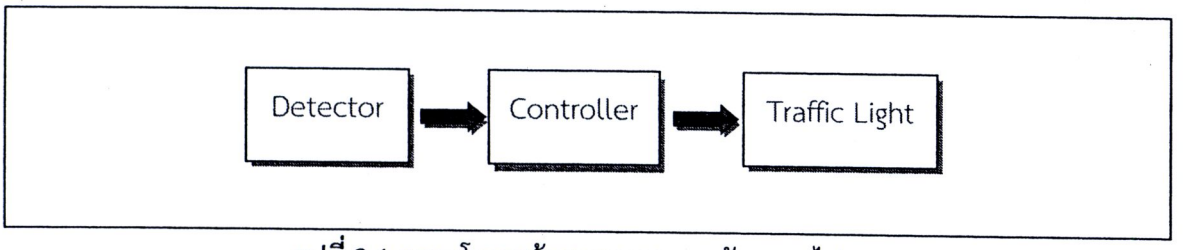
บทที่ 3
การออกแบบระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

การควบคุมสัญญาณไฟจราจรนี้ได้มีการออกแบบระบบโดยแบ่งส่วนของการออกแบบเป็น 2. ส่วนคือ 1. การควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Controller) 2. ตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector) โดยในแต่ละส่วนจะมีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกันออกไปโดยที่ส่วนการควบคุมไฟสัญญาณจราจรจะรับข้อมูลจากตัวตรวจจับยานพาหนะเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่.3.1



รูปที่.3.1 แสดงโครงสร้างระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรในงานวิจัยนี้จะเป็นระบบการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Actuated) ใช้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่มีลักษณะแยกจราจรที่มีทางเอกและทางโท โดยให้รถทางเอกสามารถผ่านได้ตลอดเวลาเมื่อไม่มียานพาหนะมารอที่ทางโท แต่เมื่อมียานพาหนะมารอในทางโทจะเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรให้ยานพาหนะในทางโทสามารถผ่านไปได้ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการควบคุมจราจรที่มียานพาหนะในทางโทที่มีปริมาณการจราจรที่ต่ำ

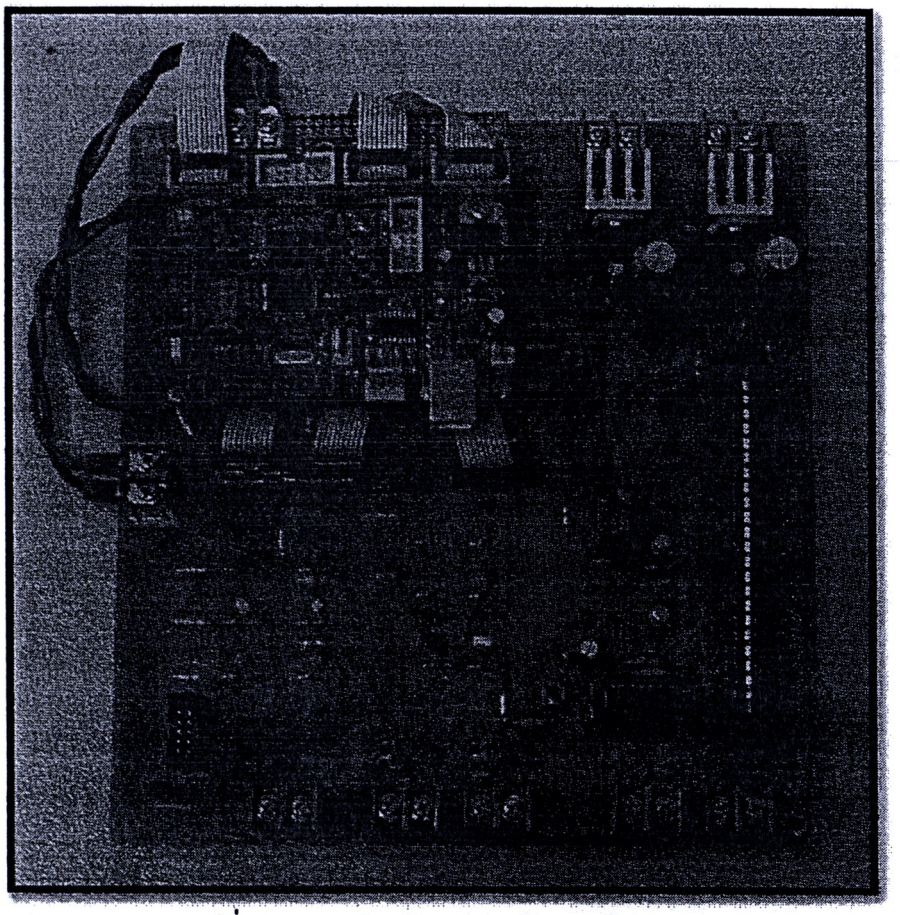
ส่วนควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Controller)

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนการควบคุมหลักของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยการออกแบบออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ส่วนของการออกแบบซอร์ฟแวร์ (Software) ส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์จะมีองค์ประกอบคือวงจรควบคุมต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ส่วนการออกแบบซอร์ฟแวร์จะเป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมและประมวลผลของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยอาศัยรูปแบบการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบการทำงานต่าง ๆ ในระบบควบคุม

3.1 ส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของส่วนควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Controller)

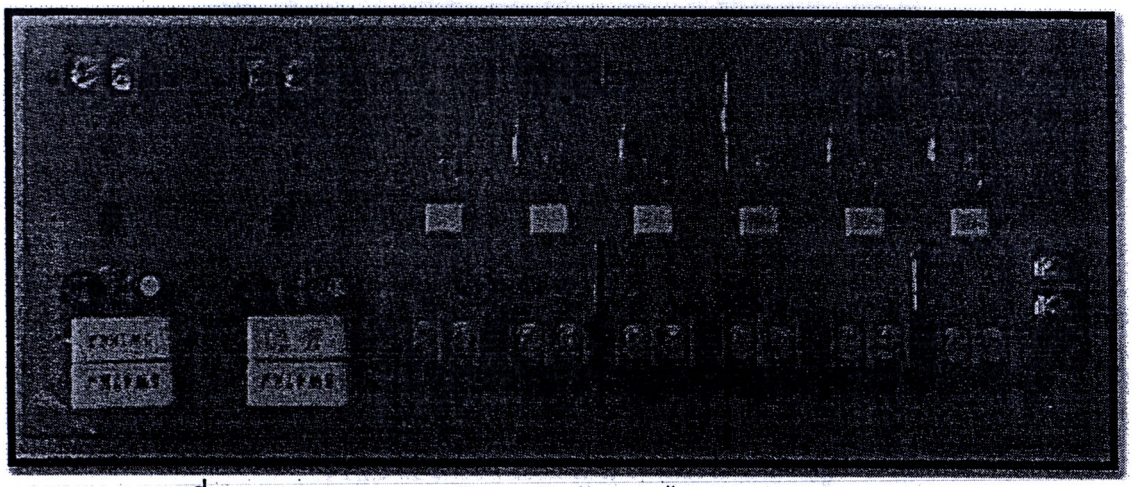
ส่วนการออกแบบฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรได้ ในส่วนนี้จะเป็นตัวควบคุมการทำงานหลักของระบบ โดยจะประกอบด้วยส่วนการทำงานต่างๆ ดังนี้

1. บอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148
2. วงจรเชื่อมต่อตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector Socket)
3. วงจรแสดงผล (Display)
4. วงจรป้องกัน (Protection Circuit)
5. วงจรควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจร (Driver 220 VAC)



รูปที่.3.2 วงจรสำหรับควบคุมสัญญาณไฟจราจร

รูปที่.3.2 คือ วงจรควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ออกแบบสำหรับงานวิจัยนี้ โดยมีขนาด 18 x 20 เซนติเมตร จะทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณไฟจราจรในรูปแบบการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยจะรับสัญญาณจากตัวตรวจยานพาหนะเพื่อนำมาประมวลผลให้ได้ตามที่กำหนดเอาไว้

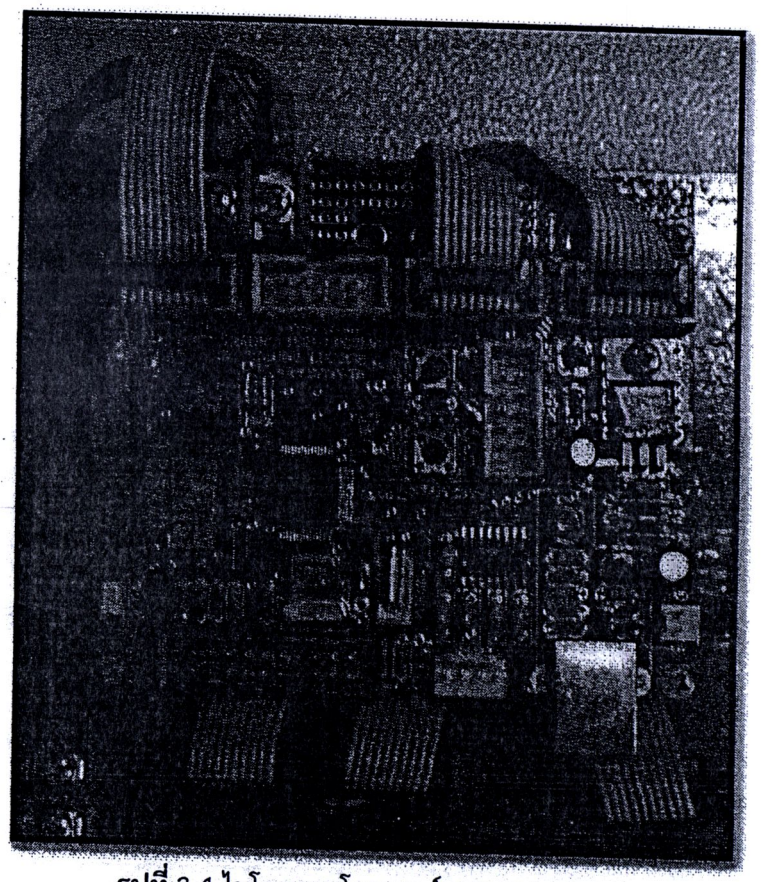


รูปที่.3.3 วงจรควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจร (Driver 220 VAC)

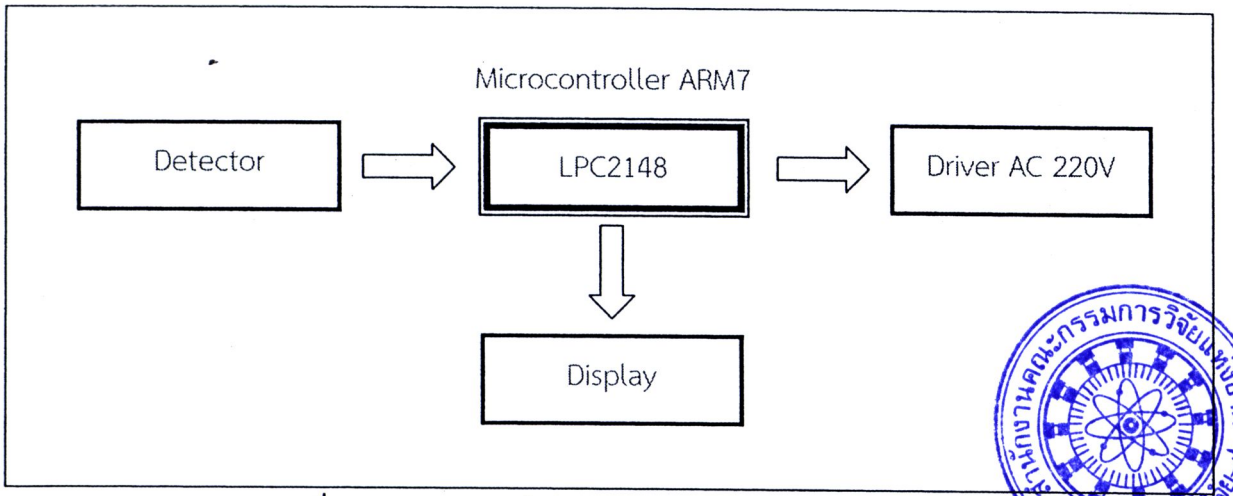
รูปที่.3.3 คือวงจรสำหรับควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจรมีขนาด 8 x 23 เซนติเมตร สัญญาณไฟจราจรที่ติดตั้งอยู่บนถนนนั้นจะใช้แรงดันไฟฟ้า 220VAC ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรสำหรับการเปิดปิดสัญญาณไฟซึ่งการเปิดปิดสัญญาณไฟนั้นจะสั่งงานจากวงจรควบคุมโดยตรง ในวงจรวงจรสำหรับควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจรจะสามารถสั่งงานสัญญาณไฟได้สองทิศทางและมีวงจรสำหรับการตรวจสอบสัญญาณไฟเขียว เพื่อจะนำมาเป็นอินพุตให้กับวงจรป้องกัน

3.1.1 ไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148

การควบคุมการทำงานหลักของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล ARM7TDMI-S Core สามารถเลือกการประมวลผลเป็นแบบ 16 บิต หรือ 32 บิตก็ได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การประมวลผลแบบ 32 บิต มีขนาด 64 Pin ใช้พลังงานต่ำที่มีแรงดันในการประมวลผลที่ 3.3V ภายในบอร์ดจะมี Connector RS232 (UART0) จำนวน 1 Port สำหรับทำการ Download Hex File หรือใช้งานในการสื่อสาร RS232 ในโปรแกรม Application ที่เขียนขึ้นเอง บอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 ที่อยู่ในบอร์ดควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะแสดงดังรูปที่.3.4



รูปที่.3.4 ไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148



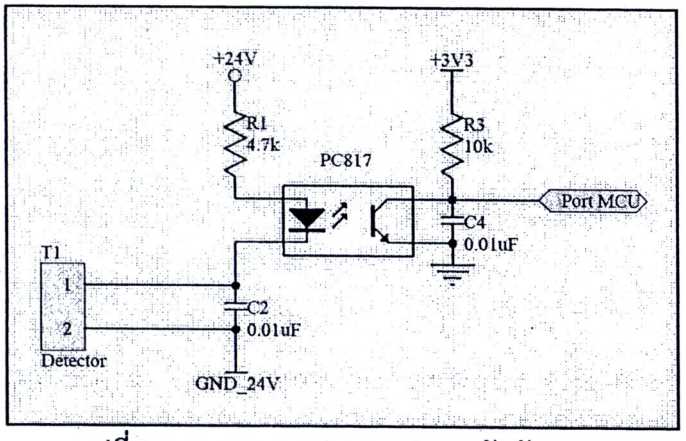
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่.3.5 การออกแบบไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148

จากรูปที่.3.5 จะเห็นได้ว่ามีอยู่ 3 ส่วนหลักที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 เพื่อทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณไฟจราจรคือ ส่วนของวงจรตรวจจับยานพาหนะ, ส่วนการแสดงผลและส่วนสำหรับเปิดปิดสัญญาณไฟจราจร

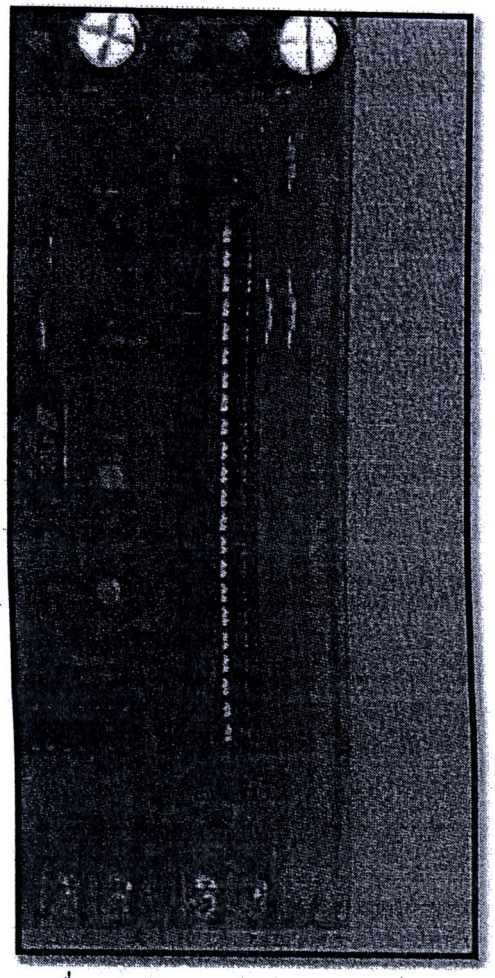
3.1.2 วงจรเชื่อมต่อตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector Socket)

จากคุณสมบัติของตัวตรวจยานพาหนะที่มีระดับของการประมวลผลสัญญาณที่ต่างกันโดยที่ไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 จะมีระดับการประมวลผลสัญญาณที่ 3.3VDC และตัวตรวจจับยานพาหนะประมวลผลสัญญาณที่ 24VDC ดังนั้น การเชื่อมต่อของวงจรตรวจจับยานพาหนะจึงจำเป็นต้องใช้วงจรแปลงระดับสัญญาณ เพื่อให้สามารถทำงานรวมกันได้ โดยการออกแบบนั้นจะใช้ Optoisolators เบอร์ PC817 เพื่อแปลงระดับสัญญาของตัวตรวจจับยานพาหนะ ให้สามารถใช้งานร่วมกันกับไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 ซึ่งจะมีการออกแบบวงจรตามรูปที่.3.6



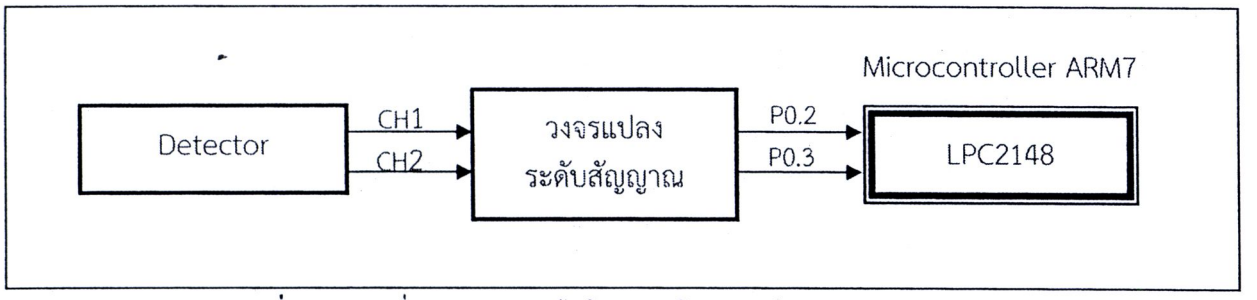
รูปที่.3.6 การออกแบบวงจรแปลงระดับสัญญาณ

จากรูปที่.3.6 จะเห็นว่าจุดที่เชื่อมต่อกับตัวตรวจจับยานพาหนะคือ Connector 2 Pin (T1) จากที่ตัวตรวจจับยานพาหนะที่มีพอร์ตการเชื่อมต่อสำหรับส่งสัญญาณ 2 พอร์ต คือ Open Collector และ Open Emitter เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้สะดวก เมื่อตัวตรวจจับยานพาหนะไม่พบยานพาหนะไมโครคอนโทลเลอร์จะมีสัญญาณเป็น Logic 1 แต่เมื่อตัวตรวจจับยานพาหนะสามารถตรวจพบยานพาหนะพอร์ต Open Collector และ Open Emitter จะเกิดการทำงาน ทำให้เกิดมีกระแสไหลทางด้านแรงดัน 24V ส่งผลให้ Optoisolators ทำงาน ทำให้ไมโครคอนโทลเลอร์จะมีสัญญาณเป็น Logic 0



รูปที่.3.7 วงจรเชื่อมต่อตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector Socket)

ตัวตรวจจับยานพาหนะสามารถใช้งานได้ 2 Channel ที่แยกอิสระต่อกัน ดังนั้นจึงออกแบบให้ไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 ให้สามารถรับข้อมูลได้ทั้ง 2 Channel โดยที่ให้พอร์ต P0.2 เชื่อมต่อกับ Channel 1 และพอร์ต P0.3 เชื่อมต่อกับ Channel 2 และเชื่อมต่อทั้ง 2 Channel ผ่านวงจรแปลงระดับสัญญาดังรูปที่.3.6 ดังนั้นเราสามารถออกแบบวงจรที่เชื่อมต่อกันระหว่างไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 และตัวตรวจจับยานพาหนะได้ดังรูปที่.3.8



รูปที่.3.8 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148
และตัวตรวจจับยานพาหนะ

3.1.3 วงจรแสดงผล (Display)

วงจรแสดงผลจะประกอบด้วย LED ที่ใช้แสดงสถานะต่าง ๆ ของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Controller) วงจร LED ที่ใช้แสดงสถานะการทำงานของระบบ จะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 ซึ่งเป็นหน่วยประมวลผลหลัก โดยการทำงานจะเป็นแบบ Active Low การเชื่อมต่อ LED กับไมโครคอนโทลเลอร์เพื่อใช้แสดงสถานะต่าง ๆ ของระบบ โดยจะมีการเชื่อมต่อตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 LED แสดงสถานะการทำงานและการเชื่อมต่อพอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์

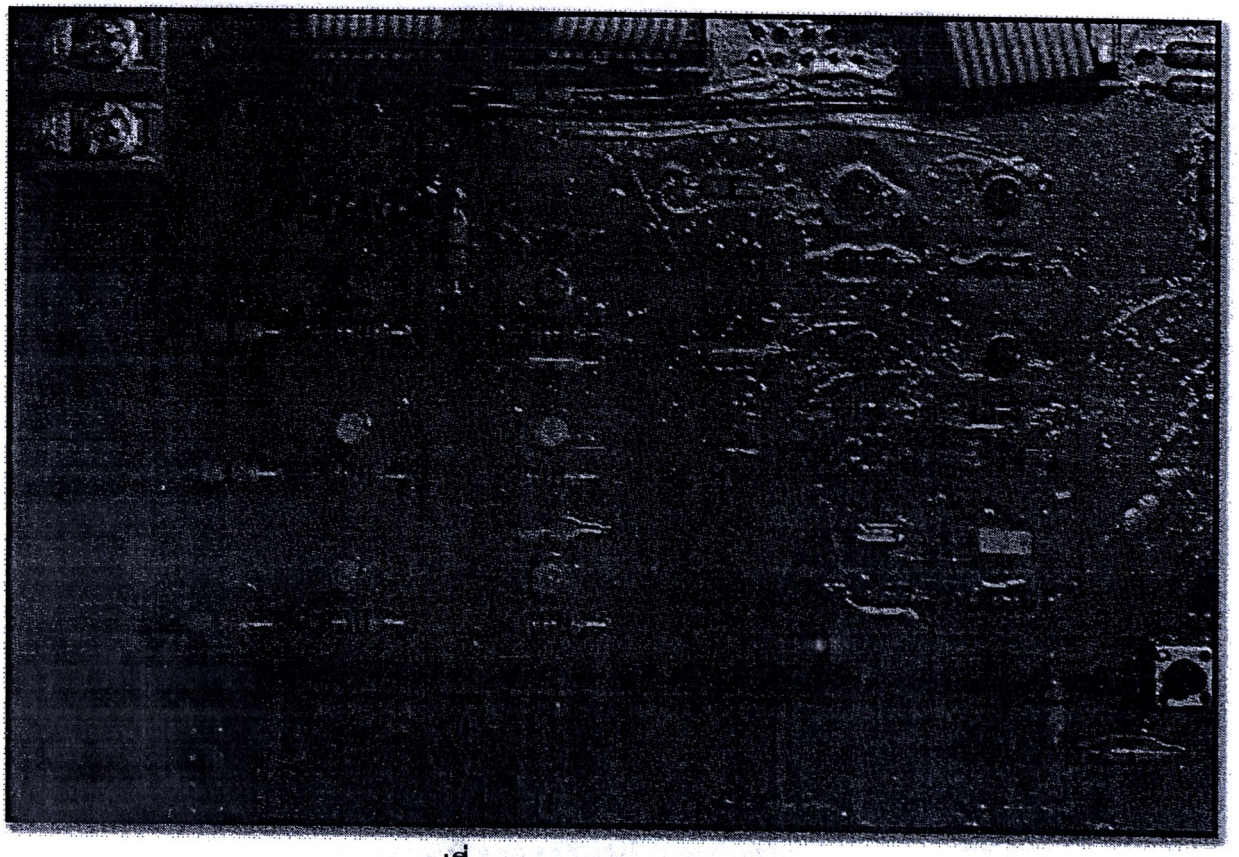
การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทลเลอร์	
พอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์	แสดงสถานะ
P0.4	เมื่อตรวจพบยานพาหนะ
P0.5	เมื่อใช้โหมด Fast/Slow **
P0.6	เมื่อตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector) **Channel 1** เกิดความ
P0.7	ผิดพลาด
P1.16	เมื่อตัวตรวจจับยานพาหนะ(Detector) **Channel 2** เกิดความ
P1.17	ผิดพลาด
P1.18	แสดงสถานะ ไฟเขียว ของเส้นทางเอก
P1.19	แสดงสถานะ ไฟเหลือง ของเส้นทางเอก
P1.20	แสดงสถานะ ไฟแดง ของเส้นทางเอก
P1.21	แสดงสถานะ ไฟเขียว ของเส้นทางโท
	แสดงสถานะ ไฟเหลือง ของเส้นทางโท
	แสดงสถานะ ไฟแดง ของเส้นทางโท

หมายเหตุ โหมด Fast/Slow จะกล่าวถึงในส่วนของการออกแบบซอฟแวร์ (Software)

นอกจากจะมีการแสดงสถานะต่าง ๆ ของส่วนการควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วย LED แล้ว ยังมีส่วนของการเลือกโหมดการทำงานต่าง ๆ ซึ่งจะออกแบบในลักษณะเป็นจุดเชื่อมต่อซึ่งในส่วนของการควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้นมีจุดเชื่อมต่อ 2 จุด คือ 1. สำหรับเลือกเป็นแบบไฟเหลืองกระพริบ 2. สำหรับการเลือกโหมด Fast/Slow โดยจะมีการเชื่อมต่อตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงสถานะการเชื่อมต่อพอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์

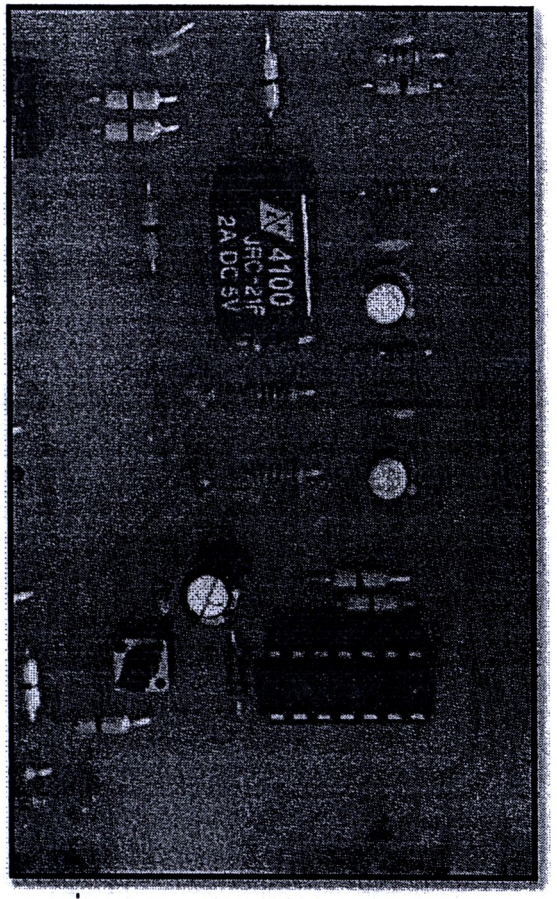
การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทลเลอร์	
พอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์	โหมด
P0.16	ไฟเหลืองกระพริบ
P1.23	โหมด Fast/Slow



รูปที่.3.9 วงจรแสดงผล (Display)

3.1.4 วงจรป้องกัน (Protection Circuit)

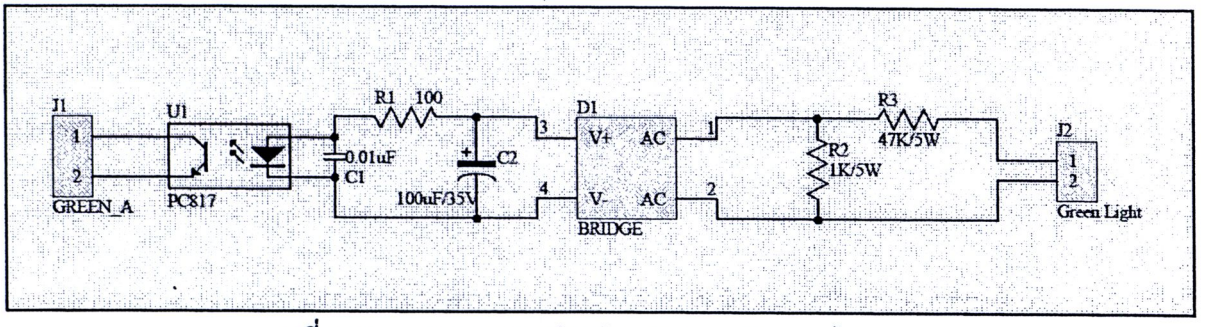
ในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้นสำคัญที่สุดคือการให้ทิศทางของสัญญาณไฟเขียวในทิสทางที่ไม่เกิดความขัดแย้งกัน ดังนั้นในส่วนของการควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้นจะมีวงจรป้องกันไม่ให้เกิดสัญญาณไฟเขียวในทิศทางที่ขัดแย้งกัน โดยในระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรนี้จะมีทิศทางของสัญญาณไฟเขียวเพียง 2 ทิศทาง จึงได้ออกแบบวงจรป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดไฟเขียวพร้อมกันทั้ง 2 ทิศทางโดยการออกแบบวงจรต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่.3.10 วงจรป้องกัน (Protection Circuit)

1. **วงจรตรวจสอบสถานะของไฟจราจร**

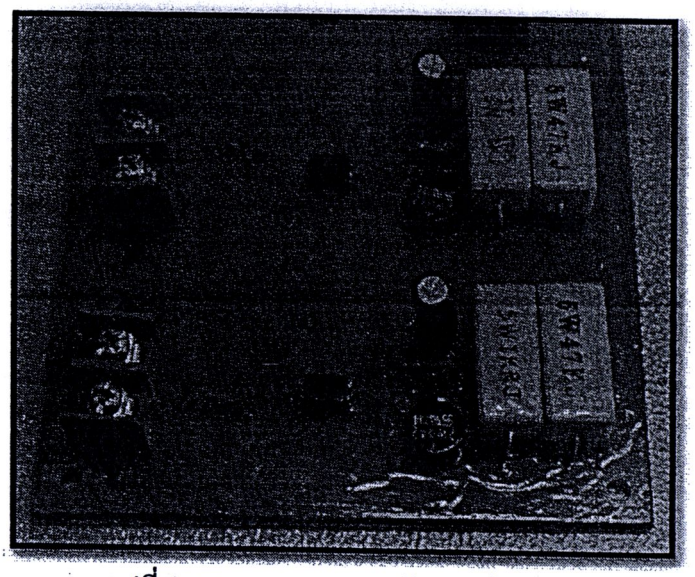
ในส่วนนี้จะเป็นวงจรที่ใช้ตรวจสอบสถานะของไฟจราจรที่แสดงอยู่บนท้องถนน โดยสัญญาณไฟดังกล่าวเป็นไฟกระแสสลับ 220VAC และได้ออกแบบวงจรเพื่อตรวจสอบสัญญาณไฟจราจรว่ามีสถานะเปิดหรือปิดอยู่ในขณะนี้ ซึ่งจะออกแบบวงจรตามรูปที่.3.11



รูปที่.3.11 ออกแบบวงจรสำหรับตรวจสอบสัญญาณไฟจราจร

จากรูปที่.3.11 จะเห็นว่าสัญญาณไฟจราจรที่จะเชื่อมต่อกับ Connector J2 ซึ่งสัญญาณไฟที่เชื่อมต่อนั้นเป็นไฟกระแสสลับแรงดัน 220VAC ซึ่งใช้กับหลอดไฟของสัญญาณไฟจราจรที่อยู่บนท้องถนน เมื่อมี

การเปิดสัญญาณไฟ จะทำให้เกิดมีกระแสไฟเข้ามาที่ Connector J2 และใช้วงจรแบ่งแรงดันเพื่อลดขนาดของแรงดันลงให้เหลือ 5 VAC จากนั้นแปลงจากกระแสไฟสลับให้เป็นกระแสตรงโดยการนำแรงดัน 5 VAC ผ่านวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Bridge) เพื่อให้ได้ไฟกระแสตรง 5 VDC โดยไฟกระแสตรงที่ได้จะเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับ Optoisolators เบอร์ PC817 เพื่อให้ Optoisolators ทำงาน ซึ่งในวงจรนี้เป็นวงจรที่ออกแบบให้เป็น Open Collector และ Open Emitter เพื่อความสะดวกนำไปใช้งานต่อไป

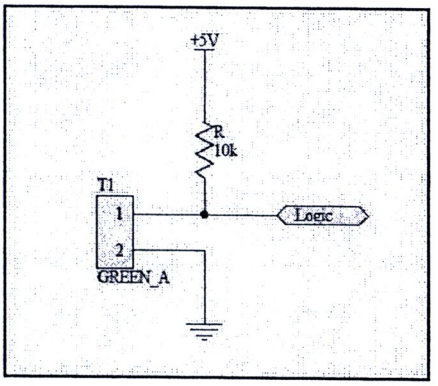


รูปที่.3.12 วงจรตรวจสอบสัญญาณไฟจราจร

2. วงจรป้องกันการเกิดสัญญาณไฟเขียว 2 ทิศทาง

ในส่วนนี้คือวงจรที่ใช้ป้องกันการเกิดสัญญาณไฟเขียวพร้อมกันใน 2 ทิศทาง ซึ่งในวงจรได้ออกแบบเพื่อควบคุมแหล่งจ่ายไฟของส่วนควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจร เมื่อตรวจสอบพบว่ามีสัญญาณไฟเขียวพร้อมกันทั้ง 2 ทิศทาง จะทำการปิดแหล่งจ่ายไฟของส่วนควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจรเพื่อไม่ให้สัญญาณไฟที่อยู่บนท้องถนนสามารถแสดงได้ ซึ่งการออกแบบส่วนต่าง ๆ ดังนี้

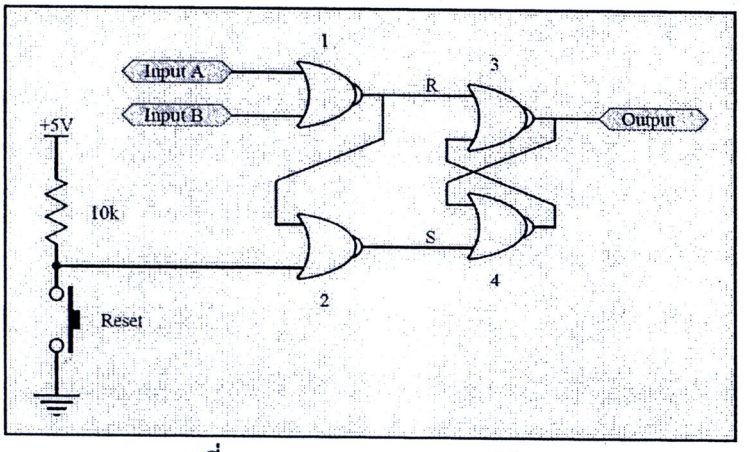
การรับข้อมูลจากวงจรตรวจสอบสถานะของไฟจราจร



รูปที่.3.13 วงจรอินพุตของวงจรป้องกันการเกิดสัญญาณไฟเขียว 2 ทิศทาง

จากรูปที่.3.13 คือวงจรอินพุตของวงจรป้องกันการเกิดสัญญาณไฟเขียว 2 ทิศทาง โดย Connector T1 จะรับสัญญาณจากวงจรตรวจสอบสถานะของไฟจราจร ซึ่งจะเป็น Open Collector และ Open Emitter ของ Optoisolators เบอร์ PC817 เมื่อสัญญาณไฟจราจรที่อยู่บนท้องถนนมีการทำงานจะทำให้ Optoisolators ทำงานจะทำให้ได้ Logic 0 แต่เมื่อสัญญาณไฟจราจรที่อยู่บนท้องถนนไม่มีการทำงานจะทำให้ได้ Logic 1

การออกแบบทางดิจิตอล



รูปที่.3.14 การออกแบบวงจรดิจิตอล

จากรูปวงจรที่ 3.14 เป็นการออกแบบดิจิตอลสำหรับการป้องกันการเกิดสัญญาณไฟจราจรพร้อมกันทั้ง 2 ทิศทาง จากวงจรจะเห็นว่ามี Input อยู่ด้วยกัน 3 Input คือ Input A สัญญาณจากไฟจราจรในทิศทางที่ 1 Input B สัญญาณจากไฟจราจรในทิศทางที่ 2 และ Input ที่ได้จาก สวิตช์ Reset และมี 1 Output สำหรับควบคุมแหล่งจ่ายของส่วนควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจร (Traffic Light Control)

ซึ่งจากวงจรดังกล่าว NOR Gate 3 และ 4 จะทำหน้าที่เหมือนกับ RS Flip flop ซึ่งจะมีตารางการทำงานของ RS Flip flop ตามตารางที่ 3.3

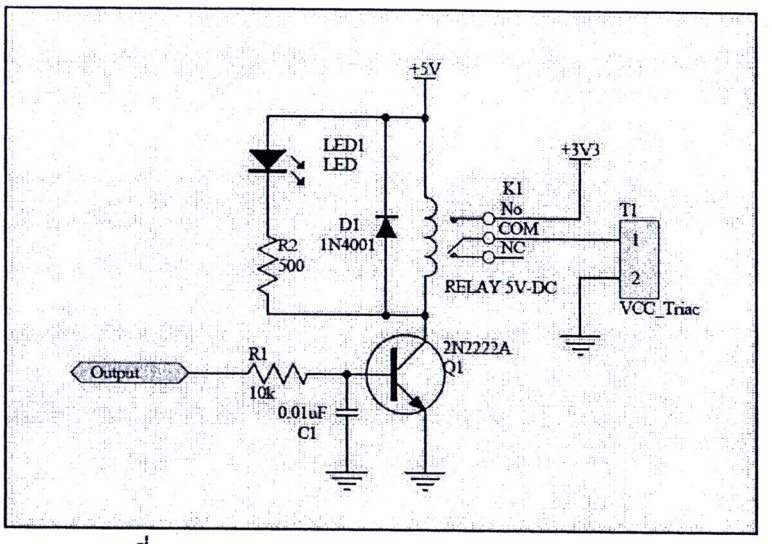
ตารางที่ 3.3 แสดงการทำงานของการ RS Flip flop

RS Flip flop		
S	R	Q
0	0	No Change
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Logic ของ Output ที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวกำหนดการเปิดและปิดแหล่งจ่ายไฟให้กับส่วนควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจร โดยที่ Output มี Logic 1 จะทำการจ่ายไฟให้กับวงจรควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจรซึ่งทำให้สัญญาณไฟจราจรที่อยู่บนท้องถนนสามารถแสดงได้ แต่ถ้าหาก Output มี Logic 0 จะปิดแหล่งจ่ายไฟวงจรควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจรทำให้ไม่สามารถแสดงสัญญาณไฟจราจรได้ จากรูปที่.3.14 เริ่มต้นเมื่อสัญญาณไฟจราจรทั้ง 2 ทิศทางไม่มีการทำงาน (Input A และ Input B มี Logic 1) , Output มี Logic 1 และสวิตช์ Reset ยังไม่ถูกกด ในสภาวะการทำงานที่เป็นปกติของการเปิดสัญญาณไฟเขียวที่เปิดไม่พร้อมกัน (Input A และInput B ไม่ได้มี Logic 0 พร้อมกัน) จากตารางการทำงานของ RS Flip flop จะเห็นว่าเมื่อ S ถูกกำหนดให้เป็น Logic 0 และ R ถูกกำหนดให้เป็น Logic 0 จะไม่เกิดการเป็นแปลงสถานะของ Output แต่ถ้าหากเกิดมีการทำงานของไฟเขียวทำงานพร้อมกัน 2 ทิศทาง (Input A และInput B มี Logic 0 พร้อมกัน) จะทำให้ R มี Logic 1 ซึ่งจะทำให้ Output มี Logic 0 นั้นคือจะปิดแหล่งจ่ายไฟให้กับส่วนควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจรทำให้ไฟสัญญาณจราจรที่อยู่บนท้องถนนไม่มีการทำงาน และเมื่อสัญญาณไฟเขียวทั้ง 2 ทิศทางไม่มีการทำงาน จะทำให้ Input A และInput B กลับไปมี Logic 1 ทั้งคู่ และจะทำให้ R มี Logic 0 แต่ Output ยังคงเป็น Logic 0 ดังนั้นในขณะนี้จะได้ว่า R มี Logic 0 , S มี Logic 0 เมื่อพิจารณาจากตารางการทำงานของ RS Flip flop พบว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง Output แต่เมื่อต้องการให้ Output มี Logic 1 จะต้องทำให้ S มี Logic 1 ซึ่งสามารถทำได้โดยการกดสวิตช์ Reset ซึ่งจากรูปที่.3.14 เมื่อมีการกด Reset จะทำให้ S มี Logic เป็น 1 ซึ่งจะทำให้ Output มี Logic 1 ตามไปด้วย

การเปิดและปิดแหล่งจ่ายไฟ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า Output ของวงจรป้องกันจะทำหน้าที่ควบคุมการเปิดและปิดแหล่งจ่ายไฟของส่วนควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจร ดังนั้นจะมีการการออกแบบวงจรสำหรับการเปิดและปิดแหล่งจ่ายไฟดังรูปที่.3.15

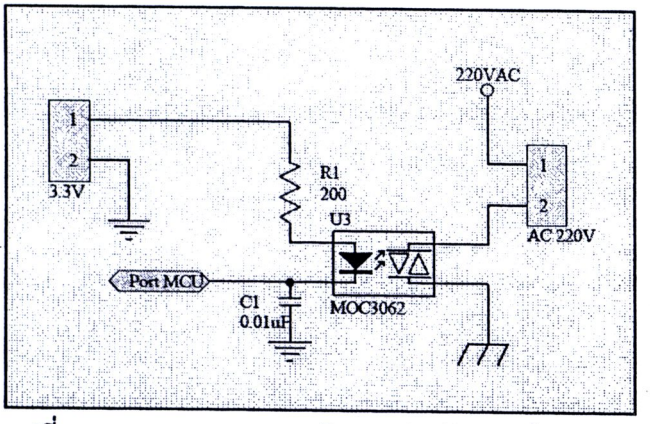


รูปที่.3.15 วงจรควบคุมการเปิดและปิดแหล่งจ่ายไฟ

จากรูปที่.3.15 จะเป็นว่าเมื่อ Output มี Logic 1 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเกิดกระแสไหลส่งผลให้ Relay ทำงานเพื่อเปิดแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 3.3V ให้กับส่วนควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจรเพื่อให้สัญญาณไฟจราจรที่อยู่บนท้องถนนสามารถทำงานได้ตามปกติ แต่เมื่อ Output มี Logic 0 จะทำให้ Relay ไม่ทำงานและแหล่งจ่ายไฟจะไม่ถูกจ่ายให้กับส่วนควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจรทำให้ไฟสัญญาณจราจรไม่สามารถทำงานได้

3.1.5 วงจรควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจร (Traffic Light Control)

สัญญาณไฟจราจรที่อยู่บนท้องถนนนั้นจะทำงานที่แรงดัน 220VAC ดังนั้นจึงจะเป็นต้องมีวงจรควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจรเพื่อให้ไมโครคอนโทลเลอร์สามารถสั่งงานเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจรได้โดยตรง ในระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้นจะมีการป้องกันไม่ให้เกิดสัญญาณไฟเขียวที่ทำให้เกิดความขัดแย้งกัน ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับวงจรควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจร จะได้มาจากวงจรป้องกันในหัวข้อ 3.1.5 การออกแบบวงจรสำหรับเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจรจะเป็นดังรูปที่.3.16

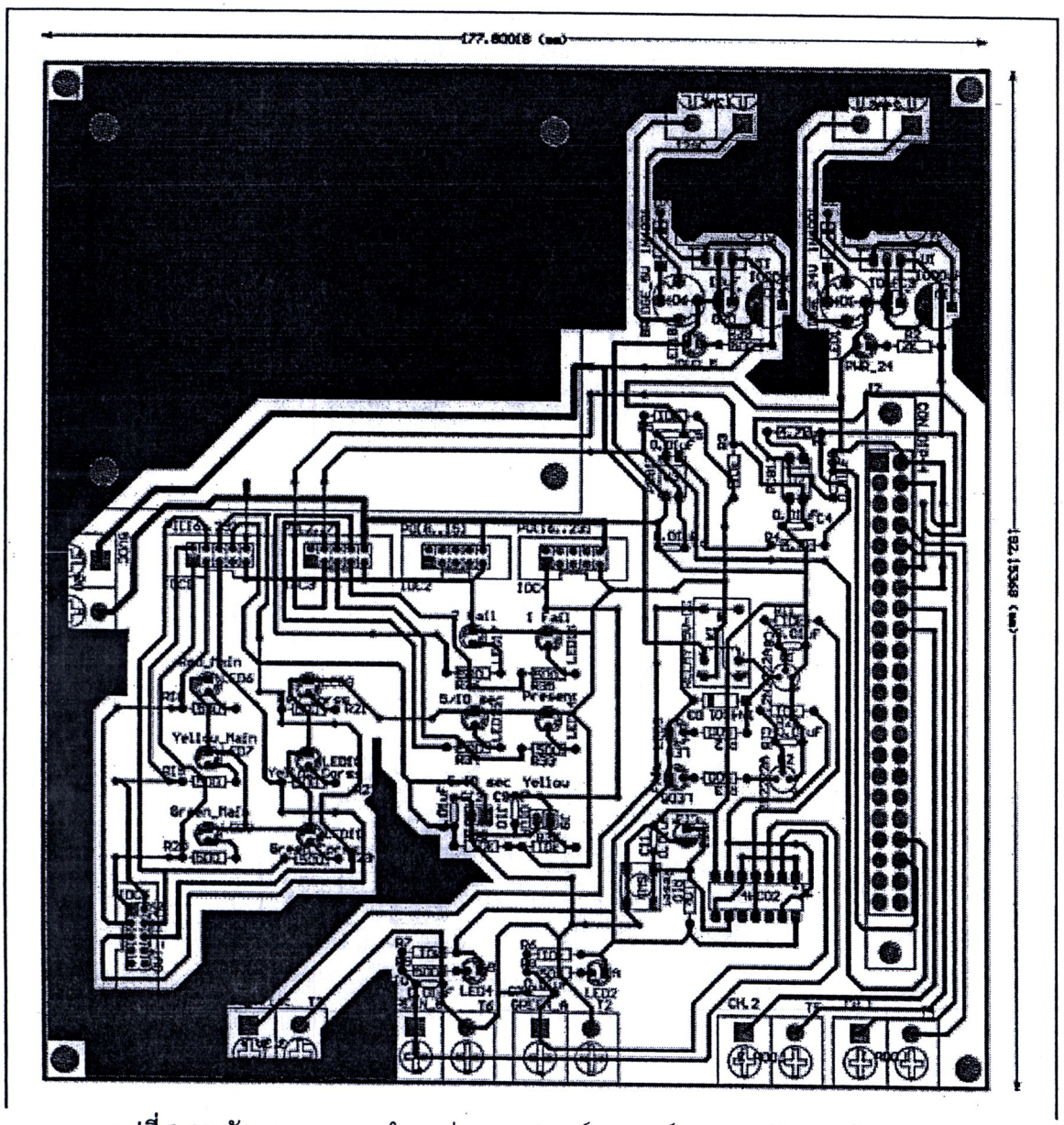


รูปที่.3.16 วงจรควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจร

จากรูปที่.3.16 จะเห็นว่าการควบคุมการเปิดและปิดของสัญญาณไฟจราจรนั้นจะใช้ Optoisolators Triac Driver เบอร์ MOC3062 เพื่อให้แปลงระดับแรงดันจาก 3.3 VDC ให้เป็น 220VAC ได้ โดยเมื่อไมโครคอนโทรเลอร์มี Logic 0 จะเกิดกระแสไหลทางด้าน 3.3VDC ทำให้เกิดการทำงานของ Optoisolators Triac Driver จะสามารถเปิดสัญญาณไฟจราจรได้ แต่ถ้าไมโครคอนโทรเลอร์มี Logic 1 Optoisolators Triac Driver จะไม่ทำงานและจะทำให้ไฟสัญญาณจราจรถูกปิดตามไปด้วย

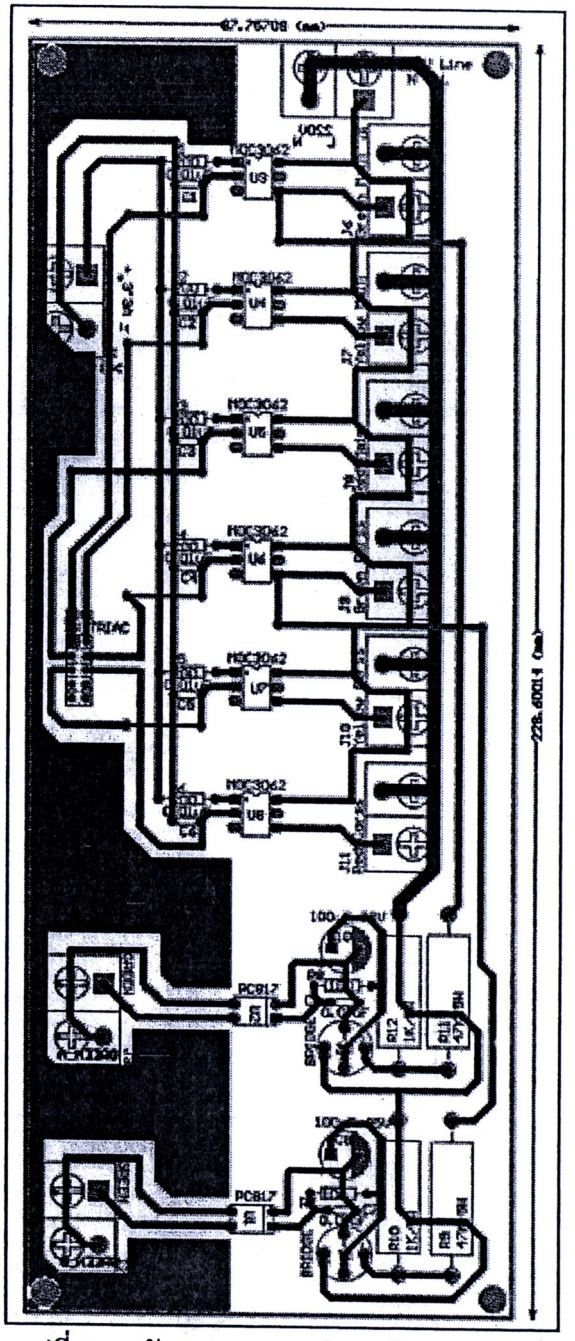
3.1.6 ออกแบบวงจรรวมของส่วนควบคุมสัญญาณไฟจราจร

จากส่วนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจะนำมาออกแบบวงจรรวมเพื่อให้ได้บอร์ดควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยจะมีการออกแบบวงจรต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่.3.17 ลักษณะการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ของบอร์ดควบคุมสัญญาณไฟจราจร

จากรูปที่.3.17 จะเห็นได้ว่ามีการจัดวางตำแหน่งของส่วนต่างๆ ดังภาพ ซึ่งขนาดของบอร์ดควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะมีขนาด 18 x 20 เซนติเมตร

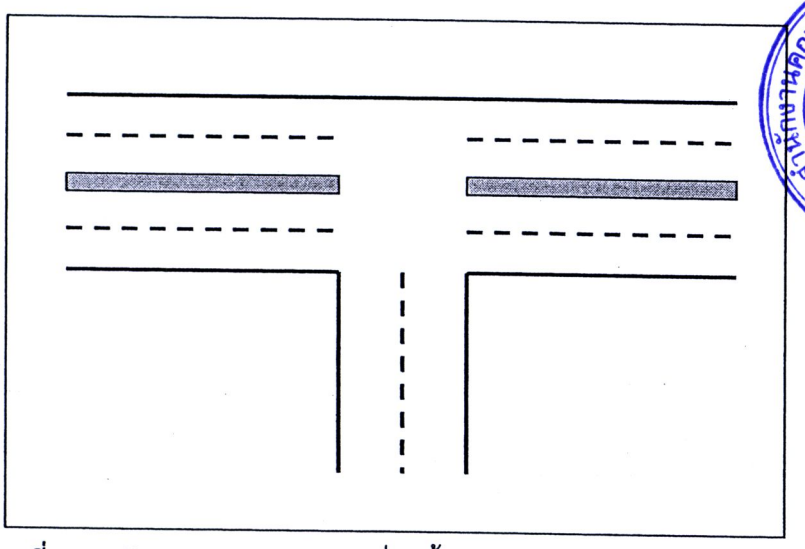


รูปที่.3.18 ลักษณะการวางตำแหน่งของอุปกรณ์
วงจรควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจร

จากรูปที่.3.18 จะเห็นได้วงจรควบคุมการเปิดและปิดสัญญาณไฟจราจรสามารถที่จะสั่งงานสำหรับการเปิด-ปิดสัญญาณไฟจราจรได้ทั้งหมด 6 ช่อง ซึ่งบอร์ดนี้นำมาใช้งานกับแยกการจราจรที่มีลักษณะสามแยกการจราจร และลักษณะของบอร์ดจะมีขนาด 23 x 9 เซนติเมตร

3.2 ส่วนของการออกแบบซอร์ฟแวร์ (Software) ของส่วนควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Controller)

ในส่วนของการออกแบบซอร์ฟแวร์ของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้น จะออกแบบตามแยกการจราจรที่ติดตั้ง โดยจะเป็นการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งอัตโนมัติซึ่งจะติดตั้งในทางแยกจราจรที่มีทางเอกและทางโท โดยติดตั้งตัวตรวจจับยานพาหนะไว้ที่ทางโทของทางแยกการจราจร โดยในสภาพการจราจรที่เป็นปกติ (ไม่มียานพาหนะในทางโท) ทางเอกจะได้สัญญาณไฟเขียวโดยตลอด และทางโทจะมีสัญญาณไฟแดงตลอดเวลาเช่นกัน เว้นแต่จะมียานพาหนะมารออยู่ที่ทางโทจึงจะทำให้ที่ทางโทรได้สัญญาณไฟเขียว เพื่อให้ยานพาหนะในทางโทผ่านได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ติดตั้งระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรในแยกการจราจรที่มีลักษณะดังรูปที่.3.19



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่.3.19 ลักษณะแยกการจราจรที่ติดตั้งระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ในระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งอัตโนมัติจำเป็นจะต้องมียานพาหนะมากระตุ้นหรือมารอที่ทางโทจึงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟจราจร ซึ่งจะต้องมีช่วงระยะเวลาของยานพาหนะที่มารอที่ทางโทก่อนที่จะเกิดการเปลี่ยนสัญญาณไฟซึ่งระยะเวลาของการรอดังกล่าวในระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรได้ทำการออกแบบเป็นโหมดการทำงาน 2 โหมด คือ 1. โหมด Fast คือระยะเวลาของการรอ 5 วินาที 2. โหมด Slow คือระยะเวลาของการรอ 10 วินาที นอกจากระยะเวลาของการรอในทางโทแล้ว โหมดการทำงาน Fast และ Slow จะควบคุมระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียวที่ทางเอก นั้นคือหลังจากที่ทางโทได้สัญญาณไฟเขียวแล้วรอบต่อไปที่จะได้สัญญาณไฟเขียวอีกนั้นจะต้องรอเป็นระยะเวลา 30 วินาที สำหรับโหมด Fast และ 60 วินาที สำหรับโหมด Slow ดังนั้นสามารถสรุปการทำงานของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรได้ดังนี้

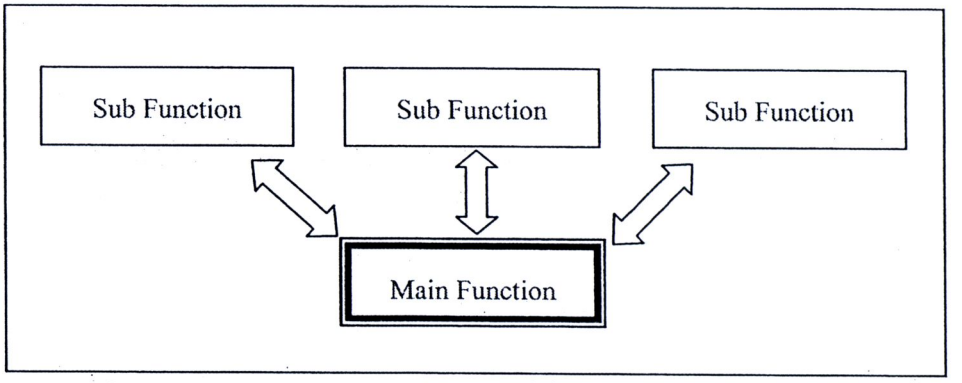
โหมด Fast : ระยะเวลารอของยานพาหนะในทางโท 5 วินาที และจะได้ไฟเขียวรอบต่อไปหลังจาก 30 วินาที

โหมด Slow : ระยะเวลารอของยานพาหนะในทางโท 10 วินาที และจะได้ไฟเขียวรอบต่อไปหลังจาก 60 วินาที

ในระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ARM7 LPC2148 เป็นตัวควบคุมการทำงานหลักโดยจะต้องมีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนคำสั่งควบคุม ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ภาษาซีในการเขียนคำสั่ง โดยเขียนคำสั่งควบคุมผ่านโปรแกรม Keil uVision3 เนื่องจากภาษาซีเป็นภาษาที่มีโครงสร้างง่ายต่อการทำความเข้าใจและสามารถปรับปรุงพัฒนา นอกจากนั้นภาษาซียังเป็นภาษามาตรฐานไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ (ไมโครคอนโทรเลอร์) มีความยืดหยุ่นในการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นได้

การทำงานของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

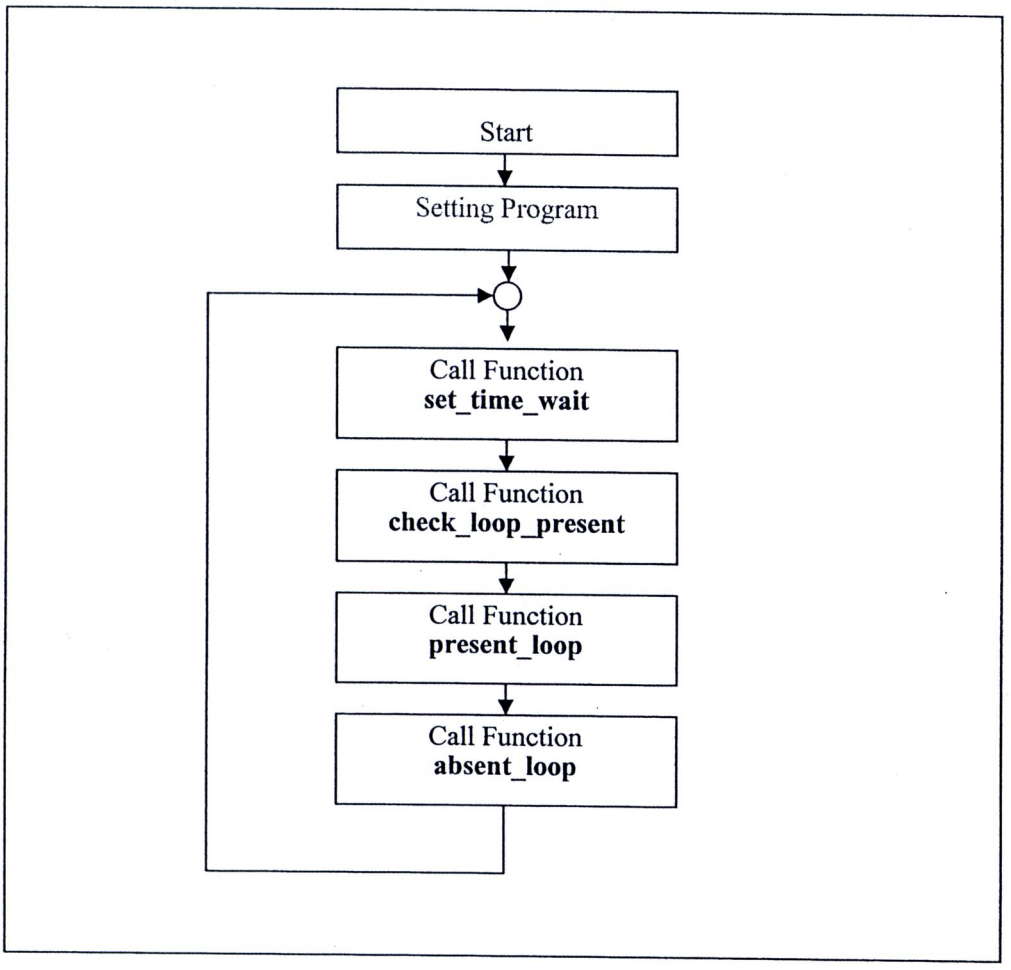
ระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งอัตโนมัติที่นำมาใช้เป็นรูปแบบการทำงานหลักในงานวิจัยนี้ โดยมีฟังก์ชันการทำงานหลัก (Main Function) เป็นส่วนควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ ซึ่งฟังก์ชันการทำงานหลัก (Main Function) ของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะประกอบด้วยการทำงานของฟังก์ชันย่อย ๆ ดังรูปที่.3.20 โดยที่ฟังก์ชันการทำงานหลักจะทำการเรียกใช้งานในแต่ละฟังก์ชัน เพื่อให้ระบบเกิดความไม่ซับซ้อน และสามารถหาจุดบอกพร่องและแก้ไขได้ง่าย



รูปที่.3.20 รูปแบบการทำงานของฟังก์ชันการทำงานหลัก (Main Function)

ซึ่งการทำงานของฟังก์ชันต่างๆ สามารถอธิบายดังนี้

3.2.1 Main Function



รูปที่.3.21 การทำงานของ Main Function

จากรูปที่.3.21 เป็นขั้นตอนการทำงานของ Main Function โดยจะเริ่มต้นจากการตั้งค่าต่าง ๆ ของไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 ซึ่งดังนี้

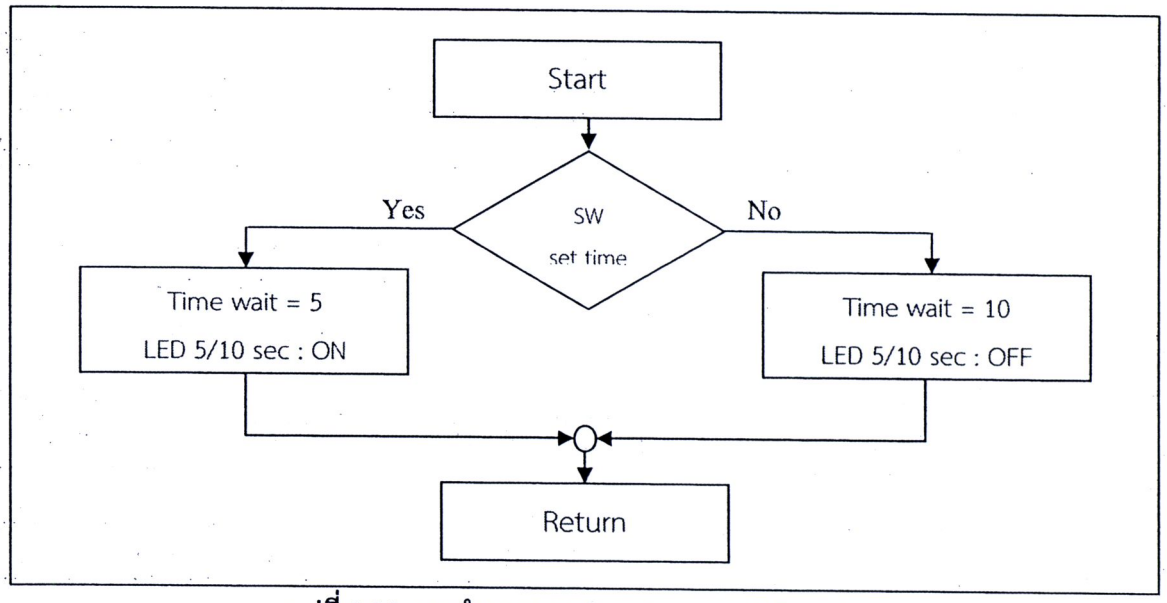
- เปิดใช้งานระบบเวลาจริง (Real Time Clock) ซึ่งจะใช้งานแบบอินเตอร์รัป (Interrupt) ที่เกิดการอินเตอร์รัปทุก ๆ 1 วินาที เพื่อนำมาใช้งานในการนับเวลาของการควบคุมสัญญาณไฟจราจร
- เปิดใช้งานอินเตอร์รัปภายนอก (External Interrupt 0) ที่พอร์ต P0.16 สำหรับการเปิดใช้งานสัญญาณไฟเหลืองกระพริบ

หลังจากตั้งค่าต่าง ๆ ของไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 แล้วจะทำการตั้งค่าของระยะเวลาการรอของยานพาหนะในทางโทหรือการเลือกโหมด Fast / Slow นั้นเอง หลังจากเลือกโหมดการทำงานแล้วจะทำการเรียกใช้งาน Check Loop Present Function เพื่อตรวจสอบยานพาหนะในทางโทว่ามียานพาหนะมารออยู่หรือไม่ ละจะส่งผลของการตรวจสอบยานพาหนะที่ได้ให้กับ Present Loop Function ถ้ามียานพาหนะมารอที่ทางโท จะให้สัญญาณไฟเขียวเพื่อให้ยานพาหนะสามารถผ่านไปได้ แต่ถ้าไม่มีก็จะไม่

เกิดการทำงานของฟังก์ชันนี้และต่อจากนั้นจะทำเรียกใช้งาน Absent Loop Function เพื่อตรวจสอบว่าไม่มียานพาหนะมารออยู่ที่ทางโทจริงจะทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟจราจรโดยให้สัญญาณไฟเขียวที่ทางเอก แต่ถ้าหากพบว่ายังมียานพาหนะรออยู่ก็จะยังคงให้สัญญาณไฟเขียวต่อไปจนกว่าจะเกินเวลาที่กำหนดเอาไว้

3.2.2 Set Time Wait Function

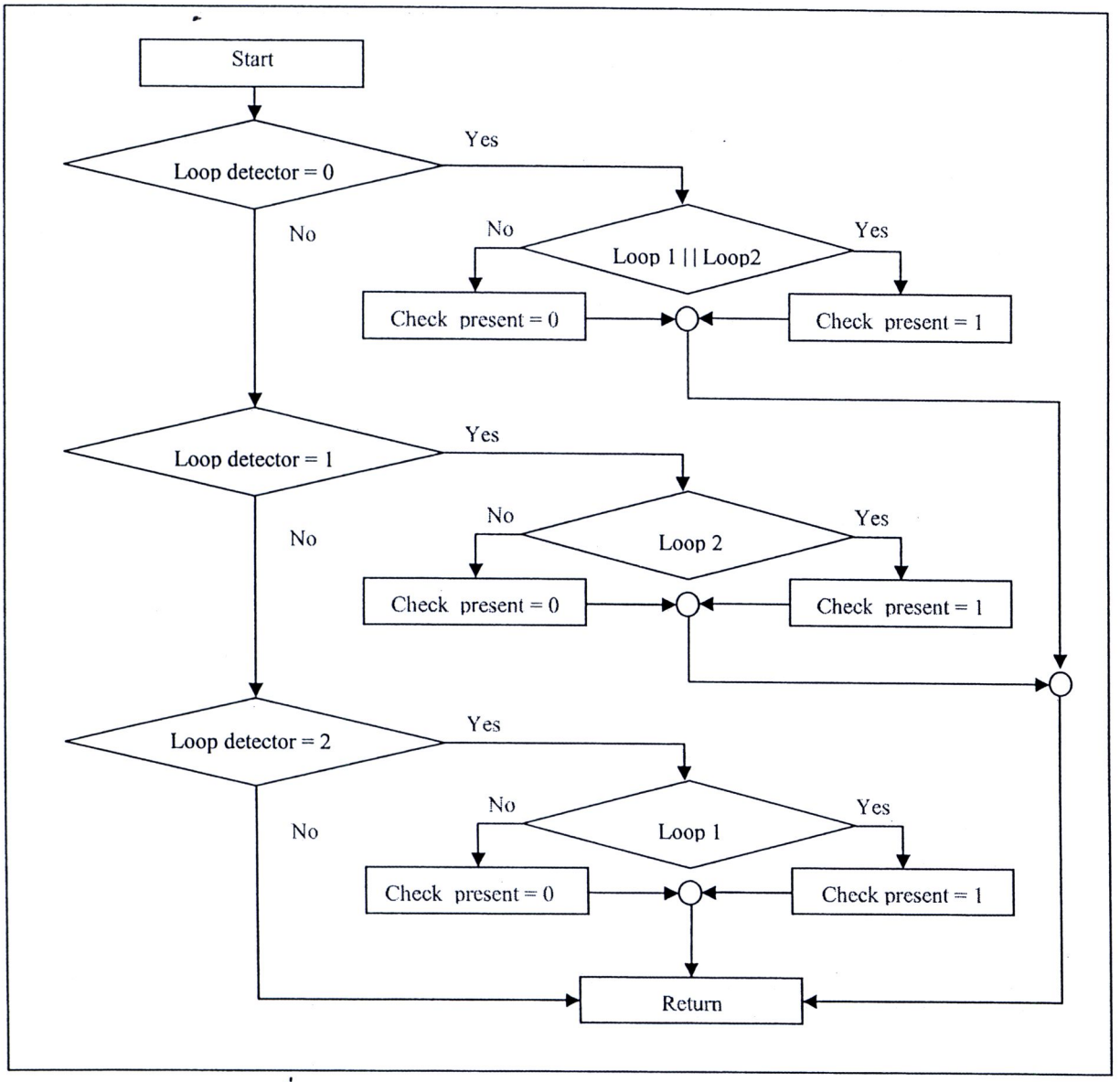
จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระยะเวลาของยานพาหนะที่มารอในทางโทแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ โหมด Fast คือระยะเวลาสำหรับการรอเปลี่ยนสัญญาณไฟเป็น 5 วินาที และโหมด Slow คือระยะเวลาสำหรับการรอเปลี่ยนสัญญาณไฟเป็น 10 วินาที ในฟังก์ชันนี้จะทำการตรวจสอบจุดเชื่อมต่อที่พอร์ต P1.23 เพื่อเป็นตัวเลือกโหมดการทำงานของระบบ โดยเมื่อจุดเชื่อมต่อ เมื่อการเชื่อมต่ออยู่จะตั้งค่า Time_wait = 5 และจะทำให้ LDE ที่พอร์ต P0.5 (LED 5/10 sec) ติดเพื่อแสดงว่าใช้โหมด Fast แต่เมื่อไม่มีการเชื่อมต่อจะตั้งค่า Time_wait = 10 และให้ LDE ที่พอร์ต P0.5 (LED 5/10 sec) ดับเพื่อแสดงว่าใช้โหมด Slow ซึ่งจะสามารถอธิบายการทำงานของฟังก์ชันได้ดังรูปที่.3.22



รูปที่.3.22 การทำงานของ Set Time Wait Function

3.2.3 Check Loop Present Function

Check Loop Present Function เป็นฟังก์ชันที่จะรับสัญญาณจากตัวตรวจจับยานพาหนะ ซึ่งมีทั้งหมด 2 Channel เมื่อตัวตรวจจับยานพาหนะตรวจพบยานพาหนะใน Channel 1 หรือ Channel 2 ฟังก์ชันนี้จะทำการส่งค่ากลับโดยที่จะส่งค่า check_persent = 1 และถ้าตรวจสอบไม่พบยานพาหนะใน Channel 1 และ Channel 2 จะทำการส่งค่า check_persent = 0 นอกจากนี้ในฟังก์ชันตรวจสอบยานพาหนะ (Check Loop Present Function)จะทำการตรวจสอบจาก Channel ที่ไม่เกิดความผิดพลาดเท่านั้น เช่น ถ้าหากตัวตรวจจับยานพาหนะที่ Channel 1 เกิดความผิดพลาดก็จะไม่รับสัญญาณจาก Channel 1 จะรับสัญญาณจาก Channel 2 เท่านั้น ซึ่งจะพิจารณาการเกิดความผิดพลาดจาก Check Detector Function การทำงานของฟังก์ชันตรวจสอบยานพาหนะสามารถอธิบายได้ดังรูปที่.3.23

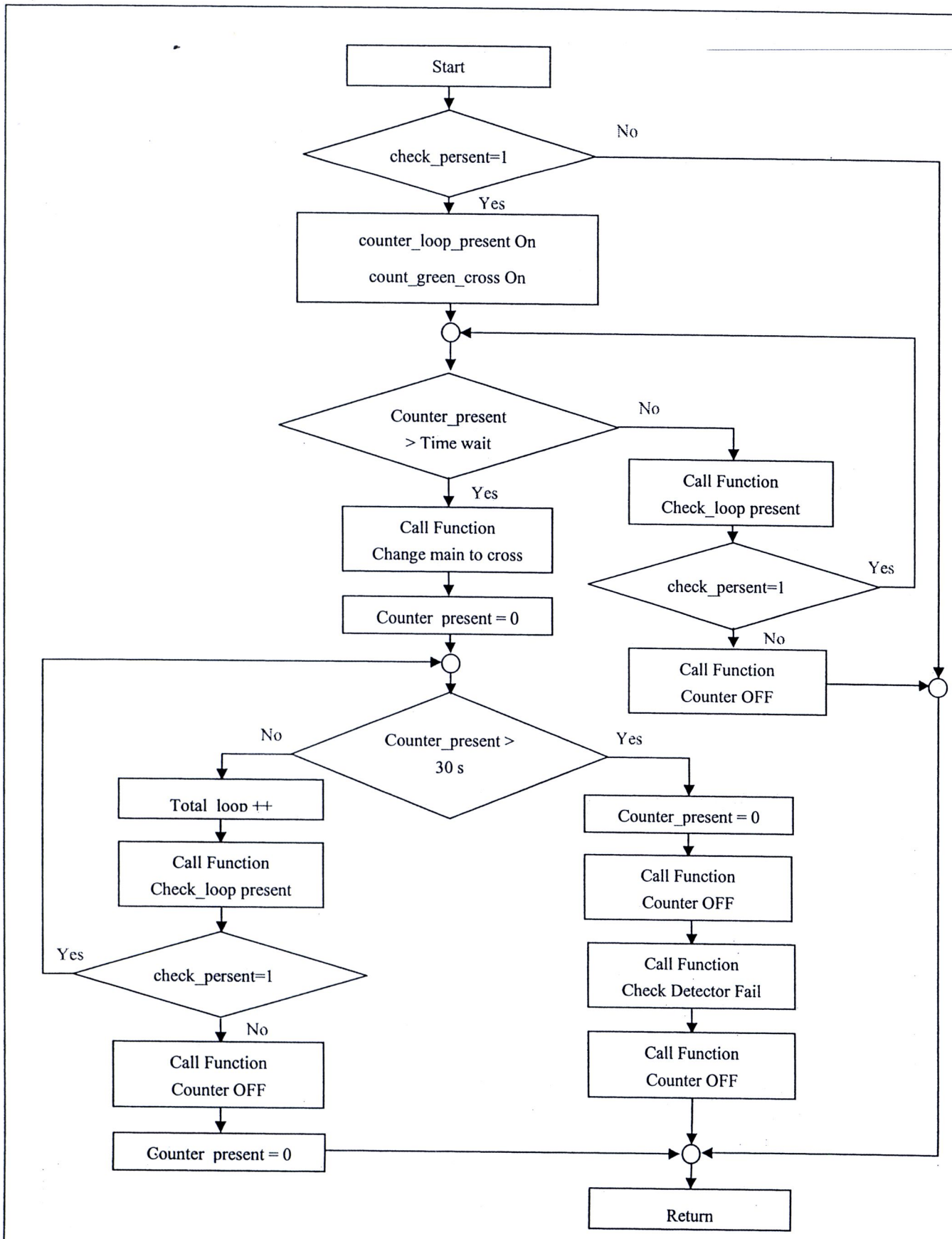


รูปที่.3.23 การทำงานของ Check Loop Present Function

3.2.4 Present Loop Function

ในฟังก์ชันนี้จะทำงานก็ต่อเมื่อตัวตรวจจับยานพาหนะสามรถตรวจพบยานพาหนะในทางโท โดยจะตรวจสอบจาก Present Loop Function โดยเริ่มต้นเมื่อตรวจพบยานพาหนะจะให้เริ่มนับเวลาการรอของยานพาหนะที่เข้ามารอในทางโท โดยเวลาที่รอนั้นจะต้องมากกว่าเวลาที่ถูกตั้งค่าเอาไว้จาก Set Time Wait Function ซึ่งในช่วงระยะเวลาที่รออยู่นั้นจะทำการตรวจสอบยานพาหนะอยู่ตลอดเวลา ว่ายังมียานพาหนะรออยู่หรือไม่ ถ้าไม่พบยานพาหนะรออยู่จะหยุดการนับเวลาและหยุดการทำงานของฟังก์ชัน แต่ถ้าหากยังพบยานพาหนะรออยู่จนกระทั่งหมดช่วงเวลาที่ต้องรอของยานพาหนะในทางโท จะทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรเพื่อให้ยานพาหนะในทางโทรสามารถผ่านได้ เมื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรในทางโทแล้วจะเริ่มนับเวลาของสัญญาณไฟเขียวในทางโทเพื่อไม่ให้สัญญาณไฟเขียวในทางโทเกิน 30 วินาที หากระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียวในทางโทยังไม่เกิน 30 วินาทีจะทำการตรวจสอบว่ายังมียานพาหนะรออยู่ที่ทางโทหรือไม่ ถ้ายังมี

ยานพาหนะมารออยู่จะยังคงให้สัญญาณไฟเขียวต่อไปจนกว่าจะเกินเวลาที่กำหนด แต่ถ้าไม่มียานพาหนะหรือระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียวเกิน 30 วินาที จะทำการหยุดการนับเวลาและตรวจสอบว่าตัวตรวจจับยานพาหนะทำงานผิดพลาดหรือไม่ และจะเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรจากสัญญาณไฟเขียวเป็นสัญญาณไฟแดงในทางโท และให้สัญญาณไฟเขียวในทางเอก โดยการทำงานของฟังก์ชันจะสามารถอธิบายได้ดังรูปที่.3.24

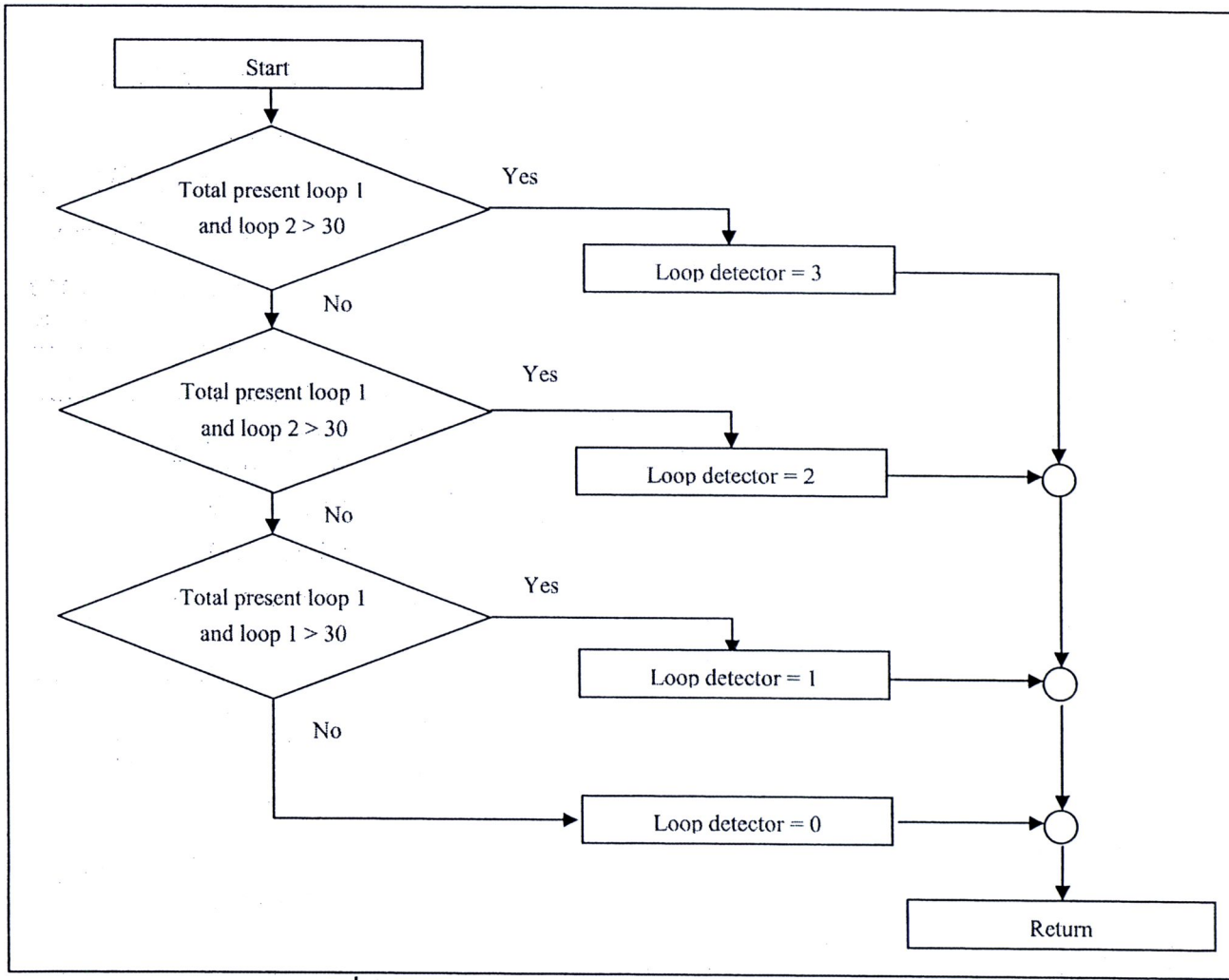


รูปที่.3.24 การทำงานของ Present Loop Function

3.2.5 Check Detector Fail Function

ในฟังก์ชันนี้จะทำการตรวจสอบตัวตรวจจับยานพาหนะในแต่ละ Channel ว่าเกิดความผิดพลาดหรือไม่ ซึ่งวิธีการตรวจสอบคือ การนับเวลาของตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector) ที่ส่งสัญญาณออกมา ถ้าระยะเวลาที่ส่งสัญญาณของตัวตรวจจับยานพาหนะ เกิน 30 วินาที แสดงว่าตัวตรวจจับยานพาหนะส่งสัญญาณออกมาตลอดเวลาซึ่งเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ดังนั้นระบบจะไม่ทำการรับสัญญาณที่ส่งเข้ามาจาก Channel นั้น ซึ่งใน Check Detector Function จะทำการตรวจสอบในแต่ละ Channel ว่าเกิดความผิดพลาดหรือไม่ ซึ่งค่าที่ส่งกลับมาจากฟังก์ชันมีดังนี้

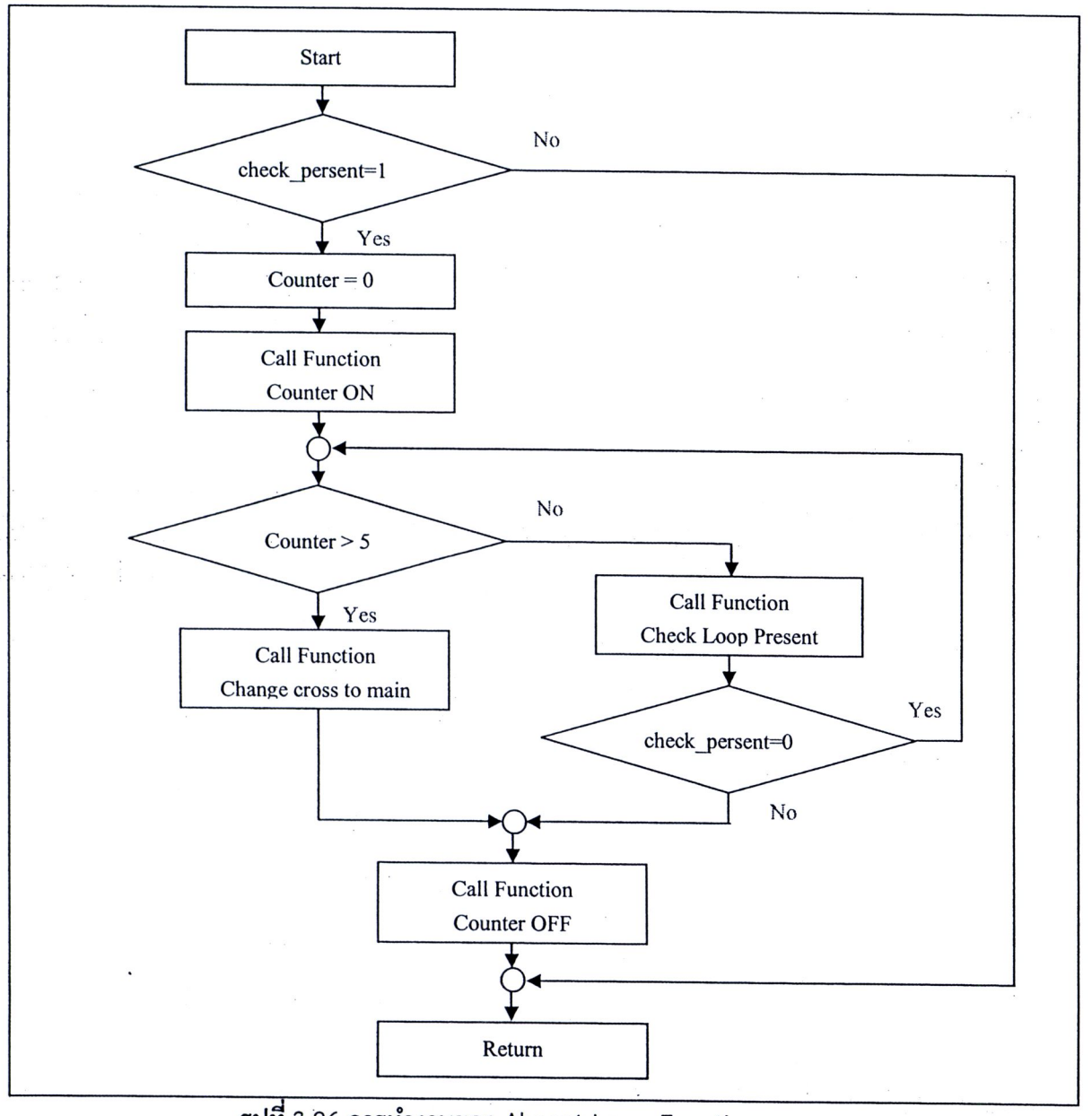
- ไม่เกิดความผิดพลาดจะส่งค่า loop_detector = 0
- Channel 1 เกิดความผิดพลาดจะส่งค่า loop_detector = 1
- Channel 2 เกิดความผิดพลาดจะส่งค่า loop_detector = 2
- Channel 1 และ Channel 2 เกิดความผิดพลาดจะส่งค่า loop_detector = 3



รูปที่.3.25 การทำงานของ Check Detector Function

3.2.6 Absent Loop Function

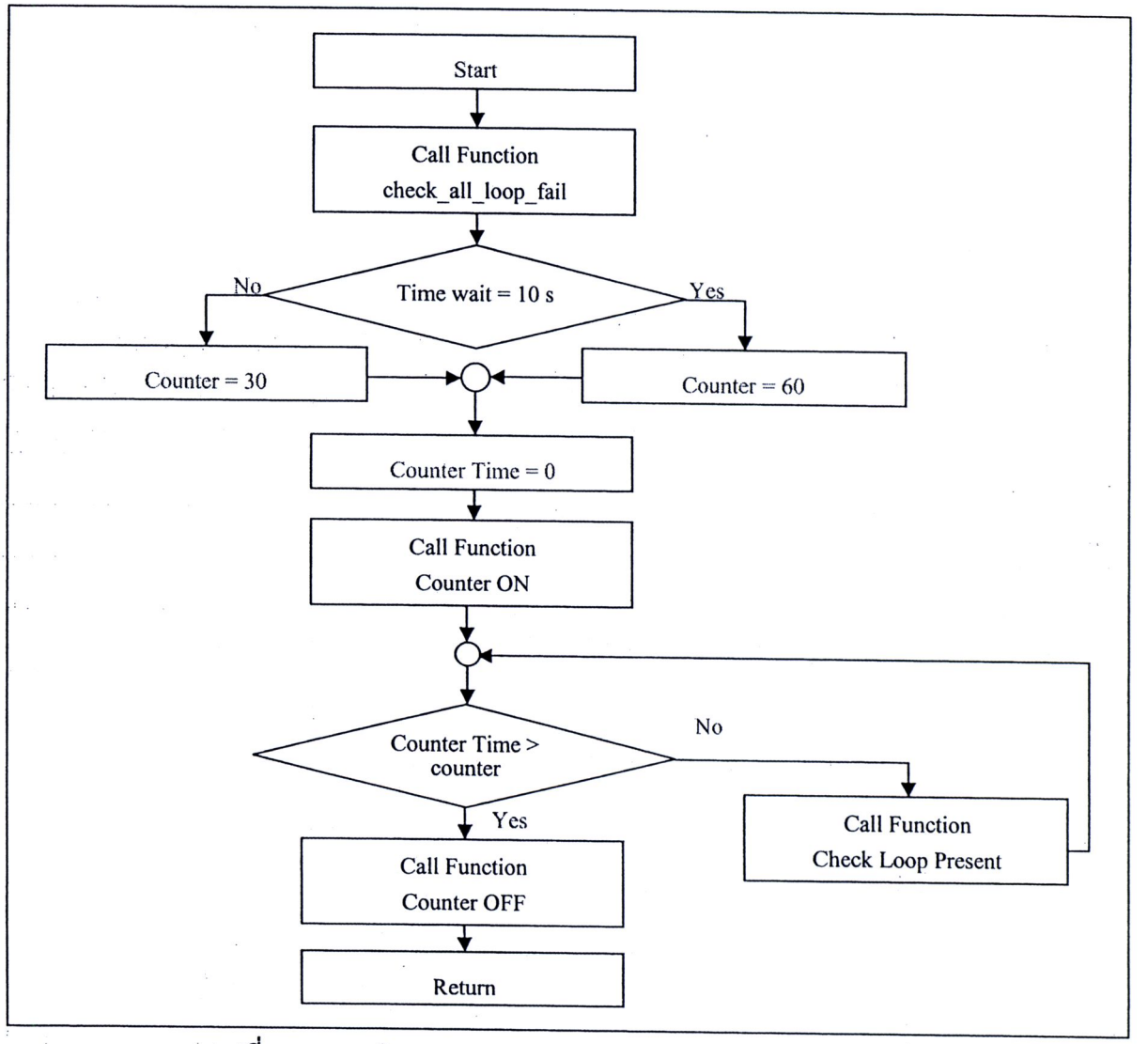
การทำงานของฟังก์ชันเมื่อตรวจไม่พบยานพาหนะในทางโท โดยจะตรวจสอบจาก Check Loop Present Function ในฟังก์ชันนี้จะเริ่มทำงานหลังจากที่มียานพาหนะเข้ามารอที่ทางโทแล้วได้สัญญาณไฟเขียว ในช่วงเวลาที่ทางเอกได้สัญญาณไฟเขียวฟังก์ชันนี้จะไม่ทำงาน โดยหลังจากที่ให้สัญญาณไฟเขียวกับทางโทและยานพาหนะคันแรกผ่านไป ระบบจะทำการตรวจสอบว่าสามารถตรวจพบยานพาหนะคันต่อไปภายในเวลา 5 วินาทีหรือไม่ ถ้าตรวจพบภาพใน 5 วินาทีจะยังคงให้สัญญาณไฟเขียวที่ทางโทต่อไปจนกว่าจะเกินเวลาที่กำหนด แต่ถ้าหากตรวจไม่พบยานพาหนะภายในระยะเวลา 5 วินาที ระบบจะเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรในทางโทเป็นสัญญาณไฟแดง และให้สัญญาณไฟเขียวในทางเอก Absent Loop Function สามารถอธิบายการทำงานได้ดังรูปที่.3.26



รูปที่.3.26 การทำงานของ Absent Loop Function

3.2.7 Change Cross to Main Function

Change Cross to Main Function คือการเปลี่ยนสถานะจากสัญญาณไฟเขียวเป็นสัญญาณไฟเหลืองและสัญญาณไฟแดง ตามลำดับ โดยที่การเปลี่ยนสถานะสัญญาณไฟเขียวของทางโทไปทางเอกนั้น ระบบจะทำการเปิดสัญญาณไฟเขียวในทางเอกจนครบตามระยะเวลาที่กำหนดในโหมดการทำงาน จึงจะทำการตรวจสอบยานพาหนะในทางโทอีกครั้ง แต่ถ้าหากตรวจสอบไม่พบยานพาหนะจะยังคงเป็นสัญญาณไฟเขียวที่ทางเอกต่อไป แต่ถ้าหากตรวจพบยานพาหนะจะดำเนินการตามเงื่อนไปของการทำงานตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของ Change Cross to Main Function ดังรูปที่.3.27



รูปที่.3.27 การทำงานของ Change Cross to Main Function

3.2.8 Change Main to Cross Function

Change Main to Cross Function คือฟังก์ชันการเปลี่ยนสถานะจากสัญญาณไฟเขียว เป็นสัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ตามลำดับ โดยที่จะมีสัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที และไฟแดงพร้อมกันทั้งทางเอกและทางโท 2 วินาที

3.2.9 Counter On Function

Counter On Function จะทำงานแบบอินเตอร์รัป (Interrupt) ทุก ๆ 1 วินาที เพื่อเพิ่มค่าตัวแปรที่ฟังก์ชันต่าง ๆ ต้องการนับเวลาในทุก ๆ 1 วินาที เพื่อให้ได้ค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในฟังก์ชันนั้น ๆ

3.2.10 Counter Off Function

Counter Off Function จะทำการหยุดนับเวลาทั้งหมดของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

3.2.11 Tuning Loop Function

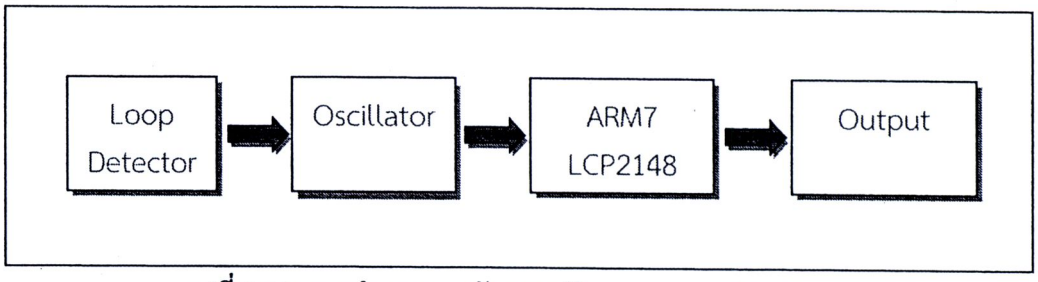
ในกรณีที่เกิดความผิดพลาดของตัวตรวจจับยานพาหนะใน Channel ต่าง ๆ จะทำการตรวจสอบ Channel ของตัวตรวจจับยานพาหนะที่ทำงานผิดพลาดอีกครั้ง เมื่อพบว่าสามารถทำงานได้ตามปกติจะนำตัวตรวจจับยานพาหนะ Channel นั้นมาพิจารณาในการตรวจจับยานพาหนะใหม่ แต่เมื่อพบว่า Channel นั้นยังคงทำงานผิดพลาดอยู่จะไม่นำมาพิจารณาในการตรวจสอบยานพาหนะ และจะยังคงตรวจสอบ Channel นั้นไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะทำงานไม่ผิดพลาด

3.2.12 All Loop Fail Function

ในกรณีที่เกิดความผิดพลาดของตัวตรวจจับยานพาหนะทำงานผิดพลาดทั้ง 2 Channel ระบบจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟเหลืองกระพริบเตือน โดยจะเป็นสัญญาณไฟเหลืองอย่างต่อเนื่อง จนกว่าตัวตรวจจับยานพาหนะใน Channel ใดสามารถใช้งานได้ จึงจะกลับมาสู่โหมดการทำงานปกติโดยจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของตัวตรวจจับยานพาหนะอยู่ตลอดเวลา

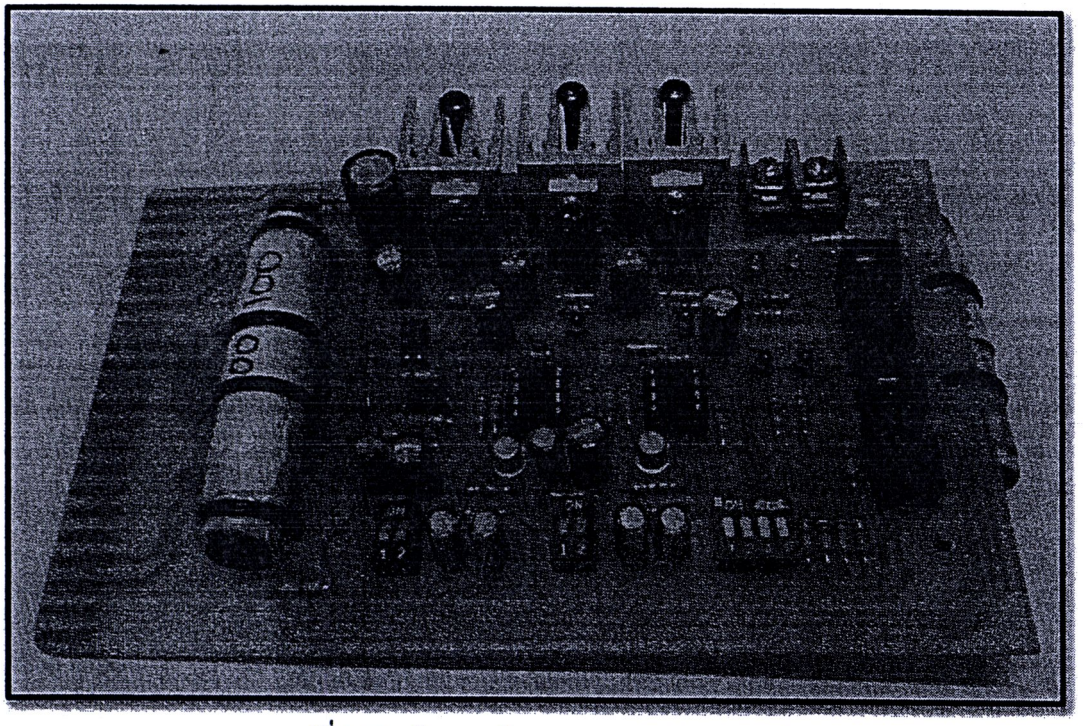
ตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector)

ในระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi - Actuated) ส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งคือตัวตรวจจับยานพาหนะซึ่งเป็นส่วนที่คอยตรวจสอบยานพาหนะที่มารอในทางโท ซึ่งถ้าหากตัวตรวจจับยานพาหนะทำงานผิดพลาด ยานพาหนะที่รออยู่ในทางโทจะไม่ได้สัญญาณไฟเขียวเลย ดังนั้นตัวตรวจจับยานพาหนะจึงเป็นหัวใจหลักในการควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งอัตโนมัติ ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวตรวจจับยานพาหนะสำหรับใช้ในระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งใช้หลักการของขวดลาดเหนี่ยวนำเพื่อให้เกิดความถี่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมียานพาหนะ โดยส่วนการทำงานของตัวตรวจจับยานพาหนะสามารถอธิบายได้โดยรูปที่.3.28



รูปที่.3.28 การทำงานของตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector)

จากรูปที่.3.28 จะมีส่วนการทำงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ 1. ลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector) 2. ตัวกำเนิดความถี่ (Oscillator) 3. หน่วยประมวลผล (ARM7 LPC2148) 4. ผลการตรวจสอบ (Output) จากรูปลูปเหนี่ยวนำถูกเชื่อมต่อกับตัวกำเนิดความถี่ ซึ่งตัวกำเนิดสัญญาณจะสร้างความถี่ที่คงที่ออกมาค่าหนึ่ง แต่เมื่อลูปเหนี่ยวนำถูกเหนี่ยวนำด้วยยานพาหนะจะทำให้ตัวกำเนิดความถี่สร้างความถี่ที่มีค่าเปลี่ยนไป และความถี่ที่ได้จากตัวกำเนิดความถี่จะถูกอ่านค่าความถี่ออกมาโดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ARM7 LPC2148 ทำหน้าที่เป็นเครื่องนับความถี่ (Frequency Counter) และหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่เพื่อนำมาตัดสินใจว่าความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นเกิดจากการเหนี่ยวนำความถี่ที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะหรือไม่และจะส่งผลที่ได้ออกมา การออกแบบการทำงานของตัวตรวจจับยานพาหนะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. ส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ส่วนของการออกแบบซอร์ฟแวร์ (Software) ซึ่งจะมีการทำงานของส่วนต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่.3.29 ตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector)

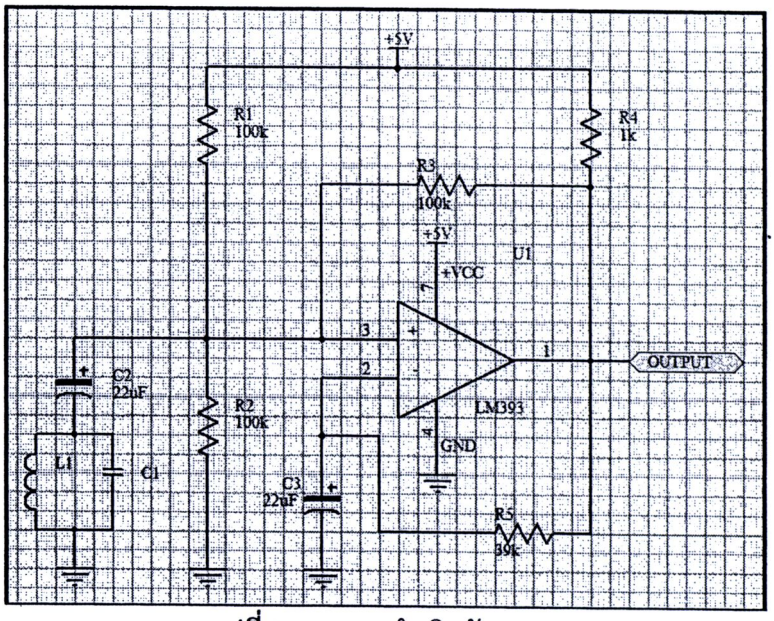
รูปที่.3.29 คือ ตัวตรวจจับยานพาหนะที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ โดยตัวตรวจจับยานพานหะที่ออกแบบมีขนาด 9 x 17 เซนติเมตร สามารถตัวจับยานพาหนะได้ 2 Channel สามารถปรับความถี่ได้ 4 ความถี่เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนกันของตัวตรวจจับยานพาหนะตัวอื่น ๆ และนอกจากนี้ยังสามารถเลือกความไว (Sensitivity) เพื่อให้สามารถตรวจจับยานพาหนะขนาดเล็กได้

3.3 ส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์ตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector)

ในส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของของตัวตรวจจับยานพาหนะนั้นสามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ คือ ลูปเหนี่ยวนำ, ตัวกำเนิดสัญญาณและไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 ซึ่งจะมีการทำงานของส่วนต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 ตัวกำเนิดสัญญาณ (Oscillator)

ตัวกำเนิดสัญญาณที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณแบบ LC Oscillator สามารถกำเนิดความถี่อยู่ระหว่าง 20 - 100 kHz ซึ่งค่าความเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดความถี่จะได้มาจากลูปเหนี่ยวนำที่อยู่บนท้องถนน เมื่อยานพาหนะมาหยุดอยู่บนลูปเหนี่ยวนำที่ติดตั้งเอาไว้ จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำเปลี่ยนไป ซึ่งจะส่งผลให้ความถี่เปลี่ยนแปลงด้วย วงจรกำเนิดความถี่ที่ออกแบบจะเป็นดังรูปที่.3.30



รูปที่.3.30 วงจรกำเนิดสัญญาณ

จากรูปที่.3.30 เป็นวงจำกำเนิดสัญญาณแบบ LC Oscillator ซึ่งจะออกแบบโดยการ IC Op-Amp เบอร์ LM393 ในการกำเนิดความถี่ ซึ่งสามารถคำนวณความถี่ที่ได้จากสมการ (1)

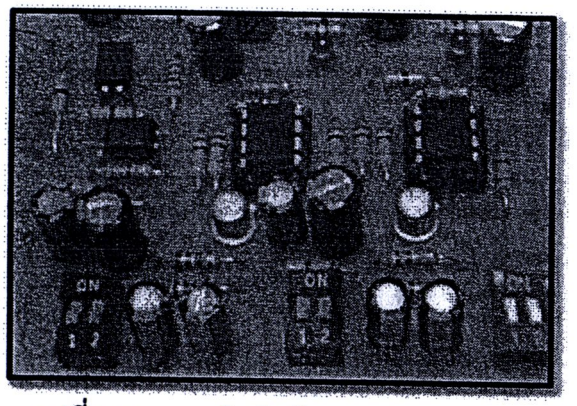
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \tag{1}$$

จากสมการ (1) ความถี่ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำ L1 และตัวเก็บประจุ C1 ซึ่งในงานวิจัยนี้ค่าความเหนี่ยวนำ L1 จะได้มาจากลูปเหนี่ยวนำที่ติดตั้งอยู่บนถนนซึ่งจะมีค่าความเหนี่ยวนำประมาณ 100 μH ดังนั้นเพื่อให้ได้ความถี่ 50 kHz สามารถเราคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุ C1 ได้จากสมการ (1) ได้ค่าตัวเก็บประจุ C1 = 0.10 μF นอกจากนี้เราสามารถที่จะเปลี่ยนความถี่ของตัวกำเนิดสัญญาณได้โดยการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ C1 เนื่องจากบริเวณที่ตรวจวัดยานพาหนะอาจมีลูปเหนี่ยวนำหลายตัวทำให้เกิดการรบกวนเกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงได้ออกแบบสวิตช์ปรับความถี่เพื่อให้ได้ความถี่ในช่วง 20 – 100 kHz โดยการนำตัวเก็บประจุมาขนานกับวงจรกำเนิดสัญญาณ ซึ่งตัวเก็บประจุที่อยู่กับวงจรมีขนาด 0.1 μF ทำให้วงจรกำเนิดความถี่ได้เพียงความถี่เดียว แต่เมื่อเพิ่มตัวเก็บประจุขนาด 0.1 μF และ 0.2 μF เข้าไปในวงจรกำเนิดความถี่โดยการต่อแบบขนานกับตัวเก็บประจุในวงจร ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบเมื่อทำการปรับสวิตช์

กรณีที่	สวิตช์ 1	สวิตช์ 2	ค่าตัวเก็บประจุรวม (μF)	ความถี่ที่ได้จากการคำนวณ (kHz)
1	เปิด	เปิด	0.1	46.13
2	ปิด	เปิด	0.2	32.62
3	เปิด	ปิด	0.3	26.63
4	ปิด	ปิด	0.4	23.06

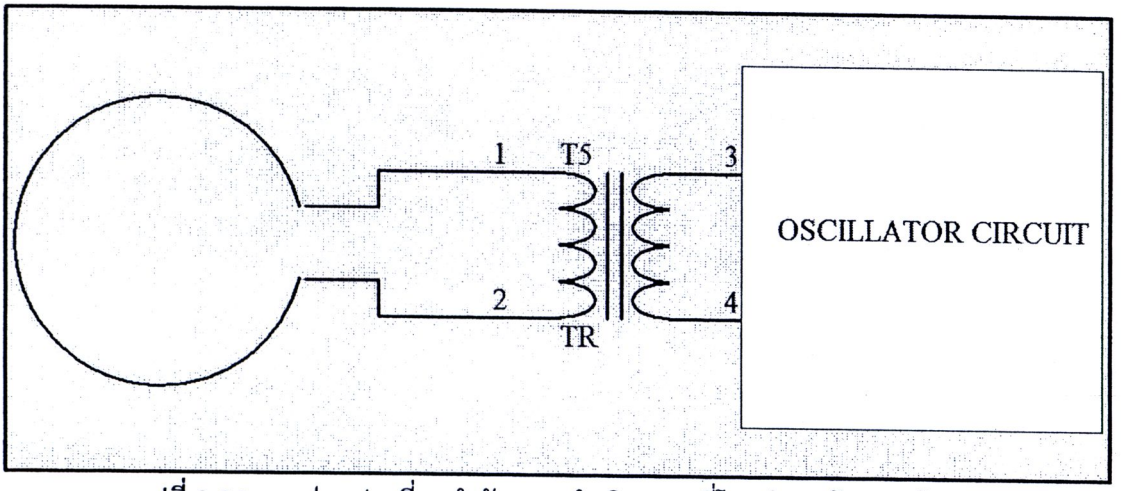
ซึ่งการเลือกความถี่ดังกล่าวสามารถเลือกโดยการเลือกผ่าน Dip Switch ซึ่งจะติดตั้งอยู่ในตัวตรวจจับยานพาหนะ ดังรูปที่.3.31



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่.3.31 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator)

ลูปเหนี่ยวนำที่ถูกฝังอยู่บนถนนทำหน้าที่เป็นอินพุตของวงจร มีลักษณะเป็นโลหะชนิดหนึ่งเมื่อถูกฝังไว้ใต้พื้นถนนกลายเป็นสายล่อฟ้าได้และถ้าเกิดฟ้าผ่าที่ลูปเหนี่ยวนำจะส่งผลทำให้วงจรกำเนิดความถี่พังเสียหายได้ เพราะลูปเหนี่ยวนำถูกต่อเข้ากับบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่โดยตรง จึงได้ออกแบบให้ลูปเหนี่ยวนำและวงจรกำเนิดความถี่เชื่อมต่อกันโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นตัวกลาง



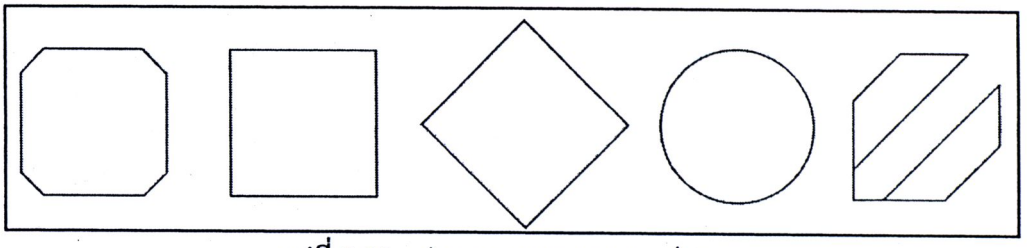
รูปที่.3.32 การต่อลูปเหนี่ยวนำกับวงจรกำเนิดความถี่โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ด้านปฐมภูมิจะต่อกับลูปเหนี่ยวนำและด้านทุติยภูมิจะต่อกับวงจรกำเนิดความถี่ เมื่อมียานพาหนะมาหยุดบนลูปเหนี่ยวนำจะทำให้ขดลวดของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิเหนี่ยวนำขดลวดของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิ ทำให้ความเหนี่ยวนำของวงจรเปลี่ยนส่งผลให้ความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่เปลี่ยนไป

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เกิดจากการพันเส้นลวดรอบแกนเฟอร์ไรท์ โดยจะพันรอบด้านปฐมภูมิ 100 รอบ และด้านทุติยภูมิ 100 รอบ นั่นคือ หม้อแปลงจะมีอัตราส่วนเป็น 1:1 เพื่อที่จะให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

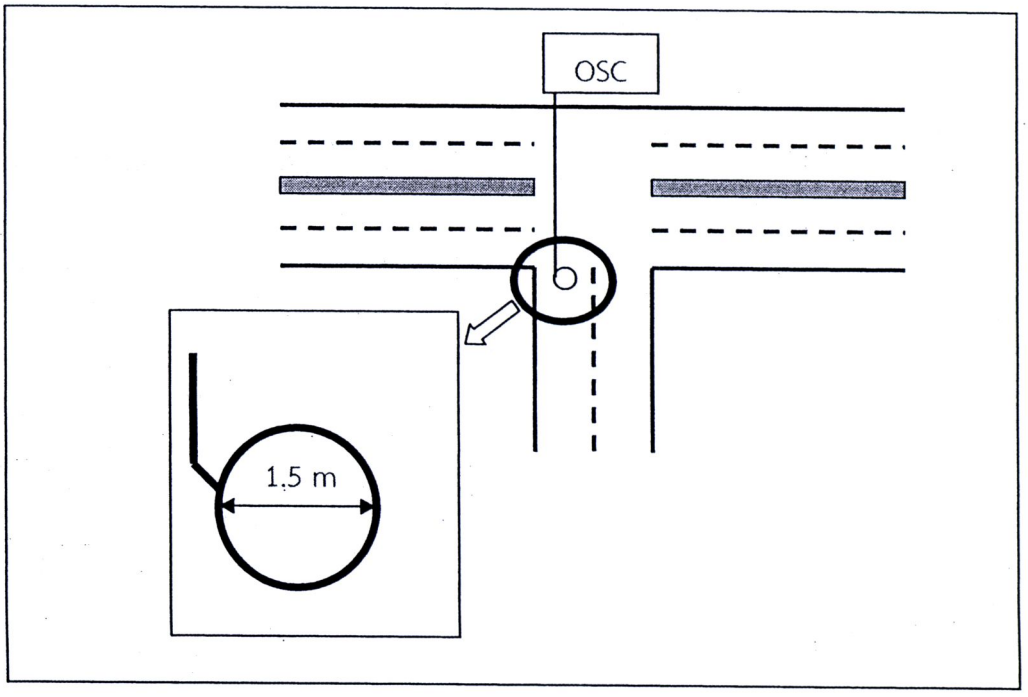
ด้านทุติยภูมิ (ด้านวงจรกำเนิดความถี่) มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับด้านปฐมภูมิ (ด้านลูปเหนี่ยวนำ) เสมือนว่าลูปเหนี่ยวนำได้ต่อกับวงจรกำเนิดความถี่โดยตรง

3.3.2 ลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector)

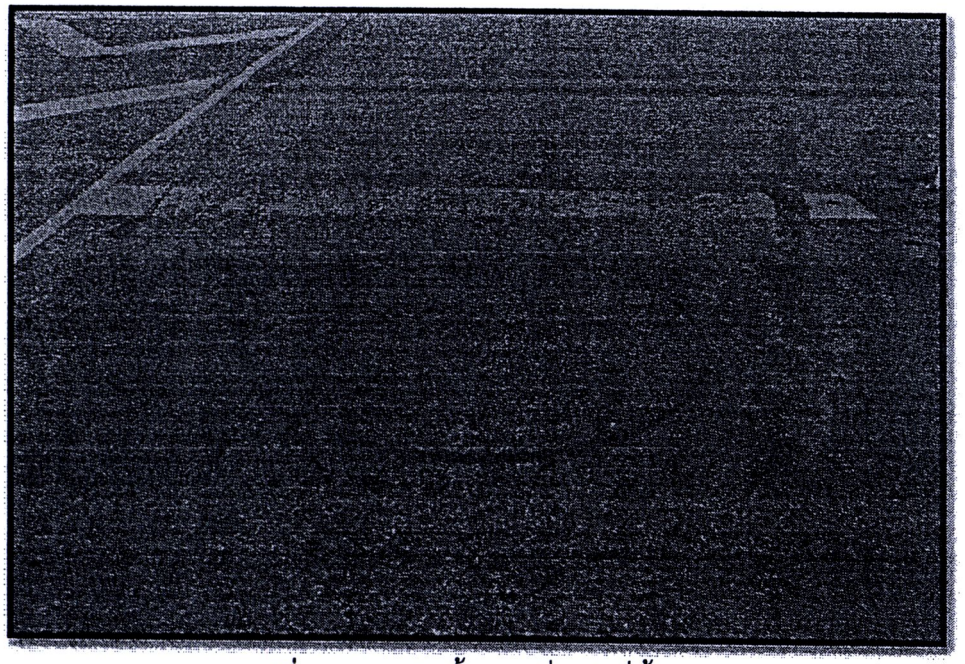


รูปที่.3.33 รูปแบบของขดลวดแบบต่าง ๆ

ลูปเหนี่ยวนำจะมีลักษณะเป็นขดลวดเหนี่ยวนำซึ่งจะเชื่อมต่ออยู่กับตัวกำเนิดสัญญาณ จะมีรูปแบบต่างๆ ดังรูปที่.3.33 โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้รูปแบบวงกลมเพราะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่สูงเมื่อมียานพาหนะเข้ามาเหนี่ยวนำและได้ออกแบบให้ลูปเหนี่ยวนำแบบวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ติดตั้งลูปเหนี่ยวนำโดยการฝังอยู่บนท้องถนนและนำมาเชื่อมต่อกับตัวกำเนิดสัญญาณ ระยะทางของลูปเหนี่ยวนำกับตัวกำเนิดสัญญาณประมาณ 30 เมตร การติดตั้งลูปเหนี่ยวนำจะติดตั้งตามรูปที่.3.34



รูปที่.3.34 การติดตั้งลูปเหนี่ยวนำ



รูปที่.3.35 การติดตั้งลูปเหนี่ยวนำที่พื้นถนน

การหาค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำ

จากสมการที่ (1) เพื่อให้ได้ความถี่ที่ถูกต้องจำเป็นต้องรู้ค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำ และนำมาคำนวณหาค่าความถี่ได้ ดังนั้นจากสมการที่ (1) เมื่อให้ค่าตัวเก็บประจุมีค่าคงที่และนำลูปเหนี่ยวนำมาขนานกับตัวเหนี่ยวนำในวงจร โดยจะเลือกใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1 μF (C1) และตัวเหนี่ยวนำขนาด 100 μH (L1) ทำการวัดค่าความถี่จะได้มีค่าเท่ากับ 21.6 kHz (F) และเมื่อทำการแก้สมการ (1) แล้ว จะสามารถทราบค่าความเหนี่ยวนำทั้งหมดได้ คือ

$$L_{รวม} = \left(\frac{1}{2\pi F\sqrt{C1}}\right)^2 \qquad (2)$$

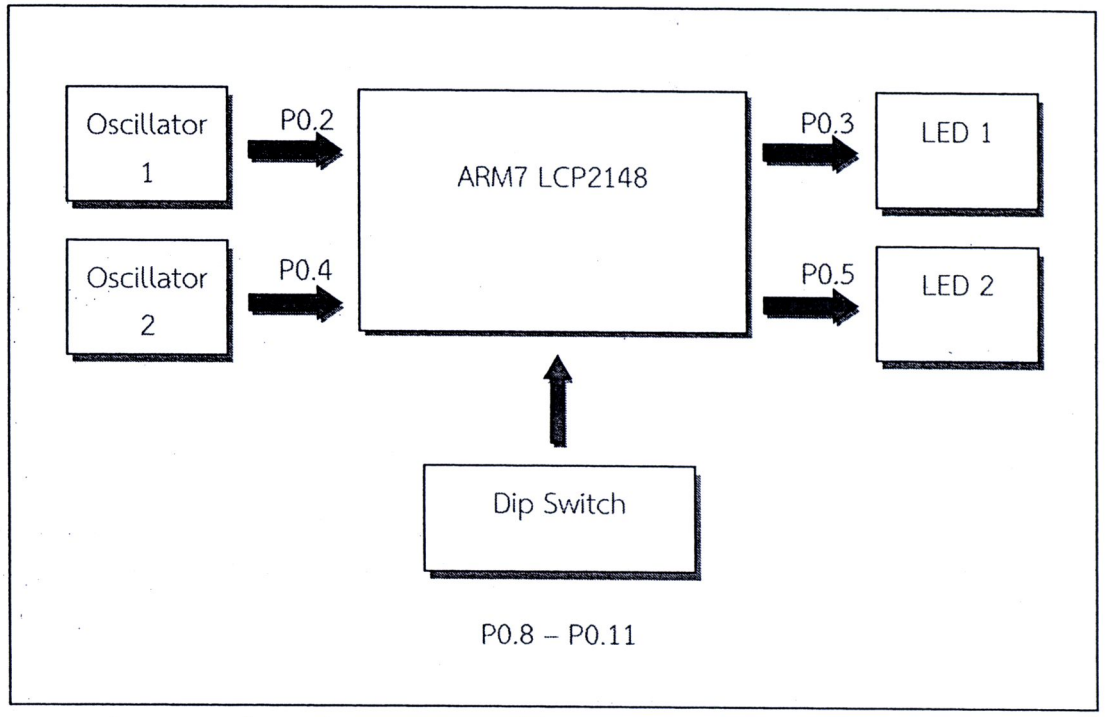
จากการแก้สมการได้ $L_{รวม}$ = 54.34 μH ทำให้ทราบความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำได้จาก

$L_{รวม}$ = Loop // 100 μH

ดังนั้นค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากับ 119.03 μH

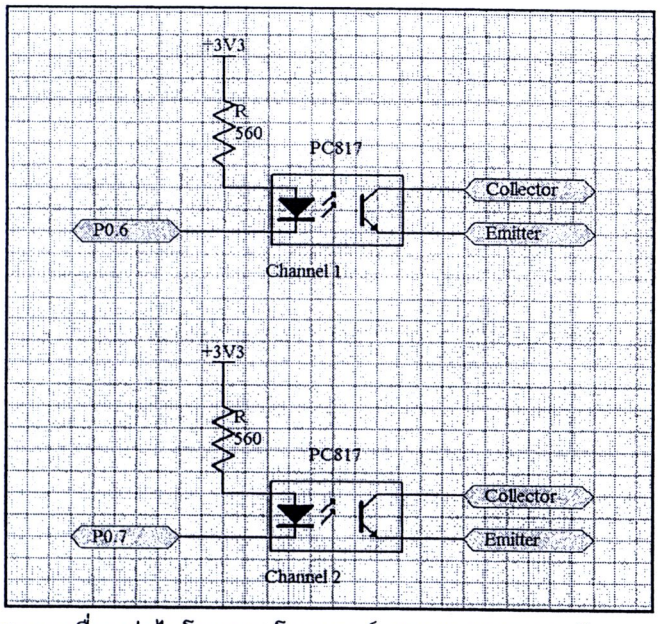
3.3.2 ไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148

สำหรับการประมวลผลของตัวตรวจจับยานพาหนะจะใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเครื่องนับความถี่และประมวลผลของสัญญาณที่ได้ ในการนับความถี่จากวงจรกำเนิดสัญญาณไมโครคอนโทลเลอร์จะใช้ฟังก์ชันการนับ (Counter) เพื่อตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาในช่วงเวลา 0.1 วินาที และแปลงสัญญาณที่ได้ให้อยู่ในรูปของความถี่ ไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 จะมีฟังก์ชันการนับที่ชื่อว่า Capture ดังนั้นจะออกแบบให้สามารถนับความถี่ได้ 2 Channel เพื่อให้ตรงกับการออกแบบตัวตรวจจับยานพาหนะที่ต้องการให้สามารถตรวจจับยานพาหนะได้ 2 Channel จึงเปิดใช้งานฟังก์ชัน Capture0.0 (Port P0.2) และ Capture0.1 (Port P0.4) ซึ่งการเชื่อมต่อของวงจรกำเนิดสัญญาณกับไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC2148 จะเชื่อมต่อดังรูปที่.3.36



รูปที่.3.36 การเชื่อมต่อวงจรกำเนิดความถี่กับไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC218

นอกจากวงจรกำเนิดสัญญาณที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทลเลอร์แล้ว ยังมี LED เพื่อแสดงสถานะของตัวตรวจจับยานพาหนะ โดยที่ LED1 แสดงสถานการณ์ตรวจจับยานพาหนะของ Channel 1 และLED2 แสดงสถานการณ์ตรวจจับยานพาหนะของ Channel 2 และยังมี Dip Switch 4 ช่อง สำหรับเลือกความไว (Sensitivity) ของแต่ละ Channel โดยที่ Dip Switch 1 และ 2 สำหรับตัวตรวจจับยานพาหนะ Channel 1 , Dip Switch 3 และ 4 สำหรับตัวตรวจจับยานพาหนะ Channel 2

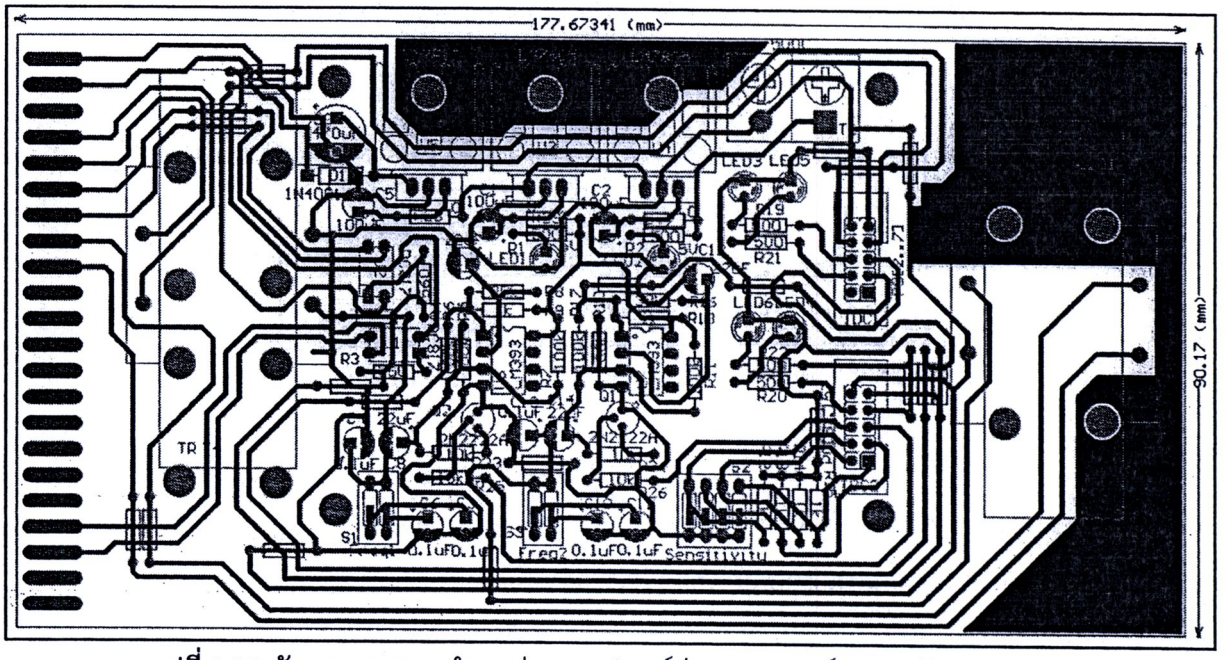


รูปที่.3.37 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC218 กับวงจรภายนอก

จากรูปวงจรที่ 3.37 เป็นการเชื่อมต่อไมโครคอนโทลเลอร์ ARM7 LPC218 กับวงจรภายนอก เพื่อนำสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับยานพาหนะไปประมวลผล โดยเมื่อตัวตรวจจับยานพาหนะตรวจสอบพบยานพาหนะจะทำการส่งสัญญาณออกมาโดยการให้พอร์ตของไมโครคอนโทรเลอร์มี Logic 0 เพื่อให้ Optoisolators เบอร์ PC817 ทำงาน จากรูปที่.3.37 จะเห็นว่าพอร์ต P0.6 จะทำหน้าที่ควบคุมการส่งสัญญาณของตัวตรวจจับยานพาหนะ Channel 1 และพอร์ต P0.7 จะทำหน้าที่ควบคุมการส่งสัญญาณของตัวตรวจจับยานพาหนะ Channel 2

3.3.3 ออกแบบวงจรรวมของตัวตรวจจับยานพานะ

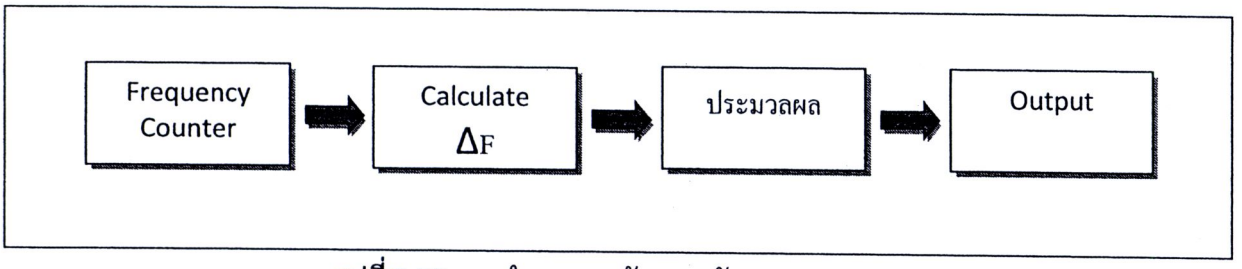
จากส่วนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจะนำมาออกแบบวงจรรวมเพื่อให้ได้บอร์ดควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยจะมีการออกแบบวงจรต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่.3.38 ลักษณะการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ของบอร์ดตรวจจับยานพานะ

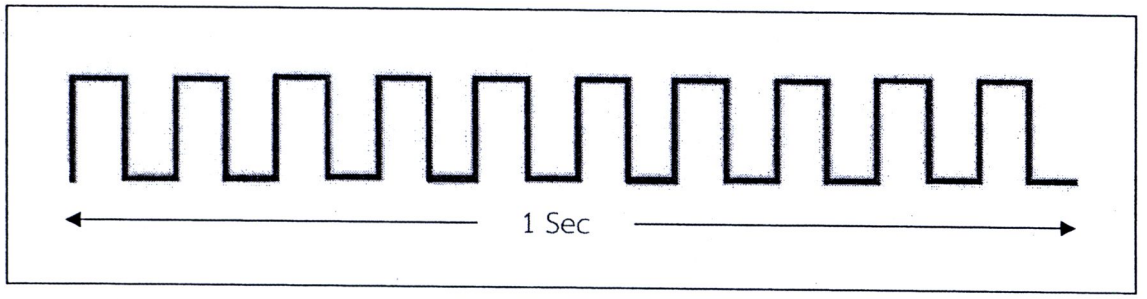
3.4 ส่วนของการออกแบบซอร์ฟแวร์ตัวตรวจจับยานพาหนะ (Detector)

ส่วนของการออกแบบซอร์ฟแวร์ของตัวตรวจจับยานพาหนะ จะออกแบบให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องนับความถี่จากตัวกำเนิดสัญญาณ และนำความถี่ที่ได้มาคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ (ΔF) เมื่อมียานพาหนะเข้ามาในลูปเหนี่ยวนำ อัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่เกิดขึ้นจะถูกตีความว่ามียานพาหนะจริงหรือไม่โดยส่วนการประมวลผลและจะส่งข้อมูลที่จากการตรวจสอบยานาพาหนะให้กับส่วนที่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก ซึ่งการทำงานของตัวตรวจจับยานพาหนะสามารถอธิบายได้จากรูปที่.3.39



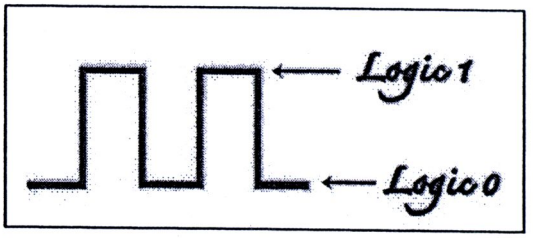
รูปที่.3.39 การทำงานของตัวตรวจจับยานพาหนะ

วิธีการนับความถี่



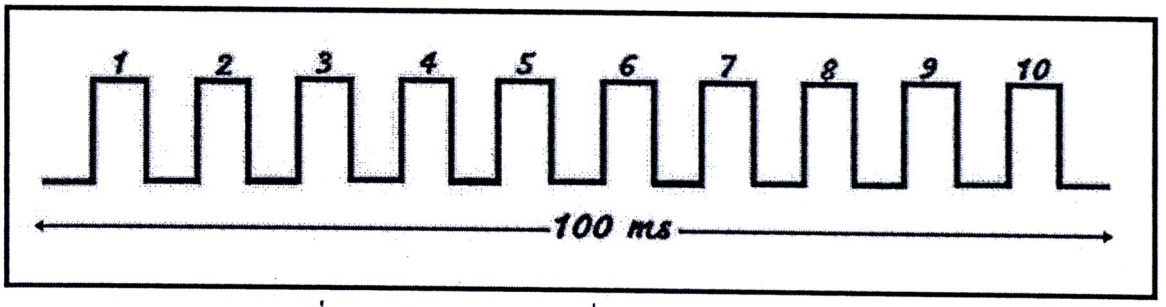
รูปที่.3.40 วิธีการนับสัญญาณในช่วงเวลา 1 วินาที

ในการนับความถี่สำหรับตรวจวัดยานพานะนั้น เราจะนับความถี่แบบนับในช่วงเวลา ซึ่งความถี่ที่เข้ามาจะมีลักษณะเป็นสัญญาณ Pulse โดยจะนับความถี่ในช่วงเวลา 1 วินาที (sec) เพื่อดูว่าสัญญาณที่เข้ามานั้นมีกี่ลูกคลื่น แล้วค่าที่ได้จะเป็นค่าของความถี่ ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะใช้ Interrupt Capture (รายละเอียดในบทที่ 2) ในการนับความถี่



รูปที่.3.41 สัญญาณPulse ที่เข้ามา Logic1 และ Logic0

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการนับความถี่จะนับความในช่วงระยะเวลา 1 วินาที ซึ่งจะทำให้ใช้เวลาในการนับแต่ละรอบใช้เวลานาน ดังนั้นการนับความถึงจึงจะนับในช่วงเวลาเพียง 1 ใน 10 หรือ 100 ms เท่านั้น โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะเริ่มทำงานนับความถี่ที่สัญญาณPulse มีค่าเท่ากับ Logic 1 ซึ่งจะนับในช่วงเวลาที่เราทำการ Delay ไว้ 100 ms ว่าในช่วงเวลานี้นั้น Logic1 เท่ากับเท่าไหร่ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความถี่ที่แท้จริง โดย นำค่าที่อ่านได้ x 10 เพื่อให้ได้ความถี่ที่แท้จริง



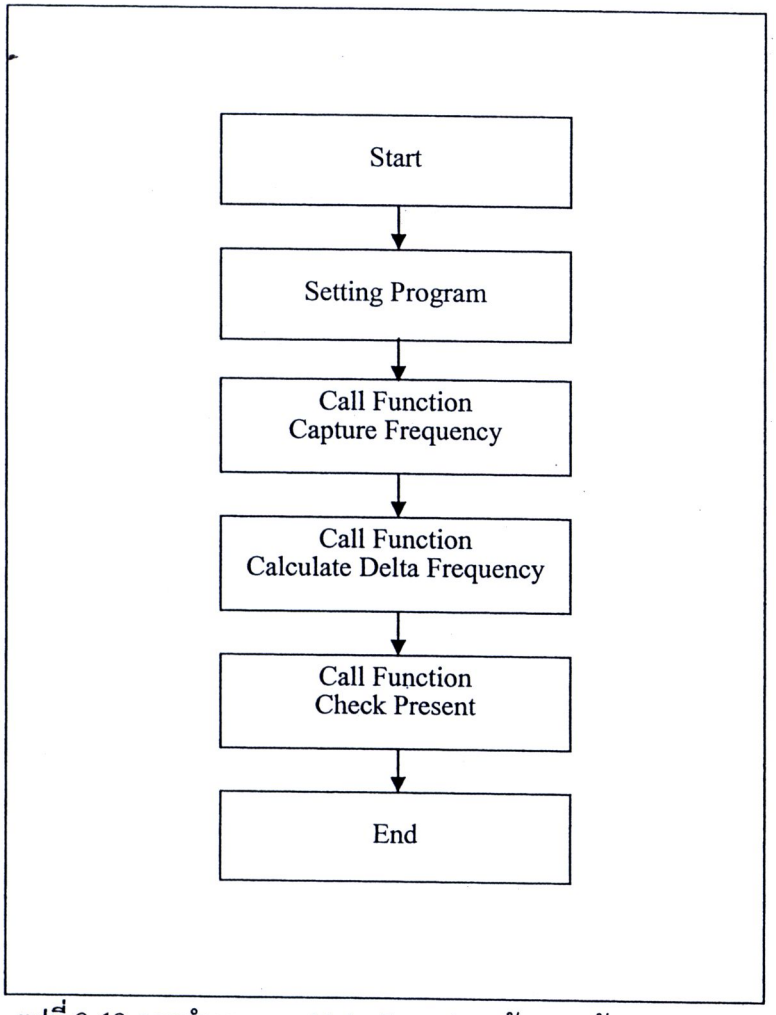
รูปที่.3.42 สัญญาณ Pulse ที่จับได้ในช่วงเวลา 100 ms

จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณ Pulse ที่เข้ามานั้น ในช่วงเวลา 100 ms มีค่าที่เป็น Logic 1 จำนวน 10 ค่า ดังนั้นค่าความถี่ที่ได้จากช่วงเวลานี้คือ 10 x 10 = 100 Hz

การออกแบบซอร์ฟแวร์ของตัวตรวจจับยานพหานะนั้นจะแบ่งฟังก์ชันการทำงานออกเป็นย่อยๆ เพื่อให้สามารถสะดวกในการทำงานและการตรวจสอบแก้ไขซอร์ฟแวร์ ซึ่งจะมีฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ดังนี้

3.4.1 Main Function

เป็นฟังก์ชันการทำงานหลักของตัวตรวจจับยานพหานะโดยจะมีการเรียกให้ฟังก์ชันย่อย ๆ เพื่อทำการประมวลผล การทำงานเริ่มต้นจะทำการตั้งค่าการทำงานต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรเลอร์ เมื่อทำการตั้งค่าเรียบร้อยแล้วจะอ่านค่าความถี่ของ Channel 1 และChannel 1 หลังจากที่ได้อ่านค่าความถี่แล้วจะทำการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่เพื่อที่จะนำมาตรวจสอบว่าตรวจสอบพบยานพาหนะหรือไม่ โดยการตรวจสอบดังกล่าวจะนำผลการตรวจสอบยานพาหนะที่ได้ส่งสัญญาณออกไปให้กับส่วนการเชื่อมต่อภายนอก การทำงานของ Main Function จะสามารถอธิบายได้ดังรูปที่.3.43



รูปที่.3.43 การทำงานของ Main Function ตัวตรวจจับยานพาหนะ

3.4.2 Setting Program

ในโปรแกรมการทำงานของตัวตรวจจับยานพาหนะจะทำการตั้งค่าต่างๆ ของไมโครคอนโทรเลอร์ ARM7 LPC2148 เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยมีการตั้งค่าต่าง ๆ ดังนี้

- เปิดใช้งานระบบเวลาจริง (Real Time Clock) ซึ่งจะใช้งานแบบอินเตอร์รัป (Interrupt) ที่เกิดการอินเตอร์รัปทุก ๆ 1 นาที เพื่อนำมาใช้งานในการนับเวลา
- เปิดใช้งานโหมด Timer0 ที่ทำงานเป็น Counter เพื่อนับสัญญาณที่เข้ามาจากตัวกำเนิดความถี่

3.4.3 Capture Frequency Function

ในการทำงานของ Capture Frequency จะทำการอ่านค่าความถี่ที่ได้จากตัวกำเนิดสัญญาณโดยการใช้เทคนิคการนับสัญญาณ pulse การนับสัญญาณนั้นจะใช้งานโหมด Counter ในการนับสัญญาณ ซึ่งจะมีระยะเวลาในการนับสัญญาณ 1 วินาที จำนวนสัญญาณ pulse ที่ได้นั้นคือความถี่ที่เกิดขึ้นจากตัวกำเนิดสัญญาณ

3.4.4 Calculate Delta Frequency Function

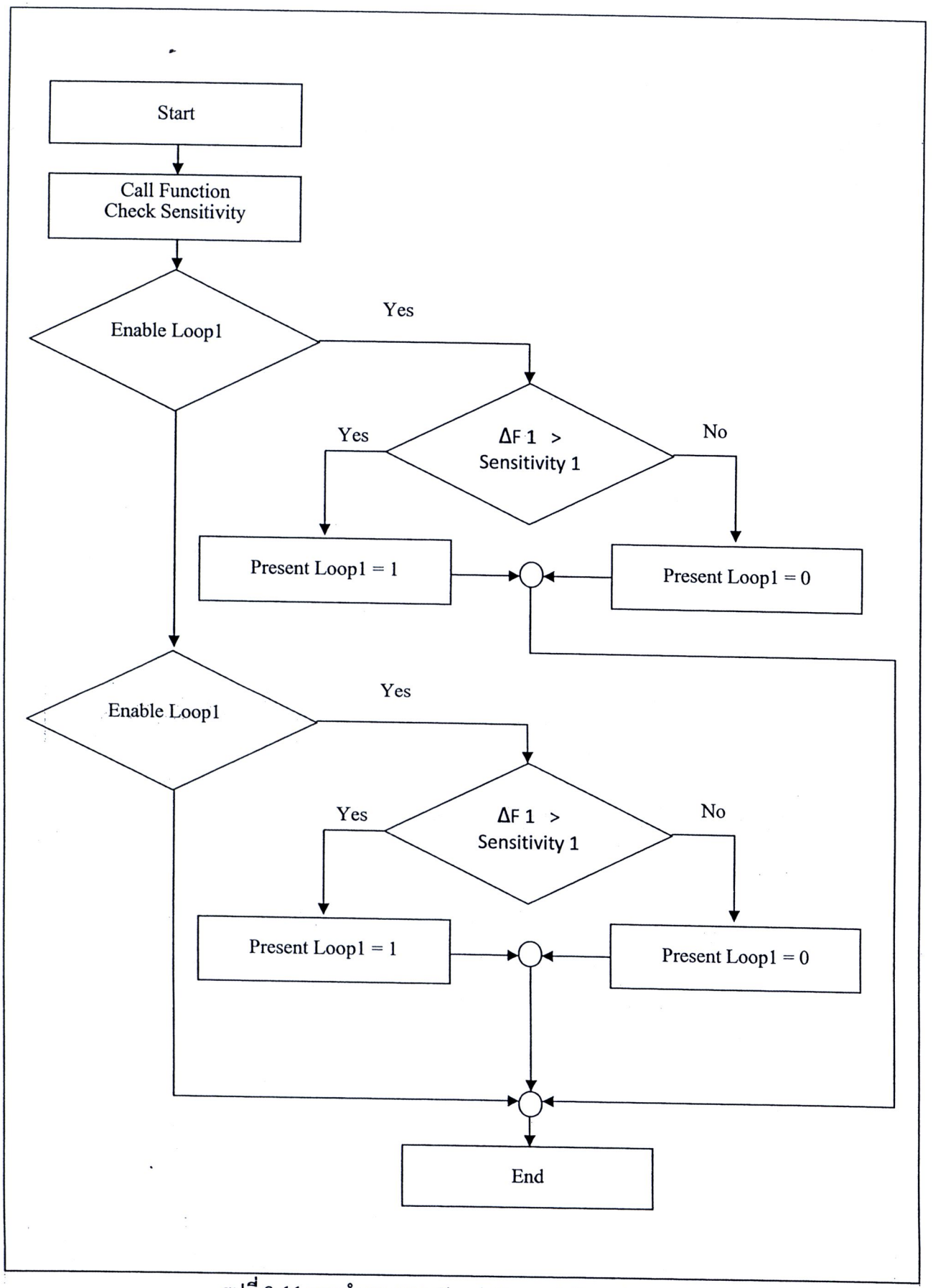
ในฟังก์ชันนี้จะทำการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ หรือความไวในการตอบสนองของตัวตรวจจับยานพาหนะโดยจะทำการคำนวณจากสมการ (2)

$$\Delta F = \frac{\left| f_B - f_R \right|}{f_B} \times 100\% \qquad (3)$$

จากสามาการที่ (2) คือสมการอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ โดยที่ f_B คือ Frequency Base ความถี่ที่เป็นความถี่ในขณะที่ไม่มียานพาหนะอยู่ที่ลูปเหนี่ยวนำ, f_R คือ Frequency Real ความถี่ที่เกิดขึ้นจากตัวกำเนิดสัญญาณ ซึ่งเมื่อมียานพาหนะเข้ามาที่ลูปเหนี่ยวนำจะทำให้ความถี่ที่ได้เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในฟังก์ชันการทำงานนี้จะทำการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ของตัวตรวจจับยานพาหนะ

3.4.5 Check Present Function

ในฟังก์ชันการทำงานนี้จะทำการตรวจสอบค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่ได้ ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ได้มากกว่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้ามีมากกว่าที่กำหนดเอาไว้จะตีความได้ว่ามียานพาหนะอยู่บนลูปเหนี่ยวนำ ซึ่งในการกำหนดค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงนั้นในงานวิจัยนี้ได้มีค่าที่กำหนดเอาไว้ 3 ค่าคือ 0.5%, 1% และ 2% ซึ่งสามารถเลือกค่าที่กำหนดได้จาก Dip Switch ที่อยู่บนตัวตรวจจับยานพาหนะ โดยการทำงานของฟังก์ชันคือต้องตรวจสอบ Dip Switch ก่อนเพื่อดูว่าในขณะนี้เลือกกำหนดค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่าไหร่ หลังจากนั้นจึงจะตรวจสอบอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่คำนวณได้ ฟังก์ชันการทำงานนี้สามารถอธิบายได้ดังรูปที่.3.44



รูปที่.3.44 การทำงานของ Check Present Function

3.4.6 Check Sensitivity Function

เป็นฟังก์ชันการเลือกตัวกำหนดค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ (Sensitivity) โดยทำการตรวจสอบ Dip Switch ที่อยู่บนตัวตรวจจับยานพาหนะแต่ละ Channel จะมี Dip Switch 2 ช่องเพื่อให้สามารถเลือกค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ได้ซึ่งการเลือกดังกล่าว ตัวตรวจจับยานพาหนะทั้ง 2 Channel จะมีการตั้งค่าของอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่แยกออกจากกัน ซึ่งพิจารณา Dip Switch 2 จะมีการตั้งค่าการใช้งานได้ 4 แบบดังนี้

ตารางที่ 3.5 การตั้งค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ (Sensitivity)

Dip Switch 1	Dip Switch 2	Sensitivity
0	0	Disable Channel
0	1	2%
1	0	1%
1	1	0.5%