บทที่ 4
ระบบการตรวจวัดที่ออกแบบขึ้นใช้

ระบบตัวตรวจวัดที่ใช้กันอยู่ในระบบทางด่วนมักจะใช้ตัวตรวจวัดแบบ inductive loop คู่กับ treadle ดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งเป็นระบบที่ออกแบบมาจากต่างประเทศ ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอระบบการแบ่งประเภทยานพาหนะโดยใช้ตัวตรวจวัดที่หาซื้อได้ง่ายและรวมกับการติดตั้งที่ได้ออกแบบขึ้นมาใหม่

4.1 ข้อดีข้อเสียของระบบที่ใช้อยู่ในระบบทางด่วนปัจจุบัน

ระบบที่ใช้ในปัจจุบันล้วนแล้วแต่ใช้งาน treadle เป็นตัวตรวจวัดในการแบ่งประเภทยานพาหนะทั้งสิ้น ทั้งในการนับเพลาหรือในการนับจำนวนล้อ ตัวตรวจวัดประเภทนี้จะมีข้อเสียดังต่อไปนี้

4.1.1 อายุการใช้งานจำกัด เนื่องจากตัวตรวจวัดประเภท treadle ต้องถูกล้อของยานพาหนะบดทับและเสียดสีอยู่เป็นประจำ จึงทำให้เกิดการสึกหรอ อายุการใช้งานก็จะสั้น

4.1.2 อายุการใช้งานไม่แน่นอน น้ำหนักยานพาหนะและปริมาณของยานพาหนะที่วิ่งผ่านจะมีค่าไม่แน่นอน ทำให้อัตราการสึกหรอของ treadle มีค่าไม่แน่นอน ไม่สามารถกำหนดอายุการใช้งานที่แน่นอนได้ และไม่สามารถใช้ข้อมูลจากทางบริษัทผู้ผลิตได้ ตามปกติข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตจะระบุอายุของตัวตรวจวัดชนิดนี้เป็นจำนวนครั้งของการถูกกดทับ แต่จากการใช้งานจริง ถึงแม้ว่าจำนวนการกดทับจะถึงกำหนดแล้วก็ตาม แต่ก็ยังสามารถใช้งานได้ดี ในขณะที่ตัวตรวจวัดบางตัวใช้ยังไม่ครบตามกำหนดก็เสื่อมไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ

4.1.3 ลักษณะการเสื่อมที่ไม่แน่นอน คือเมื่อใช้งานไปสักระยะหนึ่ง ตัววัสดุที่ใช้จะขาดความ ยืดหยุ่นและสปริงตัวได้ไม่แน่นอน คือมีความเร็วในการสปริงตัวกลับช้าลง ทำให้การนับจำนวนล้อมีค่าผิดพลาด และเนื่องจากราคาของตัวตรวจวัดประเภทนี้ค่อนข้างสูง จึงพยายามให้มีการใช้งานตัวตรวจวัดประเภทนี้อย่างคุ้มค่า จากสาเหตุที่ตัวตรวจวัดมีอัตราการเสื่อมไม่เท่ากัน ทำให้ระบบการแบ่งประเภทยานพาหนะที่ต้องใช้ตัวตรวจวัด 2 ตัวทำงานผิดพลาด

4.1.4 ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวตรวจวัดสูง การเปลี่ยนตัวตรวจวัดแต่ละครั้งจะต้องใช้กาวโดยเฉพาะเพื่อติดตัวตรวจวัดไว้กับราง แต่ละครั้งของการติดตั้งจะต้องใช้กาวชนิดนี้จำนวนหลายหลอด และราคาของกาวชนิดนี้ก็ค่อนข้างสูงรวมทั้งใช้เวลาในการสั่งซื้อจากต่างประเทศนานมาก

4.1.5 ความสามารถในการแยกประเภทยานพาหนะจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการติดตั้งตัวตรวจวัด ถ้ามีการติดตั้งตัวตรวจวัดผิดมุมหรือติดตั้งในระยะห่างที่ไม่ถูกต้อง ตัวตรวจวัดก็จะบอกประเภทผิดพลาดได้เช่น

เดียวกัน หรือในกรณีที่ช่องทางผ่านของยานพาหนะมีขนาดกว้างเกินไปก็จะทำให้ยานพาหนะสามารถผ่านไปได้โดยไม่กดทับตัวตรวจวัดทำให้ไม่สามารถแยกประเภทยานพาหนะได้ตามต้องการ

4.2 แนวความคิดในการออกแบบ

จากข้อด้อยต่าง ๆ ข้างต้น ผู้ทำวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เกิดความคิดที่จะทดลองสร้างหรือดัดแปลงตัวตรวจวัดชนิดใหม่ขึ้นมาเพื่อให้สามารถจะใช้แทนตัวตรวจวัดเดิมที่ใช้อยู่ได้ โดยมีข้อกำหนดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

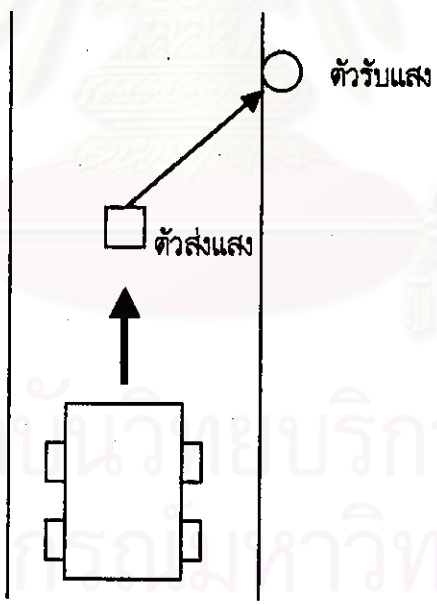
4.2.1 สามารถทำหน้าที่ได้เหมือนตัวตรวจวัดเดิมคือสามารถแยกได้ระหว่างเพลายานพาหนะที่มีล้อเดี่ยวและยานพาหนะที่มีเพลาเป็นล้อคู่

4.2.2 มีราคาถูก สามารถสั่งซื้อได้ง่าย

4.2.3 ติดตั้งได้ง่าย

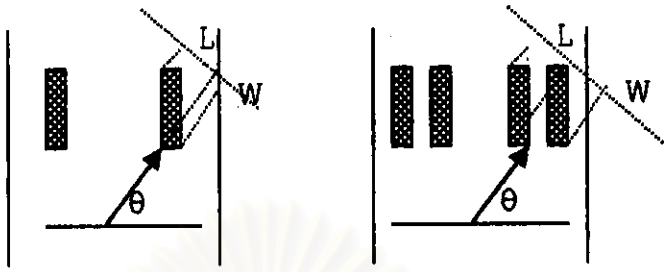
4.2.4 ตรวจได้ง่ายว่าเสียหรือไม่

จากข้อกำหนดดังกล่าว จึงได้เสนอแนวความคิดของตัวตรวจวัดที่ใช้แบ่งประเภทยานพาหนะ โดยใช้ตัวตรวจวัดประเภทแสง และติดตั้งตัวส่งแสงอยู่ที่กึ่งกลางเลนในบริเวณที่ยานพาหนะไม่วิ่งทับดังแสดงในรูปที่ 4.1

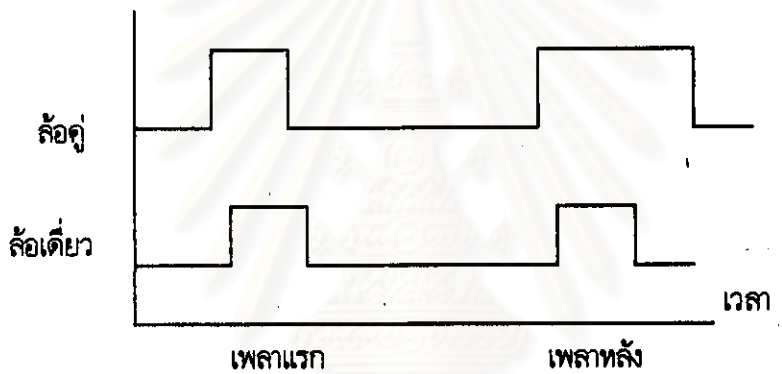


รูปที่ 4.1 แนวคิดในการออกแบบตัวตรวจวัด

ตามรูปที่ 4.1 ขณะที่ยานพาหนะวิ่งผ่านลำแสงก็จะเกิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ได้จะสามารถบอกข้อแตกต่างระหว่างเพลาของยานพาหนะที่มีล้อเดี่ยวและเพลาของยานพาหนะที่มีล้อคู่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 สัญญาณที่วัดได้จะเป็นความกว้างในแนวเฉียงของความกว้างวงล้อยาง (L) และความกว้างของตัวหน้ายาง (W) จากค่านี้เราจะสามารถบอกความแตกต่างระหว่างล้อเดี่ยวและล้อคู่ได้ดังแสดงสัญญาณที่ได้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 แผนภาพการวัดความกว้างของหน้ายาง



รูปที่ 4.3 รูปสัญญาณที่วัดได้จากเพลาแบบล้อเดี่ยวและเพลาแบบล้อคู่

ในกรณีของยานพาหนะที่มีล้อเดี่ยวทั้งล้อหน้าและล้อหลัง สัญญาณที่วัดได้จะมีลูกคลื่นเท่ากันทั้งสองสัญญาณ ในกรณีของยานพาหนะที่มีล้อคู่ซึ่งหมายถึงยานพาหนะที่มีล้อเดี่ยวในเพลาแรกและมีล้อคู่ในเพลาหลัง สัญญาณที่ได้จะเป็นลูกคลื่นสองลูก สัญญาณหลังจะมีขนาดความกว้างของลูกคลื่นมากกว่าสัญญาณแรก ในกรณีที่ยานพาหนะล้อคู่ที่มีจำนวนเพลาติดกันมากกว่า 1 เพลา สัญญาณที่วัดได้ก็จะยาวขึ้นไปอีก การวัดขนาดยางนี้จะใช้ล้อแรกที่วิ่งผ่านมาเป็นเกณฑ์ เนื่องจากล้อแรกนี้จะเป็นล้อเดี่ยวทั้งสิ้นและล้อทั้งหมดมักจะมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นไม่ว่ายานพาหนะที่วิ่งผ่านมาจะใช้ล้อใหญ่หรือล้อเล็กก็จะสามารถนับจำนวนล้อและพลาได้ถูกต้อง

4.3 ข้อกำหนดต่าง ๆ ในการออกแบบ

เนื่องจากมีการติดตั้งตัวตรวจวัดที่บริเวณช่องทางการจราจร ดังนั้นในการออกแบบจะต้องมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ มุมของตัวตรวจวัด ระยะตามแนวนอน ระยะตามแนวตั้งและตำแหน่งที่สามารถติดตั้งตัวตรวจวัดได้โดยที่ยานพาหนะที่วิ่งผ่านมาจะไม่ทำอันตรายตัวตรวจวัดและยังสามารถตรวจวัดและแบ่งประเภทยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3.1 ค่ามุมของตัวตรวจวัด

ค่าที่ต้องการวัดคือค่าความกว้างของหน้ายางเท่านั้นเพื่อให้สามารถบอกค่าความแตกต่างระหว่างล้อเดี่ยวและล้อคู่ได้ ดังนั้นจะต้องหาค่ามุมที่ทำให้ค่าระยะของความกว้างในส่วนของหน้ายาง (L) เท่ากับความกว้างในส่วนของวงล้อ (W) จากข้อกำหนดดังกล่าว ประกอบกับข้อมูลขนาดล้อของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ จะได้ข้อมูลเป็นค่าองศาที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขนาดของล้อยานพาหนะขนาดต่าง ๆ และมุมที่ได้

ประเภทของยาง	ความกว้างของหน้ายาง (W) (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (D) (mm)	D / W (mm)	ความยาวของ cord ที่ระยะ 1.5 นิ้วจากพื้น (D1.5) (mm)	D1.5 / W (mm)	องศาที่ได้ (mm)
165/60 R13	165	450.2	2.73	250.61	1.52	56.67
175/65 R14	175	485.6	2.77	261.15	1.49	56.20
185/60 R14	185	475.6	2.57	258.22	1.40	54.41
195/50 R15	195	481	2.47	259.80	1.33	53.14
195/55 R15	195	491	2.52	262.72	1.35	53.44
195/65 R15	195	511	2.62	268.46	1.38	54.03
205/50 R15	205	481	2.35	259.80	1.27	51.75
205/60 R15	205	501	2.44	265.60	1.30	52.36
205/65 R15	205	511	2.49	268.46	1.31	52.66
215/60 R15	215	501	2.33	265.60	1.24	51.04
215/65 R15	215	511	2.38	268.46	1.25	51.34
225/50 R15	225	481	2.14	259.80	1.15	49.13
225/70 R15	225	521	2.32	271.28	1.21	50.35
195/50 R16	195	506.4	2.60	267.15	1.37	53.90
205/45 R16	205	496.4	2.42	264.28	1.29	52.23
205/55 R16	205	516.4	2.52	269.99	1.32	52.82
235/60 R16	235	526.4	2.24	272.79	1.16	49.28
215/40 R17	215	511.8	2.38	268.69	1.25	51.36
215/45 R17	215	521.8	2.43	271.61	1.26	51.66
235/40 R17	235	511.8	2.18	268.69	1.14	48.85
255/40 R17	255	511.8	2.01	268.69	1.05	46.52
225/40 R18	225	537.2	2.39	275.79	1.23	50.82

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 ยางของยานพาหนะจะระบุเป็นค่า ความกว้างหน้ายาง (mm) / ความสูง (mm) เส้นผ่านศูนย์กลางกะทะล้อ (in) (D) จากข้อมูลดังกล่าวจะสามารถหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของยางได้ เช่น ยางเบอร์ 165/60 R13 จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง

= (13 x 25.4) + (2 x 60)

= 450.2 mm (D)

ค่าสัดส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและขนาดหน้ายาง

= 450.2 / 165

= 2.73 (D/W)

แต่ในการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 4.2 นั้น ตัวตรวจวัดจะถูกยึดติดไว้กับผิวการจราจรและระยะการวัดจะต่ำลงมากว่าระยะที่กึ่งกลางล้อ ดังนั้นการคำนวณที่ใกล้เคียงค่าการใช้งานที่สุดจะอยู่ที่ระยะประมาณ 1.5 นิ้วจากพื้นผิวการจราจร การคำนวณในช่องต่อมาจึงเป็นการคำนวณค่าความยาวของ cord ที่ระยะ 1.5 นิ้วจากขอบยาง ค่าที่ได้

$= 2 \times (R^2 - X^2)^{0.5}$

ดังนั้นจะได้หาค่า Z หรือระยะ cord (D1.5) ในที่นี้จะได้

R = 450.2/2

= 225.1 mm

ค่า X ในที่นี้

= 225.1 - (1.5 x 25.4)

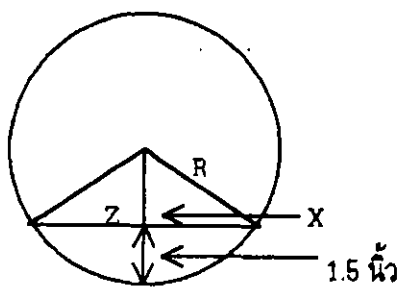
= 187 mm

ค่า Z จะได้

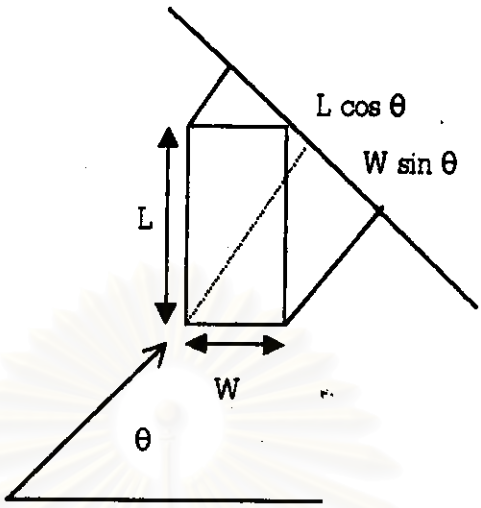
$Z = (225.1^2 - 187^2)^{0.5}$

= 125.3 mm

ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางจะเท่ากับ 250.6 ดังแสดงในตาราง ค่าอัตราส่วนระหว่าง cord และความกว้างหน้ายางก็จะลดลง (D1.5/W) ค่าที่ได้จะนำไปคำนวณค่ามุมสำหรับการติดตั้งตัวตรวจวัด ค่ามุมที่หาได้จะกำหนดไว้ว่าให้หามุมที่ได้ค่าอัตราส่วนนี้เท่ากับ 1 ที่มาของการคำนวณมีแสดงไว้ในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การคำนวณค่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระยะ 1.5 นิ้ว



รูปที่ 4.5 การคำนวณหาค่ามุม

ในรูปที่ 4.5 ค่าที่ต้องการคือหามุมที่ได้ค่า L cos θ เท่ากับ W sin θ ดังนั้นเราจะได้ค่ามุม

= arctan (L/W)

= arctan(1.52) (D1.5/W)

= 56.67 องศา

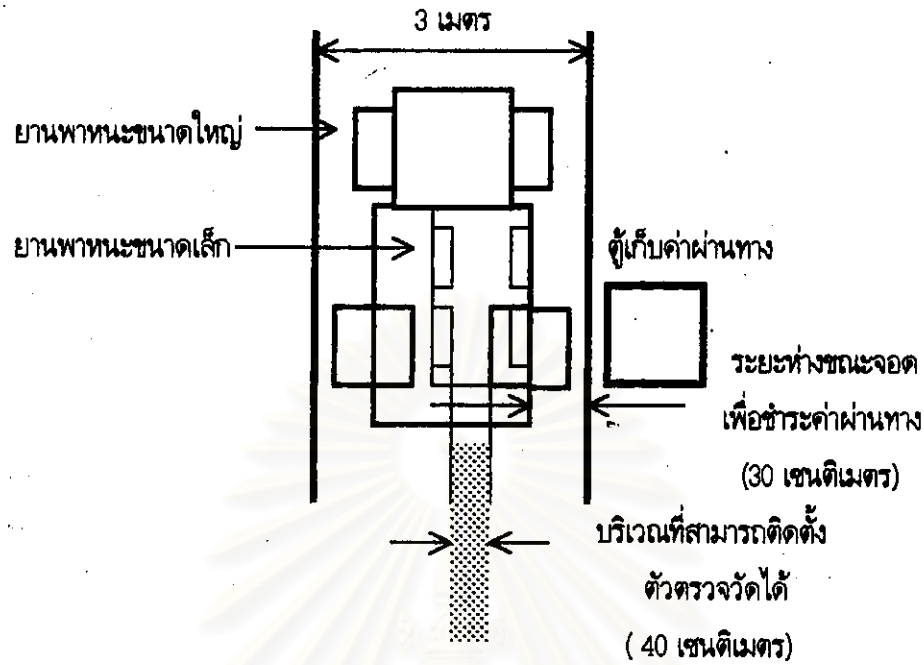
ค่าอื่น ๆ ก็จะหาค่าได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากค่าในตารางค่าองศาที่มากที่สุดคือ 56.67 ค่าองศาที่ยิ่งมาก จะให้ผลของความกว้างหน้ายางยิ่งมีผลมาก ดังนั้นค่านี้คือค่ามุมที่น้อยที่สุดที่สามารถใช้ในการติดตั้งตัวตรวจวัด ในที่นี้จะขอเรียกอัตราส่วนของระยะในแนวตั้งฉากดังกล่าวว่า tyre projection ratio หรือ TPR

4.3.2 ระยะตามแนวนอน

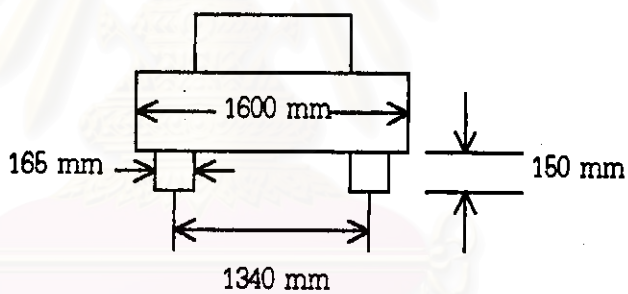
การกำหนดระยะตามแนวนอนจะต้องกำหนดจากขนาดของยานพาหนะที่มีขนาดเล็กที่สุดและขนาดใหญ่ที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.6

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าระยะการติดตั้งตัวตรวจวัดตามแนวนอนนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของยานพาหนะขนาดเล็กที่สุดเท่านั้น โดยจะต้องติดตั้งตัวตรวจวัดให้มีระยะห่างจากขอบของช่องทางด้านตู้เก็บค่าผ่านทางที่ยานพาหนะที่มีล้อคู่จะไม่สามารถทับตัวตรวจวัดได้ ช่องทางในระบบทางด่วนจะมีขนาดความกว้างเท่ากับ 3 เมตร จากเอกสารของรถยนต์ขนาดเล็ก (Swift Sedan) ได้ระยะต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

ตำแหน่งที่สามารถติดตั้งตัวตรวจวัดได้ควรจะอยู่ที่กึ่งกลางช่องทางคือที่ระยะ 150 เซนติเมตรจากขอบช่องทาง แต่การติดตั้งที่ระยะดังกล่าวก็อาจจะถูกล้อด้านซ้ายของยานพาหนะขนาดเล็กทับได้ ดังนั้นตำแหน่งที่สามารถติดตั้งตัวตรวจวัดจะอยู่ที่ประมาณ 80 เซนติเมตรและรวมระยะห่างขณะที่จอดชำระค่าผ่านทางอีกประมาณ 30 เซนติเมตร จะได้ระยะที่ควรติดตั้งตัวตรวจวัดอยู่ที่ประมาณ 110 เซนติเมตร จุดนี้จะเป็นจุดที่ชิดขอบช่องทางมากที่สุด ในการติดตั้งใช้งานควรจะเผื่อให้อีกประมาณ 3 ใน 4 ของช่วงความกว้าง



รูปที่ 4.6 แสดงรูปของการกำหนดตำแหน่งตามแนวนอนของการติดตั้งตัวตรวจวัด



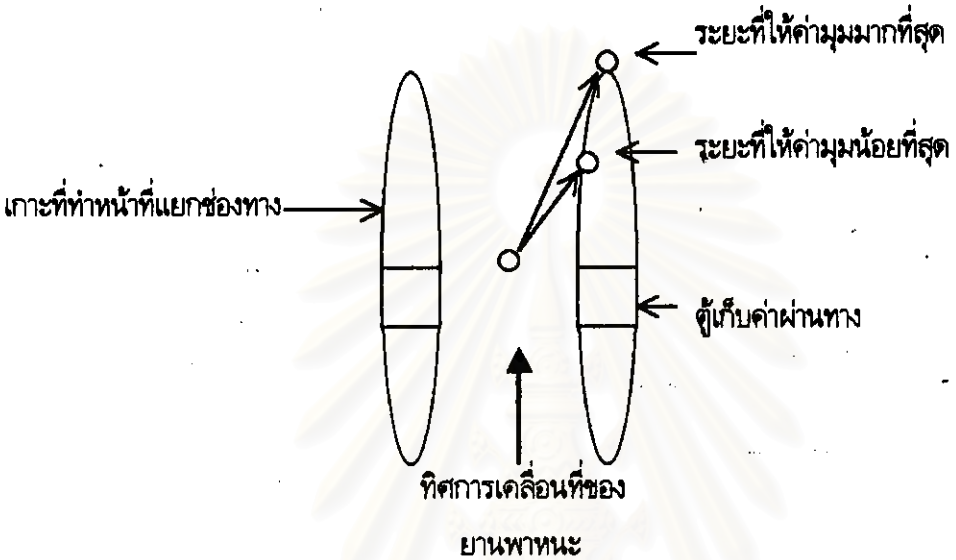
รูปที่ 4.7 ระยะช่วงกว้างของระยะล้อหน้าและระยะความสูงของยานพาหนะขนาดเล็ก

ของตัวรถคือประมาณ 120 เซนติเมตร เมื่อรวมกับระยะขอบทางจะได้ระยะประมาณ 150 เซนติเมตร ในการทดลองใช้จริงได้ใช้ระยะตามแนวนี้เป็นระยะ 133 เซนติเมตรจากขอบช่องทางซึ่งเป็นระยะกลาง ๆ ช่วงดังกล่าว ระยะของตัวตรวจวัดอีกระยะหนึ่งที่แสดงอยู่ในรูปที่ 4.7 ด้วยก็คือระยะความสูงของใต้ยานพาหนะกับพื้นช่องทาง ค่าโดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 15 เซนติเมตร ยกเว้นยานพาหนะที่ถูกดัดแปลงให้ต่ำลงจะมีระยะดังกล่าวประมาณ 10 เซนติเมตร ตัวตัวตรวจวัดที่ติดตั้งตรงกึ่งกลางช่องทางจะต้องมีความสูงไม่เกิน 10 เซนติเมตร

4.3.3 การหาค่าระยะตามแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

จากการหาค่ามุมในหัวข้อ 4.3.1 และการหาระยะตามแนวนอนในหัวข้อ 4.3.2 จะทำให้สามารถหาค่าระยะตามแนวตั้งหรือตามแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้ ตามทฤษฎีระยะนี้ยิ่งมากก็ยิ่งดี เนื่องจากจะทำให้ค่ามุมที่ได้เป็นมุมมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะที่เพิ่มมากขึ้นไป มุมที่มากขึ้นจะทำให้สัดส่วนของขนาดวงล้อยางและความกว้างหน้ายางมีค่าน้อยลง นั่นคือค่านัยสำคัญของหน้ายางที่ต้องการวัดจะมีผลมากขึ้นเรื่อย ๆ

เช่นเดียวกัน แต่การกำหนดตำแหน่งตามแนวนี้จะมีข้อจำกัดอยู่ 2 ประการคือ ประการที่หนึ่งถ้าติดตั้งตัวตรวจวัดระยะไกลมากจะทำให้ยานพาหนะที่วิ่งผ่านสามารถวิ่งทับและทำอันตรายตัวตรวจวัดได้ ประการที่สองคือ อาจจะมียานพาหนะของช่องทางอื่นวิ่งผ่านมาและทำให้สัญญาณที่วัดได้ผิดไป ดังนั้นจากข้อกำหนดดังกล่าวนี้ทำให้การติดตั้งตัวตรวจวัดควรมีตำแหน่งที่ไม่ทำให้มุมที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าน้อยที่สุดและไม่เกินเกาะที่ตั้งของตู้เก็บเงินค่าผ่านทางมากนักดังแสดงในรูปที่ 4.8

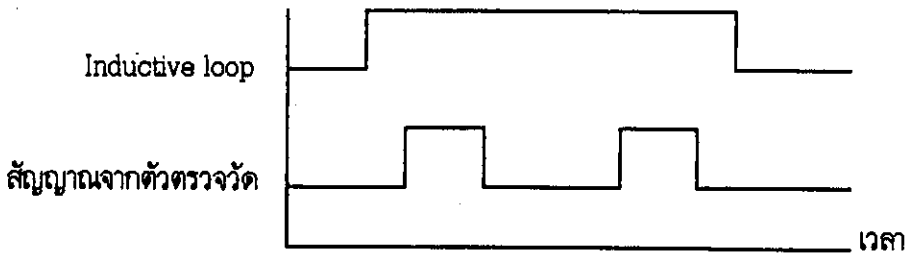


รูปที่ 4.8 ตำแหน่งการติดตั้งตัวตรวจวัดตามแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

ในรูปที่ 4.8 ระยะที่ให้ค่ามุมที่น้อยที่สุดตามการคำนวณในข้อ 4.3.1 นั้นจะต้องมีการเจาะที่เกาะกั้นช่องทางซึ่งไม่สะดวกกับทางด่วนที่ก่อสร้างสำเร็จแล้ว ดังนั้นการทดสอบตัวตรวจวัดที่ออกแบบจะติดตั้งตัวตรวจวัด (ตัวรับแสง) ที่ตำแหน่งขอบเกาะด้านปลายสุดของช่องทาง

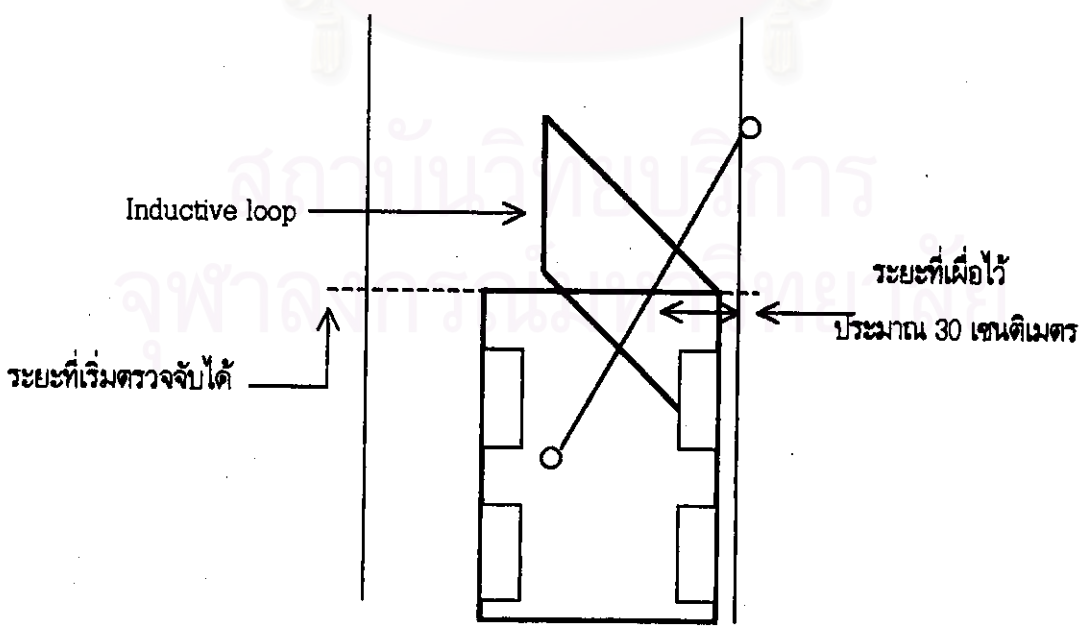
4.3.4 ตำแหน่งที่ควรจะติดตั้งตัวตรวจวัด

ในการพิจารณาทิศทางการตั้งและระยะต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้น จะได้รูปแบบของตัวตรวจวัดมีลักษณะเหมือนรูปสามเหลี่ยม สิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือจะติดตั้งรูปสามเหลี่ยมนี้ที่ตำแหน่งใด เนื่องจากว่าตัวตรวจวัดใช้หลักการของการวิ่งบังแสงของล้อยานพาหนะ ดังนั้นไม่ว่าอะไรก็ตามที่ทึบแสงพอก็จะก่อให้เกิดสัญญาณขึ้นได้ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นคนเดินผ่านหรือเป็นเศษกระดาษปลิวผ่าน การติดตั้งตัวตรวจวัดนี้จึงต้องมีอุปกรณ์หรือตัวตรวจวัดอีกประเภทหนึ่งมาประกอบกันเพื่อเป็นตัวบอกว่าสัญญาณที่วัดได้เป็นสัญญาณที่ได้จากการวิ่งผ่านมาของยานพาหนะเท่านั้น ในที่นี้จะใช้ Inductive loop ในการทำหน้าที่ตรวจจับว่ามียานพาหนะวิ่งผ่านเข้ามาในบริเวณช่องทางแล้วและเป็นตัวให้สัญญาณการวิ่งออกหรือการวิ่งผ่านเลยออกไปของยานพาหนะด้วยดังแสดงสัญญาณที่ได้ในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 สัญญาณที่ได้จาก Inductive loop ควบคู่กับสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

ในรูปที่ 4.9 สัญญาณรูปบนได้มาจาก inductive loop สัญญาณรูปล่างได้จากตัวตรวจวัด เมื่อมีสัญญาณจาก inductive loop บอกว่ามียานพาหนะวิ่งผ่านเข้ามาในช่องทาง ระบบก็จะเริ่มอ่านสัญญาณจากตัวตรวจวัดและจะหยุดการอ่านสัญญาณเมื่อสิ้นสุดสัญญาณจาก inductive loop ดังนั้นในช่วงที่ไม่มียานพาหนะวิ่งผ่านมาสัญญาณที่เกิดขึ้นก็จะไม่ถือว่าเป็นสัญญาณที่ได้จากยานพาหนะ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงต่อมาก็คือในจุดที่ว่าจะติดตั้งรูปสามเหลี่ยมของตัวตรวจวัดนี้ที่ตำแหน่งใด ในกรณีนี้จุดที่สามารถติดตั้งตัวตรวจวัดได้จะขึ้นอยู่กับรูปทรงของ inductive loop ที่ใช้ โดยกำหนดจุดที่เป็นจุดเริ่มสัญญาณเมื่อมียานพาหนะวิ่งผ่านมา เมื่อทราบจุดดังกล่าวก็จะสามารถกำหนดจุดที่ติดตั้งตัวตรวจวัดได้ดังแสดงในรูปที่ 4.10 โดยปกติแล้วรูปทรงของ inductive loop จะเป็นรูปสี่เหลี่ยม จุดที่เริ่มตรวจจับได้จะเริ่มที่ขอบของ inductive loop ในที่นี้จะเผื่อระยะนี้ไว้ในกรณีของยานพาหนะที่มีความสูงมากหรือในกรณีของยานพาหนะที่มีช่วงหน้ายานพาหนะสั้น ดังนั้นจุดที่ใช้ในการคำนวณจะสมมติใช้จุดที่กึ่งกลางเป็นเกณฑ์ ในจุดดังกล่าวจะสมมติว่าล้อของ



รูปที่ 4.10 ตำแหน่งที่ควรติดตั้งตัวตรวจวัด

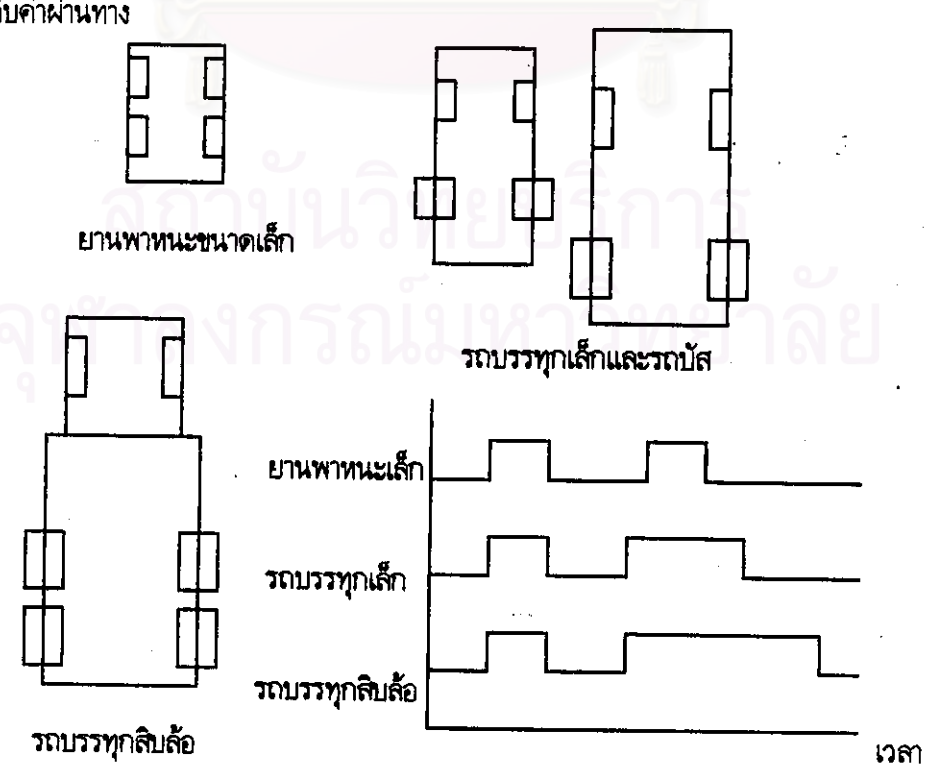
ยานพาหนะยังไม่วิ่งมาบังแสงของตัวตรวจวัดแต่ inductive loop จะให้สัญญาณออกมาแล้วเพื่อให้รูปแบบของสัญญาณออกมาดังแสดงในรูปที่ 4.9

4.4 ประเภทของยานพาหนะที่ระบบสามารถแยกประเภทได้

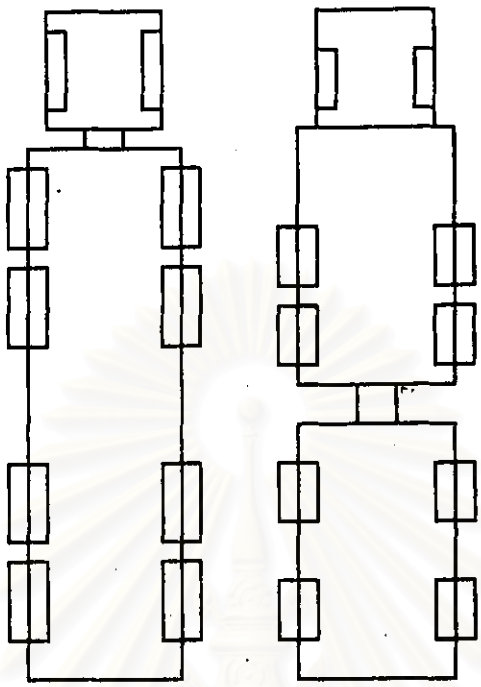
ระบบที่ออกแบบสามารถแยกประเภทยานพาหนะได้ตามจำนวนล้อและจำนวนแพลาออกเป็นจำนวน 4 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.12 คือ

- รถยนต์ขนาดเล็กที่มีจำนวนล้อ 4 ล้อและจำนวนเพลา 2 เพลา
- รถยนต์บรรทุกเล็กและรถบัส ที่มีจำนวนล้อ 6 ล้อและจำนวนเพลา 2 เพลา
- รถบรรทุกสิบล้อที่มีจำนวนล้อ 10 ล้อและมีจำนวนเพลา 3 เพลา
- รถบรรทุกพ่วงและรถขนตู้คอนเทนเนอร์ที่มีจำนวนล้อ 18 ล้อและจำนวนเพลา 5 เพลา

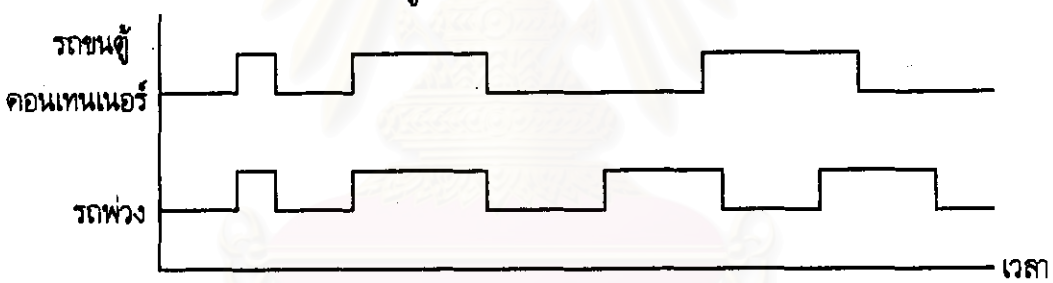
หลักเกณฑ์ในการแบ่งประเภทยานพาหนะจะใช้ขนาดความกว้างของสัญญาณที่ได้ประกอบกับจำนวนของสัญญาณ ขนาดของสัญญาณที่ได้จะบอกความแตกต่างของยานพาหนะใน 3 กลุ่มแรก ส่วนในกลุ่มที่ 4 ถือว่าไม่ว่าจะเป็นยานพาหนะในลักษณะรถพ่วงหรือลักษณะของรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ก็ตาม ก็นับเป็นยานพาหนะในกลุ่มเดียวกัน แต่ถ้าต้องการแยกยานพาหนะในกลุ่มนี้ออกจากกันก็สามารถแยกกันได้ด้วยจำนวนของสัญญาณที่วัดได้ แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่ได้แยก เนื่องจากว่าโดยทั่วไปแล้วการแยกประเภทยานพาหนะจะแยกจากจำนวนเพลาและล้อเท่านั้น ซึ่งระบบนี้สามารถนำไปเปรียบเทียบกับระบบของการทาง ฯ (ตารางที่ 3.1) คือ กลุ่มที่หนึ่งจะเป็น class 1,2 กลุ่มที่สองเป็น class 3,7 กลุ่มที่สามเป็น class 6,8 กลุ่มที่สี่เป็น class 4 ในส่วนของ class 0,5,9 ระบบนี้ไม่สามารถระบุประเภทได้ต้องใช้การตัดสินใจของพนักงานเก็บค่าผ่านทาง



รูปที่ 4.11 ประเภทของยานพาหนะที่ระบบสามารถแบ่งประเภทได้



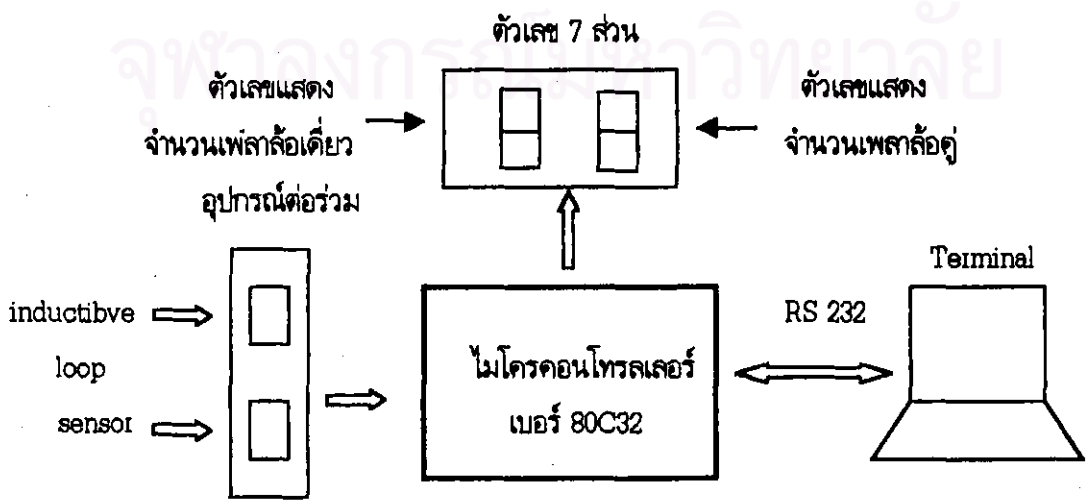
รถขนตู้คอนเทนเนอร์และรถพ่วง



รูปที่ 4.11 ประเภทของยานพาหนะที่ระบบสามารถแบ่งประเภทได้ (ต่อ)

4.5 โครงสร้างของวงจรที่ใช้งาน

ระบบที่ออกแบบจะมีอินพุตและเอาต์พุตดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 โครงสร้างของตัวระบบที่ออกแบบ

โดยทั่วไปแล้ววงจรในส่วนของการแบ่งประเภทยานพาหนะจะผลิตอยู่ในรูปของการ์ดที่ติดตั้งอยู่ในคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในตู้เก็บเงินค่าผ่านทาง การ์ดดังกล่าวจะมีวิธีการติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยอาจจะผ่านร่องเสียบในคอมพิวเตอร์หรือติดต่อด้วยระบบสัญญาณ RS232 และไม่เก็บข้อมูลในตัวเอง แต่วงจรที่ออกแบบในที่นี้จะต้องสามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง ดังนั้นวงจรที่ออกแบบจะประกอบไปด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ตัวเลขแสดงผลแบบ 7 ส่วนและส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านช่องสัญญาณ RS232 รับสัญญาณอินพุต 2 สัญญาณคือสัญญาณจาก inductive loop และสัญญาณจากตัวตรวจวัดแบบอินฟราเรด ข้อมูลที่เก็บได้จะต้องเก็บไว้ในหน่วยความจำภายใน ข้อมูลที่เก็บจะประกอบไปด้วยเวลาที่ยานพาหนะวิ่งผ่าน ค่าความกว้างของสัญญาณที่วัดได้และประเภทของยานพาหนะที่วิ่งผ่าน เพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลเทียบกับข้อมูลจากระบบการเก็บเงินค่าผ่านทางที่ใช้งานอยู่

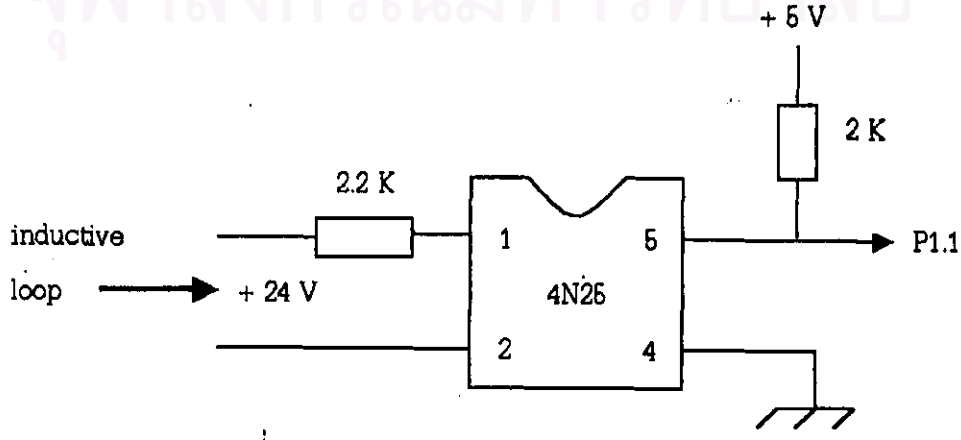
4.5.1 ความสามารถของวงจร

1. ตรวจจับสัญญาณจาก inductive loop และตัวตรวจวัด พร้อมทั้งวัดความกว้างของสัญญาณจากตัวตรวจวัด
2. แบ่งประเภทยานพาหนะออกเป็น 4 กลุ่ม
3. รับคำสั่งจากผู้ใช้ผ่านทางช่องสื่อสาร RS 232
4. ส่งผลลัพธ์จากการแบ่งประเภทและข้อมูลที่ได้ออกทางช่องสื่อสาร RS 232

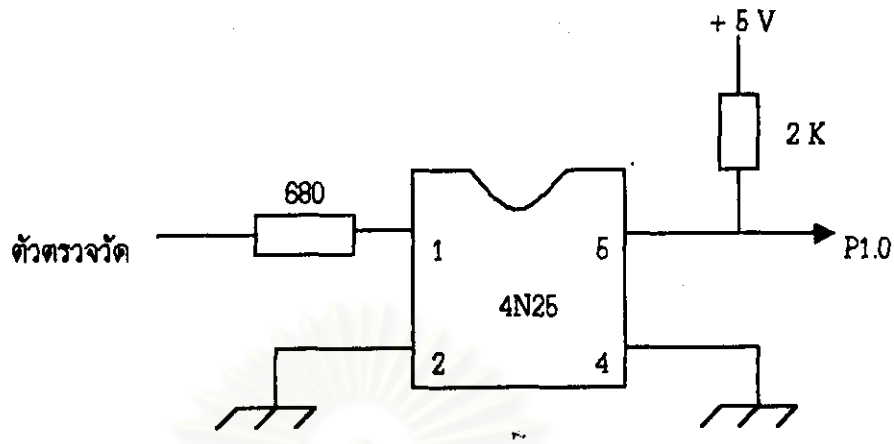
4.5.2 วงจรที่ใช้

ในส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์ใช้บอร์ด ANT-32 ของบริษัทศิลารีเสิร์ช จำกัด ซึ่งเป็นบอร์ดที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80C32 และมีส่วนของวงจรนาฬิกา (real time clock) ที่ใช้ไอซีเบอร์ DS1202 เพื่อทำหน้าที่บอกเวลาที่ยานพาหนะวิ่งเข้ามาในบริเวณที่มี inductive loop อยู่

วงจรที่ทำหน้าที่รับสัญญาณจาก inductive loop และจากตัวตรวจวัดจะเป็นวงจร Opto-isolator โดยใช้ไอซีเบอร์ 4N26 ต่ออุปกรณ์ภายนอกดังแสดงในรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 วงจรสมบูรณ์จะแสดงอยู่ในภาคผนวก

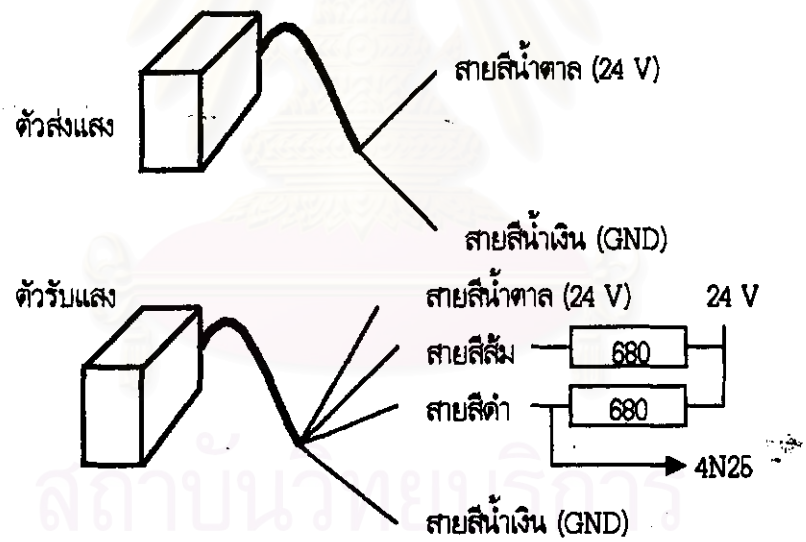


รูปที่ 4.13 วงจรรับสัญญาณจาก inductive loop



รูปที่ 4.14 วงจรรับสัญญาณจากตัวตรวจวัด

ด้านเอาต์พุตของวงจรในส่วนที่รับสัญญาณจาก inductive loop จะต่อกับบิตที่ 1 ของพอร์ต 1 ของ 80C32 และด้านเอาต์พุตของวงจรในส่วนที่ต่อจากตัวตรวจวัดจะต่ออยู่กับบิตที่ 1 ของพอร์ต 1 ในส่วนของตัวตรวจวัดที่ใช้จะมีวิธีการต่อใช้งานดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 วงจรของตัวตรวจวัด

4.6 โครงสร้างของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแบ่งประเภทยานพาหนะ

ในส่วนของซอฟต์แวร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ออกแบบไว้จะมีโมดการทำงาน 2 โมดคือ

1. โมดของการเก็บข้อมูล คือคอยสัญญาณจาก inductive loop ถ้าไม่มีสัญญาณก็ให้ตรวจว่ามีการกดปุ่มหรือไม่ ถ้ามีการกดปุ่มก็จะไปทำงานในโมดของเมนู ถ้าไม่มีการกดปุ่มก็จะวนไปาตรวจสัญญาณจาก inductive loop อีก ถ้ามีสัญญาณจาก inductive loop เข้ามาก็จะคอยรับสัญญาณจากตัวตรวจวัด เมื่อมีสัญญาณจากตัวตรวจวัดก็จะวัดความกว้างของสัญญาณและบันทึกไว้ในหน่วยความจำภายใน ขณะเดียวกันก็จะคอยตรวจสัญญาณจาก inductive loop เมื่อจบสัญญาณจาก

inductive loop นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการแบ่งประเภทยานพาหนะ ส่งข้อมูลที่ได้ออกไปทางช่องสัญญาณ RS 232 และกลับไปตรวจสัญญาณจาก inductive loop อีกในรอบต่อไป

2. โมดของเมนู ทำหน้าที่รับการคำสั่งจากผู้ใช้จากช่องสัญญาณ RS 232 คำสั่งในที่นี้จะมี 5 คำสั่งย่อยคือ คำสั่งตั้งเวลาของระบบ คำสั่งโหลดข้อมูล คำสั่งลบข้อมูลออกจากหน่วยความจำ คำสั่งตั้งค่าอัตราส่วนหน้ายางและคำสั่งออกจากโมดเมนู

ซอฟต์แวร์ที่ใช้จะแบ่งออกเป็นโมดูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.6.1 โมดูลสำหรับการเริ่มต้น (Initialize)

```
Module Initialize
        Set up timer
        Set up serial system
        Set up pulse width constant
End module
```

โมดูลนี้จะทำหน้าที่ตั้งค่าเริ่มต้นต่าง ๆ สำหรับส่วนของการจับเวลา ส่วนของการติดต่อแบบอนุกรม และการกำหนดค่าความกว้างสัญญาณ (pulse width) ที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบ

4.6.2 โมดูลสำหรับเมนู

โปรแกรมในส่วนของเมนูจะทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้โดยมีเมนูอยู่ 4 ส่วนคือในส่วนของการตั้งค่าความกว้างสัญญาณ ส่วนของการตั้งเวลา ส่วนของการส่งข้อมูล (download) มายังคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการตรวจสอบและเมนูที่ใช้ในการลบข้อมูล

```
Module menu
        Print 1. Set time
        Print 2. Download data
        Print 3. Delete data
        Print 4. Set tyre width
        Print 5. Quit
        KeyIn = Get input number
        Select case KeyIn
                Case KeyIn = 1
                        Get new time and set new time
                Case KeyIn = 2
                        For Num = 1 to Number of data
```

```
                    Send data to serial port
                End for
            Case KeyIn = 3
                Number of data = 0
            Case KeyIn = 4
                Get Tyre width for each type
            Case KeyIn = 5
                Quit from menu
        End Select
    End module
```

4.6.3 โมดูลสำหรับการแบ่งประเภทยานพาหนะ

โมดูลนี้จะทำหน้าที่แยกประเภทยานพาหนะตามจำนวนเพลาและจำนวนล้อ รับค่าสัญญาณจากทั้งในส่วนของ inductive loop และสัญญาณจากตัวตรวจวัดและทำหน้าที่เก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ

```
Module Classify
    Do while ( Loop on )
    Begin
        Do while ( Sensor off )
        Begin
            If (Loop off) Stop
        End do
        Start timer system
        Do while ( Sensor on )
        Begin
        End do
        Stop timer system
        Store data in wheelarray
        Increment NumberOfPulse
    End do
    For I = 1 to NumberOfPulse
        Write data into RAM
    End for
    For I = 1 to NumberOfPulse - 1
```

```
        Ratio[I] = wheelarray[I]/wheelarray[I+1]
End for
Select case NumberOfPulse
        Case 2
                If Ratio[1] > MaxSingleTyreWidth OR
                  Ratio[1] < MinDoubleDualTyer Then
                        Print error message
                        Write error value into RAM
                        Go out of select
                End if
                If  Ratio[1] >= MinSingleTyreWidth Then
                        Print 2 single tyre
                        Write class data into RAM
                        Go out of select
                End if
                If Ratio[1] >= MinDualTyre Then
                        Print 1 single tyre and 1 dual tyre
                        Write class into RAM
                        Go out of select
                End if
                If Ratio[1] >= MinDoubleDualTyre Then
                        Print 1 single tyre and 2 dual tyre
                        Write class into RAM
                        Go out of select
                End if
        Case 3, 4 :
                If Ratio[1] <= MaxDoubleDualTyre AND
                  Ratio[1] >= MinDoubleDualTyre Then
                        Print 1 single tyre and 4 dual tyre
                        Write class into RAM
                        Go out of select
        Case else :
                Print Class error
```

```
                Write error into RAM
            End select
        End Module
```

4.6.4 โมดูลของโปรแกรมหลัก

โมดูลในส่วนนี้จะเป็นโปรแกรมหลักที่ทำหน้าที่ตรวจรับการกดปุ่มจากผู้ใช้และสั่งให้โมดูลในส่วนของเมนูทำงาน และตรวจสอบการวิ่งผ่านเข้ามาของยานพาหนะและสั่งให้โมดูลในส่วนของการแยกประเภทยานพาหนะทำงาน

```
        Module Main
            Call Initialize
            Do while ( Forever )
            Begin
                Do while (Loop off)
                Begin
                    If KeyPressed then
                        Call Menu
                    End if
                End do
                Read timer and write into RAM
                Print Time
                Call Classify
            End do
        End Module
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย