

ชุดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง E85 สำหรับจักรยานยนต์

E85 CONVERSION KIT FOR MOTORCYCLES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ชุดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง E85 สำหรับจักรยานยนต์

E85 CONVERSION KIT FOR MOTORCYCLES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

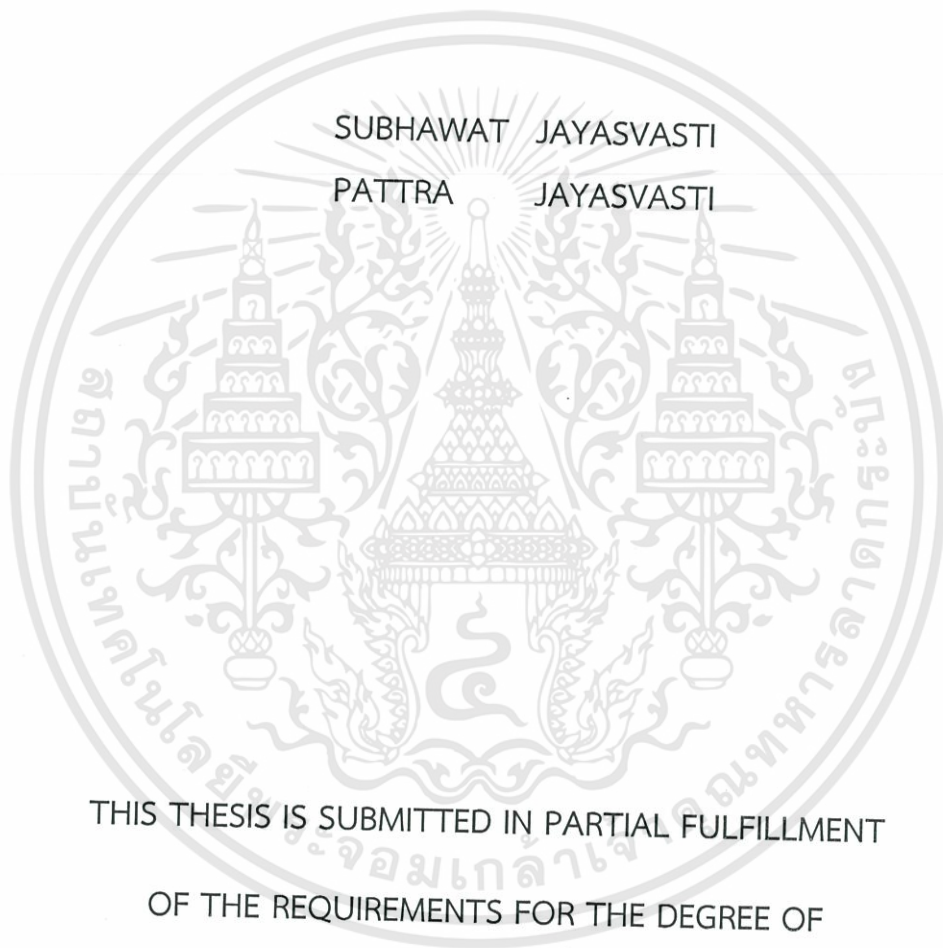
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E85 CONVERSION KIT FOR MOTORCYCLES



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FAULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง E85 สำหรับจักรยานยนต์

E85 CONVERSION KIT FOR MOTORCYCLES

ผู้จัดทำ

นายศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์ 53011607

นายภัทร ชัยสวัสดิ์ 53011206


.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ดอน อิศรากร)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สองเมือง นันทวาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง E85 สำหรับจักรยานยนต์

โดย

นายศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์ 53011607

นายภัทร ชัยสวัสดิ์ 53011206

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ดอน

อิศรากร

อาจารย์สองเมือง

นันทขว้าง

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบการปรับปรุงสัญญาณจากชุดควบคุมเครื่องยนต์ (ECU) สำหรับเครื่องยนต์เบนซินสี่จังหวะแบบหัวฉีด ให้ใช้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล หรือเชื้อเพลิง E85 โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต เป็นตัวปรับปรุงสัญญาณ เฉพาะสัญญาณที่มีผลต่อการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง E85 คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดในแต่ละครั้ง (สัญญาณหัวฉีด) และจังหวะการจุดระเบิด (องศาจุดระเบิด) จุดมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องยนต์ในส่วนที่มีผลกับชนิดเชื้อเพลิง และปรับปรุงเพื่อให้ใช้เชื้อเพลิง E85 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หมายความว่ากำลังที่ได้ในขณะที่ใช้ E85 จะต้องไม่น้อยกว่าเดิม ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เลือกที่จะปรับปรุงสัญญาณทั้งสัญญาณหัวฉีด และองศาจุดระเบิด เพื่อที่จะให้ได้ประสิทธิภาพจากเชื้อเพลิง E85 สูงที่สุด และคุ้มทุนที่จะเปลี่ยนมาใช้ได้

E85 CONVERSION KIT FOR MOTORCYCLES

by

Mr.Subhawat Jayasvasti 53011607

Mr.Pattra Jayasvasti 53011206

Advisors

Dr.Don Isarakorn

Mr.Songmuang Nundrakwang

Academic Year 2013

ABSTRACT

This thesis presents “The designing of signal improvement for Engine Control Unit (ECU)” for four-stroke engine fuel injection type, their gas would contain ethanol or E85 fuel by using 8-bit microcontrollers to improve a specific signal involved to combustion of E85. The purpose of “The designing of signal improvement for ECU” is to learn about the collaboration of fuel and engines for increasing efficiency of E85 gasoline. The result of learning describes the potential of E85 engines would be increased continuously and no reduction. So We would like to improve an injection signal and ignition timing in order to increase the efficiency of E85 and worth changing.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น ทางผู้จัดทำขอกราบ
ขอบพระคุณ ดร.ดอน อิศรากร และอาจารย์สองเมือง นันทขว้าง อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำที่ดี
มาโดยตลอด ขอบพระคุณคณะอาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมทุกท่านที่ให้ความรู้
กับคณะผู้จัดทำโครงการนี้เพื่อให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สองเมือง นันทขว้าง ที่ให้คำปรึกษาและให้ความรู้เกี่ยวกับ
รายละเอียดการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

ขอขอบคุณ ดร.ดอน อิศรากร ที่ให้คำปรึกษาและให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการสัญญา
รบกวนที่มีแรงดันสูง

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำโครงการต้องกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของพวกเราผู้มีพระคุณสูงสุด
ที่เป็นผู้ให้โอกาสในการศึกษา ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้

ผู้จัดทำ

นายศุภวัฒน์

นายภัทร

ชัยสวัสดิ์

ชัยสวัสดิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 จุดเริ่มต้น	3
2.2 ความแตกต่างของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด	3
2.2.1 โครงสร้างของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด (Octane, Ethanol)	3
2.2.2 ที่มาของเชื้อเพลิง	4
2.2.3 สรุปข้อดีข้อเสียของเชื้อเพลิงเอทานอล	7
2.3 ลักษณะเฉพาะที่ต่างกันของแก๊ซโซลีนและเอทานอล	7
2.3.1 ความต้องการออกซิเจนในการเผาไหม้	8
2.3.2 พลังงานในโมเลกุล และพลังงานต่อปริมาตร	8
2.3.3 สรุปค่าพลังงานของเชื้อเพลิงในการใช้งานกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน	9
2.3.4 ค่าการทนกำลังอัด และผลที่ได้จากการเพิ่มกำลังอัด	10
บทที่ 3 การออกแบบและวิธีดำเนินงาน	11
3.1 ทดสอบทฤษฎีเบื้องต้น การเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง	11
3.1.1 ปัญหาที่พบในขั้นที่ 1	16
3.2 ชุดอ่านค่า อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AF-Ratio meter)	18
3.3 ชุดเก็บค่าจากการทำงานของเครื่องยนต์ (Data Logger)	22
3.4 ชุดควบคุมการจุดระเบิด (Ignition Timing)	26
3.5 ชุดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง E85 แบบสมบูรณ์	30
บทที่ 4 การทดลอง	31
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	36
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	39

สารบัญญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงสูตรโครงสร้างของ Octane และ Ethanol	3
2.2	แสดงการเผาไหม้แบบขาดออกซิเจนของแก๊สโซลีน (ซ้าย) และ E85 (ขวา)	4
2.3	แสดงที่มาของเชื้อเพลิงเอทานอล (ซ้าย) และแก๊สโซลีน (ขวา)	4
2.4	ราคาน้ำมันวันที่ 27/2/2557	5
2.5	โครงสร้างราคาน้ำมันวันที่ 27/2/2557	6
2.6	แสดงอัตราส่วนของเชื้อเพลิงเทียบอากาศ 1 หน่วย (Air/Fuel Ratio)	8
2.7	แสดงค่าพลังงานต่อปริมาตร	8
2.8	แสดงจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	9
2.9	แสดงค่าการทนกำลังอัด (RON : Research Octane Number)	10
2.10	แสดงกำลังอัดในกระบอกสูบ ในจังหวะอัดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	10
3.1	กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (ECU)	11
3.2	ตำแหน่งที่จะตั้งสัญญาณมาวิเคราะห์	11
3.3	Wiring Diagram ของ CBR150	12
3.4	แสดงสัญญาณที่จับได้	13
3.5	แสดงวงจรต้นแบบภายใน ECU และการควบคุมสัญญาณหัวฉีด	13
3.6	แสดงภาพวงจรส่วนอินพุตของชุดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง E85	13
3.7	วงจรของชุดทดสอบทฤษฎีเบื้องต้น การเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง	14
3.8	บอร์ดทดสอบทฤษฎีเบื้องต้น การเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง	14
3.9	ตำแหน่งการติดตั้งบอร์ดทดสอบ	15
3.10	แสดงความแตกต่างของสัญญาณที่จับจาก ECU และบอร์ดทดสอบ	16
3.11	แสดงการแก้ไขวงจรเพื่อเลียนแบบสัญญาณจาก ECU	16
3.12	เปรียบเทียบไดโอดที่ใช้ กับ TVS Diode	17
3.13	กราฟแสดงสัญญาณหลังจากการแก้ปัญหา เทียบกับกราฟของ ECU	17
3.14	ออกซิเจนเซนเซอร์	18
3.15	โครงสร้างของออกซิเจนเซนเซอร์ทั้งสองชนิด	18
3.16	ตำแหน่งการติดตั้งออกซิเจนเซนเซอร์	19
3.17	การเก็บค่าจากออกซิเจนเซนเซอร์	19
3.18	สัญญาณที่ออกมาจากออกซิเจนเซนเซอร์ และความหมาย	20
3.19	วงจรแสดงผลของสัญญาณจากออกซิเจนเซนเซอร์	20
3.20	บอร์ดชุดอ่านค่าอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AF-Ratio meter)	21
3.21	แสดงการทำงานของบอร์ด	21
3.22	สัญญาณจาก Crankshaft Sensor	22
3.23	สัญญาณหลังผ่าน Coupling	23
3.24	สัญญาณหลังผ่าน Half-Wave Rectifier	23

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3.25	สัญญาณหลังผ่าน Voltage Divider	24
3.26	สัญญาณหลังผ่าน Voltage Comparator	24
3.27	เปรียบเทียบระหว่างก่อน-หลัง Voltage Comparator	24
3.28	แสดงวงจรที่แปลงสัญญาณทั้งหมด	25
3.29	ลักษณะ และสัญลักษณ์ของคอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil)	26
3.30	กราฟการทำงานของคอยล์จุดระเบิด	26
3.31	แสดงเวลาที่จุดระเบิดเทียบกับตำแหน่งของลูกสูบ	27
3.32	แสดงกำลังอัดในกระบอกสูบในจังหวะอัดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	27
3.33	ผังวงจรส่วนที่ขับคอยล์จุดระเบิด	28
3.34	มอสเฟต (MOSFET : Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)	28
3.35	ผลการทดลองการขับคอยล์จุดระเบิด	29
3.36	หัวเทียนจุดระเบิด	29
3.37	แสดงผังวงจรของบอร์ด	30
3.38	บอร์ดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สำหรับเชื้อเพลิง E85	30
4.1	กราฟจำลองแสดงตำแหน่งของสัญญาณต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์	31
4.2	หน้าต่างโปรแกรมเก็บบันทึกค่าความเร่งจากจักษยานยนต์	31
4.3	ตัวอย่างการแสดงค่ากราฟบนโปรแกรม	32
4.4	การโปรแกรมปรับค่าต่างๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์	32
4.5	การทดสอบ โดยพกคอมพิวเตอร์ใส่กระเป๋าเพื่อเก็บค่าตลอดทาง	33
4.6	บอร์ดที่ใช้ในการอ่านค่ารอบเครื่อง และส่งมายังคอมพิวเตอร์	33
4.7	ความเร่งของการปรับจูนต่างๆ	34
4.8	แสดงตำแหน่งการติดตั้งชุดคิท	35
4.9	แสดงความแตกต่างของอัตราการจัดจ่ายเชื้อเพลิง	35
5.1	การกีดกร้อนที่เกิดขึ้นจากแอลกอฮอล์	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา

ในปัจจุบันยานพาหนะเช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ แทบจะเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของผู้คนในแต่ละวัน ยานพาหนะพวกนี้ล้วนแล้วแต่ใช้พลังงานฟอสซิลทั้งสิ้น ซึ่งเป็นพลังงานที่มีไม่มาก และจะลดปริมาณลงเรื่อยๆ จนถึงจุดที่ไม่คุ้มแก่การขุดขึ้นมาใช้อีกต่อไป จึงมีผู้คิดค้นนำเอทานอลมาเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สโซลีนและยังสามารถผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้พืชและการย่อยสลายของแบคทีเรียเป็นตัวเปลี่ยนรูปพลังงาน โดยพลังงานนี้เป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดสามารถผลิตได้เรื่อยๆ จากเกษตรกรรม แต่พลังงานนี้ยังไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากไม่สามารถใช้กับยานพาหนะที่ใช้แก๊สโซลีนได้โดยตรง เพราะคุณสมบัติใกล้เคียงกันแต่ยังไม่เหมือนกันจึงต้องมีการปรับปรุงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิง และการจุดระเบิดใหม่

จากการศึกษาพบว่า นอกจากพลังงานเอทานอลจะสามารถผลิตได้ไม่มีวันหมดแล้ว ยังพบว่าการเผาไหม้ของเอทานอลให้ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ในปริมาณที่น้อยกว่าแก๊สโซลีนมากเนื่องจากในโมเลกุลของเอทานอลมีอะตอมของออกซิเจนอยู่แล้วจึงเผาไหม้ให้สมบูรณ์ง่ายกว่า ถึงแม้ว่าในปริมาตรที่เท่ากันเอทานอลจะให้พลังงานที่ต่ำกว่าก็ตาม แต่ความต้องการออกซิเจนในการเผาไหม้น้อยกว่ามาก จึงสามารถเพิ่มปริมาณการจ่ายเอทานอลในการจุดระเบิดแต่ละครั้งเพิ่มได้อีกมากโดยที่ยังเผาไหม้สมบูรณ์อยู่ ผู้จัดทำจึงเลือกที่จะสร้างอุปกรณ์พ่วงเพื่อให้ยานพาหนะสามารถใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงได้สมบูรณ์ โดยประโยชน์จากการใช้เอทานอลจะทำให้มลพิษจากยานพาหนะลดลงและเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรโดยตรงอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ออกแบบอุปกรณ์พ่วงเพื่อให้จักรยานยนต์สามารถใช้เชื้อเพลิงเอทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดและเชื้อเพลิงที่ผสมกัน เพื่อที่จะออกแบบอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานได้กับเชื้อเพลิงที่มีการผสมได้ทุกอัตราส่วน
3. ออกแบบให้ง่ายต่อการติดตั้ง ใช้ได้กับยานพาหนะที่ใช้แก๊สโซลีนได้ทุกคัน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

จากการศึกษาคุณสมบัติของเอทานอลเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีนพบว่ามีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกันมาก โดยที่เอทานอลจะใช้ออกซิเจนในการเผาไหม้น้อยกว่า และพลังงานต่อปริมาตร (Energy Density) ของเอทานอลน้อยกว่าโดยชั้นแรก จะต้องเพิ่มปริมาณการจ่ายน้ำมันแต่ละครั้ง เพื่อชดเชยค่าพลังงานที่น้อยกว่าแก๊สโซลีน

คุณสมบัติอีกข้อที่แตกต่างกันคือค่าความทนกำลังอัด (ค่าออกเทน) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเอทานอลจะมีค่าออกเทนที่สูงกว่ามากที่ซ้ากว่า จึงสามารถปรับเวลาในการจุดระเบิด (องศาจุดระเบิด) ก่อนเวลาเดิม เพื่อให้เครื่องยนต์เผาไหม้เชื้อเพลิงได้หมดจดยิ่งขึ้น และเป็นการชดเชยจากปริมาณเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นด้วย

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงทั้งสอง คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเมื่อมีการผสมในอัตราส่วนต่างๆ และคุณสมบัติของเครื่องยนต์ เช่นคุณสมบัติของการระเหย คุณสมบัติทางเคมีเวลาเผาไหม้ คุณสมบัติด้านการทนกำลังอัด คุณสมบัติด้านพลังงาน ข้อดีข้อเสียและความคุ้มค่า เป็นต้น และศึกษาการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อที่จะออกแบบอุปกรณ์ที่จะมาต่อพ่วง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณเน้นการปฏิบัติการ โดยเริ่มจากการสืบค้นข้อมูลเชิงวิชาการ งานวิจัย และบทความต่างๆ ในด้านคุณสมบัติของเชื้อเพลิงต่างๆ และการทำงานของเครื่องยนต์สันดาป เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยและออกแบบอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ศึกษาการทำงานของชุดควบคุมเครื่องยนต์ (ECU) เพื่อจะนำมาสร้างอุปกรณ์ที่จะนำมาต่อพ่วงเพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของบางส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติของเอทานอล ออกแบบอุปกรณ์ที่ละส่วนเพื่อทดสอบการทำงานและความเสถียร นำอุปกรณ์แต่ละส่วนมาทำงานรวมกัน และเก็บข้อมูลก่อนและหลังการใช้อุปกรณ์ เพื่อมาคำนวณประโยชน์และความคุ้มค่าที่จะได้รับจากสมมติฐาน

บทที่ 2

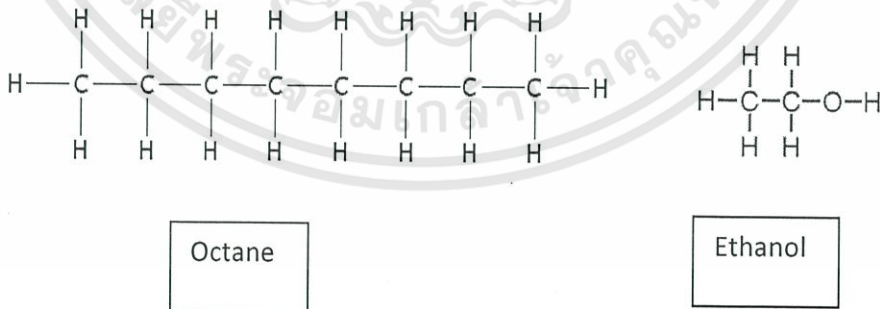
ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 จุดเริ่มต้น

ในปัจจุบันยานพาหนะ เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ ถือว่าเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของผู้คนในแต่ละวัน ยานพาหนะดังกล่าวส่วนมากล้วนแล้วแต่ใช้พลังงานฟอสซิลทั้งสิ้น ซึ่งเป็นพลังงานที่มีอย่างจำกัดและจะลดปริมาณลงอย่างต่อเนื่องจนถึงจุดที่ไม่คุ้มแก่การขุดขึ้นมาใช้อีกต่อไป จึงมีผู้คิดค้นนำเอทานอลมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทน ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สโซลีน และยังสามารถผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้พืชหรือการย่อยสลายของแบคทีเรียเป็นตัวเปลี่ยนรูปพลังงาน พลังงานนี้เป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดสามารถผลิตได้อย่างไม่จำกัดจากเกษตรกรรม ต่อมาเกิดการผสมระหว่างแก๊สโซลีนและเอทานอลเข้าด้วยกัน ในอัตราส่วนที่สูงขึ้นจาก 20% เป็น 85% และถูกเรียกว่า E85 แต่เชื้อเพลิงนี้ยังไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากไม่สามารถใช้กับยานพาหนะที่ไม่ได้ออกแบบมาสำหรับ E85 โดยตรง เพราะถึงแม้คุณสมบัติใกล้เคียงกันแต่ยังไม่เพียงพอที่จะใช้ทดแทนแก๊สโซลีนได้อย่างสมบูรณ์ จึงต้องมีการปรับแต่งการทำงานของเครื่องยนต์เพื่อให้รองรับกับการใช้ E85 อย่างเช่นปรับการควบคุมปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิง และองศาการจุดระเบิดใหม่สำหรับเครื่องยนต์หัวฉีดที่ใช้คอมพิวเตอรืเป็นหน่วยควบคุม

2.2 ความแตกต่างของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด

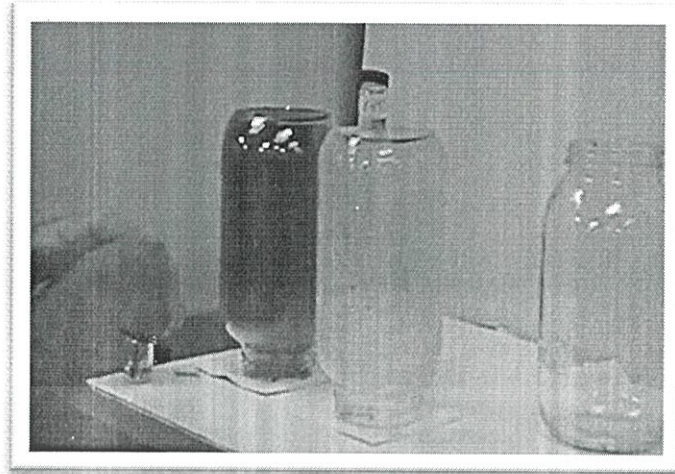
2.2.1 โครงสร้างของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด (Octane, Ethanol)



รูปที่ 2.1 แสดงสูตรโครงสร้างของ Octane และ Ethanol

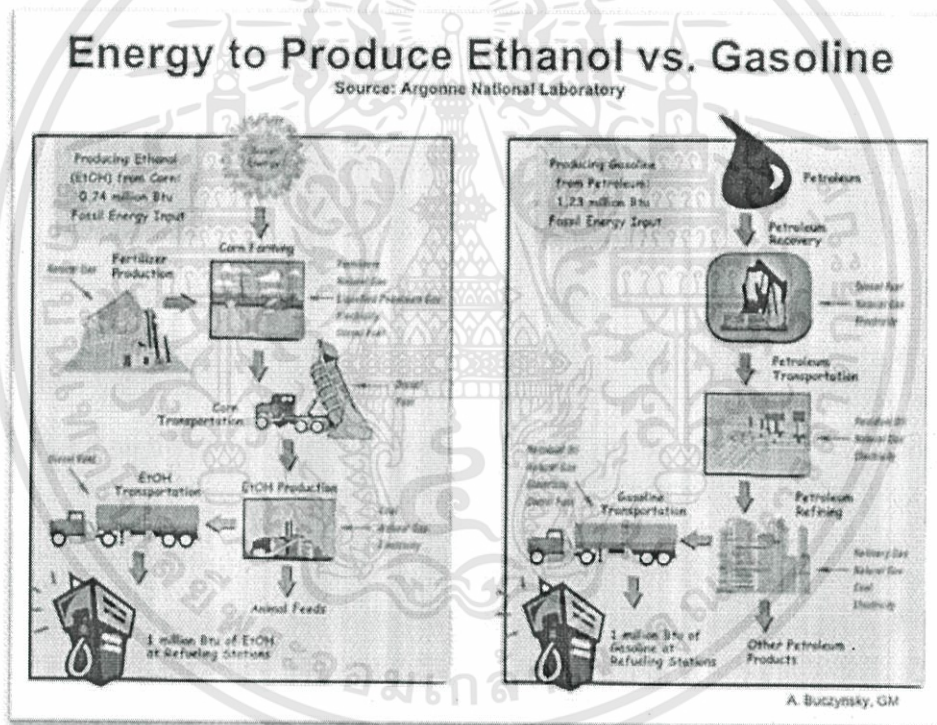
จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่า ออกเทนมีจำนวนพันธะไฮโดรเจนที่มากกว่า ทำให้มีพลังงานในโมเลกุลมากกว่าเอทานอล แต่เอทานอลมีออกซิเจนในโมเลกุลจึงทำให้การสันดาปสมบูรณ์ได้ง่ายกว่า และทำให้ไม่เกิดเขม่า กับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นพิษต่อร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการเผาไหม้แบบขาดออกซิเจนของแก๊สโซลีน (ซ้าย) และ E85 (ขวา)[1]

2.2.2 ที่มาของเชื้อเพลิง



รูปที่ 2.3 แสดงที่มาของเชื้อเพลิงเอทานอล (ซ้าย) และแก๊สโซลีน (ขวา)

จากรูปที่ 2.3 การผลิตของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงเอทานอล ที่ได้มาจากการเกษตรกรรม ซึ่งไม่มีวันหมด ผลิตได้เรื่อยๆ และไม่เป็นการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ เนื่องจากถูกดึงกลับมาผลิตเป็นพลังงานด้วยสารสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ต่างกับรูปซ้ายที่เป็น การขุดเจาะลงไปนำพลังงานฟอสซิลใต้พื้นโลกมาใช้ ซึ่งจะมีวันหมดไป และเป็นการทำธาตุคาร์บอน มาทิ้งในอากาศในรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BlueInnovation เทคโนโลยีระดับพรีเมียม เชื้อสะอาดสูง	
ณ วันที่ 27.02.14 01:06	
บาท/ลิตร	
BlueGasoline ₉₅	48.05
BlueGasohol ₉₁	38.08
BlueGasohol ₉₆	40.53
BlueGasohol _{E20}	35.58
BlueGasohol _{E85}	24.38
BlueDiesel	29.99
HyForce Premium Diesel	32.99
บาท/ลิโตรัม	
MGV	10.50
ราคาน้ำมันย้อนหลัง... <input type="checkbox"/>	
ราคาน้ำมันขายปลีกภูมิภาค... <input type="checkbox"/>	

รูปที่ 2.4 ราคาน้ำมันวันที่ 27/2/2557

จากการศึกษาพบว่า หากรถจักรยานยนต์เปลี่ยนเชื้อเพลิงมาใช้ E85 แล้วนั้นจะทำให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อระยะทางเพิ่มขึ้นจากแก๊สโซฮอล์ 91 อยู่ประมาณ 30% จากรูปที่ 2.4 หากเทียบกับราคาขายปลีกแล้วนั้นจะพบว่า E85 ยังมีราคาต่อระยะทางที่ถูกกว่าแก๊สโซฮอล์ 91 จะได้ว่า หากมีการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 ปริมาณ 1 ลิตรที่ราคา 38.08 บาท จะต้องใช้เชื้อเพลิง E85 ปริมาณ 1.3 ลิตร โดยที่ราคา 31.694 บาทเท่านั้น ถูกกว่ากันถึง 6.386 บาทโดยที่ได้ระยะทางเท่ากัน

$$\frac{E85 \times 130}{100} \text{ เทียบกับ Gasohol91}$$

$$\frac{24.38 \times 130}{100} \text{ เทียบกับ } 38.08$$

$$31.694 \text{ น้อยกว่า } 38.08$$

PRICE STRUCTURE OF PETROLEUM PRODUCT IN BANGKOK

27-Feb-14

UNIT:BAHT/LITRE	EX.REFIN. (AVG)	TAX B./LITRE	M. TAX B./LITRE	OIL FUND	CONSV. FUND	WHOLESALE PRICE(WS)	VAT	WS&VAT	MARKETING MARGIN	VAT	RETAIL
ULG	25.7881	7.0000	0.7000	10.0000	0.2500	43.7361	3.0615	46.7976	1.1704	0.0819	48.05
GASOHOL95 E10	26.0736	6.3000	0.6300	3.3000	0.2500	36.5538	2.5588	39.1124	1.3249	0.0927	40.53
GASOHOL91	25.8461	6.3000	0.6300	1.2000	0.2500	34.2261	2.3958	36.6220	1.3627	0.0954	38.08
GASOHOL95 E20	26.2707	5.6000	0.5600	-1.3000	0.2500	31.3807	2.1966	33.5773	1.8717	0.1310	35.58
GASOHOL95 E85	26.6564	1.0500	0.1050	-11.6000	0.2500	16.4614	1.1523	17.6137	6.3236	0.4427	24.38
H-DIESEL	26.5993	0.0050	0.0005	-0.5000	0.2500	26.3548	1.8448	28.1996	1.6732	0.1171	29.99
FO 600 (1) 2%S	20.6689	1.1082	0.1106	0.0800	0.0700	22.0137	1.5410	23.5546			
FO 1500 (2) 2%S	19.7368	1.0550	0.1055	0.0800	0.0700	21.0273	1.4719	22.4992			

รูปที่ 2.5 โครงสร้างราคาน้ำมันวันที่ 27/2/2557 [2]

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าราคาเชื้อเพลิง E85 หน้าโรงกลั่นมีราคาอยู่ที่ 26.6564 บาท/ลิตร ซึ่งเป็นราคาที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับราคาน้ำมันอื่นๆ แต่ปัจจุบัน E85 ยังถูกรัฐบาลช่วยพยุงไว้ทำให้มีราคาขายปลีกที่ต่ำลง ดังนั้นจะเป็นประเด็นที่ว่าหากรัฐบาลไม่พยุงราคาแล้วจะทำให้เชื้อเพลิงชนิดนี้ราคาสูงที่สุด และจะไม่คุ้มค่าแก่การนำมาใช้

แต่การรัฐบาลเลิกพยุงราคาเชื้อเพลิง E85 นั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากรัฐบาลต้องการสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตจากเอทานอลได้ในประเทศ ทำให้ปัจจุบัน E85 ยังมีความคุ้มค่าที่จะนำมาใช้ไปได้อีกนาน และเชื้อเพลิงจากเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถผลิตได้อย่างไม่จำกัด จากการหมักพืชผลทางการเกษตรทำให้เป็นเชื้อเพลิงที่ไม่มีวันหมดหากยังมีการทำการเกษตรอยู่ และในอนาคตหากน้ำมันดิบเหลืออยู่น้อยมากจนไม่คุ้มทุนที่จะขุดขึ้นมาใช้ จะส่งผลให้น้ำมันมีราคาสูงขึ้นไปจนผู้บริโภคทั่วไปอาจจะไม่สามารถใช้ได้ E85 จึงเป็นพลังงานทางเลือกที่คุ้มค่าทั้งปัจจุบันและในอนาคต

2.2.3 สรุปข้อดีข้อเสียของเชื้อเพลิงเอทานอล

เอทานอล

- ข้อดี
1. สามารถผลิตได้ไม่จำกัด
 2. ไม่เป็นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
 3. สามารถเผาไหม้สมบูรณ์ได้ง่ายกว่า
 4. เนื่องจากเผาไหม้สมบูรณ์ จึงปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นพิษน้อยกว่า
 5. เป็นการช่วยสนับสนุนเกษตรกร

- ข้อเสีย
1. ในปริมาณที่เท่ากัน ให้พลังงานน้อยกว่าแก๊สโซลีน
 2. ผลิตได้ยากกว่า เนื่องจากต้องใช้เวลาหมัก
 3. เนื่องจากผลิตได้ยากกว่า จึงทำให้มีราคาค่อนข้างสูง

2.3 ลักษณะเฉพาะที่ต่างกันของแก๊สโซลีนและเอทานอล

สูตรโครงสร้างของ ออกเทน C_8H_{18}

สูตรโครงสร้างของ เอทานอล C_2H_6O

จากสูตรโครงสร้าง จะเห็นได้ว่าโมเลกุลของเอทานอลจะมี ออกซิเจนอยู่ 1 อะตอม ซึ่งจะมีผลดีในการเผาไหม้สมบูรณ์ง่ายยิ่งขึ้น ดังนั้นการเผาไหม้ของเอทานอลในปริมาณที่เท่ากัน จะใช้อากาศน้อยกว่า หรือในทางตรงข้าม ในการดูดอากาศปริมาตรเท่ากัน จะต้องใช้เอทานอลในปริมาณที่มากกว่าออกเทนด้วย

2.3.1 ความต้องการออกซิเจนในการเผาไหม้

Fuel	AFR _{st}	FAR _{st}	Equivalence Ratio	Lambda
Gasoline stoichiometric	14.7	0.068	1	1
Gasoline max power rich	12.5	0.08	1.176	0.8503
Gasoline max power lean	13.23	0.0755	1.111	0.900
E10 stoichiometric	14.0 - 14.1	?	?	
E85 stoichiometric	9.765	0.10235	1	1
E85 max power rich	6.975	0.1434	1.40	0.7143
E85 max power lean	8.4687	0.118	1.153	0.8673
E100 stoichiometric	9.0078	0.111	1	1
E100 max power rich	6.429	0.155	1.4	0.714
E100 max power lean	7.8	0.128	1.15	0.870

รูปที่ 2.6 แสดงอัตราส่วนของเชื้อเพลิงเทียบอากาศ 1 หน่วย (Air/Fuel Ratio)

จากรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่า ถ้าต้องการให้การเผาไหม้สมบูรณ์พอดี (Lambda = 1) จะต้องใช้เอทานอล (E100) ในปริมาณที่มากกว่าออกเทนหรือแก๊สโซลีน ซึ่งอาจจะดูเหมือนสิ้นเปลืองมากกว่า แต่เมื่อแลกด้วยราคาที่ถูกกว่า สามารถผลิตได้จากการเกษตร และมลพิษน้อยกว่า อาจถือได้ว่าคุ้มค่าง่า

2.3.2 พลังงานในโมเลกุล และพลังงานต่อปริมาตร

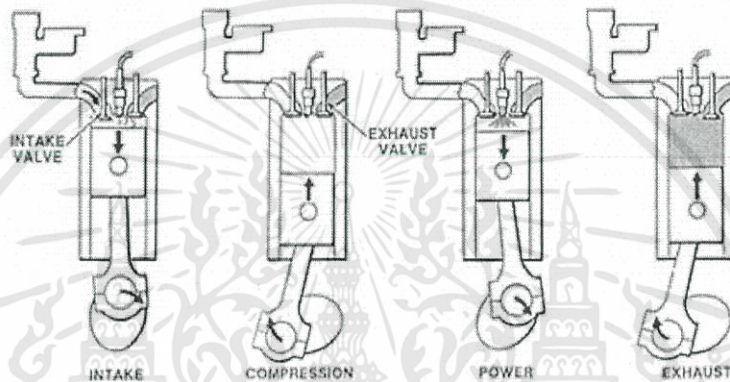
Storage type	Specific energy (MJ/kg)	Energy density (MJ/L)
Gasoline (petrol) ^[9]	46.4	34.2
Polypropylene plastic	46.4 ^[10]	41.7
Polyethylene plastic	46.3 ^[10]	42.6
Crude oil (according to the definition of ton of oil equivalent)	46.3	37 ^[8]
Diesel fuel/residential heating oil ^[9]	46.2	37.3
100LL Avgas	44.0 ^[11]	31.59
Gasohol E10 (10% ethanol 90% gasoline by volume)	43.54	33.18
Lithium	43.1	23.0
Jet A aviation fuel ^[12] /kerosene	42.8	33
Biodiesel oil (vegetable oil)	42.20	33
DMF (2,5-dimethylfuran) ^[clarification needed]	42 ^[13]	37.8
Polystyrene plastic	41.4 ^[10]	43.5
Body fat metabolism	38	35
Butanol	36.6	29.2
Gasohol E85 (85% ethanol 15% gasoline by volume)	33.1	25.65

รูปที่ 2.7 แสดงค่าพลังงานต่อปริมาตร[3]

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าเอทานอลในปริมาณที่เท่ากับออกเทน จะให้พลังงานน้อยกว่า ออกเทน ทำให้ดูไม่คุ้มต่อการนำมาใช้ แต่เมื่อเทียบสัดส่วนของปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงแต่ละครั้งใน 1 รอบแล้ว จะพบว่าเอทานอลจะให้พลังงานต่อ 1 รอบที่สูงกว่า โดยการให้พลังงานที่สูงกว่าใน 1 รอบนั้น หมายความว่าอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงของเอทานอล จะไม่ได้สูงกว่าออกเทนมากนัก

2.3.3 สรุปค่าพลังงานของเชื้อเพลิงในการใช้งานกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เนื่องจากเชื้อเพลิง E85 ให้พลังงานต่อปริมาตรเชื้อเพลิงที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน แต่เชื้อเพลิง E85 ก็ใช้อากาศในการเผาไหม้น้อยกว่าด้วย



รูปที่ 2.8 แสดงจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

ในจังหวะที่ 1 (Intake) หรือการดูดไอดีเข้ากระบอกสูบ ไอดีจะมีปริมาตรเท่ากันทุกครั้ง ทำให้เมื่อใช้เชื้อเพลิง E85 ที่ใช้อากาศหรือไอดีน้อยกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจึงทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้ในกระบอกสูบ (จังหวะที่ 3) ได้มากขึ้น ซึ่งเมื่อคำนวณตามสมการต่อไปนี้ อ้างอิงข้อมูลจากรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7

$$\frac{\text{พลังงาน(E85)/ 1 Cycle}}{\text{พลังงาน(Gasoline)/ 1 Cycle}} \times 100\%$$

$$\frac{0.1434 \times 25.65}{0.068 \times 34.2} \times 100\%$$

$$= 158.16\%$$

จากสมการแสดงให้เห็นว่าในการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายในแต่ละรอบ เมื่อใช้เชื้อเพลิง E85 จะให้พลังงานสูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเป็น 158.16% ของแก๊สโซลีน หมายความว่าถ้าให้รถยนต์วิ่งด้วยความเร็วเท่ากัน (พลังงานเท่ากัน) E85 จะสามารถประหยัดได้มากกว่า หรือถ้าเปิดคันเร่งเท่ากัน E85 จะให้แรงขับเคลื่อนที่สูงกว่าแก๊สโซลีน แต่การจะให้ได้พลังงานนั้นมาเป็นพลังงานกล ไม่ใช่เพียงแค่จ่ายเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น แต่ต้องมีการเพิ่มกำลังอัดขณะจุดระเบิดด้วย

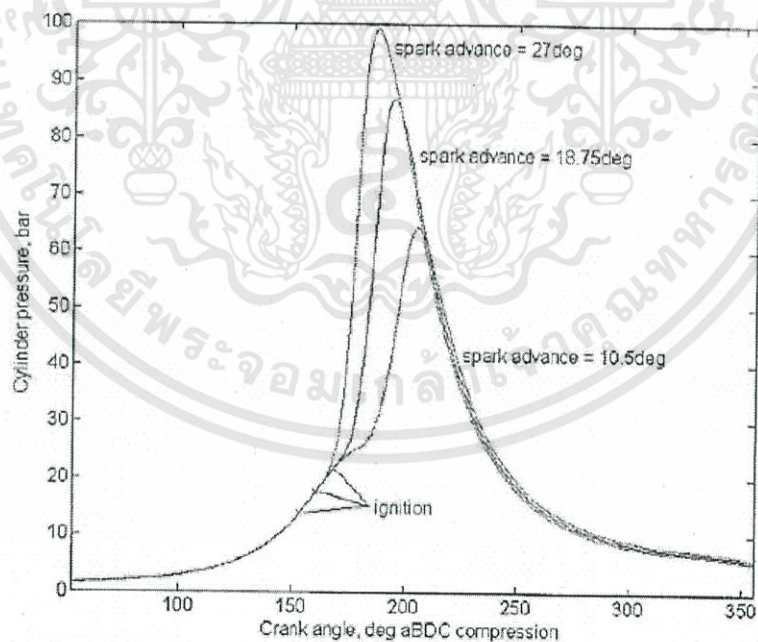
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ค่าการทนกำลังอัด และผลที่ได้จากการเพิ่มกำลังอัด

Fuel	RON	MON	AKI
Shell "V-Power" in Indonesia	95		
Total "Performance 95" in Indonesia	95		
Shell "FuelSave " in Malaysia	95		
E85 gasoline	102-105	85-87	94-96 ^[19]
methanol	108.7 ^[20]	88.6 ^[20]	98.65
ethanol	108.6 ^[20]	89.7 ^[20]	99.15
2,5-Dimethylfuran	101.3 ^[21]	88.1 ^[21]	94.7 ^[21]
methane	120	120	120
hydrogen	> 130		

รูปที่ 2.9 แสดงค่าการทนกำลังอัด (RON : Research Octane Number)[4]

จากรูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นค่าการทนกำลังอัดเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเบนซิน กับ เอทานอล จะเห็นได้ว่าเอทานอลจะมีค่าการทนกำลังอัดที่สูงกว่าน้ำมันเบนซินมาก ซึ่งค่าการทนกำลังอัดที่สูงกว่าหมายถึงสามารถปรับจังหวะการจุดระเบิดได้เร็วกว่าปกติ ซึ่งเมื่อยิ่งจุดระเบิดเร็ว จังหวะที่ ลูกสูบวิ่งขึ้นสู่จุดตายบน จะยังมีกำลังอัดที่มากขึ้น ดังรูปที่ 2.10 นั้นหมายความว่าแรงถีบลูกสูบลงไป จะยังมีมากขึ้นตาม หมายความว่าถ้าใช้เอทานอล และมีการปรับจังหวะการจุดระเบิดให้เร็วขึ้นเพื่อให้ ได้กำลังที่มากขึ้น ก็จะทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงลงไปได้อีก

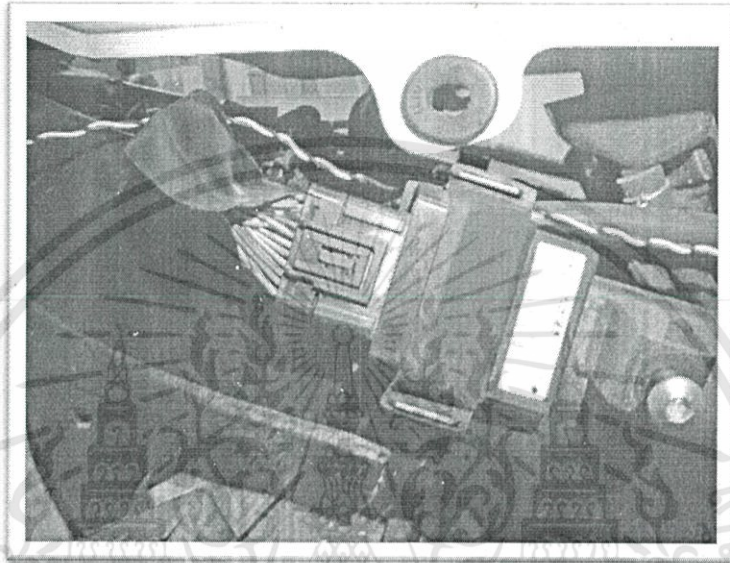


รูปที่ 2.10 แสดงกำลังอัดในกระบอกสูบ ในจังหวะอัดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ[5]

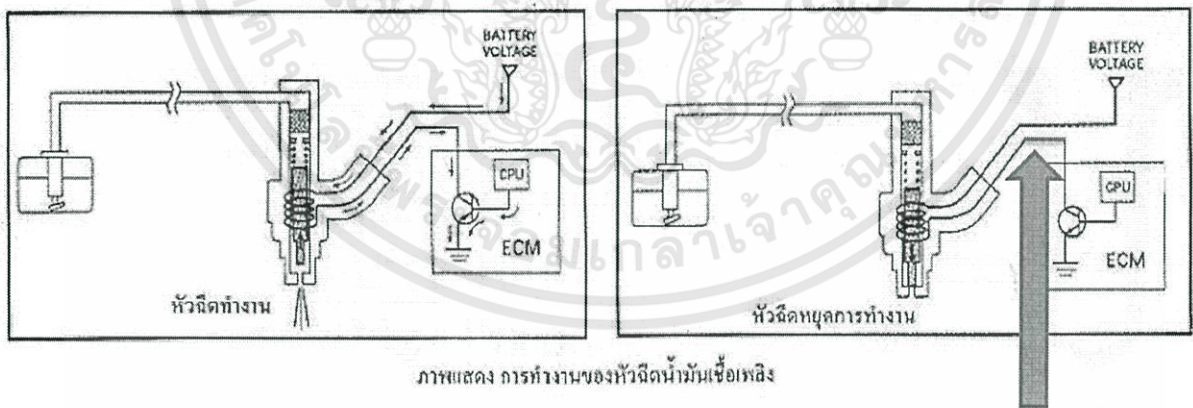
บทที่ 3

การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

3.1 ชุดทดสอบทฤษฎีเบื้องต้น การเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.1 กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (ECU)



ภาพแสดง การทำงานของหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

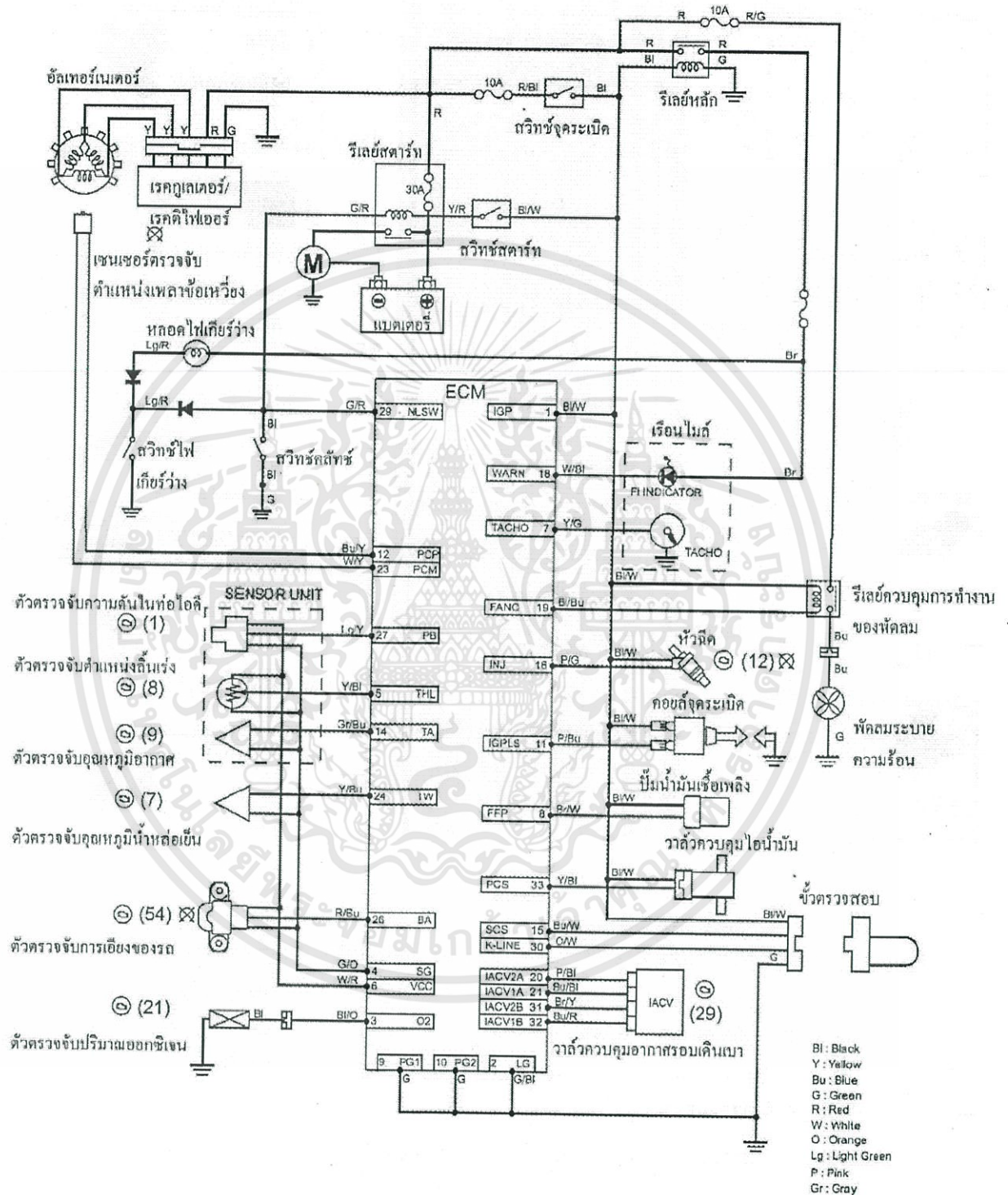
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งที่จะตั้งสัญญาณมาวิเคราะห์[6]

จากรูปที่ 3.2 ตำแหน่งการจับสัญญาณที่ ECU ใช้ควบคุมหัวฉีด และนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างวงจรเลียนแบบ และหลอก ECU ว่าหัวฉีดยังอยู่ในสภาวะปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

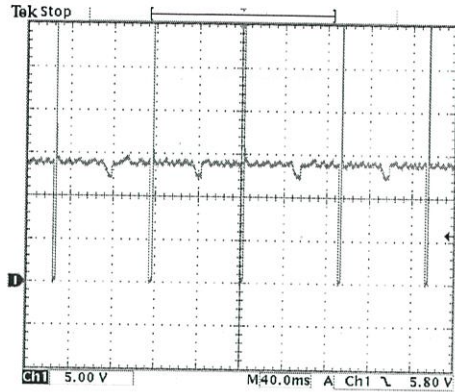
KPPP : PGM - FI

PGM-FI SYSTEM DIAGRAM (CBR150R)

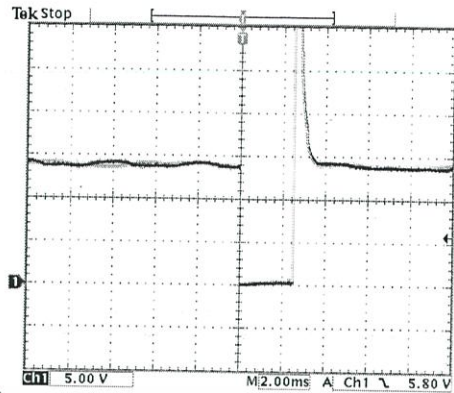


รูปที่ 3.3 แผนผัง Wiring Diagram ของ CBR150 [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



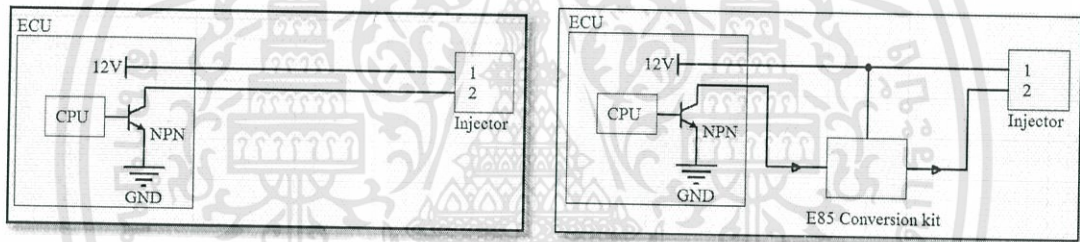
23 Jun 2013
18:51:24



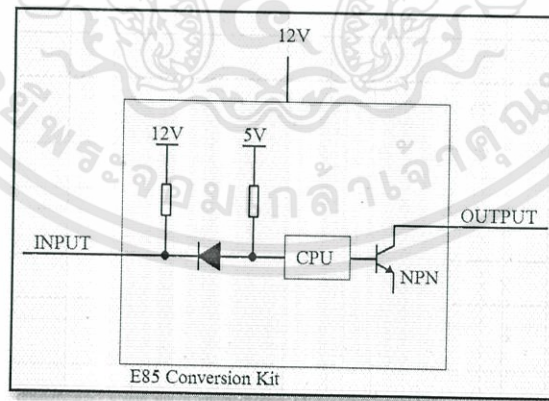
23 Jun 2013
18:51:45

รูปที่ 3.4 แสดงสัญญาณที่จับได้

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าหัวฉีดเป็น Solenoid เนื่องจากในสภาพขณะกำลังปิดหัวฉีด จะมีการปลดปล่อยแรงดันมหาศาลออกมา (Kick Back Voltage) อันเนื่องมาจากเป็นการ Discharge ของขดลวดตัวนำ และภายใน ECU เป็นทรานซิสเตอร์ต่อแบบ Open Collector Output เนื่องจากขณะปิดหัวฉีด จะมีค่าเป็นลอจิก 1 หรือ 12V และขณะเปิดหัวฉีดจะเป็น 0V โดยวงจรดังรูปที่ 3.5

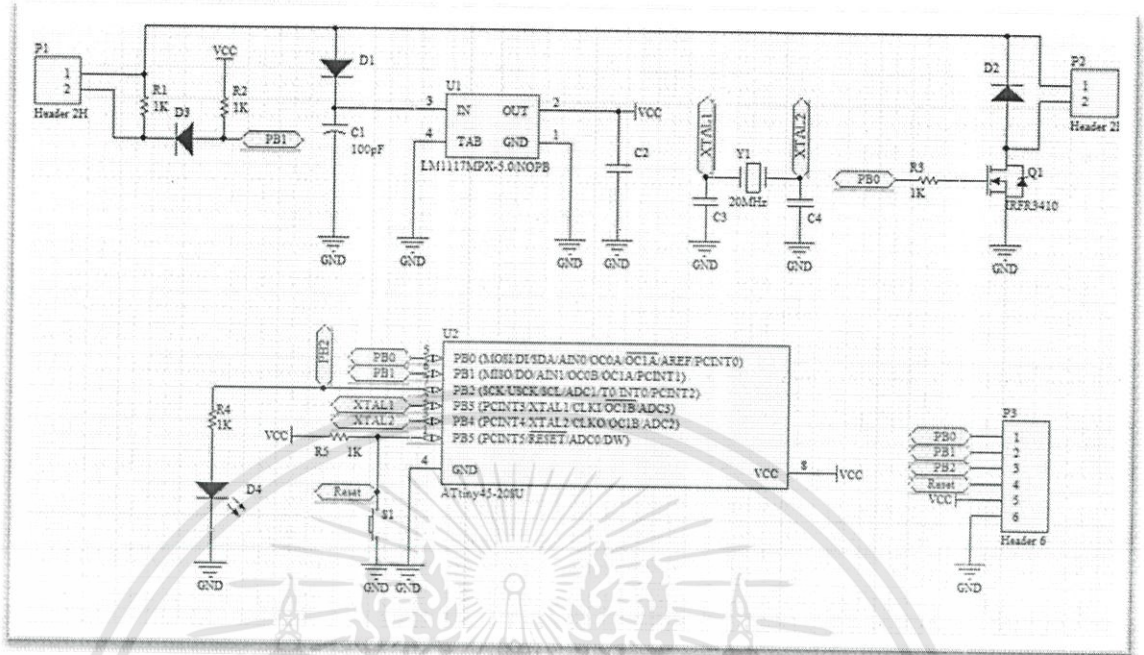


รูปที่ 3.5 แสดงวงจรคร่าวๆ ภายใน ECU และการควบคุมสัญญาณหัวฉีด

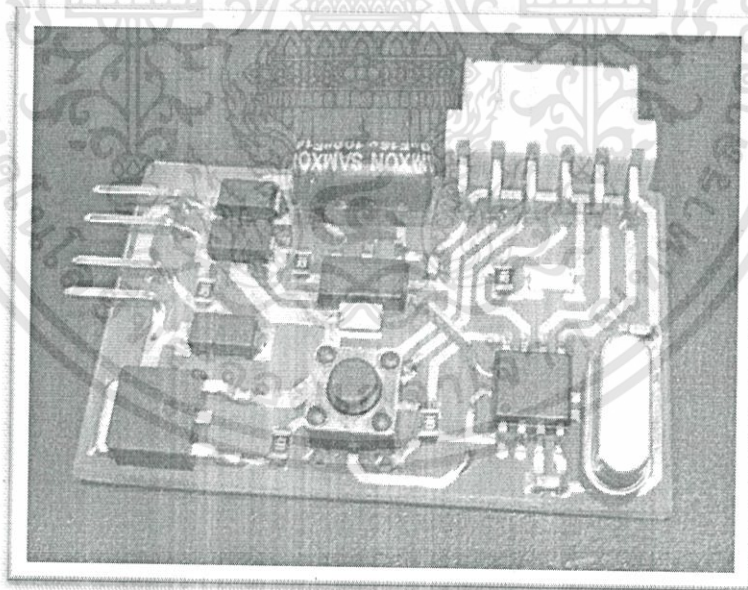


รูปที่ 3.6 แสดงภาพวงจรส่วนอินพุตของชุดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง E85

จากรูปที่ 3.6 การทำงานเดิมของ ECU ที่สั่งหัวฉีด จะมี Logic Level ที่ 12V แต่ในการนำมาคำนวณของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ต้องใช้ Logic Level ที่ 5V จึงต้องมีการปรับแรงดันลอจิก โดยที่ ECU ยังต้องมองเห็นหัวฉีดอยู่ คือเมื่อปิดการทำงาน V ที่ Output ของ ECU จะต้องเป็น 12V จึงต้องมีตัวต้านทาน Pull Up ขึ้น 12V ที่ต้นทางของวงจรเพื่อหลอก ECU ว่ายังสั่งหัวฉีดโดยตรงอยู่



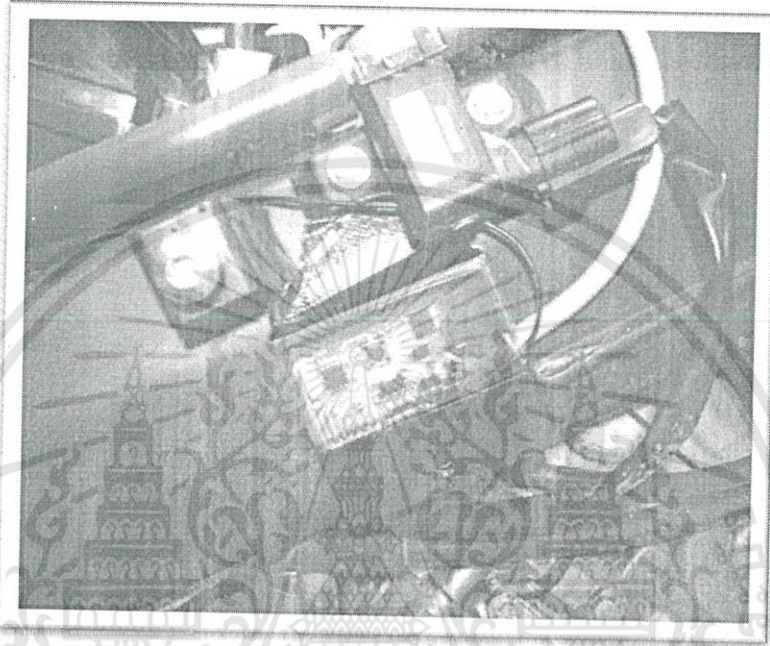
รูปที่ 3.7 วงจรของชุดทดสอบทฤษฎีเบื้องต้น การเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.8 บอร์ดทดสอบทฤษฎีเบื้องต้น การเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

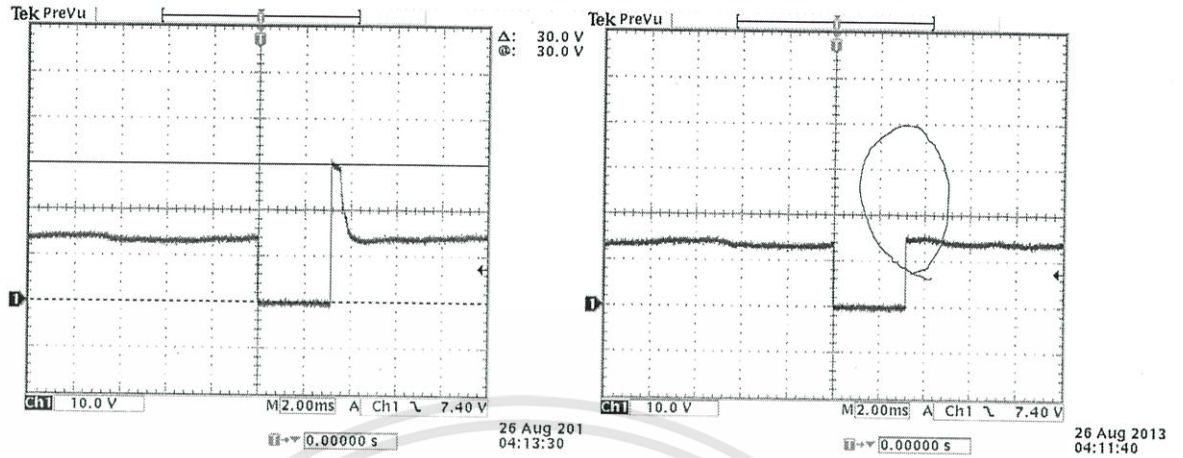
โดยผลการทดลองในขั้นแรก สามารถให้ผลตามทฤษฎี เนื่องจากเมื่อเติมเชื้อเพลิง E85 ใส่ หากใช้ ECU ควบคุมจะไม่สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ หรือทำงานได้ชั่วคราวก่อนดับลง แต่ อุปกรณ์ชุดนี้สามารถทำให้เครื่องทำงานได้ต่อเนื่องจะสามารถเร่งลดได้ปกติ โดยที่ขั้นแรกนี้ยังไม่สามารถเรียกพลังงานทั้งหมดมาใช้งานได้ จึงทำให้รถไม่มีแรง และรอบเครื่องยังขึ้นช้าอยู่



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการติดตั้งบอร์ดทดสอบ

จากรูปที่ 3.9 บอร์ดทดสอบจำเป็นจะต้องติดไปกับจักรยานยนต์เพื่อใช้ในการทดสอบทฤษฎี จึงต้องมีการหาตำแหน่งในการติดตั้งบอร์ดทดสอบ ซึ่งตำแหน่งการติดตั้งบอร์ดทดสอบนี้จำเป็นจะต้อง อยู่ใกล้หัวฉีดและต้องอยู่ที่โครงหลักของจักรยานยนต์เพื่อลดการสั่นสะเทือน

3.1.1 ปัญหาที่พบในขั้นที่ 1

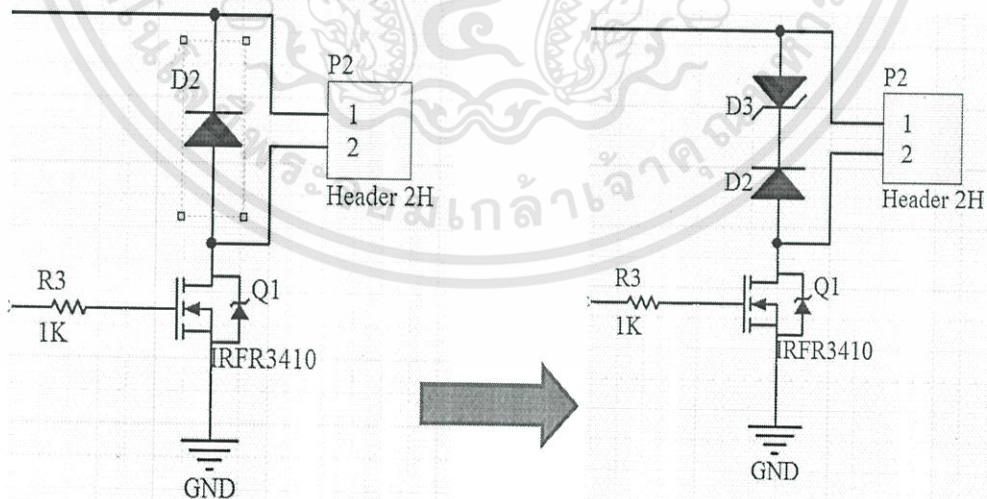


From ECU

From injection controller board

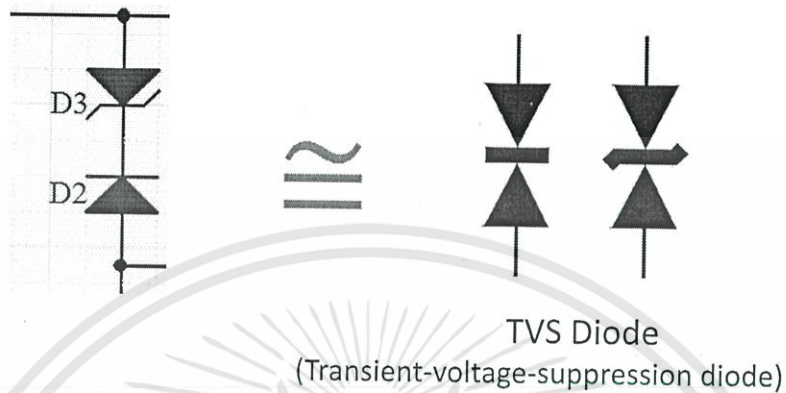
รูปที่ 3.10 แสดงความแตกต่างของสัญญาณที่ขับจาก ECU และบอร์ดทดสอบ

เนื่องจาก Output ของบอร์ดทดสอบ มีการใส่ Kickback Diode เพื่อป้องกันแรงดันสูง (Kickback Voltage) จากขดลวดตัวนำของหัวฉีดมาทำลายล้างวงจร แต่กลับกลายเป็นการหยุดหัวฉีด ในขณะที่กำลังปิด (หลักการเดียวกับข้อต่อเบรคมอเตอร์) จึงทำให้หัวฉีดปิดไม่สนิท และเชื้อเพลิงรั่วไหลออกมาได้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณในแต่ละครั้งได้



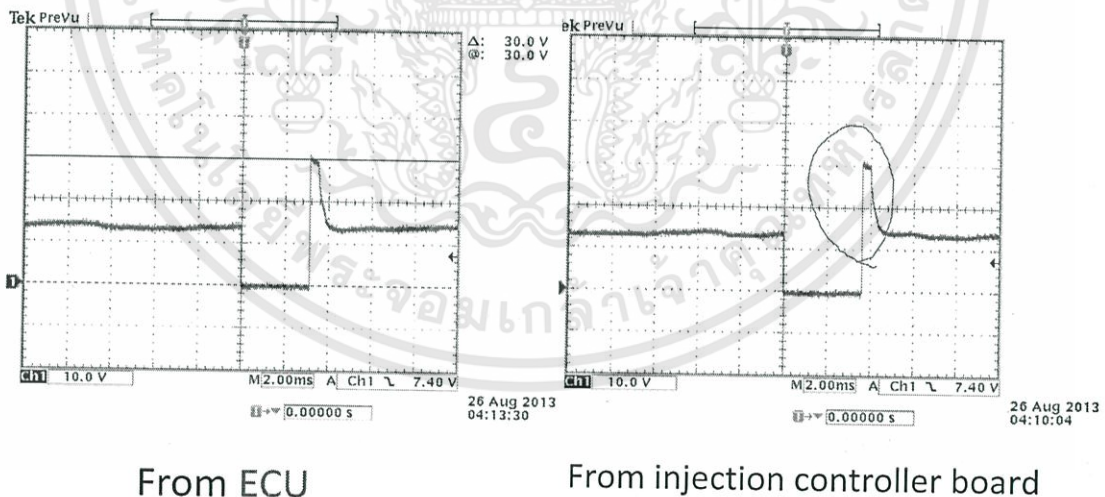
รูปที่ 3.11 แสดงการแก้ไขวงจรเพื่อเลียนแบบสัญญาณจาก ECU

เนื่องจากหากไม่ใส่ Kickback Diode จะทำให้มีแรงดันมหาศาลมาทำลายวงจรได้ และถ้าใส่ ก็จะทำให้วาล์วหัวฉีดปิดไม่สนิท จึงแก้ปัญหาโดยการใส่ Zener Diode ต่อแบบ Reverse Bias อนุกรมกับ Kickback Diode เข้าไปเพื่อให้มีแรงดัน Kickback กลับมาได้ค่าหนึ่ง เพื่อไม่ให้เป็นการ เบรควาล์วและไม่ให้มีแรงดันสูงพอจะทำลายทรานซิสเตอร์ในวงจร และเก็บผลการแก้ปัญหาครั้งนี้



รูปที่ 3.12 เปรียบเทียบไดโอดที่ใช้กับ TVS Diode

จากการศึกษาพบว่า การต่อไดโอดในลักษณะดังรูปที่ 3.11 นั้น จะทำให้ได้คุณสมบัติคล้าย กับ TVS Diode (Transient-Voltage-Suppression Diode) ดังรูปที่ 3.12 ดังนั้นก็สามารถนำ TVS Diode ตัวนี้มาใช้ทดแทนกับแบบเดิมได้

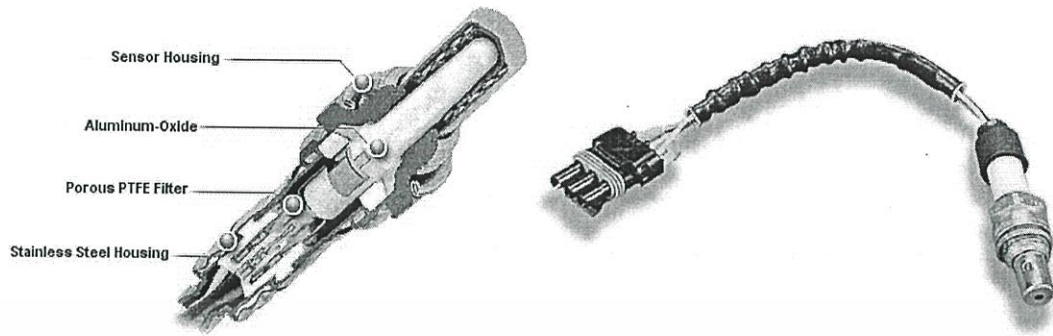


รูปที่ 3.13 กราฟแสดงสัญญาณหลังจากการแก้ปัญหา เทียบกับกราฟของ ECU

จากรูปที่ 3.13 แสดงให้เห็นว่า กราฟที่ได้ออกมาคล้ายกันมาก และสามารถควบคุมปริมาณ เชื้อเพลิงได้สมบูรณ์แบบแล้ว และสามารถเริ่มขั้นตอนต่อไปเพื่อจะปรับปริมาณเชื้อเพลิงที่ เหมาะสมที่สุด

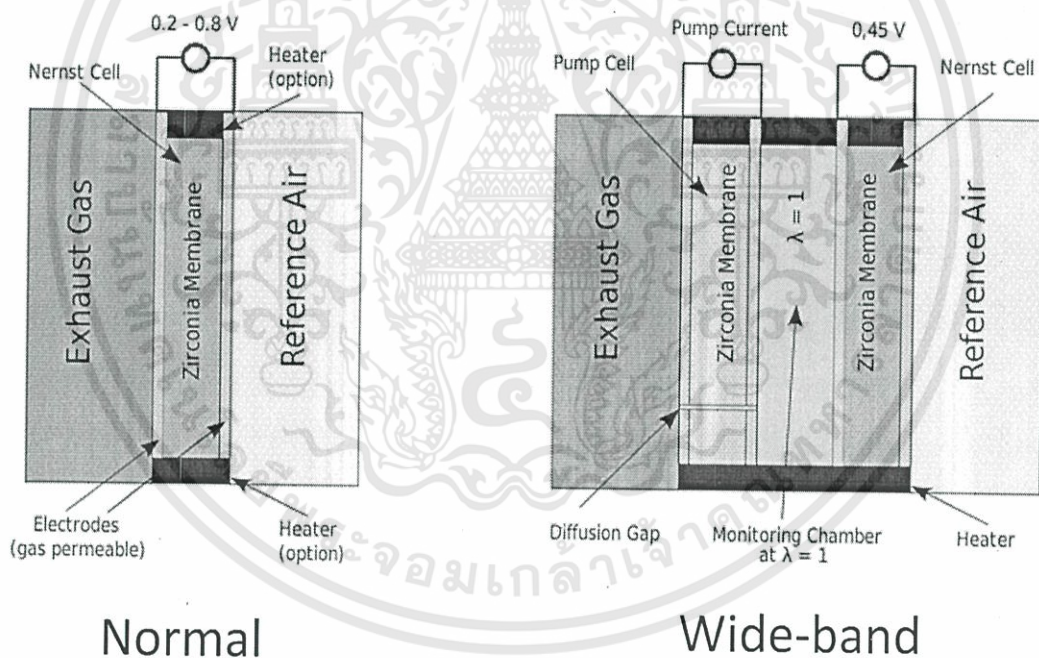
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ชุดอ่านค่าอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AF-Ratio Meter)

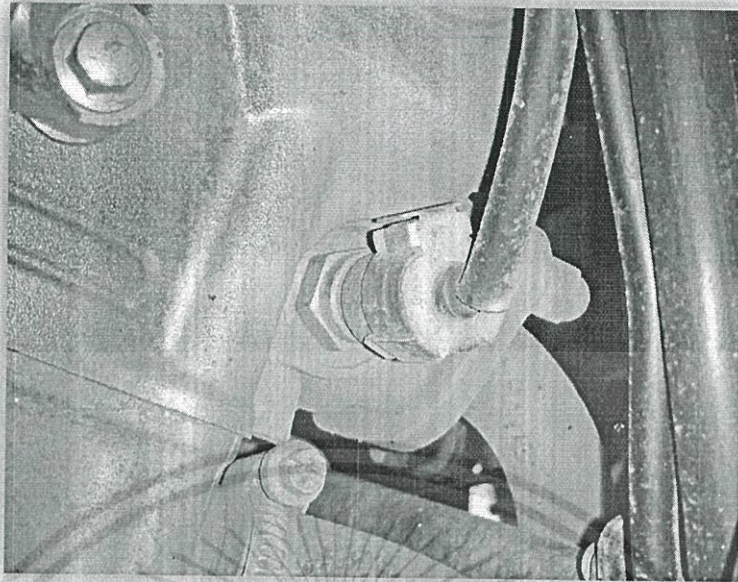


รูปที่ 3.14 ออกซิเจนเซนเซอร์

เนื่องจากการที่จะวัดอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงวิธีง่ายที่สุดที่มีการวิจัยกันมาคือ การนำ O₂ Sensor ดังรูปที่ 3.14 มาจับปริมาณออกซิเจนที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ ก็สามารถทำนายได้แล้วว่าในการฉีดเชื้อเพลิงครั้งนั้นๆ มีปริมาณที่มากเกินไป หรือน้อยเกินไปหรือไม่



รูปที่ 3.15 โครงสร้างของออกซิเจนเซนเซอร์ทั้งสองชนิด[7]

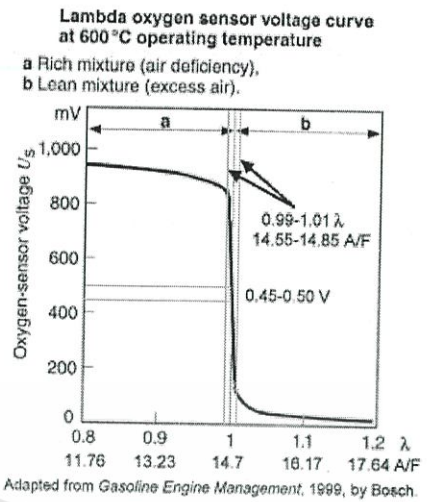
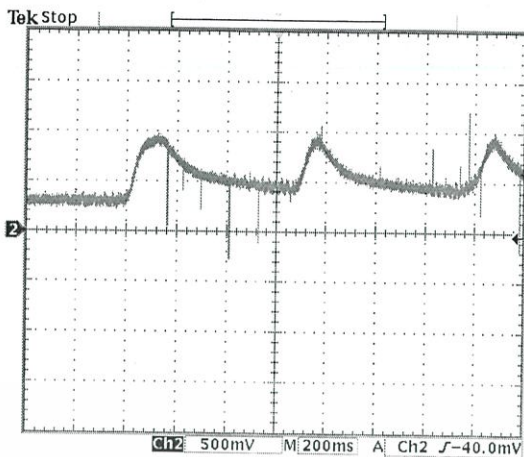


รูปที่ 3.16 ตำแหน่งการติดตั้งออกซิเจนเซนเซอร์



รูปที่ 3.17 การเก็บค่าจากออกซิเจนเซนเซอร์

จากรูปที่ 3.16 ออกซิเจนเซนเซอร์จะติดตั้งที่คอท่อไอเสียซึ่งอยู่ติดกับเครื่องยนต์ และส่งสัญญาณกลับมาที่หน่วยควบคุมเครื่องยนต์ ดังนั้นการจะอ่านค่าของเซนเซอร์นี้ต้องอ่านตอนที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน จึงต้องใช้วิธีเสียบเข็มไปที่หัวของหน่วยควบคุมเครื่องยนต์ โดยที่ไม่ได้ถอดปลั๊กออกมา ดังรูปที่ 3.17



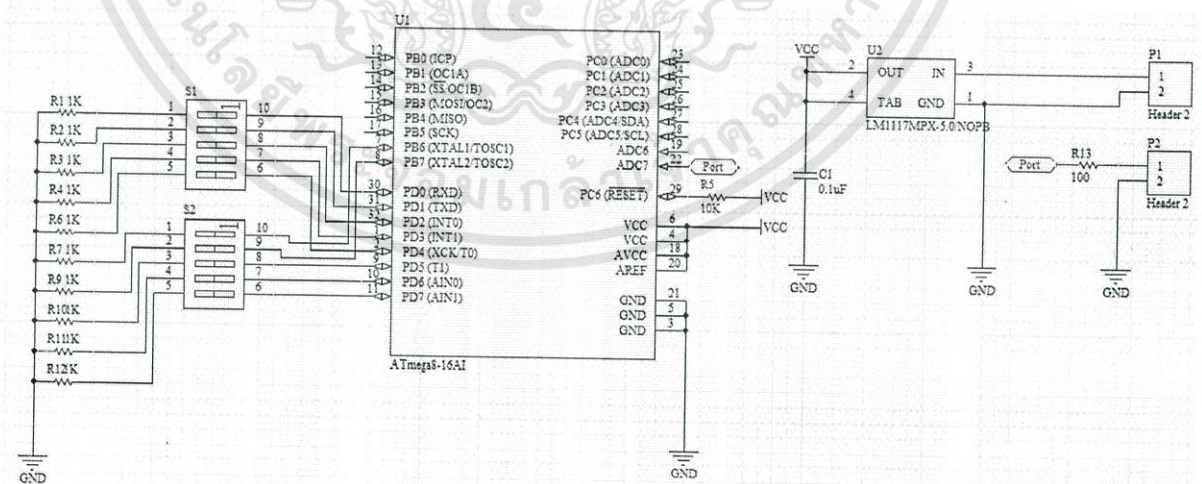
23 Jun 2013
19:31:37

Adapted from Gasoline Engine Management, 1999, by Bosch.

รูปที่ 3.18 สัญญาณที่ออกมาจากออกซิเจนเซนเซอร์และความหมาย

จากรูปที่ 3.18 กราฟที่ได้จากออกซิเจนเซนเซอร์ชนิด Narrow Band จะแสดงให้เห็นเพียงแค่อัตราส่วนของเชื้อเพลิงสมบูรณ์หรือไม่ แต่จะไม่สามารถบอกได้ว่ามีอัตราส่วนที่เท่าไร เนื่องจากเป็นเซนเซอร์แบบ Narrow Band และเหตุผลที่รถแต่ละคันให้เซนเซอร์ชนิดนี้มาเพราะ มีความทนทานกว่าแบบ Wide- Band มากและเพียงพอต่อการใช้งานทั่วไปแล้ว

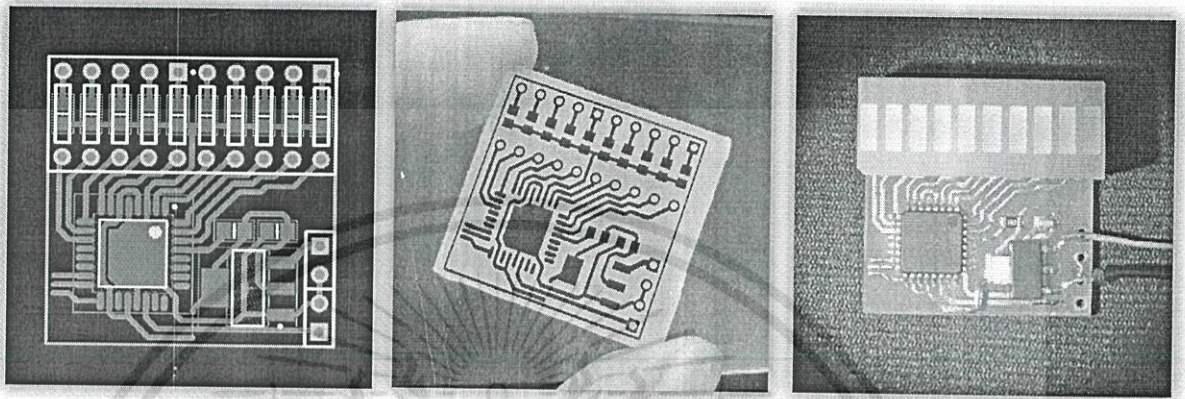
การนำค่ามาวิเคราะห์จึงเป็นการแสดงผลว่าในแต่ละรอบการฉีดเชื้อเพลิงนั้น ให้ค่าจาก O2 Sensor ออกมาอยู่ในช่วง 0.45-0.5 โวลต์หรือไม่ เนื่องจากเป็นช่วงที่อัตราส่วนผสมสมบูรณ์ที่สุด วงจรที่ทำจึงเป็นเพียงวงจรแสดงผลเพื่อช่วยในการปรับจูนเท่านั้น



รูปที่ 3.19 วงจรแสดงผลของสัญญาณจากออกซิเจนเซนเซอร์

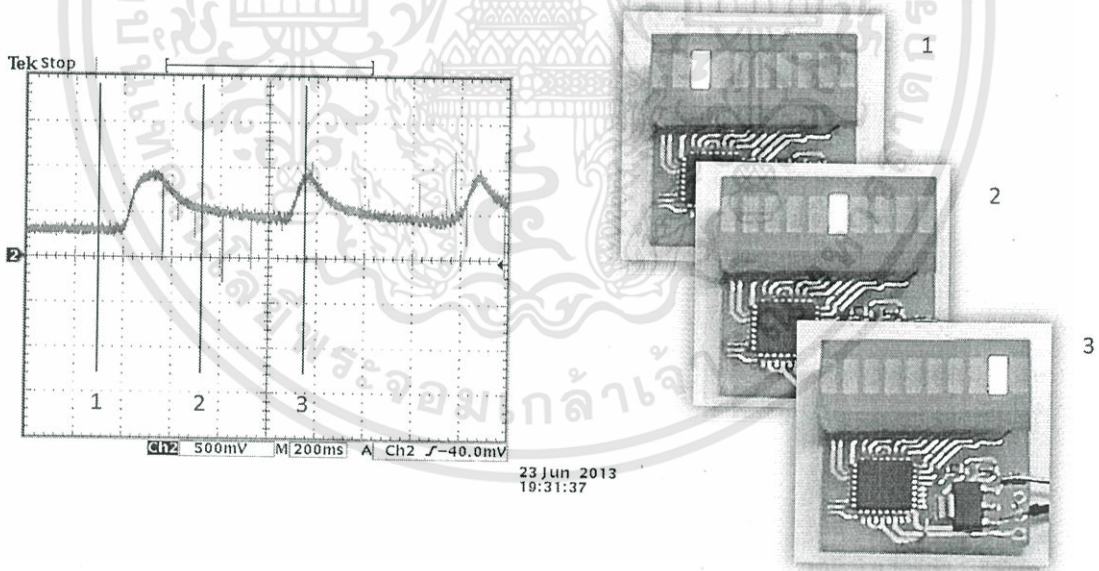
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.19 การทำงานของบอร์ดนี้จะเป็นการช่วยในการจูนค่าของปริมาณเชื้อเพลิงที่เพิ่มเข้าไป โดยการอ่านค่าจากออกซิเจนเซนเซอร์ผ่านโมดูล ADC ในไมโครคอนโทรลเลอร์ และแสดงออกมาทาง LED แบบแฉ่ง เพื่อให้ดูได้ง่ายว่าปริมาณเชื้อเพลิงที่เพิ่มไปนั้นเกินหรือขาด



รูปที่ 3.20 บอร์ดชุดอ่านค่า อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AF-Ratio Meter)

เนื่องจากบอร์ดนี้เป็นบอร์ดที่จะใช้ในการแสดงสถานะจึงต้องทำให้บอร์ดที่ขนาดที่ไม่ใหญ่เกินไป และมีแถบแสดงสถานะที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน และต้องสามารถต่อใช้งานได้ง่าย ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.21 แสดงการทำงานของบอร์ด

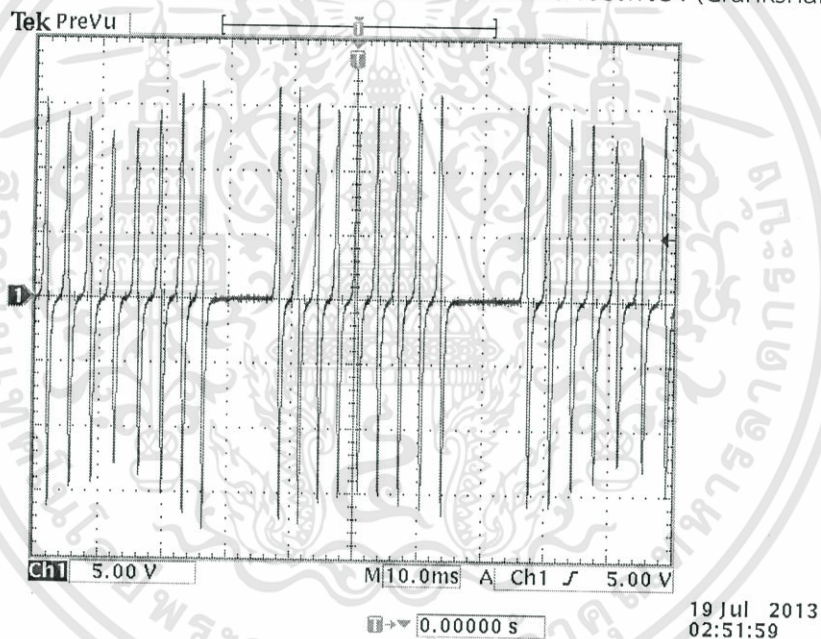
จากรูปที่ 3.21 แสดงให้เห็นการทำงานของบอร์ด ซึ่งหลักการทำงานง่ายๆ คือ การแสดงค่าระดับแรงดันที่อ่านได้จากออกซิเจนเซนเซอร์ ที่มีค่าตั้งแต่ 0-1 โวลต์ การแสดงค่าที่ใช้ LED จำนวน 10 หลอด แต่ละหลอดจึงมีค่าประมาณ 0.1 โวลต์

3.3 ชุดเก็บค่าจากการทำงานของเครื่องยนต์ (Data Logger)

การทำงานของชุดเก็บค่าการทำงานของเครื่องยนต์ จะเป็นการเก็บค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ มาวิเคราะห์ในคอมพิวเตอร์ โดยเซนเซอร์ที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์มีดังนี้

- จั๊กหะหัวฉีด (Injector)
- หัวเทียน (Spark Plug)
- ออกซิเจนเซนเซอร์
- ตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Sensor)
- ตำแหน่งองศาเพลลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft Sensor)

โดยที่หัวฉีดและหัวเทียนมีลักษณะของสัญญาณที่เหมือนกันจึงมีการเก็บค่าที่เหมือนกัน และตำแหน่งลิ้นเร่งที่มีการเก็บค่าแบบเดียวกับออกซิเจนเซนเซอร์ก็ได้มีการแสดงไว้ข้างต้นแล้ว หัวข้อนี้จึงจะมาแสดงวิธีการเก็บค่าของเซนเซอร์อีกตัวคือ ตำแหน่งองศาเพลลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft Sensor)

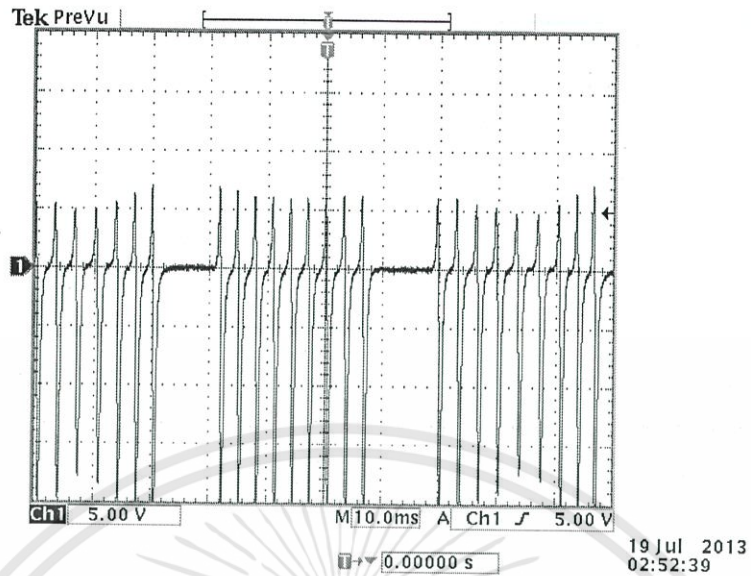


รูปที่ 3.22 สัญญาณจาก Crankshaft Sensor

เนื่องจากเซนเซอร์ตำแหน่งเพลลาข้อเหวี่ยงเป็นการจับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็ก โดยใช้ Hall Effect Sensor ดังนั้นค่าที่ได้จึงเป็นสัญญาณกระแสสลับที่มีแรงดันสูงมาก ดังรูปที่ 3.22 ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงสัญญาณก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ โดยจะแบ่งเป็นแต่ละขั้นต่อไปนี้

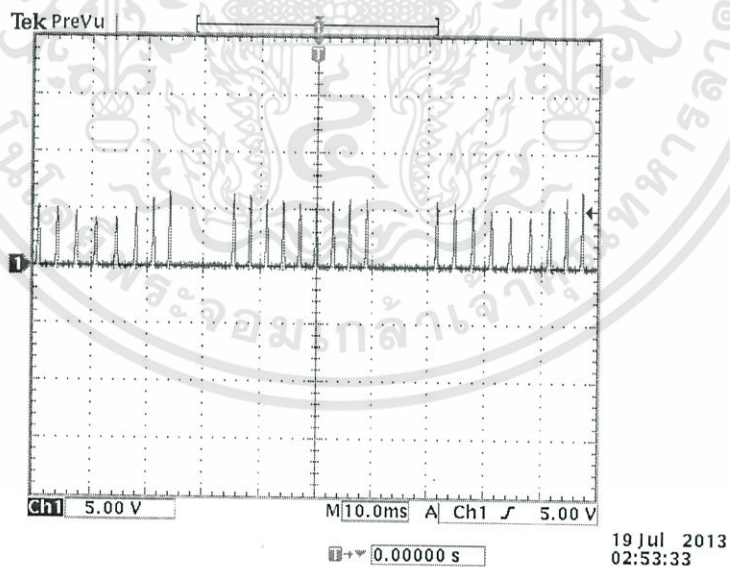
- Coupling สัญญาณเพื่อไม่ให้เป็นการรบกวนสัญญาณที่จะเข้า ECU
- Half-Wave Rectifier เปลี่ยนให้เป็นกระแสตรงโดยคิดเฉพาะครึ่งบน
- Voltage Divider ลดระดับสัญญาณให้ไม่เกิน 5V
- Voltage Comparator เพื่อเปลี่ยนจากแรงดันอนาล็อกเป็นลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

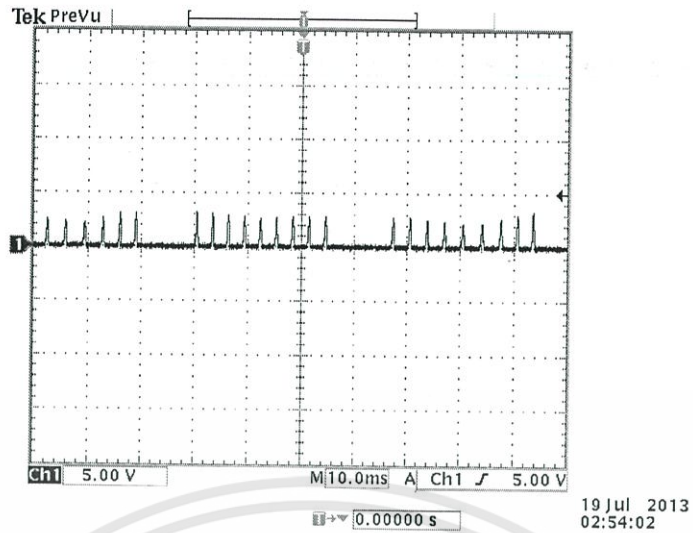


รูปที่ 3.23 สัญญาณหลังผ่าน Coupling

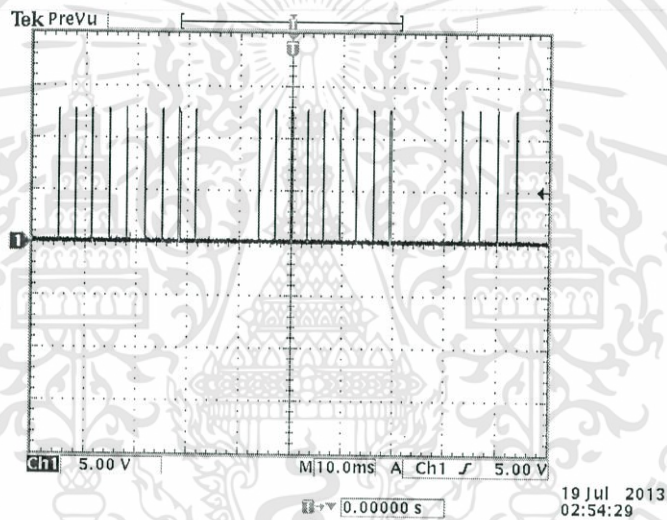
จากรูปที่ 3.23 สังเกตว่า สัญญาณฝั่งบนมีการลดทอนลงมา เนื่องจากหลังจาก Coupling มีการใส่ตัวต้านทานค่าสูงไว้เพื่อไม่ให้เกิด Charge ค้างที่ตัวเก็บประจุที่นำมา Coupling จึงทำให้สัญญาณลดทอนลงมา แต่ไม่เป็นปัญหาต่อการนำไปคำนวณ



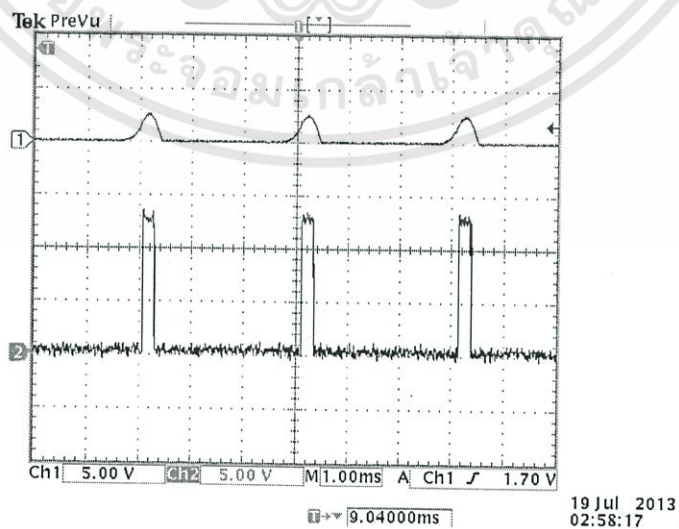
รูปที่ 3.24 สัญญาณหลังผ่าน Half-Wave Rectifier



รูปที่ 3.25 สัญญาณหลังผ่าน Voltage Divider



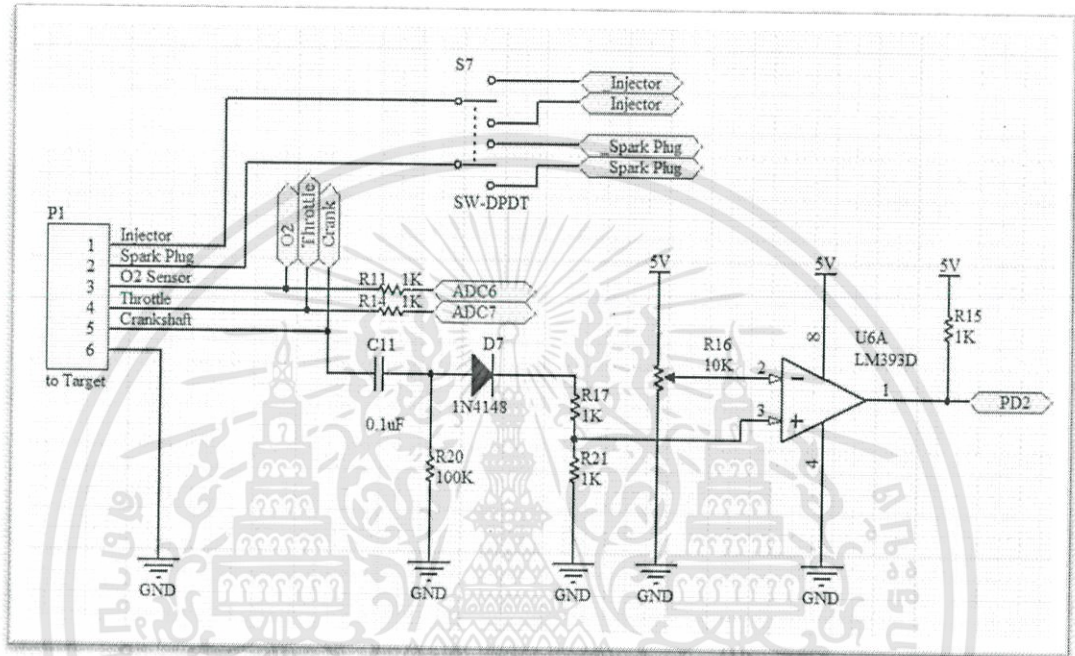
รูป 3.26 สัญญาณหลังผ่าน Voltage Comparator



รูปที่ 3.27 สัญญาณเปรียบเทียบระหว่าง ก่อน-หลัง Voltage Comparator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

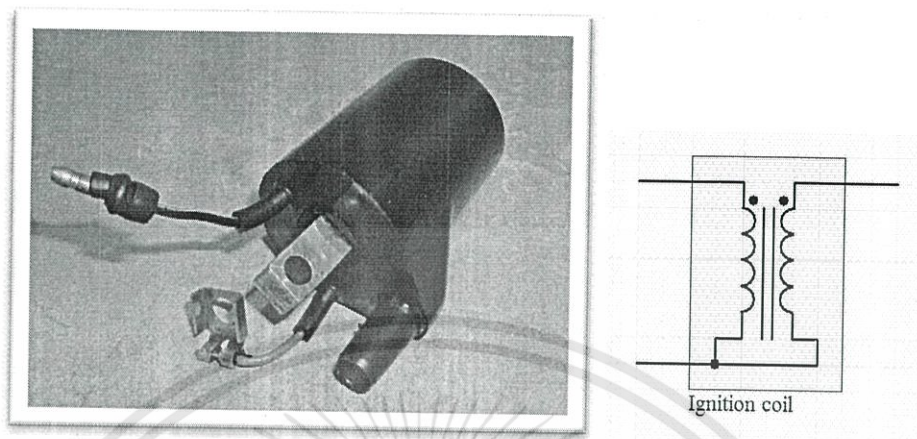
จากรูปที่ 3.26 สัญญาณที่ได้จากวงจรทั้งหมดนี้จะได้เป็นสัญญาณ Logic แบบดิจิตอล ซึ่งสามารถนำมาใช้คำนวณจังหวะเวลาด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เนื่องจากสัญญาณที่ได้จาก Crankshaft Sensor เป็นสัญญาณแบบ AC ที่มีแรงดันสูงมาก และไม่สามารถส่งเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง



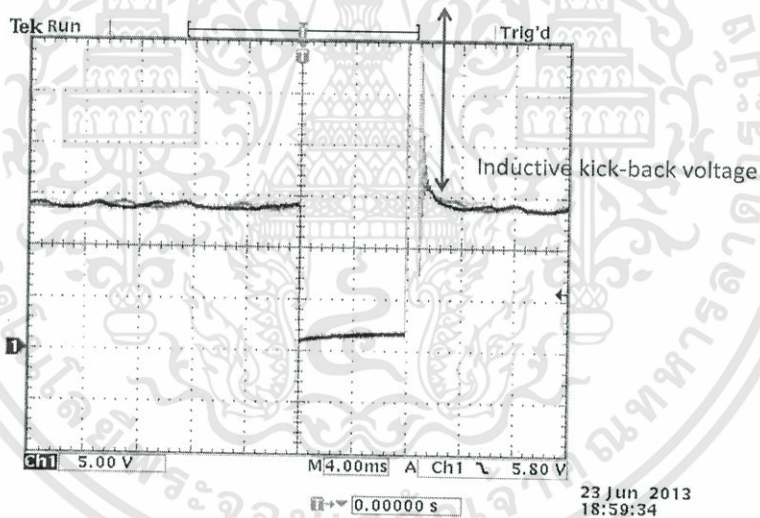
รูปที่ 3.28 แสดงวงจรที่แปลงสัญญาณทั้งหมด

การอ่านค่าจังหวะเวลาจาก Hall Sensor ที่ติดกับจานหมุนซึ่งให้ค่าออกมาเป็นแบบ Analog และเป็นจังหวะตามตำแหน่งที่ติดตั้งนี้ค่าแรงดันจะไม่มีค่าในการนำมาใช้ ดังนั้นจึงต้องแปลงสัญญาณ Analog นั้นให้เป็น Logic แบบดิจิตอลซึ่งต้องคงจังหวะเวลาเดิมไว้ได้ โดยผ่านวงจรดังรูปที่ 3.28

3.4 ชุดควบคุมการจุดระเบิด (Ignition Timing)

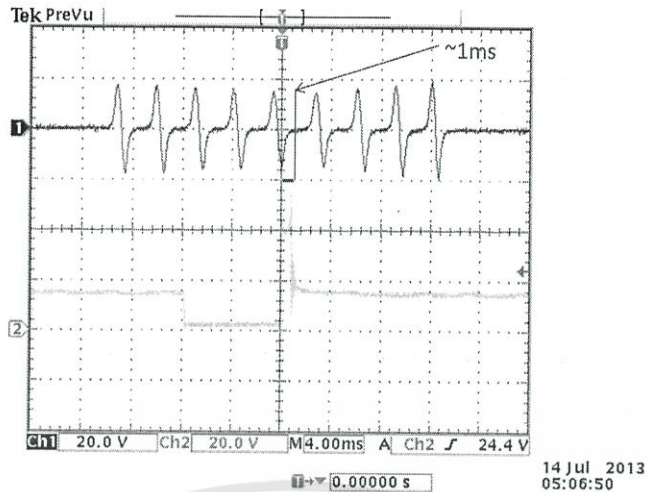


รูปที่ 3.29 ลักษณะและสัญลักษณ์ของคอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil)



รูปที่ 3.30 กราฟการทำงานของคอยล์จุดระเบิด

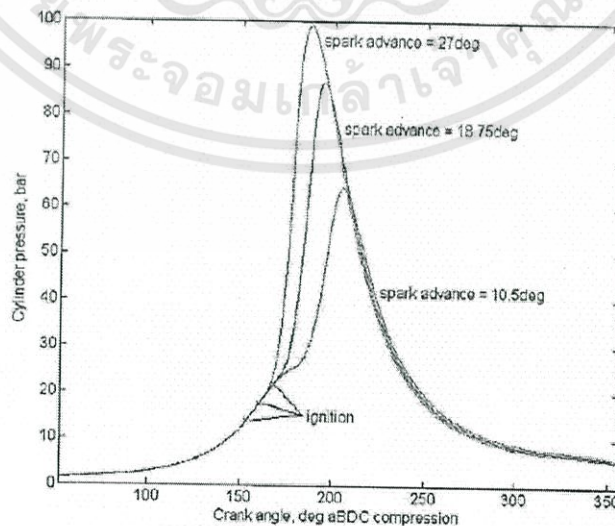
จากรูปที่ 3.30 จะเป็นที่ว่าการทำงานของคอยล์จุดระเบิดนั้น ใช้คุณสมบัติของขดลวดตัวนำ (Inductor) ผสมกับหม้อแปลง (Transformer) คือการทำงานจะเริ่มจากการดึงกระแสให้ไหลผ่านขดลวดตัวนำ ซึ่งขดลวดตัวนำก็จะเก็บพลังงานนั้นไว้ในขดลวด พอถึงเวลาที่เหมาะสมก็ปล่อยการดึงกระแสออก พลังงานที่เก็บอยู่ในขดลวดก็จะปล่อยมาในรูปแรงดันที่มีค่าสูงมาก ซึ่งแรงดันตัวนี้ก็จะไปเหนี่ยวนำขดลวดขดที่สองซึ่งมีรอบการพันที่มากกว่า ทำให้แรงดันยิ่งทวีคูณเพิ่มขึ้นไป จนสูงพอที่จะให้กระแสวิ่งผ่านอากาศในระยะไม่ต่ำกว่า 1 มิลลิเมตร ได้



รูปที่ 3.31 แสดงเวลาที่จุดระเบิด เทียบกับตำแหน่งของลูกสูบ

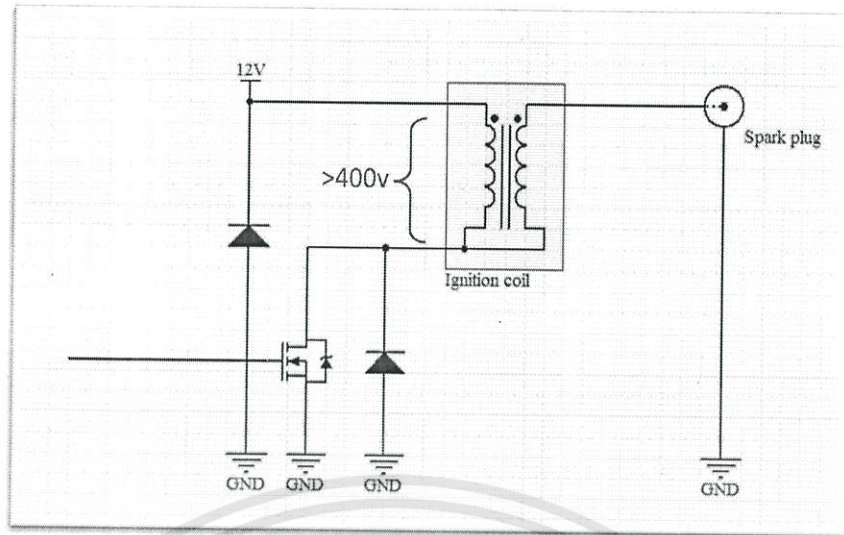
จากรูปที่ 3.31 เส้นกราฟเบอร์ 2 คือสัญญาณที่ควบคุมคอยล์จุดระเบิดจาก ECU จะสังเกตเห็นว่าการจุดระเบิดแต่ละครั้ง จะต้องมีการเก็บพลังงานไว้ในขดลวดก่อน คือจังหวะที่กราฟลงมาเป็น 0 โวลต์ จากนั้นพอถึงจังหวะที่เหมาะสมก็จะปล่อยให้สัญญาณกลับมาเป็น Logic 1 ซึ่งจะมีการปลดปล่อยพลังงานที่เก็บเอาไว้ สังเกตได้จากเส้นกราฟที่พุ่งขึ้นไปสูงมากก่อนที่จะกลับลงมาเป็น 12 โวลต์ ซึ่งสัญญาณนี้จะใช้ในการเหนี่ยวนำขดลวดอีกขดที่มีจำนวนรอบสูงกว่า จึงทำให้โวลต์ที่ปลายทางมีค่าเพิ่มเป็นทวีคูณ

เส้นสีแดงที่กราฟเบอร์ 1 คือตำแหน่งที่ลูกสู่วิ่งขึ้นสูงสุด (จุดตายบน) จะเห็นว่าจะมีการจุดระเบิดก่อนที่สูบจะวิ่งขึ้นจุดตายบนประมาณ 1 ms ซึ่งหากปรับปรุงสัญญาณให้จุดระเบิดก่อนได้ จะทำให้เกิดกำลังอัดที่กระบอกสูบมากขึ้น จากรูปที่ 3.32 หมายความว่า จะมีการอัดที่ดันลูกสูบลงมากขึ้นทำให้ได้ผลลัพธ์คือ แรงบิดที่มากขึ้นตาม



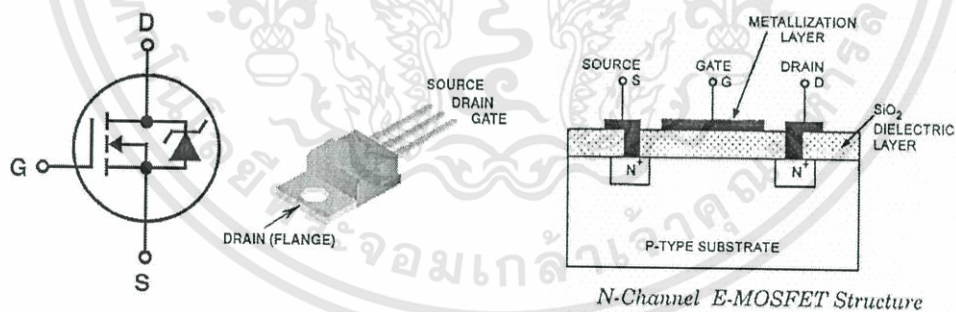
รูปที่ 3.32 แสดงกำลังอัดในกระบอกสูบ ในจังหวะอัดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ[3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



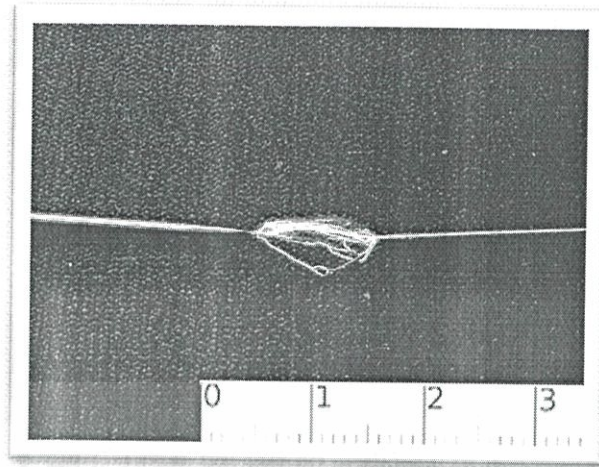
รูปที่ 3.33 ผังวงจรส่วนที่ขับเคลื่อนด้วยทรานซิสเตอร์

เนื่องจากการปล่อยพลังงานของขดลวดตัวนำ จะได้ผลลัพธ์เป็นแรงดันที่สูงมาก ไม่สามารถใส่ Kickback Diode เพื่อจำกัดแรงดันส่วนนี้ได้ เนื่องจากต้องเอาไปใช้เหนี่ยวนำอีกชุด ปัญหาจึงเป็นการเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ที่จะนำมาขับ จากการศึกษาพบว่าทรานซิสเตอร์ชนิดสนามแม่เหล็กควบคุม หรือ FET ดังรูปที่ 3.34 จะมีแก๊ประหว่างขา Drain และ Source มาก จึงทำให้สามารถทนแรงดันที่สูงมากได้ ซึ่งเหมาะแก่การใช้กับการทำงานที่มีแรงดันสูงมากกว่าชนิด BJT



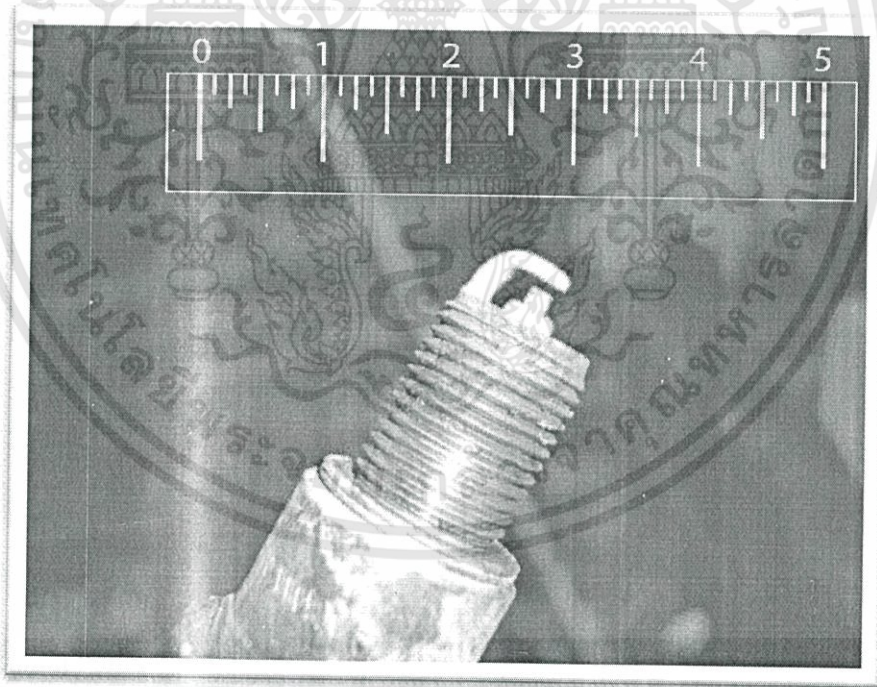
รูปที่ 3.34 มอสเฟต (MOSFET : Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 ผลการทดลองการขับเคลื่อนขั้วจุดระเบิด

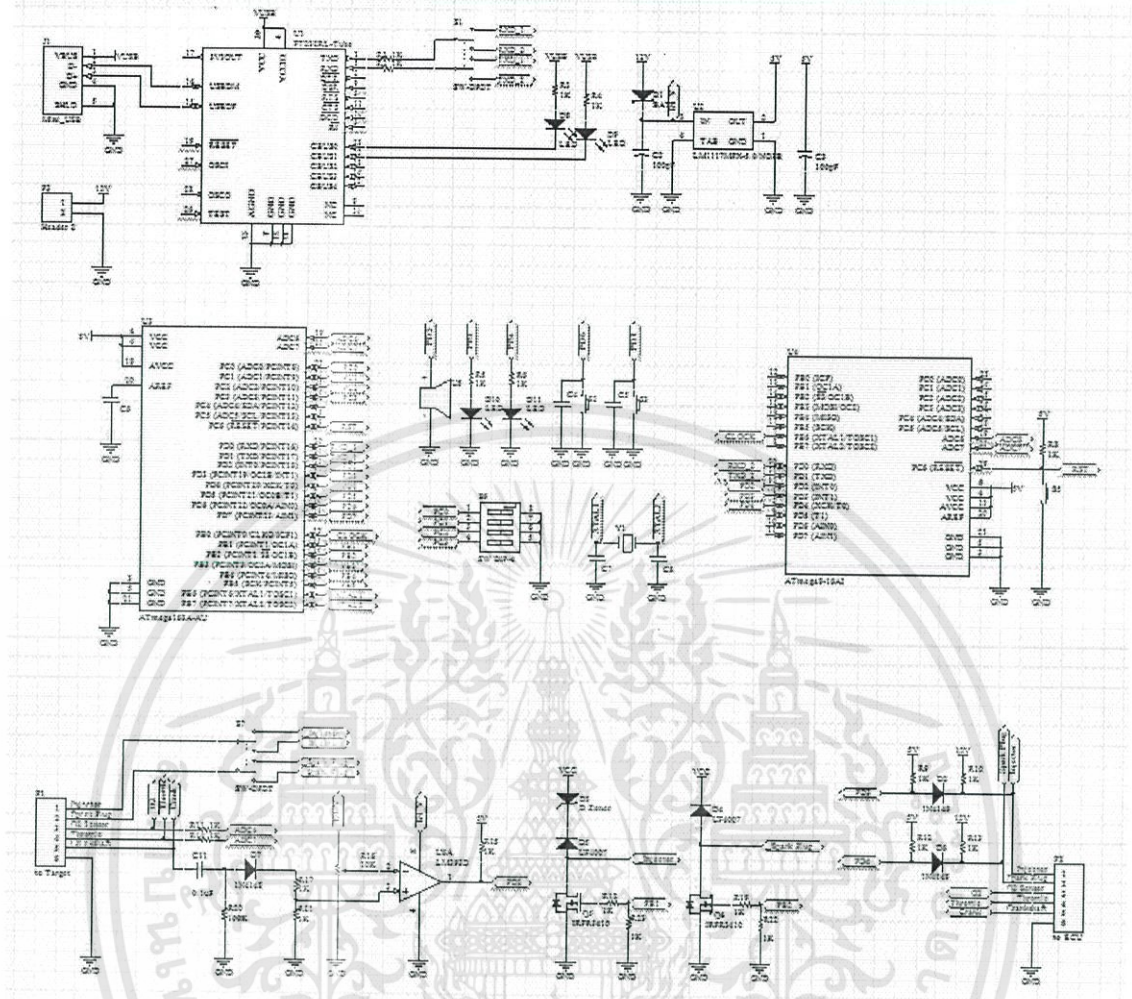
จากรูปที่ 3.35 ทดสอบการทำงานของบอร์ดขับเคลื่อนขั้วจุดระเบิด ซึ่งสามารถทำให้เกิดแรงดันสูงได้จริง และมีระยะห่างของการสปาร์กที่ประมาณ 10 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าที่ต้องการมาก เนื่องจากหัวเทียนจุดระเบิดจะมีระยะการสปาร์กต่ำกว่า 1 มิลลิเมตรจากรูปที่ 3.36 ดังนั้นบอร์ดที่ใช้ในการจุดนี้สามารถใช้งานได้จริง



รูปที่ 3.36 หัวเทียนจุดระเบิด

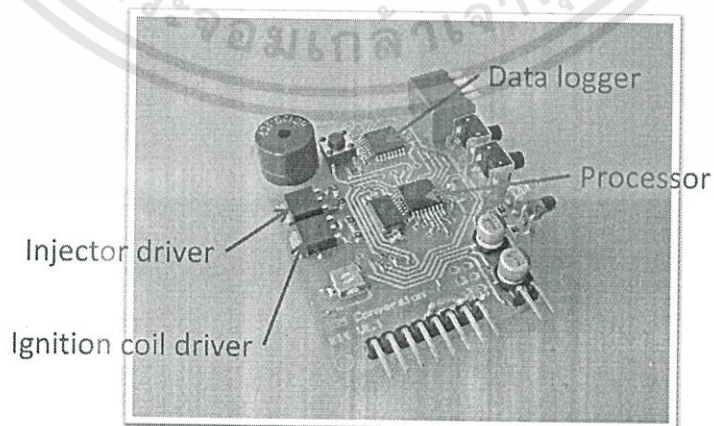
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชุดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง E85 แบบสมบูรณ์



รูปที่ 3.37 แสดงผังวงจรของบอร์ด

จากรูปที่ 3.37 บอร์ดสุดท้าย จะเป็นบอร์ดที่รวมกันระหว่างบอร์ดทั้งหมดที่ได้นำเสนอไปข้างต้น ซึ่งจะใช้หน่วยประมวลผลเป็น ATmega168 ที่ความถี่ 20Mhz



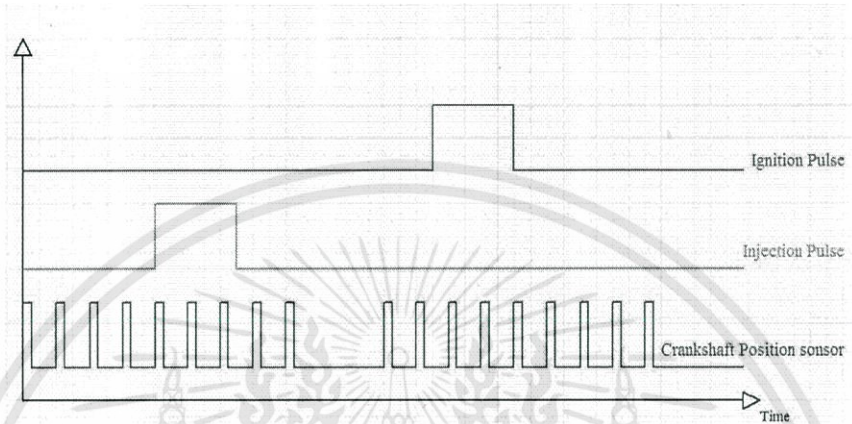
รูปที่ 3.38 บอร์ดควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สำหรับเชื้อเพลิง E85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 ปรับจูนค่า วิเคราะห์ บันทึกลงผล



รูปที่ 4.1 กราฟจำลองแสดงตำแหน่งของสัญญาณต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์

จากรูปที่ 4.1 เส้นกราฟที่ 3 ที่มี Pulse ชดละ 9 ลูกคือสัญญาณบอกตำแหน่งลูกสูบ จะเห็นได้ว่าลูกสูบวิ่งขึ้นครั้งแรกหัวฉีดจะทำงาน ส่วนอีกครั้งจะเป็นสัญญาณจุดระเบิด

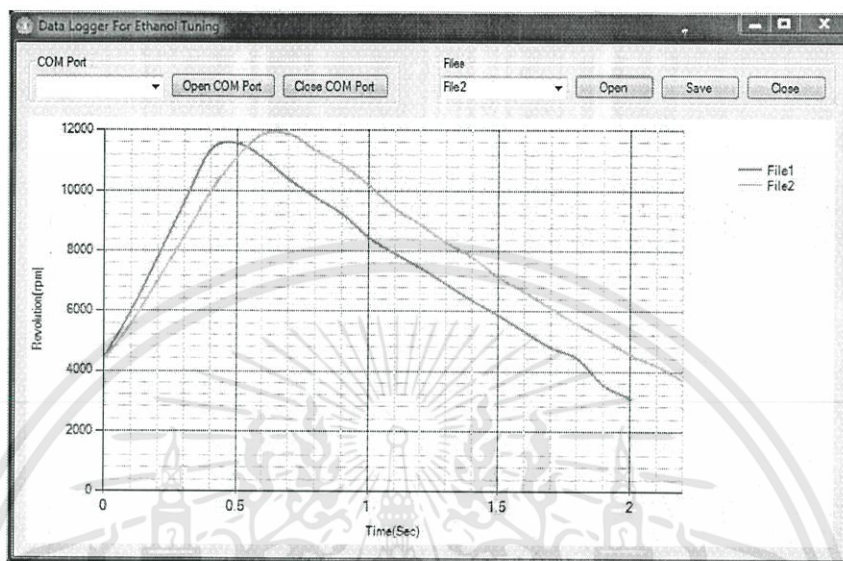


รูปที่ 4.2 หน้าต่างโปรแกรมเก็บบันทึกค่าความเร่งจากจักรยานยนต์

จากรูปที่ 4.2 โปรแกรมจะมีการติดต่อจากคอมพิวเตอร์ไปยังบอร์ดผ่านพอร์ตอนุกรม หรือ UART เพื่อเก็บค่ารอบเครื่อง ต่อเวลา เพื่อนำมาสร้างกราฟเป็นความเร่ง

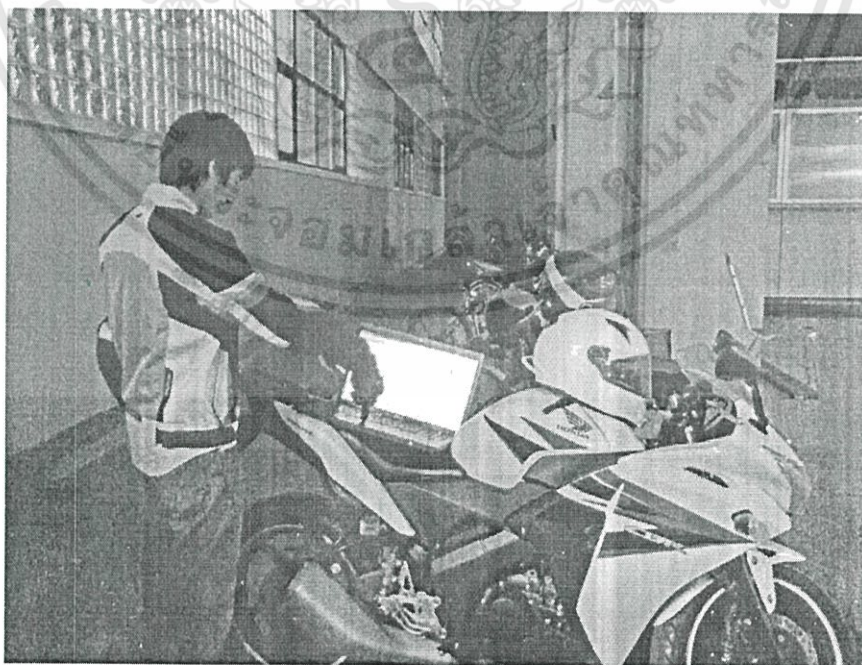
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยหน้าต่างโปรแกรมจะมีส่วนที่เลือกพอร์ตอนุกรม (COM Port) เพื่อเลือกพอร์ตอนุกรมที่จะติดต่อไปยังบอร์ด มีตัวเลือกไฟร์ สามารถเปิดไฟร์เก่ามาเปรียบเทียบ เซฟค่าไฟร์ใหม่ หรือปิดไฟร์ได้ และส่วนของการวาดกราฟ สามารถนำกราฟมาซ้อนกันเพื่อเปรียบเทียบความเร่งได้



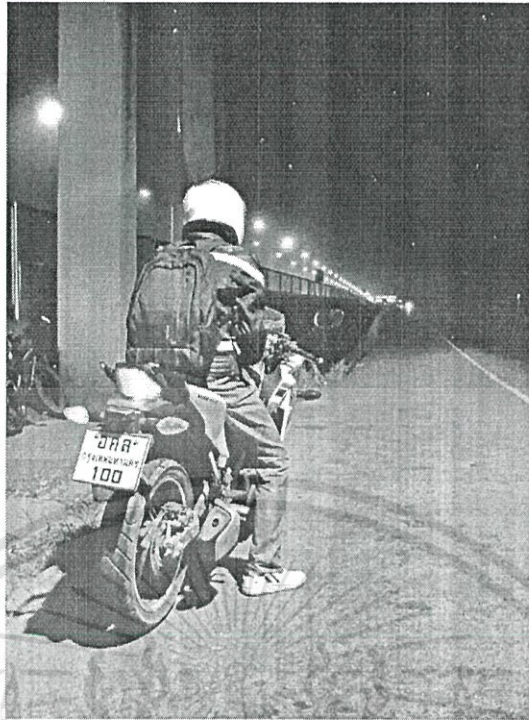
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการแสดงค่ากราฟบนโปรแกรม

จากรูปที่ 4.3 กราฟจะมีการซ้อนทับกันโดยแยกด้วยสีเพื่อการเปรียบเทียบที่ง่าย เพื่อให้ง่ายต่อการปรับแต่งค่าต่างๆ และดูผลตอบสนองในแต่ละช่วงความเร็วได้



รูปที่ 4.4 การโปรแกรมปรับค่าต่างๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

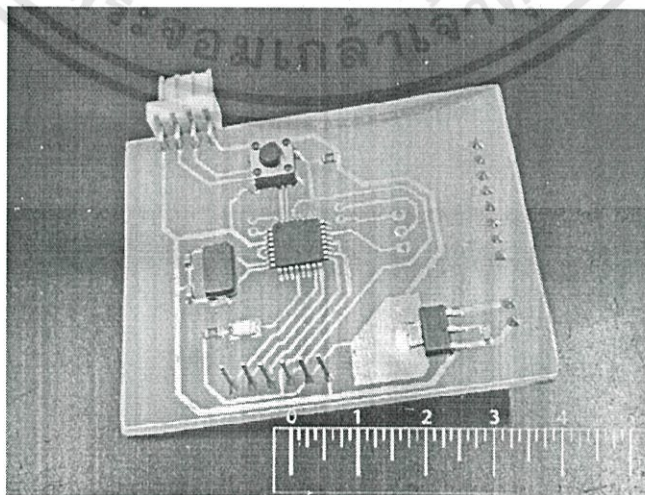


รูปที่ 4.5 การทดสอบโดยพกคอมพิวเตอร์ใส่กระเป๋าเพื่อเก็บค่าตลอดทาง

จากรูปที่ 4.4 การปรับค่าสัญญาณหัวฉีด และจังหวะจุดระเบิดสามารถโปรแกรมผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ตอนุกรม UART และวิ่งทดสอบเก็บค่าตามรูปที่ 4.5 โดยจะส่งพยายคอมพิวเตอร์เพื่อรับค่าจากบอร์ดตลอดทางที่ทดสอบ

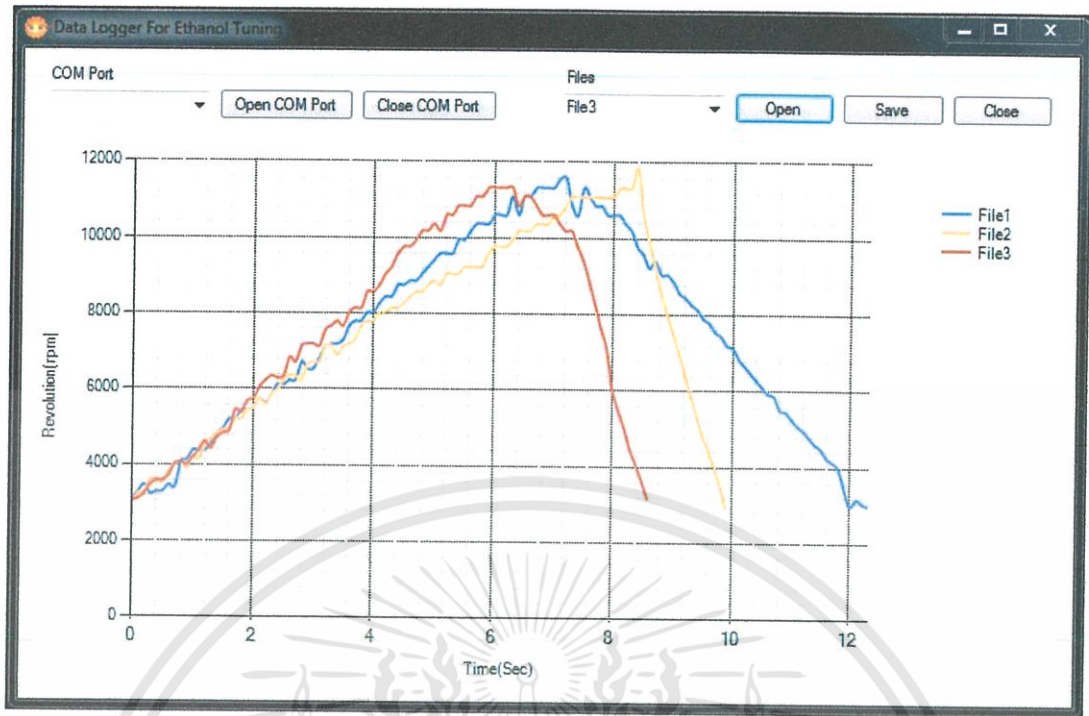
การทดสอบหาความเร่ง หรือแรงบิดของรถโดยการเข้าเกียร์ 2 เพื่อไม่ให้รอบขึ้นเร็วเกินไป และยังสามารถออกตัวจากหยุดนิ่งได้แล้วเปิดคันเร่งสูงสุด และเก็บค่าที่ใช้จากรถหยุดนิ่งจนถึงรอบเครื่องสูงสุด ถ้าหากมีการใช้เวลาน้อยหมายถึงแรงบิดมีมาก

การเก็บค่านี้ไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าแรงบิด (นิวตัน/เมตร) ได้แต่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าว่า E85 สามารถให้แรงบิดที่ไม่ต่ำกว่าเดิม (เบนซิน 91) ได้ตามการคำนวณหรือไม่



รูปที่ 4.6 บอร์ดที่ใช้ในการอ่านค่ารอบเครื่อง และส่งมายังคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงความเร่งของการปรับจูนต่างๆ

การทดลองนี้เป็นการหาค่าแรงบิด โดยจะทดลองโดยใช้เกียร์ 2 ออกตัวจนถึงรอบสูงสุด ถ้าใช้เวลาน้อยหมายถึงแรงบิดที่มากกว่า

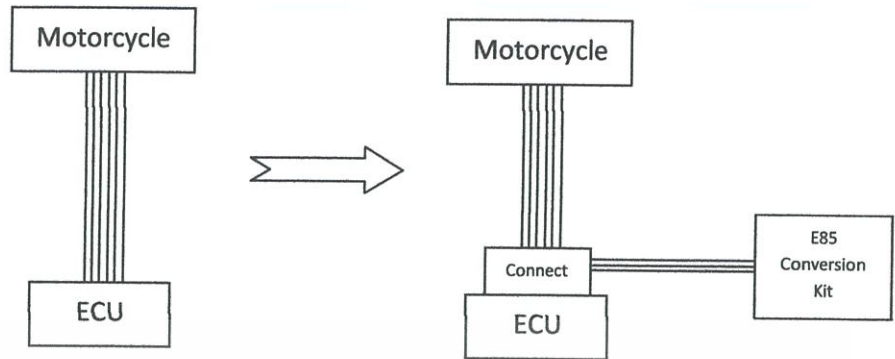
หลังจากการทดลองพบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้กับเชื้อเพลิง E85 คือ

- เพิ่มเชื้อเพลิงขึ้นเป็น 150% (ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศด้วย)
- จุดระเบิดก่อน (Advance) 500 มิลลิวินาที

จากรูปที่ 4.7

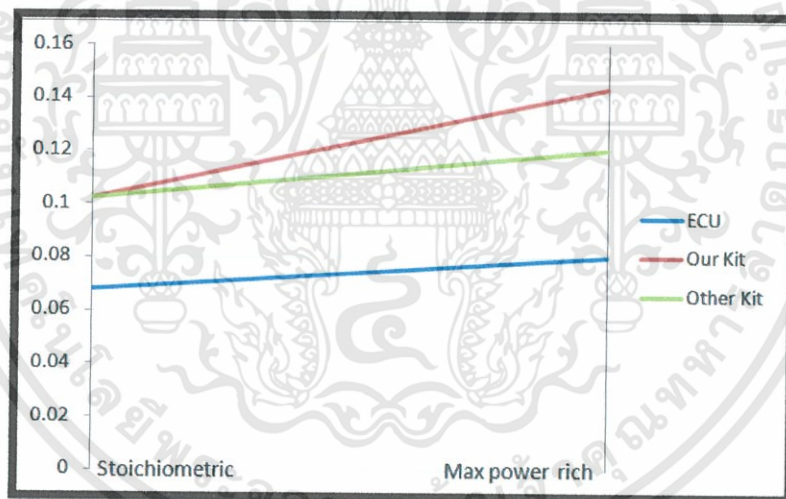
- กราฟที่ 1 (เส้นสีน้ำเงิน) คือระยะเวลาของเชื้อเพลิงเบนซิน 91 ซึ่งใช้เวลาประมาณ 7 วินาทีในการถึงรอบสูงสุด
- กราฟที่ 2 (เส้นสีเหลือง) คือเมื่อใส่เชื้อเพลิง E85 โดยไม่มีการปรับจูน จะใช้เวลาเกือบ 9 วินาทีโดยที่ผ่านคันเร่งแล้วรถดับเลย
- กราฟที่ 3 (เส้นสีแดง) จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการปรับจูนการใช้เชื้อเพลิง E85 แล้ว จะใช้เวลาเพียง 6วินาทีกว่า ซึ่งน้อยกว่าแบบเชื้อเพลิงเบนซิน 91 เนื่องจากการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น และได้พลังงานที่มากกว่าซึ่งแสดงไว้ข้างต้นแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงตำแหน่งการติดตั้งชุดคิท

จากรูปที่ 4.8 แผนภูมิการเชื่อมต่อ ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับ ECU ของจักรยานยนต์ โดยการติดตั้งนั้นจะไม่มี การตัดต่อสายจากของเดิมเลย เป็นเพียงการถอดปลั๊กออกจาก ECU มาเสียบเข้าชุดคอนเน็คเตอร์แล้วค่อยเสียบเข้า ECU อีกที โดยชุดคอนเน็คเตอร์นี้จะโยงสายที่ต้องการใช้งานเข้ากับชุดอุปกรณ์อีกทีเพื่อให้ติดตั้งง่าย และลดการเสียหายจากการติดตั้งผิดด้วย



รูปที่ 4.9 แสดงความแตกต่างของอัตราการจัดเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 4.9 ที่เครื่องยนต์ทำงานปกติที่ไม่ต้องการแรงบิดสูงมากนัก (Stoichiometric) เครื่องยนต์ที่ใช้ E85 จะต้องการเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 150% แต่ถ้าเครื่องยนต์ทำงานที่แรงบิดสูงสุดและจ่ายเชื้อเพลิงมากที่สุด (Max Power Rich) เครื่องยนต์ที่ใช้ E85 จะต้องการเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีนถึง 179% ซึ่งชุดอุปกรณ์ที่มีขายตามท้องตลาดจะสามารถปรับได้เพียงค่าเดียวว่าจะเพิ่มปริมาณก็เปอร์เซนต์ แต่ของงานวิจัยนี้จะสามารถปรับอัตราการจัดเพิ่มปริมาณได้เหมาะสมกว่า โดยการใส่ตัวคูณเพื่อปรับค่าความชันของกราฟเพิ่มเข้าไปได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

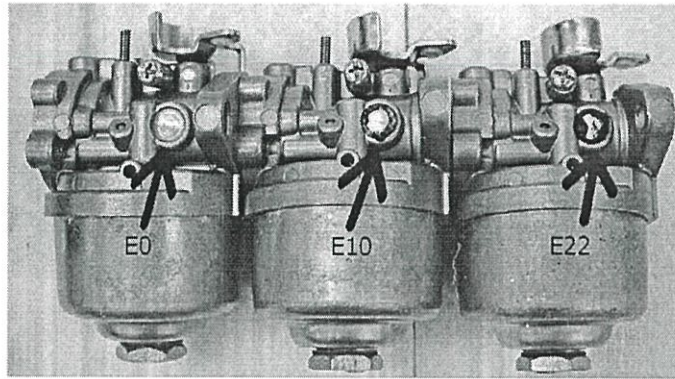
5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองซับริ่งตัวนั้น เนื่องจากหัวฉีดมีลักษณะเป็นโซลินอยด์จึงใส่ Kickback Diode ปกติเพื่อไม่ให้แรงดันตีกลับไปที่ทรานซิสเตอร์จนพัง แต่ปรากฏว่าแรงดันตีกลับนั้น เป็นแรงดันที่ช่วยในการปิดวาล์วหัวฉีดด้วย จึงต้องใช้ MOSFET ที่สามารถทนแรงดันที่สูงกว่าแรงดันตีกลับนั่นเอง ซึ่งจากการเก็บค่าพบว่า แรงดันตีกลับอยู่ที่ประมาณ 30 โวลต์ จึงเลือกใช้ MOSFET เบอร์ IRFR3410 ซึ่งมีค่าการทนแรงดันที่ขา Drain เทียบ Source (V_{ds}) อยู่ที่ 100 โวลต์

การทดลองซับริ่งคอยล์จุดระเบิดเนื่องจากคอยล์จุดระเบิด มีลักษณะเหมือนขดลวดตัวนำ ที่ต้องมีการเก็บพลังงานโดยการให้กระแสไหลผ่าน และปล่อยออกมาเป็นแรงดันที่สูงมากเพื่อไปเหนี่ยวนำอีกชุด ดังนั้นทรานซิสเตอร์ตัวซับริ่งจะต้องทนแรงดันได้สูงมาก จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าแรงดันนั้นมีค่าประมาณ 400 โวลต์ และกระแสสูงสุดถึง 6.2 แอมป์ ทางผู้จัดทำจึงเลือกใช้ MOSFET เบอร์ IPP60R190C6 ซึ่งสามารถทนแรงดันได้สูงถึง 650 โวลต์ และซับริ่งกระแสได้ถึง 20.2 แอมป์

จากการศึกษาลักษณะเฉพาะของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดนั้น เชื้อเพลิง E85 จะให้พลังงานที่น้อยกว่าเบนซิน แต่หากเพิ่มปริมาณของเชื้อเพลิงจนเหมาะสมคือประมาณ 130% ตอนกลางวันปกติ และ 150% ตอนอากาศหนาว จะทำให้ได้แรงบิดที่ใกล้เคียงกันมาก สาเหตุที่การเพิ่มปริมาณต่างกันเนื่องจากในอุณหภูมิที่ต่ำลงความกดอากาศจะมากขึ้น หมายถึงออกซิเจนจะหนาแน่นมากขึ้นด้วย จึงต้องเพิ่มปริมาณขึ้นให้เหมาะสมกับอุณหภูมิด้วย

เนื่องจากเชื้อเพลิง E85 มีค่าการทนกำลังอัดที่สูงกว่าเบนซิน 91 มากหมายความว่า สามารถเลื่อนจังหวะการจุดระเบิดก่อนได้ จึงจะทำให้ได้แรงบิดที่มากขึ้นตามทั้งที่ใช้เชื้อเพลิงเท่าเดิม จากการทดลองสรุปได้ว่าเชื้อเพลิง E85 สามารถจุดระเบิดได้ก่อนเบนซิน 91 อยู่ประมาณ 500 มิลลิวินาที เพื่อให้เกิดแรงดันลูกสูบเพิ่มมากขึ้นได้



รูปที่ 5.1 แสดงการกักถ่อนที่เกิดขึ้นจากแอลกอฮอล์[7]

จากการศึกษาพบว่า เชื้อเพลิงที่มีเอทานอลผสมจะมีอัตราการกักถ่อนที่สูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน จึงทำให้อาจจะมีส่วนสึกหรอของเครื่องยนต์ได้ จากรูปที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่า ซีลยางจะบวมตั้งแต่เชื้อเพลิงที่ผสมเอทานอลปริมาณน้อยอย่างเช่น E10 จึงสรุปได้ว่า รถจักรยานยนต์ที่ถูกออกแบบระบบการส่งเชื้อเพลิงให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลได้นั้น จะสามารถใช้กับเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลได้ทุกอัตราส่วนไม่ว่าจะเป็นเชื้อเพลิง E10 หรือ E85 (ซึ่งจักรยานยนต์ที่มีจำหน่ายในตลาดปัจจุบันรองรับหมดแล้ว) ก็จะสามารถทน E85 ได้เช่นเดียวกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

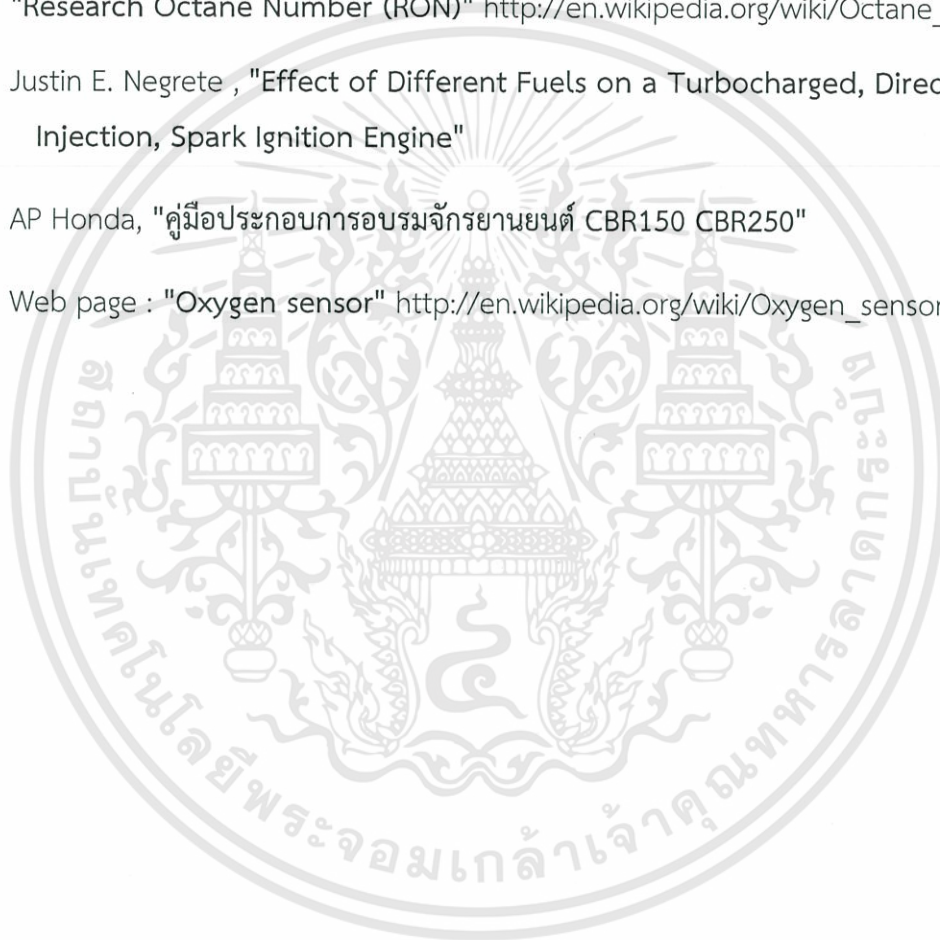
จากการทำโครงการนี้ ซึ่งเป็นการทำวงจรใหม่ขึ้นมาครอบ ECU เดิม จึงจำเป็นต้องมีต่อสายบางส่วนจาก ECU ผ่านบอร์ดก่อนจะไปจุดปลายทาง ซึ่งหัวปลั๊กแบบของ ECU หาซื้อได้ยากมาก จึงต้องทำการตัดต่อสายไฟเบื้องต้นก่อน

เนื่องจากการขับเคลื่อนจตุระเบ็ด ซึ่งจะต้องมีแรงดัน 400 โวลต์ เป็นพัลส์ไหลผ่านบอร์ด จึงทำให้เกิดสัญญาณรบกวนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

การปรับองศาการจตุระเบ็ด หากปรับให้จตุระเบ็ดก่อนมากเกินไป จะทำให้เครื่องน็อคจนอาจจะพังได้ เสี่ยงต่อความเสียหาย จึงไม่เหมาะแก่ผู้ไม่มีความรู้ด้านเครื่องยนต์มาปรับเล่น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Video : "Fuel Emissions - Gas, Ethanol, E85, Kerosene"
<http://www.youtube.com/watch?v=WOAyoCo3xXA>
- [2] Web page : "PRICE STRUCTURE OF PETROLEUM PRODUCT"
<http://www.eppo.go.th/petro/price/index.html>
- [3] "Energy Density" http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_density
- [4] "Research Octane Number (RON)" http://en.wikipedia.org/wiki/Octane_rating
- [5] Justin E. Negrete , "Effect of Different Fuels on a Turbocharged, Direct Injection, Spark Ignition Engine"
- [6] AP Honda, "คู่มือประกอบการอบรมจักรยานยนต์ CBR150 CBR250"
- [7] Web page : "Oxygen sensor" http://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_sensor





ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- High performance, low power Atmel® AVR® 8-bit microcontroller
- Advanced RISC architecture
 - 131 powerful instructions – most single clock cycle execution
 - 32 × 8 general purpose working registers
 - Fully static operation
 - Up to 20 MIPS throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle multiplier
- High endurance non-volatile memory segments
 - 4/8/16 Kbytes of in-system self-programmable flash program memory
 - 256/512/512 bytes EEPROM
 - 512/1K/1Kbytes Internal SRAM
 - Write/erase cycles: 10,000 flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C¹
 - Optional boot code section with independent lock bits
 - In-system programming by on-chip boot program
 - True read-while-write operation
 - Programming lock for software security
- QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix acquisition
 - Up to 64 sense channels
- Peripheral features
 - Two 8-bit timer/counters with separate prescaler and compare mode
 - One 16-bit timer/counter with separate prescaler, compare mode, and capture mode
 - Real time counter with separate oscillator
 - Six PWM channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Programmable serial USART
 - Master/slave SPI serial interface
 - Byte-oriented 2-wire serial interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable watchdog timer with separate on-chip oscillator
 - On-chip analog comparator
 - Interrupt and wake-up on pin change
- Special microcontroller features
 - DebugWIRE on-chip debug system
 - Power-on reset and programmable brown-out detection
 - Internal calibrated oscillator
 - External and Internal Interrupt sources
 - Five sleep modes: idle, ADC noise reduction, power-save, power-down, and standby
- I/O and packages
 - 23 programmable I/O lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating voltage:
 - 1.8V - 5.5V for Atmel ATmega48V/88V/168V
 - 2.7V - 5.5V for Atmel ATmega48/88/168
- Temperature range:
 - -40°C to 85°C
- Speed grade:
 - ATmega48V/88V/168V: 0 - 4MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 10MHz @ 2.7V - 5.5V
 - ATmega48/88/168: 0 - 10MHz @ 2.7V - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5V - 5.5V
- Low power consumption
 - Active mode:
 - 250µA at 1MHz, 1.8V
 - 15µA at 32kHz, 1.8V (including oscillator)
 - Power-down mode:
 - 0.1µA at 1.8V

Note: 1. See "Data retention" on page 8 for details.



**8-bit Atmel
Microcontroller
with 4/8/16K
Bytes In-System
Programmable
Flash**

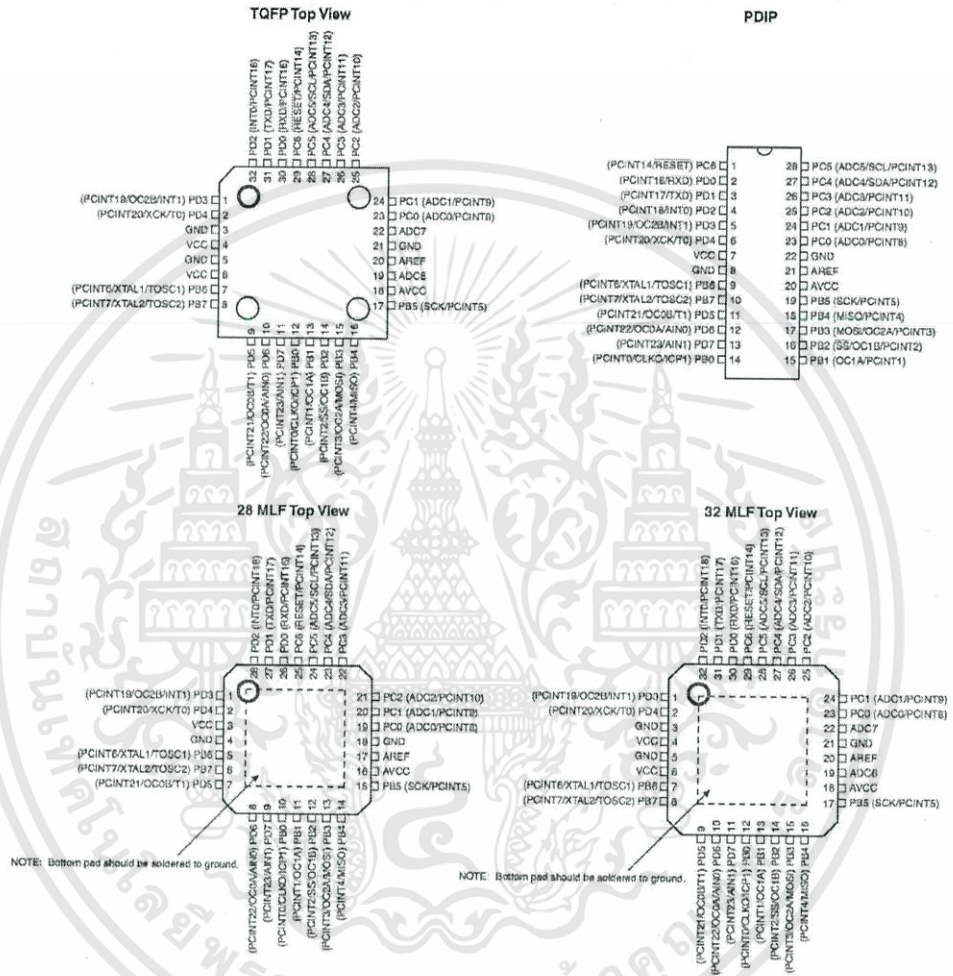
**ATmega48/V
ATmega88/V
ATmega168/V**

Rev. 2545T-AVR-05/11



1. Pin configurations

Figure 1-1. Pinout Atmel ATmega48/88/168.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 Pin descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "Alternate functions of port B" on page 78 and "System clock and clock options" on page 27.

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5..0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

1.1.5 PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 29-3 on page 307. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate functions of port C" on page 81.

1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up

ATmega48/88/168

resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

The various special features of Port D are elaborated in "Alternate functions of port D" on page 84.

1.1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC6..4 use digital supply voltage, V_{CC} .

1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF package only)

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

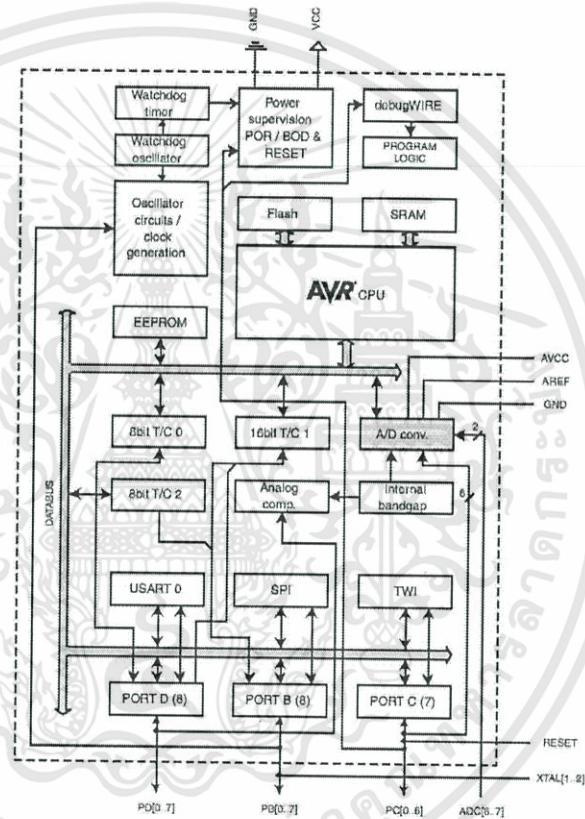
ATmega48/88/168

2. Overview

The Atmel ATmega48/88/168 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48/88/168 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block diagram

Figure 2-1. Block diagram.



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting



600V CoolMOS™ C6 Power Transistor

IPA60R190C6, IPB60R190C6
IPI60R190C6, IPP60R190C6
IPW60R190C6

1 Description

CoolMOS™ is a revolutionary technology for high voltage power MOSFETs, designed according to the superjunction (SJ) principle and pioneered by Infineon Technologies. CoolMOS™ C6 series combines the experience of the leading SJ MOSFET supplier with high class innovation. The offered devices provide all benefits of a fast switching SJ MOSFET while not sacrificing ease of use. Extremely low switching and conduction losses make switching applications even more efficient, more compact, lighter, and cooler.

Features

- Extremely low losses due to very low FOM $R_{DS(on)} \cdot Q_g$ and E_{oss}
- Very high commutation ruggedness
- Easy to use/drive
- JEDEC¹⁾ qualified, Pb-free plating, Halogen free

Applications

PFC stages, hard switching PWM stages and resonant switching PWM stages for e.g. PC Silverbox, Adapter, LCD & PDP TV, Lighting, Server, Telecom and UPS.

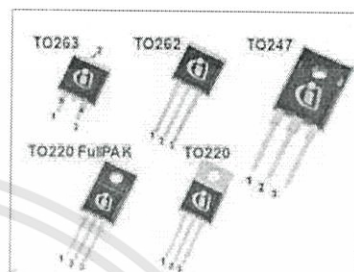
Please note: For MOSFET paralleling the use of ferrite beads on the gate or separate totem poles is generally recommended.

Table 1 Key Performance Parameters

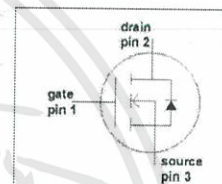
Parameter	Value	Unit
$V_{DS} @ I_{T,max}$	650	V
$R_{DS(on),max}$	0.19	Ω
$Q_{g,typ}$	63	nC
$I_{D,pulse}$	59	A
$E_{oss} @ 400V$	5.2	μJ
Body diode di/dt	500	A/ μs

Type / Ordering Code	Package	Marking	Related Links
IPW60R190C6	PG-TO247	6R190C6	IFX C6 Product Brief
IPB60R190C6	PG-TO263		IFX C6 Portfolio
IPI60R190C6	PG-TO262		IFX CoolMOS Webpage
IPP60R190C6	PG-TO220		IFX Design tools
IPA60R190C6	PG-TO220 FullPAK		

1) J-STD20 and JESD22



RoHS



International
IR Rectifier

PD - 94505A

IRFR3410

IRFU3410

HEXFET® Power MOSFET

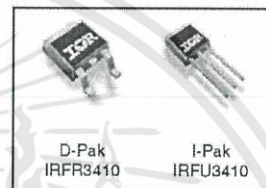
Applications

- High frequency DC-DC converters

V_{DSS}	$R_{DS(on)}$ max	I_D
100V	39m Ω	31A [Ⓓ]

Benefits

- Low Gate-to-Drain Charge to Reduce Switching Losses
- Fully Characterized Capacitance Including Effective C_{OSS} to Simplify Design, (See App. Note AN1001)
- Fully Characterized Avalanche Voltage and Current

**Absolute Maximum Ratings**

Symbol	Parameter	Max.	Units
V_{DS}	Drain-Source Voltage	100	V
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	
I_D @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10V	31 [Ⓓ]	
I_D @ $T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10V	22	A
I_{DM}	Pulsed Drain Current [Ⓔ]	125	
P_D @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	Maximum Power Dissipation	110	W
P_D @ $T_A = 25^\circ\text{C}$	Maximum Power Dissipation	3.0	
	Linear Derating Factor	0.71	$^\circ\text{C}^{-1}$
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt [Ⓕ]	15	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to $+175$	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.4	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient (PCB mount)*	—	40	$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	110	

Notes [Ⓓ] through [Ⓕ] are on page 10
www.irf.com

1

2/27/08

IRFR/U3410

International
IOR RectifierStatic @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
V_{DRM}	Drain-to-Source Breakdown Voltage	100	—	—	V	$V_{GS} = 0\text{V}$, $I_D = 250\mu\text{A}$
$\Delta V_{DRM}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.11	—	V/°C	Reference to 25°C , $I_D = 1\text{mA}$ Ⓞ
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	34	39	mΩ	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 18\text{A}$ Ⓞ
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	20	μA	$V_{DS} = 100\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	200	nA	$V_{DS} = 80\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-200	nA	$V_{GS} = 20\text{V}$ $V_{GS} = -20\text{V}$


Dynamic @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
g_{fs}	Forward Transconductance	33	—	—	S	$V_{DS} = 25\text{V}$, $I_D = 18\text{A}$
Q_g	Total Gate Charge	—	37	56	nC	$I_D = 18\text{A}$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	10	—	nC	$V_{DS} = 50\text{V}$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	11	—	nC	$V_{GS} = 10\text{V}$, Ⓞ
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	12	—	ns	$V_{DD} = 50\text{V}$
t_r	Rise Time	—	27	—	ns	$I_D = 18\text{A}$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	40	—	ns	$R_{\theta} = 9.1\Omega$
t_f	Fall Time	—	13	—	ns	$V_{GS} = 10\text{V}$ Ⓞ
C_{iss}	Input Capacitance	—	1690	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	220	—	pF	$V_{DS} = 25\text{V}$
C_{rns}	Reverse Transfer Capacitance	—	26	—	pF	$f = 1.0\text{MHz}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	1640	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$, $V_{DS} = 1.0\text{V}$, $f = 1.0\text{MHz}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	130	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$, $V_{DS} = 80\text{V}$, $f = 1.0\text{MHz}$
$C_{oss\ eff.}$	Effective Output Capacitance	—	250	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$, $V_{DS} = 0\text{V}$ to 80V Ⓞ

Avalanche Characteristics

	Parameter	Typ.	Max.	Units
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy Ⓞ	—	140	mJ
I_{AR}	Avalanche Current Ⓞ	—	18	A

Diode Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	31 Ⓞ	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) Ⓞ	—	—	125	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_S = 18\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ Ⓞ
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	84	—	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_F = 18\text{A}$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	260	—	nC	$dI/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ Ⓞ
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

2

www.irf.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

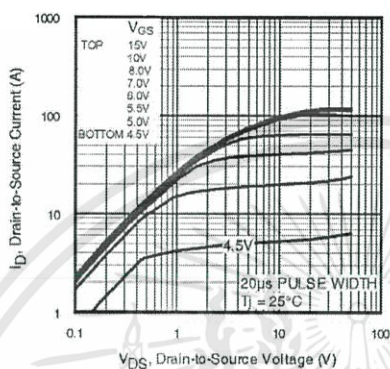


Fig 1. Typical Output Characteristics

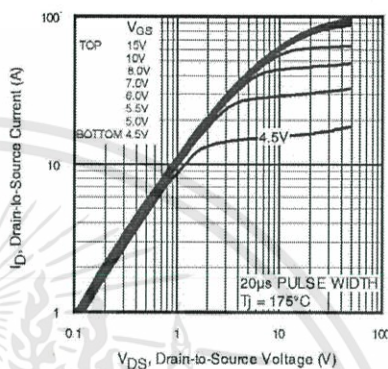


Fig 2. Typical Output Characteristics

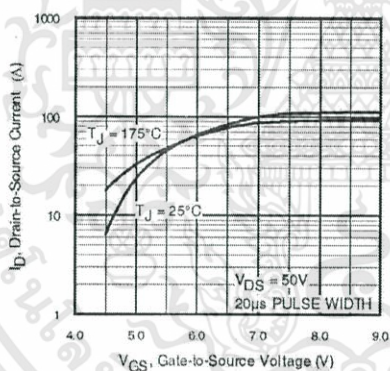


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

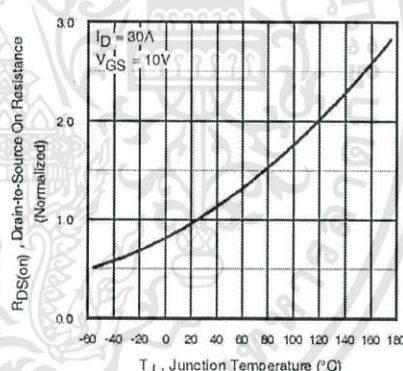
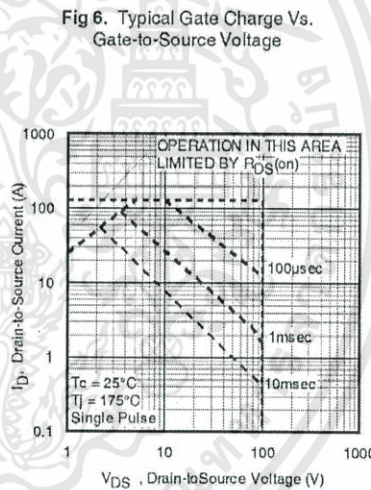
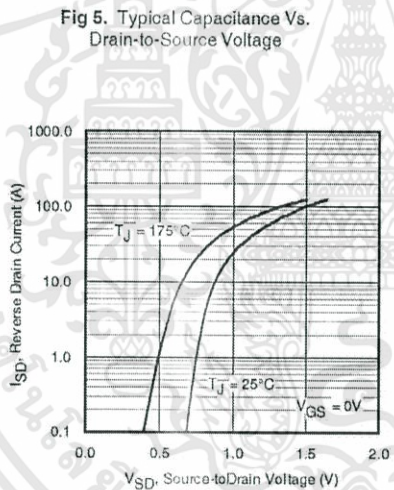
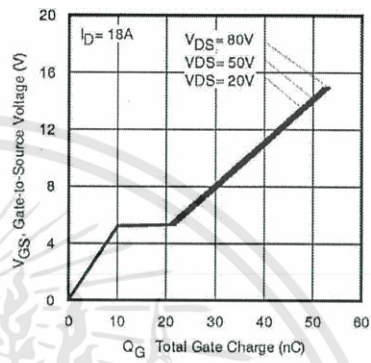
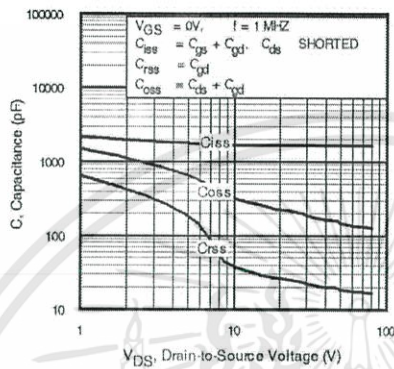


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

IRFR/U3410

International
IR Rectifier



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

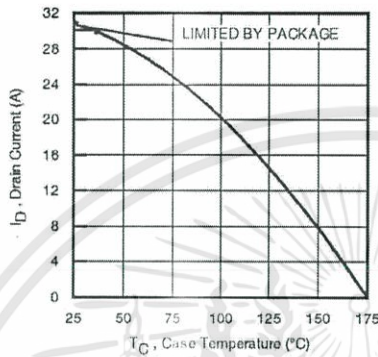


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

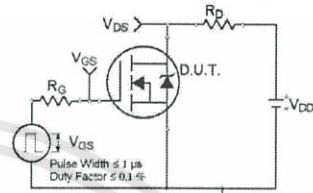


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

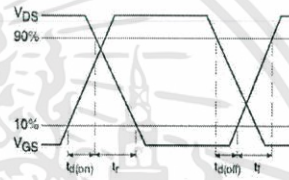


Fig 10b. Switching Time Waveforms

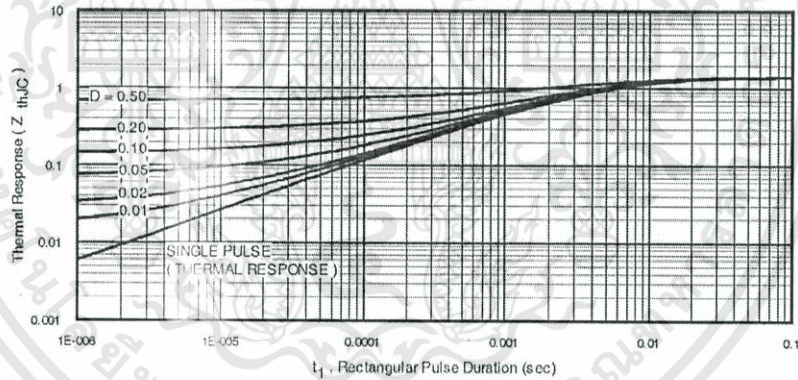
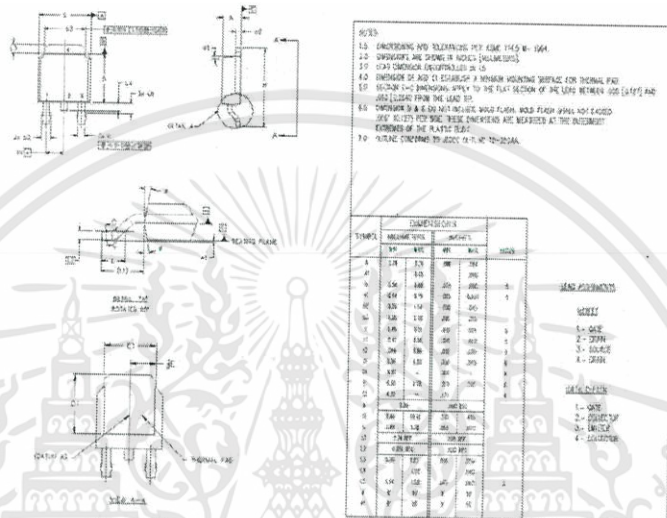


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

IRFR/U3410

International
IR Rectifier

D-Pak (TO-252AA) Package Outline

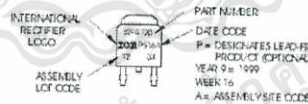


D-Pak (TO-252AA) Part Marking Information

EXAMPLE: THIS IS AN OFFSHORE WITH ASSEMBLY LOT CODE 1234 ASSEMBLED CA-WW 16 1999 IN THE ASSEMBLY LINE 'A'
Note: 'P' in assembly line position indicates Lead-Free



OR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2 Maximum ratings

at $T_j = 25\text{ °C}$, unless otherwise specified.

Table 2 Maximum ratings

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Continuous drain current ¹⁾	I_D	-	-	20.2	A	$T_C = 25\text{ °C}$
				12.8		$T_C = 100\text{ °C}$
Pulsed drain current ²⁾	$I_{D,pulse}$	-	-	59	A	$T_C = 25\text{ °C}$
Avalanche energy, single pulse	E_{AS}	-	-	418	mJ	$I_D = 3.4\text{ A}, V_{DD} = 50\text{ V}$ (see table 21)
Avalanche energy, repetitive	E_{AR}	-	-	0.63		$I_D = 3.4\text{ A}, V_{DD} = 50\text{ V}$
Avalanche current, repetitive	I_{AR}	-	-	3.4	A	
MOSFET dv/dt ruggedness	dv/dt	-	-	50	V/ns	$V_{DS} = 0 \dots 480\text{ V}$
Gate source voltage	V_{GS}	-20	-	20	V	static
		-30	-	30		AC ($f > 1\text{ Hz}$)
Power dissipation for TO-220, TO-247, TO-262, TO-263	P_{tot}	-	-	151	W	$T_C = 25\text{ °C}$
Power dissipation for TO-220 FullPAK	P_{tot}	-	-	34		
Operating and storage temperature	T_j, T_{stg}	-55	-	150	°C	
Mounting torque TO-220, TO-247				60	Ncm	M3 and M3.5 screws
Mounting torque TO-220 FullPAK				50		M2.5 screws
Continuous diode forward current	I_S	-	-	17.5	A	$T_C = 25\text{ °C}$
Diode pulse current ²⁾	$I_{S,pulse}$	-	-	59	A	$T_C = 25\text{ °C}$
Reverse diode dv/dt ³⁾	dv/dt	-	-	15	V/ns	$V_{DS} = 0 \dots 400\text{ V}, I_{GD} \leq I_D,$ $T_j = 25\text{ °C}$
Maximum diode commutation speed ³⁾	di/dt			500	A/μs	(see table 22)

1) Limited by $T_{j,max}$. Maximum duty cycle $D = 0.75$

2) Pulse width t_p limited by $T_{j,max}$

3) Identical low side and high side switch with identical $R_{\theta C}$



3 Thermal characteristics

Table 3 Thermal characteristics TO-220 (IPP60R190C6), TO-247 (IPW60R190C6), TO-262 (IP160R190C6)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance, junction - case	R_{thJC}	-	-	0.83	°C/W	
Thermal resistance, junction - ambient	R_{thJA}	-	-	62		leaded
Soldering temperature, wavesoldering only allowed at leads	T_{sold}	-	-	260	°C	1.6 mm (0.063 in.) from case for 10 s

Table 4 Thermal characteristics TO-220 FullPAK (IPA60R190C6)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance, junction - case	R_{thJC}	-	-	3.7	°C/W	
Thermal resistance, junction - ambient	R_{thJA}	-	-	80		leaded
Soldering temperature, wavesoldering only allowed at leads	T_{sold}	-	-	260	°C	1.6 mm (0.063 in.) from case for 10 s

Table 5 Thermal characteristics TO-263 (IPB60R190C6)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance, junction - case	R_{thJC}	-	-	0.83	°C/W	
Thermal resistance, junction - ambient	R_{thJA}			62		SMD version, device on PCB, minimal footprint
			35			
Soldering temperature, wave- & reflow soldering allowed	T_{sold}	-	-	260	°C	reflow MSL1

1) Device on 40mm*40mm*1.5mm one layer epoxy PCB FR4 with 6cm² copper area (thickness 70µm) for drain connection. PCB is vertical without air stream cooling.



4 Electrical characteristics

Electrical characteristics, at $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.

Table 6 Static characteristics

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Drain-source breakdown voltage	$V_{(BR)DSS}$	600	-	-	V	$V_{GS}=0\text{ V}$, $I_D=0.25\text{ mA}$
Gate threshold voltage	$V_{GS(th)}$	2.5	3	3.5		$V_{DS}=V_{GS}$, $I_D=0.63\text{ mA}$
Zero gate voltage drain current	I_{DSS}	-	-	1	μA	$V_{DS}=600\text{ V}$, $V_{GS}=0\text{ V}$, $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$
		-	10	-		$V_{DS}=600\text{ V}$, $V_{GS}=0\text{ V}$, $T_j=150\text{ }^\circ\text{C}$
Gate-source leakage current	I_{GSS}	-	-	100	nA	$V_{GS}=20\text{ V}$, $V_{DS}=0\text{ V}$
Drain-source on-state resistance	$R_{DS(on)}$	-	0.17	0.19	Ω	$V_{GS}=10\text{ V}$, $I_D=9.5\text{ A}$, $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$
		-	0.44	-		$V_{GS}=10\text{ V}$, $I_D=9.5\text{ A}$, $T_j=150\text{ }^\circ\text{C}$
Gate resistance	R_G	-	8.5	-	Ω	$f=1\text{ MHz}$, open drain

Table 7 Dynamic characteristics

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input capacitance	C_{iss}	-	1400	-	pF	$V_{GS}=0\text{ V}$, $V_{DS}=100\text{ V}$, $f=1\text{ MHz}$
Output capacitance	C_{oss}	-	85	-		
Effective output capacitance, energy related ¹⁾	$C_{o(ef)}$	-	56	-		$V_{GS}=0\text{ V}$, $V_{DS}=0\dots480\text{ V}$
Effective output capacitance, time related ²⁾	$C_{o(tf)}$	-	266	-		$I_D=\text{constant}$, $V_{GS}=0\text{ V}$ $V_{DS}=0\dots480\text{ V}$
Turn-on delay time	$t_{d(on)}$	-	15	-	ns	$V_{DD}=400\text{ V}$, $V_{GS}=13\text{ V}$, $I_D=9.5\text{ A}$, $R_G=3.4\Omega$
Rise time	t_r	-	11	-		(see table 20)
Turn-off delay time	$t_{d(off)}$	-	110	-		
Fall time	t_f	-	9	-		

- 1) $C_{o(ef)}$ is a fixed capacitance that gives the same stored energy as C_{oss} while V_{DS} is rising from 0 to 80% $V_{(BR)DSS}$
 2) $C_{o(tf)}$ is a fixed capacitance that gives the same charging time as C_{oss} while V_{DS} is rising from 0 to 80% $V_{(BR)DSS}$



600V CoolMOS™ C6 Power Transistor
IPx60R190C6

Electrical characteristics

Table 8 Gate charge characteristics

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Gate to source charge	Q_{gs}	-	7.6	-	nC	$V_{DD}=480\text{ V}$, $I_D=9.5\text{ A}$, $V_{GS}=0\text{ to }10\text{ V}$
Gate to drain charge	Q_{gd}	-	32	-		
Gate charge total	Q_g	-	63	-		
Gate plateau voltage	$V_{plateau}$	-	5.4	-	V	

Table 9 Reverse diode characteristics

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Diode forward voltage	V_{SD}	-	0.9	-	V	$V_{GS}=0\text{ V}$, $I_F=9.5\text{ A}$, $T_J=25\text{ °C}$
Reverse recovery time	t_{rr}	-	430	-	ns	$V_R=400\text{ V}$, $I_F=9.5\text{ A}$,
Reverse recovery charge	Q_{rr}	-	6.0	-	μC	$di/dt=100\text{ A}/\mu\text{s}$ (see table 22)
Peak reverse recovery current	I_{rrm}	-	30	-	A	



5 Electrical characteristics diagrams

Table 10

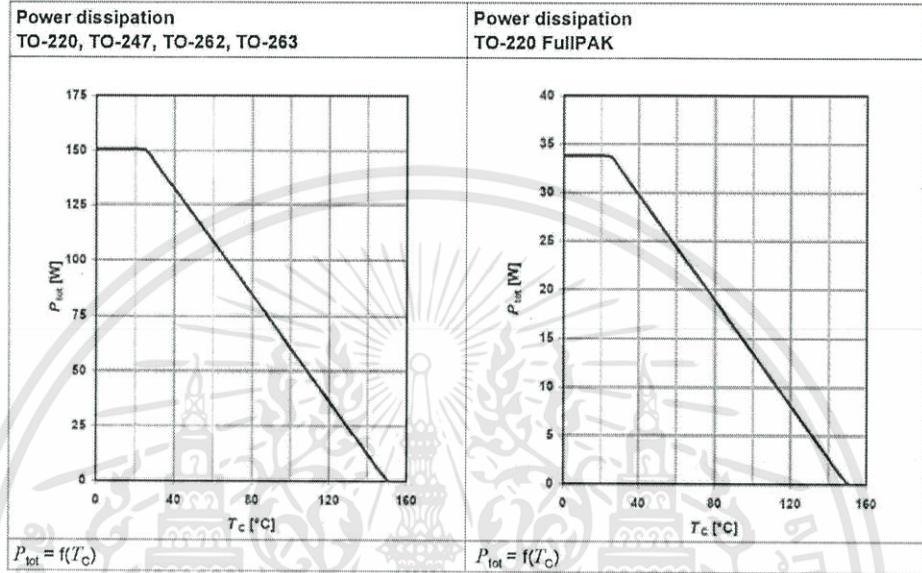
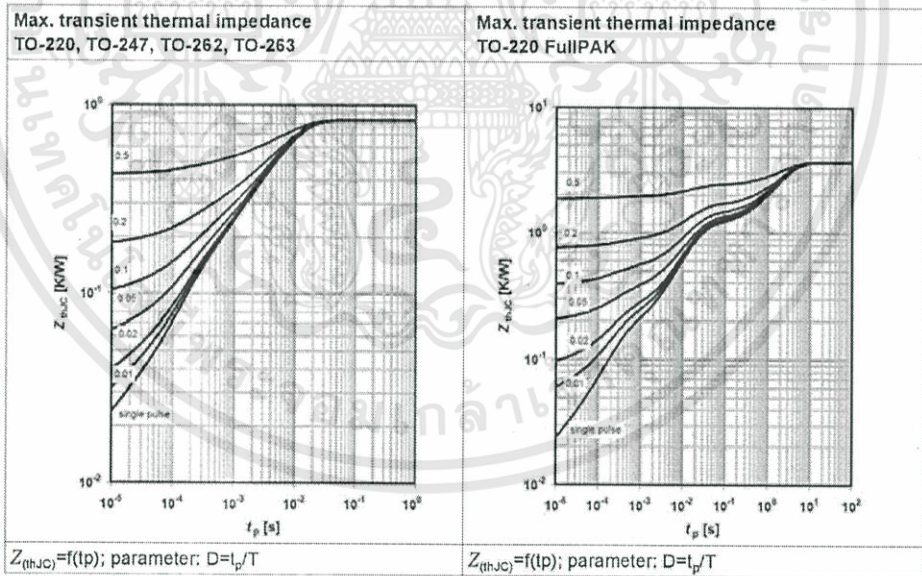


Table 11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



600V CoolMOS™ C6 Power Transistor
IPx60R190C6

Electrical characteristics diagrams

Table 12

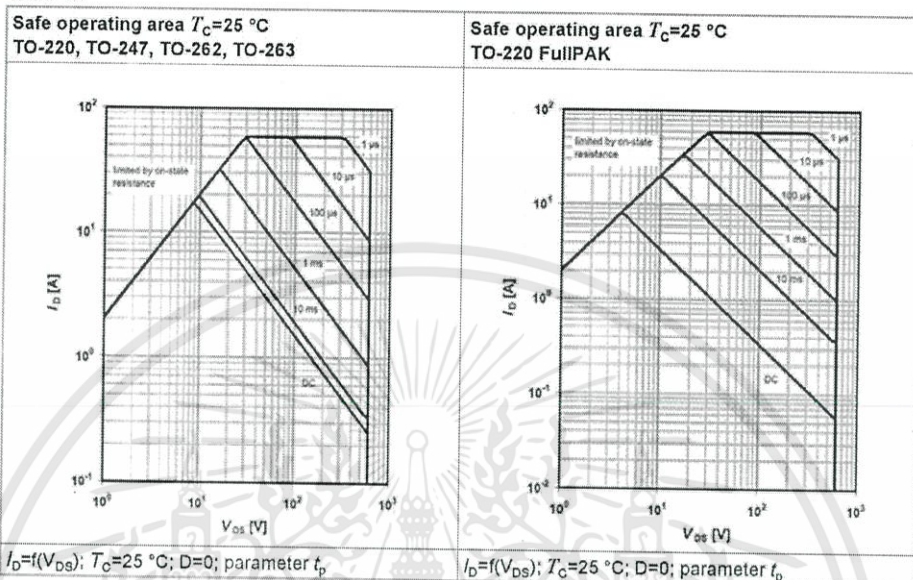


Table 13

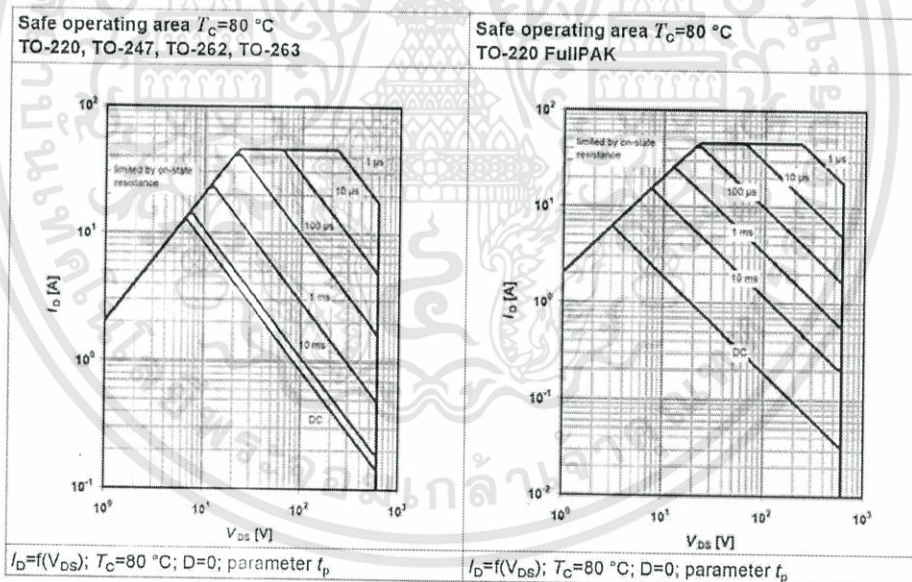




Table 14

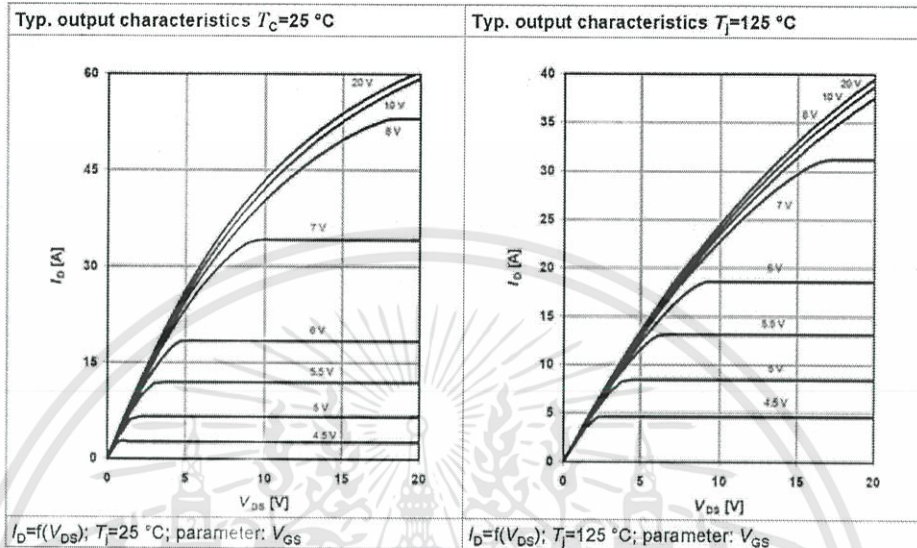


Table 15

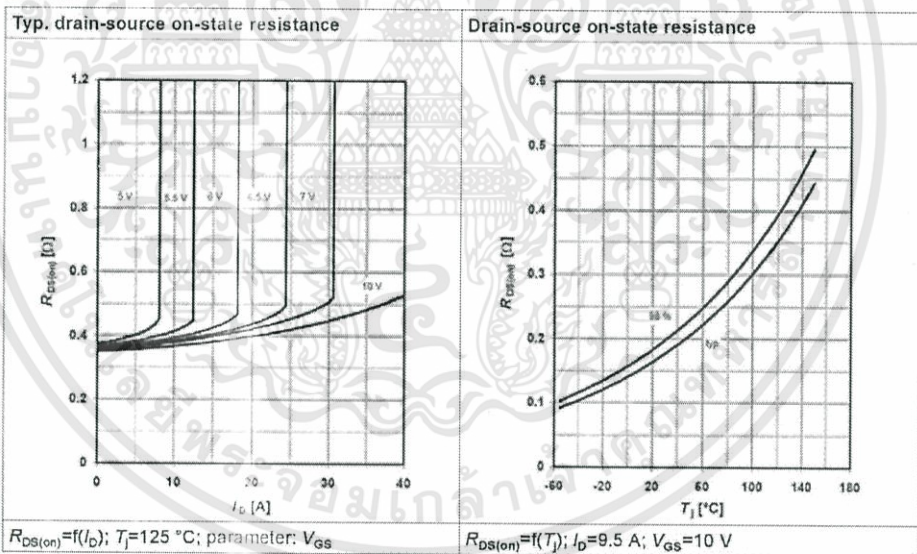




Table 16

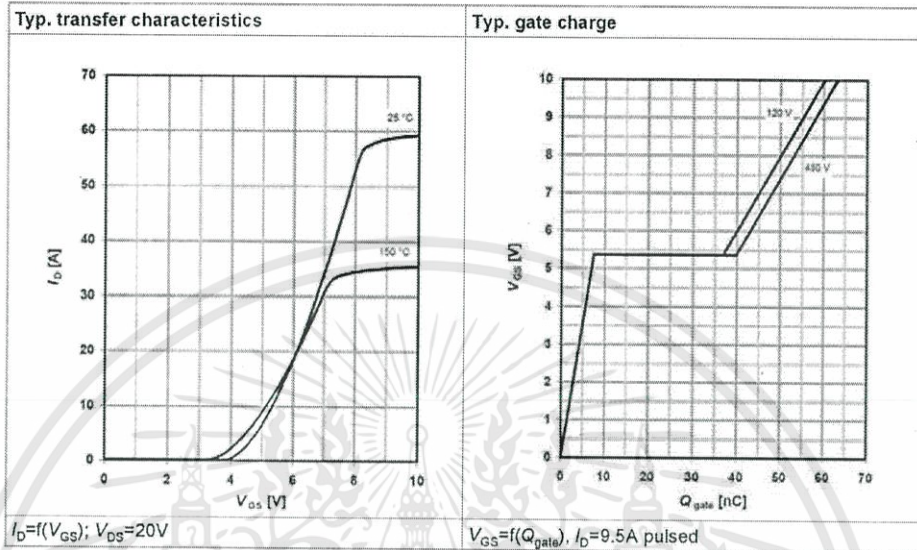
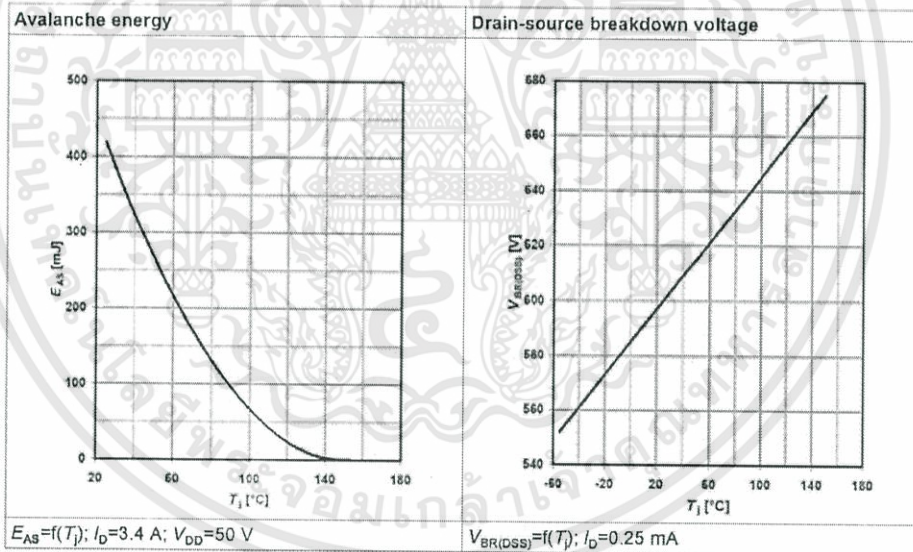


Table 17





600V CoolMOS™ C6 Power Transistor
IPx60R190C6

Electrical characteristics diagrams

Table 18

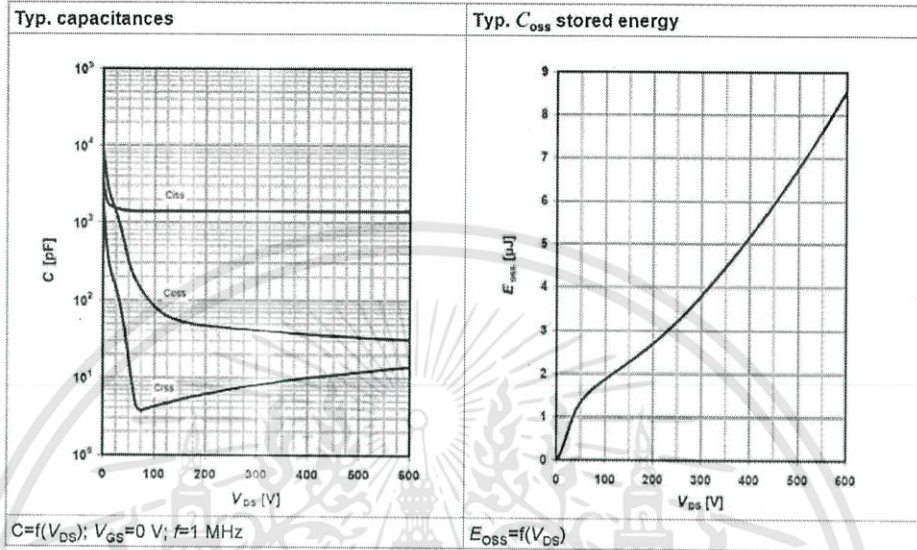
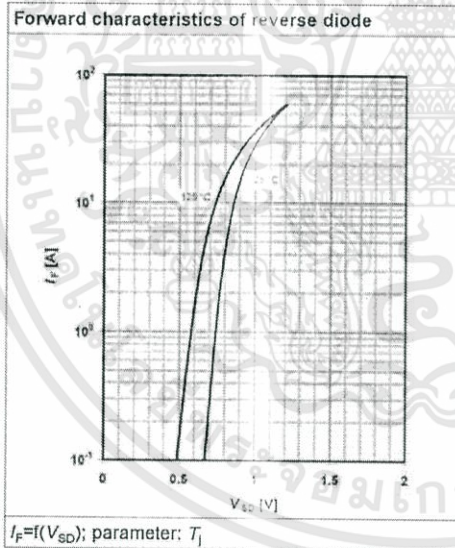


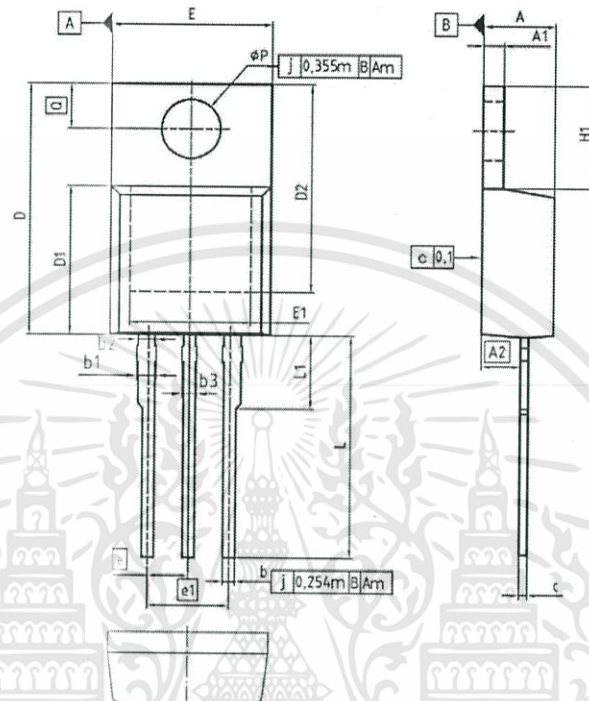
Table 19





600V CoolMOS™ C6 Power Transistor
IPx60R190C6

Package outlines



DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.30	4.57	0.169	0.180
A1	1.17	1.40	0.046	0.055
A2	2.15	2.72	0.085	0.107
b	0.95	0.95	0.026	0.034
b1	0.95	1.40	0.037	0.055
b2	0.95	1.15	0.037	0.046
b3	0.65	1.15	0.026	0.045
c	0.33	0.60	0.013	0.024
D	14.61	16.95	0.583	0.628
D1	8.51	9.45	0.335	0.372
D2	12.19	13.10	0.480	0.516
E	9.79	10.36	0.382	0.408
E1	6.50	6.50	0.256	0.339
e	2.54		0.100	
e1	5.08		0.200	
N	3		3	
H1	5.90	6.90	0.232	0.272
L	13.00	14.00	0.512	0.551
L1	-	4.80	-	0.189
eP	1.60	3.89	0.142	0.153
Q	1.60	3.00	0.102	0.118

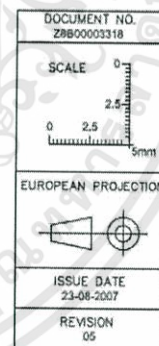


Figure 2 Outlines TO-220, dimensions in mm/inches

International
IR Rectifier

PD - 94505A

IRFR3410

IRFU3410

HEXFET® Power MOSFET

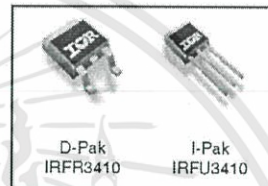
Applications

- High frequency DC-DC converters

V_{DSS}	$R_{DS(on)}$ max	I_D
100V	39m Ω	31A [Ⓓ]

Benefits

- Low Gate-to-Drain Charge to Reduce Switching Losses
- Fully Characterized Capacitance Including Effective C_{OSS} to Simplify Design, (See App. Note AN1001)
- Fully Characterized Avalanche Voltage and Current



Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Max.	Units
V_{DS}	Drain-Source Voltage	100	V
V_{GS}	Gate-Source Voltage	± 20	V
I_D [Ⓓ] $T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} = 10\text{V}$	31 [Ⓓ]	A
I_D [Ⓔ] $T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} = 10\text{V}$	22	A
I_{DM}	Pulsed Drain Current [Ⓓ]	125	A
P_D [Ⓓ] $T_C = 25^\circ\text{C}$	Maximum Power Dissipation	110	W
P_D [Ⓓ] $T_A = 25^\circ\text{C}$	Maximum Power Dissipation	3.0	W
	Linear Derating Factor	0.71	$W/^\circ\text{C}$
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt [Ⓓ]	15	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to $+175$	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature Range		$^\circ\text{C}$
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.4	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient (PCB mount)*	—	40	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	110	$^\circ\text{C/W}$

Notes [Ⓓ] through [Ⓔ] are on page 10
www.irf.com

1

2/27/08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRFR/U3410

International
IR RectifierStatic @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	100	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.11	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1mA$ Ⓞ
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	34	39	mΩ	$V_{GS} = 10V, I_D = 18A$ Ⓞ
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	20	μA	$V_{DS} = 100V, V_{GS} = 0V$
		—	—	250	μA	$V_{DS} = 80V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	200	nA	$V_{GS} = 20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-200	nA	$V_{GS} = -20V$


Dynamic @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
g_{fs}	Forward Transconductance	33	—	—	S	$V_{DS} = 25V, I_D = 18A$
Q_g	Total Gate Charge	—	37	56	nC	$I_D = 18A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	10	—	nC	$V_{DS} = 50V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	11	—	nC	$V_{GS} = 10V, \text{Ⓞ}$
$t_{s(on)}$	Turn-On Delay Time	—	12	—	ns	$V_{DD} = 50V$
t_r	Rise Time	—	27	—	ns	$I_D = 18A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	40	—	ns	$R_G = 9.1\Omega$
t_f	Fall Time	—	13	—	ns	$V_{GS} = 10V, \text{Ⓞ}$
C_{iss}	Input Capacitance	—	1690	—	pF	$V_{GS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	220	—	pF	$V_{DS} = 25V$
C_{rns}	Reverse Transfer Capacitance	—	26	—	pF	$f = 1.0MHz$
C_{oss}	Output Capacitance	—	1640	—	pF	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 1.0V, f = 1.0MHz$
C_{oss}	Output Capacitance	—	130	—	pF	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 80V, f = 1.0MHz$
$C_{oss\ eff.}$	Effective Output Capacitance	—	250	—	pF	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 0V\ to\ 80V, \text{Ⓞ}$

Avalanche Characteristics

	Parameter	Typ.	Max.	Units
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy Ⓞ	—	140	mJ
I_{AR}	Avalanche Current Ⓞ	—	18	A

Diode Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	31 Ⓞ	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) Ⓞ	—	—	125	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 18A, V_{GS} = 0V, \text{Ⓞ}$
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	84	—	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_F = 18A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	260	—	nC	$dv/dt = 100V/\mu s, \text{Ⓞ}$
t_{on}	Forward Turn-On Time	—	—	—	ns	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)

2

www.irf.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

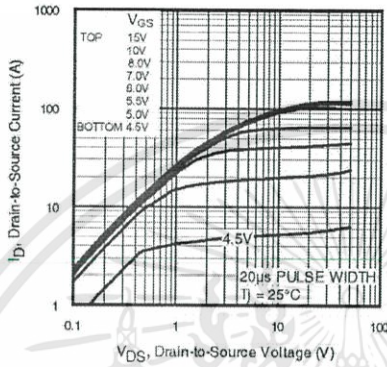


Fig 1. Typical Output Characteristics

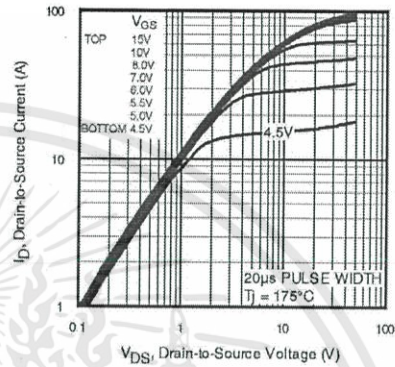


Fig 2. Typical Output Characteristics

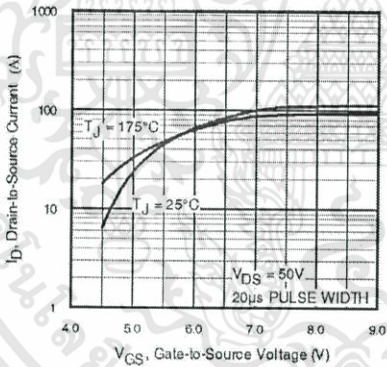


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

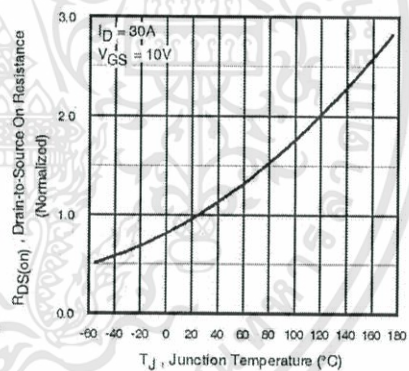


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

IRFR/U3410

International
IOR Rectifier

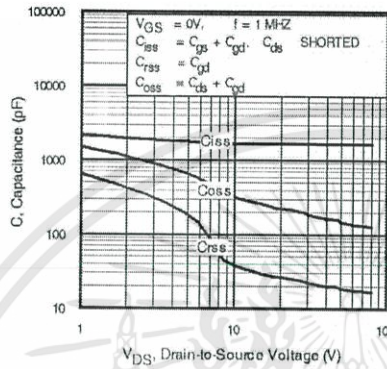


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

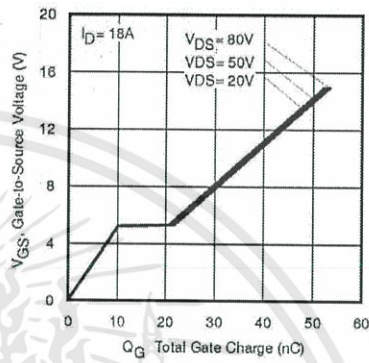


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

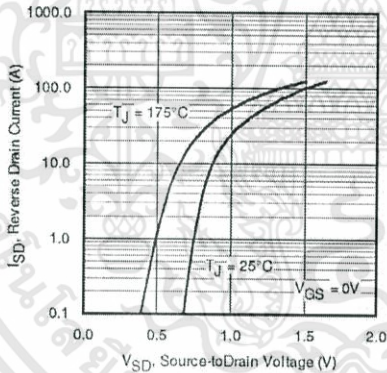


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

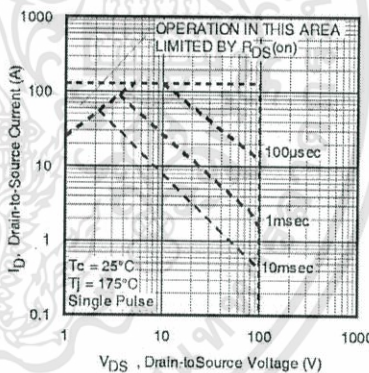


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International
IR Rectifier

IRFR/U3410

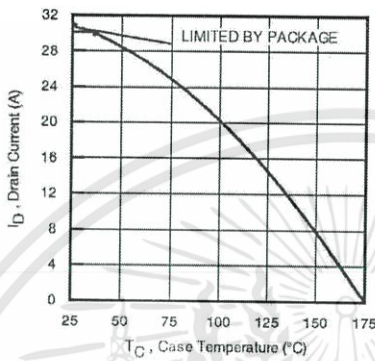


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

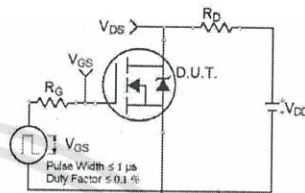


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

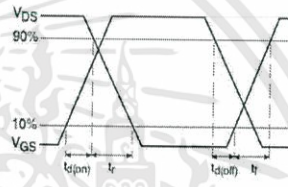


Fig 10b. Switching Time Waveforms

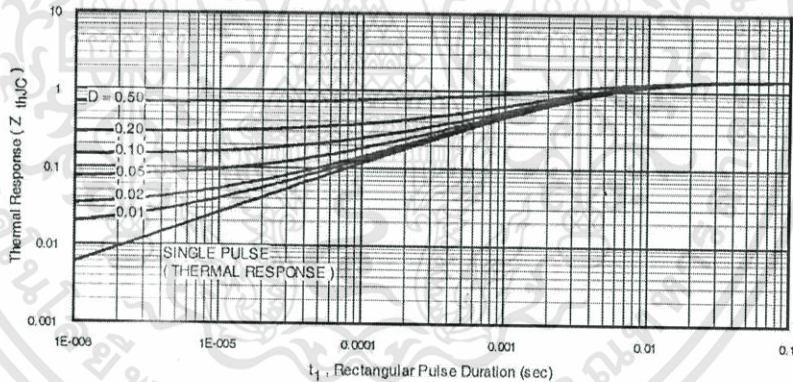


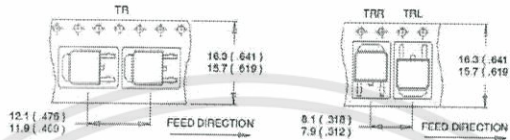
Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

IRFR/U3410

International
IR Rectifier

D-Pak (TO-252AA) Tape & Reel Information

Dimensions are shown in millimeters (inches)



- NOTES:
1. CONTROLLING DIMENSION - MILLIMETER.
 2. ALL DIMENSIONS ARE SHOWN IN MILLIMETERS (INCHES).
 3. OUTLINE CONFORMS TO EIA-401 & EIA-541.



- NOTES:
1. OUTLINE CONFORMS TO EIA-401.

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature.
 - ② Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 0.85\text{mH}$, $R_G = 25\Omega$, $I_{AS} = 18\text{A}$.
 - ③ $I_{SD} \leq 18\text{A}$, $di/dt \leq 360\text{A}/\mu\text{s}$, $V_{DD} \leq V_{(RM)DSS}$, $T_J \leq 175^\circ\text{C}$.
 - ④ Pulse width $\leq 300\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$.
 - ⑤ $C_{OSS\ off}$ is a fixed capacitance that gives the same charging time as C_{OSS} while V_{DS} is rising from 0 to 80% V_{DSS} .
 - ⑥ Calculated continuous current based on maximum allowable junction temperature. Package limitation current is 30A.
- * When mounted on 1" square PCB (FR-4 or G-10 Material).
For recommended footprint and soldering techniques refer to application note #AN-994.

Data and specifications subject to change without notice.
This product has been designed and qualified for the Industrial market.
Qualification Standards can be found on IR's Web site.

International
IR Rectifier

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105
TAC Fax: (310) 252-7903
Visit us at www.irf.com for sales contact information.2/08
www.irf.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LM193
LM293 - LM393

LOW POWER DUAL VOLTAGE COMPARATORS

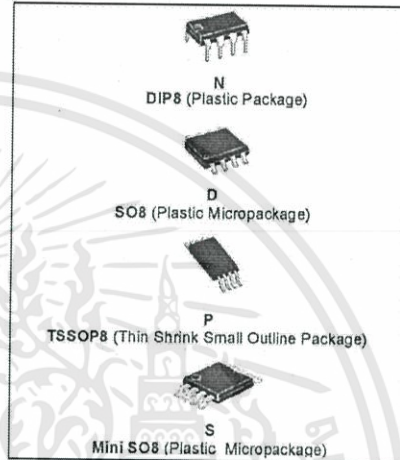
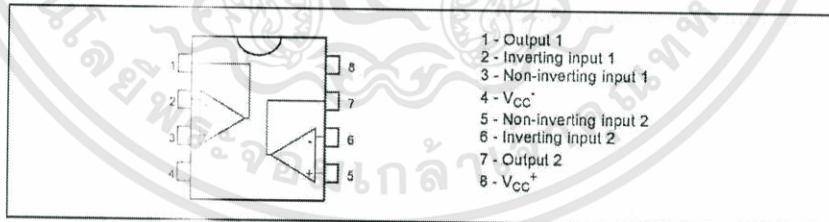
- **WIDE SINGLE SUPPLY VOLTAGE RANGE**
OR DUAL SUPPLIES : +2V TO +36V OR ±1V TO ±18V
- **VERY LOW SUPPLY CURRENT (0.4mA)**
INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE
(1mW/comparator at +5V)
- **LOW INPUT BIAS CURRENT : 25nA TYP**
- **LOW INPUT OFFSET CURRENT : ±5nA TYP**
- **LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : ±1mV TYP**
- **INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE**
INCLUDES GROUND
- **LOW OUTPUT SATURATION VOLTAGE :**
250mV TYP. ($I_o = 4mA$)
- **DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE**
EQUAL TO THE SUPPLY VOLTAGE
- **TTL, DTL, ECL, MOS, CMOS COMPATIBLE**
OUTPUTS

DESCRIPTION

These devices consist of two independent low voltage comparators designed specifically to operate from a single supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible.

These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground even though operated from a single power supply voltage.

PIN CONNECTIONS (top view)



ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package			
		N	D	P	S
LM193	-55°C, +125°C	*	*	*	*
LM293	-40°C, +105°C	*	*	*	*
LM393	0°C, +70°C	*	*	*	*

Example : LM393D

N = Dual in Line Package (DIP)
D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)
S = MiniSO Package (MiniSO) only available in Tape & Reel (ST)



October 2002

LM1117/LM1117I 800mA Low-Dropout Linear Regulator

General Description

The LM1117 is a series of low dropout voltage regulators with a dropout of 1.2V at 800mA of load current. It has the same pin-out as National Semiconductor's industry standard LM317.

The LM1117 is available in an adjustable version, which can set the output voltage from 1.25V to 13.8V with only two external resistors. In addition, it is also available in five fixed voltages, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, and 5V.

The LM1117 offers current limiting and thermal shutdown. Its circuit includes a zener trimmed bandgap reference to assure output voltage accuracy to within $\pm 1\%$.

The LM1117 series is available in LLP, TO-263, SOT-223, TO-220, and TO-252 D-PAK packages. A minimum of 10 μ F tantalum capacitor is required at the output to improve the transient response and stability.

Features

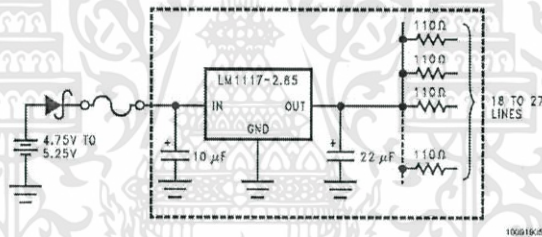
- Available in 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, 5V, and Adjustable Versions
- Space Saving SOT-223 and LLP Packages
- Current Limiting and Thermal Protection
- Output Current 800mA
- Line Regulation 0.2% (Max)
- Load Regulation 0.4% (Max)
- Temperature Range
 - LM1117 0°C to 125°C
 - LM1117I -40°C to 125°C

Applications

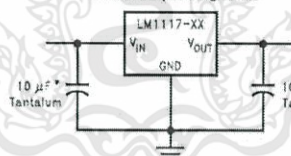
- 2.85V Model for SCSI-2 Active Termination
- Post Regulator for Switching DC/DC Converter
- High Efficiency Linear Regulators
- Battery Charger
- Battery Powered Instrumentation

Typical Application

Active Terminator for SCSI-2 Bus



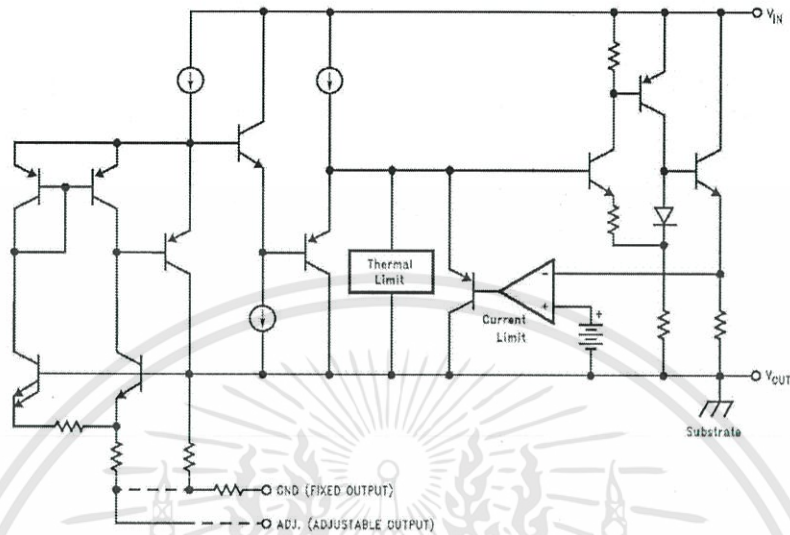
Fixed Output Regulator



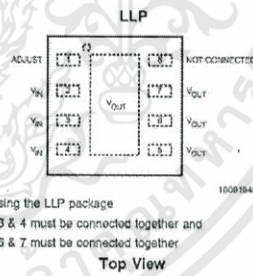
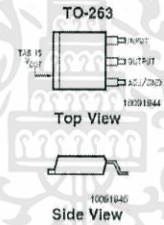
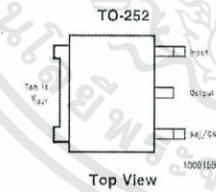
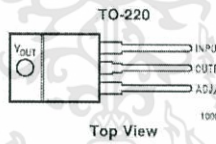
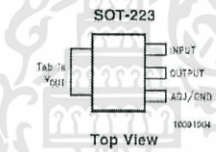
* Required if the regulator is located far from the power supply filter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



Connection Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM1117/LM1117I

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Maximum Input Voltage (V_{IN} to GND)	20V
Power Dissipation (Note 2)	Internally Limited
Junction Temperature (T_J) (Note 2)	150°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Lead Temperature	
TO-220 (T) Package	260°C, 10 sec

SOT-223 (IMP) Package

260°C, 4 sec

ESD Tolerance (Note 3)

2000V

Operating Ratings (Note 1)

Input Voltage (V_{IN} to GND)	15V
Junction Temperature Range (T_J) (Note 2)	
LM1117	0°C to 125°C
LM1117I	-40°C to 125°C

LM1117 Electrical Characteristics

Typicals and limits appearing in normal type apply for $T_J = 25^\circ\text{C}$. Limits appearing in **Boldface** type apply over the entire junction temperature range for operation, 0°C to 125°C.

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 4)	Max (Note 5)	Units
V_{REF}	Reference Voltage	LM1117-ADJ $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} - V_{OUT} = 2\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.238	1.250	1.262	V
		$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $1.4\text{V} \leq V_{IN} - V_{OUT} \leq 10\text{V}$	1.225	1.250	1.270	V
V_{OUT}	Output Voltage	LM1117-1.8 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 3.8\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.782	1.800	1.818	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $3.2\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	1.746	1.800	1.854	V
		LM1117-2.5 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 4.5\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.475	2.500	2.525	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $3.9\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	2.450	2.500	2.550	V
		LM1117-2.85 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 4.85\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.820	2.850	2.880	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $4.25\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	2.790	2.850	2.910	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 500\text{mA}$, $V_{IN} = 4.10\text{V}$	2.790	2.850	2.910	V
		LM1117-3.3 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 5\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	3.267	3.300	3.333	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	3.235	3.300	3.365	V
		LM1117-5.0 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 7\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	4.950	5.000	5.050	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $6.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 12\text{V}$	4.900	5.000	5.100	V
		ΔV_{OUT}	Line Regulation (Note 6)	LM1117-ADJ $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $1.5\text{V} \leq V_{IN} - V_{OUT} \leq 13.75\text{V}$		0.035
LM1117-1.8 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $3.2\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$				1	6	mV
LM1117-2.5 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $3.9\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$				1	6	mV
LM1117-2.85 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $4.25\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$				1	6	mV
LM1117-3.3 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$				1	6	mV
LM1117-5.0 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $6.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$				1	10	mV

LM1117 Electrical Characteristics (Continued)

Typicals and limits appearing in normal type apply for $T_J = 25^\circ\text{C}$. Limits appearing in **Boldface type** apply over the entire junction temperature range for operation, 0°C to 125°C .

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 4)	Max (Note 5)	Units	
ΔV_{OUT}	Load Regulation (Note 6)	LM1117-ADJ $V_{IN}-V_{OUT} = 3V, 10 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		0.2	0.4	%	
		LM1117-1.8 $V_{IN} = 3.2V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	10	mV	
		LM1117-2.5 $V_{IN} = 3.9V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	10	mV	
		LM1117-2.85 $V_{IN} = 4.25V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	10	mV	
		LM1117-3.3 $V_{IN} = 4.75V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	10	mV	
		LM1117-5.0 $V_{IN} = 6.5V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	15	mV	
		$V_{IN}-V_{OUT}$	Dropout Voltage (Note 7)	$I_{OUT} = 100\text{mA}$		1.10	1.20
$I_{OUT} = 500\text{mA}$				1.15	1.25	V	
$I_{OUT} = 800\text{mA}$				1.20	1.30	V	
I_{LIMIT}	Current Limit	$V_{IN}-V_{OUT} = 5V, T_J = 25^\circ\text{C}$	800	1200	1500	mA	
	Minimum Load Current (Note 8)	LM1117-ADJ $V_{IN} = 15V$		1.7	5	mA	
	Quiescent Current	LM1117-1.8 $V_{IN} \leq 15V$		5	10	mA	
		LM1117-2.5 $V_{IN} \leq 15V$		5	10	mA	
		LM1117-2.85 $V_{IN} \leq 10V$		5	10	mA	
		LM1117-3.3 $V_{IN} \leq 15V$		5	10	mA	
		LM1117-5.0 $V_{IN} \leq 15V$		5	10	mA	
	Thermal Regulation	$T_A = 25^\circ\text{C}, 30\text{ms Pulse}$		0.01	0.1	%/W	
	Ripple Regulation	$f_{RIPPLE} = 1\text{ 20Hz}, V_{IN}-V_{OUT} = 3V, V_{RIPPLE} = 1V_{PP}$	60	75		dB	
	Adjust Pin Current			60	120	μA	
	Adjust Pin Current Change	$10 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA},$ $1.4V \leq V_{IN}-V_{OUT} \leq 10V$		0.2	5	μA	
	Temperature Stability			0.5		%	
	Long Term Stability	$T_A = 125^\circ\text{C}, 1000\text{Hrs}$		0.3		%	
	RMS Output Noise	(% of V_{OUT}), $10\text{Hz} \leq f \leq 10\text{kHz}$		0.003		%	
	Thermal Resistance Junction-to-Case	3-Lead SOT-223			15.0		$^\circ\text{C/W}$
		3-Lead TO-220			3.0		$^\circ\text{C/W}$
		3-Lead TO-252			10		$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction-to-Ambient (No air flow)	3-Lead SOT-223 (No heat sink)			136		$^\circ\text{C/W}$	
	3-Lead TO-220 (No heat sink)			79		$^\circ\text{C/W}$	
	3-Lead TO-252 (Note 9) (No heat sink)			92		$^\circ\text{C/W}$	
	3-Lead TO-263			55		$^\circ\text{C/W}$	
	8-Lead LLP (Note 10)			40		$^\circ\text{C/W}$	

LM1117/LM1117I

LM1117I Electrical Characteristics

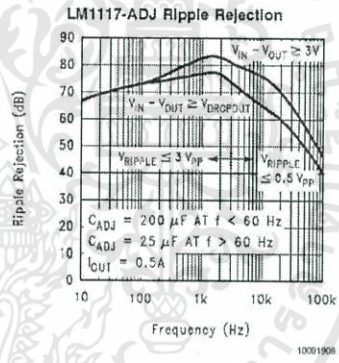
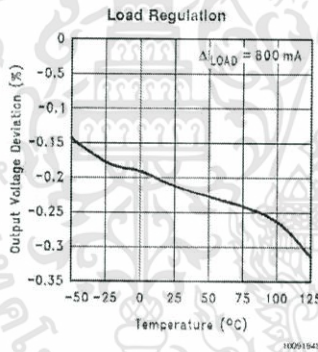
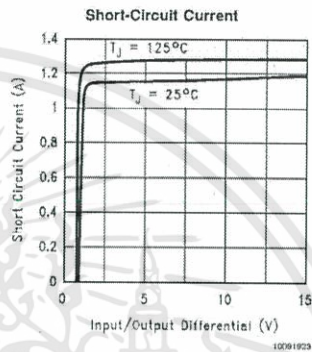
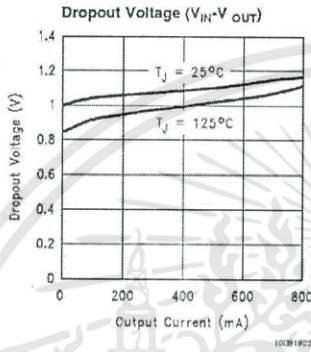
Typicals and limits appearing in normal type apply for $T_J = 25^\circ\text{C}$. Limits appearing in **Boldface** type apply over the entire junction temperature range for operation, -40°C to 125°C .

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 4)	Max (Note 5)	Units	
V_{REF}	Reference Voltage	LM1117I-ADJ					
		$I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN}-V_{OUT} = 2\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $1.4\text{V} \leq V_{IN}-V_{OUT} \leq 10\text{V}$	1.238 1.200	1.250 1.250	1.262 1.290	V V	
V_{OUT}	Output Voltage	LM1117I-3.3					
		$I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 5\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	3.267 3.168	3.300 3.300	3.333 3.432	V V	
V_{OUT}	Output Voltage	LM1117I-5.0					
		$I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 7\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $6.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 12\text{V}$	4.950 4.800	5.000 5.000	5.050 5.200	V V	
ΔV_{OUT}	Line Regulation (Note 6)	LM1117I-ADJ					
		$I_{OUT} = 10\text{mA}$, $1.5\text{V} \leq V_{IN}-V_{OUT} \leq 13.75\text{V}$		0.035	0.3	%	
		LM1117I-3.3					
		$I_{OUT} = 0\text{mA}$, $4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$		1	10	mV	
ΔV_{OUT}	Load Regulation (Note 6)	LM1117I-5.0					
		$I_{OUT} = 0\text{mA}$, $6.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$		1	15	mV	
		LM1117I-ADJ					
		$V_{IN}-V_{OUT} = 3\text{V}$, $10 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		0.2	0.5	%	
$V_{IN}-V_{OUT}$	Dropout Voltage (Note 7)	LM1117I-3.3					
		$V_{IN} = 4.75\text{V}$, $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	15	mV	
		LM1117I-5.0					
$V_{IN}-V_{OUT}$	Dropout Voltage (Note 7)	$V_{IN} = 6.5\text{V}$, $0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	20	mV	
		$I_{OUT} = 100\text{mA}$		1.10	1.30	V	
		$I_{OUT} = 500\text{mA}$		1.15	1.35	V	
I_{LIMIT}	Current Limit	$V_{IN}-V_{OUT} = 5\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	1200	1500	mA	
		Minimum Load Current (Note 8)	LM1117I-ADJ		1.7	5	mA
		$V_{IN} = 15\text{V}$					
I_{LIMIT}	Quiescent Current	LM1117I-3.3					
		$V_{IN} \leq 15\text{V}$		5	15	mA	
		LM1117I-5.0					
I_{LIMIT}	Quiescent Current	$V_{IN} \leq 15\text{V}$		5	15	mA	
		Thermal Regulation	$T_A = 25^\circ\text{C}$, 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W
		Ripple Regulation	$f_{RIPPLE} = 1\text{ 20Hz}$, $V_{IN}-V_{OUT} = 3\text{V}$, $V_{RIPPLE} \approx 1\text{V}_{PP}$	60	75		dB
I_{LIMIT}	Adjust Pin Current			60	120	μA	
		$10 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $1.4\text{V} \leq V_{IN}-V_{OUT} \leq 10\text{V}$		0.2	10	μA	
I_{LIMIT}	Adjust Pin Current Change						
I_{LIMIT}	Temperature Stability			0.5		%	
		Long Term Stability	$T_A = 125^\circ\text{C}$, 1000Hrs		0.3		%
I_{LIMIT}	RMS Output Noise			0.003		%	
			(% of V_{OUT}), $10\text{Hz} \leq f \leq 10\text{kHz}$				
I_{LIMIT}	Thermal Resistance Junction-to-Case	3-Lead SOT-223		15.0		$^\circ\text{C/W}$	
		3-Lead TO-252		10		$^\circ\text{C/W}$	
I_{LIMIT}	Thermal Resistance Junction-to-Ambient No air flow	3-Lead SOT-223 (No heat sink)		136		$^\circ\text{C/W}$	
		3-Lead TO-252 (No heat sink)(Note 9)		92		$^\circ\text{C/W}$	
I_{LIMIT}	Thermal Resistance Junction-to-Ambient No air flow	8-Lead LLP (Note 10)		40		$^\circ\text{C/W}$	

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but specific performance is not guaranteed. For guaranteed specifications and the test conditions, see the Electrical Characteristics.

- Note 2:** The maximum power dissipation is a function of $T_{J(max)}$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is $P_D = (T_{J(max)} - T_A) / \theta_{JA}$. All numbers apply for packages soldered directly into a PC board.
- Note 3:** For testing purposes, ESD was applied using human body model, 1.5k Ω in series with 100pF.
- Note 4:** Typical Values represent the most likely parametric norm.
- Note 5:** All limits are guaranteed by testing or statistical analysis.
- Note 6:** Load and line regulation are measured at constant junction room temperature.
- Note 7:** The dropout voltage is the input/output differential at which the circuit ceases to regulate against further reduction in input voltage. It is measured when the output voltage has dropped 100mV from the nominal value obtained at $V_{IN} = V_{OUT} + 1.5V$.
- Note 8:** The minimum output current required to maintain regulation.
- Note 9:** Minimum pad size of 0.038in²
- Note 10:** Thermal Performance for the LLP was obtained using JEESD51-7 board with six vias and an ambient temperature of 22°C. For information about improved thermal performance and power dissipation for the LLP, refer to Application Note AN-1167.

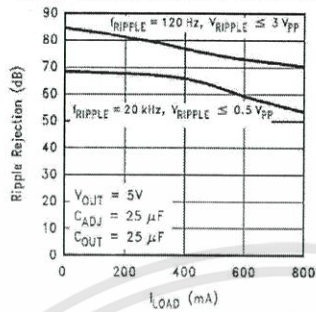
Typical Performance Characteristics



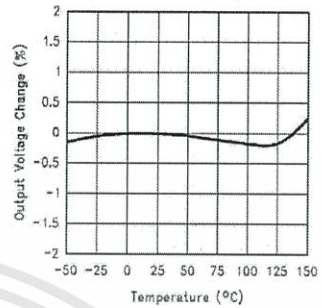
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

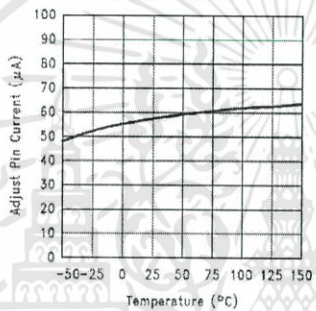
LM1117-ADJ Ripple Rejection vs. Current



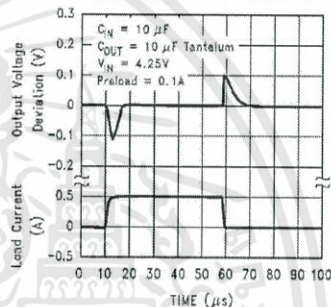
Temperature Stability



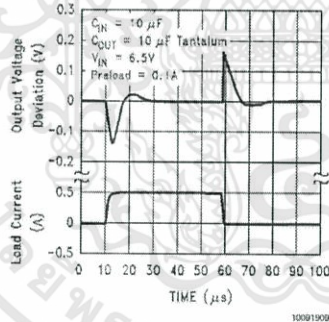
Adjust Pin Current



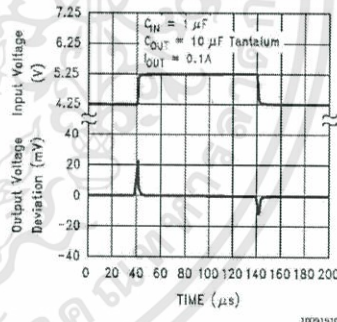
LM1117-2.85 Load Transient Response

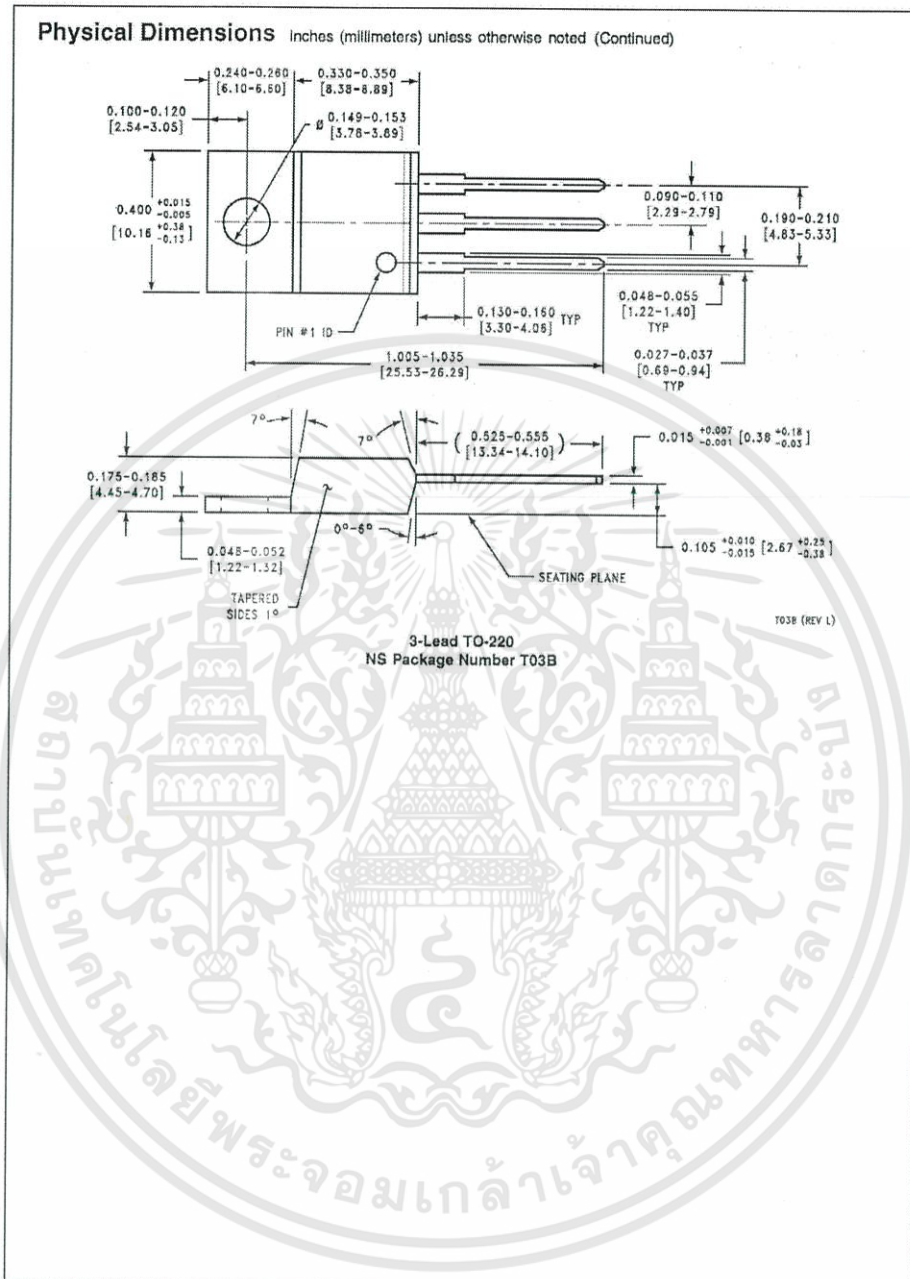


LM1117-5.0 Load Transient Response



LM1117-2.85 Line Transient Response



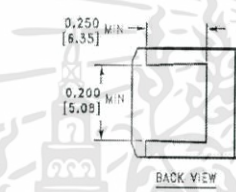
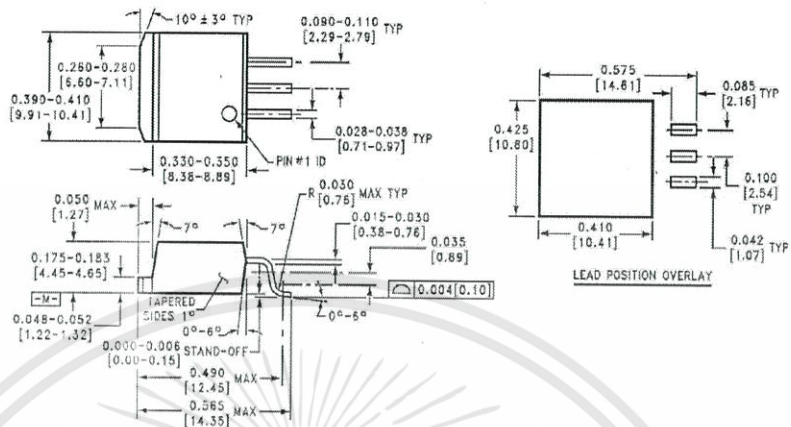


LM117/LM117I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM1117/LM1117I

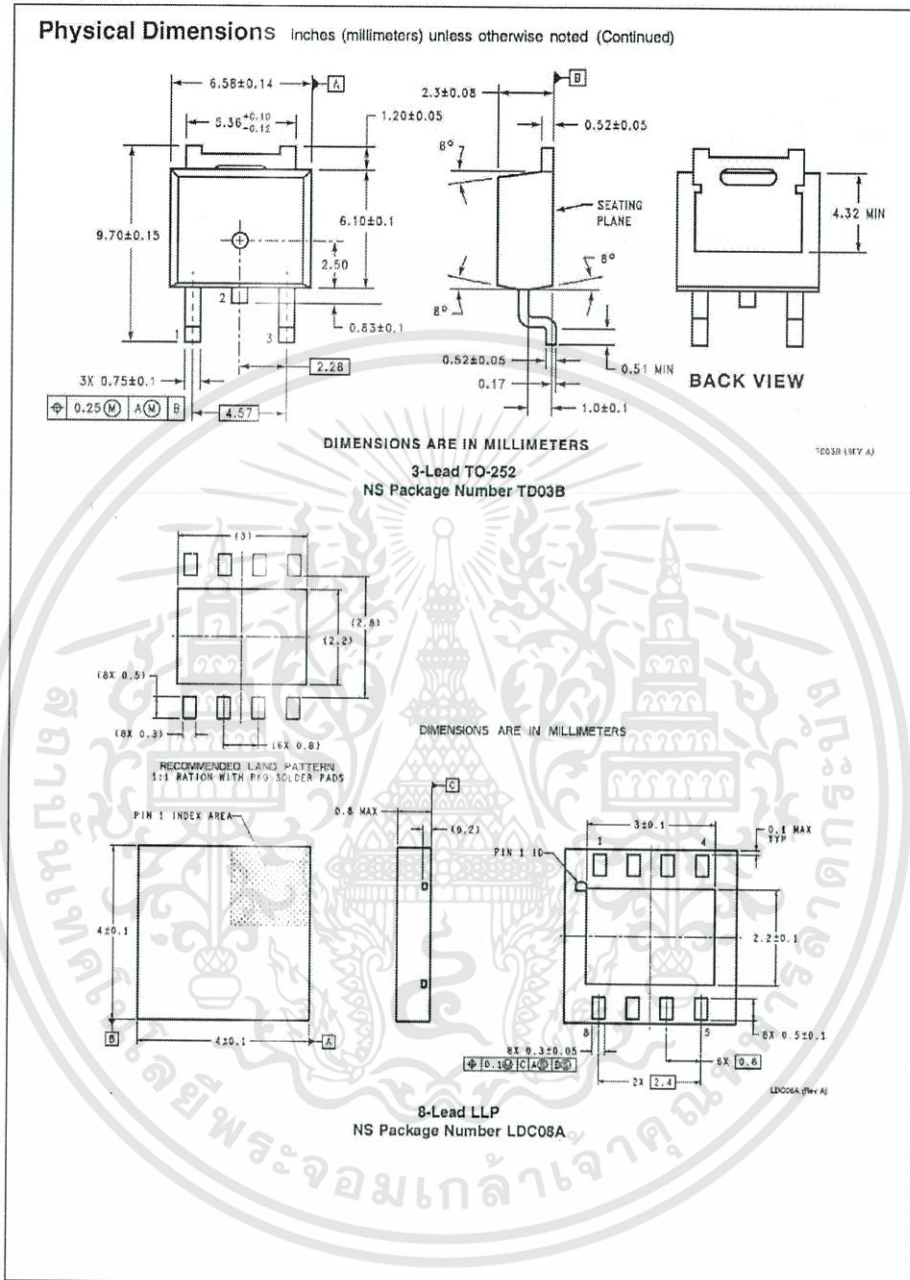
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



3-Lead TO-263
NS Package Number TS3B

TS3B (REV. C)

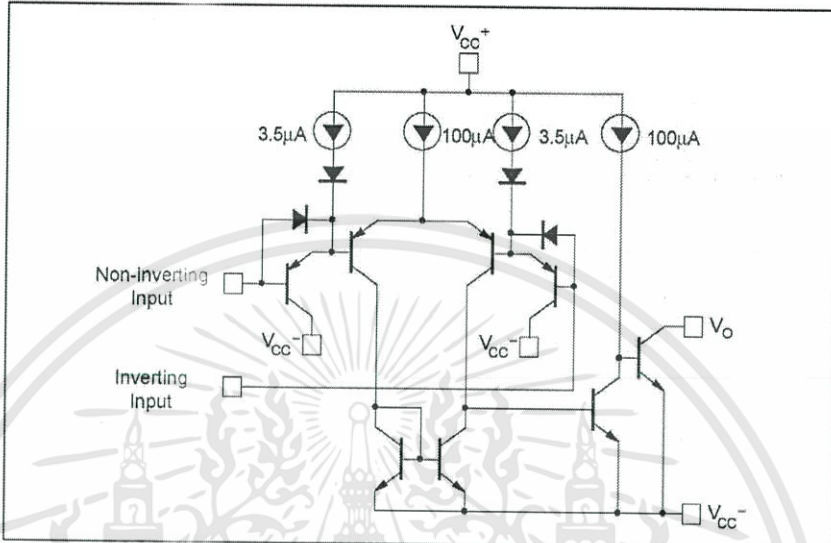
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM193-LM293-LM393

SCHEMATIC DIAGRAM (1/2 LM193)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit	
V_{CC}	Supply voltage	± 18 or 36	V	
V_{id}	Differential Input Voltage	± 36	V	
V_I	Input Voltage	-0.3 to $+36$	V	
	Output Short-circuit to Ground - note 1)	Infinite		
P_d	Power Dissipation 2)	DIP8 SO8 TSSOP8 Mini SO8	1250 710 625 580	mW
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to $+150$	$^{\circ}\text{C}$

1. Short-circuits from the output to V_{CC}^{+} or V_{CC}^{-} can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 20mA independent of the magnitude of V_{CC}^{-} .

2. P_d is calculated with $T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$, $T_J = +150^{\circ}\text{C}$ and $R_{th(jc)}$ = 100 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ for DIP8 package
= 175 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ for SO8 package
= 200 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ for TSSOP8 package
= 215 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ for Mini SO8 package

OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	Value	Unit	
V_{cm}	Common Mode Input Voltage Range	0 to $V_{CC}^{+} - 1.5$	V	
T_{oper}	Operating Free-Air Temperature range	LM193 LM293 LM393	-55 to $+125$ -40 to $+125$ 0 to $+70$	$^{\circ}\text{C}$

LM193-LM293-LM393

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

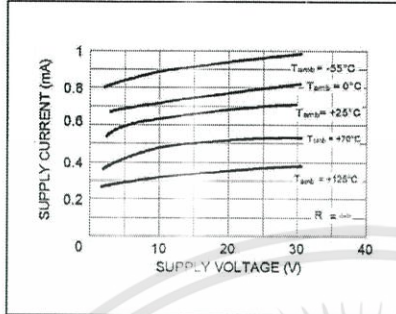
 $V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = 0V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Min	Typ.	Max.	Unit
V_{io}	Input Offset Voltage - note 1) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		1	5 9	mV
I_{ib}	Input Bias Current - note 2) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		25	250 400	nA
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		5	50 150	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = 15V$, $R_L = 15k\Omega$, $V_o = 1V$ to $11V$	50	200		V/mV
I_{CC}	Supply Current (all comparators) $V_{CC} = 5V$, no load $V_{CC} = 30V$, no load		0.4 1	1 2.5	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range - note 3) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	V
V_{id}	Differential Input Voltage - note 4)			V_{CC}^+	V
I_{sink}	Output Sink Current $V_{id} = 1V$, $V_o = 1.5V$	8	18		mA
V_{OL}	Low Level Output Voltage $V_{id} = -1V$, $I_{sink} = 4mA$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		250	400 700	mV
I_{OH}	High Level Output Current ($V_{id} = 1V$) $V_{id} = 1V$, $V_{CC} = V_o = 30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		0.1	1	nA μA
t_{re}	Response Time - note 5) $R_L = 5.1k\Omega$ to V_{CC}^+		1.3		μs
t_{rel}	Large Signal Response Time $V_i = 1V$, $V_{(ref)} = +1.4V$, $R_L = 5.1k\Omega$ to V_{CC}^+		300		ns

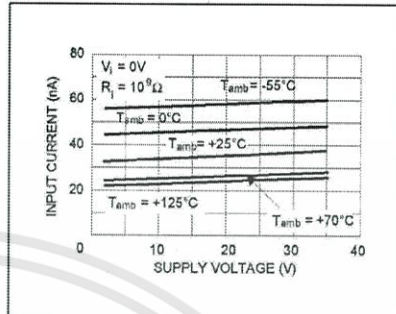
- At output switch point, $V_o = 1.4V$, $R_L = 0$ with V_{CC}^+ from $5V$ to $30V$, and over the full common-mode range ($0V$ to $V_{CC}^+ - 1.5V$).
- The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output, so no loading characteristics exist on the reference of input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than $0.3V$. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC}^+ - 1.5V$, but either or both inputs can go to $+30V$ without damage.
- Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level. As long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than $-0.3V$ (or $0.3V$ below the negative power supply, if used).
- The response time specifies for a $100mV$ input step with $5mV$ overdrive. For larger overdrive signals $300ns$ can be obtained.

LM193-LM293-LM393

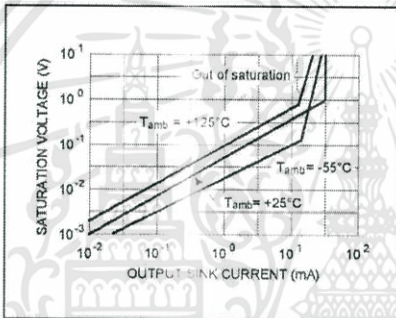
SUPPLY CURRENT versus SUPPLY VOLTAGE



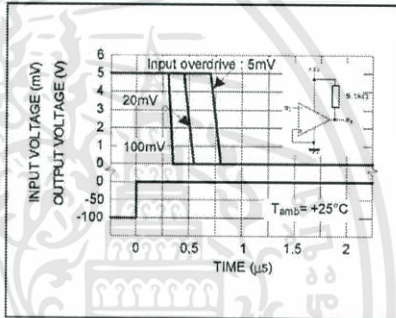
INPUT CURRENT versus SUPPLY VOLTAGE



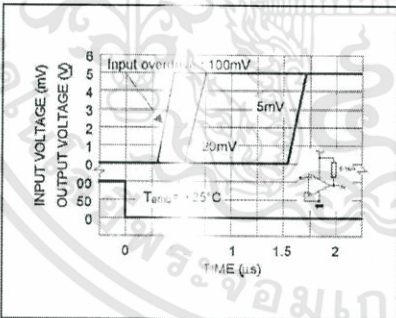
OUTPUT SATURATION VOLTAGE versus OUTPUT CURRENT



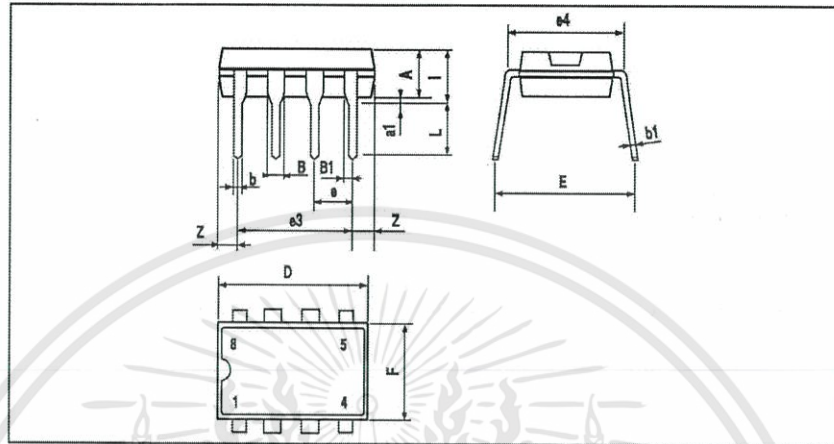
RESPONSE TIME FOR VARIOUS INPUT OVERDRIVES - NEGATIVE TRANSITION



RESPONSE TIME FOR VARIOUS INPUT OVERDRIVES - POSITIVE TRANSITION



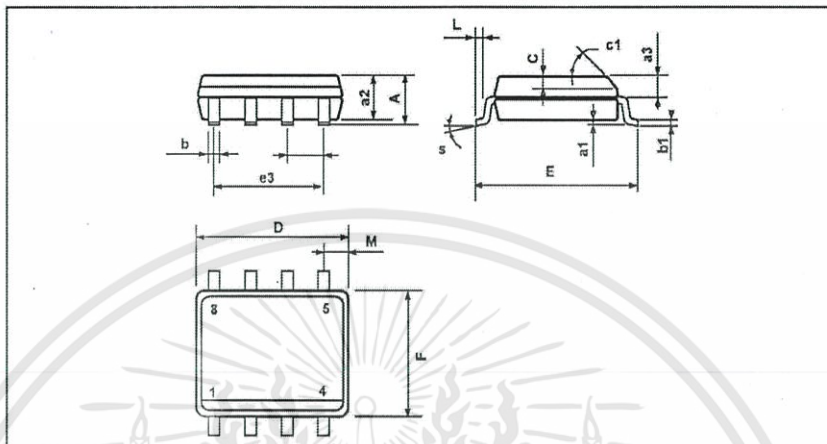
LM193-LM293-LM393

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC DIP

Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A		3.32			0.131	
a1	0.51			0.020		
B	1.15		1.85	0.045		0.085
b	0.356		0.55	0.014		0.022
b1	0.204		0.304	0.008		0.012
D			10.92			0.430
E	7.95		9.75	0.313		0.384
e		2.54			0.100	
e3		7.62			0.300	
e4		7.62			0.300	
F			6.6			0.260
i			5.08			0.200
L	3.18		3.81	0.125		0.150
Z			1.52			0.060

LM193-LM293-LM393

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



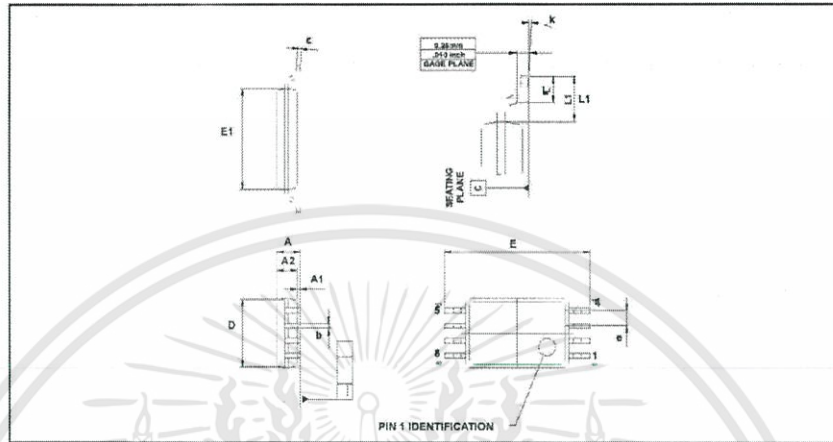
Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.010
a2			1.65			0.065
a3	0.65		0.85	0.026		0.033
b	0.35		0.48	0.014		0.019
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C	0.25		0.5	0.010		0.020
c1			45° (typ.)			
D	4.8		5.0	0.189		0.197
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		3.81			0.150	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.8			0.024
S			8° (max.)			



9/11

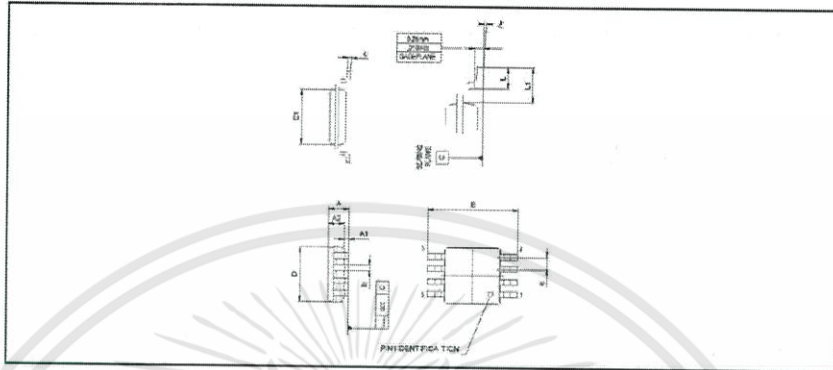
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM193-LM293-LM393

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - THIN SHRINK SMALL OUTLINE PACKAGE


Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.20			0.05
A1	0.05		0.15	0.01		0.008
A2	0.80	1.00	1.05	0.031	0.039	0.041
b	0.19		0.30	0.007		0.15
c	0.09		0.20	0.003		0.012
D	2.90	3.00	3.10	0.114	0.118	0.122
E		6.40			0.252	
E1	4.30	4.40	4.50	0.169	0.173	0.177
e		0.85			0.025	
k	0°		8°	0°		8°
L	0.50	0.60	0.75	0.09	0.0236	0.030
L1	0.45	0.600	0.75	0.018	0.024	0.030
L1		1.000			0.039	

LM193-LM293-LM393

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (miniSO)


Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.100			0.043
A1	0.050	0.100	0.150	0.002	0.004	0.006
A2	0.780	0.860	0.940	0.031	0.034	0.037
b	0.250	0.330	0.400	0.010	0.013	0.016
c	0.130	0.180	0.230	0.005	0.007	0.009
D	2.900	3.000	3.100	0.114	0.118	0.122
E	4.750	4.900	5.050	0.187	0.193	0.199
E1	2.900	3.000	3.100	0.114	0.118	0.122
e		0.650			0.026	
L	0.400	0.550	0.700	0.016	0.022	0.028
L1		0.950			0.037	
k	0d	3d	6d	0d	3d	6d
aaa			0.100			0.004

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
 STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia
 Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States
 © <http://www.st.com>

11/11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quartz Crystal Units



NX8045GB

For OA / AV

■ Features

A small surface-mount type crystal unit, ideal for OA (office automation) and AV (audiovisual) applications.

Compatible with frequencies starting from 4 MHz. (8.0 × 4.5 × 1.8 mm typ.)

- Excellent electrical performance, ideal for OA and AV applications.
- Excellent environmental performance, including heat and shock resistance
- Meets the requirements for re-flow profiling using lead-free solder.



RoHS Compliant
Directive 2002/95/EC

■ Specifications

Item	Model	NX8045GB
Nominal frequency		4 to 48 MHz
Overtone order		Fundamental
Frequency tolerance (25 ±3 °C)		±20 × 10 ⁻⁶
Frequency versus temperature characteristics (with reference to +25 °C)		±30 × 10 ⁻⁶
Operating temperature range		-10 to +70 °C
Storage temperature range		-40 to +85 °C
Equivalent series resistance		Refer to *1
Level of drive		50 μW (Max. 500 μW)
Load capacitance		8 pF

The above specifications are standard for this NDK product.

Custom-made specifications such as load capacitance and temperature characteristics are also available. Please contact NDK sales with your enquiries.

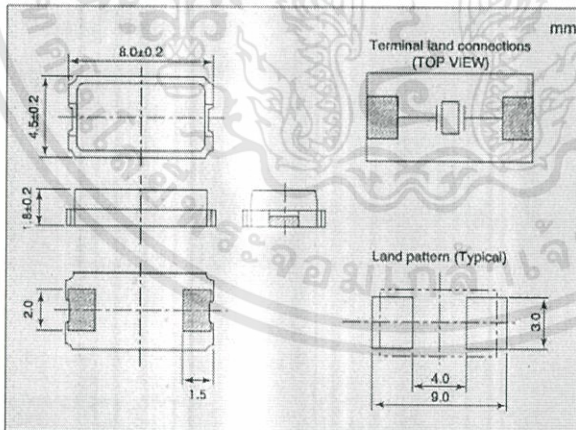
■ How to Specify an Order

When ordering our products, specify them with an "Ordering Code" that consists of the following:

Model name - Frequency (Max. 9 digits) M - Number for specifying an order Example NX8045GB-13.560M-STD-CSF-4

If you have any queries concerning our standard frequencies and numbers for specifying orders, please contact our sales representatives or visit our homepage (<http://www.ndk.com>).

■ Dimensions



*1 Equivalent Series Resistance

Nominal frequency (MHz)	Equivalent Series Resistance max. [Ω]
4 to 5	300
5 to 8	250
8 to 9.5	200
9.5 to 10	120
10 to 12	100
12 to 13	80
13 to 48	50

NIHON DEMPA KOGYO CO., LTD.

cu41_091015_NX8045GB_e

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ นายศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์

วันเกิด 7 กันยายน พ.ศ. 2534

ที่อยู่ 110/143 ถ.อินทาวโรส ต.ศรีภูมิ อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ 085-0337423

อีเมล s.jayasvasti@gmail.com

ประวัติการศึกษา

2550 - 2552 โรงเรียนคาราวินาลัย เชียงใหม่
สายวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์

2553 - 2556 หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ นายภัทร ชัยสวัสดิ์

วันเกิด 7 กันยายน พ.ศ. 2534

ที่อยู่ 110/143 ถ.อินทวโรรส ต.ศรีภูมิ อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ 085-0319261

อีเมล kang_god@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

2550 - 2552 โรงเรียนคาราวินาลัย เชียงใหม่
สายวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์

2553 - 2556 หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง