บทที่ 5

การทดลอง

แบบจำลองของระบบ ABS

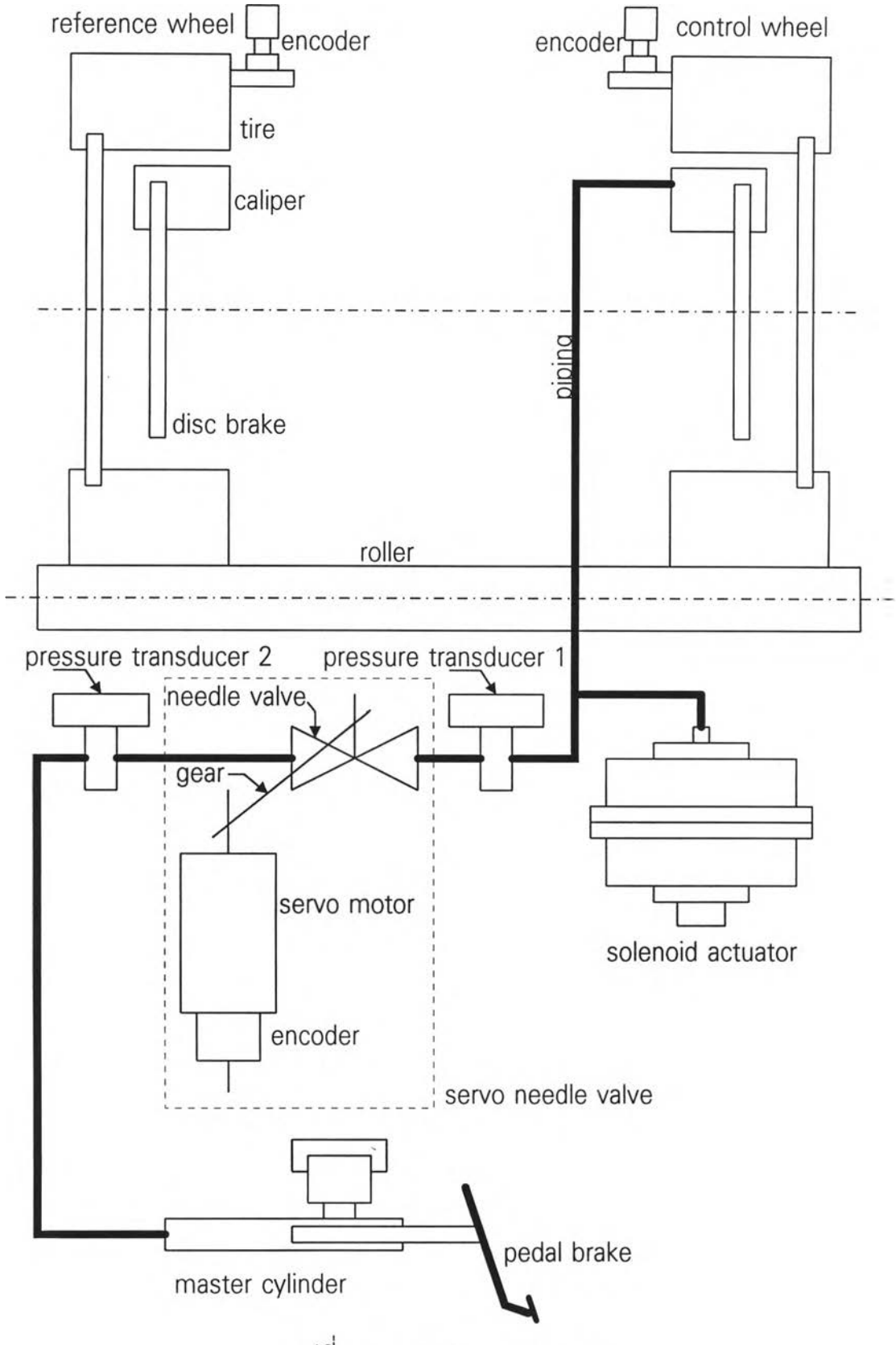
แบบจำลองระบบ ABS ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ 1. การจำลองล้อรถยนต์และพื้นถนน 2. ระบบ ABS จะมีชุดวงจรไฮดรอลิกระบบห้ามล้อ , ชุดตัดต่อวงจรไฮดรอลิก (ลิ้นเข็มเซอร์โว) , ชุดสร้างความดันโดยตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ , ชุดขับกำลัง (เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์) , ชุดการ์ดอินเตอร์เฟส , ชุดตรวจจับความเร็วรอบและความดัน , ไมโครคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมควบคุมการลื่นไถล

การจำลองล้อรถยนต์และพื้นถนนในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ลูกกลิ้งเหล็ก (roller) หมุนแทนถนน ผิวเรียบ และมีสภาวะแห้ง แบบจำลองมีล้อรถยนต์ 2 ล้อ ได้แก่ ล้อที่ถูกควบคุมด้วย ABS และล้ออ้างอิงความเร็ว กดอยู่บนลูกกลิ้งเหล็ก ที่หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ การทดสอบนี้ จะปรับเปลี่ยนภาระน้ำหนักได้ตั้งแต่ 300 - 600 กิโลกรัม โดยปรับเปลี่ยนแรงกดที่ล้อกระทำต่อลูกกลิ้งเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 5.1

ข้อมูลจำเพาะของแบบจำลองระบบ ABS

1. ล้อรถยนต์ เป็นล้อรถยนต์ใช้กับรถกระบะ ยี่ห้อ NISSAN รุ่น BIG M กระทะล้อขนาด 14 นิ้ว ยางเรเดียล ยี่ห้อ MICHELIN รุ่น XCE 2 ความดันลมยางที่ใช้ในการทดสอบ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สามารถวัดเส้นรอบวงของยางล้อได้เท่ากับ 2.080 เมตร ถูกขับให้หมุนด้วยความเร็วรอบ 27.82 รอบต่อนาที คำนวณเป็นความเร็วที่ผิวล้อ (ความเร็วรถยนต์) ได้ 3.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2. ชุดลูกกลิ้งเหล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.105 เมตร สภาพผิวมีขั้นความหยาบละเอียดของผิวงาน N9 หรือ 6.3 ไมโครเมตร โดยขบวนการกลึงปลอกผิว ลูกกลิ้งเหล็กหมุนด้วยความเร็วรอบ 175.4 รอบต่อนาที มีความเร็วที่ผิว 3.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้



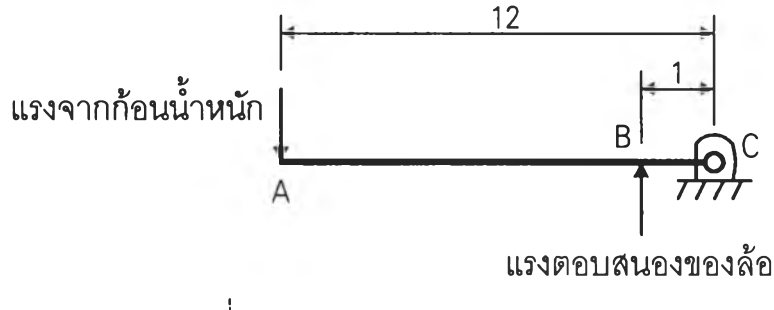
รูปที่ 5.1 แสดงวงจรระบบ ABS

มอเตอร์แบบอินดักชั่น 3 เฟส 7.5 แรงม้า ความเร็วรอบ 1475 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลังใช้จานโซ่เป็นชุดทด อัตราทดเท่ากับ 8.41

3. ชุดดุมล้อ , ดิสเบรค และก้ามปูห้ามล้อ เป็นอุปกรณ์ล้อหน้าของรถกระบะยี่ห้อ NISSAN รุ่น BIG M

4. ชุดตรวจจับความเร็วรอบของล้อจะใช้เอนโคดเดอร์ แบบ 500 ฟัลซ์ต่อรอบ 2 ชุด ถูกติดตั้งที่ขอบของล้อแต่ละล้อ โดยปกติจะถูกติดตั้งแบบต่อตรง ที่ตำแหน่งดุมล้อ เนื่องจากสัญญาณฟัลซ์ต่ำ เพราะล้อหมุนด้วยความเร็วรอบ 27.82 รอบต่อนาที จึงต้องทำการขยายสัญญาณ ให้มีจำนวนฟัลซ์มากขึ้น ที่ตำแหน่งปลายเพลาของเอนโคดเดอร์มีมูเล่ย์ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.070 เมตร สวมอยู่และแนบติดกับขอบล้อแต่ละล้อ มีรัศมี 0.2975 เมตร จะได้อัตราขยาย 8.5 เท่า

5. ชุดคานกด เป็นคานกระเดื่อง เพื่อทดแรงกด โดยมีอัตราส่วน 1:12 ซึ่งสามารถแสดงเป็นรูปอย่างง่ายดังรูปที่ 5.2 โดยตำแหน่ง B เป็นตำแหน่งที่ดุมล้อของล้อทั้งสอง ตำแหน่ง A จะเป็นที่ใส่น้ำหนักเพื่อปรับเปลี่ยนการรับภาระน้ำหนัก และตำแหน่ง C เป็นจุดหมุน ถูกออกแบบเป็นยูนิตแบริ่ง สามารถปรับให้เลื่อนขึ้นลงได้ เพื่อให้คานนี้อยู่ในแนวระดับขณะทดสอบเสมอ



รูปที่ 5.2 แสดงชุดคานกดอย่างง่าย

6. ชุดแม่ปั๊มห้ามล้อ เป็นอุปกรณ์สร้างความดันในวงจรไฮดรอลิก มีคันเหยียบห้ามล้อต่อกับชุดแม่ปั๊มห้ามล้อ เป็นของรถกระบะ ยี่ห้อ NISSAN รุ่น BIG M

7. ลิ้นเข็มเซอร์โว เป็นอุปกรณ์ตัดต่อในวงจรไฮดรอลิก ลิ้นเข็มยึดกับเฟืองเกียร์และมอเตอร์เซอร์โว โดยมีชุดเกียร์ทด 1:5 ต่อเข้าด้วยกัน ที่ตำแหน่งท้ายของมอเตอร์เซอร์โวมีเอนโคดเดอร์ แบบ 250 ฟัลซ์ต่อรอบ ลิ้นเข็มที่ใช้นี้เป็นของยี่ห้อ DELTROL FLUID PRODUCTS รุ่น No. EF 20 S , มอเตอร์เซอร์โว ยี่ห้อ MINERTIA MOTOR รุ่น UGFMED-02 LX 2E

8. ทรานสดิวเซอร์ความดัน ใช้สเตรนเกจเป็นอุปกรณ์หลัก เพื่อวัดค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไป เมื่อมีความดันมากระทำกับไดอะแฟรมทองเหลือง และออกแบบให้ชดเชยอุณหภูมิด้วย จะใช้ด้วยกัน 2 ชุด ชุดแรกอยู่ระหว่างลิ้นเข็มเซอร์โว กับตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ และชุดที่ 2 จะอยู่ระหว่างแม่ปั๊มห้ามล้อกับลิ้นเข็มเซอร์โว รายละเอียดจะกล่าวในภาคผนวก ก.

9. ตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ เป็นอุปกรณ์สร้างความดันเมื่อระบบ ABS ทำงาน ความดันที่สร้างได้สูงสุด 16.8 บาร์ ที่กระแสสูงสุด 8.0 แอมแปร์ ความสิ้นเปลืองกำลังพลังงาน 172 วัตต์ ดังในภาคผนวก ข.

10. ชุดเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์ สำหรับขับลิ้นเข็มเซอร์โวและตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ ใช้ IC เบอร์ L292 เป็นอุปกรณ์ในวงจร จัดสร้างเป็น 2 ชุด ดังในภาคผนวก ค.

11. ชุดขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมนแอมปลิไฟเออร์ของทรานสดิวเซอร์ความดัน ทำการขยายสัญญาณประมาณ 5710 เท่า จัดสร้าง 2 ชุด ดังในภาคผนวก ง.

12. ชุดดีโคดเดอร์ของชุดตรวจจับความเร็วรอบของล้อทั้งสองและลิ้นเข็มเซอร์โว ถูกออกแบบเป็น 12 บิต โดยใช้ IC เบอร์ 74LS74 และ 74LS193 จัดสร้าง 3 ชุด ดังในภาคผนวก จ.

13. การ์ดอินเตอร์เฟส จะใช้ด้วยกัน 2 การ์ดคือ 8255 I/O CARD FPC-024 และ PC ADDA-14 CARD FPC-011 ดังในภาคผนวก ฉ.

14. ไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้ CPU 80386 DX-40

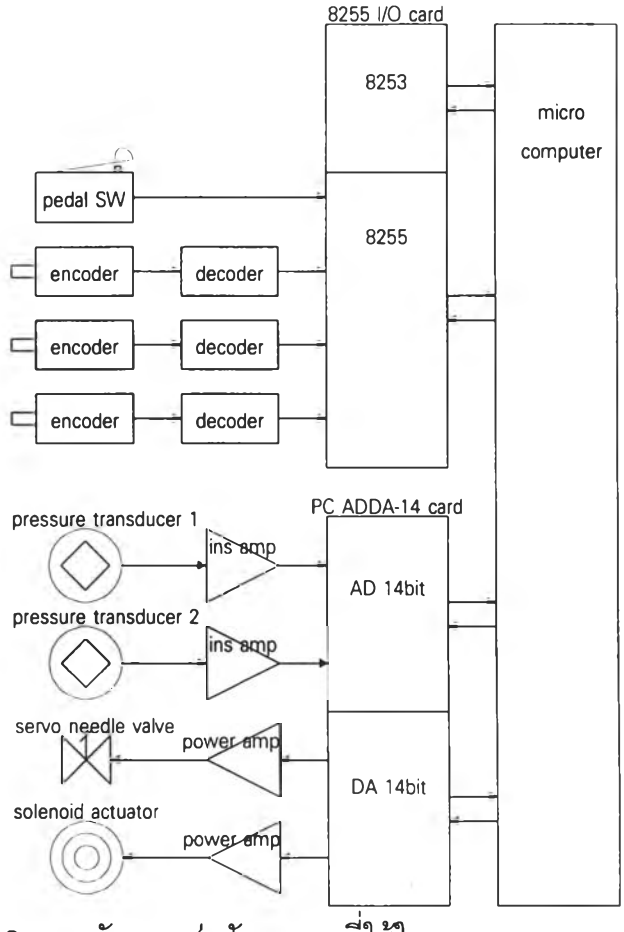
15. โปรแกรมควบคุมการลื่นไถล ซึ่งผังโปรแกรมโครงสร้าง (structured flow chart) แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ช.

การติดตั้งวงจรไฮดรอลิก

พิจารณาจากรูป 5.1 ท่อจะถูกต่อจากแม่ปั๊มห้ามล้อมายังทรานสดิวเซอร์ความดัน2 ออกจากทรานสดิวเซอร์ความดัน2 เข้าลิ้นเข็มเซอร์โวและต่อมายังทรานสดิวเซอร์ความดัน1 จากนั้นท่อจะถูกออกจากทรานสดิวเซอร์ความดัน1 ไปเข้าข้อต่อ3ทาง และมีการต่อท่อออกจากตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์มายังข้อต่อ3ทาง พร้อมทั้งเดินท่อจากข้อต่อ3ทางไปยังก้ามปูห้ามล้อ

การเชื่อมต่อสัญญาณต่าง ๆ

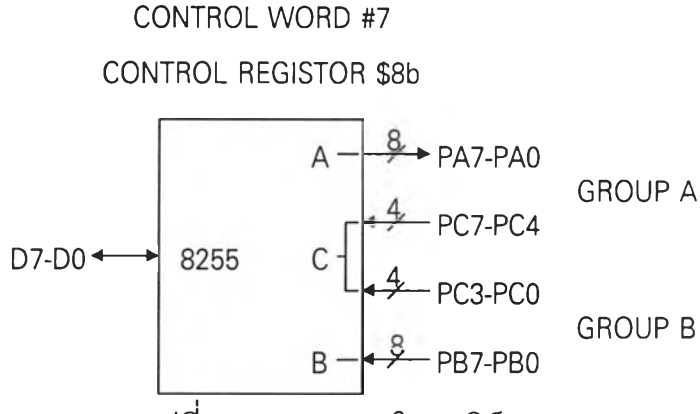
การรับและส่งสัญญาณจะใช้การ์ดเป็นทางผ่านของข้อมูลให้ดูจากรูป 5.3 ซึ่งแสดงวงจรรับและส่งสัญญาณ จะใช้ด้วยกัน 2 การ์ดคือ 8255 I/O CARD FPC-024 และ PC ADDA-14 CARD FPPC-011



รูปที่ 5.3 วงจรรับและส่งสัญญาณที่ใช้ในงานควบคุมระบบ ABS

1. 8255 I/O CARD จะมี IC 8255 เป็นโปรแกรมมาเบิล อินพุท/เอาท์พุท อินเตอร์เฟส (programable input/output interface) มีด้วยกัน 2 ชุด และ IC 8253 เป็นเคานเตอร์/ไทมเมอร์ (counter / timer) 1 ชุด เลือกแอดเดรสของการ์ด ไว้ที่ $1b0

1.1 IC 8255 ชุดที่ 1 จะถูกออกแบบให้ใช้คอนโทรลเวิร์ด (control word) เท่ากับ #7 ซึ่งจะมีคอนโทรลริจิสเตอร์ (control registor) เท่ากับ $8b



รูปที่ 5.4 แสดงคอนโทรลเวิร์ด #7

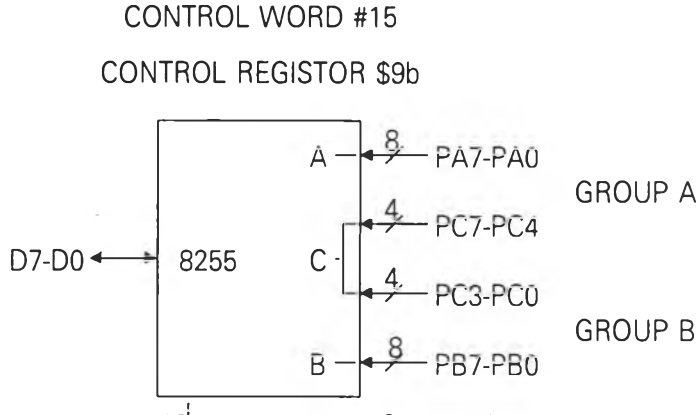
การติดตั้งพอร์ทของ IC 8255 ชุดที่ 1

- ให้พอร์ท C บน ขนาด 4 บิต (PC7-PC4) รับสัญญาณ 4 บิตจาก pedal brake switch ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งคันเหยียบห้ามล้อ

- ให้พอร์ท C ล่าง ขนาด 4 บิต (PC3-PC0) และพอร์ท B ขนาด 8 บิต (PB7-PB0) รวมเรียกว่า กรุ๊ป B รับสัญญาณ 12 บิต จากดีโคดเดอร์ จะถูกต่อเข้ากับเอนโคดเดอร์ของมอเตอร์เซอร์โวที่ขับลิ้นเข็มเซอร์โว

- ให้พอร์ท A ขนาด 8 บิต (PA7-PA0) ให้เป็นเอาท์พุท ซึ่งในที่นี้ไม่ได้นำมาใช้

1.2 IC 8255 ชุดที่ 2 ถูกออกแบบให้ใช้คอนโทรลเวิร์ดเท่ากับ #15 ซึ่งจะมีคอนโทรลริจิสเตอร์เท่ากับ $9b



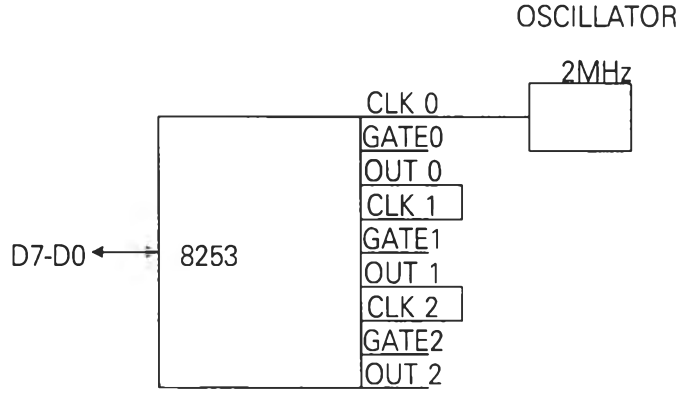
รูปที่ 5.5 แสดงคอนโทรลเวิร์ด #15

การติดตั้งพอร์ทของ IC 8255 ชุดที่ 2

- ให้พอร์ท C บน ขนาด 4 บิต (PC7-PC4) และพอร์ท A ขนาด 8 บิต (PA7-PA0) เป็นกรุ๊ป A รับสัญญาณ 12 บิต จากดีโคดเดอร์ จะถูกต่อกับเอนโคดเดอร์ของล้อที่ถูกควบคุม (control wheel)

- ให้พอร์ท C ล่าง ขนาด 4 บิต (PC3-PC0) และพอร์ท B ขนาด 8 บิต (PB7-PB0) เป็นกรุ๊ป B รับสัญญาณ 12 บิต จากดีโคดเดอร์ จะถูกต่อเอนโคดเดอร์ของล้ออ้างอิง (reference wheel)

1.3 IC 8253 จะมีเคานเตอร์ 3 ชุด คือ เคานเตอร์0 , เคานเตอร์1 และเคานเตอร์ 2 ที่เคานเตอร์0 ขา CLK0 จะถูกต่อกับออสซิเลเตอร์ (oscillator) ความถี่ 2 เมกะเฮิทซ์ ขา OUT0 ต่อกับขา CLK1 และขา OUT1 ต่อกับขา CLK2



รูปที่ 5.6 แสดงการต่อระหว่างเคานเตอร์0 , เคานเตอร์1 และเคานเตอร์2

2. PC ADDA-14 CARD จะประกอบด้วย ภาครับสัญญาณโดยแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (analog to digital conversion) เขียนได้ว่า A/D conversion และภาคส่งสัญญาณโดยแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก (digital to analog conversion) เขียนได้ว่า D/A conversion โดยเลือกแอดเดรสของการ์ดนี้ไว้ที่ $170

2.1 A/D conversion จะรับสัญญาณที่ถูกขยายสัญญาณโดย อินสตรูเมนแอมปลิไฟเออร์ ซึ่งสัญญาณดังกล่าวถูกส่งมาจากทรานสดิวเซอร์ความดัน วงจรภายในทรานสดิวเซอร์ความดันจะถูกต่อเป็นวงจรบริดจ์ การรับสัญญาณ A/D conversion จะมีทรานสดิวเซอร์ความดัน1 จะต่อเข้าที่แชนเน็ล0 และทรานสดิวเซอร์ความดัน2 จะถูกต่อเข้าที่แชนเน็ล1

2.2 D/A conversion จะเป็นการส่งสัญญาณควบคุมออกมา สั่งให้ชุดขับกำลังเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์ทำการขับลิ้นเข็มเซอร์โวที่แชนเน็ล0 และขับตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ที่แชนเน็ล1

โปรแกรมควบคุมการลื่นไถล

โปรแกรมควบคุมการลื่นไถล ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษาปาสคาส และใช้คอมไพเลอร์ ของบอร์แลนด์ มีชื่อว่า เทอร์โบปาสคาล เวอร์ชั่น 5.5 ซึ่งแสดงผังโปรแกรมโครงสร้าง ไว้อย่างละเอียดแสดงไว้ที่ภาคผนวก ช.

เริ่มการทดลองโดยเปิดให้อินดักชั่นมอเตอร์ทำงาน ลูกกลิ้งเหล็กจะหมุนทำให้ล้อรถยนต์ทั้งสองหมุนด้วย ตำแหน่งลิ้นเข็มเซอร์โวในตอนเริ่มต้นจะอยู่ตำแหน่งปิดหรือตำแหน่งดัดวงจรไฮดรอลิกอยู่ เมื่อทำการรันโปรแกรมควบคุมการลื่นไถล ลิ้นเข็มเซอร์โวจะทำงานอยู่ในตำแหน่งต่อวงจร (การควบคุมลิ้นเข็มเซอร์โวจะควบคุมแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID ใช้เวลาสุ่มเท่ากับ 0.002 วินาที) จากนั้น ทำการตรวจเช็คว่ามีการเหยียบคันเหยียบห้ามล้อหรือไม่ ถ้าไม่มีจะวนการทำงานตรวจเช็คต่อไป ถ้ามีจะสั่งให้ตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ทำงานโดยให้ลูกสูบเคลื่อนที่ (plunger) ทำหน้าที่เป็น สตอปเปอร์ (stopper) และทำการอ่านค่าความเร็วรอบของล้อทั้งสอง ทุก 0.02 วินาที ทำการคำนวณเทียบค่าการลื่นไถลเป็นเปอร์เซ็นต์ พร้อมทั้งตรวจสอบคันเหยียบ

ห้ามล้อ เงื่อนไขในการตรวจสอบอัตราลื่นไถลเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ (ค่าที่ตั้งไว้เท่ากับ 15%) หรือคันเหยียบห้ามล้อกลับคืนสู่ตำแหน่งปกติหรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการตรวจสอบความเร็วรอบของล้อ และที่คันเหยียบห้ามล้อ วนจนกว่าจะเป็นเงื่อนไขจริง ถ้าเงื่อนไขที่ผ่านออกมาเป็นของการคืนคันเหยียบห้ามล้อ ก็จะวนเข้าการตรวจสอบความเร็วรอบของล้อ และคันเหยียบห้ามล้ออีก และจะวนจนกว่าจะเป็นเงื่อนไขจริง และถ้าเงื่อนไขที่ผ่านออกมาเป็นของอัตราลื่นไถลเกินกว่า 15% ที่ตั้งไว้ จะสั่งให้ลิ้นเข็มเซอร์โวตัดวงจรไฮดรอลิก จากนั้นจะทำการควบคุมให้อัตราลื่นไถลของล้อให้อยู่ในช่วง 5-20% ตลอดจนกว่าจะตรวจสอบเงื่อนไขว่า มีค่าความดันของทรานสดิวเซอร์ความดัน1 มีค่าน้อยกว่า ค่าความดันของทรานสดิวเซอร์ความดัน2 จริง (ซึ่งหมายถึงผู้ขับขี่เริ่มปล่อยคันเหยียบห้ามล้อ) ถึงจะผ่านออกมาจากการควบคุมการลื่นไถล และเริ่มวนใหม่

การควบคุมอัตราการลื่นไถลให้อยู่ในช่วง 5 - 20% โดยจะตั้งค่าเป้าหมายของอัตราการลื่นไถลอยู่ที่ 12.5% การควบคุมอัตราลื่นไถลจะควบคุมแบบป้อนกลับใช้ตัวควบคุมแบบ PID และส่งคำสั่งความดัน (pressure command) ออกมาเป็นค่าความดันเป้าหมายที่จะให้ตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ทำงาน การควบคุมความดันของตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์จะควบคุมแบบป้อนกลับ ใช้ตัวควบคุมแบบ PID แต่ตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์มีสมการคุณลักษณะของระบบไม่เป็นเชิงเส้น จึงได้ใช้ตารางค่าเกน (gain schedule) เข้าช่วยในการควบคุมแบบ PID การทำงานของตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์จะใช้เวลาสุ่มเท่ากับ 0.002 วินาที เมื่อทำงานครบ 10 ครั้ง จะวนเข้าสู่การควบคุมอัตราลื่นไถล ซึ่งเวลาสุ่มจะเท่ากับ 0.02 วินาที

ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบจะต้องปรับเปลี่ยนแรงกด หรือปรับภาระน้ำหนักก่อน น้ำหนักของล้อรวมดุมล้อ , ดิสเบรค และชุดคานกด มีน้ำหนักรวม 186 กิโลกรัม ใส่ก้อนน้ำหนักที่ปลายของชุดคานกด เช่นใส่ก้อนน้ำหนัก 22 กิโลกรัม คานถูกออกแบบให้สามารถทดแรงกด 12 เท่า จะได้ว่ามีแรงกดที่ล้อรถยนต์ทั้ง 2 ล้อ กดบนลูกกลิ้งเหล็กด้วยน้ำหนัก 186 + (22 x 12) เท่ากับ 450 กิโลกรัม จะต้องทำการปรับให้ชุดคานกด อยู่ในแนวระดับ

เสมอ เมื่อปรับแต่งระดับได้แล้วให้นำก้อนน้ำหนักที่ปลายของชุดคานกดออก และใช้ลวดสลิงขึงให้ตึงระหว่างปลายของชุดคานกดกับโครงของแบบจำลอง ABS การทดสอบจะปรับเปลี่ยนภาระน้ำหนักในช่วง 300 - 600 กิโลกรัม โดยทำการทดสอบภาระน้ำหนักที่ 600 , 550 , 500 , 450 , 400 , 350 และ 300 กิโลกรัม ทำการบันทึกค่าโดยโปรแกรมเก็บข้อมูล จะใช้เวลาสุ่ม 0.02 วินาที จะเก็บค่าความเร็วรอบของล้อทั้ง 2 , ค่าการตอบสนองของเปอร์เซ็นต์การลื่นไถล , เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนการลื่นไถล และ คำสั่งความดันที่สั่งให้ตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์สร้างความดัน