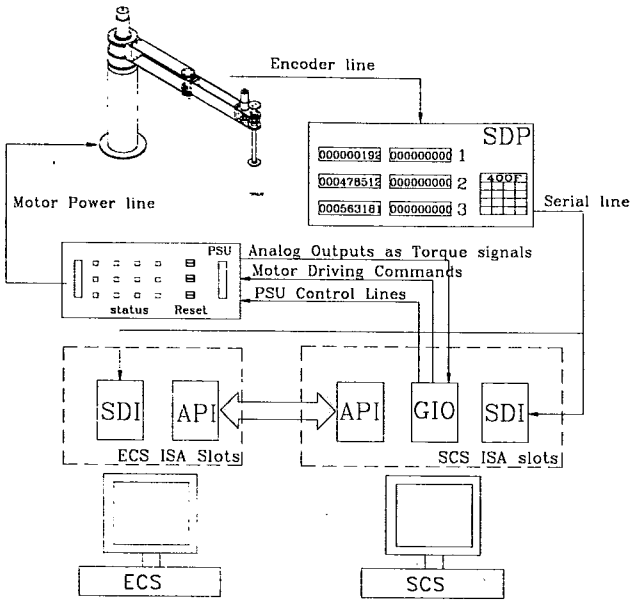
เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องที่ทำหน้าที่คำนวณสมการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมแบบปรับได้และไม่เกี่ยวกับการควบคุมฮาร์ดแวร์เราจะให้ชื่อว่า ECS (Enhanced Computing Station) ส่วนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในระบบควบคุมแบบปิดนั้นจะเรียกว่า SCS (Servo Computing Station) อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์ทั้งสองตัวนี้สามารถส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันได้ทั้งสองทาง (bidirection) ซึ่งหัวใจของส่วนนี้เราจะใช้ peripheral VLSI chip ของ Intel การเชื่อมต่อกันนั้นจะใช้เวลาของ CPU เพียงนิดเดียวโดยผ่านกลไกที่สามารถทำการขัดจังหวะอย่างเร็ว (fast hardware interrupt mechanism) ข้อมูลจะส่งผ่านเข้าตัว CPU ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่โดยใช้ ISA Bus ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16Mhz-80286 พร้อมกับตัวประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (mathcoprocessor) จะใช้เป็นตัว SCS และจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการควบคุมแขนหุ่น

ยนต์จุฬา 2 กล่าวคือตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาแอนะลอก (Digital-to-Analog converters) ที่ต่อเข้ากับเครื่องขยายสัญญาณแบบเซอร์โวเพื่อไปควบคุมมอเตอร์อีกทีหนึ่ง และก็จะมีส่วนที่ทำหน้าที่เป็นระบบตรวจรู้ (sensors) ที่จะทำหน้าวัดข้อมูลของการเคลื่อนที่เช่นตำแหน่งของแขน ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแขน โดยอุปกรณ์รับรู้นี้เราจะเรียกว่า SDP (Servo Data Processor) หัวใจของชุดอุปกรณ์รับรู้นี้จะใช้ CPU Z-80 ชุด SDP จะต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ SCS โดยใช้ DMA (Direct Memory Access) ส่วนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็น ECS เราใช้เครื่อง 25 MHz-80387 พร้อมติดตั้งตัวประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (mathcoprocessor) ซึ่งให้ความเร็วพอสมควร ความเร็วสูงสุดรวมในการสุ่มข้อมูลอยู่ที่ประมาณ 500 Hz สำหรับควบคุมแขนหุ่นยนต์จุฬา 2 ทั้งสามแกน ซึ่งก็นับว่าเพียงพอในการที่จะใช้ควบคุมแขนหุ่นยนต์จุฬาสองได้ รูปที่ 4.1 เป็นรูปแสดงระบบรวมของอุปกรณ์ควบคุมแขนหุ่นยนต์จุฬา 2

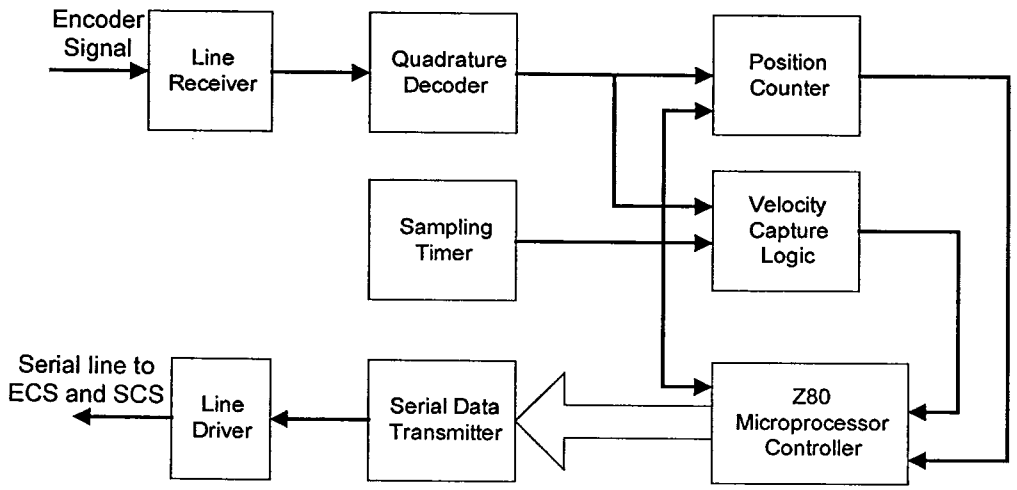


รูปที่ 4.1 เป็นรูปแสดงระบบรวมของอุปกรณ์ควบคุมแขนหุ่นยนต์จุฬา 2

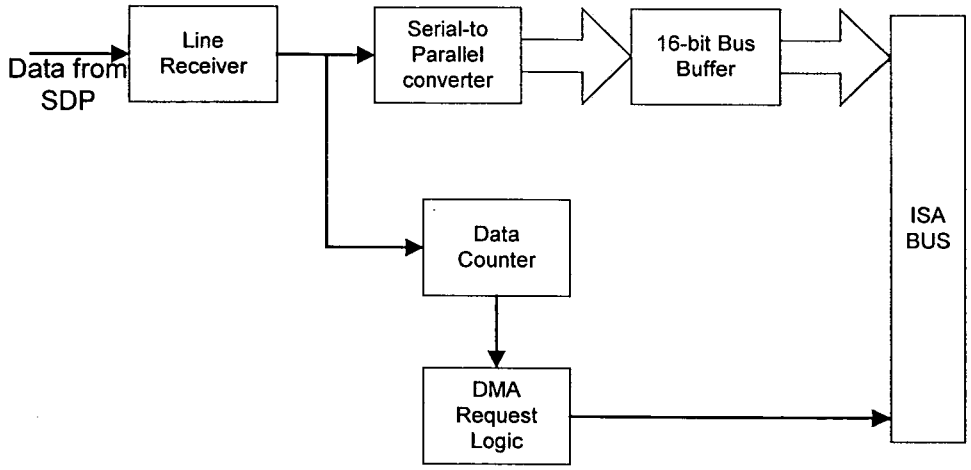


รูปที่ 4.1 เป็นรูปแสดงระบบรวมของอุปกรณ์ควบคุมแขนหุ่นยนต์จุฬา 2 (ต่อ)

รูปที่ 4.2 เป็นรูปบล็อกไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันการทำงานของระบบ SDP (Servo Data Processor) รูปที่ 4.3 เป็นรูปบล็อกไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันการทำงานของการเชื่อมต่อระหว่าง SDP กับ DMA ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเราจะเรียกว่า SDI (SDP-DMA Interface)

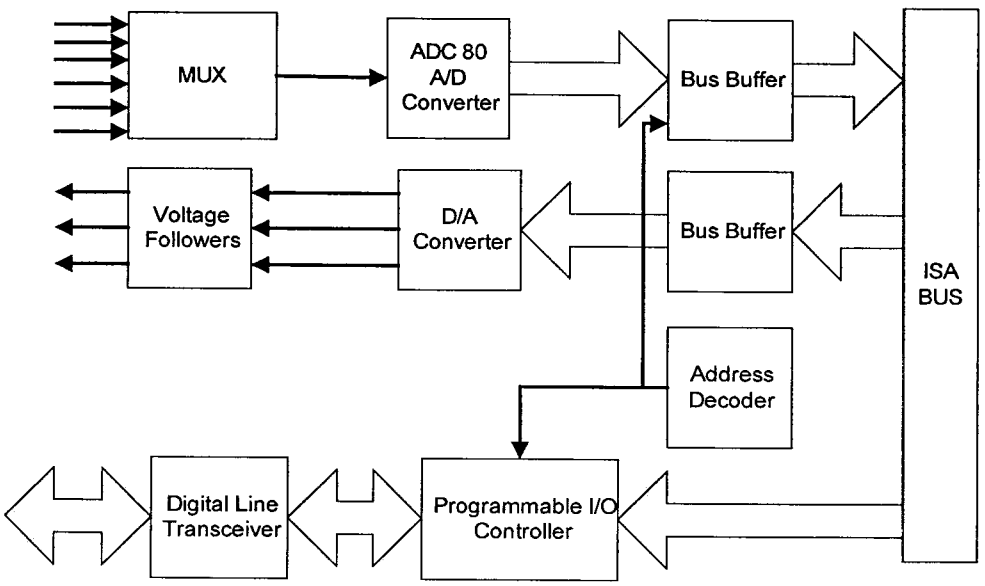


รูปที่ 4.2 เป็นรูปบล็อกไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันการทำงานของระบบ SDP



รูปที่ 4.3 เป็นรูปบล็อกไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันการทำงานของ SDI

รูปที่ 4.4 เป็นรูปแสดงฟังก์ชันการทำงานของระบบรับข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ (data acquisition) ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล (analog-to-digital converter) และส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะลอก (digital-to-analog converter) และรวมทั้งส่วนที่เป็นการรับข้อมูลดิจิทัลเข้า-ออกขนาด 24 บิท (24-bit digital Input/Output) ซึ่งจะต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่านแผงวงจร API (Asynchronous Parallel Interface) ที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่าน ISA bus ในส่วนนี้เราจะเรียกว่า GIO (General I/O Interface) ส่วนฟังก์ชันการทำงานของแผงวงจร API นั้นแสดงไว้ในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 เป็นรูปบล็อกไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันการทำงานของระบบ GIO