วงจรกำเนิดความถี่สำหรับตรวจวัดยานพาหนะ

(Oscillator Circuit for Vehicles Detection)

โดย

นายประสงค์ สว่างกิจ รหัส B5110353

นายเกริกฤทธิ์ ศรีสม รหัส B5115211

นายตันติกร ห่อทอง รหัส B5130238

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2554

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2546

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วงจรกำเนิดความถี่สำหรับตรวจวัดยานพาหนะ

(Oscillator Circuit for Vehicles Detection)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ ทองทา)
กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล)
กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา พรหมมาก)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2554

โครงงาน	วงจรกำเนิดความถี่สำหรับการตรวจวัดยานพาหนะ (Oscillator Circuit for Vehicles Detection)		
จัดทำโดย	1.นายประสงค์	สว่างกิจ	B5110353
	2.นายเกริกฤทธิ์	ศรีเคน	B5115211
	3.นายตันติกร	ห่อทอง	B5130238
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ ทองทา		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม		
ภาคการศึกษาที่	3/2554		

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมียานพาหนะบนท้องถนนเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากทำให้การจราจรติดขัด ในการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดนั้นสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การเพิ่มช่องทางการจราจรแต่มีก็มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ ดังนั้นจึงต้องแก้ไขปัญหาด้วยวิธีอื่น การตรวจวัดยานพาหนะเพื่อให้ทราบถึงจำนวนของยานพาหนะที่สัญจรบนท้องถนนเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้แก้ไขปัญหาการจราจรติดขัด โดยจะใช้ร่วมกับสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะ ปัจจุบันการตรวจวัดยานพาหนะบนท้องถนนมีหลายวิธีเช่น ตรวจวัดโดยใช้กล้อง แสงเลเซอร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ระดับเสียง ความสั่นสะเทือน RFID เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็จะถูกนำมาใช้ในวัตถุประสงค์ต่างๆ อาทิเช่น ความเร็ว มลพิษ ระดับเสียง ความร้อน การตรวจจับการผ่านสัญญาณไฟจราจร

โครงงานวงจรกำเนิดความถี่สำหรับการตรวจวัดยานพาหนะเป็นประยุกต์ใช้วงจรกำเนิดความถี่เพื่อตรวจวัดยานพาหนะบนท้องถนนซึ่งจะนำเอาลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector) ที่เป็นเส้นลวดทองแดงมีลักษณะเป็นวงกลมที่มีรัศมี 1.5 เมตรไปติดตั้งไว้ใต้พื้นถนนเพื่อเป็นตัวตรวจวัดยานพาหนะ เมื่อมียานพาหนะมาผ่านหรือหยุดบนลูปเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นเมื่อความเหนี่ยวนำในลูปเหนี่ยวนำเปลี่ยนไปจะส่งผลให้ความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่เปลี่ยนไปด้วย และสามารถนำความถี่ที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่ไปวิเคราะห์และตัดสินใจว่ามีหรือไม่มียานพาหนะอยู่บนลูปเหนี่ยวนำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการนับความถี่

กิตติกรรมประกาศ

ในโอกาสคณะผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าและจัดทำโครงงานเรื่องวงจรกำเนิดความถี่สำหรับตรวจวัดยานพาหนะ โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษาและดำเนินการตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2555 ถึงวันที่ 11 เมษายน พ.ศ. 2555 ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้ใหม่ที่เป็นประโยชน์ และยังส่งผลดีไปถึงส่วนรวมเมื่ออุปกรณ์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในสถานการณ์ปัจจุบัน การจัดทำโครงงานครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องมาจากการได้รับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ความช่วยเหลือ ความร่วมมือ และการสนับสนุนจากบุคคลต่างๆ ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ ทองทา (อาจารย์ที่ปรึกษา)
2. นายปัญญา หันตุลา (นักศึกษาบัญฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม)

และท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่เล็งเห็นถึงประโยชน์ และความสำคัญของการจัดทำโครงงานโดยให้โอกาสคณะผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระเบียบแบบแผนตามทฤษฎีที่เหมาะสม ให้คำแนะนำในหลายขั้นตอนของการดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยความเต็มใจ คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ไว้ ณ ที่นี้

นายประสงค์ สว่างกิจ
นายเกริกฤทธิ์ ศรีเคน
นายตันติกร ห่อทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 หลักการและเหตุผล	1
1.4 ขอบเขตการทำงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 วงจรกำเนิดความถี่	3
2.1.1 Harmonic Oscillator	3
1) Armstrong Oscillator	5
2) Hartley Oscillator	5
3) Colpitts Oscillator	6
4) Clapp Oscillator	7
5) Delay-line Oscillator	7
6) Pierce Oscillator	8
7) Phase-shift Oscillator	9
8) Wien Bridge Oscillator	10
9) Vackar Oscillator	11
10) Opto-electronic Oscillator (OEO)	11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.1.2 Relaxation Oscillator	12
1) Multivibrator	13
2) Ring Oscillator	13
2.2 การตรวจวัดยานพาหนะ	14
2.2.1 อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจรที่ติดตั้งอยู่บนหรือใต้ผิวทาง	16
1) Pneumatic road tube	16
2) Inductive loop detectors	17
3) Magnetic sensors	19
2.2.2 อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจรที่ติดตั้งอยู่เหนือผิวทาง	20
1) Video Image Processors	20
2) Microwave radar sensors	22
3) Active infrared sensors (laser sensors)	24
4) Passive infrared sensors	26
5) Ultrasonic sensors	27
6) Passive acoustic sensors	28
บทที่ 3 การออกแบบระบบ	
3.1 วงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator)	31
3.2 ลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector)	34
3.2.1 การหาค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำ	34
3.2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า	34
3.3 สวิตซ์ปรับความถี่ (Frequency Switch)	35
3.4 ส่วนที่ใช้รองรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	37
3.4.1 สวิตซ์ปรับความไว	37
3.4.2 IDC Connector	38
3.5 การออกแบบระบบรวม	39

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบ	
4.1 การทดสอบความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลง	41
4.1.1 ต่อหม้อแปลงเข้ากับอินพุตและโหลด	41
4.1.2 วิเคราะห์ผลจากแรงดันเอาท์พุต	42
4.1.3 ผลการทดสอบ	43
4.2 การทดสอบวงจรกำเนิดความถี่ในห้องปฏิบัติการ	45
4.2.1 ทดสอบวงจรบอร์ดทดลองโดยใช้สายไฟแทนลูปเหนี่ยวนำ	45
4.2.2 ทดสอบบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่โดยใช้ตัวเหนี่ยวนำแทนลูปเหนี่ยวนำ	46
4.3 การทดสอบบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ที่ลูปเหนี่ยวนำ	49
4.3.1 การทดสอบการเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรม Hyper Terminal	49
4.3.2 การทดสอบการตรวจวัดยานพาหนะ	51
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทำงานและทดสอบ	56
ปัญหาและอุปสรรค	57
สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงงาน	57
ภาคผนวก	58
Datasheet	91
บรรณานุกรม	93
ประวัติผู้เขียน	94

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนภาพบล็อกของวงจร Harmonic Oscillator	4
รูปที่ 2.2 วงจร Armstrong Oscillator	5
รูปที่ 2.3 วงจร Hartley Oscillator	5
รูปที่ 2.4 Early schematic of a Colpitts circuit, using a vacuum tube, redrawn from the patent publication	6
รูปที่ 2.5 วงจร Clapp Oscillator	7
รูปที่ 2.6 วงจร Pierce Oscillator	8
รูปที่ 2.7 วงจร Phase-shift Oscillator	9
รูปที่ 2.8 วงจร Wien Bridge Oscillator	10
รูปที่ 2.9 วงจร Vackar Oscillator	11
รูปที่ 2.10 วงจร Multivibrator	13
รูปที่ 2.11 วงจร Ring Oscillator	13
รูปที่ 2.12 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Micro Phone	14
รูปที่ 2.13 การตรวจวัดยานพาหนะโดยการกดทับของแผ่นเหล็ก	14
รูปที่ 2.14 การตรวจวัดยานพาหนะโดยอาศัยเสียง	15
รูปที่ 2.15 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ท่อลม	16
รูปที่ 2.16 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Inductive loop	17
รูปที่ 2.17 Inductive loop บนถนน	18
รูปที่ 2.18 การติดตั้ง Magnetic Sensors	19
รูปที่ 2.19 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Video Image Processors	21
รูปที่ 2.20 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ	22
รูปที่ 2.21 การตรวจวัดยานพาหนะโดย Microwave radar sensors	23
รูปที่ 2.22 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Active infrared sensors	24
รูปที่ 2.23 การตรวจวัดการจราจรแบบ Microwave Radar Sensors	24
รูปที่ 2.24 เครื่องตัววัดจราจร แบบ Active Infrared Sensors	24
รูปที่ 2.25 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Passive infrared sensors	26

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ 2.26	การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Ultrasonic sensors	27
รูปที่ 2.27	การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Passive acoustic sensors	29
รูปที่ 3.1	วงจรกำเนิดความถี่ Colpitts Oscillator	32
รูปที่ 3.2	ทดสอบวงจรด้วยบอร์ดทดลอง	32
รูปที่ 3.3	การต่อลูปเหนี่ยวนำกับวงจรกำเนิดความถี่โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า	35
รูปที่ 3.4	สวิตช์ปรับความถี่	36
รูปที่ 3.5	วงจรสวิตซ์ปรับความไว	37
รูปที่ 3.6	การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	38
รูปที่ 3.7	IDC Connector	38
รูปที่ 3.8	ตำแหน่งอุปกรณ์บนบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่	39
รูปที่ 3.9	ลายวงจร	39
รูปที่ 3.10	บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่	40
รูปที่ 4.1	การทดสอบหม้อแปลง	41
รูปที่ 4.2	การทดลองหม้อแปลงด้วยความถี่ต่างๆ	42
รูปที่ 4.3	กราฟความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลง 1:3	43
รูปที่ 4.4	กราฟความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลง 1:6	43
รูปที่ 4.5	กราฟความถี่เรโซแนนซ์ของ coil ตัวที่ 1 (1:1)	44
รูปที่ 4.6	กราฟความถี่เรโซแนนซ์ของ coil ตัวที่ 2 (1:1)	44
รูปที่ 4.7	วงจรกำเนิดความถี่และหม้อแปลง	45
รูปที่ 4.8	บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่และหม้อแปลงบนบอร์ดทดลอง	45
รูปที่ 4.9	วัดความถี่โดยใช้ Oscilloscope	46
รูปที่ 4.10	บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่	47
รูปที่ 4.11	ลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector)	49
รูปที่ 4.12	การต่อบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	50
รูปที่ 4.13	การเชื่อมต่อ Hyper Terminal	50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลที่ความถี่ 22.86 kHz	52
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่ความถี่ 22.86 kHz	52
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลที่ความถี่ 26.26 kHz	53
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่ความถี่ 26.26 kHz	53
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลที่ความถี่ 33.98 kHz	54
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่ความถี่ 33.98 kHz	54
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลที่ความถี่ 48.85 kHz	55
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่ความถี่ 48.85 kHz	55
รูปที่ 5.1 โปรแกรม Protel99SE	59
รูปที่ 5.2 เริ่มใช้งานโปรแกรม Protel99SE	59
รูปที่ 5.3 หน้าต่าง New Design Database	60
รูปที่ 5.4 ลำดับของไฟล์	60
รูปที่ 5.5 การเลือกเก็บไฟล์ Design Database	61
รูปที่ 5.6 แสดงการสร้างไฟล์ Schematic	61
รูปที่ 5.7 แสดงแม่แบบใน Document	62
รูปที่ 5.8 แสดงไฟล์ Sheet1.sch	63
รูปที่ 5.9 แสดงอุปกรณ์	63
รูปที่ 5.10 การ Browse Sch	64
รูปที่ 5.11 ลักษณะและอุปกรณ์ของprotel99se	64

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ **หน้า**

รูปที่ 5.12 การค้นหา Library 65
รูปที่ 5.13 การเลือก Library 66
รูปที่ 5.14 การตั้งค่าหน้ากระดาษ 67
รูปที่ 5.15 หน้ากระดาษที่ตั้งค่า 67
รูปที่ 5.16 การตั้งค่าของอุปกรณ์ 68
รูปที่ 5.17 Schematic Library ของ Diode 69
รูปที่ 5.18 การตั้งค่า Foot Print 70
รูปที่ 5.19 การวางอุปกรณ์ 71
รูปที่ 5.20 การตั้งค่า Electrical Grid 71
รูปที่ 5.21 การเดินเส้นเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ 72
รูปที่ 5.22 การจัดเรียงชื่ออุปกรณ์อัตโนมัติ 73
รูปที่ 5.23 หน้าต่าง Annotate 73
รูปที่ 5.24 ชื่ออุปกรณ์ที่ถูกจัดเปลี่ยนใหม่ 74
รูปที่ 5.25 อุปกรณ์ที่ถูกตั้งชื่ออัตโนมัติ 74
รูปที่ 5.26 การสร้างSchematicที่เสร็จสมบูรณ์ 75
รูปที่ 5.27 เมนู Update PCB 75
รูปที่ 5.28 หน้าต่าง Update Design 76
รูปที่ 5.29 ไฟล์ Pcb1.pcb 76
รูปที่ 5.30 Foot Print ของ Schematic แต่ละตัว 77
รูปที่ 5.31 การตั้งค่าเส้นลายแผ่นพีซีบี 78
รูปที่ 5.32 ลักษณะเส้น 79
รูปที่ 5.33 การเลือก KeepOutLayer 79
รูปที่ 5.34 การจัดอุปกรณ์อัตโนมัติ Auto Placement 80
รูปที่ 5.35 การเลือกพื้นที่การวางอุปกรณ์ 81
รูปที่ 5.36 การตั้งค่าRule 81
รูปที่ 5.37 ลักษณะ Rule 82
รูปที่ 5.38 การตั้งค่าระยะ Clearance 82

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 5.39 Routing Layer	83
รูปที่ 5.40 Width Constraint ใช้ในการตั้งค่าขนาดของเส้น	83
รูปที่ 5.41 การตั้งค่า Width Constraint	84
รูปที่ 5.42 การตั้งค่าของเส้น	84
รูปที่ 5.43 การ Auto Routing	85
รูปที่ 5.44 การเดินเส้นแบบ Auto Rout	86
รูปที่ 5.45 เส้นวงจรที่สมบูรณ์	86
รูปที่ 5.46 หน้าต่าง Polygon Plane	87
รูปที่ 5.47 ลายวงจรที่ไม่ Remove Dead Copper และRemove Dead Copper	88
รูปที่ 5.48 Track = 10mil Grid = 20 Mill	89
รูปที่ 5.49 จุดที่จะสร้าง Polygon	90
รูปที่ 5.50 ลายวงจรพีซีบี	90
รูปที่ 5.51 วงจรระบบรวม	92

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบเมื่อใช้ตัวเหนี่ยวนำแทนลูปเหนี่ยวนำ	33
ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบเมื่อทำการปรับสวิตช์	37
ตารางที่ 4.1 แสดงสถานะของสวิตซ์และความถี่ที่วัดได้จาก Frequency Counter	48
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการตรวจวัดประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล	51
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการตรวจวัดประเภทรถจักรยานยนต์	51

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันมียานพาหนะบนท้องถนนเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากทำให้การจราจรติดขัด ในการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดนั้นสามารถเริ่มจากการตรวจวัดยานพาหนะเพื่อทราบถึงความหนาแน่นของยานพาหนะบนท้องถนน การตรวจวัดยานพาหนะบนท้องถนนนั้นมีหลายวิธี เช่น ตรวจวัดโดยใช้กล้อง แสงเลเซอร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ระดับเสียง ความสั่นสะเทือน RFID เป็นต้น ซึ่งผู้จัดทำได้เลือกการตรวจวัดยานพาหนะ โดยใช้ลูปเหนี่ยวนำ และวงจรกำเนิดความถี่เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบนท้องถนน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสร้างแผ่นวงจร PCB (Printed Circuit Board)
2. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรกำเนิดความถี่
3. เพื่อนำเอาวงจรกำเนิดความถี่มาประยุกต์ใช้กับสัญญาณไฟจราจร
4. เพื่อศึกษาโปรแกรมสำหรับสร้างลายของแผ่นวงจร PCB
5. เพื่อนำความรู้จากการศึกษาภาคทฤษฎีของวิชาต่างๆ ที่ได้ศึกษามาปฏิบัติและประยุกต์ใช้เพื่อสร้างแผ่นวงจรกำเนิดความถี่และสามารถนำไปใช้งานจริงได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3 หลักการและเหตุผล

ในการที่เราต้องการทราบจำนวนยานพาหนะในท้องถนนนั้นเป็นเรื่องที่ยากมากที่จะทราบจำนวนยานพาหนะบนท้องถนนซึ่งเราไม่สามารถให้คนไปนับยานพาหนะได้เนื่องจากยานพาหนะที่วิ่งบนท้องถนนในปัจจุบันนั้นมีจำนวนมาก ดังนั้นเราจึงสร้างวงจรกำเนิดความถี่ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดยานพาหนะเพื่ออำนวยความสะดวกในการนับยานพาหนะ

หลักการของวงจรกำเนิดความถี่สำหรับการตรวจวัดยานพาหนะ คือ เราจะใช้ลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector) ที่เป็นเส้นลวดทองแดงมีลักษณะเป็นวงกลมที่มีรัศมี 1.5 เมตรเป็นตัวตรวจวัดโดยใช้หลักการการเหนี่ยวนำของเส้นลวด คือ เมื่อมียานพาหนะวิ่งผ่านลูปเหนี่ยวนำก็จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเปลี่ยนไปตามค่าความซาบซึมของโลหะซึ่งลูปเหนี่ยวนำนี้จะต่อเข้ากับวงจรกำเนิดความถี่

เมื่อค่าความเหนี่ยวนำเปลี่ยนไปความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่ก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย จะเห็นได้ว่าขณะที่มีรถผ่านกับขณะที่ไม่มีรถผ่านลูปเหนี่ยวนำความถี่จะมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นเราจึงนำผลของความถี่ที่เปลี่ยนไปนี้ไปวิเคราะห์ควบคู่กับโปรแกรมนับความถี่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

1.4 ขอบเขตการทำงาน

1. วงจรไฟฟ้าสามารถกำเนิดความถี่อยู่ในช่วง 20 – 100 kHz
2. วงจรสามารถกำเนิดความถี่ที่ต่างกันระหว่างมียานพาหนะและไม่มียานพาหนะ
3. สามารถนำวงจรกำเนิดความถี่มาใช้กับสัญญาณไฟจราจรจริงได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และดำเนินการเรื่องเอกสารต่างๆ
2. ศึกษา ค้นคว้าหาข้อมูลที่คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อโครงงาน
3. สร้างวงจรจำลองเพื่อทดลองการใช้งาน
4. สร้างวงจรเพื่อใช้งานจริง ทดลองกับสถานที่จริง และแก้ไขสิ่งที่ผิดพลาด
5. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้การใช้งานโปรแกรม Protel99SE
2. ได้เรียนรู้การทำงานของวงจรกำเนิดความถี่
3. ได้เรียนรู้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ
4. ได้เรียนรู้การสร้างลายวงจร PCB
5. ได้เรียนรู้เทคนิคในการสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์
6. ได้เรียนรู้การทำงานเป็นกลุ่ม และได้นำเอาความรู้ที่ได้จากภาคทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติจริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรกำเนิดความถี่

Electronic Oscillator คือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์แบบซ้ำๆ โดยจะเป็นแบบ Sine Wave หรือ Square Wave โดยวงจรดังกล่าวจะใช้ Device เป็นจำนวนมาก ตัวอย่างทั่วไปของการสร้างคลื่นด้วย Oscillator คือการทำ Signals Broadcast ด้วยเครื่องส่งวิทยุหรือเครื่องส่งโทรทัศน์, สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ และการสร้างเสียงด้วย Electronic Beepers

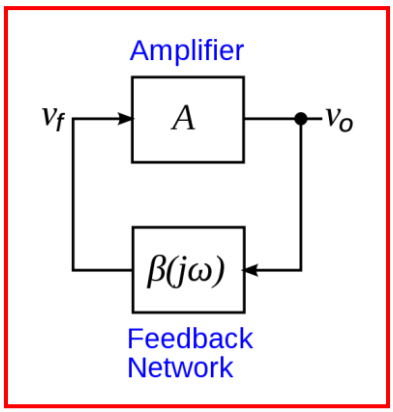
Oscillator มักจะถูกกำหนดลักษณะตามความถี่ที่มันส่งออกมาในรูปแบบ Output Signal เช่น Audio Oscillator จะสร้างความถี่ในย่าน Audio คือ 16 Hz ถึง 20 kHz , RF Oscillator จะสร้างความถี่ในย่าน Radio Frequency (RF) คือ 100 kHz ถึง 100 GHz , Low-Frequency Oscillator (LFO) คือ Electronic Oscillator ที่สร้างความถี่ที่ประมาณ 20 Hz ซึ่งมักจะถูกใช้ในการสังเคราะห์เสียง เพื่อให้แตกต่างจาก Audio Frequency Oscillator

Oscillator ที่ถูกดีไซน์สำหรับการสร้าง High-Power AC output จาก DC Supply เรียกว่า Inverter ต่อไปนี้จะเป็นการกล่าวถึง Electronic Oscillator ตัวหลักคือ Harmonic Oscillator และ Relaxation Oscillator

2.1.1 Harmonic Oscillator

Harmonic Oscillator หรือ Linear Oscillator จะสร้าง Sinusoidal Output รูปแบบปกติของ Harmonic Oscillator คือ Electronic Amplifier ที่เชื่อมต่ออยู่ใน Feedback Loop กับ Output ที่ป้อนให้กัน Input ผ่านทาง Frequency Selective Electronic Filter ที่จ่าย Positive Feedback เมื่อสวิตซ์แรกของ Power Supply to Amplifier ถูกเปิด Output ของ Amplifier จะมีเพียง Noise เท่านั้น โดย Noise จะเคลื่อนตัวอยู่รอบ Loop และจะถูกกรองและทำการ Re-Amplified จนกว่าจะเพิ่มขึ้นคล้ายกับเป็น Sine Wave

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.1 แผนภาพบล็อกของวงจร Harmonic Oscillator

วงจร Harmonic Oscillator มีมากมายในปัจจุบันยกตัวอย่างเช่น

Armstrong Oscillator

Hartley Oscillator

Colpitts Oscillator

Clapp Oscillator

Delay line Oscillator

Pierce Oscillator (crystal)

Phase-shift Oscillator

RC Oscillator (Wien Bridge and "Twin-T")

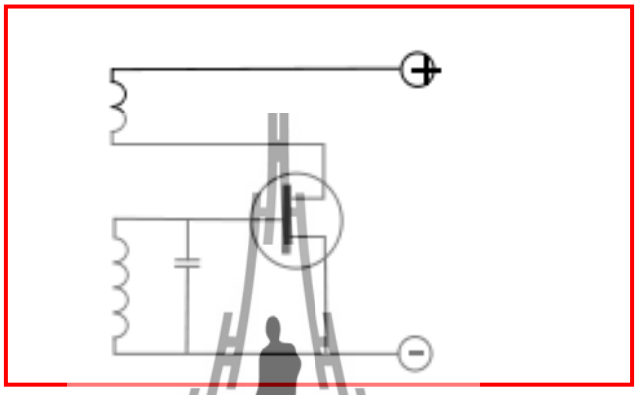
Vackar Oscillator

Opto-Electronic Oscillator

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) Armstrong Oscillator

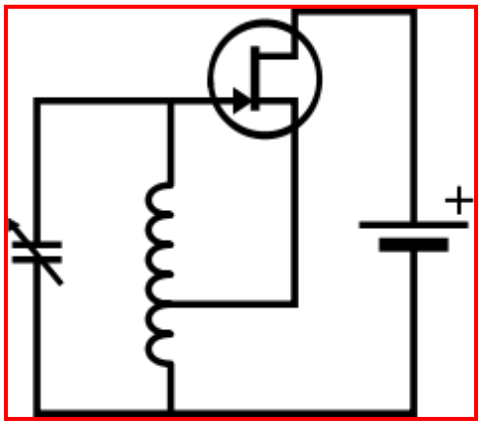
Armstrong Oscillator หรือ Meissner Oscillator ถูกตั้งชื่อให้เป็นเกียรติแก่ผู้คนพบ Edwin Armstrong ในบางครั้งถูกเรียกว่า Tickler Oscillator เพราะจำเป็นต้องใช้ Tickler Coil วงจรนี้เป็นรากฐานของ Regenerative Receiver ของคลื่นวิทยุ AM ในขณะเดียวกัน สายอากาศก็ใช้ Tickler Coil ทำให้ Feedback ลดลงอีกด้วย



รูปที่ 2.2 วงจร Armstrong Oscillator

2) Hartley Oscillator

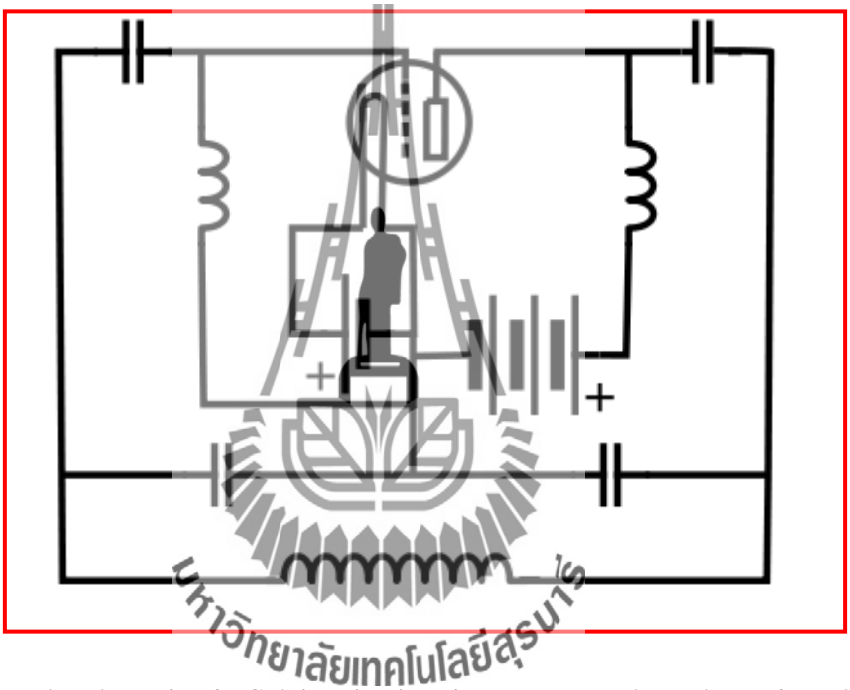
Hartley Oscillator คือ วงจร Electronic Oscillator ที่ใช้สำหรับตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุในลักษณะขนานเพื่อหาความถี่ ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1915 โดยวิศวกรชาวอเมริกันชื่อ Ralph Hartley จุดเด่นของวงจร Hartley คือ Feedback ที่จำเป็นสำหรับ Oscillator จะนำมาจาก Tap บน Coil หรือจุดแยกระหว่าง Coil สอง Coil ที่ต่ออนุกรมกัน



รูปที่ 2.3 วงจร Hartley Oscillator

3) Colpitts Oscillator

Colpitts Oscillator ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1920 โดยวิศวกรชาวอเมริกันชื่อ Edwin H. Colpitts ซึ่ง Colpitts Oscillator นั้นจัดเป็นหนึ่งในดีไซน์ของวงจร Electronic Oscillator ที่ใช้การผสมผสานระหว่าง ตัวเหนี่ยวนำ (L) และตัวเก็บประจุ (C) สำหรับการหาผลของความถี่ ดังนั้นมันจึงถูกเรียกว่า LC Oscillator คุณลักษณะที่แตกต่างของวงจร Colpitts คือ สัญญาณ Feedback ที่รับมาจาก Voltage Divider ที่สร้างจากตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกันสองตัว และอีกหนึ่งข้อได้เปรียบของวงจรนี้คือ ความเรียบง่ายของรวงจรซึ่งมันใช้ตัวเหนี่ยวนำเพียงตัวเดียว

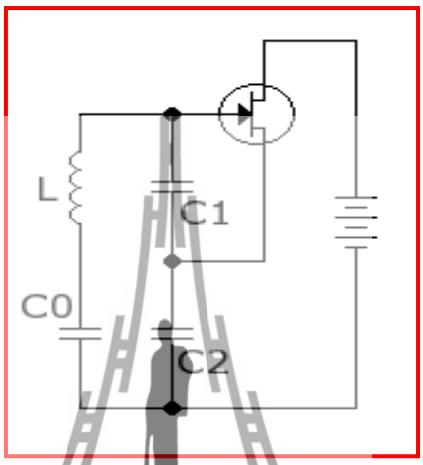


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.4 Early schematic of a Colpitts circuit, using a vacuum tube, redrawn from the patent publication.

4) Clapp Oscillator

Clapp Oscillator เป็นอีกหนึ่ง Electronic Oscillator ที่แตกต่างออกไปเพราะถูกสร้างจาก Transistor (หรือ Vacuum Tube) และเครือข่ายแบบ Positive Feedback ด้วยการผสมผสานระหว่าง ตัวเหนี่ยวนำ (L) กับ ตัวเก็บประจุ (C) สำหรับการหาผลของความถี่ ดังนั้นมันจึงถูกเรียกว่า LC Oscillator



รูปที่ 2.5 วงจร Clapp Oscillator

5) Delay-line Oscillator

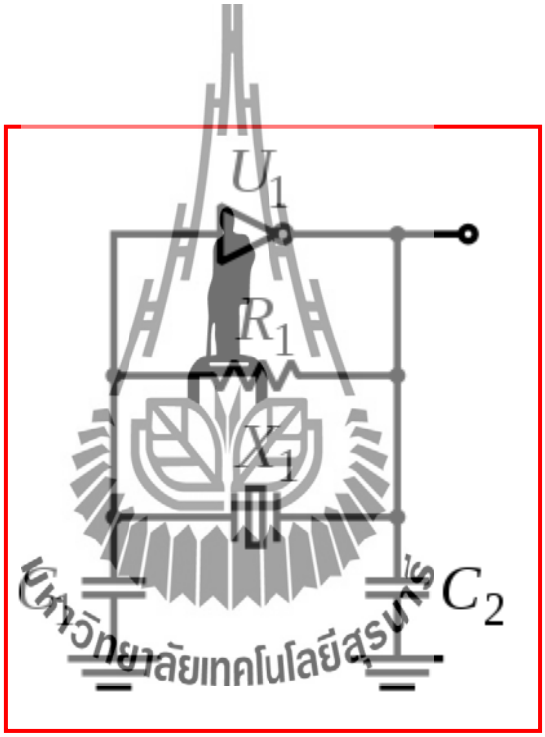
Delay-line Oscillator คือรูปแบบของ Electronic Oscillator ที่ใช้ Delay-line เป็นองค์ประกอบหลักของการกำหนดเวลา วงจรที่ถูกตั้งให้มีการกวัดแกว่งโดยการ Invert ค่า Output ของ Delay-line และการป้อนสัญญาณกลับไปที่ Input ของ Delay-line กับการขยายที่เหมาะสม ด้วยความสะดวกที่สุดของ Delay-line Oscillator เมื่อได้รับการออกแบบที่ถูกต้อง มันจะ Oscillate ด้วยระยะเวลาที่แน่นอนสองครั้งในช่วง Delay ของ Delay-line

Output เพิ่มเติมที่มีความสัมพันธ์กับความถี่กับ Output หลัก แต่จะแปรผันไปตาม Phase ได้ต้องใช้ Taps เพิ่มเติมที่ได้จาก Delay-line

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6) Pierce Oscillator

Pierce Oscillator คือประเภทหนึ่งของ Electronic Oscillator เฉพาะที่เหมาะสมกับการใช้ในวงจร Piezoelectric Crystal Oscillator มันได้ถูกตั้งชื่อตามผู้ประดิษฐ์ George W. Pierce Pierce oscillator คือสิ่งที่ได้มาจาก Colpitts oscillator เกือบทั้งหมดของ Digital IC Clock Oscillator คือ Pierce type เป็นวงจรที่สามารถทำงานได้โดยใช้ส่วนประกอบขั้นต่ำคือ Digital Inverter 1 ตัว, ตัวต้านทาน 2 ตัว, ตัวเก็บประจุ 2 ตัว และ Quartz Crystal ซึ่งทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของ Highly Selective Filter ด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำจากวงจรนี้ และเสถียรภาพของความถี่ที่โดดเด่นของ Quartz Crystal ทำให้มันเป็นข้อได้เปรียบในด้านการนำไปใช้งานในหลายรูปแบบ

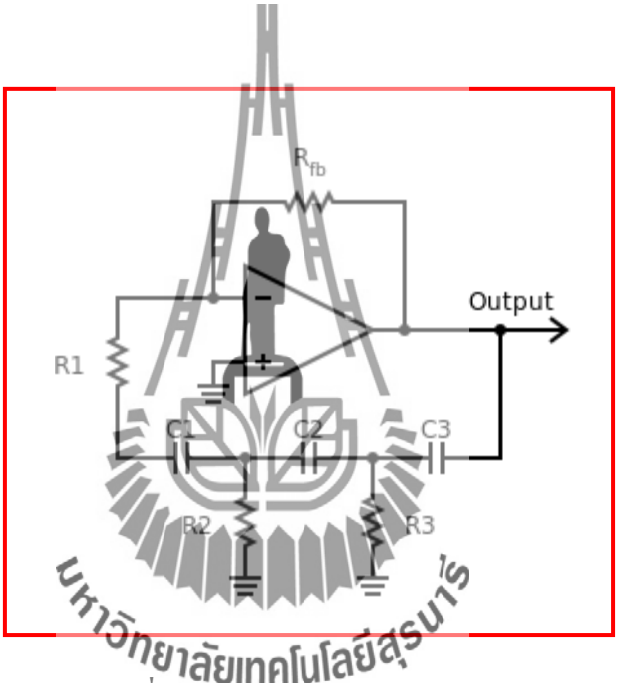


รูปที่ 2.6 วงจร Pierce Oscillator

7) Phase-shift Oscillator

Phase-Shift Oscillator คือวงจร Electronic Oscillator อย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วย Inverting Amplifier Element เช่น Transistor หรือ Op-amp กับ Output ที่ได้ป้อนกับไปที่ Input ผ่านทาง Filter ซึ่งประกอบด้วย network ของตัวต้านทาน (R) และตัวเก็บประจุ (C)

Feedback Network จะทำการ Shift เฟสของ Amplifier Output ไป 180 องศาที่ความถี่ Oscillation และให้ Positive Feedback โดย Phase Shift Oscillator นั้นส่วนใหญ่จะใช้ที่ความถี่ต่ำ และมักจะอยู่ในระยะของ Audio Frequency ของ Audio Oscillator

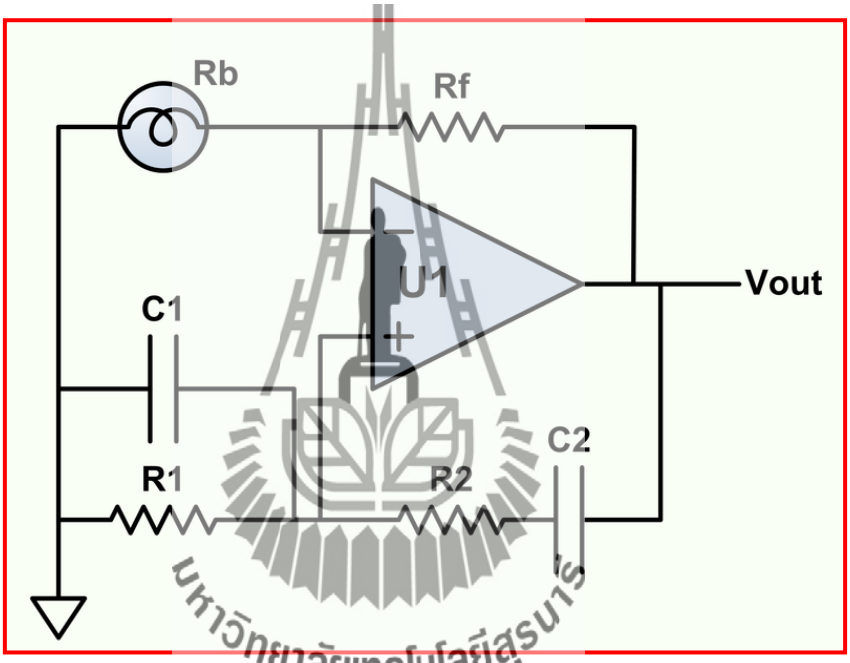


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.7 วงจร Phase-shift Oscillator

8) Wien Bridge Oscillator

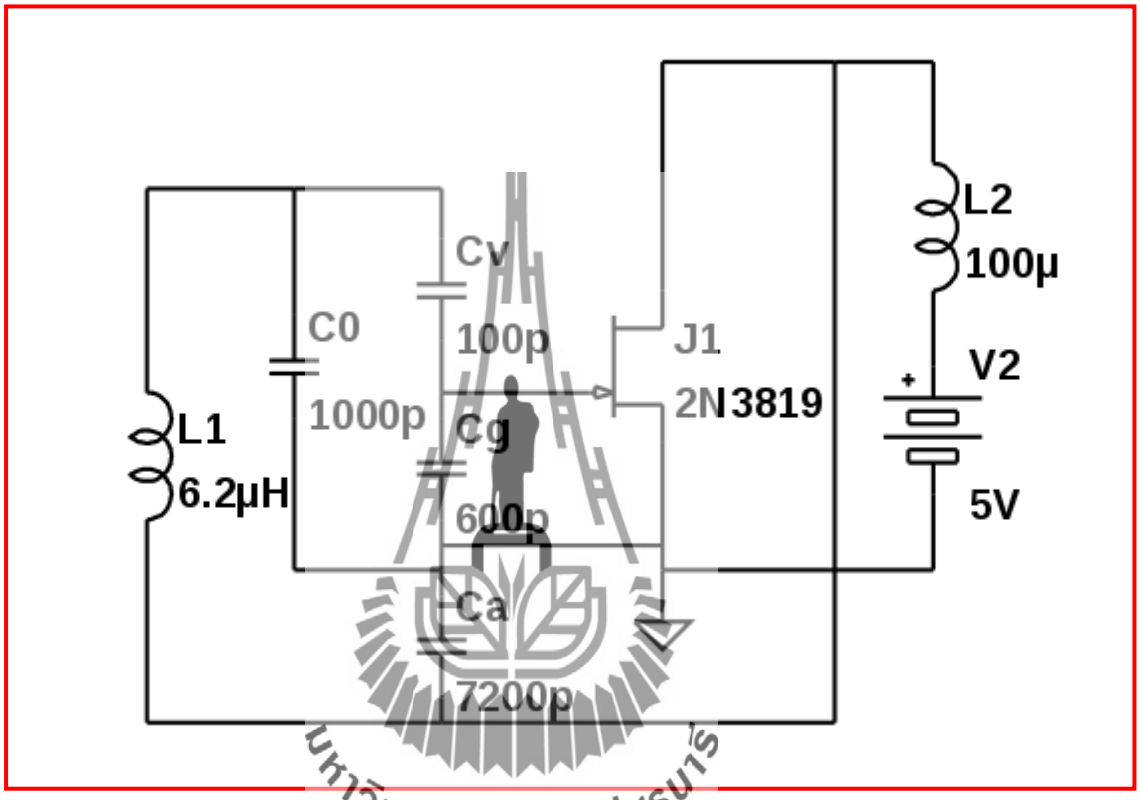
Wien Bridge Oscillator คือประเภทของ Electronic Oscillator ที่ทำการสร้าง Sine Wave มันสามารถสร้างระยะของความถี่ที่กว้างมาก โดยทั่วไป Oscillator จะอยู่ในฐานของ bridge circuit ซึ่งถูกพัฒนาโดย Max Wien ในปี ค.ศ. 1891 โดย bridge ประกอบด้วย ตัวต้านทาน 4 ตัวและตัวเก็บประจุ 2 ตัว Oscillator สามารถมองว่าเป็น Positive gain Amplifier ผสมกับ Bandpass Filter โดยมันจะจ่าย Positive Feedback



รูปที่ 2.8 วงจร Wien Bridge Oscillator

9) Vackar Oscillator

Vackar Oscillator เป็นรูปแบบของแบบวงจรจำลองการแยกความจุ มันคล้ายกับ Colpitts oscillator หรือ Clapp Oscillator มันมีความแตกต่างกันในระดับของ Output ที่ค่อนข้างเสถียรในด้านความถี่ และยังมี Bandwidth ที่กว้าง เมื่อเทียบกับ Clapp Design



รูปที่ 2.9 วงจร Vackar Oscillator

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

10) Opto-electronic Oscillator (OEO)

Opto-electronic Oscillator (OEO) คือวงจร Optoelectronic ที่สร้าง Electonic Sine Wave แบบซ้ำๆ และ Modulate แสง คลื่นอย่างต่ำเนื่อง โดย Opto-electronic Oscillator อยู่บนฐานของการแปลงพลังงานแสงจาก Pump Laser ถึง Radio Frequency (RF) และคลื่น Microwave

OEO มีลักษณะเฉพาะตัวคือมี Quality Factor ที่สูงมากและยังมีความเสถียรเช่นเดียวกับลักษณะการทำงานอื่นๆที่ไม่ได้ประสบความสำเร็จได้อย่างง่ายดายด้วย Electronic Oscillator นอกยังนี้มันยังมีเอกลักษณ์ด้วยการใช้ Electro-Optical (E/O) และส่วนประกอบ Photonic โดยลักษณะทั่วไปที่มีคุณภาพสูง ความเร็วสูง และการกระจายตัวที่ต่ำในย่านความถี่ไมโครเวฟ

2.1.2 Relaxation Oscillator

Relaxation Oscillator จะทำการสร้าง Non-Sinusoidal Output ที่มีรูปแบบของคลื่นเป็นเป็นสีเหลี่ยม, Sawtooth หรือแบบสามเหลี่ยม มันมีรูปแบบการจัดเก็บพลังงาน (คือมีตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำเพียงเล็กน้อย) และ Non-Linear Trigger Circuit (คือสลัก, Schmitt Trigger หรือ Negative Resistance Element) ซึ่งคือระยะของการ Charges และ Discharges พลังงานที่อยู่เก็บไว้ใน Storage Element จึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเฉียบพลันในสัญญาณ Output

Square-wave Relaxation Oscillators ถูกใช้ในการจากสัญญาณ Clock สำหรับวงจรแบบ Sequential Logic เหมือนกับ Timers และ Counter ถึงแม้ว่า Crystal Oscillators มักจะถูกใช้ในด้านความเสถียรของมัน Triangle wave Oscillator และ Sawtooth Oscillator ก็ถูกใช้ในวงจรแบบ Timebase ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณการหักเหแนว Horizontal สำหรับ Cathode Ray Tubes ใน Analogue Oscilloscopes และ ชุดโทรทัศน์ ใน Function Generator สัญญาณคลื่นแบบสามเหลี่ยมอาจจะมีรูปทรงคล้ายกับ Sine Wave

Ring Oscillators ถูกสร้างจากขั้นตอน Ring of active delay โดยทั่วไปวงแหวนนั้นจะเป็นเลขคี่ในขั้นตอน Inverting มันทำให้ไม่เกิดความเสถียรเพียงครั้งเดียวในแรงดันไฟฟ้าของวงแหวนรอบนอก ซึ่งประเภทของวงจร Relaxation Oscillator ประกอบด้วย

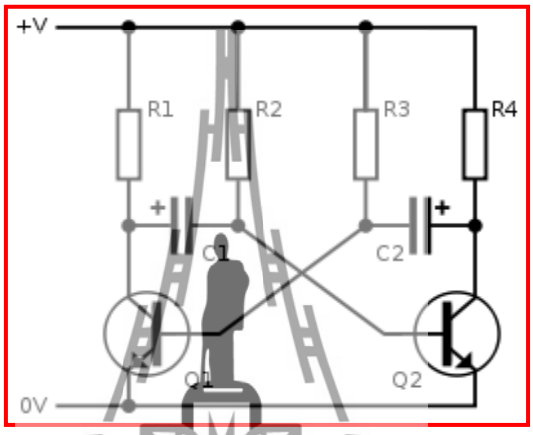
Multivibrator

Ring Oscillator

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) Multivibrator

Multivibrator คือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับการใช้งานแบบสองระบบ เช่นเดียวกับ Oscillator, Timer และ Flip-Flops มันมีลักษณะเฉพาะด้วยอุปกรณ์ขยาย 2 ตัว (ทรานซิสเตอร์, หลอดอิเล็กทรอนหรืออุปกรณ์อื่น) ต่อข้ามคู่กับตัวต้านทานหรือตัวเก็บประจุ ชื่อ Multivibrator นั้นแต่เดิมถูกประยุกต์มาจากวงจรของรุ่น the Free-Running Oscillator เพราะรูปแบบของคลื่น Output

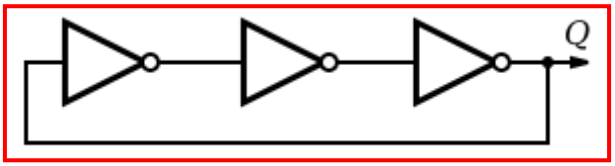


รูปที่ 2.10 วงจร Multivibrator

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) Ring Oscillator

Ring Oscillator เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเลขคี่สำหรับ NOT gate และ Output ที่มีการออสซิลเลตระหว่างสองระดับแรงดัน คือ True และ False โดย NOT gate หรือ Inverter จะถูกต่อกันไปเรื่อยแบบลูกโซ่ Output ของ Inverter ตัวท้ายจะถูกป้อนกลับไปยังตัวแรกเสมอ



รูปที่ 2.11 วงจร Ring Oscillator

2.2 การตรวจวัดยานพาหนะ

อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจร (Traffic flow sensors) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดการมีอยู่ (presence) หรือการผ่าน (passage) ของยวดยาน ณ บริเวณจุดสำรวจให้ข้อมูลที่ใช้ในการจัดการจราจรและข้อมูลที่ใช้ในการวางแผน

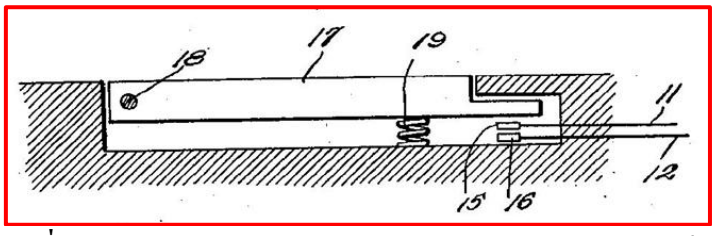
พัฒนาการของเทคโนโลยีตรวจวัดการจราจร

ค.ศ. 1928 Horn-activated traffic signal (developed by Charles Adler,Jr.) เป็นเครื่องมือวัดปริมาณรถโดยอาศัยการติดตั้ง Micro Phone

รูปที่ 2.12 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Micro Phone

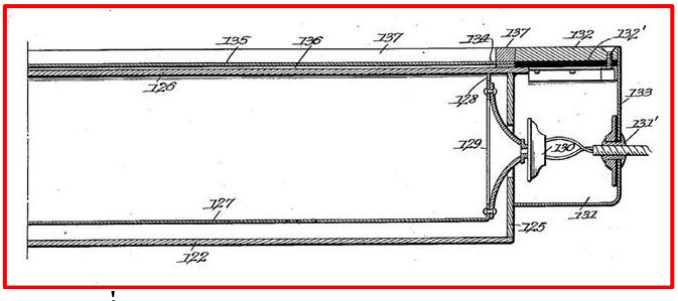
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.ศ. 1928 In-roadway pressure sensitive sensor (developed by Henry A. Haugh) เป็นเครื่องมือวัดปริมาณรถโดยอาศัยกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแรงกดทับของแผ่นเหล็กที่ติดตั้งไว้ใต้ผิวถนน



รูปที่ 2.13 การตรวจวัดยานพาหนะโดยการกดทับของแผ่นเหล็ก

ค.ศ. 1930 In-roadway pressure sensitive sensor (developed by Charles Adler,Jr.)) เป็นเครื่องมือวัดปริมาณรถโดยอาศัยเสียงซึ่งได้มาจากการติดตั้งเครื่องวัดเสียงที่ติดตั้งไว้ใต้ผิวถนน



รูปที่ 2.14 การตรวจวัดยานพาหนะโดยอาศัยเสียง

ซึ่ง In-roadway pressure sensitive sensor ได้รับความนิยมมากแต่ก็ยังมีปัญหาซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. อุปกรณ์มีราคาแพง
2. ต้องติดตั้งอุปกรณ์ใหม่หากมีการปรับปรุงผิวถนน
3. ความเสียหายเนื่องจากรถกวาดหิมะ

2.2.1 อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจรที่ติดตั้งอยู่บนหรือใต้ผิวทาง (In-roadway sensors)

1) Pneumatic road tube

เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 1920s เป็นเครื่องตรวจวัดการจราจรที่ติดตั้งโดยอาศัยท่อยางเพื่อตรวจวัด

หลักการทำงาน

น้ำหนักรถกดทับท่อลมเป็นเครื่องตรวจวัดการจราจรที่ติดตั้งบนผิวทางวางขวางช่องทางเดินรถเคลื่อนที่อาศัยน้ำหนักรถกดทับท่อลมซึ่งทำด้วยยางแล้วเกิดแรงดันกระจายไปในแนวท่อยางโดยปลายด้านหนึ่งของท่อยางปิดตันและอีกด้านต่อเข้ากับอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าซึ่งทำงานด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงในเรือท่อทำให้ทราบจำนวนการกดทับและวิ่งผ่านท่อลมซึ่งสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ดังนี้

-ปริมาณจราจร

-ความเร็วรถ

-แยกประเภทรถโดยใช้จำนวนเพลาและระยะห่างระหว่างเพลา, เวลาห่างระหว่างรถ (Gap)

การติดตั้ง Pneumatic road tube

-เลือกตำแหน่งที่ต้องการติดตั้ง

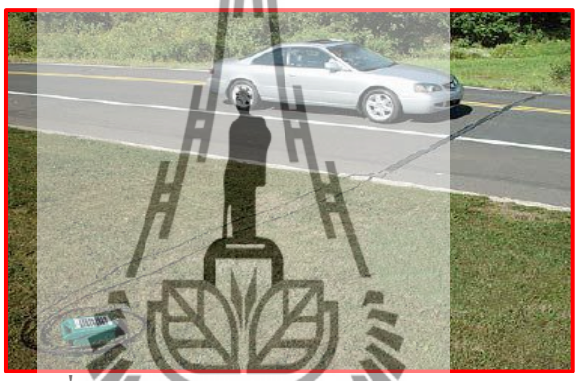
-ติดตั้ง End plug เพื่อกันน้ำหรือฝุ่นเข้า

-ยึดปลายด้านหนึ่งของท่อลมให้แน่นกับพื้นถนน

-ติดท่อลมกับผิวถนนด้วยเทปกาวแอสฟัลท์

-วัดระยะเพื่อติดตั้งท่อลมอีกเส้น (ถ้ามี)

-ติดปลายท่ออีกด้านเข้ากับเครื่องนับและถ้าทำการติดตั้งTwo-pneumatic road tubes connected together จะช่วยลดข้อผิดพลาดจากการวัดระยะห่างระหว่างท่อลมขณะติดตั้ง



รูปที่ 2.15 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ท่อลม

ข้อดี-ข้อเสีย

1. ข้อดี

-ใช้งานง่าย

-ราคาถูก

2. ข้อเสีย

-ท่อลมชำรุดได้ง่ายถ้ามีปริมาณการจราจรสูง

-การติดตั้งเหมาะสมกับการติดตั้งแบบชั่วคราวและเป็นบริเวณที่ไม่ซับซ้อน

-การติดตั้งต้องปิดการจราจรถึงจะทำการติดตั้งได้

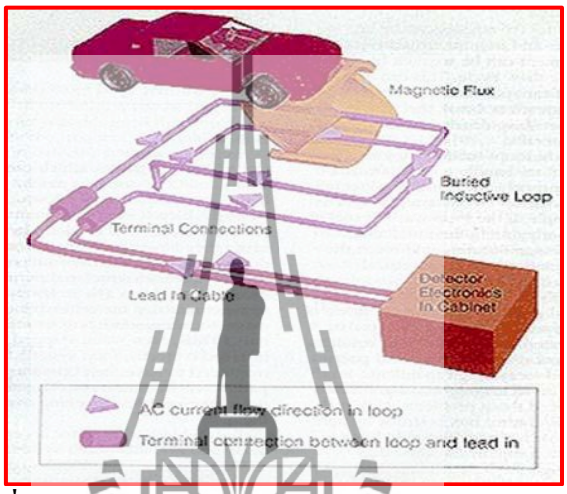
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) Inductive loop detectors

เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 1960s เป็นเครื่องมือสำหรับจัดการจราจรที่ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

หลักการทำงาน

เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าในขดลวดเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.16 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Inductive loop

ซึ่งประเภทของ Inductive loop detectors มีดังนี้

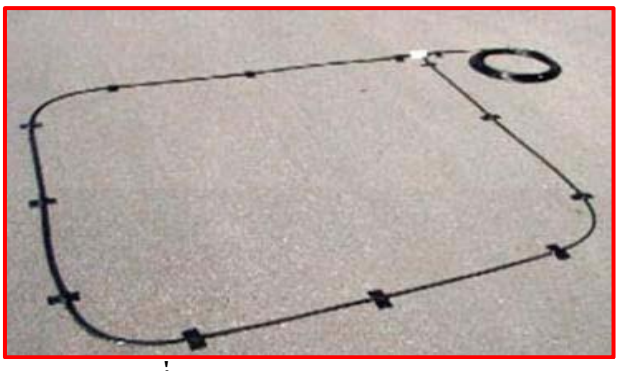
-Saw cut loops เป็นการกัดพื้นผิวของถนนแล้วทำการฝังสาย Loop ซึ่งมีวิธีการติดตั้ง Saw-cut loops ดังนี้

1. วาง layout ของ loop บนผิวถนน
2. กัดผิวถนน
3. ติดตั้งสาย Loop
4. ปิด Loop ด้วย Sealant

-Trenched-in loops เป็นการวางสาย Loop ก่อนการทำถนน

-Pre-formed loops เป็นการทำสาย Loop สำเร็จรูปแล้วนำมาวางบนพื้นถนนแล้วนำเทปกาวติดเพื่อยึดสาย Loop ไว้บนถนนซึ่งมีข้อเสียคือจะไม่มั่นคงแต่จะมีข้อดีตรงที่สามารถเคลื่อนย้ายง่ายเมื่อต้องการนำไปติดตั้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.17 Inductive loop บนถนน

หมายเหตุตัวอย่าง Layout ของ Loop detectors ต่างๆเช่นรูปวงกลม, รูปสี่เหลี่ยม, รูปหกเหลี่ยมเป็นต้น

เครื่องตรวจวัดสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ดังนี้

- ปริมาณจราจร
- ความเร็วรถ
- การมีรถบริเวณนั้น (Presence)
- ระยะเวลาครอบครอง (Occupancy)
- ระยะห่างของรถแต่ละคัน (Gap)
- Headway
- แยกประเภทรถโดยใช้ vehicle signature

ข้อดี-ข้อเสีย

1. ข้อดี
   - เป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนามานานมีคนใช้เยอะ
   - ให้ข้อมูลการนับรถที่ถกต้องที่สุด
   - สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้หลายรูปแบบ
   - ไม่ไวต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงใช้งานง่าย
2. ข้อเสีย
   - การติดตั้งจำเป็นต้องมีการกัดผิวทาง
   - การติดตั้งที่ไม่ดีทำให้ผิวทางมีอายุการใช้งานสั้นลง
   - ต้องมีการปิดการจราจรขณะติดตั้งและซ่อมแซม
   - ในแต่ละจุดต้องใช้ loop หลายตัวในการตรวจวัดการจราจร
   - น้ำหนักกดทับและอุณหภูมิส่งผลต่อ loop ที่ฝังไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) Magnetic sensors

หลักการทำงาน

การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกซึ่งประเภทของ Magnetic sensors มีดังนี้

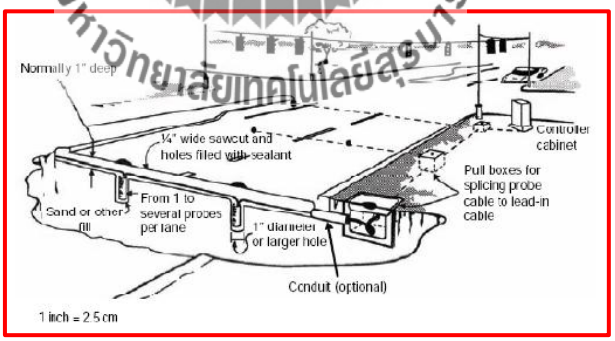
- Two-axis fluxgate magnetometer
- Induction or search coil magnetometer

เครื่องตรวจวัดสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ดังนี้

- ปริมาณจราจร
- ความเร็วรถ
- การมีรถบริเวณนั้น (Presence)
- ระยะเวลาครอบครอง (Occupancy)
- แยกประเภทรถ โดยใช้ vehicle magnetic signature

การติดตั้ง Magnetic Sensors

เจาะรูปบนผิวถนนความลึกประมาณ 5 cm แล้วนำ Portable magnetic sensor วางไว้แล้วนำแผ่นยางปิดบริเวณดังกล่าวโดยใช้ตะปูตอกเพื่อยึดแผ่นยางไม่ได้แผ่นยางเปิดวิธีนี้ง่ายต่อการติดตั้ง



รูปที่ 2.18 การติดตั้ง Magnetic Sensors

ข้อดี-ข้อเสีย Two-axis fluxgate magnetometer

1. ข้อดี

- สามารถใช้ในบริเวณที่ไม่สามารถติดตั้ง loop ได้
- ไม่ไวต่อสภาพอากาศ
- ผลจากแรงกดทับจากปริมาณจราจรมีน้อยกว่า loop

2. ข้อเสีย

- การติดตั้งจำเป็นต้องมีการกัดผิวทางหรือเจาะเป็นช่องใต้ผิวทาง
- ไม่สามารถตรวจจับรถที่จอดนิงอยู่กับที่ได้หากไม่มีการวาง layout ของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพิเศษและใช้ software เสริม

2.2.2 อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจรที่ติดตั้งอยู่เหนือผิวทาง (Over-roadway sensors)

1) Video Image Processors

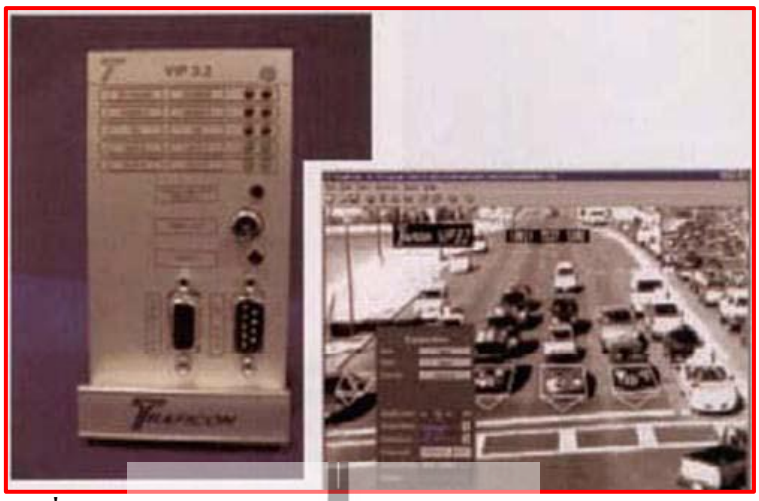
เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 1970s

หลักการทำงาน

วิเคราะห์ภาพจาก video frames เครื่องตรวจวัดสามารถให้ข้อมูลได้ดังนี้

- ปริมาณจราจร
- ความเร็วรถ
- การมีรถบริเวณนั้น (Presence)
- ระยะเวลาที่รถบดบัง (Occupancy)
- ระยะห่างของรถแต่ละคัน (Gap)
- Headway
- แยกประเภทรถโดยใช้ความยาว
- ความหนาแน่นของปริมาณรถ
- ความยาวของแถวรถที่ติดอยู่บนท้องถนน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.19 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Video Image Processors

ข้อดี-ข้อเสีย

1. ข้อดี

- สามารถตรวจวัดได้หลายช่องจราจรพร้อมๆกัน
- ง่ายในการเพิ่มพื้นที่ตรวจวัด
- ให้ข้อมูลจราจรหลายอย่าง
- สามารถตรวจวัดได้ในบริเวณกว้างเมื่อมีการเชื่อมข้อมูลระหว่างกล้อง

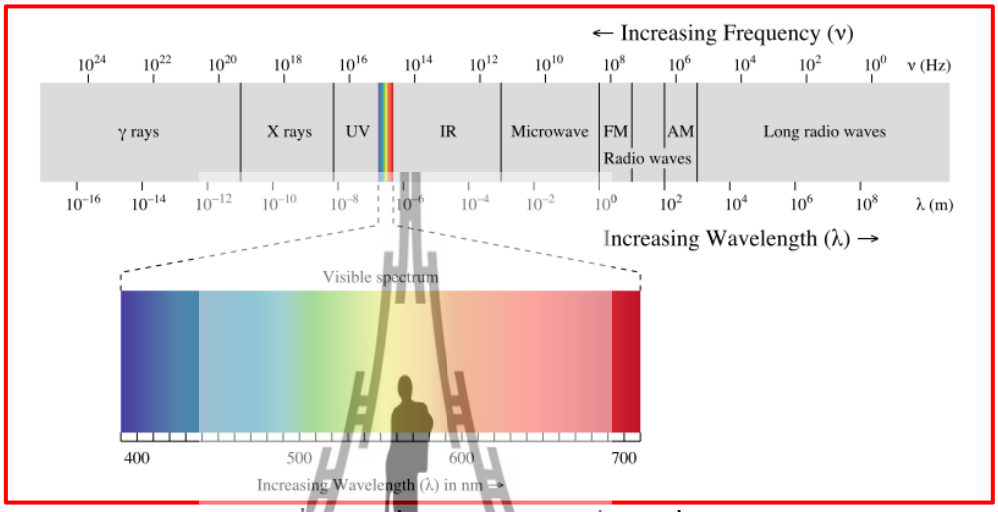
2. ข้อเสีย

- ต้องมีการปิดช่องจราจรหากติดตั้งกึ่งกลางถนน
- ต้องมีการทำความสะอาดเลนส์ตามระยะเวลา
- สภาพอากาศและความสั่นสะเทือนมีผลต่อประสิทธิภาพของกล้อง
- ต้องมีไฟส่องสว่างที่เพียงพอในเวลากลางคืน
- ต้องติดตั้งกล้องจากมุมสูง
- จะคุ้มค่าก็ต่อเมื่อมีการตรวจวัดหลายพื้นที่พร้อมกันในกล้องเดียวหรือ ต้องการข้อมูลบางอย่างเป็นพิเศษ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) Microwave radar sensors

คลื่นไมโครเวฟ (Microwaves) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง 300 MHz คลื่นไมโครเวฟได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ต่างๆเช่นเตาไมโครเวฟโทรศัพท์มือถือ รวมถึงเครื่องมือในการตรวจวัดการจราจร



รูปที่ 2.20 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ

เครื่องมือตรวจวัดการจราจรแบบ Microwave Radar Sensors มี 2 ประเภทคือ

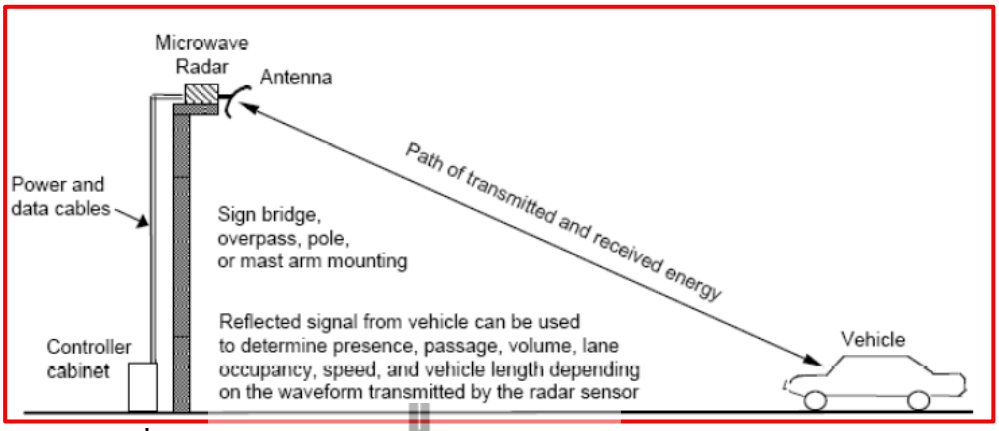
1. แบบ Doppler Microwave
2. แบบ Frequency – modulated continuous wave

หลักการทำงาน

เครื่องตรวจวัดจะส่งสัญญาณและสะท้อนกลับของคลื่น Microwave ออกมาเพื่อตรวจจับรถยนต์ที่วิ่งผ่านแนวสัญญาณเครื่องตรวจวัดประมวลผลออกมาเป็นข้อมูลดังนี้

- ปริมาณจราจร
- ความเร็วรถ
- การมีรถบริเวณนั้น (Presence)
- ระยะเวลาครอบครอง (Occupancy)
- ระยะห่างของรถแต่ละคัน (Gap)
- Headway
- ประเภทรถยนต์จำแนกตามความยาวรถแต่ละคัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.21 การตรวจวัดยานพาหนะโดย Microwave radar sensors

ข้อดี-ข้อเสีย

1. ข้อดี

- ไม่ไวต่อสภาพอากาศสำหรับการใช้งานตรวจจับในช่วงสั้น
- สามารถวัดความเร็วได้โดยตรง
- สามารถใช้ตรวจวัดการจราจรได้หลายช่องทางในเวลาเดียวกัน

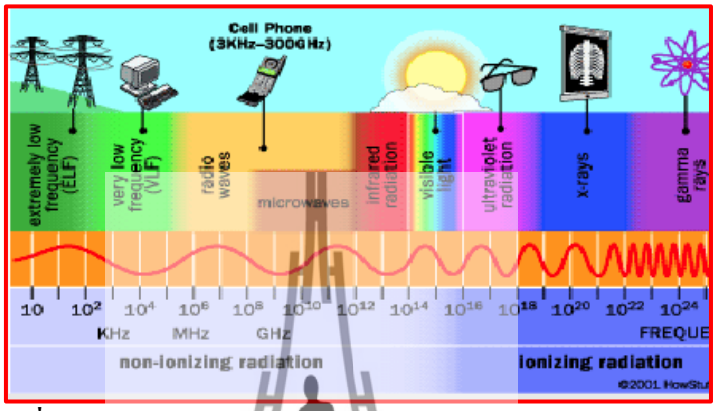
2. ข้อเสีย

- Continuous Wave Doppler Sensors ไม่สามารถตรวจวัดรถที่จอดนิ่งอยู่กับที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

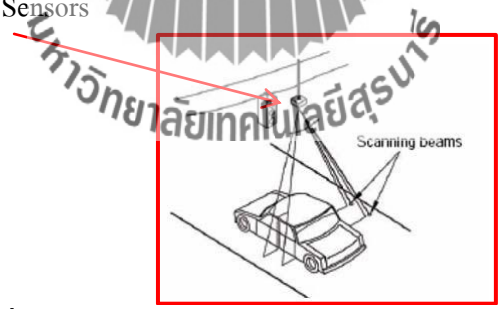
3) Active infrared sensors (laser sensors)

คลื่นอินฟราเรด (Infrared) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง1011 Hz –1014 Hz ซึ่งมีความถี่สูงกว่าคลื่นไมโครเวฟเครื่องตรวจวัดการจราจรแบบ ActiveInfrared Sensors

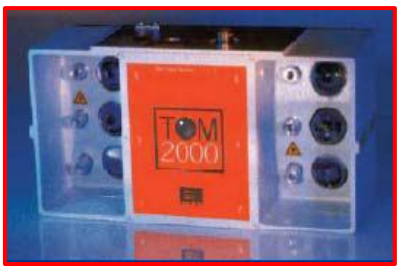


รูปที่ 2.22 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Active infrared sensors

เครื่องตรวจวัดการจราจรแบบ Active Infrared Sensors มีลักษณะการทำงานคล้ายๆกับการทำงานของเครื่องตรวจวัดการจราจรแบบ Microwave Radar Sensors คือมีการปล่อยคลื่นอินฟราเรดออกมาเพื่อตรวจจับรถยนต์ที่วิ่งผ่านแนวสัญญาณดังรูป



รูปที่ 2.23 การตรวจวัดการจราจรแบบ Microwave Radar Sensors



รูปที่ 2.24 เครื่องตัววัดจราจร แบบ Active Infrared Sensors

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หลักการทำงาน

เป็นอุปกรณ์ลำแสง 2 ชุดกวาดผ่านช่องจราจรที่จะทำการตรวจวัดแล้วอุปกรณ์ตรวจจับพลังงานแสงที่เกิดการกระจายเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านแล้วแปรสัญญาณส่งผ่านอุปกรณ์ประมวลผลซึ่งเครื่องตรวจวัดสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ดังนี้

- ปริมาณการจราจร
- ความเร็วรถ
- การมีรถบริเวณนั้น (Presence)
- ประเภทรถยนต์จำแนกตามความยาวรถแต่ละคัน

ข้อดี-ข้อเสีย

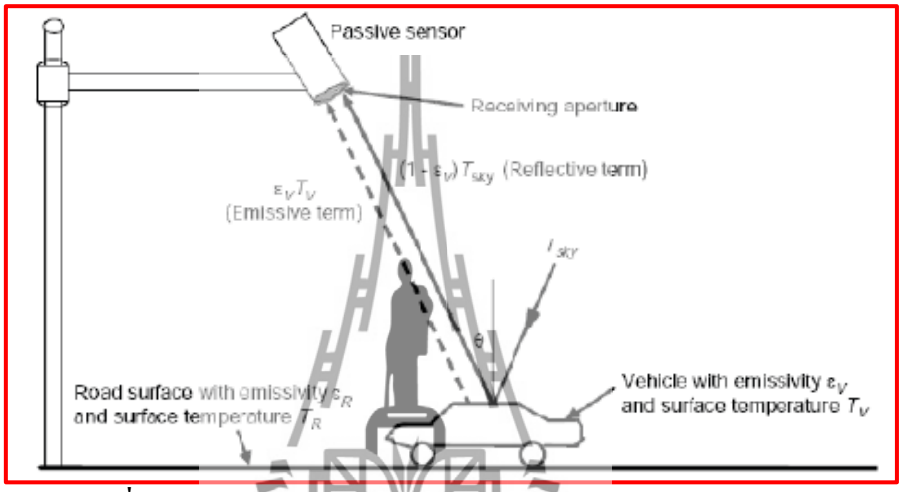
1. ข้อดี
   - สัญญาณที่ส่งออกมามีหลายลำทำให้สามารถตรวจจับตำแหน่งรถความเร็วและประเภทของได้อย่างแม่นยำสูง
   - สามารถใช้ตรวจวัดการจราจรได้หลายช่องทางในเวลาเดียวกัน
2. ข้อเสีย
   - ประสิทธิภาพในการทำงานลดหากมีหมอกหรือมีหิมะตก
   - ต้องมีระยะเวลาในการทำความสะอาดเลนส์เป็นประจำ
   - ต้องมีการปิดช่องการจราจรเพื่อทำการติดตั้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4) Passive infrared sensors

หลักการทำงาน

เป็นเครื่องมือวัดการจราจรตรวจจับพลังงานที่สะท้อนจากวัตถุเข้าสู่ตัวกล้องที่เกิดจากวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านหรือวัตถุที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ตรวจวัดเช่นผิวจราจรรถยนต์และพลังงานที่เกิดจากบรรยากาศบริเวณนั้นสะท้อนผ่านวัตถุที่เคลื่อนที่เครื่องมือจะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของ Infrared Spectrum แปรข้อมูลส่งผ่านเครื่องประมวลผล



รูปที่ 2.25 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Passive infrared sensors

ซึ่งประเภทของ Passive infrared sensors มีดังนี้

- Non-imaging
- Imaging

เครื่องตรวจวัดสามารถให้ข้อมูลได้ดังนี้

- ปริมาณจราจร
- ความเร็วรถ
- การมีรถบริเวณนั้น (Presence)
- แยกประเภทรถโดยใช้ความยาว
- ความยาวของแถวรถที่ติดอยู่บนท้องถนน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อดี-ข้อเสีย

1. ข้อดี

- ระบบตรวจวัดแบบหลายพื้นที่ใช้วัดความเร็ว

2. ข้อเสีย

- ประสิทธิภาพลดลงช่วงฝนตกหิมะตกหมอกลง
- บางรุ่นไม่สามารถตรวจวัดการมีรถในบริเวณที่กำหนดได้

5) Ultrasonic sensors

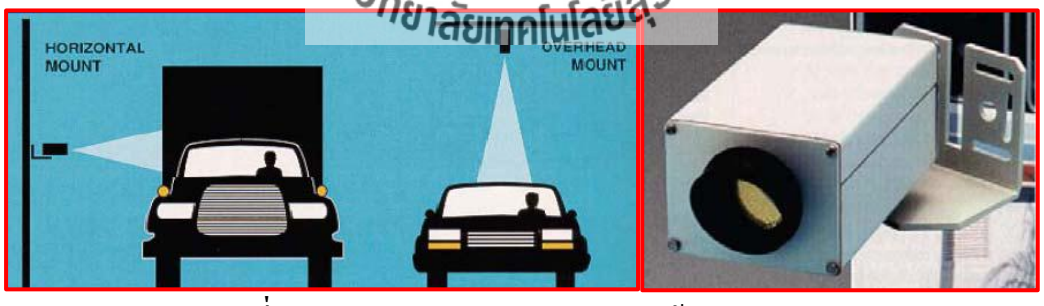
เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 1950s เป็นเครื่องมือตรวจวัดการจราจรที่ใช้การส่งสัญญาณเสียงในระดับความถี่ช่วง 25-50 KHz ใช้ตรวจจับการสะท้อนกลับของคลื่นเสียง

หลักการทำงาน

เป็นการส่งสัญญาณเสียงในระดับความถี่ดังที่กล่าวมาโดยวัดระยะเวลาในการส่งสัญญาณจนถึงระยะเวลานี้เสียงสะท้อนกลับมาซึ่งจะสามารถแสดงผลเป็นระยะห่างระหว่างรถกับสัญญาณเครื่องตรวจวัดสามารถให้ข้อมูลได้ดังนี้

- ปริมาณจราจร
- ความเร็วรถ
- การมีรถบริเวณนั้น (Presence)
- แยกประเภทรถโดยใช้ความยาว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.26 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Ultrasonic sensors

ข้อดี-ข้อเสีย

1. ข้อดี

- ตรวจวัดได้หลายช่องจราจรพร้อมๆกัน
- สามารถตรวจวัดรถที่มีความสูงเกินกำหนดได้
- ใช้งานแพร่หลายในประเทศญี่ปุ่น

2. ข้อเสีย

- อุณหภูมิและลมมีผลต่อประสิทธิภาพ
- คลื่นช่วงกว้างส่งผลต่อความถูกต้องในการวัด occupancy บน freeway

6) Passive acoustic sensors

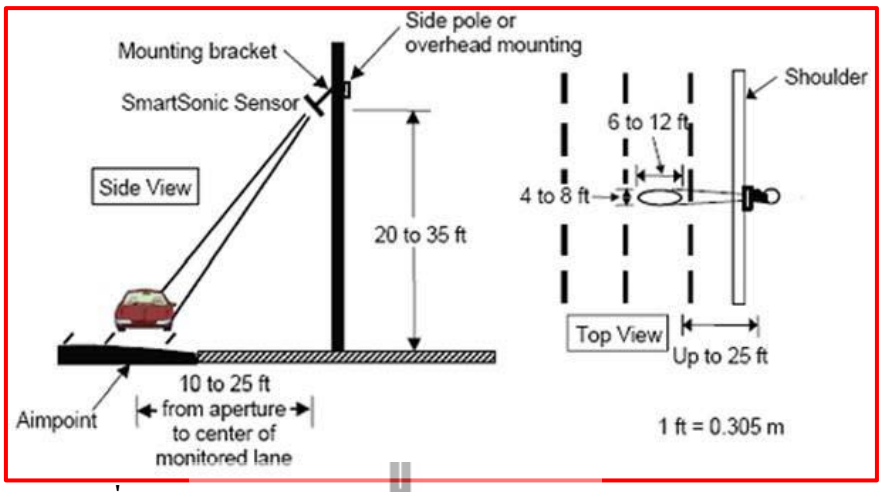
เป็นเครื่องมือตรวจวัดการจราจรที่ใช้พลังงานเสียง

หลักการทำงาน

ทำงานโดยไม่ต้องมีการส่งสัญญาณเสียงออกไปแต่จะต้องอาศัยการตรวจจับเสียงที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านเช่นเสียงเครื่องยนต์เสียงล้อรถเมื่อมีเสียงเกิดขึ้นในพื้นที่การตรวจวัดซึ่งจะสามารถจำกัดเป็นช่องทางจราจรได้โดยเสียงที่เกิดนอกเขตพื้นที่ตรวจวัดจะไม่ส่งผลต่ออุปกรณ์การวัดจากระดับเสียงที่ตรวจวัดได้จะถูกแปรสัญญาณโดยเครื่องประมวลผลได้ข้อมูลดังนี้

- ปริมาณจราจร
- ความเร็วรถ
- การมีรถบริเวณนั้น (Presence)
- การผ่านของรถบริเวณนั้น (Passage)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.27 การตรวจวัดยานพาหนะโดยใช้ Passive acoustic sensors

ข้อดี-ข้อเสีย

1. ข้อดี

- เป็นเทคโนโลยีแบบ passive
- ไม่ไวต่อสภาพฝน
- บางรุ่นสามารถใช้ตรวจวัดได้หลายช่องจราจรพร้อมๆกัน

2. ข้อเสีย

- ความถูกต้องของการนับรถลดลงที่อุณหภูมิต่ำ
- บางรุ่นไม่เหมาะกับสภาพการจราจรติดขัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เทคโนโลยีการตรวจวัดการจราจรที่ใช้ในประเทศไทย

1. Inductive loop detector: ทล, กทม, สนข
2. Video image processor: ทล, สนข, กทพ, ทช
3. Magnetic sensor: ทล
4. Microwave radar: สนข (ระหว่างดำเนินการ)
5. Ultrasonic sensor: สตช (ระหว่างดำเนินการ)

บทที่ 3
การออกแบบระบบ

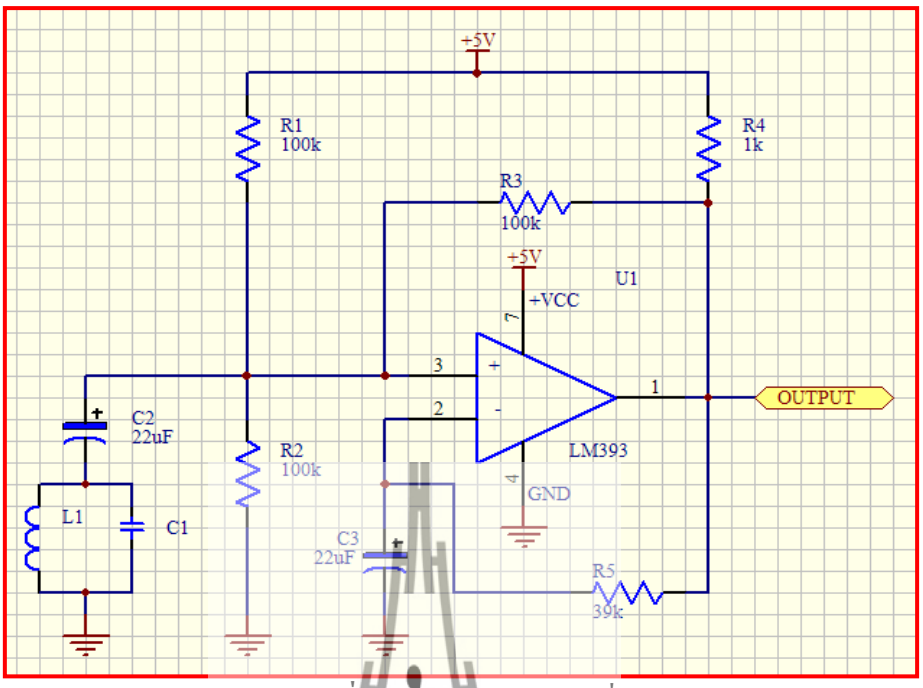
โครงงานวงจรกำเนิดความถี่สำหรับการตรวจวัดยานพาหนะเป็นการนำเอาวงจรกำเนิดความถี่มาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดยานพาหนะที่บริเวณจุดที่สนใจ โดยการนำเอาลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector) ไปติดตั้งไว้ที่ใต้พื้นถนน เมื่อมียานพาหนะมาหยุดรอสัญญาณไฟจราจรบนลูปเหนี่ยวนำจะทำให้ความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำเปลี่ยนไป ส่งผลให้ความถี่ที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่เปลี่ยนไปและนำความถี่ต่างๆ ไปวิเคราะห์โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

โดยจะการแบ่งการออกแบบเป็น 4 ส่วนดังนี้

1. วงจรกำเนิดความถี่
2. ลูปเหนี่ยวนำ
3. สวิตช์ปรับความถี่
4. ส่วนที่ใช้รองรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 วงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator)

วงจรกำเนิดความถี่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณความถี่เพื่อนำความถี่ไปใช้สำหรับการตรวจวัดยานพาหนะ วงจรกำเนิดความถี่ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้เป็นวงจรชนิด Colpitts Oscillator เป็นวงจรที่ให้สัญญาณความถี่ที่ต่ำ วงจรกำเนิดความถี่สามารถกำเนิดความถี่อยู่ระหว่าง 20 - 100 kHz และสามารถตรวจวัดยานพาหนะโดยมีความแตกต่างของความถี่ระหว่างสถานะ คือ มีหรือไม่มียานพาหนะมาหยุดบนลูปเหนี่ยวนำประมาณ 0.5 - 3.3 เปอร์เซ็นต์ และสามารถปรับความถี่ของวงจรได้ 4 ระดับ



รูปที่ 3.1 วงจรกำเนิดความถี่

วงจรกำเนิดความถี่นี้สามารถหาความถี่ได้จากสมการ

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

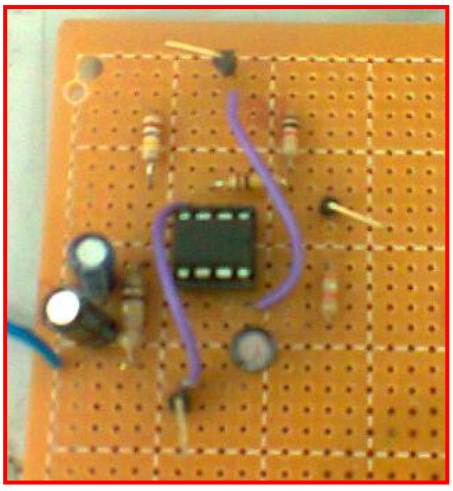
โดยที่ F คือ ความถี่

L คือ ตัวเหนี่ยวนำในวงจร (L1)

C คือ ตัวเก็บประจุในวงจร (C1)

ต่อมาได้ทดลองทำวงจรกำเนิดความถี่ลงใส่ในบอร์ดทดลองดังรูป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.2 ทดสอบวงจรด้วยบอร์ดทดลอง

เมื่อทดสอบวงกำเนิดความถี่ด้วยบอร์ดทดลอง จะได้ผลการทดสอบดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบเมื่อใช้ตัวเหนี่ยวนำแทนลูปเหนี่ยวนำ

L1 (μH)	C1 (μF)	ความถี่ที่วัดได้ (kHz)	ความถี่จากการคำนวณ (kHz)	%error
100	1	16	15.92	8
100	10	6	5.03	16.16

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่ม C จะเห็นว่า F จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับสมการ นั่นคือ

$$F \propto \frac{1}{\sqrt{L1xC1}}$$

เมื่อความถี่สูงวงจรจะไม่สามารถใช้สมการนี้ได้ แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อโครงงานเพราะความถี่ที่เราต้องการ คือ ช่วง 20-100 kHz ดังนั้นวงจรนี้จึงสามารถใช้ในการสร้างความถี่ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 ลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector)

ลูปเหนี่ยวนำจะทำหน้าที่เป็นอินพุตของวงจรกำเนิดความถี่ มีลักษณะเป็นเส้นลวดวงกลมซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 เมตร ถูกนำไปไว้ที่ใต้ถนนหรือบริเวณที่ทดสอบ โดยในหัวข้อนี้จะแบ่งการออกแบบออกเป็นสองส่วน ดังนี้

3.2.1 การหาค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำ

เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการจึงต้องทราบค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำ จากสมการ

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

โดยจะเลือกใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1 μF (C1) และตัวเหนี่ยวนำขนาด 100 μH (L1) ซึ่งตัวเหนี่ยวนำขนาด 100 μH (L1) นี้จะต่อขนานกับลูปเหนี่ยวนำ

เมื่อทำการแก้สมการแล้ว ความถี่ที่วัดได้จะมีค่าเท่ากับ 21.6 kHz (F) ดังนั้นจะสามารถทราบค่าความเหนี่ยวนำทั้งหมดได้ คือ

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

แก้สมการได้ $L_{รวม} = 54.34\ \mu H$ จะทราบความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำได้จาก

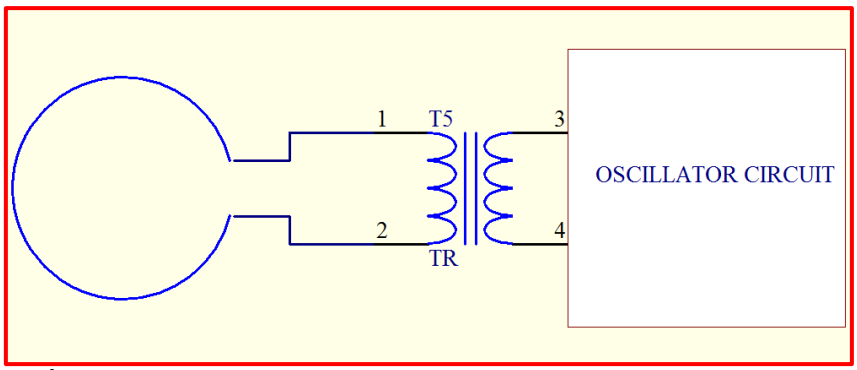
$$L_{รวม} = Loop\ //\ 100\ \mu H$$

ดังนั้นค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากับ 119.03 μH

3.2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า

ลูปเหนี่ยวนำที่ถูกติดตั้งไว้ใต้ถนนทำหน้าที่เป็นอินพุตของวงจร มีลักษณะเป็นโลหะชนิดหนึ่งเมื่อถูกวางไว้ในที่กลางแจ้งอย่างเช่น ถนนจะกลายเป็นสายล่อฟ้าได้เช่นกันและถ้าเกิดฟ้าผ่าที่ลูปเหนี่ยวนำจะส่งผลทำให้บอร์ดวงจรพังเสียหายได้ เพราะลูปเหนี่ยวนำมีการเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่โดยตรง จึงได้ออกแบบให้ลูปเหนี่ยวนำและบอร์ดวงจรไม่มีการเชื่อมต่อกันโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.3 การต่อลูปเหนี่ยวนำกับวงจรกำเนิดความถี่โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ด้านปฐมภูมิจะต่อกับลูปเหนี่ยวนำและด้านทุติยภูมิจะต่อกับวงจรกำเนิดความถี่ เมื่อมียานพาหนะมาผ่านหรือหยุดบนลูปเหนี่ยวนำจะทำให้ขดลวดของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิเหนี่ยวนำขดลวดของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิ ทำให้ความเหนี่ยวนำของวงจรเปลี่ยน ส่งผลให้ความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่เปลี่ยนไป

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เกิดจากการพันเส้นลวดรอบแกนเฟอร์ไรท์ โดยจะพันรอบด้านปฐมภูมิ 100 รอบ และด้านทุติยภูมิ 100 รอบ นั่นคือ หม้อแปลงจะมีอัตราส่วนเป็น 1:1 เพื่อที่จะให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นด้านทุติยภูมิ (ด้านวงจรกำเนิดความถี่) มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับด้านปฐมภูมิ (ด้านลูปเหนี่ยวนำ) เสมือนว่าลูปเหนี่ยวนำได้ต่อกับวงจรกำเนิดความถี่โดยตรง

3.3 สวิตช์ปรับความถี่ (Frequency Switch)

สวิตช์ปรับความถี่นี้ได้ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับเลือกความถี่ที่เหมาะสมให้กับวงจรกำเนิดความถี่ เนื่องจากบริเวณที่ตรวจวัดยานพาหนะอาจจะมีลูปเหนี่ยวนำหลายลูป ทำให้เกิดการรบกวนจากลูปเหนี่ยวนำข้างเคียงและความเหนี่ยวนำของแต่ละลูปจะไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงได้ออกแบบสวิตช์ปรับความถี่เพื่อให้ได้ความถี่ในช่วง 20-100 kHz และไม่รบกวนต่อลูปเหนี่ยวนำที่อยู่ข้างเคียง

เมื่อทราบค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำแล้ว จะทำการหาค่าตัวเก็บประจุภายในวงจรเพื่อให้ได้ความถี่ประมาณ 50 kHz จากสมการ

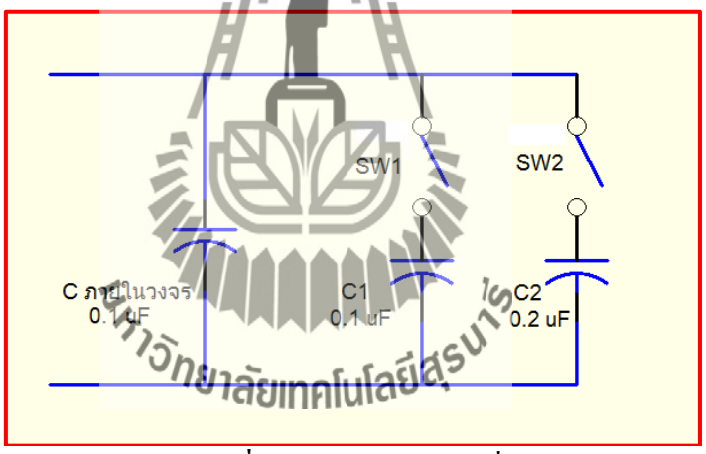
$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 119.03 µH ดังนั้นจะสามารถทราบค่าตัวเก็บประจุได้ คือ

$$C = \left(\frac{1}{2\pi F\sqrt{L}}\right)^2$$

เมื่อแก้สมการแล้วจะได้ค่าตัวเก็บประจุเท่ากับ 0.085 µF จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุ(C1) ขนาด 0.1 µF ในวงจรกำเนิดความถี่

หลักการที่ใช้ในการปรับเลือกความถี่จะใช้การเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุภายในวงจรกำเนิดความถี่ เมื่อค่าของตัวเก็บประจุเปลี่ยนไปจะส่งผลให้ความถี่ที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่เปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน



รูปที่ 3.4 สวิตช์ปรับความถี่

จากรูปจะเห็นว่า ตัวเก็บประจุที่อยู่กับวงจรมีขนาด 0.1 µF ทำให้วงจรกำเนิดความถี่ได้เพียงความถี่เดียว แต่เมื่อเพิ่มตัวเก็บประจุขนาด 0.1 µF และ 0.2 µF เข้าไปในวงจรกำเนิดความถี่โดยการต่อแบบขนานกับตัวเก็บประจุในวงจร โดยควบคุมการ ปิด-เปิด วงจรด้วยสวิตช์สองตัว เมื่อทำการปรับสวิตช์ดังกล่าวจะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

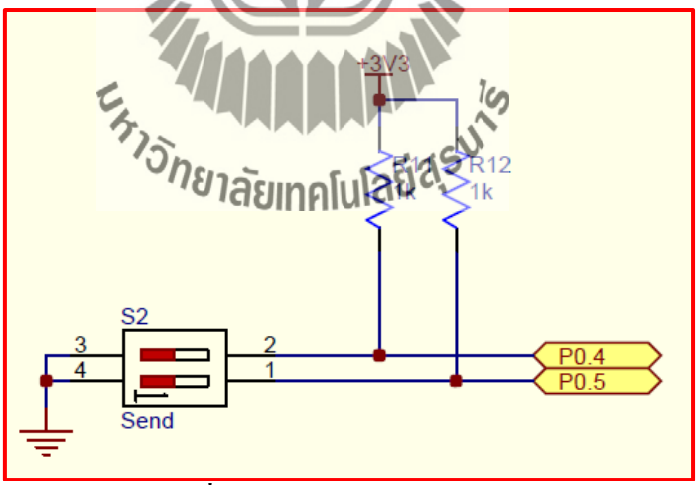
ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบเมื่อทำการปรับสวิตช์

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

3.4 ส่วนที่ใช้รองรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4.1 สวิตช์ปรับความไว

นอกจากการเลือกความถี่ในการตรวจวัดยานพาหนะแล้ว การเลือกค่าความไวของการตรวจวัดยานพาหนะก็สำคัญเช่นเดียวกันเพราะการเลือกความไวในการตรวจวัดนั้นควรจะเลือกค่าที่เหมาะสมกับการนำไปตัดสินใจว่ามียานพาหนะหยุดอยู่บนลูปเหนี่ยวนำหรือไม่จะทำการออกแบบสวิตช์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำไปวิเคราะห์และสร้างเงื่อนไขในการเลือกความไวในการตัดสินใจ

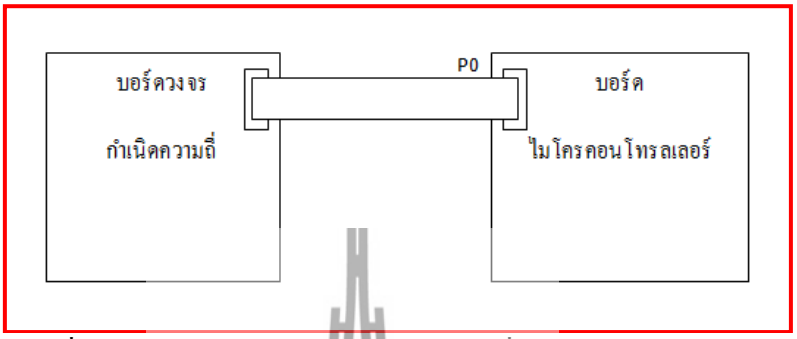


รูปที่ 3.5 วงจรสวิตช์ปรับความไว

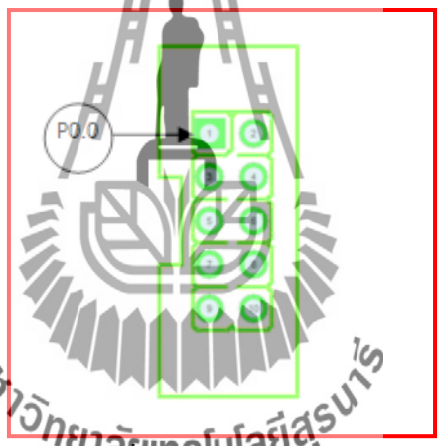
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4.2 IDC Connector

การเชื่อมต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ จำเป็นต้องมีสื่อกลางในการเชื่อมต่อ สำหรับบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่นี้ จะใช้ IDC Connector ในการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



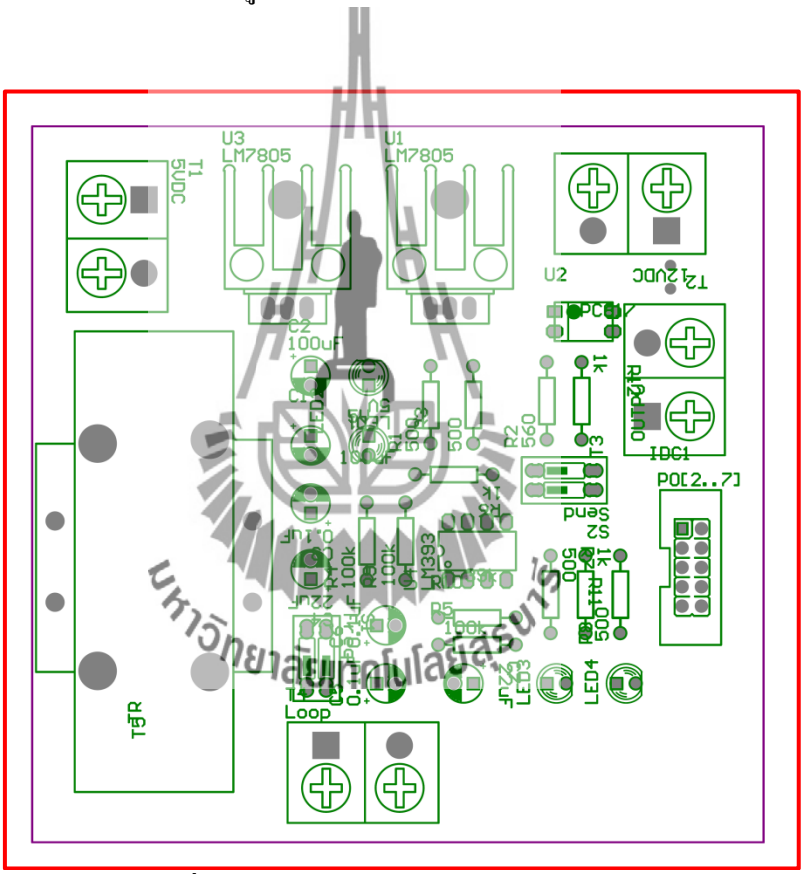
รูปที่ 3.7 IDC Connector

การเชื่อมต่อของพอร์ตระหว่างระหว่างบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้

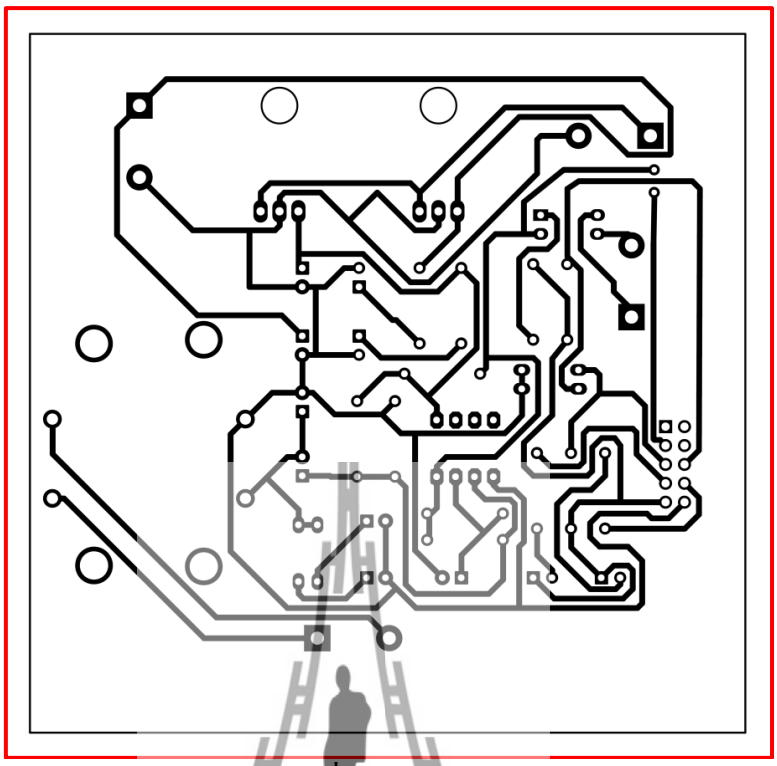
P0.2	เป็น	เอาท์พุตของวงจรกำเนิดความถี่
P0.4	เป็น	สวิตช์ปรับความไวตัวที่ 1
P0.5	เป็น	สวิตช์ปรับความไวตัวที่ 2
P0.6	เป็น	LED แสดงสถานะการใช้งาน ตัวที่ 1
P0.7	เป็น	LED แสดงสถานะการใช้งาน ตัวที่ 2

3.5 การออกแบบระบบรวม

วงจรกำเนิดความถี่จะต่อกับลูปเหนี่ยวนำซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำในวงจร เมื่อใดที่ลูปเหนี่ยวนำมีค่าเปลี่ยนไป (มียานพาหนะมาผ่านหรือหยุดอยู่บนลูปเหนี่ยวนำ) จะทำให้วงจรกำเนิดความถี่สร้างความถี่ที่เปลี่ยนไปจากความถี่เดิมและนำเอาความถี่ที่ได้ไปวิเคราะห์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตัดสินใจว่าขณะนั้นมียานพาหนะหรือไม่มียานพาหนะหยุดอยู่บนลูปเหนี่ยวนำ บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่สามารถปรับความถี่ด้วยสวิตช์ได้ 4 ระดับ และปรับความไวในการตรวจวัดยานพาหนะได้ 4 ระดับ เช่นเดียวกันเมื่อนำวงจรดังกล่าวไปออกแบบด้วยโปรแกรม Protel99SE จะได้ลายวงจร PCB ดังรูป

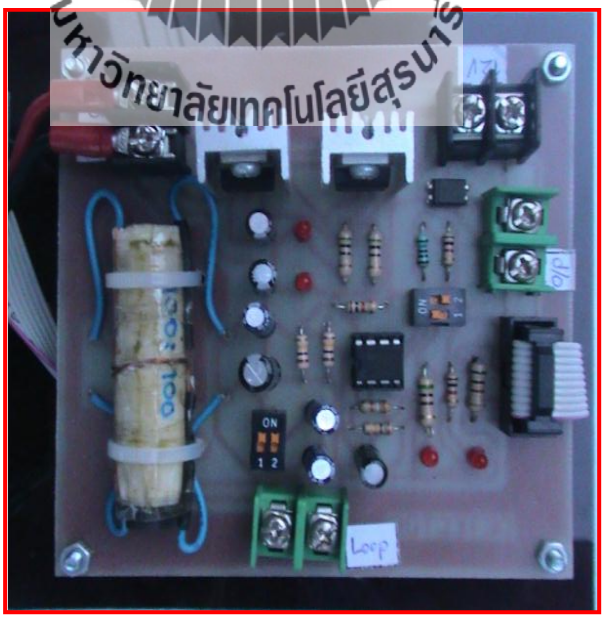


รูปที่ 3.8 ตำแหน่งอุปกรณ์บนบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่



รูปที่ 3.9 ลายวงจร

นำลายวงจรไปสร้างเป็นแผ่น PCB และนำอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้ออกแบบมาลงแผ่น PCB จะได้บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ ดังรูป



รูปที่ 3.10 บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่

บทที่ 4
การทดสอบ

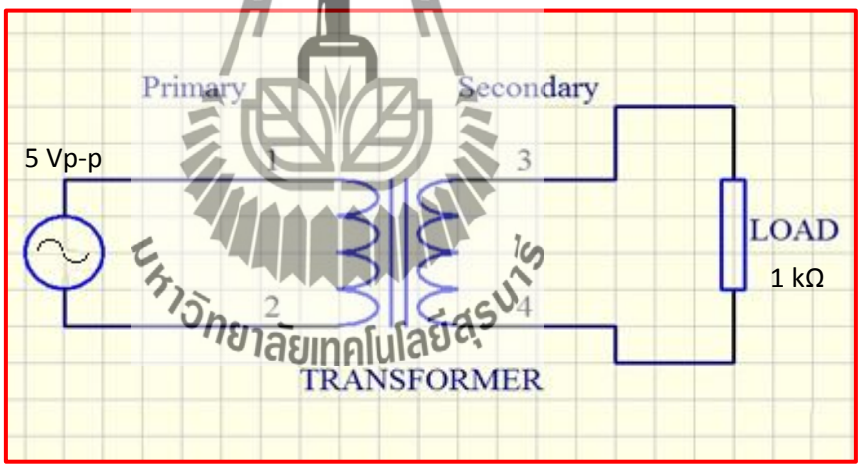
4.1 การทดสอบความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลง

ในขั้นตอนนี้ เราจะนำขดลวดทองแดงมาพันรอบแกนเฟอร์ไรท์หรือนำหม้อแปลงสำเร็จรูปมาทดลองหาความถี่เรโซแนนซ์ที่ใกล้เคียงกับความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่ โดยการทดสอบมีดังนี้

ขั้นตอนการทดลอง

4.1.1 ต่อหม้อแปลงเข้ากับอินพุตและโหลด

ในขั้นแรกเราจะใช้ Function Generator จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับด้วยแรงดัน 5 Vp-p เข้ากับด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง แล้วใช้ตัวต้านทาน 1 kΩ มาเป็นโหลด ซึ่งจะต่อเข้ากับด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ดังภาพต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 การทดสอบหม้อแปลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ต่อมาเราจะใช้ Function Generator ป้อนสัญญาณความถี่ต่างๆ ให้กับด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง โดยจะป้อนความถี่ตั้งแต่ 1 – 100 kHz เพื่อที่จะหาว่าความถี่ที่อยู่ในช่วงใดเป็นความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลง

รูปที่ 4.2 การทดลองหม้อแปลงด้วยความถี่ต่างๆ

4.1.2 วิเคราะห์ผลจากแรงดันเอาท์พุต

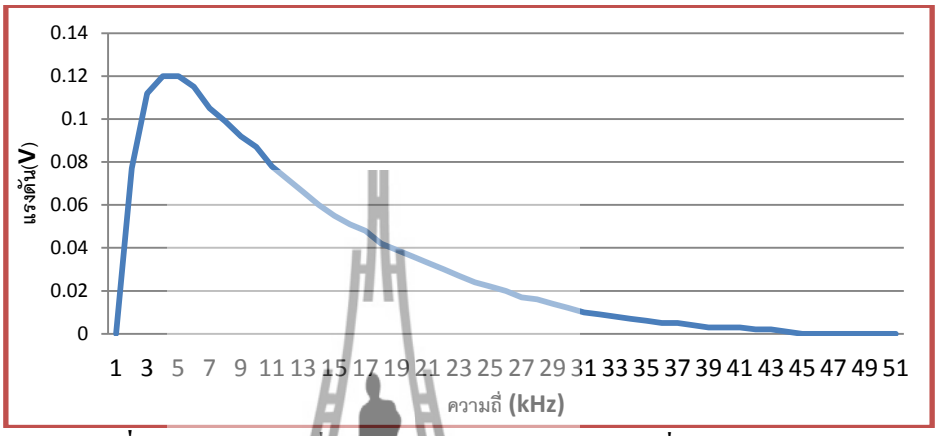
เมื่อป้อนความถี่ต่างๆ ให้กับหม้อแปลงแล้ว ต่อมาจะมาวิเคราะห์ว่าแรงดันเอาท์พุตที่แต่ละความถี่เป็นเท่าไร โดยจะทำการวัดค่าแรงดันของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิ แล้วเราจะทราบได้ว่าช่วงความถี่ที่แรงดันเอาท์พุตมากที่สุด ความถี่ช่วงนั้นก็คือความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลงนั่นเอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.3 ผลการทดสอบ

หม้อแปลงตัวที่ 1 (1:3)

เมื่อต่อโหลดด้วย ตัวต้านทาน 1 kΩ ป้อนอินพุตด้วยความถี่ต่างๆ แล้ววัดแรงดันตกคร่อมที่โหลด ซึ่งจำนวนรอบในการพันขดลวดเท่ากับ 100 : 300 รอบ จะได้ผลดังกราฟ

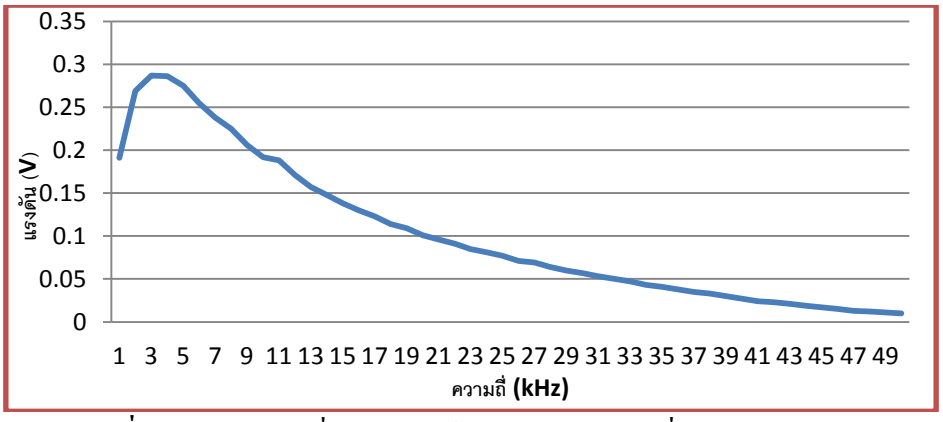


รูปที่ 4.3 กราฟความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลงตัวที่ 1 (1:3)

จะเห็นว่าหม้อแปลงตัวที่ 1 มีความถี่เรโซแนนซ์อยู่ที่ประมาณ 5 kHz

หม้อแปลงตัวที่ 2 (1:6)

เมื่อต่อโหลดด้วย ตัวต้านทาน 1 kΩ ป้อนอินพุตด้วยความถี่ต่างๆ แล้ววัดแรงดันตกคร่อมที่โหลด ซึ่งจำนวนรอบในการพันขดลวดเท่ากับ 100: 600 รอบ จะได้ผลดังกราฟ

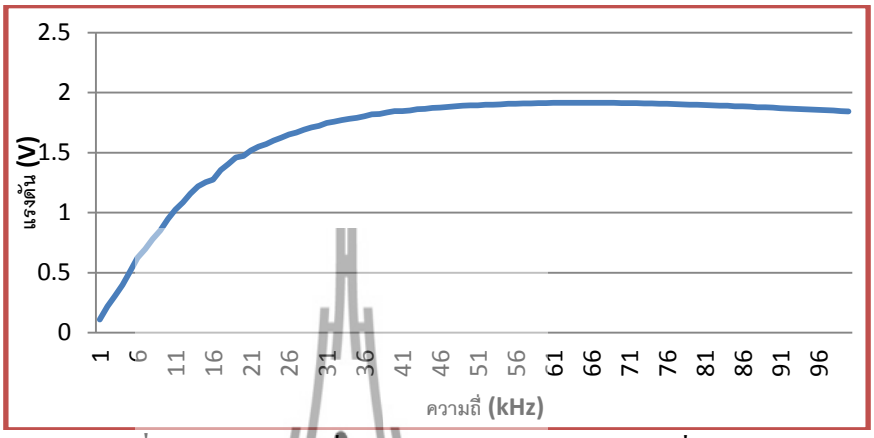


รูปที่ 4.4 กราฟความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลงตัวที่ 2 (1:6)

จะเห็นว่าหม้อแปลงตัวที่ 2 มีความถี่เรโซแนนซ์อยู่ที่ประมาณ 3 kHz

หม้อแปลงตัวที่ 3 (1:1)

เมื่อต่อโหลดด้วยตัวต้านทาน 1 kΩ ป้อนอินพุตด้วยความถี่ต่างๆ แล้ววัดแรงดันตกคร่อมที่โหลด ซึ่งจำนวนรอบในการพันขดลวดเท่ากับ 150 : 150 รอบ จะได้ผลดังกราฟ

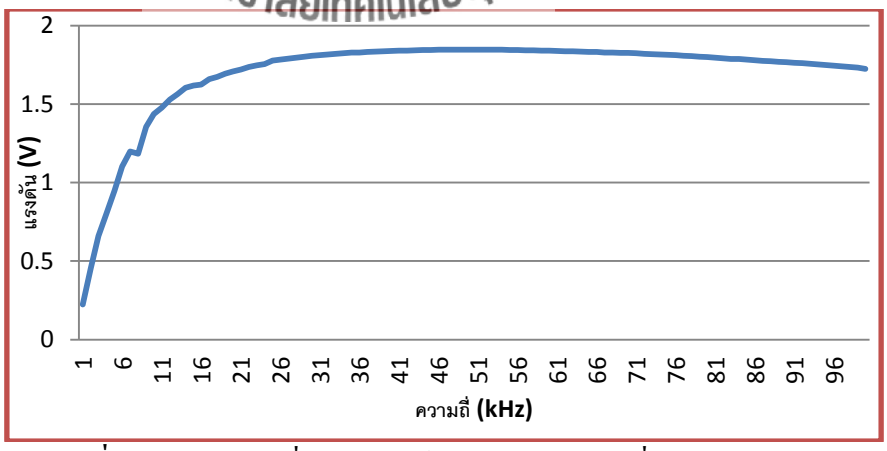


รูปที่ 4.5 กราฟความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลงตัวที่ 3 (1:1)

จะเห็นว่าหม้อแปลงตัวที่ 3 มีความถี่เรโซแนนซ์อยู่ในช่วง 25-100 kHz

หม้อแปลงตัวที่ 4 (1:1)

เมื่อต่อโหลดด้วย ตัวต้านทาน 1 kΩ ป้อนอินพุตด้วยความถี่ต่างๆ แล้ววัดแรงดันตกคร่อมที่โหลด ซึ่งจำนวนรอบในการพันขดลวดเท่ากับ 100 : 100 รอบ จะได้ผลดังกราฟ



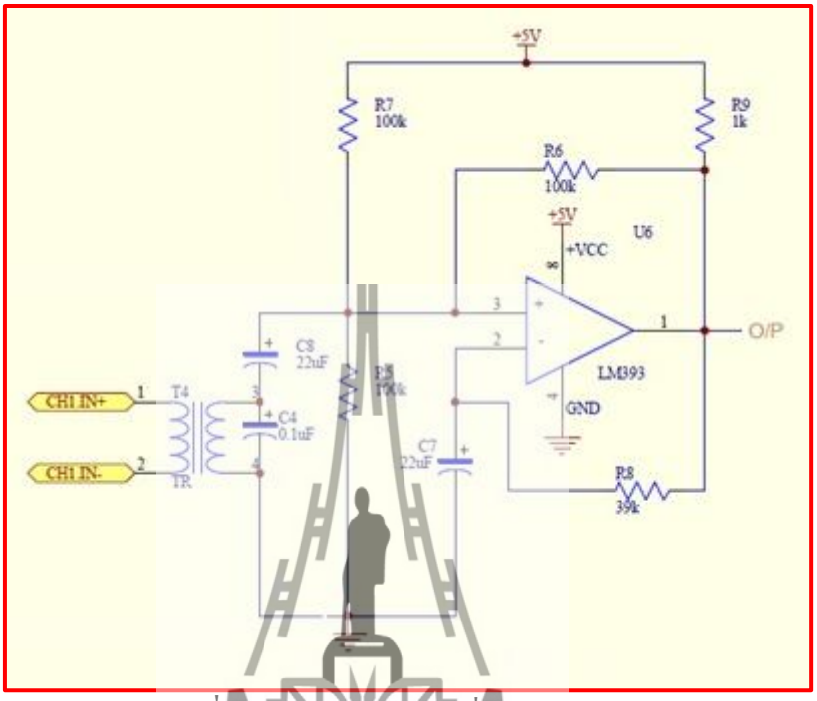
รูปที่ 4.6 กราฟความถี่เรโซแนนซ์ของหม้อแปลงตัวที่ 4 (1:1)

จะเห็นว่าหม้อแปลงตัวที่ 4 มีความถี่เรโซแนนซ์อยู่ในช่วง 15-100 kHz

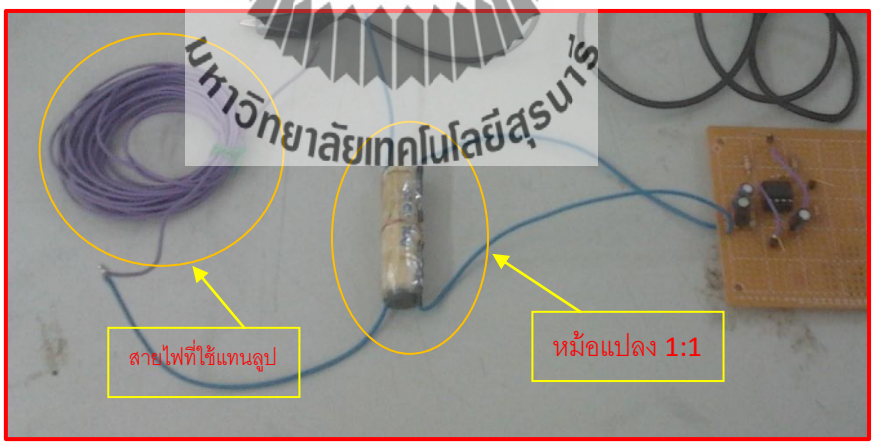
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 การทดสอบวงจรกำเนิดความถี่ในห้องปฏิบัติการ

4.2.1 ทดสอบวงจรบอร์ดทดลองโดยใช้สายไฟแทนลูปเหนี่ยวนำ



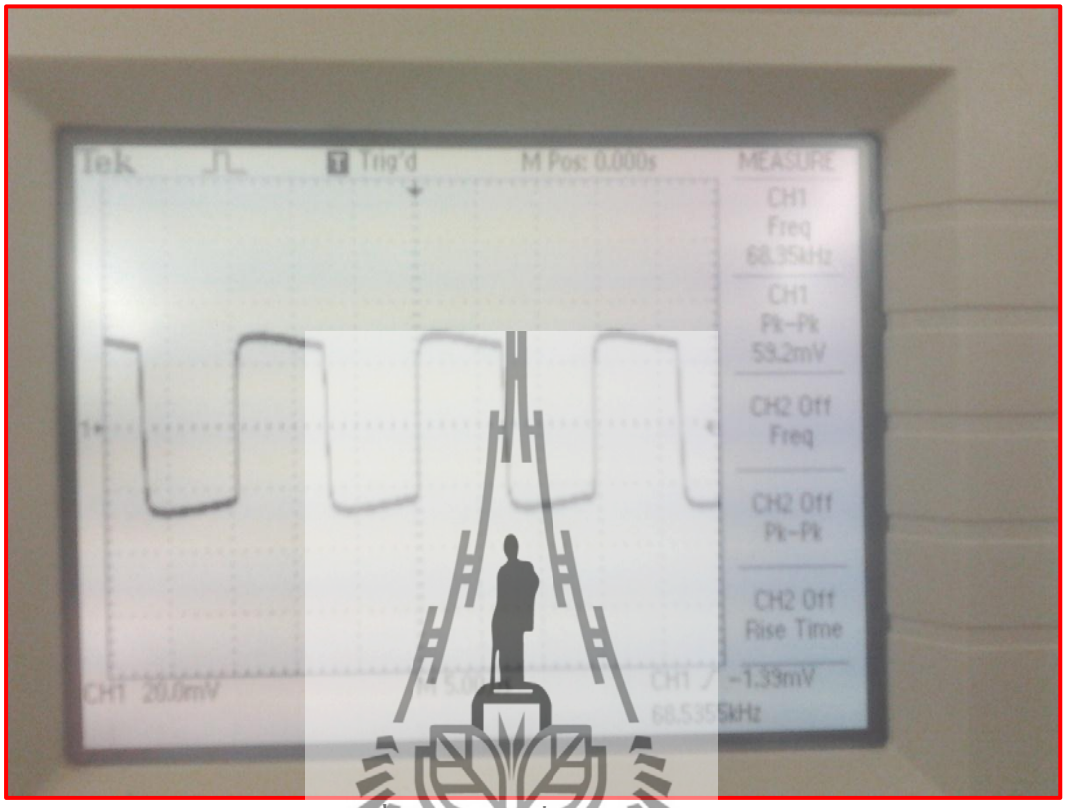
รูปที่ 4.7 วงจรกำเนิดความถี่และหม้อแปลง



รูปที่ 4.8 บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่และหม้อแปลงบนบอร์ดทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อทดสอบโดยใช้ Oscilloscope วัดความถี่ที่เอาท์พุตจะได้ความถี่ 68.35 kHz

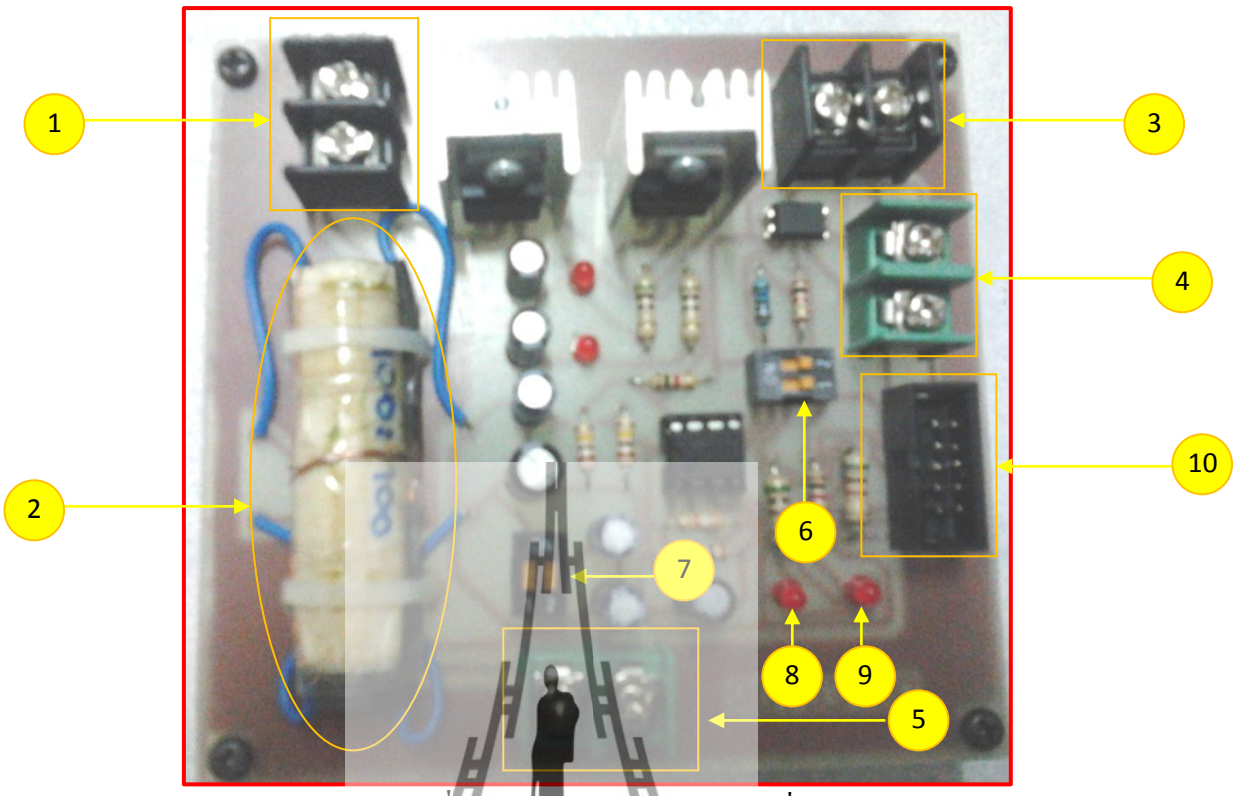


รูปที่ 4.9 วัดความถี่โดยใช้ Oscilloscope

เมื่อนำโลหะมาวางใกล้ๆ สายไฟ (ที่ใช้แทนลูปเหนี่ยวนำ) วงจรสามารถกำเนิดความถี่ได้ 70.25 kHz ซึ่งมีความต่างระหว่างความถี่ปกติกับความถี่ตอนมีโลหะอยู่ใกล้ๆ ลูปเหนี่ยวนำเท่ากับ 2.78% ดังนั้นวงจรนี้สามารถกำเนิดความถี่ที่เปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีโลหะมาอยู่ใกล้สายไฟ

4.2.2 ทดสอบบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่โดยใช้ตัวเหนี่ยวนำแทนลูปเหนี่ยวนำ

หลังจากที่ทดสอบวงจรโดยใช้บอร์ดทดลองจะเห็นว่าวงจรสามารถกำเนิดความถี่ได้ในช่วงที่ต้องการ และมีความแตกต่างของความถี่อยู่ในช่วงที่สามารถตัดสินใจได้ว่ามีโลหะมาอยู่ใกล้สายไฟ เมื่อนำวงจรมาออกแบบโดยใช้โปรแกรม Protel99SE เพื่อสร้างแผ่น PCB จะได้บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ดังรูป



รูปที่ 4.10 บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่

ส่วนประกอบของบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่

หมายเลข 1	คือ	Connector แหล่งจ่ายไฟ DC 5 V
หมายเลข 2	คือ	หม้อแปลง
หมายเลข 3	คือ	Connector แหล่งจ่ายไฟ DC 12 V
หมายเลข 4	คือ	Output
หมายเลข 5	คือ	Connector ต่อลูปเหนี่ยวนำ
หมายเลข 6	คือ	สวิตช์ปรับความไว
หมายเลข 7	คือ	สวิตช์ปรับความถี่
หมายเลข 8	คือ	LED แสดงสถานะการตรวจวัดพบยานพาหนะ
หมายเลข 9	คือ	LED แสดงสถานะการทำงาน
หมายเลข 10	คือ	พอร์ตเชื่อมต่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทดสอบบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่โดยใช้ตัวเหนี่ยวนำขนาด 470 µH แทนลูปเหนี่ยวนำ แล้วใช้ Frequency Counter ในการวัดความถี่จะได้ผลการทดสอบดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงสถานะของสวิตช์และความถี่ที่วัดได้จาก Frequency Counter

Switch ตัวที่ 1	Switch ตัวที่ 2	ความถี่ (kHz)
เปิด	เปิด	23.22
เปิด	ปิด	13.41
ปิด	เปิด	16.42
ปิด	ปิด	11.61

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3 การทดสอบบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ที่ลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector)

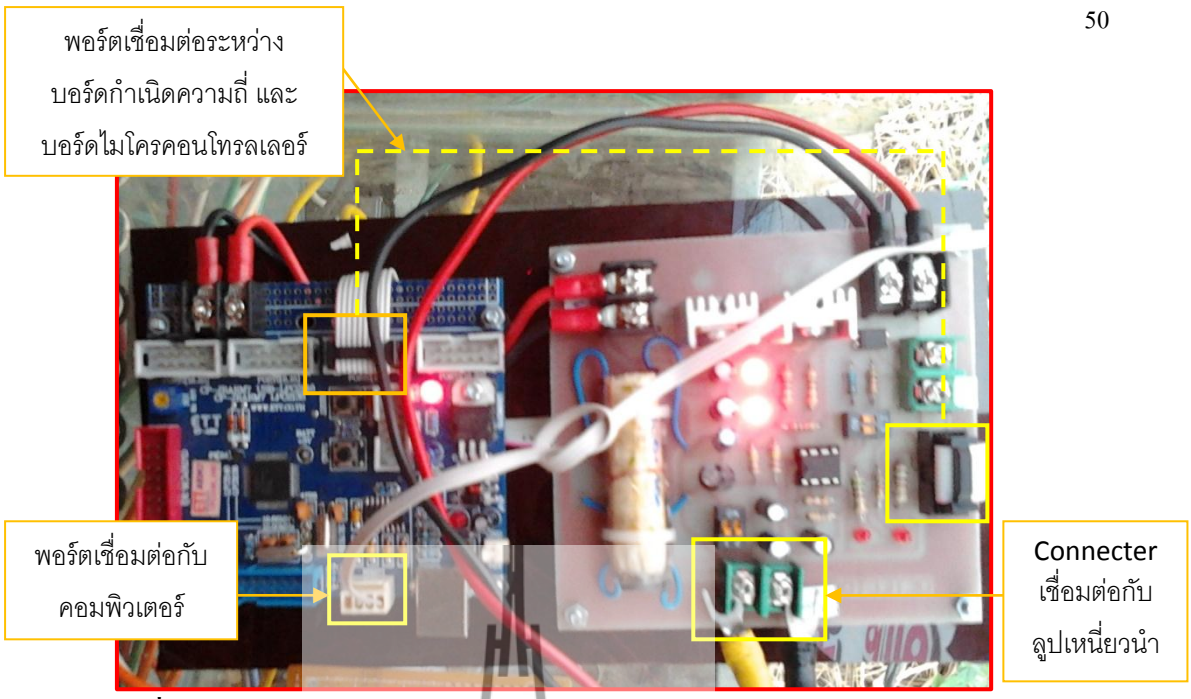
รูปที่ 4.11 ลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector)

ลูปเหนี่ยวนำจะทำหน้าที่เป็นอินพุตของวงจรกำเนิดความถี่ มีลักษณะเป็นเส้นลวดวงกลมซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 เมตร มีค่าความเหนี่ยวนำเท่ากับ 119.03 μH นำไปติดตั้งไว้ใต้ถนนหรือบริเวณที่ทดสอบ

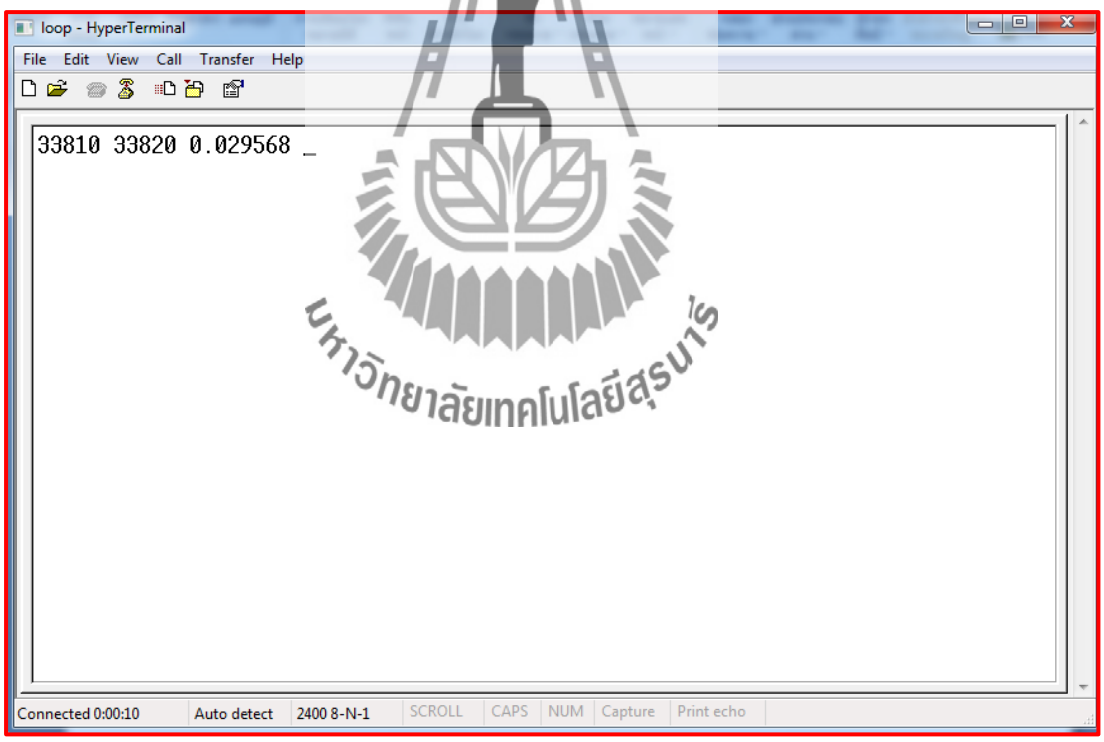
เมื่อทดสอบบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่ในห้องปฏิบัติการแล้ว ได้ผลการทดสอบตามที่คาดหวังไว้ จึงนำบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่นี้มาทดสอบกับลูปเหนี่ยวนำ (Loop Detector) เพื่อทดสอบการใช้งานจริงของบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่และปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำงานของบอร์ด

4.3.1 การทดสอบการเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรม Hyper Terminal

บอร์ดวงจรกำเนิดความถี่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการนับความถี่และแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Hyper Terminal



รูปที่ 4.12 การเชื่อมต่อบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.13 การเชื่อมต่อ Hyper Terminal

จากรูปจะเห็นว่าบอร์ดวงจรกำเนิดความถี่สามารถเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทาง Hyper Terminal ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.2 การทดสอบการตรวจวัดยานพาหนะ

จากการทดสอบวงจรกำเนิดความถี่ขณะที่ทำการเชื่อมต่อเข้ากับลูปเหนี่ยวนำขนาดขนาด 119.03 μH ความถี่ที่ได้จากการปรับสวิตช์ทั้ง 4 ระดับ คือ

1. เปิด-เปิด (00) จะได้ความถี่ประมาณ 48.85 kHz
2. เปิด-ปิด (01) จะได้ความถี่ประมาณ 33.98 kHz
3. ปิด-เปิด (10) จะได้ความถี่ประมาณ 26.26 kHz
4. ปิด-ปิด (11) จะได้ความถี่ประมาณ 22.86 kHz

จากการทดสอบที่สวิตช์ปรับความถี่ทั้ง 4 กรณี ในการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์จะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการตรวจวัดประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล

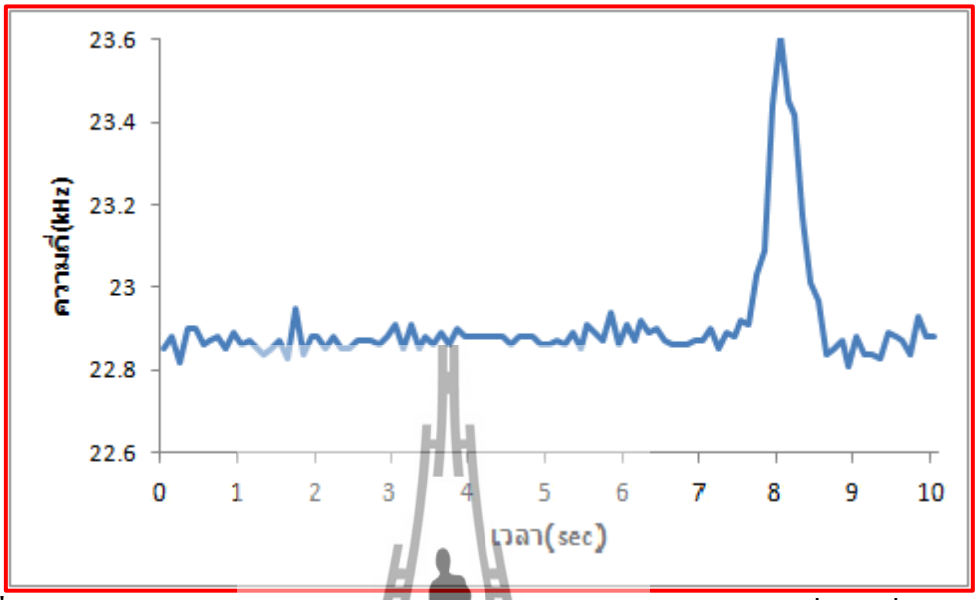
ความถี่ตอนไม่มียานพาหนะ (kHz)	ความถี่เมื่อมียานพาหนะ (kHz)	ค่าผลต่างของความถี่ (%)
22.86	23.01-23.61	0.65-3.28
26.26	26.4-26.91	0.53-2.47
33.98	34.19-34.56	0.62-1.71
48.85	49.14-50.02	0.59-2.4

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการตรวจวัดประเภทรถจักรยานยนต์

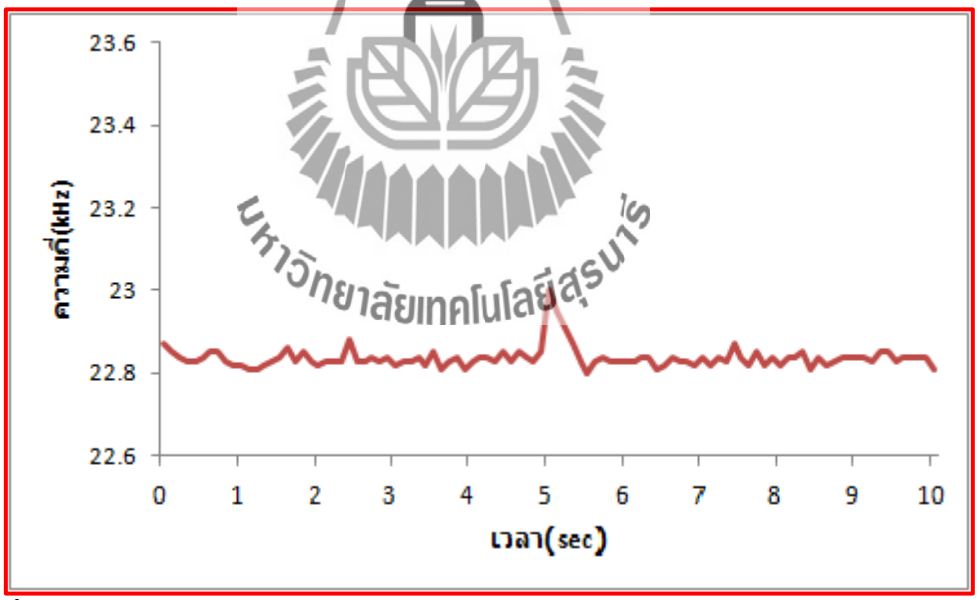
ความถี่ตอนไม่มียานพาหนะ (kHz)	ความถี่เมื่อมียานพาหนะ (kHz)	ค่าผลต่างของความถี่ (%)
22.81	22.91-23.00	0.44-0.83
26.26	26.35-26.41	0.34-0.57
33.95	34.13-34.19	0.53-0.71
48.85	49.10-49.18	0.51-0.67

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การตรวจวัดยานพาหนะที่ความถี่ 22.86 kHz สามารถแสดงได้ดังกราฟต่อไปนี้



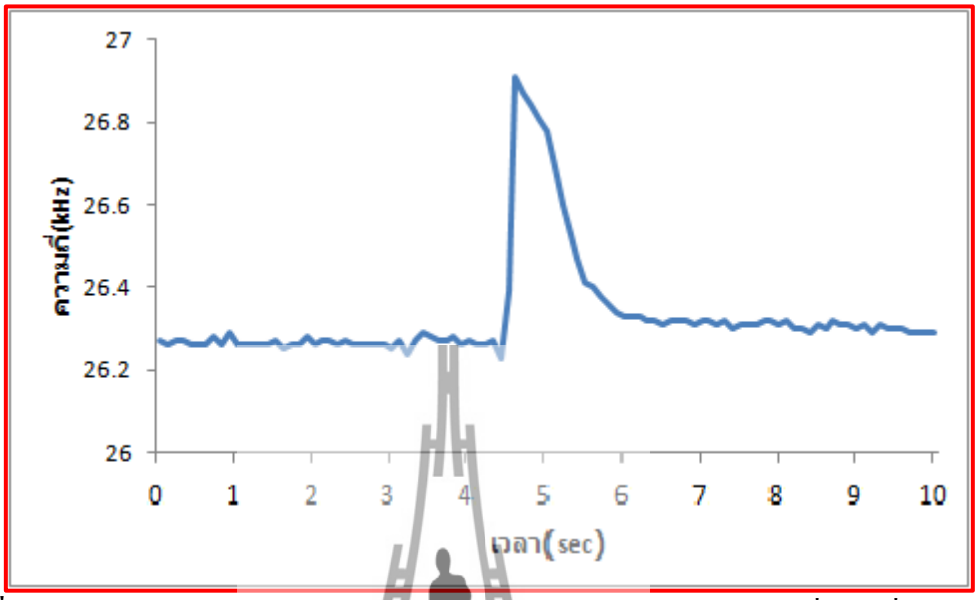
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลที่ความถี่ 22.86 kHz



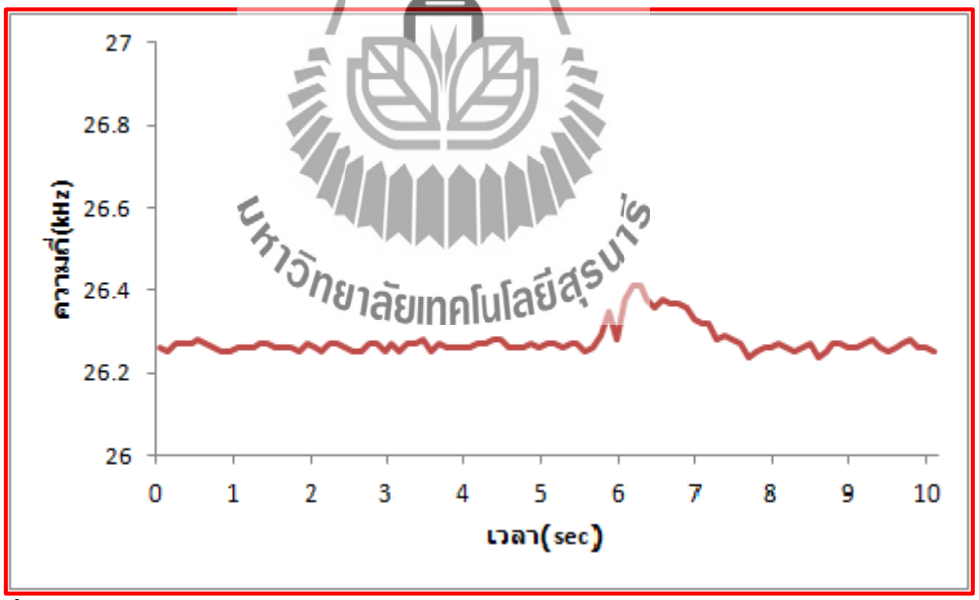
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่ความถี่ 22.86 kHz

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การตรวจวัดยานพาหนะที่ความถี่ 26.26 kHz สามารถแสดงได้ดังกราฟต่อไปนี้



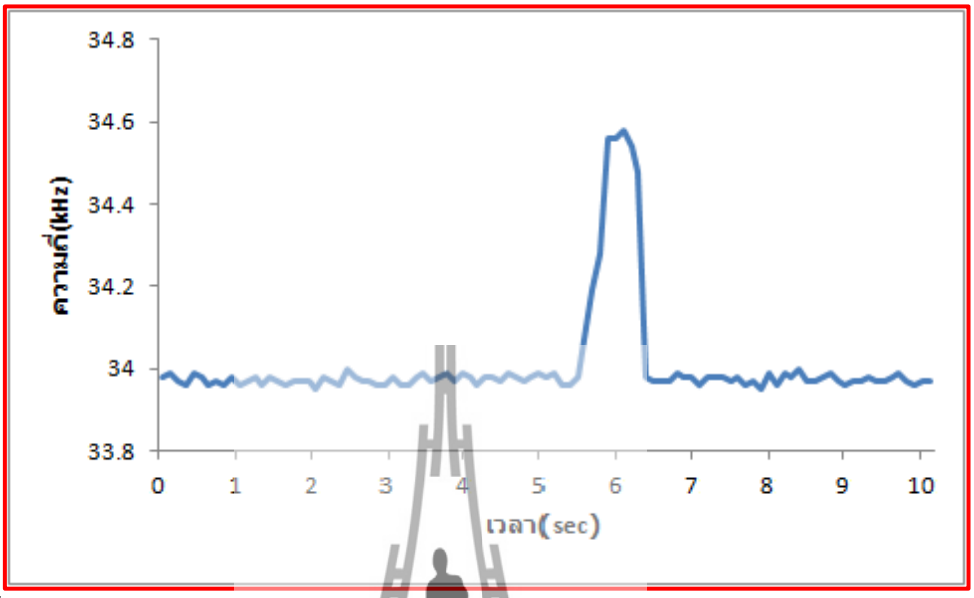
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลที่ความถี่ 26.26 kHz



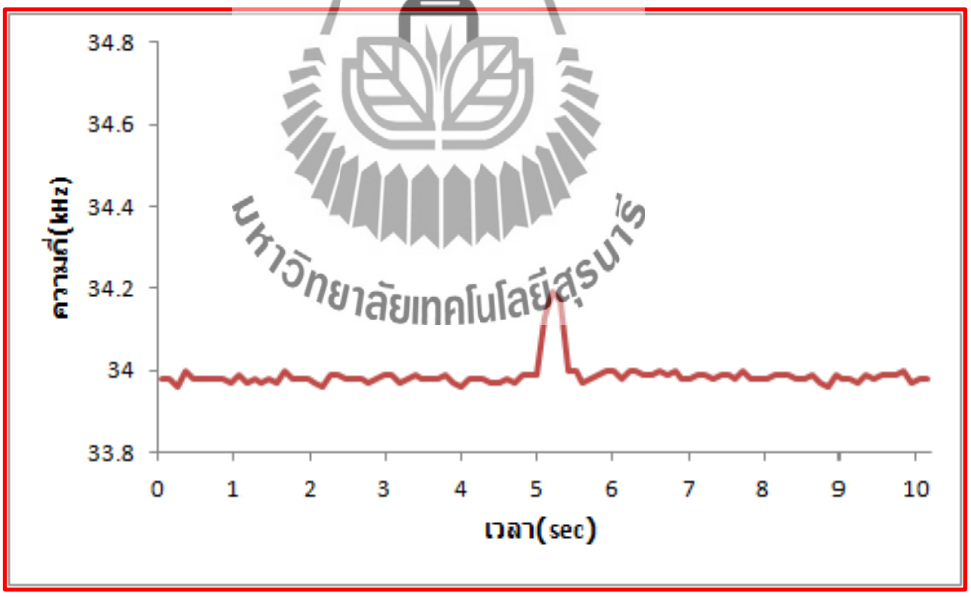
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่ความถี่ 26.26 kHz

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การตรวจวัดยานพาหนะที่ความถี่ 33.98 kHz สามารถแสดงได้ดังกราฟต่อไปนี้



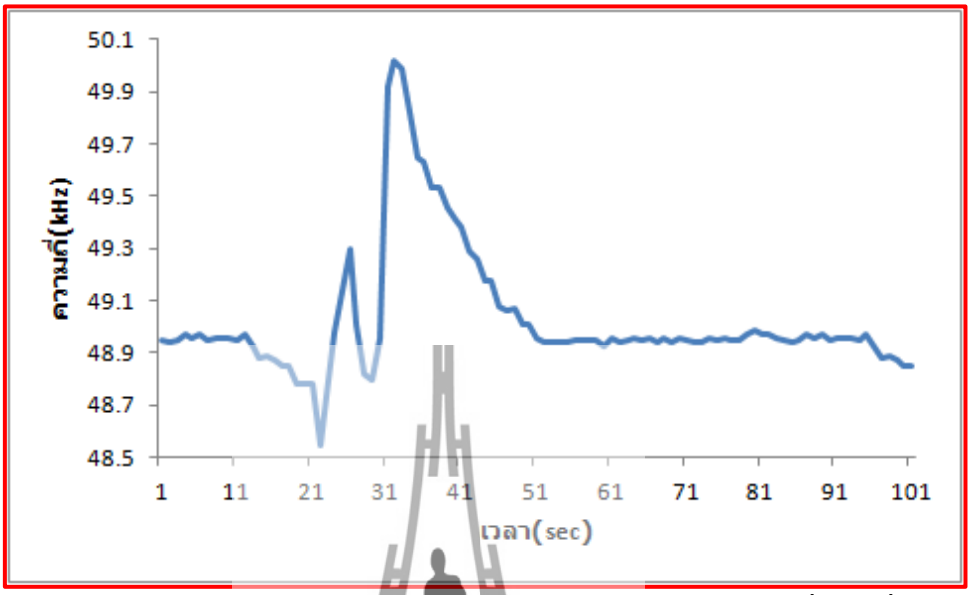
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลที่ความถี่ 33.98 kHz



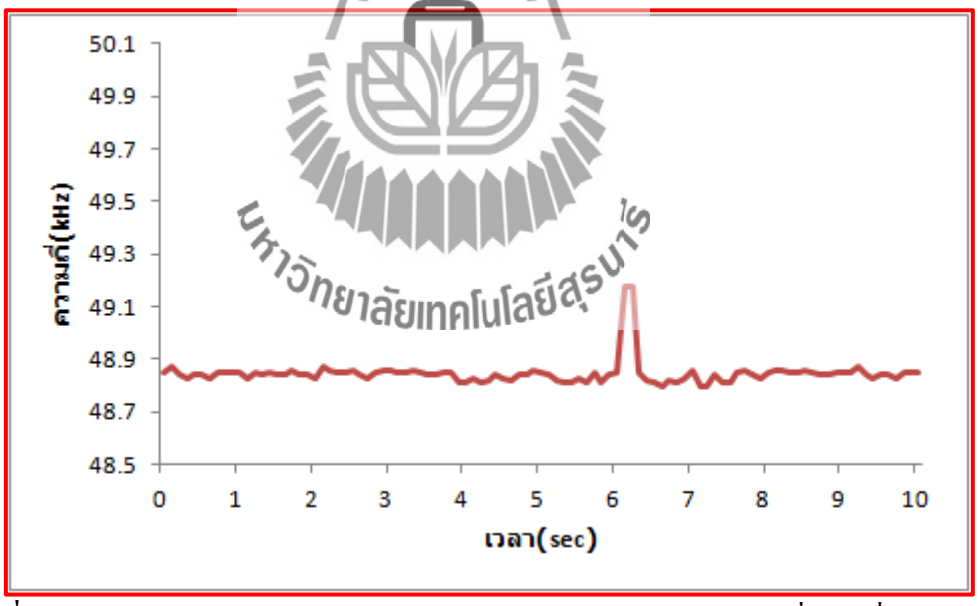
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่ความถี่ 33.98 kHz

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การตรวจวัดยานพาหนะที่ความถี่ 48.85 kHz สามารถแสดงได้ดังกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลที่ความถี่ 48.85 kHz



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงผลการตรวจวัดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่ความถี่ 48.85 kHz

บทที่ 5
สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

โครงงานวงจรกำเนิดความถี่สำหรับการตรวจวัดยานพาหนะ เป็นส่วนหนึ่งของโครงงานการตรวจจับยานพาหนะ โดยวงจรกำเนิดความถี่นี้จะส่งความถี่ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปใช้ในการตรวจวัดยานพาหนะมีประโยชน์ คือ ผู้ทดสอบสามารถทราบได้ว่ามีรถหยุดหรือผ่านที่จุดทดสอบและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ตัวอย่างเช่น การนำไปใช้บริเวณสี่แยกไฟสัญญาณจราจรเพื่อควบคุมทำงานของไฟสัญญาณจราจรให้สอดคล้องกับยานพาหนะบนท้องถนน เป็นต้น

จากการทดสอบของโครงงานวงจรกำเนิดความถี่สำหรับการตรวจวัดยานพาหนะสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการตรวจวัดยานพาหนะ

ความถี่ (kHz)	รถยนต์ส่วนบุคคล		รถจักรยานยนต์	
	ทั้งหมด	ตรวจวัดได้	ทั้งหมด	ตรวจวัดได้
48.85	7 คัน	7 คัน	4 คัน	3 คัน
33.98	7 คัน	7 คัน	4 คัน	2 คัน
26.26	7 คัน	7 คัน	4 คัน	2 คัน
22.86	7 คัน	7 คัน	4 คัน	1 คัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางสรุปผลการตรวจวัดยานพาหนะสามารถสรุปได้ว่า วงจรกำเนิดความถี่สามารถเลือกความถี่ได้ 4 ระดับ ซึ่งทุกระดับสามารถตรวจวัดยานพาหนะได้ แต่ความสามารถในการตรวจวัดก็มีข้อจำกัด คือ ในกรณีรถจักรยานยนต์ไม่สามารถตรวจวัดได้ทั้งหมดเนื่องจากรถจักรยานยนต์นั้นมีส่วนประกอบที่เป็นโลหะน้อย ทำให้ค่าความเหนี่ยวนำของลูปเหนี่ยวนำเปลี่ยนไปน้อยส่งผลให้ความถี่ที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่เปลี่ยนไปน้อยด้วย ซึ่งถ้าความถี่ที่เปลี่ยนไปมีค่าน้อย ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ว่าขณะนั้นมียานพาหนะมาหยุดหรือผ่านจุดที่ทดสอบ และในทางเดียวกันเมื่อเลือกใช้ความถี่ต่ำความสามารถในการตรวจวัดยานพาหนะก็จะลดลงไปด้วย

ปัญหาและอุปสรรค

1. เมื่อมีรถจักรยานยนต์ผ่านที่จุดตรวจวัด บางครั้งก็ไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากรถจักรยานยนต์มีส่วนประกอบที่เป็นโลหะน้อย ส่งผลให้ความถี่ที่เปลี่ยนไปนั้นมีค่าน้อยด้วย ดังนั้นจึงเลือกใช้ความถี่ที่เหมาะสมในการใช้งานโดยใช้สวิตช์ปรับความถี่
2. ความถี่เริ่มต้นที่ได้จากการทดสอบแต่ละครั้งอาจไม่เท่ากันเนื่องจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีความไวต่ออุณหภูมิและความชื้น
3. การติดตั้งลูปเหนี่ยวนำต้องมีการกัดผิวถนน จึงต้องมีการปิดการจราจรขณะติดตั้งและซ่อมแซมซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยาก
4. เนื่องจากสถานที่ที่ทำการทดสอบนั้นมียานพาหนะสัญจรไปมาเป็นจำนวนมาก การทดสอบและเก็บผลการทดลองจึงต้องทำด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง

สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงงาน

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการตรวจวัดยานพาหนะในปัจจุบัน
2. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการสร้างลายวงจรโดยใช้โปรแกรม Protel99SE
3. ได้รับความรู้เรื่องการทำแผ่นวงจร PCB
4. ได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น
5. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีมาปฏิบัติได้จริง
6. ได้อุปกรณ์ตรวจวัดยานพาหนะที่ใช้ประโยชน์ได้จริง
7. สามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือศึกษาต่อเพื่อนำไปพัฒนาให้เกิดอุปกรณ์ที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

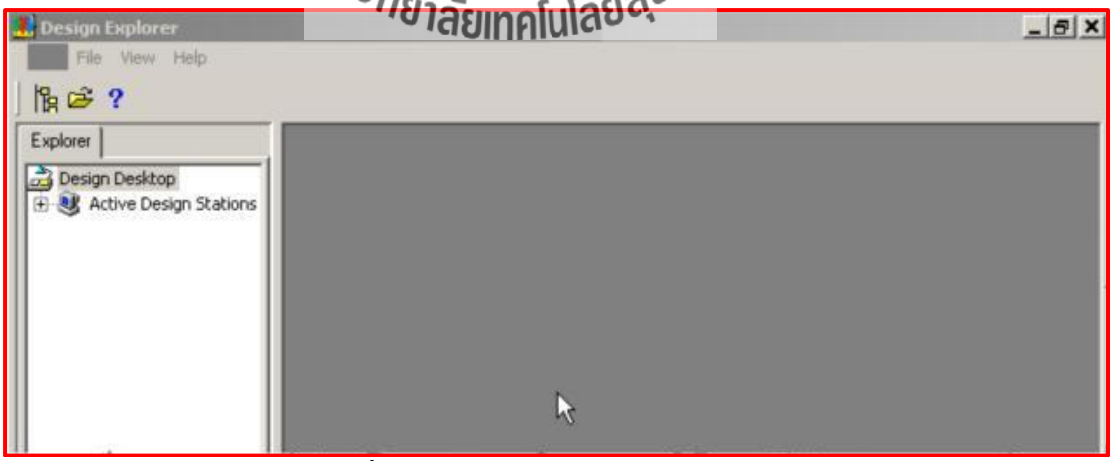
โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบวงจรเพื่อสร้างแผ่นปริ้นท์ หรือแผ่น PCB(Printed Circuit Board)จะใช้โปรแกรม Protel99SE ในการออกแบบวงจรกำเนิดความถี่นี้

รูปที่ 5.1 โปรแกรม Protel99SE

การสร้าง schematic

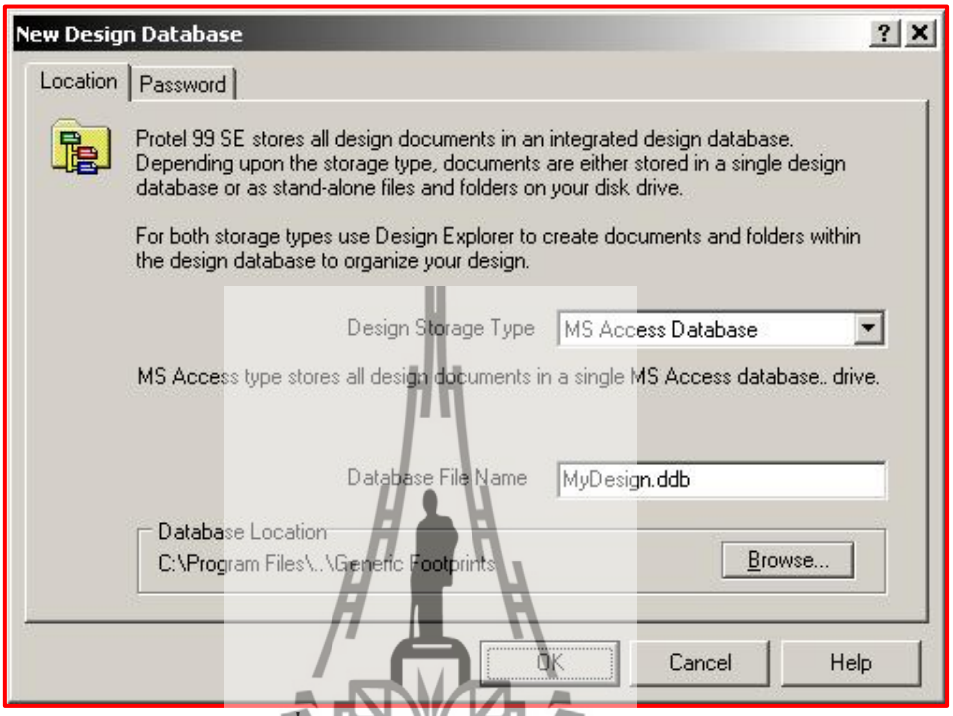
เมื่อเรียกใช้โปรแกรม Protel99SE จะมีลักษณะดังรูป



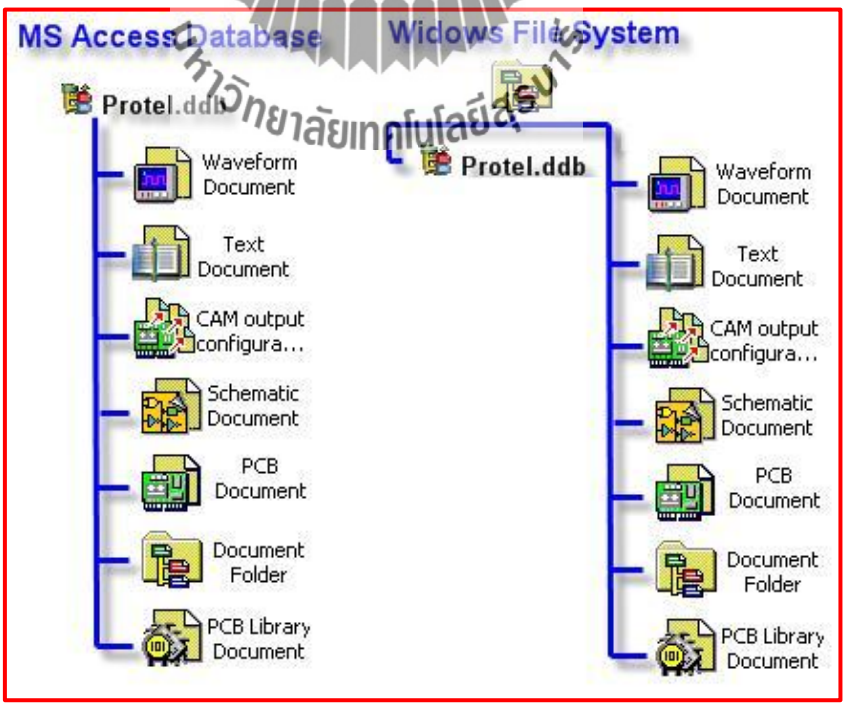
รูปที่ 5.2 เริ่มใช้งานโปรแกรม Protel99SE

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทำการสร้าง Project ขึ้นใหม่โดยเลือกที่ File>>New [F,N]จะปรากฏหน้าต่าง NewDesign Database



รูปที่ 5.3 หน้าต่าง New Design Database

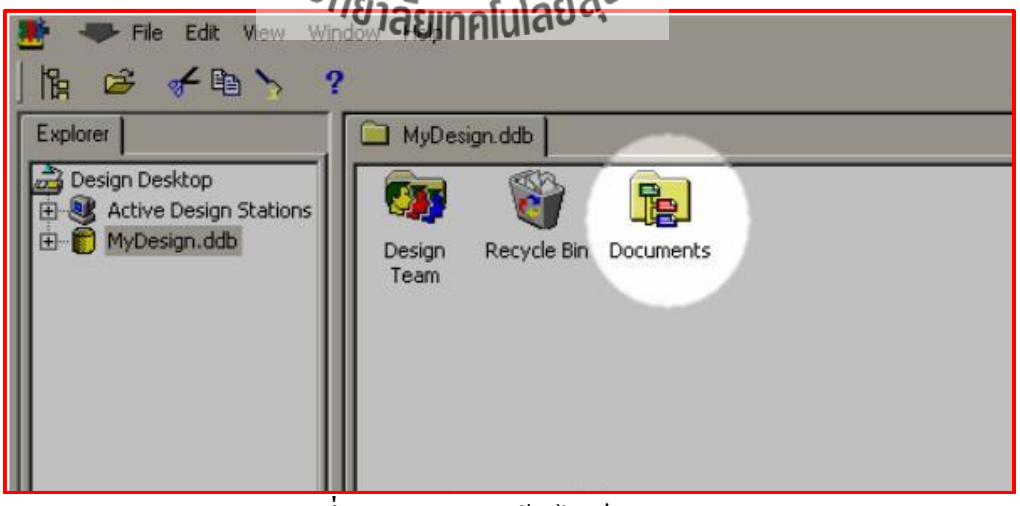


รูปที่ 5.4 ลำดับของไฟล์

การจัดเก็บไฟล์ Design Database ของ Protel99 SE นั้นสามารถสร้างได้สองลักษณะ คือ MS Access Database และ Windows File System

รูปที่ 5.5 การเลือกเก็บไฟล์ Design Database

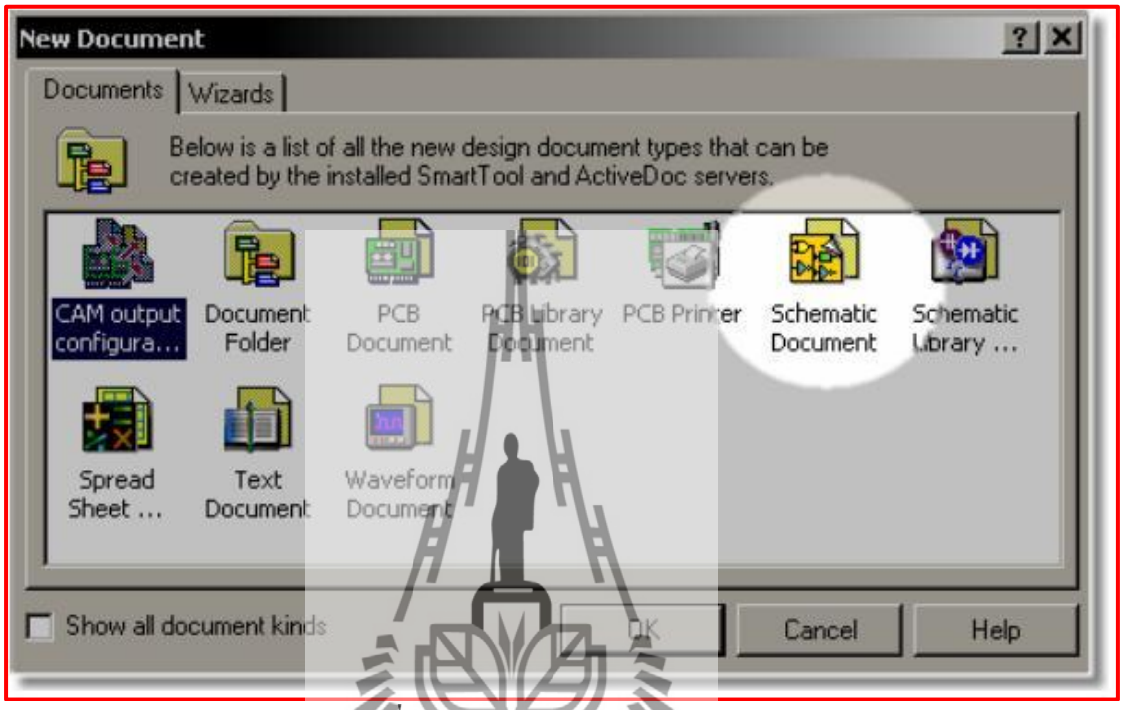
โดยข้อดีของ MS Access Database การสร้างไฟล์แบบนี้จะสนับสนุนการทำงานเป็นทีม แต่ไฟล์นั้นจะมีขนาดใหญ่ และสามารถเปิดได้ด้วยโปรแกรม Protel99SEเท่านั้น ส่วนการสร้างไฟล์แบบ Windows File System นั้นจะไม่สนับสนุนการทำงานเป็นทีมแต่ไฟล์จะสร้างโฟลเดอร์ขึ้นมาใหม่และจะทำการแยกไฟล์งานออกจาก MS Access Database ทำให้สามารถเปิด Copy ไฟล์ได้สะดวกโดยไม่ต้องเปิดโปรแกรม Protel99SE จะใช้เป็น MS Access Database ครับเมื่อเลือกเสร็จแล้วให้กำหนดชื่องานที่ Database File Name ให้ทำการตั้งชื่อและที่จัดเก็บไฟล์นี้งาน แล้วเลือก OK. หลังจากนั้นเราจะได้ ไฟล์ *.DDB(Design Data Base) คือ MyDesign.ddbซึ่งข้างในจะประกอบด้วย Design Team,Recycle Bin และ Documentsในส่วนของ Design Explorer จะปรากฏ MyDesign.ddb ขึ้นมา การใช้งานของDesign Explorer ใช้งานคล้ายกับ Windows Explorer เมื่อทำการ คลิกที่เครื่องหมายบวกจะแสดง ไฟล์ที่อยู่ ใน Design Data Base นั้น ทำการสร้างไฟล์ Schematic ขึ้นใหม่ โดยการเลือกเข้าไปใน Documents



รูปที่ 5.6 แสดงการสร้างไฟล์ Schematic

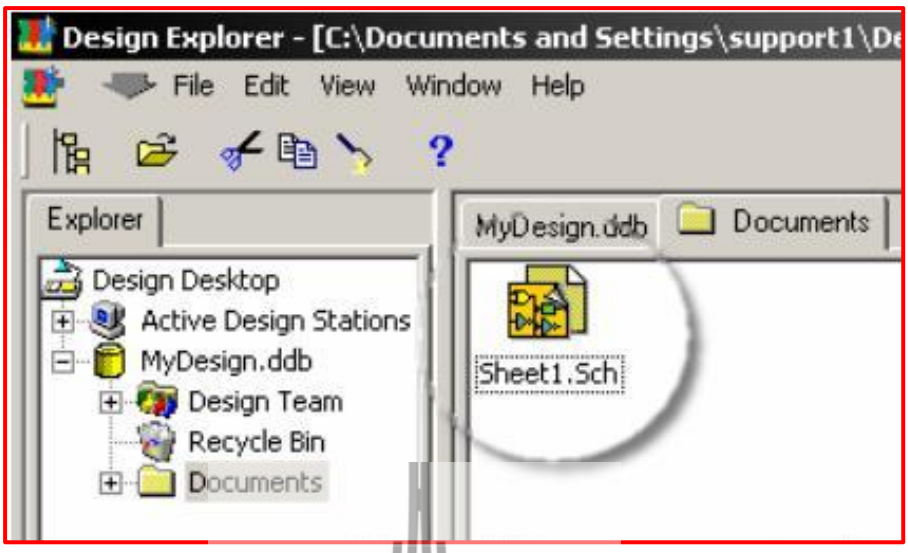
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ใช้คำสั่ง File>>New[F,N] จะปรากฏแม่แบบเอกสารต่างๆ ให้เลือกแม่แบบ SchematicDocument

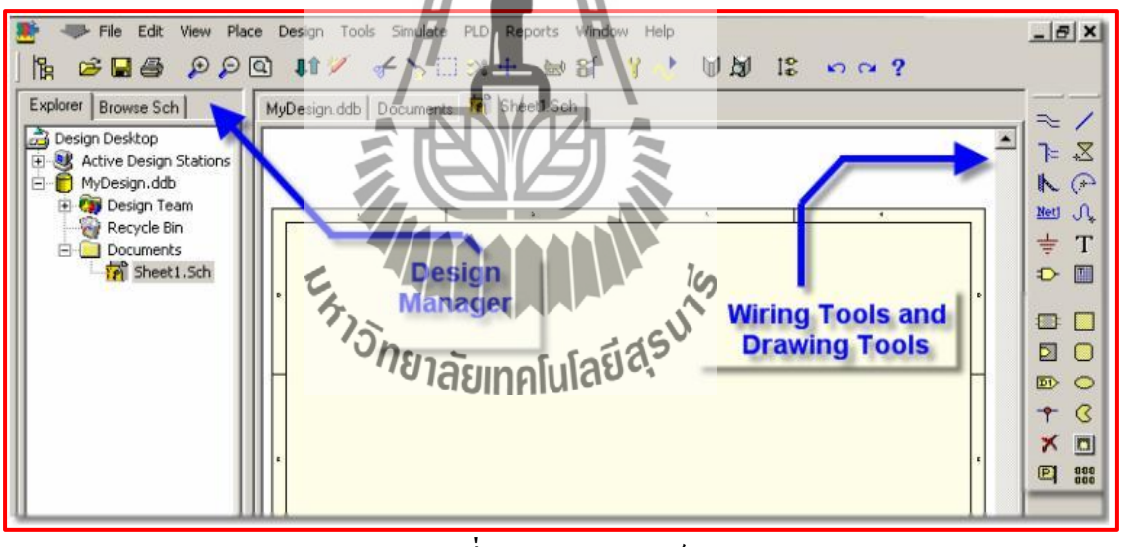


รูปที่ 5.7 แสดงแม่แบบใน Document

ไฟล์ Schematic จะถูกสร้างขึ้น สามารถทำการเปลี่ยนชื่อไฟล์ Edit>>Rename [E, M] ให้ทำการดับเบิลคลิกที่ไอคอน Schematic เพื่อเปิดไฟล์ Sheet1.sch

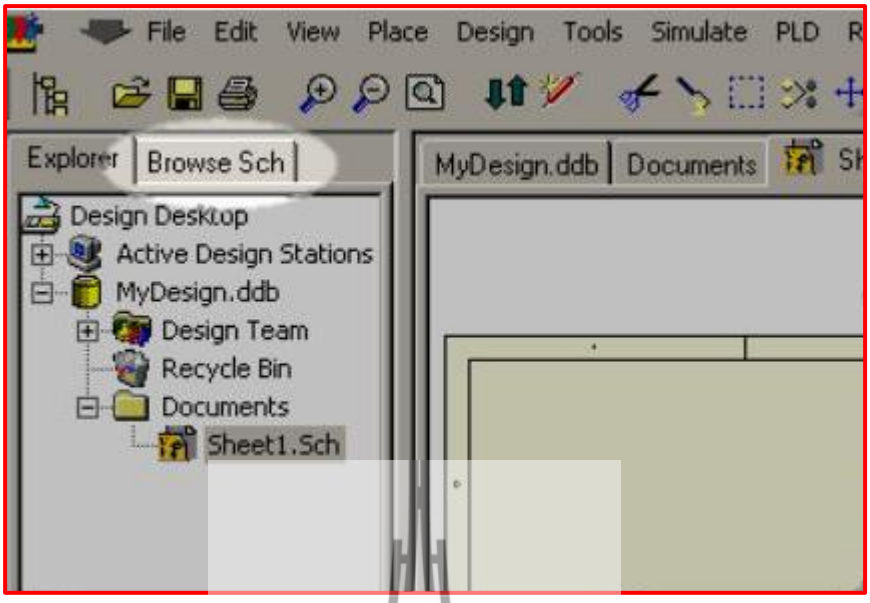


รูปที่ 5.8 แสดงไฟล์ Sheet1.sch

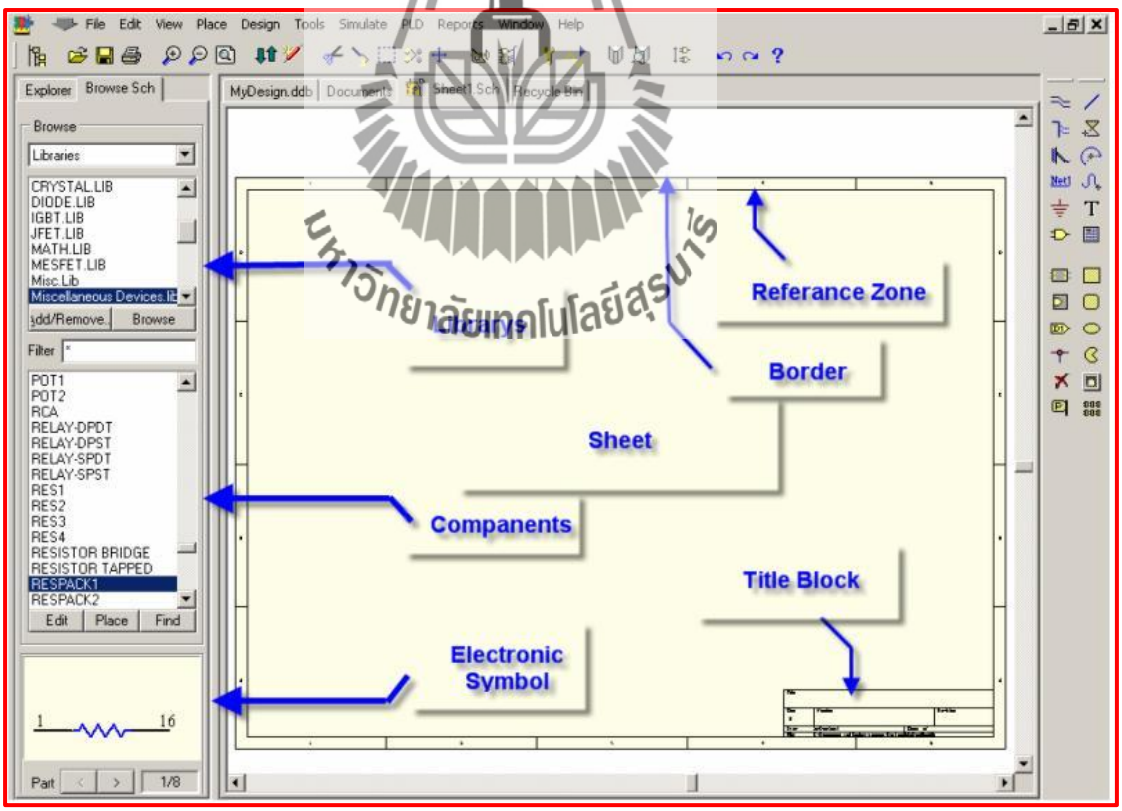


รูปที่ 5.9 แสดงอุปกรณ์

ในส่วนนี้จะเป็นหน้าหลักของการสร้าง Schematic ด้านซ้ายมือ คือ DesignManager จะเป็นส่วนของ Explorer และ Browse Sch ส่วนทางด้านขวาจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ร่วมในการสร้าง Schematic คือ “ Wiring Tools ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณแบบต่างๆ และ Drawing Tools ที่ใช้ในการเขียนกราฟิกตกแต่ง Schematicทำการคลิกเลือก Browse Sch ในส่วนของ Design Manager



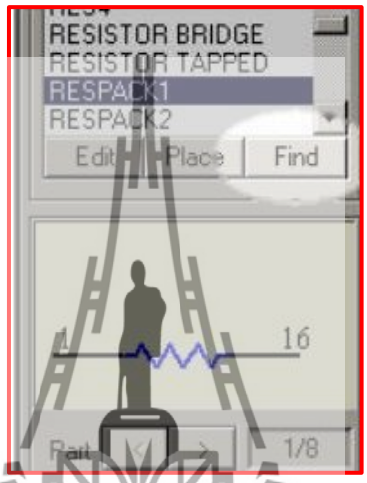
รูปที่ 5.10 การ Browse Sch



รูปที่ 5.11 ลักษณะและอุปกรณ์ของprotel99se

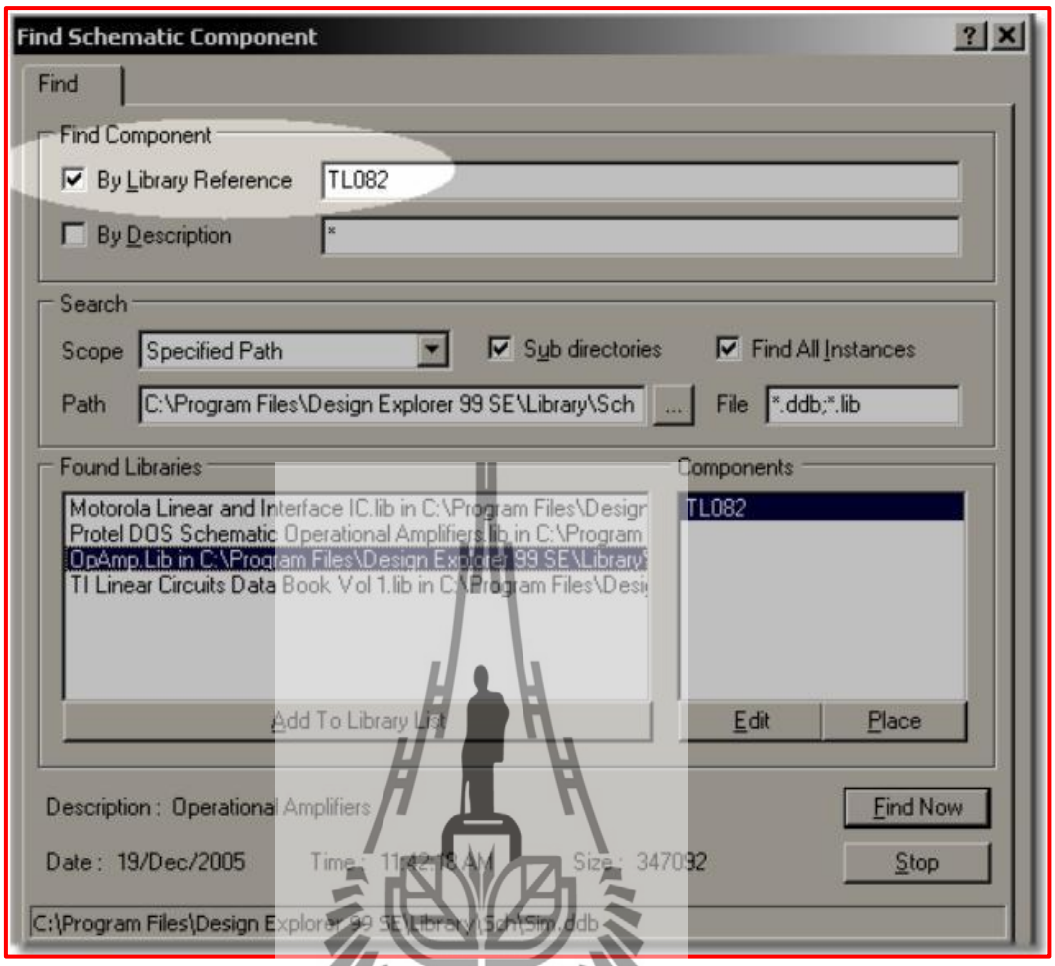
ในส่วนของ Library จะเป็นที่เก็บ Components ต่างๆไว้ สามารถ Add/Remove ซึ่ง Library จะเป็นที่เก็บ Components โดยปกติในช่อง Filter เมื่อ

จะปรากฏชื่อของ Component ทุกตัวที่อยู่ใน Library นั้นทั้งหมด ถ้าต้องการค้นหาอุปกรณ์ที่อยู่ใน Library อื่นๆ ที่ไม่ทราบว่าอยู่ที่ Library ใดสามารถ ใช้คำสั่ง Find ด้านล่างของ Block Component เพื่อค้นหา



รูปที่ 5.12 การค้นหาLibrary

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

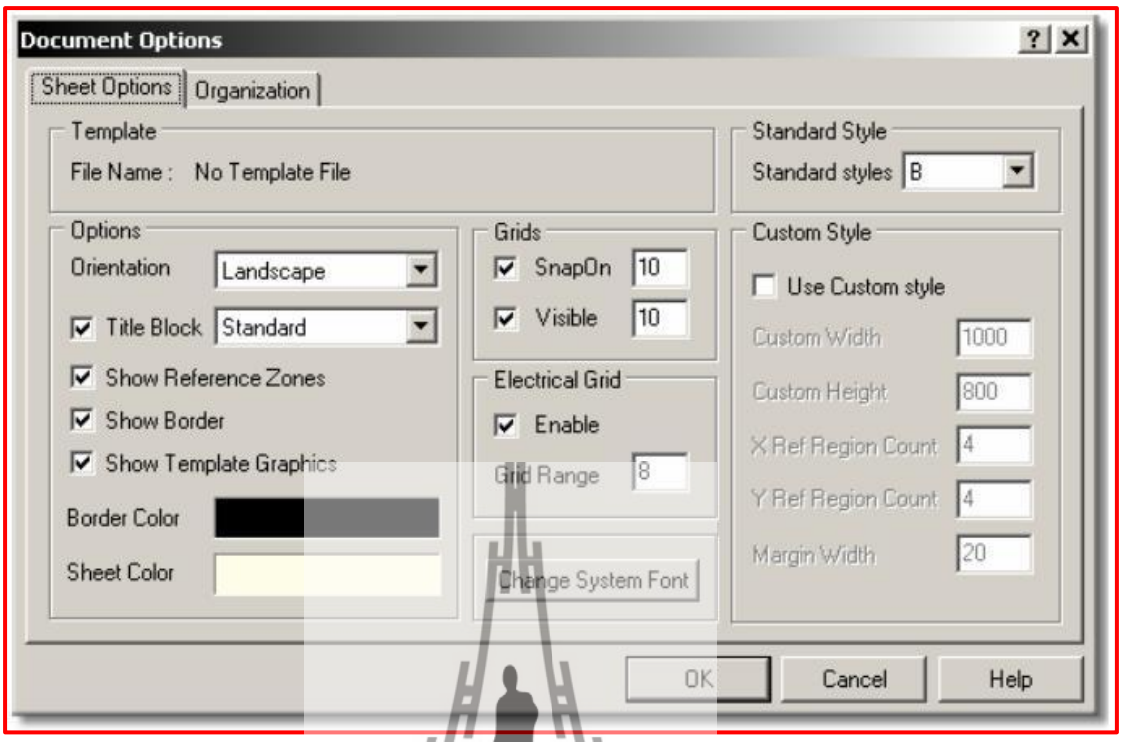


รูปที่ 5.13 การเลือก Library

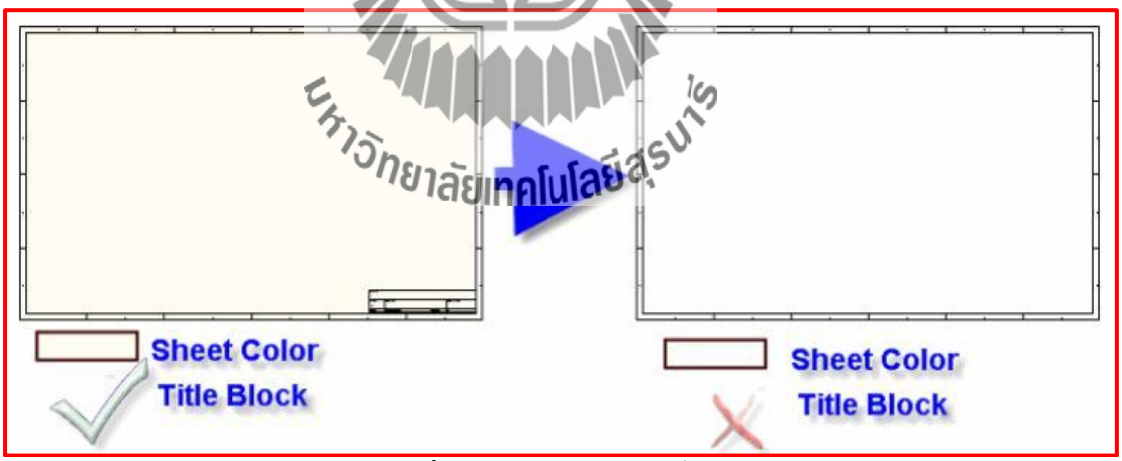
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โปรแกรมจะทำการค้นหาทุก Library เมื่อพบอุปกรณ์ดังกล่าวแล้วให้เลือก

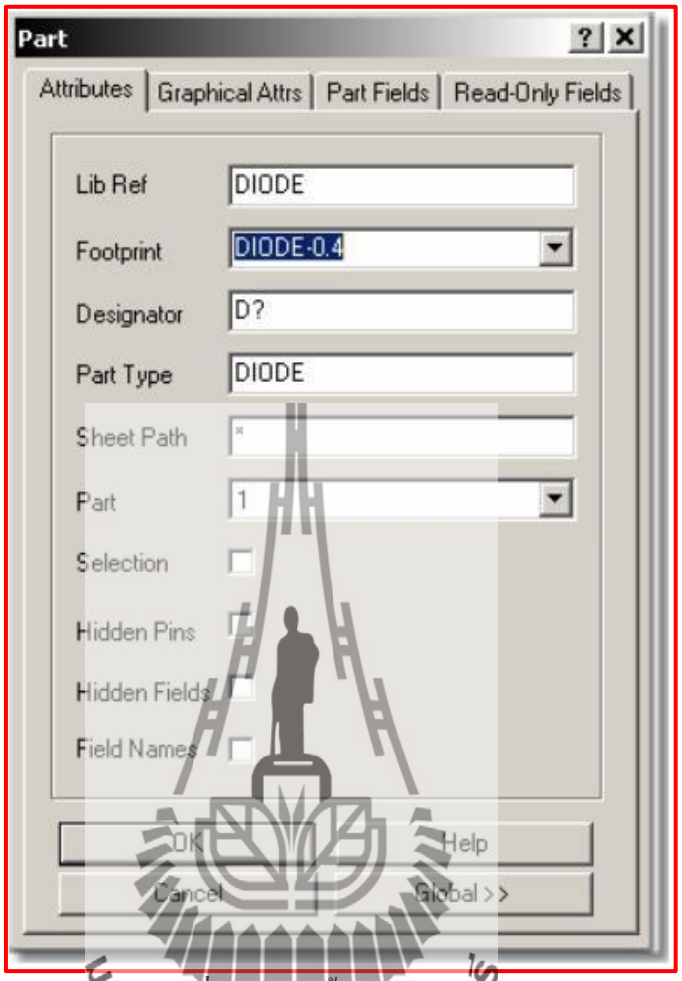
เพื่อเพิ่ม Library ดังกล่าวเข้าไปใน Library ในส่วนของ Browse sch ในกรณีที่อุปกรณ์บางตัวไม่มีใน Library เราสามารถสร้างขึ้นเองได้และจัดเก็บไว้ใน Library ใดก็ได้ ในการตั้งค่าให้กับ Sheet สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง Design>>Options… [D, O] ในบางงานที่ต้องการพิมพ์สีงานออกทางเครื่องพิมพ์ เช่น ปริญญานิพนธ์ ที่ต้องการพื้นหลังของ Sheet เป็นสีขาวสามารถตั้งค่าสีพื้นหลังที่ Sheet Color และทำการเปลี่ยนสี ของกริดที่ Tools>>Preference>>Graphical Editing>>Grid Color ทำการตั้งค่าให้เป็นสีขาว



รูปที่ 5.14 การตั้งค่าหน้ากระดาษ



รูปที่ 5.15 หน้ากระดาษที่ตั้งค่า

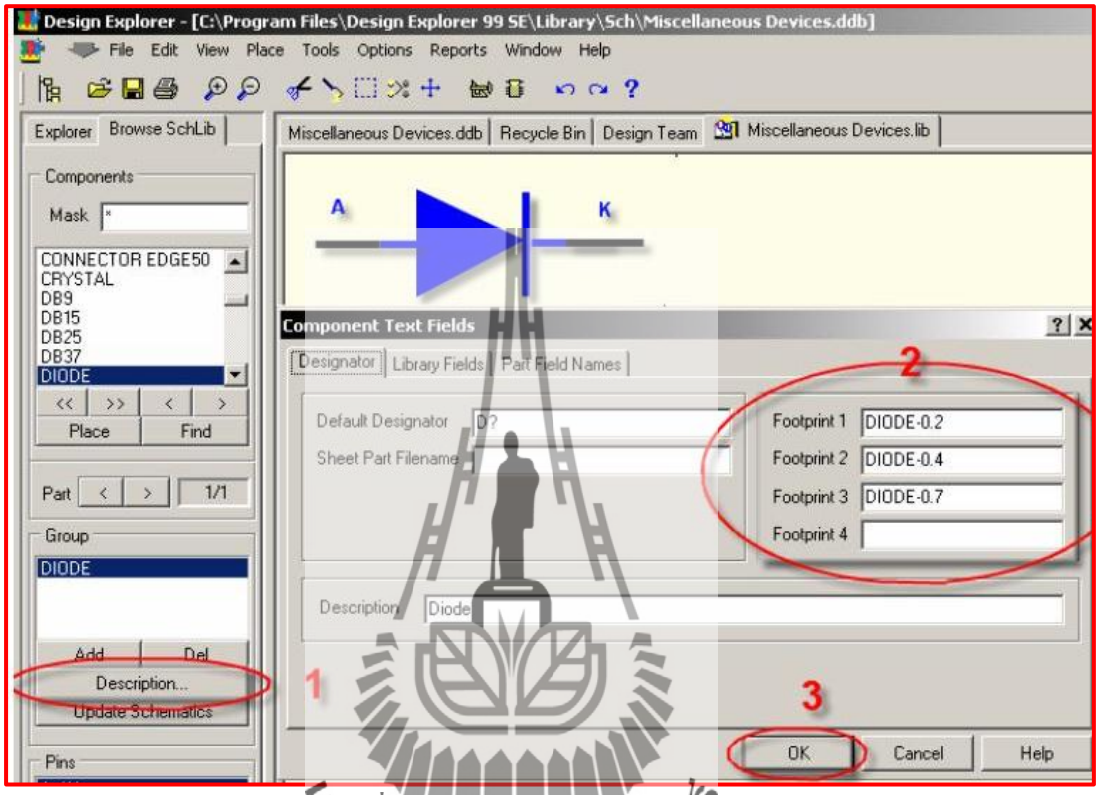


รูปที่ 5.16 การตั้งค่าของอุปกรณ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนการตั้งค่ากระดาษพิมพ์ ในการพิมพ์นั้นสามารถเลือกได้ที่ Standard Style ของ Document Option โดยทั่วไปจะเลือกใช้ A4 อุปกรณ์ที่นำมาวางแต่ละตัวนั้นจะมี Designator? คือชื่อของอุปกรณ์ และ Part? คือค่าของตัวอุปกรณ์ส่วน Foot print คือรูปร่างของอุปกรณ์จริง เมื่อทำการแปลง จาก Schematic ไปเป็น PCB Part อุปกรณ์บางตัวยังไม่ได้กำหนด Foot Print มาในช่องนี้ ซึ่งทำให้ผู้ออกแบบไม่สามารถ Update จาก Schematic ไปเป็น PCB ได้ ซึ่งผู้ออกแบบต้องจัดการในส่วนนี้เองก่อน เป็นการเตรียมเครื่องมือให้พร้อมก่อนการออกแบบ การตั้งค่าในส่วนนี้จะขอยกตัวอย่างการตั้งค่าการ Link ระหว่าง Schematic ไปเป็น PCB โดยใช้อุปกรณ์คือ Diode ในการแสดงตัวอย่าง ตามขั้นตอนดังนี้ดังนี้

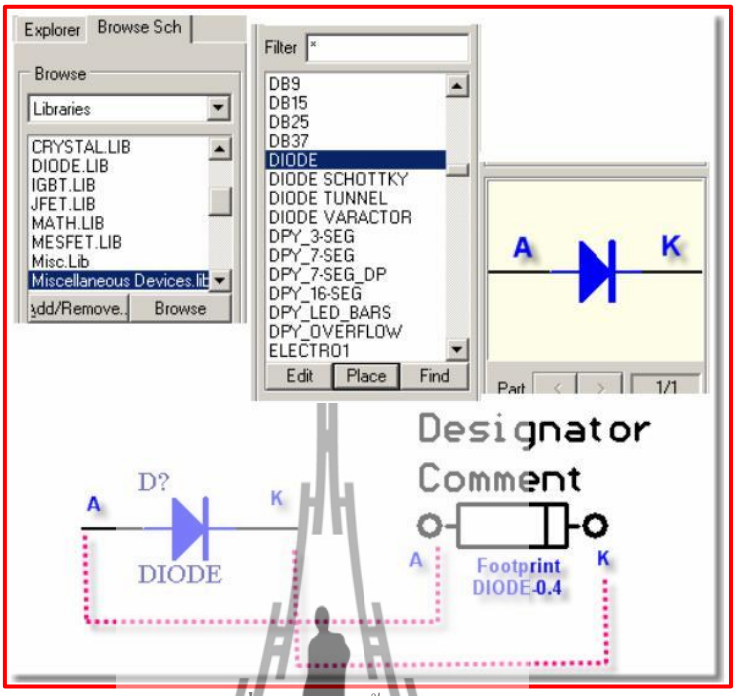
ทำการเปิด Schematic Library ที่เก็บอุปกรณ์นั้นอยู่ ซึ่ง Diode จะอยู่ใน Library ชื่อ Miscellaneous Devices.ddbซึ่งเก็บอยู่ใน C:Program FilesDesign Explorer 99 SELibrarySch MiscellaneousDevices.ddbขึ้นมา



รูปที่ 5.17 Schematic Library ของ Diode

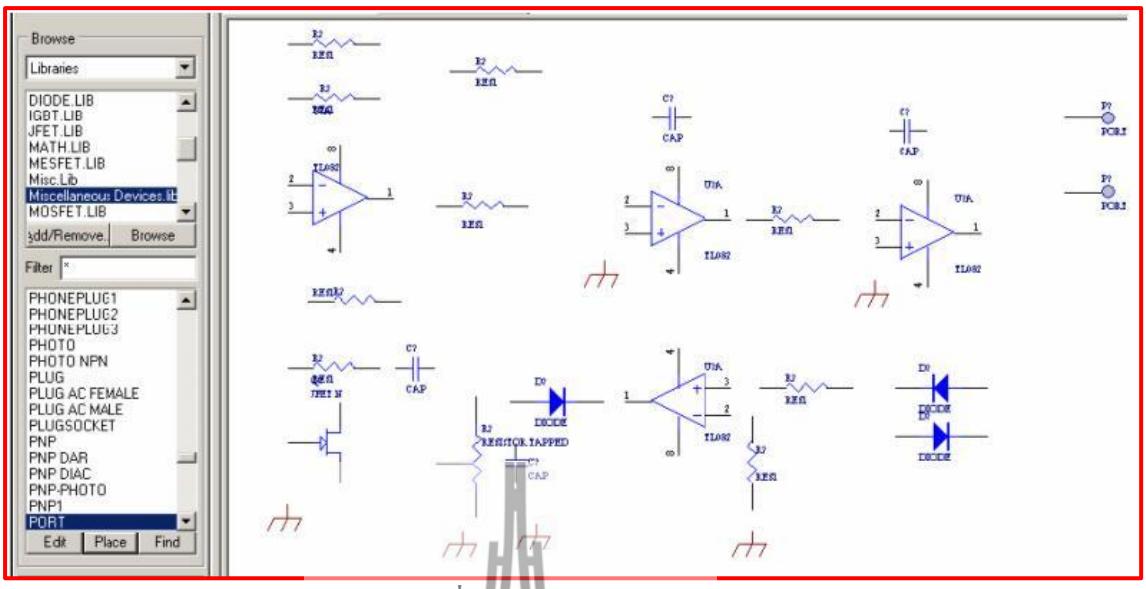
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลือกอุปกรณ์คือ Diode ขึ้นมาแล้วเลือกที่ Description ที่หมายเลข1 จะปรากฏ Pop Up ของ Component Text Fields ขึ้นมา ซึ่งในช่องของ Foot Print สามารถใส่ FootPrint ได้ 4 อันดับด้วยกัน ส่วนรูปร่างของ Foot Print นั้นสามารถ ดูได้จาก C:Program Files\Design Explorer 99SE\LibraryPcbGeneric Footprints\Miscellaneous.ddb เมื่อใส่ชื่อ Foot Print ครบแล้วให้เลือก OK แล้วทำการ Save โดยคำสั่ง File>>Save [F, S]Comment ชื่อขาของ Schematic และ FootPrint จะต้องมีชื่อขาที่ตรงกันและโดยที่ Foot Print อาจมีขาอุปกรณ์มากกว่า Schematic ได้ถ้าหาก Foot Print มีจำนวนขาน้อยกว่า Schematic จะไม่สามารถ Link กันได้ส่งผลให้เมื่อ Update Schematic ไปเป็น PCB นั้น อุปกรณ์ดังกล่าวจะไม่ปรากฏ หลังการ Update Schematic ในกรณีที่อุปกรณ์เป็น IC 8 pin สามารถเลือก FootPrint ที่มีขามากกว่าได้ เช่นเลือก Foot Print 16 Pin แต่ไม่สามารถเลือก Foot Print ที่มีจำนวนขาน้อยกว่าได้เช่น Foot Print ตัวถัง 4 Pin เป็นต้น



รูปที่ 5.18 การตั้งค่าFoot Print

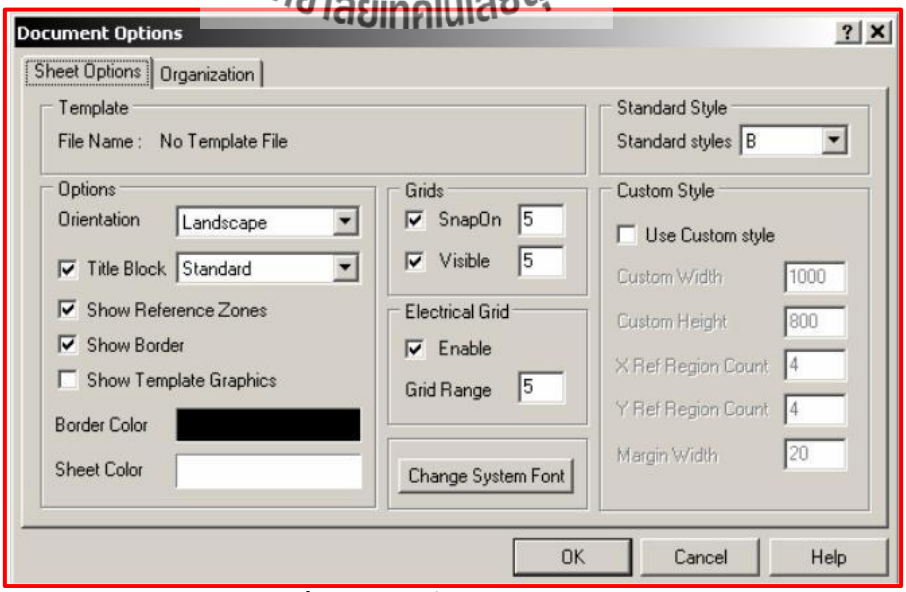
หลังจากการเสร็จตั้งค่าFoot Print ให้กับ Schematic ที่ต้องใช้ในการออกแบบวงจรครบทุกตัวแล้ว เมื่อนำ Component มาวางใน Sheet แล้วดับเบิ้ลคลิกที่ตัวอุปกรณ์จะเห็นว่าในช่อง Foot Print จะสามารถเลือก Foot Print ได้หลายรูปแบบตามที่เราตั้งค่าไว้ที่ Schematic หลังจากนั้นทำการเลือกComponent ที่ต้องการใช้ใน Library มาวางที่ Sheet Schematic ตามวงจรที่เราออกแบบไว้มาวางให้ครบทุกตัว โดยใช้คำสั่ง Place>>Part[P, P] ทำการเลือก Foot Print ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ต้องการออกแบบ และจัดอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบเพื่อความสะดวกในการเดินสายเชื่อมต่อระหว่างขาอุปกรณ์



รูปที่ 5.19 การวางอุปกรณ์

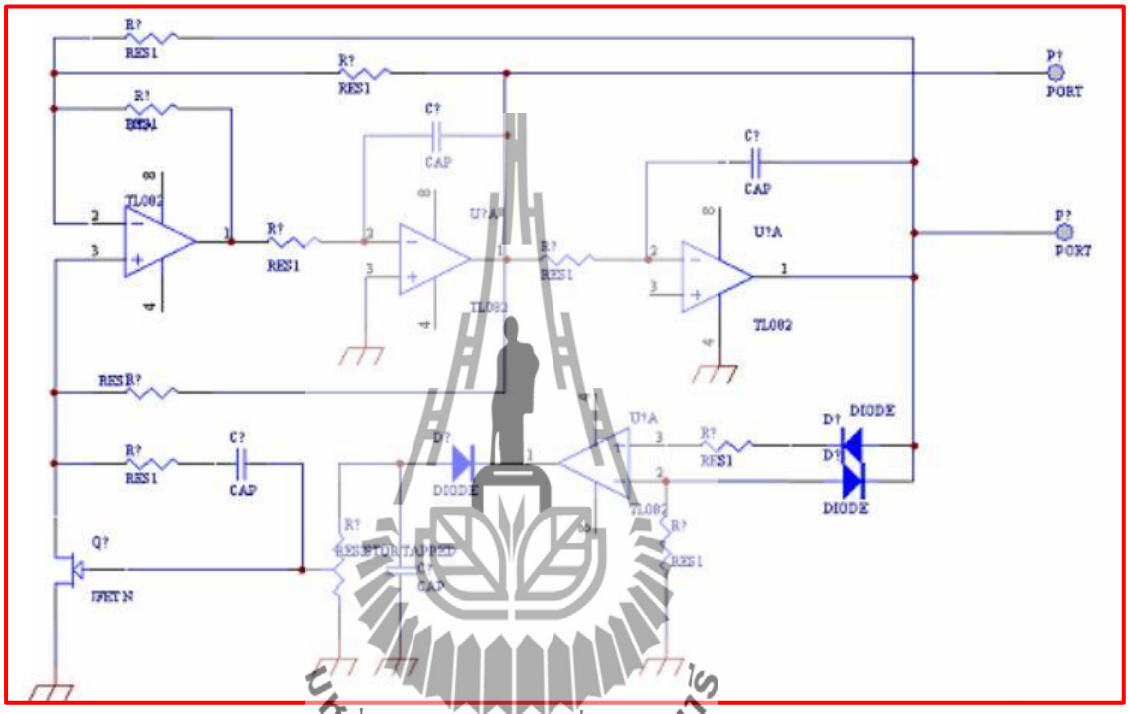
ใช้คำสั่ง Place>>Power Port [P, O] ในการวางสัญลักษณ์ของ Ground โดยเปลี่ยนรูปแบบ Ground เป็น EarthGroundจากนั้นทำการเชื่อมโยงสายสัญญาณระหว่างขาอุปกรณ์โดยเลือก หรือใช้คำสั่ง Place Wire [P, W] ที่ Toolbar ในเรื่องการการเคลื่อนที่ของ Mouse และ Grids ในการวางอุปกรณ์สามารถตั้งค่าความละเอียดได้ที่ Document>>Options [D,O] ความระเอียดในการเคลื่อนที่ของเมาส์สามารถตั้งค่าได้ที่ Electrical Grid จะช่วยเพิ่มความละเอียดในการเคลื่อนที่ของการ Wire สายสัญญาณและการวาดกราฟิก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 5.20 การตั้งค่าElectrical Grid

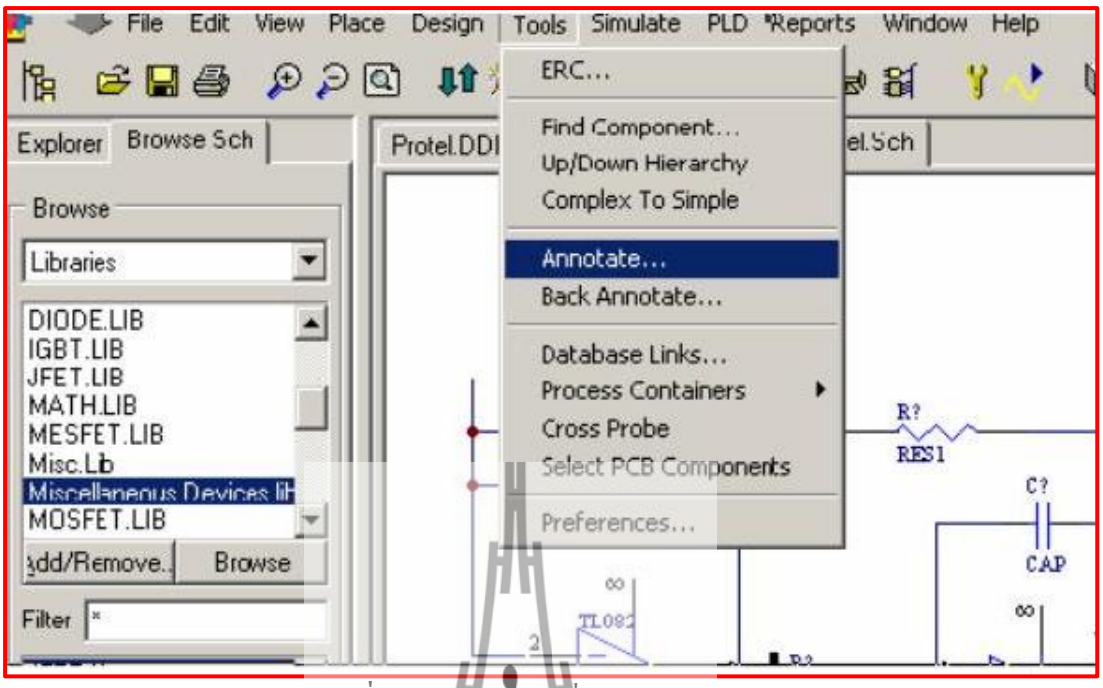
เมื่อเดินสายให้กับอุปกรณ์ทุกตัวครบเรียบร้อยแล้ว จะเห็นว่าชื่อของอุปกรณ์ Designator ยังไม่ได้ทำการจัดเรียง และค่าของอุปกรณ์ยังไม่ได้กำหนดยังคงมีค่าเป็น R? C? D? U? การกำหนดชื่อ Designator ห้ามกำหนดชื่อเหมือนกันเนื่องจากโปรแกรมจะเข้าใจว่าเป็นอุปกรณ์เดียวกัน เช่น จะเกิดความผิดพลาดเมื่อทำ การ Update Schematicแปลงเป็น PCB จะปรากฏอุปกรณ์เพียงตัวเดียวในกรณีที่ Schematic Components หลายตัวมีชื่อเดียวกัน



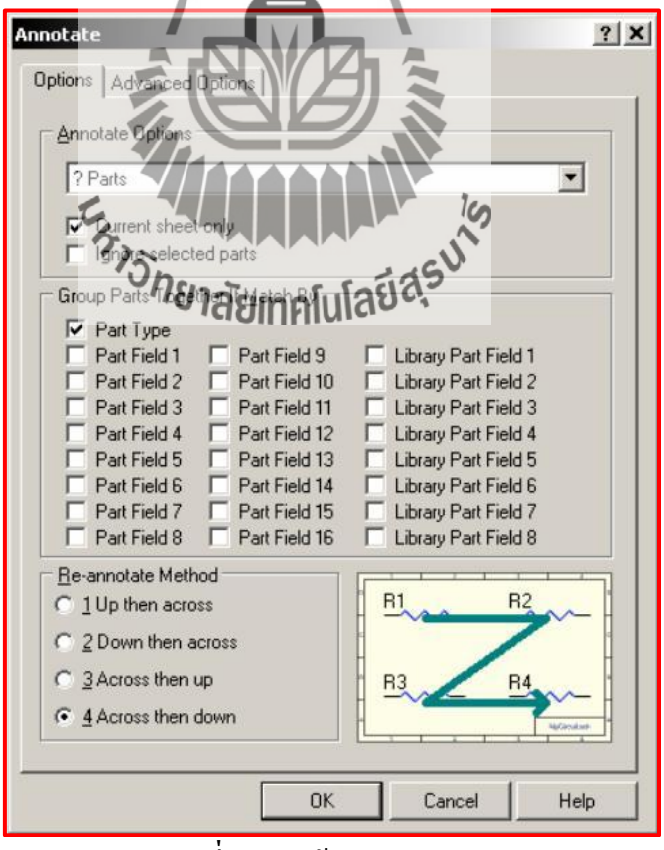
รูปที่ 5.21 การเดินเส้นเชื่อมระหว่างอุปกรณ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ซึ่งเราสามารถกำหนดได้เองโดยดับเบิลคลิกที่ตัวอุปกรณ์ แล้วทำการเปลี่ยนที่ส่วนของ Designator หรือใช้คำสั่งจัดเรียงชื่อ อุปกรณ์แบบอัตโนมัติ โดยใช้คำสั่ง Tools>>Annotate…

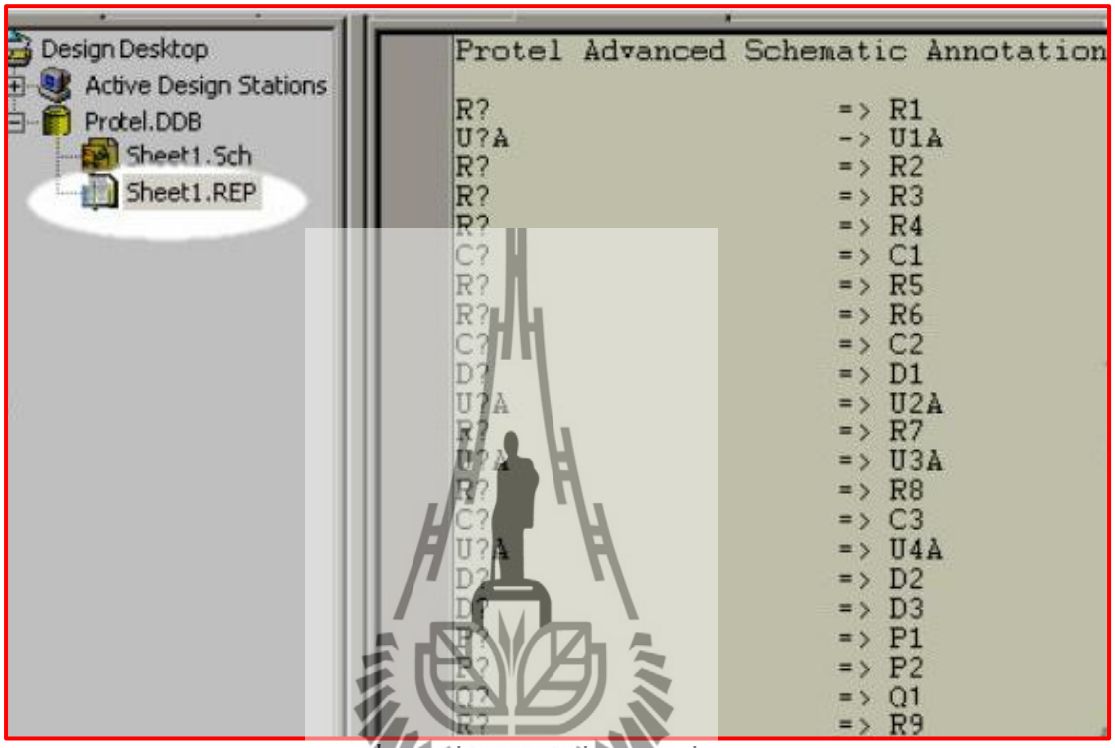


รูปที่ 5.22 การจัดเรียงชื่ออุปกรณ์อัตโนมัติ



รูปที่ 5.23 หน้าต่าง Annotate

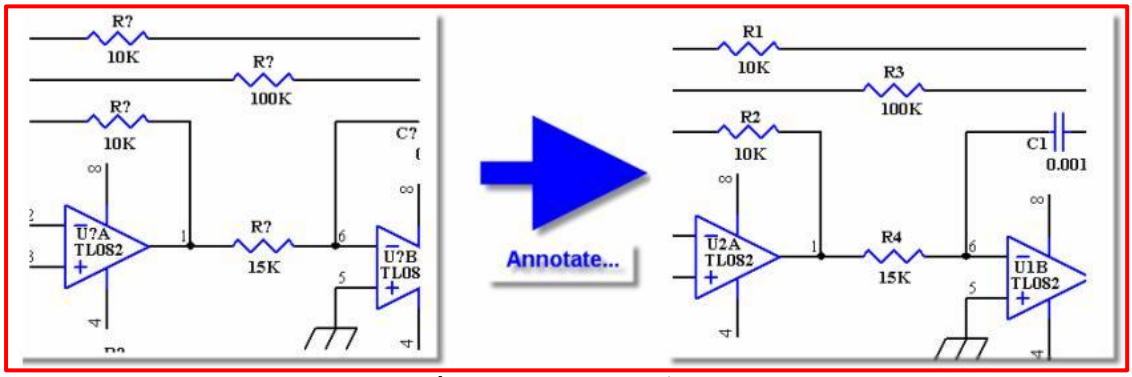
ให้ทำการเลือกรูปแบบการตั้งชื่อที่ Re-annotate Method แล้วกดปุ่ม OK โปรแกรมจะจัดการจัดเรียงชื่ออุปกรณ์ ให้ อัตโนมัติและจะสร้างไฟล์ชื่อ Sheet1.rsf ขึ้นมาเพื่อแสดงค่า ชื่ออุปกรณ์ที่ถูกจัดเปลี่ยนใหม่



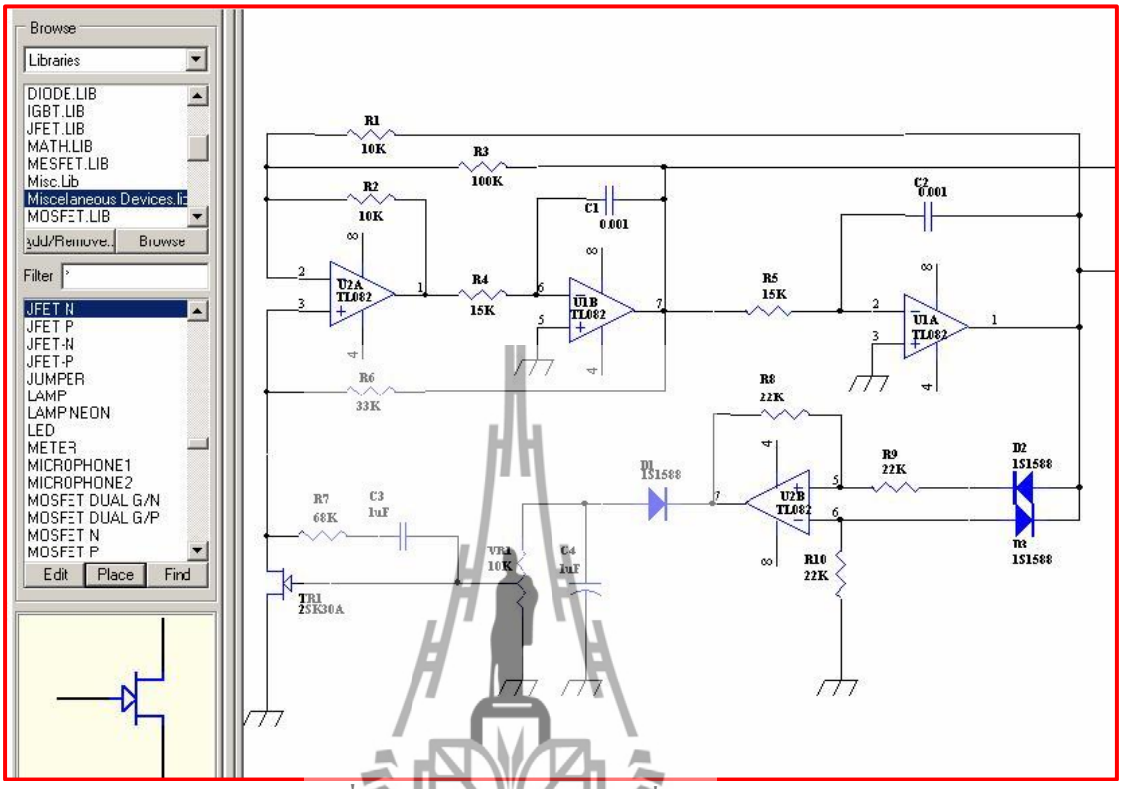
รูปที่ 5.24 ชื่ออุปกรณ์ที่ถูกจัดเปลี่ยนใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หลังจากนั้น ให้ทำการตั้งค่า Part Type (ค่าของอุปกรณ์) โดยดับเบิลคลิกที่ตัวอุปกรณ์แล้วทำการเปลี่ยนในส่วนของ Part เมื่อกำหนดค่าอุปกรณ์ครบทุกตัวแล้วจะได้ Schematic ที่จัดเรียงอุปกรณ์และกำหนดค่าของอุปกรณ์ครบแล้วดังภาพต่อไปนี้

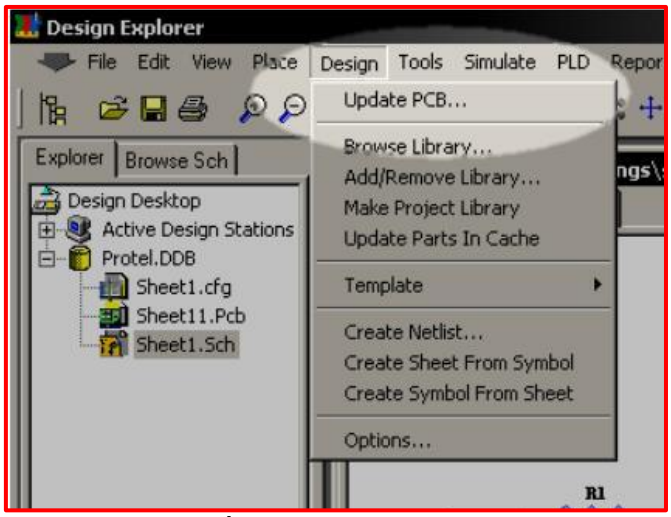


รูปที่ 5.25 อุปกรณ์ที่ถูกตั้งชื่ออัตโนมัติ

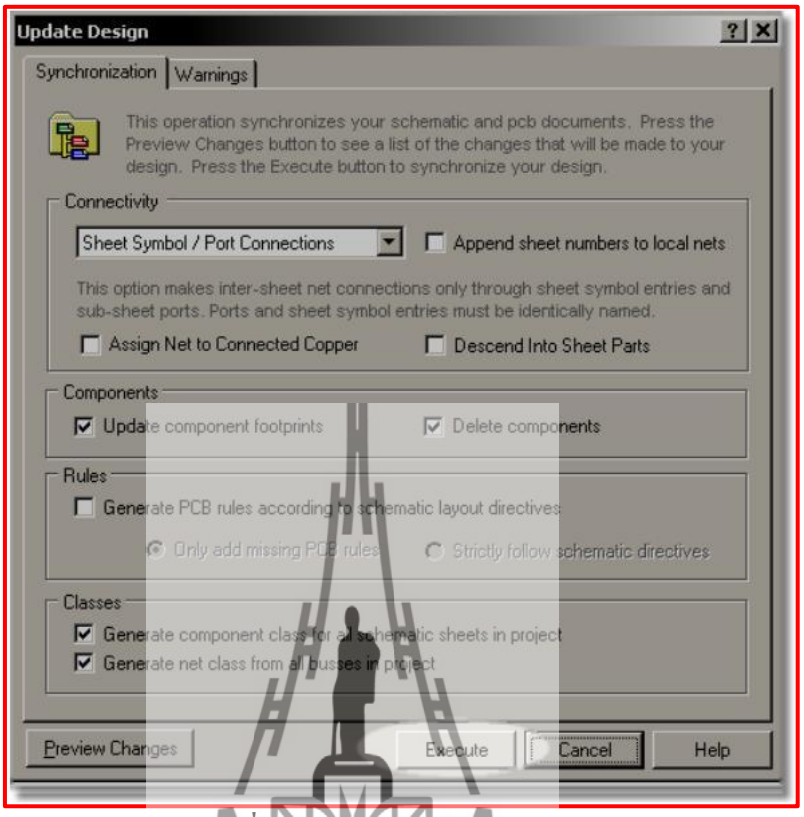


รูปที่ 5.26 การสร้าง Schematic ที่เสร็จสมบูรณ์

เสร็จจากขั้นตอนนี้ก็จะเป็นการ Update แปลงจาก Schematic ไปเป็น PCB โดยใช้คำสั่ง Design>>Update PCB… [1, 2]

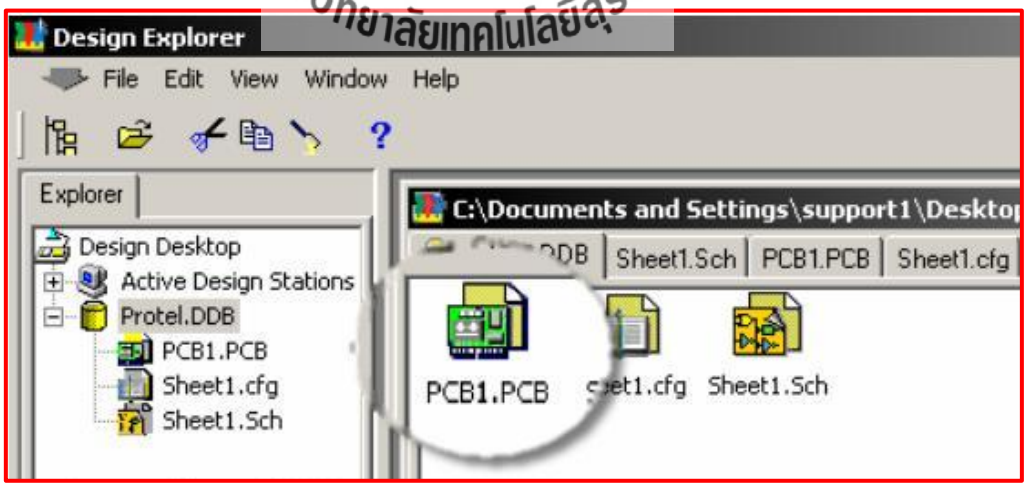


รูปที่ 5.27 เมนู Update PCB



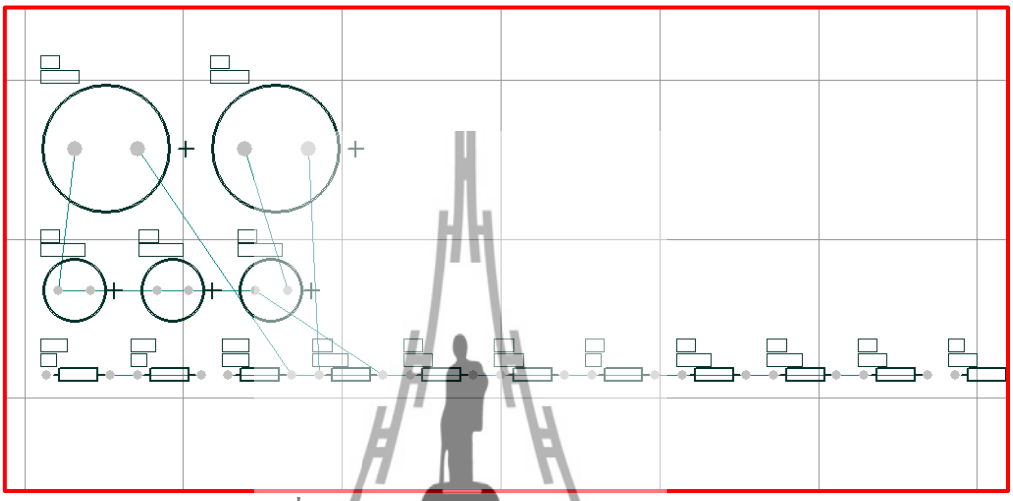
รูปที่ 5.28 หน้าต่าง Update Design

ให้ทำการเลือกที่ Execute ครับโปรแกรมจะสร้างไฟล์ PCB ขึ้นมาใหม่เป็น Pcb1.pcb



รูปที่ 5.29 ไฟล์Pcb1.pcb

หน้าของ PCB1.PCB จะปรากฏ Foot Print ของ Schematic แต่ละตัวที่เรากำหนดชื่อ Foot Print ไว้ในการออกแบบ Schematic ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 5.30 Foot Print ของ Schematic แต่ละตัว

จะเห็นว่ามีขอบงานอยู่สองเส้น เส้นนอกคือ Machanical Layer เส้นในคือ Keep out Layerโดยทั่วไปแล้ว

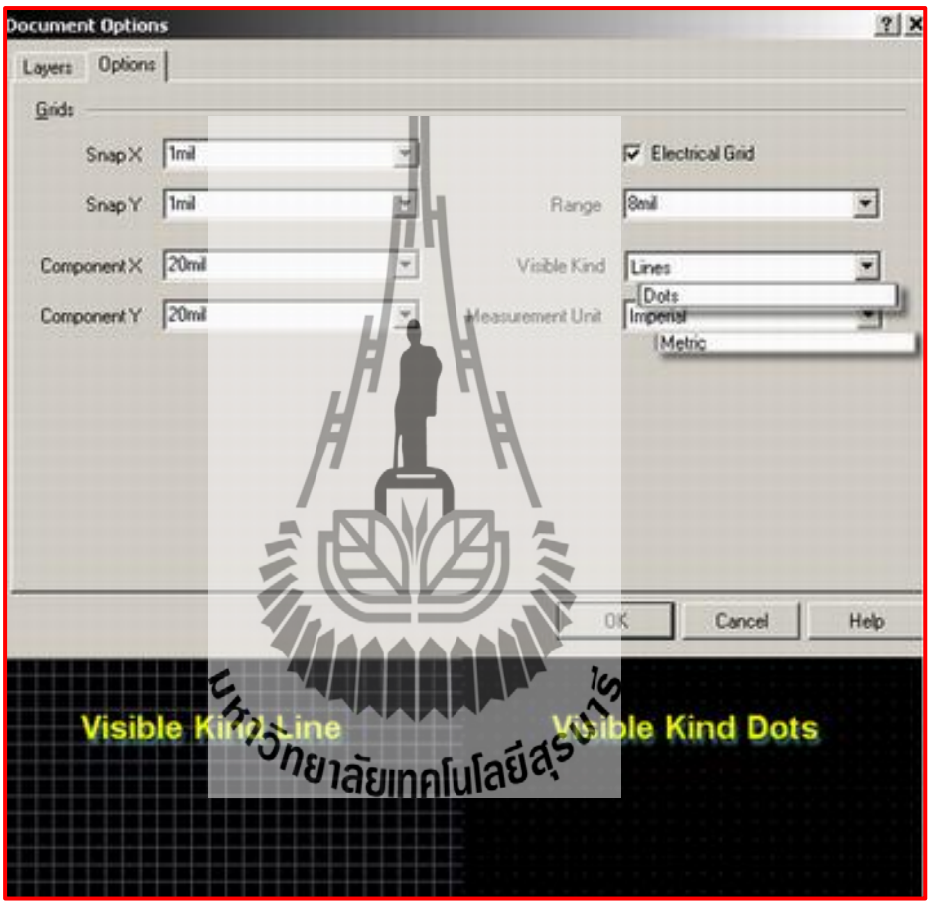
Mechanical Layer จะใช้เป็นขอบตัดของงาน ใช้เป็นตำแหน่งที่ต้องการ Drill Slot, ใช้เป็นขอบ Rout หรือแสดงรายละเอียดต่างๆ

Keep out Layer มักจะใช้เป็นเส้นกั้น Polygon เพื่อไม่ให้ Polygon เข้าไปในบริเวณที่วาง Keep out Layer ไว้

งานส่วนใหญ่ที่พบในการผลิตผู้ออกแบบมักจะใช้ Keep out Layer เป็นขอบตัดของงาน ใช้วางเป็นแนว Rout หรือ แนว Drill slot หรืออาจจะมีการแทรกรายละเอียดกำกับเช่น ขนาดดอกสว่านที่ใช้ในการ Drill Slot ว่าขนาดเท่าใด เจาะเป็นระยะทางเท่าไร ใน Layer เดียวกันนี้เพื่อเป็นรายละเอียดในการสร้าง Board PCB เป็นต้น

ขั้นตอนในการกำหนดขนาดของขอบงานนี้มีความสำคัญมากหากกำหนดระยะขนาดขอบงานผิดโดยที่ขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไปจะทำให้ไม่สามารถวางแผ่นวงจรในพื้นที่ที่เราต้องการได้ถ้าแผ่นวงจรที่ออกแบบมีส่วนเว้า หรือรูเจาะสำหรับใส่ยึดน๊อตแล้ว ตำแหน่งและความละเอียดในการสร้างขอบงานจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ในบทความนี้จะใช้ Keep out Layer สร้างเป็นเส้นขอบ

งานขั้นตอนแรกลบขอบงานเก่าออกก่อน โดยใช้คำสั่ง Edit > Delet [E, D] จากนั้นคลิกลบเส้นขอบงานทั้งสองเส้นออกแล้วทำการสร้างขอบงานขึ้นใหม่ตามรูปร่างและขนาดที่ต้องการหน่วยในการวัดของ Protel99SE มีอยู่สองหน่วยคือ Metric (mm) และ Imperial (mil) ซึ่งเราสามารถเปลี่ยนหน่วยการวัด ได้โดยกดคำสั่ง Toggle Units [Q] และใช้ Grid เป็นตัวช่วยวัดระยะในการสร้างขอบงานโดยตั้งค่าที่หน้าต่าง Document Option [L]

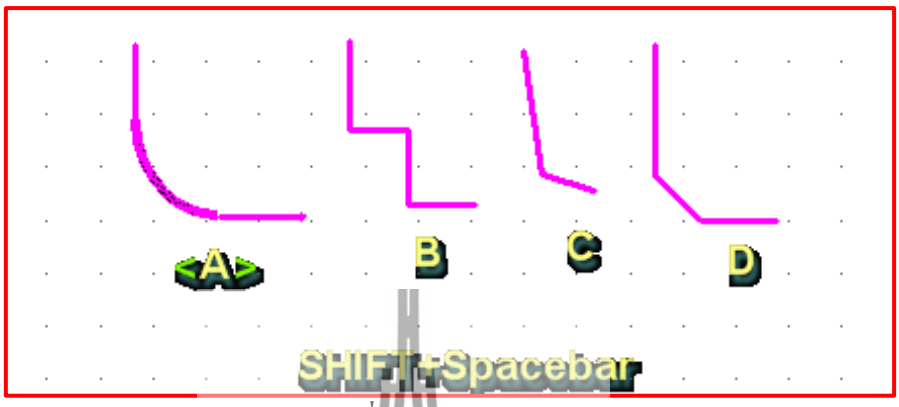


รูปที่ 5.31 การตั้งค่าเส้นลายแผ่นพีซีบี

เลือกตั้งค่ารูปแบบของ Grid ที่แท็บ Options> Visible Kind เลือกให้แสดง Grid แบบเส้นตาราง (Line) หรือ Grid แบบจุดตาราง (Dots) โดยที่ Grid แบบ Dots จะให้ความสบายตาในการออกแบบมากกว่าคลิกเลือกที่แถบ Layer ด้านล่างเพื่อเลือก Keep out Layer เป็น Layer สร้างขอบตัดของงาน

สามารถเปลี่ยน Layer ที่ใช้งานได้โดยการคลิกเลือกที่แท็บด้านล่าง หรือกด [+,-] ที่ Pad ตัวเลขบน Keyboardเขียนเส้นขอบบอร์ดโดยใช้เครื่องมือ Line (ใช้วาดเส้น Graphic, เส้น

ขอบงาน และลายทองแดง) สำหรับการเดินเส้นของ Protel99SE เราสามารถเปลี่ยนรูปแบบการเดินได้โดยกด [Shift + Spacebar] ขณะกำลังลากเส้น โดยเปลี่ยนได้ 4 ลักษณะ ดังนี้



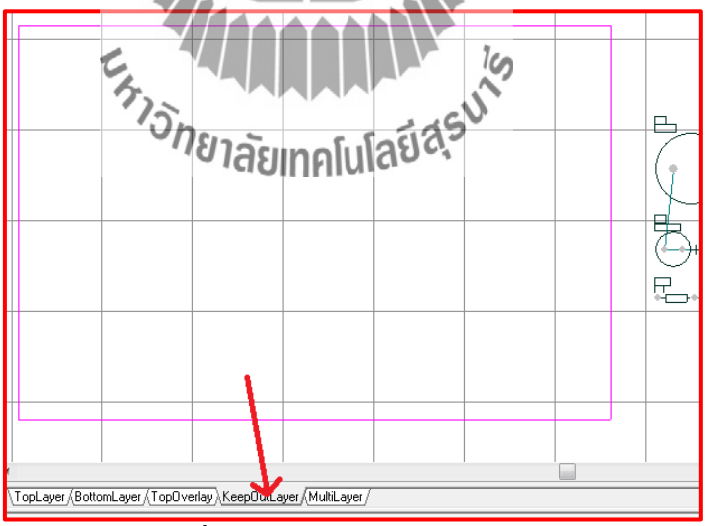
รูปที่ 5.32 ลักษณะเส้น

A เดินเส้นโค้ง (Arc) สามารถปรับระยะความโค้งโดย กด<หรือ>

B เดินเส้นหักมุม 90องศา

C เดินเส้นอิสระ 360 องศา

D เดินเส้นเดินหักมุม 45 องศา



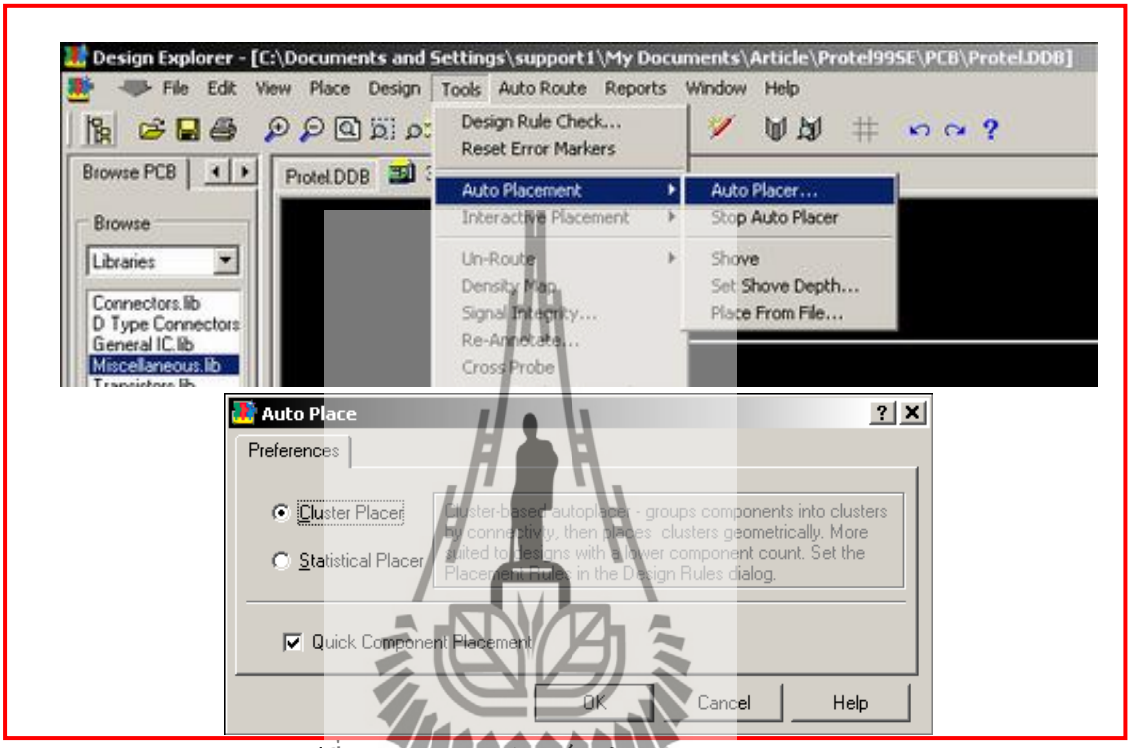
รูปที่ 5.33 การเลือก KeepOutLayer

เมื่อทำการสร้างขอบงานเสร็จแล้วต่อไปเป็นการจัดวางอุปกรณ์ลงในบอร์ดงาน การจัดวางอุปกรณ์ (Placement) ของ Protel99SE มีฟังก์ชันที่สนับสนุนในการจัดวางอุปกรณ์อัตโนมัติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

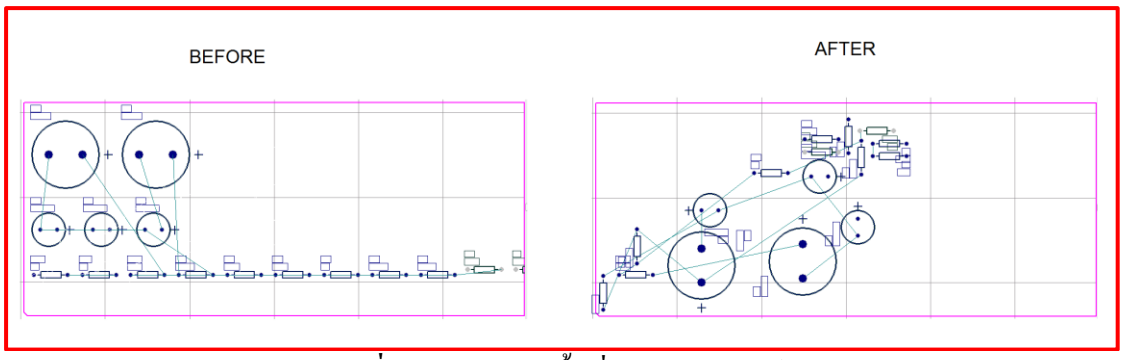
คือคำสั่ง Auto Placer ซึ่งทำงานได้ดีในระดับหนึ่งการใช้งานในฟังชันนี้จะต้องมีการใช้เทคนิคการใช้งานร่วมด้วยจึงจะเกิดประสิทธิผลโดยเลือกใช้ที่ Tools> Auto Placement > Auto Placer...

[T, L, A]



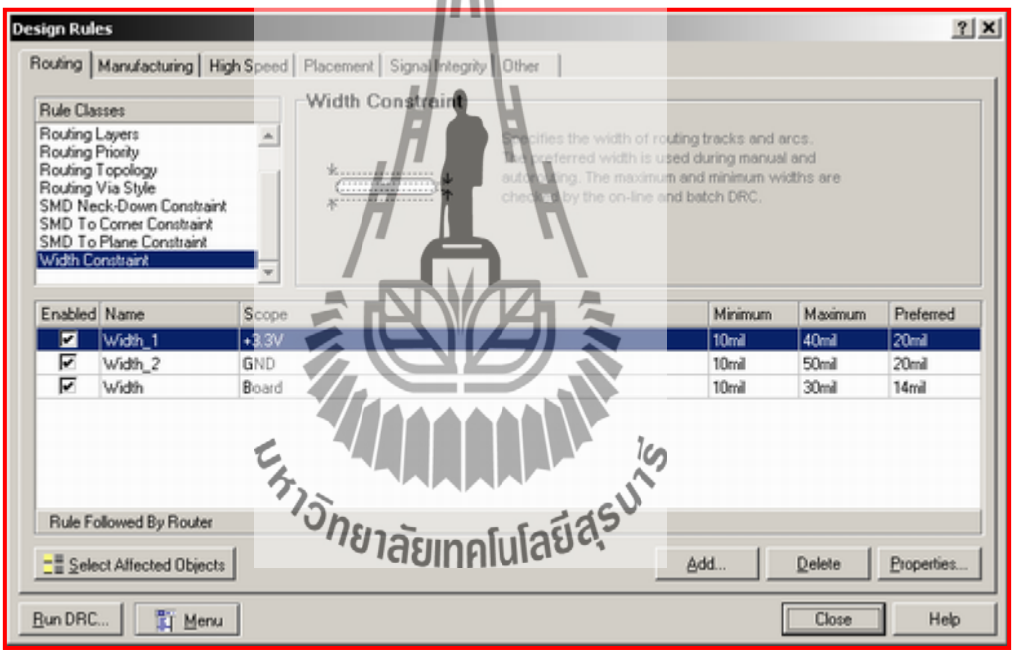
รูปที่ 5.34 การจัดอุปกรณ์อัตโนมัติ Auto Placement

เทคนิคการใช้งานในส่วนนี้คืออุปกรณ์ตัวไหนที่เราต้องการตำแหน่งตายตัว ให้ทำการวางอุปกรณ์นั้นก่อน แล้ว Lock อุปกรณ์นั้นไว้ ส่วนพื้นที่ไหน ที่ไม่ต้องการให้วางอุปกรณ์ในพื้นที่นั้น เช่นส่วนของรูเจาะสำหรับยึดน็อต ให้นำ Keep out Layer ไปวาดกั้นตรงส่วนนั้น (Keep out Layer เปรียบเสมือนขอบงาน ทำให้โปรแกรม ไม่สามารถวางอุปกรณ์ตรงส่วนนั้นได้)ถ้ามีอุปกรณ์เป็น Foot Print เดียวกัน เช่น RAM หลายๆตัว ให้ทำการ Lock ตัวใดตัวหนึ่งไว้ โปรแกรมทำการจัดเรียงได้ดีขึ้น คือจะเรียงเป็นแบบ Bus ให้เราเทคนิคเหล่านี้จะทำให้การใช้คำสั่ง Auto Placement มีประสิทธิภาพขึ้นระดับหนึ่ง



รูปที่ 5.35 การเลือกพื้นที่การวางอุปกรณ์

Design Rule [D, R]



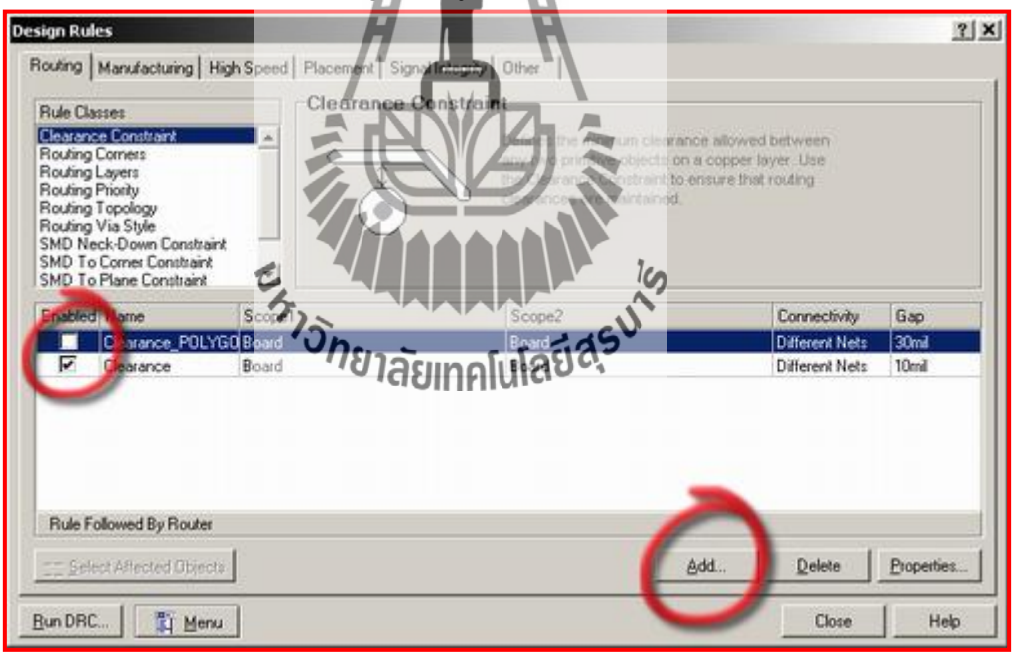
รูปที่ 5.36 การตั้งค่าRule

Design > Rules > Routing

• Clearance Constraint

รูปที่ 5.37 ลักษณะ Rule

เป็นการตั้งค่าระยะห่างของการ Routing ลายทองแดง ซึ่งประกอบด้วย Track-Track, Pad-Pad, Track-Pad หรือส่วนที่ประกอบเป็นลายทองแดงที่มี Net list ต่างกันให้คงระยะห่างไว้ตามระยะ Clearance ที่เราตั้งค่า ซึ่งสามารถกำหนดได้หลาย Rules โดยเพิ่มหรือลบ Rule ได้โดยเลือกคำสั่ง Add หรือ Delete ระยะ Clearance มาตรฐานเล็กสุดของวราคือ 10mil แต่ระยะ Clearance ที่แนะนำและทำให้การเดินเส้นออกมาดูสวย อยู่ที่ 12-16 mil

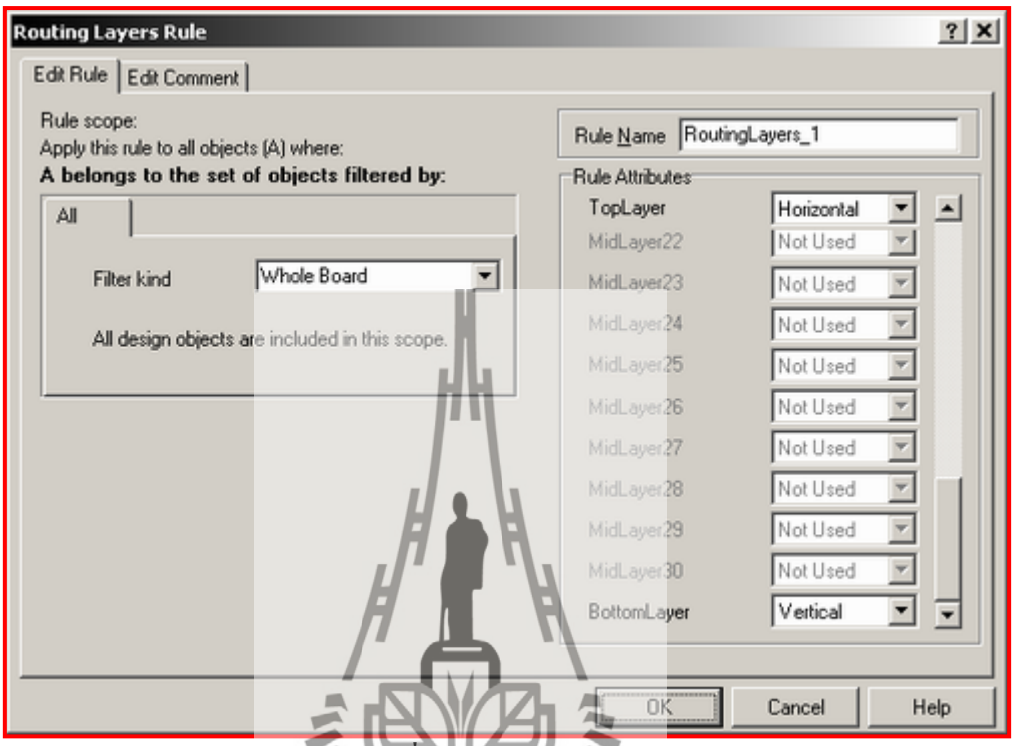


รูปที่ 5.38 การตั้งค่าระยะ Clearance

Routing Layer

บทความนี้เป็นการออกแบบงานสองหน้าจะต้องเข้าไปตั้งค่าให้ใช้ Top Layer และ Bottom Layer หากต้องการออกแบบงานเป็นงานหน้าเดียว (Single Side) ให้กำหนด Top Layer

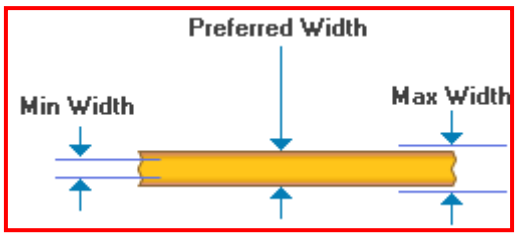
เป็น Not used ส่วน Horizontal หรือ Vertical หมายถึง แนวการเดินเส้น Track ส่วนใหญ่จะเดินในแนวตั้งหรือแนวนอน



รูปที่ 5.39 Routing Layer

Width Constraint ใช้ในการตั้งค่าขนาดของเส้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

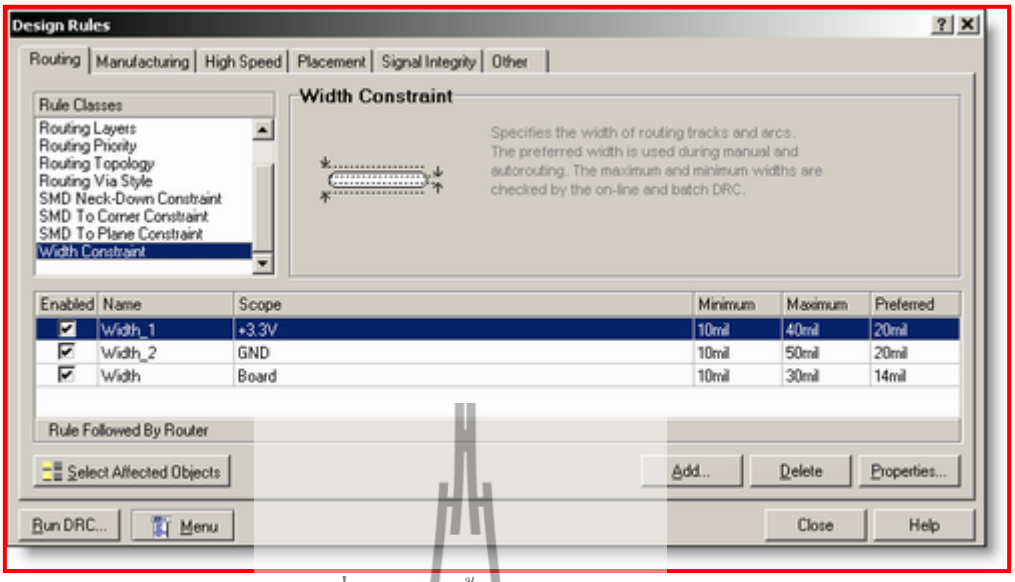


รูปที่ 5.40 Width Constraint ใช้ในการตั้งค่าขนาดของเส้น

Min Width เป็นการกำหนดขนาดเล็กสุดของ Track

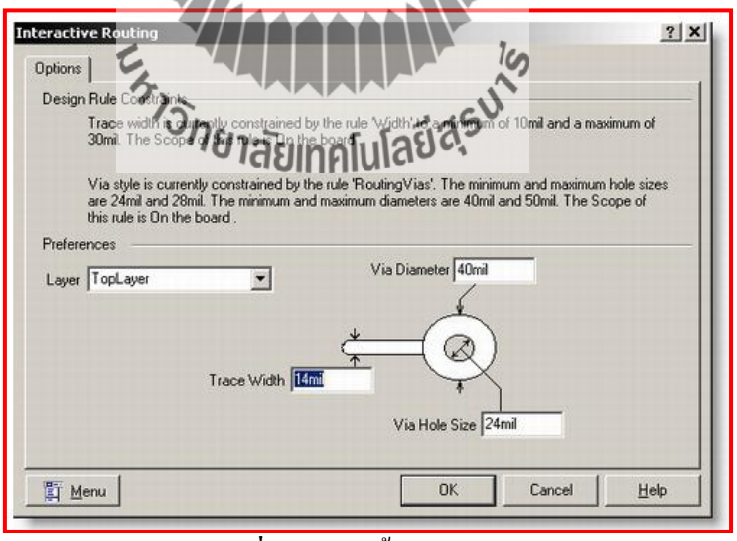
Max Width เป็นการกำหนดขนาดใหญ่สุดของ Track

Preferred Width คือการตั้งขนาดที่เหมาะสมที่สุดของ Track



รูปที่ 5.41 การตั้งค่า Width Constraint

การเดินเส้น Track สามารถเปลี่ยนขนาด Track ได้โดยการกด Tab ที่ Key Board จะปรากฏหน้าต่าง Interactive Routing ให้ทำการเปลี่ยนขนาด Track และ Via ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนค่าสูงสุดต่ำสุดจะไม่เกินที่กำหนดไว้ใน Rule (Width Constraint) ของ Net list นั้นด้วย เมื่อตั้งค่าใหม่แล้วเส้น Track หรือ Via จะมีขนาดนี้โดยตลอดจนกว่าจะมีการตั้งค่าปรับเปลี่ยนใหม่อีกครั้ง

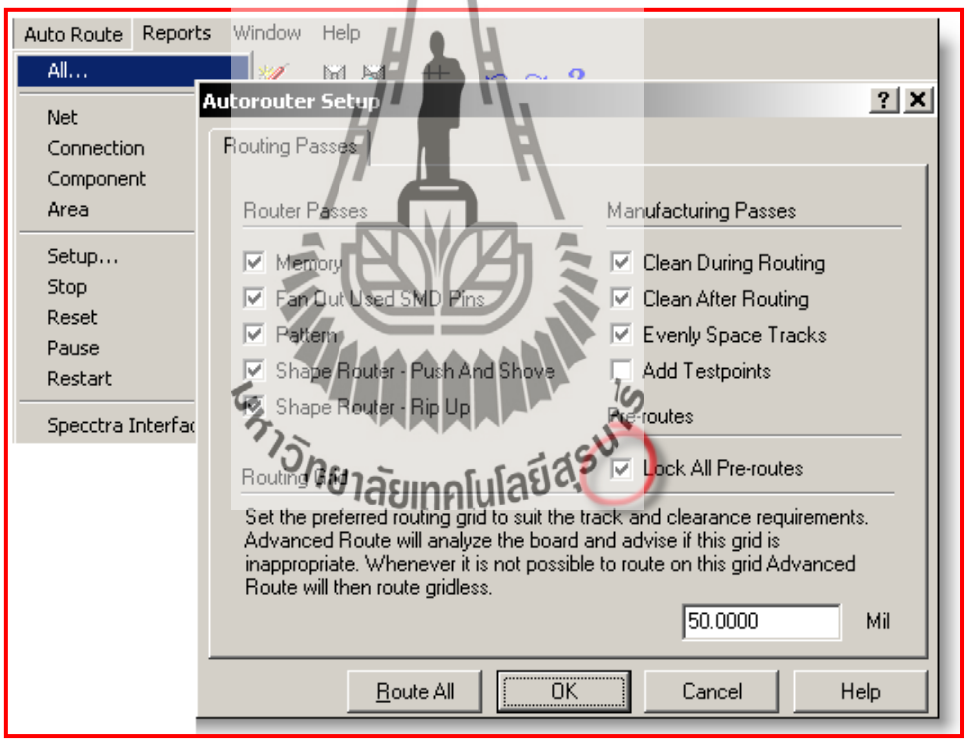


รูปที่ 5.42 การตั้งค่าของเส้น

ในการออกแบบเราควรรู้ข้อมูลว่าผู้ผลิตมีความสามารถในการผลิตเส้น Track ได้เล็กสุดเท่าไร Via หรือ Pad ผลิตได้เล็กสุดเท่าไร Clearance ต่ำสุดเท่าไร เช่น waraกำหนด Clearance ต่ำสุดที่ 10mill, Trackเล็กสุดที่ 10milll, Via เล็กสุดที่ Diameter=40mill: Hole size= 24mill เป็นต้น ซึ่งถ้าเราออกแบบงานสมบูรณ์แล้วแต่ผู้ผลิตไม่สามารถผลิตให้ได้ เนื่องจากต่ำกว่าข้อกำหนดที่สามารถผลิตได้อาจทำให้เราต้องเสียเวลาในการแก้ไขงานใหม่

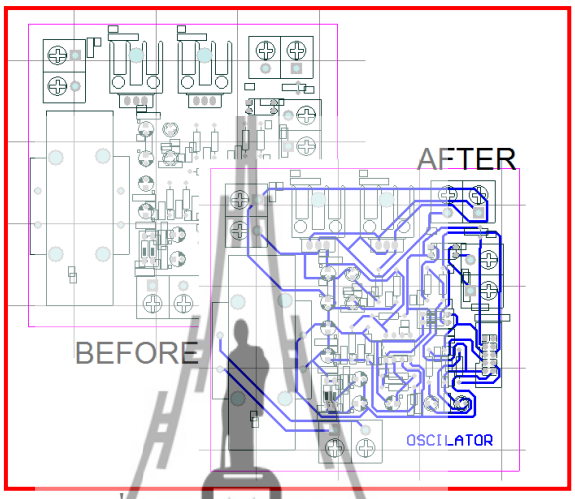
Routing

ในการ Routing นั้นสามารถทำได้สองวิธีคือการ Auto Routing กับการเดินเส้น Track เอง ในการ Auto Routing ของ Protel99SE นั้นจะต้องมี Net list เป็นตัวเชื่อมต่อตำแหน่งของ Track โดยทำการ Auto Route โดยใช้คำสั่ง Auto Route > Route All… [A,R]



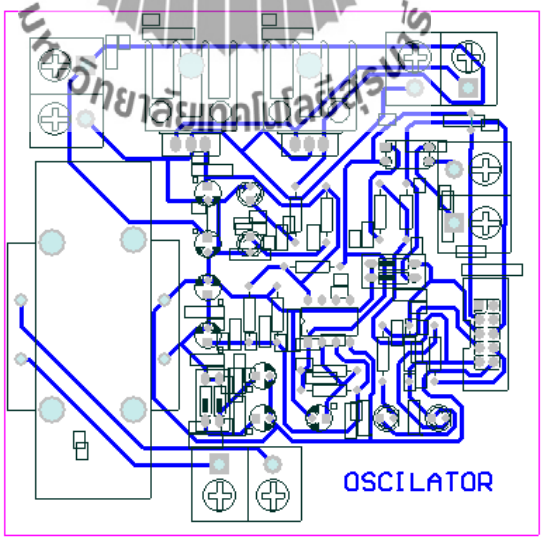
รูปที่ 5.43 การ Auto Routing

เทคนิคในการเดิน Auto Rout โปรแกรมจะเดินได้ดีในระดับหนึ่งซึ่งเส้น Track บางเส้น การ Auto Rout อาจไม่สวยงามอย่างที่ควรเป็นให้ผู้ใช้เดินเส้น Track เองโดยใช้ ≈ ในการเดินและตั้งค่าให้เข้าสู่โหมดของการเดินแบบป้องกันการเดินเส้นผิด Net list ที่ Preference > Interactive Routing > Mode > Avoid Obstacle เมื่อเดินเส้น Track เสร็จแล้ว การเดินเส้น Track ส่วนที่เหลือให้ทำการ Auto Route โดยตั้งค่าเลือก Lock All Pre-routes จะทำให้เส้นที่เดินไว้ก่อน ไม่ถูก Reset แต่ถ้าไม่ Lock ไว้ก่อนแล้วเส้นที่เดินไว้ก่อนหน้า Auto Rout จะถูก Reset แล้วเดินใหม่ทั้งหมด



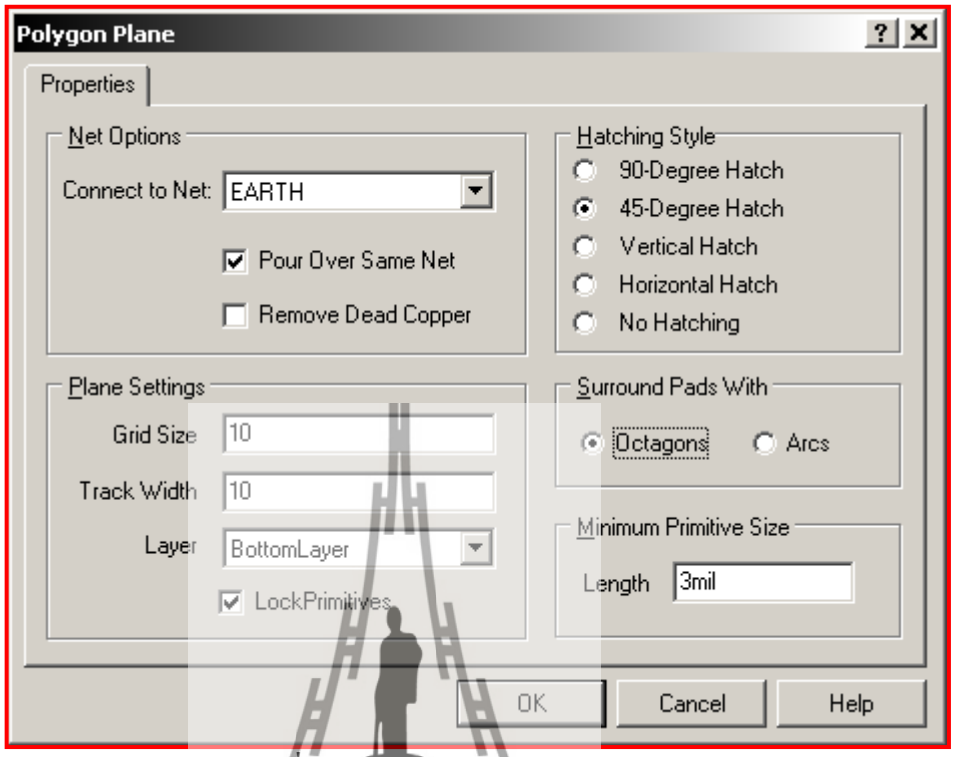
รูปที่ 5.44 การเดินเส้นแบบ Auto Rout

เมื่อได้เส้นตามที่ต้องการจะได้ดังรูป



รูปที่ 5.45 เส้นวงจรที่สมบูรณ์

จากนั้นให้วาง Polygon Plane วิธีการวาง Polygon Plane สามารถทำได้โดยเลือกที่ Tools ดังรูป

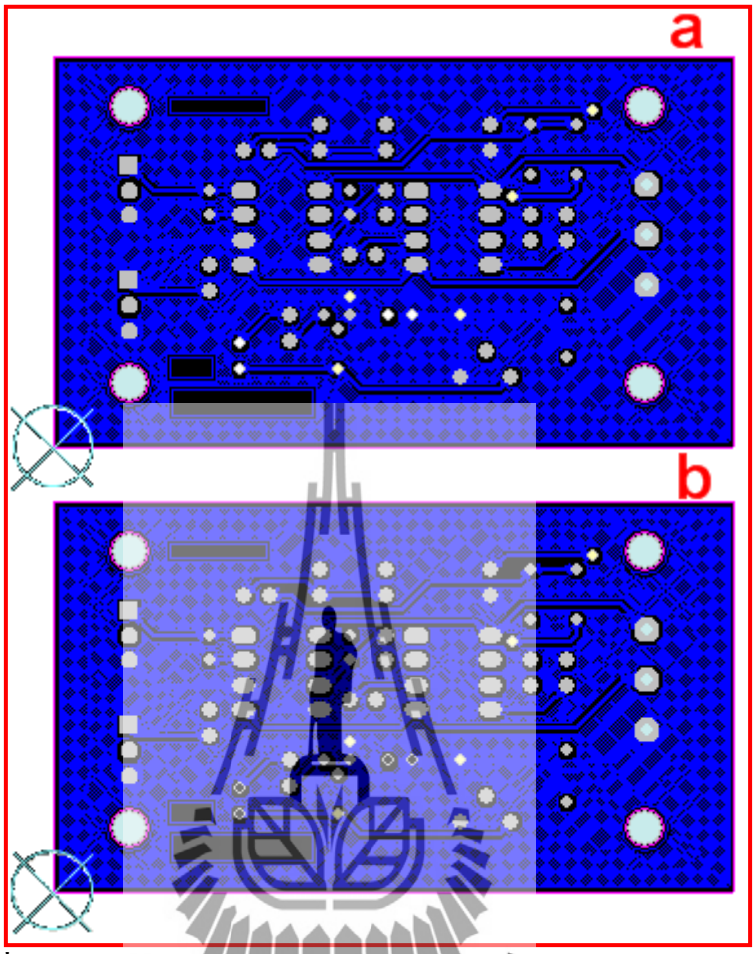


รูปที่ 5.46 หน้าต่าง Polygon Plane

ในส่วนของ Net Option สามารถเลือกได้ว่าต้องการให้ Polygon อยู่ใน Net ใด

• Pour Over Same Net หมายถึง ต้องการให้สร้าง Polygon ทับบนเส้น Track ที่มี Netlis เดียวกัน

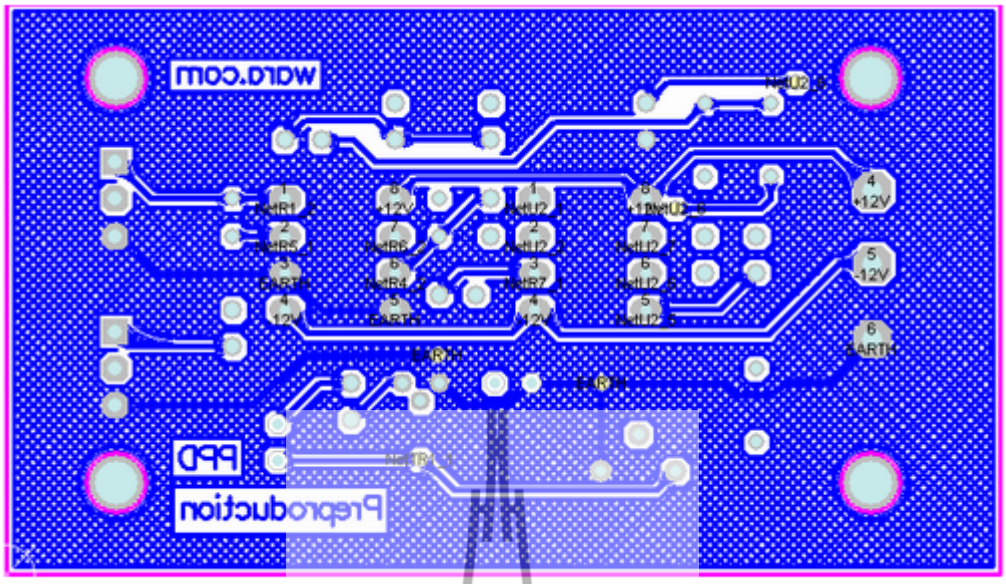
• Remove Dead Copper หมายถึง ให้ Polygon ไม่เชื่อมต่อกับ Pad หรือ Track ใดเลย ให้ทำการRemove ออกหลังจากที่สร้าง Polygon เสร็จ



รูปที่ 5.47 ลายวงจรที่ไม่ Remove Dead Copper และRemove Dead Copper

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

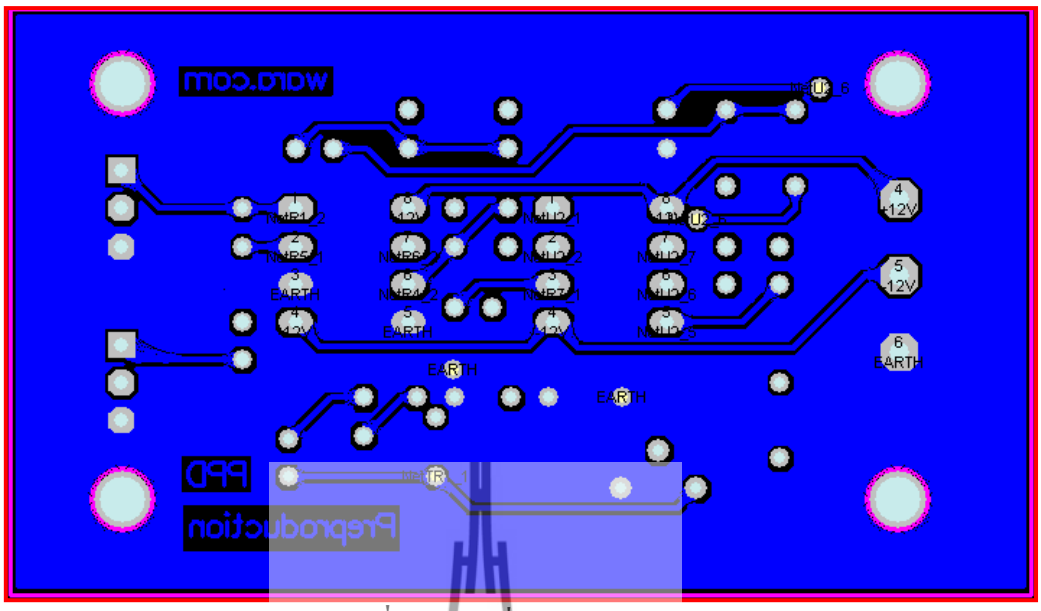
ภาพ A จะไม่ Remove Dead Copper ภาพ Remove Dead Copper Plan Settings > Grid Size ใช้ตั้งค่าระยะห่างของเส้น Track Track Width เป็นที่ตั้งค่าขนาดของเส้น Track ที่ใช้สร้าง Polygon ถ้ากำหนดเส้น Track และ Grid มีขนาดเล็กมากจะทำให้ Polygon มีความสามารถในการเข้าถึงซอกมุมเล็กๆได้มากกว่าแต่ในกระบวนการผลิตจริงควรรู้ข้อมูลว่า ผู้ผลิตสามารถผลิตเส้นได้เล็กที่สุดเท่าไรแล้วทำการตั้งค่า Track Width ให้เท่ากับที่ผู้ผลิตสามารถผลิต จึงจะมั่นใจได้ว่า Polygon ที่ออกนั้นจะไม่ถูกกัดเส้นขาดหรือแหว่งจากการผลิต



รูปที่ 5.48 Track = 10mil Grid = 20 Mill

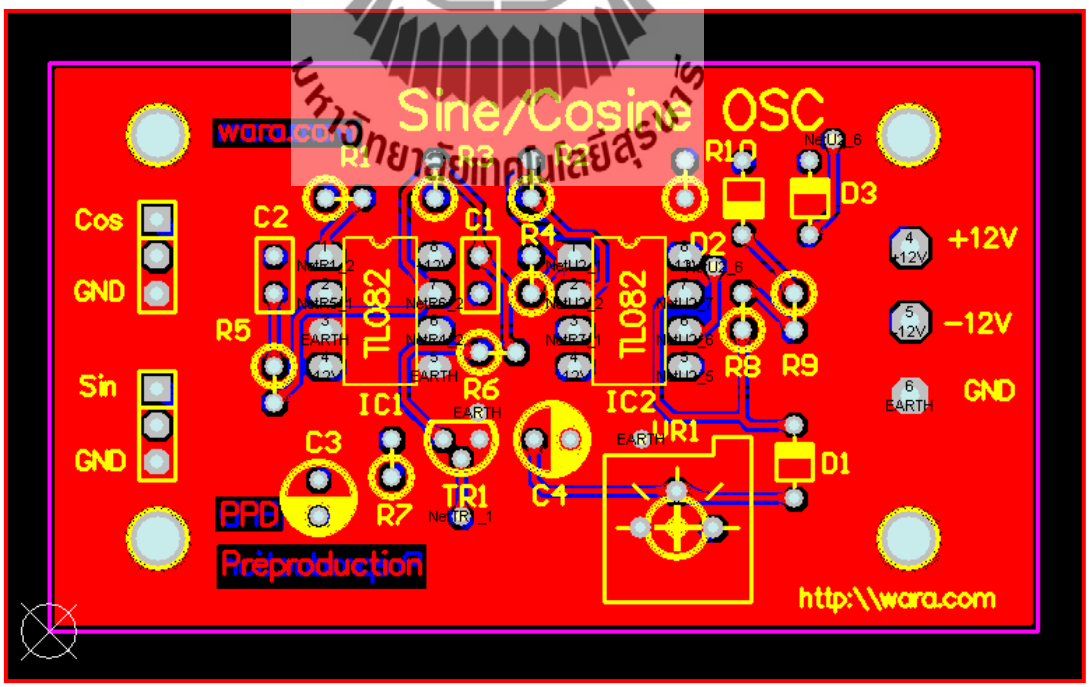
จากภาพข้างบน Track = 10mil Grid = 20 Mill ทำได้ Clearance = 10mil ซึ่งตรงตามข้อกำหนดของ WARA จะทำให้งานที่ผลิตออกมาได้ลายเส้นตามที่ออกแบบเมื่อทำการตั้งค่าเรียบร้อยแล้วเลือก Layer ที่จะสร้างแล้ว เลือก OK จุดเริ่มต้นที่จะสร้าง Polygon แล้วลากกรอบล้อมจุดที่จะสร้าง Polygon ดังภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 5.49 จุดที่จะสร้าง Polygon

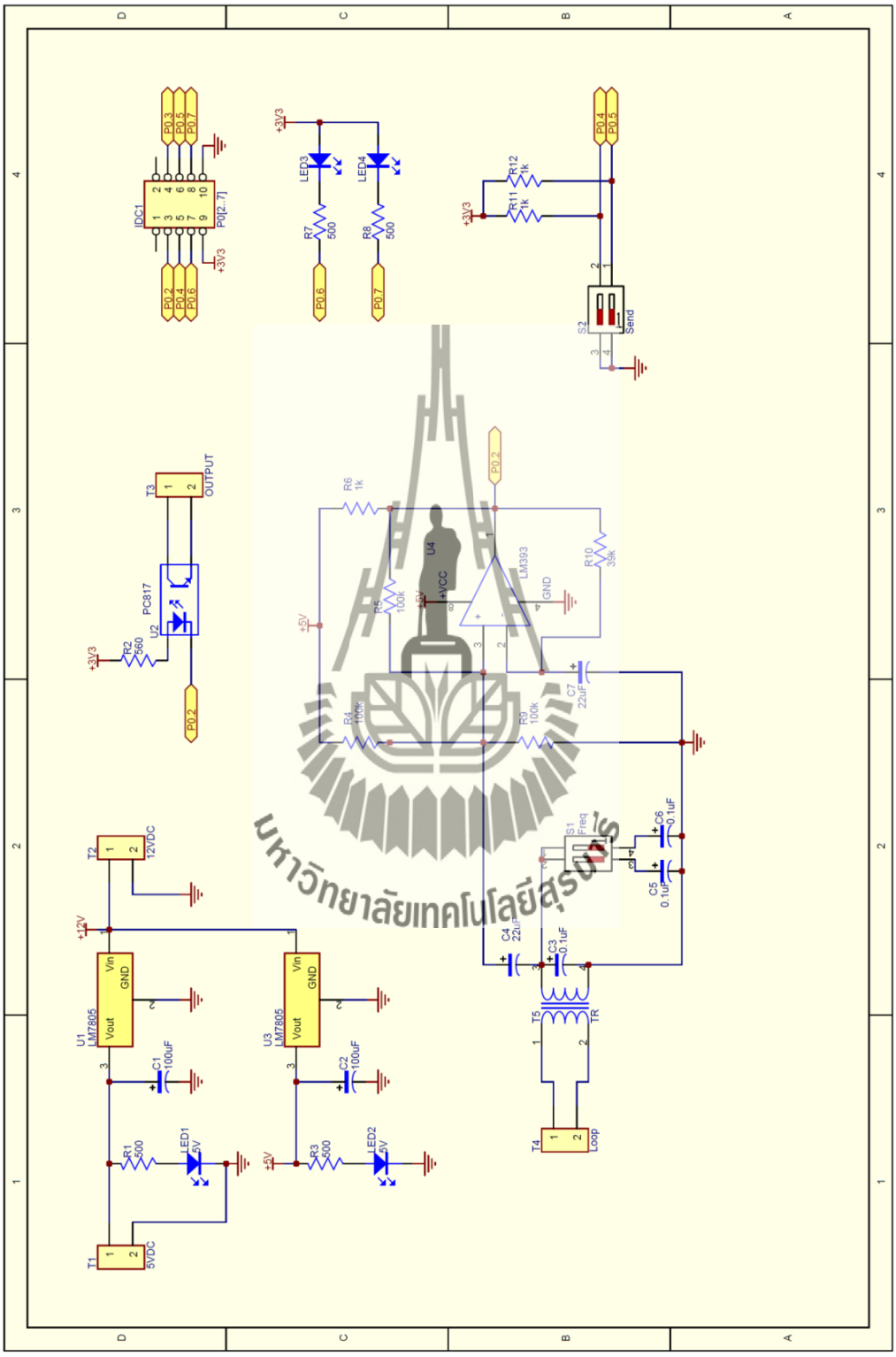
เมื่อทำการสร้าง Polygon ที่ Bottom Layer เสร็จแล้ว จากนั้นทำการสร้าง Polygon ที่ Top Layer อีก Layer หนึ่งใช้ Single Layer Mode ในการตรวจดูทีละ Layer ได้โดยกด [Shift + S] จะเข้าสู่ Mode และทำการกด [Shift + S] อีกครั้งเพื่อออกจาก Single Layer Mode หรือกด [L] เพื่อเลือกเปิด/ปิด Layer ต่างๆที่ต้องการใช้



รูปที่ 5.50 ลายวงจรพีซีบี

Datasheet

วงจรกำเนิดความถี่



บรรณานุกรม

[1] เทคโนโลยีการตรวจวัดและจัดการจราจรบนทางหลวง

URL : pe.eng.ku.ac.th/files/semimar/2009/Technology_Group_7.pdf

[2] LC Determination by Resonant Frequency Measurement

http://cappels.org/dproj/lgm/lgm.html

[3] Tutorial PCBs Design

http://www.wara.com/modules.php?name=News&file=article&sid=238

[4] Electronic Oscillator

http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_oscillator

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายประสงค์ สว่างกิจ เกิดเมื่อวันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2533 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลจอหอ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนอัสสัมชัญนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2550 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายเกริกฤทธิ์ ศรีเคน เกิดเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2532 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลโนนทองหลาง อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนบัวใหญ่ อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2550 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายตันติกร ห่อทอง เกิดเมื่อวันที่ 19 สิงหาคม พ.ศ. 2532 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม เมื่อปี พ.ศ. 2550 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี