

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปืนพลังงานสนามแม่เหล็ก

Magnetic Coils Gun



2/rr
๑/๒๖ ๒/
๑๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **81993**
วัน,เดือน,ปี **- 4 ก.ค. 2551**

b. 119A1237
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ปินพลังงานสนามแม่เหล็ก
MAGNETIC COILS GUN

ผู้จัดทำ นายตรงค์ คมกฤต 47012249



(ผศ.ดร. กงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีนพลังงานสนามแม่เหล็ก

โดย

นายตรงค์ คมกฤต 47012249

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. กงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปีนพลังงานสนามแม่เหล็กได้ประยุกต์ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวส่งกำลังขับเคลื่อนให้ลูกกระสุน จึงไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวและไม่มีการจุดระเบิดที่ลูกกระสุนสามารถปรับความเร็วของกระสุนได้สะดวก กระสุนยังนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทั้งยังหาซื้อได้ง่าย ตัวปีนทำงานได้โดยอาศัยวงจรสร้างความถี่ที่ส่งเข้าวงจรซาร์จเจอร์เพื่อประจุไฟให้ขดลวด 3 ชุดเมื่อยิงกระสุนจะผ่านขดลวดชุดแรกกระตุ้นเซนเซอร์ให้ทำงานเป็นลำดับ ทำให้เกิดความเร่งเพิ่มขึ้นที่ลูกกระสุน

ปีนสนามแม่เหล็กนั้นเป็นตัวอย่างการศึกษาที่ดีเกี่ยวกับแรงสนามแม่เหล็กช่วยเพิ่มพูนทักษะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูล และยังสามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นได้ในอัตราส่วนที่ใหญ่ขึ้นได้อีกด้วย

Magnetic Coils Gun

By

Mr. Darong Komgriss

Advisor

Assist. Prof. Dr. Kongsakdi Anantahiranratna

Academic Year 2007

Abstract

Magnetic coils gun project. It use magnetic force to accelerates a piece of iron or steel down a tube. The tube runs through a series of electromagnetic coil (like solenoids). There are no spark or noise or impressive side effect (or part to wear out). The principle of magnetic attraction draws the projectile along at rapidly increasing speed.

A coilgun is foremost an example of a solenoid. These appear practically everywhere, from car door locks to doorbells, from diskette drive ejectors to fuel injectors. The only difference is that most solenoids limit the range of travel, and usually have a spring return. A coilgun is also an example of a simple linear motor.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ โดยได้รับความกรุณาและช่วยเหลือจากบิดามารดาอนุภคินีผู้มีพระคุณ และบรรดาคณาจารย์ทั้งปวงทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ได้ล่วงลับไปแล้วก็ตาม ซึ่งท่านเหล่านั้นได้จัด จารึกข้อความรายละเอียดเบื้องต้นไว้ทำให้การค้นคว้าและสืบสานเป็นไปได้ง่ายขึ้น

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะและคำปรึกษาในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งช่วยเหลือเอกสารและข้อมูลต่างๆ ในการทำโครงการชิ้นนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณห้องสมุดวิศวกรรมศาสตร์ พระจอมเกล้าลาดกระบัง ที่ได้จัดหาแหล่งข้อมูลอันดียิ่งสำหรับค้นคว้าศึกษาด้านวิชาการ

ผู้จัดทำ

นายทรงศักดิ์ คมกฤต

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบข่ายของงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก	3
2.1.1 แรงที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก	3
2.1.2 สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้า	3
2.1.3 กฎของแอมแปร์	4
2.2 ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้	4
2.3 ทฤษฎีเสริม	7
บทที่ 3 การออกแบบ	8
3.1 การออกแบบวงจรประจุไฟ (Charger)	8
3.2 การออกแบบวงจรสร้างความถี่	8
3.3 การออกแบบวงจรแรงดันสูง	11
3.4 การออกแบบวงจรขดลวดสนามแม่เหล็ก	13
3.5 การออกแบบวงจรควบคุมเซนเซอร์	16
3.6 วงจรควบคุมขดลวดสนามแม่เหล็ก	17
3.7 การออกแบบวงจรสมบรูณ์ของปืนพลังสนามแม่เหล็ก	18
บทที่ 4 การทดลองและนำไปใช้	22
4.1 วงจร Rectangular Driver	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

4.2	การทดลองหาความถี่ที่เหมาะสม	23
4.3	การทดลองเปลี่ยนค่ากระแส ที่ความถี่คงที่	24
4.4	การทดลองเปลี่ยนค่าความเหนี่ยวนำที่กระแส และความถี่คงที่	26
4.5	การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางต่อพลังงานสะสม	27
4.6	การทดลองชนิดของถ้ำกลิ้งที่มีผลต่อระยะทาง	28
4.7	การทดลองหาระยะห่างระหว่างขดลวดกับลูกกระสุน ที่เหมาะสม	29
4.8	การทดลองหาดีเทคเตอร์เซนเซอร์	31
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์	33
5.1	สรุปผลการทำงาน	33
5.2	ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ปัญหา	33
ภาคผนวก ก		35
เอกสารอ้างอิง		58

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แบบจำลองการทำงานของปืนสนามแม่เหล็ก	2
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรชาร์ตเจอร์	8
รูปที่ 3.2 สัญญาณออสซิลเลท	9
รูปที่ 3.3 วงจรอินเวอร์เตอร์ออสซิลเลท (Inverter Oscillater)	10
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรสร้างความถี่	10
รูปที่ 3.5 วงจรแรงดันสูง	11
รูปที่ 3.6 กราฟกระแสความเหนี่ยวนำและแรงดัน	12
รูปที่ 3.7 กราฟกระแสความเหนี่ยวนำและแรงดัน	12
รูปที่ 3.8 ขดลวดสนามแม่เหล็ก	13
รูปที่ 3.9 โปรแกรมจำลองการคำนวณขดลวดแกนอากาศ	14
รูปที่ 3.10 วงจรแบ่งแรงดัน	16
รูปที่ 3.11 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	17
รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมขดลวดสนามแม่เหล็ก	17
รูปที่ 3.13 วงจรรวม ควบคุมสนามแม่เหล็ก 3 ตอน	19
รูปที่ 3.14 ปืนพลังสนามแม่เหล็ก	20
รูปที่ 3.15 วงจรสมบูรณ์ ปืนพลังสนามแม่เหล็ก	21
รูปที่ 4.1 แสดงวงจรขยายแรงดัน Rectangular Driver	22
รูปที่ 4.2 การติดตั้งอุปกรณ์	23
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบกระแสที่ความถี่ต่างๆ	25
รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ของระยะทางต่อค่าอินดักแตนซ์.	27
รูปที่ 4.5 การทดลองหาระยะห่างของกระสุนกับขดลวดที่เหมาะสม	29

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 คาบเวลาของการคายประจุที่ให้ค่าอินตักแตนซ์ต่างๆกัน	18
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาความถี่ที่เหมาะสม	24
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองหาความถี่ที่เหมาะสมในการใช้งาน	25
ตารางที่ 4.3 เปลี่ยนค่าความเหนี่ยวนำที่กระแส และความถี่คงที่	26
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางต่อพลังงานสะสม	28
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองชนิดของถ้ำกึ่งตัวนำที่มีผลต่อระยะทาง	29
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาระยะห่างระหว่างขดลวดกับลูกกระสุน ที่เหมาะสม	30
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบใช้งานเซนเซอร์ชนิดต่างๆ	31



บทที่ 1

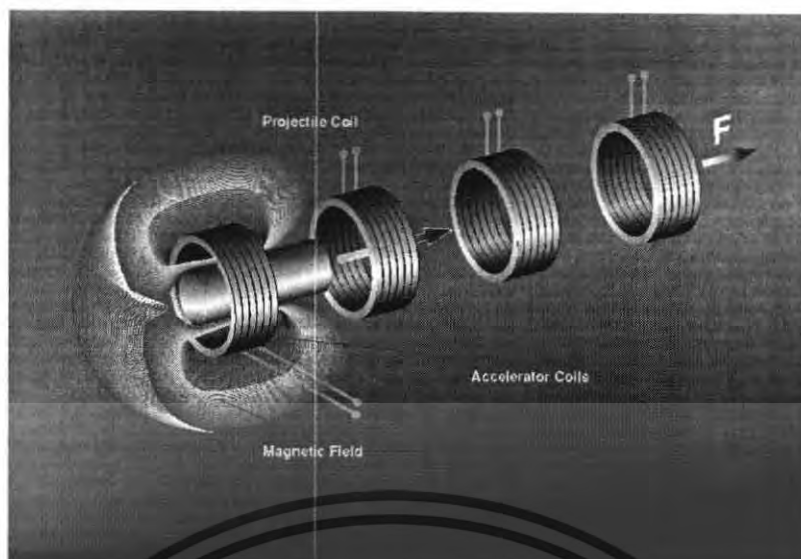
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในชีวิตประจำวันมีสิ่งประดิษฐ์ต่างๆมากมายที่เกิดจากการนำความรู้ความเข้าใจอันเกี่ยวกับอำนาจการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ จนแทบจะเป็นสิ่งของแสนธรรมดาที่สามารถหยิบจับซื้อหาได้ไม่ยากนัก ไม่ว่าจะเป็น มอเตอร์ หม้อแปลง หรือแม้กระทั่งการได้ไปใช้บริการรถไฟฟ้า ทำให้เกิดข้อสังเกตเห็นว่าแม่เหล็กไฟฟ้านั้นเป็นแรงล่องหนที่ข่างนำมหัศจรรย์นัก จึงเป็นทางออกที่ดีในการใช้ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่แล้วให้ประหยัดและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้

ปืนเป็นเครื่องกลที่มีส่วนเคลื่อนไหวและรับแรงกระแทกมากมาย ทั้งกลไกภายในของตัวปืนเองและแรงสะท้อนของลูกกระสุนปืน ปืนในยุคอนาคตจึงควรเป็นปืนที่มีส่วนเคลื่อนไหวน้อย และแทบไม่มีแรงสะท้อนของกระสุนหรือเสียงดังเลย ลูกกระสุนควรจะเป็นสิ่งที่ไม่ซับซ้อนและนำกลับมาใช้ได้เรื่อยๆ ปืนพลังสนามแม่เหล็ก (ดังที่เห็นในภาพยนตร์ คนเหล็ก) เป็นปืนที่สามารถพัฒนาให้เกิดเป็นความจริงขึ้นได้ และยังมีหลักการง่ายๆ เราคงเคยเห็นว่าหากนำแม่เหล็กมาวางไว้ไม่ห่างกันมากจากเศษโลหะกลมๆ ลูกเหล็กนั้นจะวิ่งเข้าหาแม่เหล็กและก็ติดกับแม่เหล็กในสุดท้าย แต่ลูกเหล็กนั้นจะเคลื่อนผ่านไปด้วยความเร็วหนึ่งหากแม่เหล็กไม่ขวางทางและหยุดความเป็นแม่เหล็กได้ จะเห็นว่าขดลวดแม่เหล็ก ไฟฟ้านั้นเองที่เราสามารถตัดการทำงานของแม่เหล็กได้ก่อนที่ลูกเหล็กจะมาติด

การนำแนวความคิดนี้มาใช้ในการออกแบบ อย่างง่ายๆจากรูปที่ 1.1 (หน้าถัดไป) สมมติให้มีคอล์ยตัวแรกตัวเดียว เมื่อยิงปืน คอล์ยก็จะดูดลูกกระสุนเข้าหาตัวมัน ความเร็วของลูกกระสุนจะเกิดจากตอนนี้ แต่พอมันเข้าใกล้ศูนย์กลางของคอล์ย กระสุนจะช้าลง แล้วหยุดที่จุดศูนย์กลางของคอล์ย ดังนั้นก็เลยต้องออกแบบให้คอล์ยทำงานสัมพันธ์กับลูกกระสุนและตัดการทำงานเมื่อกระสุนเข้าใกล้ศูนย์กลาง เท่านั้นกระสุนก็จะเคลื่อนที่พุ่งผ่านคอล์ยไปที่ความเร็วหนึ่งๆ ส่วนคอล์ยอีกสองตัวก็จะทำหน้าที่เหมือนกันเพียงแต่หน้าที่ของมันคือสร้างความเร่งเพิ่มขึ้นในขั้นต่อไป



รูปที่ 1.1 แบบจำลองการทำงานของปืนสนามแม่เหล็ก

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาถึงอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า
2. ศึกษาการควบคุมพลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
3. ทดลองหาความเสถียรของอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบ
4. ประยุกต์ใช้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์
5. ใช้ความรู้จากการศึกษาเพื่อพัฒนาให้ใช้งานได้ต่อไป

1.3 ขอบข่ายของงาน

1. ทดลองและเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับทำลำกล้องปืน
2. ทดลองและหาระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างกระสุนกับคอยล์และดีเทคเตอร์เซนเซอร์
3. ทดลองและหาขนาดและรอบที่เหมาะสมกับการสร้างคอยล์
4. ทดลองและหาดีเทคเตอร์เซนเซอร์ที่เสถียรที่สุดและออกแบบวงจรควบคุม
5. ทดลองและออกแบบวงจรสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
6. ลงมือสร้างอุปกรณ์ให้ใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก

2.1.1 แรงที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก

แรงกระทำต่อประจุไฟฟ้าเนื่องจากสนามแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับความเร็วของประจุไฟฟ้านั้น และความเข้มสนามแม่เหล็กซึ่งนิยามด้วยปริมาณเวกเตอร์ \mathbf{B} ที่เรียกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (magnetic induction) ซึ่งแรงนี้เขียนได้ว่า

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (2.1)$$

เมื่อ F เรียกว่าแรงแม่เหล็ก (magnetic force) ที่กระทำต่อประจุ q
 v เป็นความเร็วของประจุไฟฟ้า
ทิศของแรง F จะตั้งฉากกับ v
ขนาดของแรงแม่เหล็ก

$$F = qvB\sin\theta \quad (2.2)$$

เมื่อ θ เป็นมุมระหว่าง v กับ B

จะได้ว่า
$$B = F / (qv\sin\theta) \quad (2.3)$$

2.1.2 สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและสามารถหาความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นได้โดยอาศัยกฎของบีโอด์และซาวาร์ต สนามแม่เหล็ก $d\mathbf{B}$ ที่จุดใดๆหรือจุด P คือ (กำหนดให้ $d\mathbf{l}$ เป็นส่วนหนึ่งของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่าน)

$$d\mathbf{B} = \left(\frac{\mu_0 I}{4\pi}\right) \cdot \left(\frac{d\mathbf{l} \times \hat{e}_r}{r^2}\right) \quad (2.4)$$

เมื่อ $(\mu_0/4\pi)$ เป็นค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 10^{-7} เวเบอร์ต่อแอมแปร์เมตร (Tesla)

\hat{e}_r เป็นเวกเตอร์หนึ่งหน่วย และ μ_0 คือความซึมซาบได้ (permealbility) ทางแม่เหล็กในสุญญากาศ

y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กฎของแอมแปร์

กฎของแอมแปร์ (Ampère's law) เป็นกฎที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำ ค่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กคูณระยะทางในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กตามทางปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับ μ_0 คูณกับกระแสทั้งหมดภายในวงนั้นหรือเขียนได้ว่า

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I \tag{2.5}$$

หรือ $\oint B \cos \theta \, dl = \mu_0 I \tag{2.6}$

เมื่อ \oint คือมุมระหว่าง \mathbf{B} กับระยะทางสั้นๆ $d\mathbf{l}$, μ_0 คือค่าซึมซาบได้ของสุญญากาศ ปริมาณ $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ เรียกว่า การหมุนเวียนของสนามแม่เหล็ก (magnetic circulation) ตามทางปิด

กรณีของตัวนำยาวมากที่มีกระแสไฟฟ้า I จากลักษณะความสมมาตร การหมุนเวียนของสนามแม่เหล็กจะมีเส้นทางเป็นวงกลม ซึ่งมีตัวนำเป็นจุดศูนย์กลาง สำหรับสนามแม่เหล็กวงกลมรัศมี a จากสมการ (2.1.3.1) จะเห็นได้ว่า

$$\begin{aligned} \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= B(2\pi a) = \mu_0 I \\ B &= \mu_0 I / 2\pi a \end{aligned} \tag{2.7}$$

2.2 ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้

2.2.1 แรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetomotive Force mmf)

คือแรงเคลื่อนแม่เหล็ก F วงจรแม่เหล็กก็เช่นเดียวกับวงจรไฟฟ้า ในการที่สนามแม่เหล็กถูกสร้างขึ้นจะต้องมีแหล่งกำเนิดแม่เหล็กอยู่ด้วย อาจสร้างขึ้นโดยพันขดลวดให้มีจำนวนรอบสูงแล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า และจำนวนรอบที่พันเมื่อปล่อยกระแสเข้าไปในขดลวดดังนี้

$$\begin{aligned} F &\propto I \\ \text{และ} \\ F &\propto N \\ \text{ดังนั้น} \\ F &= KNI \end{aligned} \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะนั้นแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า mmf มีค่าเท่ากับ ผลคูณของจำนวนรอบ N กับ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด I ซึ่งมีค่า K เท่ากับหนึ่ง

2.2.2 เส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Flux of Magnetic Line Force)

คือเส้นแรงของสนามแม่เหล็กที่ถูกส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กใช้สัญลักษณ์ ϕ มีหน่วยเป็นเวเบอร์ (Weber) 1 wb มีความหมายดังนี้ เมื่อเส้นลวดที่พันไว้หนึ่งรอบ วางไว้ใน สนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยครั้งแรกให้สนามแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 0 แล้วค่อยๆเพิ่มค่า ให้สูงขึ้นตามสัดส่วนเวลา ถ้าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่า 1 โวลต์ ต่อสนามแม่เหล็กที่วัดได้ หลังจากการเปลี่ยนแปลง 1 วินาที จะมีค่าเท่ากับ 1 เวเบอร์

2.2.3 ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Potential Gradient)

คือ ค่าของแรงเคลื่อนแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยความยาว ใช้สัญลักษณ์ H ดังนั้นความเข้มของ สนามแม่เหล็กไหลผ่านคังสมการเป็น

$$H = F/I \quad \text{A-T/m} \quad (2.9)$$

2.2.4 ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Flux Density)

ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก คือจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กในหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่เส้น แรงแม่เหล็กไหลผ่าน คังสมการ

$$B = \phi / A \quad \text{Weber / m}^2 \quad (2.10)$$

ดังนั้น

$$\phi = BA \quad (2.11)$$

เมื่อ ϕ = เส้นแรงของสนามแม่เหล็ก

B = ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก

A = พื้นที่หน้าตัดของทางเดินเส้นแม่เหล็ก

2.2.5 ความซึมซาบ (Permeability)

คือความยินยอมให้เส้นแรงแม่เหล็กผ่าน สัญลักษณ์ μ ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความ หนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ต่อ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\mu = B/H \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ B = ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก

H = ความเข้มของสนามแม่เหล็ก

สำหรับ μ ของอากาศ ให้สัญลักษณ์ว่า μ_0 หรือ free space permeability

$$\mu_0 = B / H = 4\pi \times 10^{-7} \text{ henry / m} \quad (2.13)$$

ค่าอัตราส่วนสนามแม่เหล็กในเนื้อเหล็กต่อความเข้มของแม่เหล็กในอากาศ เรียกว่า ค่าความซึมซาบสัมพัทธ์ (Relative permeability) μ_r ซึ่งบ่งชี้ค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิด ว่ามีค่าเป็นกี่เท่าของอากาศ

$$\mu = \mu_0 \mu_r \quad (2.14)$$

μ = ความซึมซาบของวัสดุที่ใช้เป็นตัวกลาง

μ_0 = ความซึมซาบของอากาศ

μ_r = ความซึมซาบสัมพัทธ์ของวัสดุ

2.2.6 ความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance)

ความต้านทานแม่เหล็ก คือความต้านทานแม่เหล็ก ซึ่งค่าความต้านทานแม่เหล็กจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาว เป็นสัดส่วนกลับค่าพื้นที่หน้าตัดและความซึมซาบ (permeability) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$R = \mu l / A \quad \text{A-T/m}^2 \quad (2.15)$$

เมื่อ l = ความยาวของทางเดินเส้นแรงแม่เหล็ก

μ = ความซึมซาบของวัสดุที่ใช้ทำแกน

A = พื้นที่หน้าตัดของทางเดินเส้นแรงแม่เหล็ก (เมตร)

2.2.7 ค่าความเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (Inductance)

$$L = (0.8r^2 N^2) / (6r + 9l + 10d) \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ L = ค่าความเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก หน่วยเป็น μH

r = รัศมีของขดลวด หน่วยเป็นนิ้ว

l = ความยาวของลวด หน่วยเป็นนิ้ว

N = จำนวนรอบ

d = รัศมีของขดลวดภายนอกภายใน หน่วยเป็นนิ้ว

8. ค่าพลังงานสะสมในค่าอินดักแตนซ์

มีค่าเท่ากับพลังงานสะสมจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความเหนี่ยวนำและกระแส เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า W_m มีหน่วยเป็น mj เขียนได้ ดังนี้

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2 \quad (2.17)$$

2.3 ทฤษฎีเสริม

2.3.1 ค่าพลังงานที่เก็บสะสมในตัวเก็บประจุ :

$$E = (V^2C)/2 \quad (2.18)$$

2.3.2 ค่าพลังงานจลน์ :

$$E_k = (MV^2)/2 \quad (2.19)$$

2.3.3 ค่ากระแสสูงสุด :

$$I = V(C/L)^{1/2} \quad (2.20)$$

2.3.4 เวลาของการคายประจุ

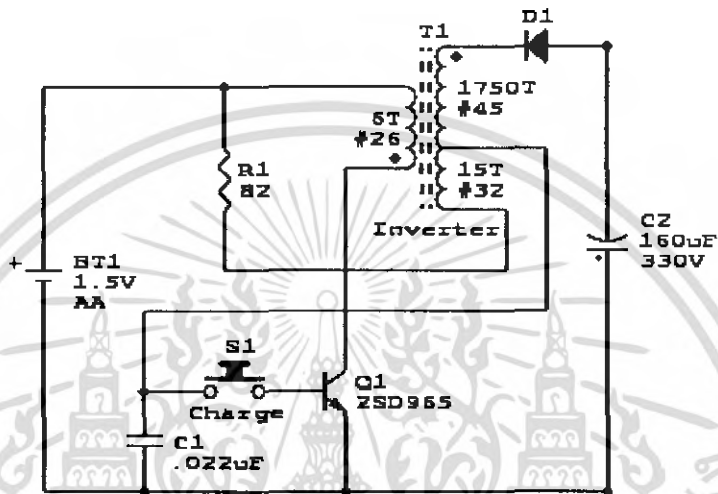
$$T_d = (\pi(LC))^{1/2}/2 \quad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การออกแบบวงจรประจุไฟ (Charger)



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรชาร์ตเจอร์

วงจรชาร์ตเจอร์เป็นวงจรที่ดัดแปลงมาจากวงจรที่ใช้ขับแฟลชของกล้องถ่ายรูป โดยจะคายประจุออกมาเพียงวูบเดียวเหมือนกับแสงแฟลช ใช้แหล่งจ่ายไฟเพียง 1.5 โวลต์แต่จะมีความต่างศักย์สูงถึง 300 โวลต์ ซึ่งมากพอที่จะไปขับวงจรต่างๆ

3.2 ออกแบบวงจรสร้างควมถี่

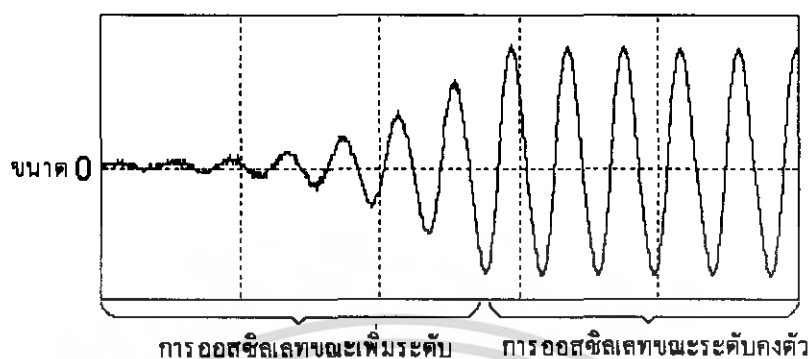
วงจรสร้างควมถี่

หลักการเบื้องต้นของการเกิดออสซิลเลท

ในวงจรออสซิลเลเตอร์ทั่วไปที่ใช้งานกันอยู่ จะมีการออสซิลเลทได้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องมีการป้อนสัญญาณอินพุตเข้าไปเลยแม้แต่น้อย ทั้งนี้เพราะสัญญาณที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการออสซิลเลทในขณะเริ่มต้น คือสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ภายในอุปกรณ์แล้วถูกขยาย โดยผลอันนี้จะทำให้กำลังงานป้อนไปให้วงจรเกิดการออสซิลเลทได้ ขนาดของการเกิดออสซิลเลทจะเพิ่มขึ้นดังรูปที่3.2และการออสซิลเลทในลักษณะแรกนี้เรียกว่า การออสซิลเลทช่วงเริ่มแรก หลังจากผ่านช่วงนี้ไปขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสัญญาณจะเริ่มคงที่สภาวะนี้เรียกว่าการออสซิลเลทแบบต่อเนื่อง และการออสซิลเลทจะเกิดขึ้นตลอดเวลาเมื่อมีการป้อนแรงดันไฟเลี้ยงวงจร



รูปที่ 3.2 สัญญาณออสซิลเลท

วงจรออสซิลเลเตอร์ทั่วไปมักจะมีการออสซิลเลทที่มีความถี่เดียว ทั้งนี้เพราะวงจรป้อนกลับที่สัญญาณจากเอาต์พุตมายังอินพุต มักจะเป็นวงจรที่ประกอบด้วยอุปกรณ์จำพวก R, L, C อุปกรณ์ L และ C ย่อมให้ผลทางด้านเฟส นั่นคือจะมีความถี่ที่เป็นผลทำให้เฟสที่ได้กลับมาสอดคล้องกับอินพุต เกิดการออสซิลเลท หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ สัญญาณเอาต์พุตเมื่อผ่านวงจรป้อนกลับแล้ว จะเป็นผลทำให้ผลคูณของ A_v เดิม กับค่า β_v ของวงจรป้อนกลับมีค่าเป็น 1 พอดี

วงจรอินเวอร์เตอร์ออสซิลเลท (Inverter Oscillator)

วงจรอินเวอร์เตอร์ออสซิลเลท คือวงจรสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยม rectangular wave ที่อาศัยการหน่วงเวลาที่เกิดจากขารัจและดิสชาร์จ์ประจุให้กับคาปาซิเตอร์ ประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียบ

(Comparator) ที่อยู่ใน IC Schmitttrigger และวงจรชาร์จ์ดิสประจุ (Charge/Discharge Circuit)

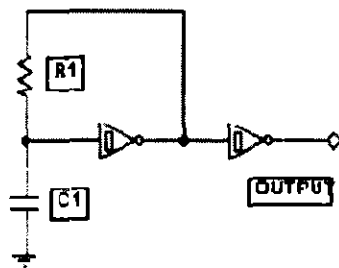
วงจรอินเวอร์เตอร์ออสซิลเลทจะสัญญาณออกมาในรูปคลื่นสี่เหลี่ยม(Square Wave)ซึ่งความถี่ที่ออกมาจะขึ้นอยู่กับค่าของ R1 และ T1

ดังสมการ

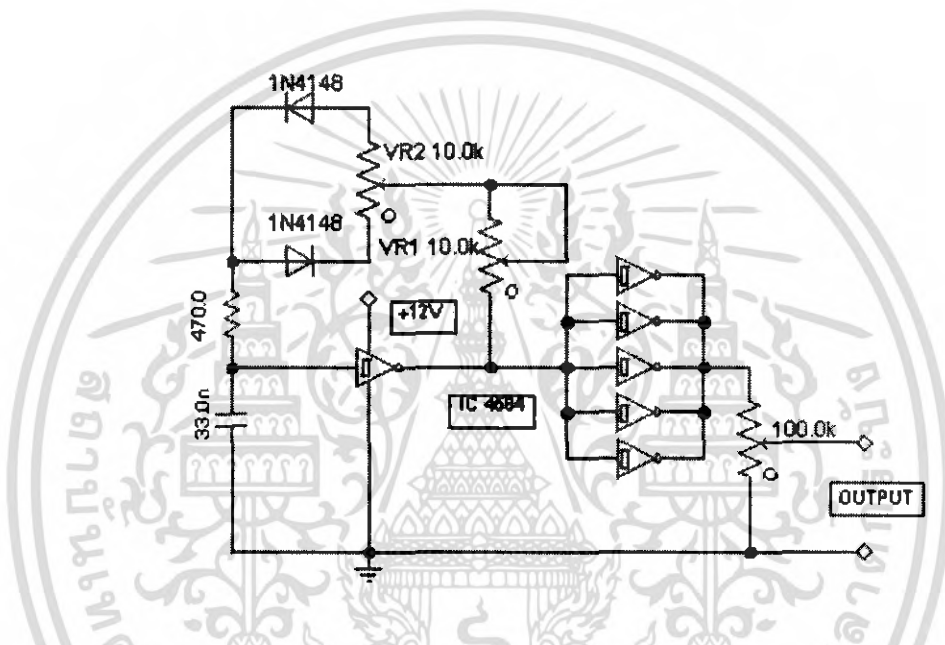
$$f = 1/(C1R1) \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } f &= \text{ความถี่ทาง Out put (เฮิรต์)} \\ R1 &= \text{ค่าความต้านทาน (โอห์ม)} \\ R1 &= \text{ค่าความจุ (ฟารัด)} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรอินเวอร์เตอร์ออสซิลเลท (Inverter Oscillator)



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรสร้างควมถี่

วงจรถูกกล่าวเป็นวงจรรีเล็กเซชันออสซิลเลเตอร์ที่อาศัยการหน่วงเวลาที่เกิดจากการชาร์จและดิสชาร์จ ประจุให้กับคาปาซิเตอร์ ประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) ที่อยู่ใน IC Schmitt trigger และวงจรชาร์จและดิสชาร์จประจุ (Charge/Discharge Circuit) วงจรรีเล็กเซชันออสซิลเลเตอร์จะให้สัญญาณออกมา ในรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) เราสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ได้โดยการปรับค่าความต้านทาน VR1 หรือ ปรับค่าความจุของตัวเก็บประจุก็ได้ แต่ในกรณีนี้การปรับค่าความต้านทานสามารถทำได้ง่าย ส่วนการปรับค่า Duty Cycle นั้นสามารถทำได้โดยการปรับค่าความต้านทาน VR2 สัญญาณ Rectangular Wave ที่ได้ป้อนให้ กับวงจร Power Amplifier เพื่อขยายขนาดสัญญาณ

การคำนวณความถี่ที่สร้างขึ้นจะเป็นไปตามสมการ $f = 1/RC$ แต่เนื่องจากต้องการค่า Duty Cycle ที่ 50 % ดังนั้นต้องทำการปรับค่าความต้านทาน VR₂ ไว้ที่ 5 กิโลโอห์ม ดังนั้น

จากสมการ (3.1)

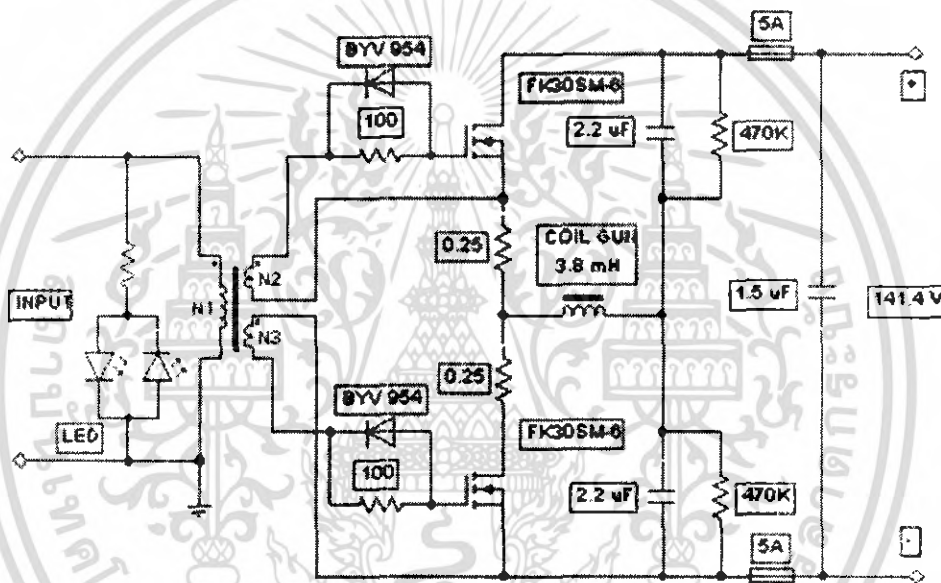
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ความถี่ต่ำสุดจะได้} \quad f &= 1 / ((10000 + 5000 + 470) \times 33 \times 10^{-9}) \\ &= 1958.8 \text{ Hz} \end{aligned}$$

จากสมการ (3.1)

$$\begin{aligned} \text{ความถี่สูงสุดจะได้} \quad f &= 1 / ((5000 + 470) \times 33 \times 10^{-9}) \\ &= 5539.9 \text{ Hz} \end{aligned}$$

3.3 วงจรแรงดันสูง

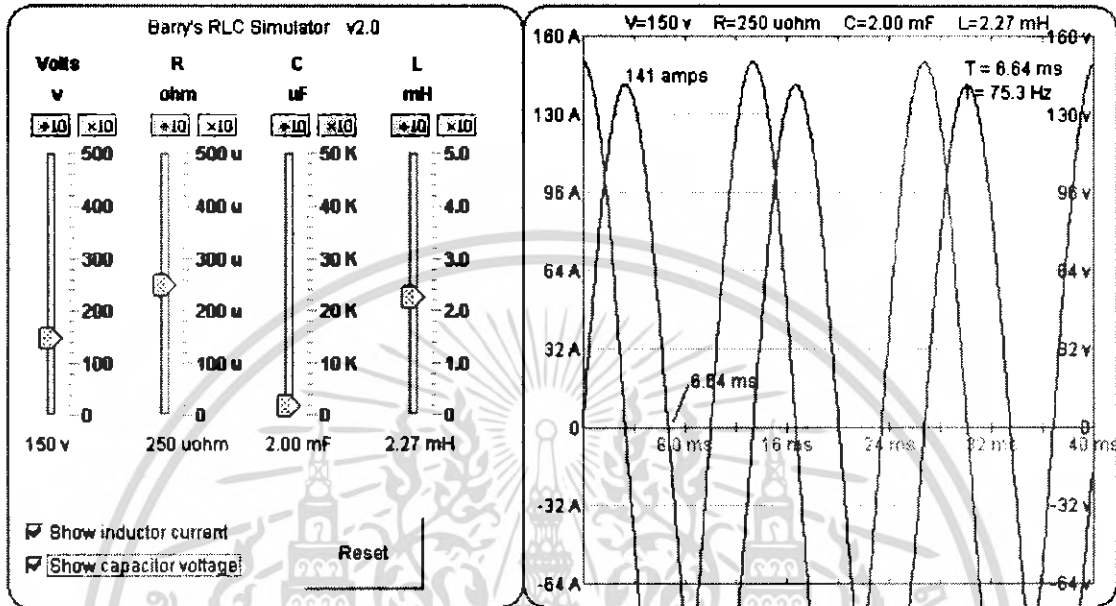


รูปที่ 3.5 วงจรแรงดันสูง

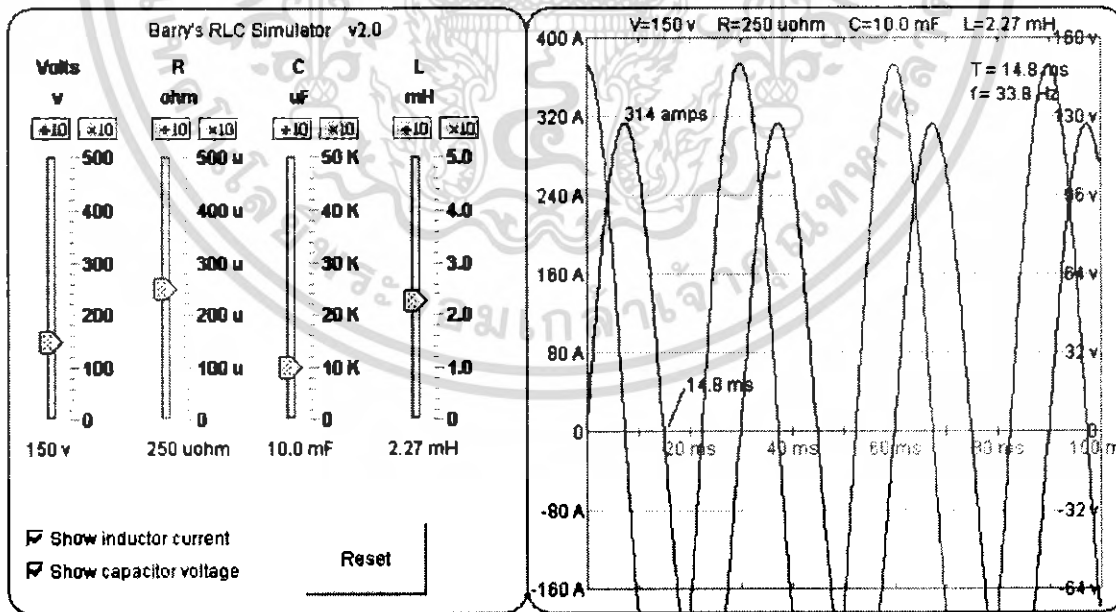
วงจรดังกล่าวเป็นวงจรสร้างแรงดันสูงเพื่อใช้ในการจ่ายให้กับขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก โดยมีหม้อแปลงขั้วเฟด (Isolated) เป็นหม้อแปลงแบบลดแรงดัน (step down) ทำหน้าที่ในการแบ่งแยกราวด์ของภาค แรงต่ำออกจากภาคแรงสูง โดยมีอัตราส่วน $\text{Ratio} = N_1 / N_2 = N_1 / N_3 = 4:1$ ซึ่งทางด้านปฐมภูมิ (Primary) ประกอบไปด้วยขดลวด 1 ขด ซึ่งจะรับสัญญาณ Rectangular Wave แรงดันต่ำเข้ามา และทางด้านทุติยภูมิ (Secondary) ประกอบไปด้วยขดลวด 2 ขด ซึ่งจะเกิดการเหนี่ยวนำแรงดันสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular Wave) ขึ้นมา สัญญาณที่ได้นี้จะใช้ในการป้อนขั้วมอสเฟต (MOSFET)

ซึ่งโดยปกติแล้วค่าความต้านทาน ระหว่างขาเดรน (D) และขาซอร์ส (S) ของมอสเฟตจะมีค่าสูงมากจึงไม่มีกระแสไหลผ่านแต่เมื่อมีแรงดันมาควบคุมที่ขาเกต (G) และขาซอร์ส (S) หรือ (V_{GS}) จะทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขาเดรน (D) และขาซอร์ส (S) มีค่าต่ำลงทำให้มีกระแส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลผ่านได้และแรงดันต่ำสุดที่ทำให้มอเตอร์ทำงานอยู่ที่ 4 โวลต์และไม่เกิน 20 โวลต์
 วงจรจะทำหน้าที่จ่ายคลื่นสี่เหลี่ยมแรงดันสูง (High Voltage Rectangular Wave) ให้กับ
 ขดลวด Coil Gun จากวงจรแรงดันสูง
 มีคาปาซิเตอร์ 2.2 μF มาต่ออนุกรมก่อนจ่ายให้ขดลวดขดลวด



รูปที่ 3.6 กราฟกระแสความเหนี่ยวนำและแรงดันของการคายประจุที่ตัวเก็บประจุ



รูปที่ 3.7 กราฟกระแสความเหนี่ยวนำและแรงดันของการคายประจุที่ตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงจรทำงาน จึงกลายเป็น RC อนุกรม การทำให้เกิดเรโซแนนซ์ $XY = XC$ ค่าอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำสุด ดังนั้นจากสูตร $V = IR$ (กฎของโอห์ม) ทำให้ค่า I มีค่ามากที่สุด ในภาวะนี้ จากความถี่ที่เลือก 2.25 KHz จึงคำนวณค่า L ที่ทำให้เกิดเรโซแนนซ์ จากสมการ

$$f = 1/(2\sqrt{LC}) \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} L &= 1/(2\sqrt{f})^2 \times 1/C & (3.3) \\ &= 1/(2\sqrt{2250})^2 \times 1/(2.2 \times 10^{-6}) \\ &= 2.27 \text{ mH} \end{aligned}$$

กระแสสูงสุดในภาวะนี้

$$\begin{aligned} I_p &= V_p/R \text{ เมื่อให้ } R \text{ ของขดลวด} = 0 \text{ ohm}; R \text{ ในวงจร} = 0.25 \text{ ohm} \\ &= 150.0/0.25 \\ &= 600 \text{ A} \end{aligned}$$

หากเกิดเรโซแนนซ์พอดีวงจรควบคุมขดลวดอาจเสียหาย แต่จากสมการจึงต้องเพิ่ม L ให้มากขึ้นเพื่อชดเชยค่าอินดักแตนซ์และพลังงานสะสม ในกรณีนี้ยังมีอีกวิธีคือเพิ่มค่าตัวเก็บประจุตาม RLC simulate รูปที่ 3.6 – 3.7 ก็จะควบคุมกระแสได้เช่นกัน

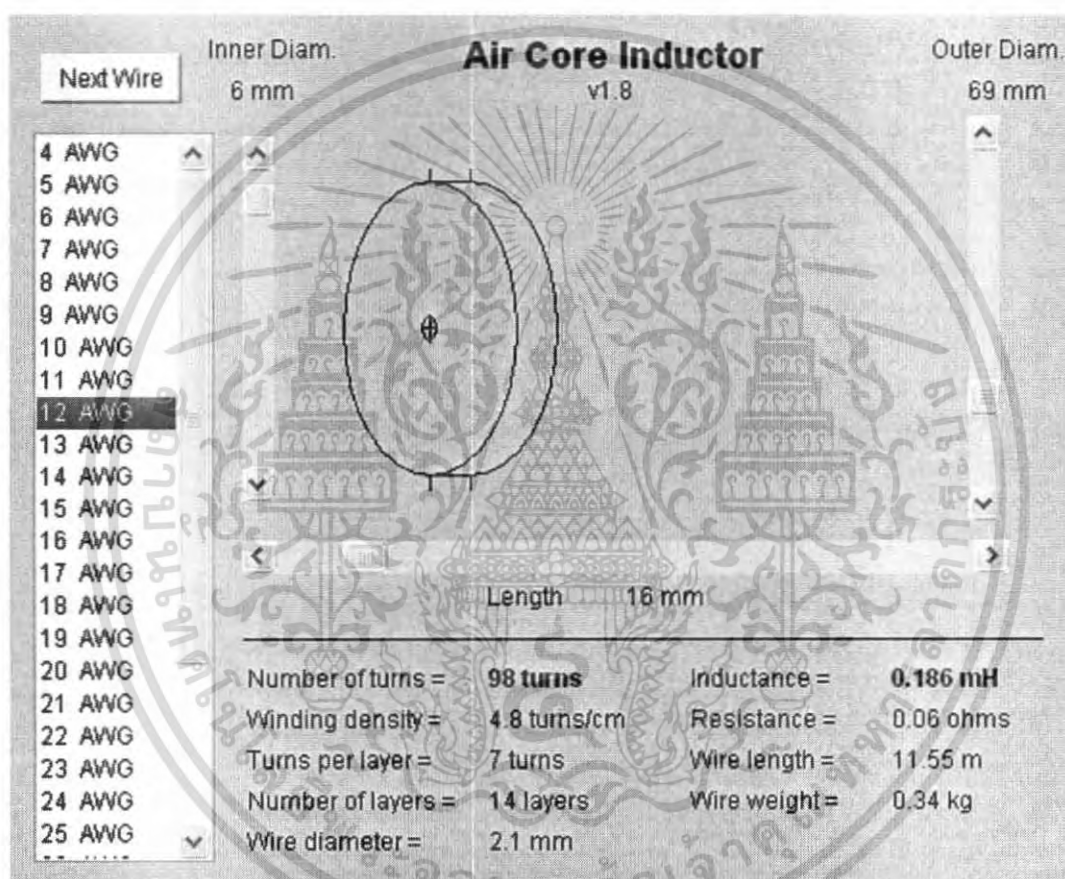
3.4 การออกแบบขดลวดสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 3.8 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองและออกแบบข้อที่ 3.3 ทำให้รู้ว่า ค่าอินดักแตนซ์ที่ทำให้เกิดเรโซแนนซ์นั้น มีค่าเท่ากับ 2.27 mH แต่เนื่องจากแรงดันสูงอาจทำให้วงจรเสียหายจึงต้องประมาณค่าขึ้นใหม่ จากที่รู้ว่าหากทำการคำนวณ รอบและขนาดของลวดเพื่อให้ได้ค่าตามต้องการ ลวดเส้นใหญ่จะพันเพียงไม่กี่รอบแต่จะหนา ลวดเบอร์เล็กนั้นจะสร้างความเข้มสนามแม่เหล็กได้มากกว่า เนื่องจากการพันจะเหลือช่องว่างของอากาศหรือแอร์แก๊ปน้อยกว่า แต่ก็ต้องเพิ่มรอบที่พันมากขึ้นหลายเท่าทำให้เสียเวลา ชั้นแรกจึงกำหนดค่า L ที่ไม่ทำให้วงจรเสียหายและชดเชย ความแรงของกระสุนจึงเพิ่มให้ค่า L มากขึ้นกว่าเดิมแต่สอดคล้องกับกระแส อยู่ที่ประมาณ 3.5 mH



รูปที่ 3.9 โปรแกรมจำลองการคำนวณขดลวดแกนอากาศ

จากสมการคำนวณขดลวดแกนอากาศแบบหลายชั้น

อินดักแตนซ์กับจำนวนรอบ T

$$L = (0.8R^2 N^2) / (6R + 9l + 10D) \quad (2.18)$$

$$R = \text{รัศมีเฉลี่ย} (r_{\text{นอก}} + r_{\text{ใน}}) / 2 \quad \text{นิ้ว}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

l	=	ความกว้าง (ตอนพันแล้ว)	: นิ้ว
N	=	รอบ	
D	=	ความลึก (d นอก - d ใน)	: นิ้ว

กำหนด

$$L = 3.5 \text{ mH}, l = 3 \text{ cm}/2.54 \text{ inch}, d_{in} = 0.8 \text{ cm}/2.54 = 0.315 \text{ inch}$$

$$, r_{in} = 0.158, \text{ wire 19 gauge diameter} = 0.0359 \text{ inch} = l(\text{ความกว้างตอนพันแล้ว})$$

$$\text{เส้นรอบวง} = 2 \pi r = 0.99 \text{ นิ้ว}$$

พันรอบแกน 1 รอบ แกนจะหนาขึ้นเป็น

$$d_{out} = 0.0359 \times 2 + 0.315$$

$$= 0.3868$$

$$\text{และ } r_{out} = 0.1934$$

$$\text{ดังนั้น } R = (0.1934 + 0.158)/2 = 0.1757$$

จะได้

$$= (0.8(0.1757)^2 \times l) / (6(0.1757) + 9(0.0359) + 10(0.3868 - 0.315))$$

$$= 0.0247/2.088$$

จึงได้ค่า L ต่อการพันลวด 1 รอบ

$$= 0.01183 \text{ mH}$$

เพราะฉะนั้น ค่าอินดักแตนซ์ 3.5 mH แกน 8 มม.

ความกว้างเมื่อพันแล้ว 2 นิ้ว ใช้ลวดเบอร์ 19 AWG หรือ 0.0359 นิ้ว

เส้นลวดหนา = 0.95 มม.

จะต้อง พันขดลวด = 730 รอบ

แต่ละชั้นต้องพัน = 53.48 รอบ

จำนวนทั้งหมด = 13.65 ชั้น

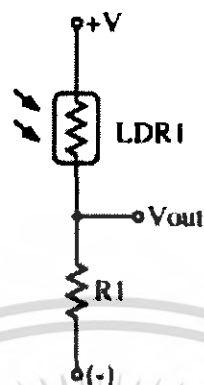
เส้นผ่านศูนย์กลางรวม = 3.46 ซม.

ใช้ลวดทั้งหมด = 45.9 เมตร

ค่าความต้านทาน = 1.21 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบวงจรควบคุมเซนเซอร์

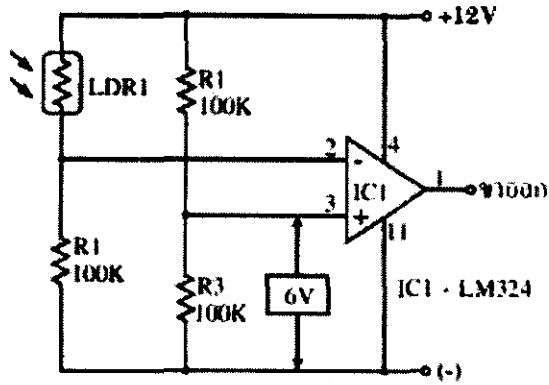


รูปที่ 3.10 วงจรแบ่งแรงดัน

การจัดวงจรใช้งานพื้นฐานของ LDR ก็คือ วงจรแบ่งแรงดัน ดังรูปที่ 10 แรงดันขาออก (V_{out}) เปลี่ยนตามค่าความต้านทาน LDR โดยหากแสงสว่างมากค่าความต้านทาน LDR ต่ำ แรงดัน V_{out} จะสูง แต่เมื่อแสงน้อยลง ค่าความต้านทาน LDR ก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้แรงดัน V_{out} ต่ำลงด้วยการตรวจสอบระดับแสงสว่างเพื่อนำไปใช้สั่งงานให้วงจรทำงานต่อไปได้นั้น ต้องใช้วงจรที่สามารถตรวจจับค่าแรงดัน V_{out} ค่าหนึ่งได้ หนึ่งในวงจรจับแรงดันหรือวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่แม่นยำสูง จึงเลือกใช้ไอซีออปแอมป์ ซึ่ง ขา + มีคุณสมบัติ ตรงไปตรงมา ไม่กลับ เข้าอย่างไรออกอย่างนั้น มีชื่อว่า นอนอินเวอร์ตติ้งอินพุต (Noninverting Input) หากไฟเข้ามามาก แรงดันขาออกก็มากตาม แต่ถ้าเข้าน้อยก็ออกน้อย ส่วน ขา - มีคุณสมบัติ กลับด้านหรือผกผัน น้อยเป็นมาก มากเป็นน้อย จึงมีชื่อว่า อินเวอร์ตติ้งอินพุต (Inverting Input) หากแรงดันเข้าน้อย กลับทำให้แรงดันขาออกมาก แต่พอแรงดันเข้ามามาก กลับทำให้แรงดันออกน้อย กำหนดค่าแรงดันนี้ไว้ 1V จึงเอาไฟ 1V ป้อนที่ขาลบไว้ เป็นการอ้างอิง

จากนั้นก็ลองเริ่มป้อนไฟเข้าทางขาบวกเริ่มจากศูนย์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตอนนี้ยังไม่มียังไม่มีไฟออก เพราะว่าขาลบขณะมีไฟสูง จึงทำให้แรงดันขาออกผกผันเป็นไฟต่ำ (หรือไม่มีไฟเลย) แทน แต่เมื่อเพิ่มแรงดันที่ขาบวกมากขึ้น จนสูงกว่า 1V ก็ชนะไฟที่ขาลบแล้ว ก็จะมีไฟออกทางขาออกทันที เพราะไฟขาบวกสูงขึ้นกว่าขาลบนั่นเอง แต่ในทางกลับกันลองเอาขาบวกเป็นไฟอ้างอิง (1V) บ้างคิดว่า ผลที่ได้กลับกัน ป้อนไฟที่ขาลบน้อยๆกลับมีไฟสูงทางขาออกทันทีแต่พอเพิ่มไฟที่ขาบวกให้สูงกว่า 1V กลับไม่มีแรงดันออกเลย

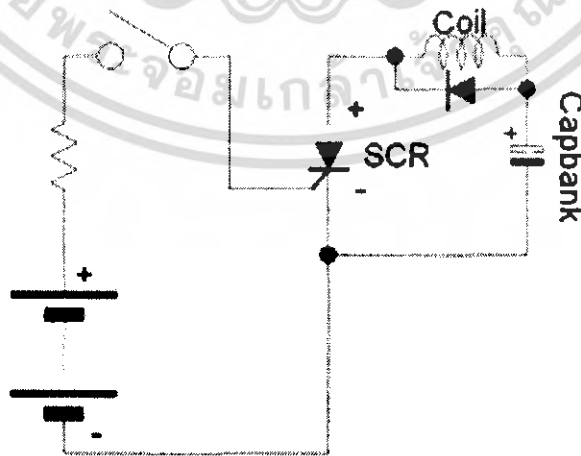
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เมื่อใช้มิเตอร์วัด ในวงจรนี้ที่ใช้แรงดันอ้างอิง(ขาบวก) ประมาณครึ่งของไฟเลี้ยงคือ 6 โดยใช้ R2 และ R3 ค่า 100K เท่ากัน ถือเป็นวงจรแบ่งแรงดันครึ่ง แล้วเลื่อนสายวัดแรงดันคร่อม R1 แทน ลองเอามือบังแสงที่จะตกกระทบบัว LDR1 จะเห็นแรงดันเปลี่ยนแปลงตามการบังแสง โดยหากบังแสงไว้มากหรือมืด แรงดันจะต่ำ แต่ถ้าแสงสว่างมากแรงดันจะสูง ตามการคุณสมบัติการจัดวงจรแบ่งแรงดันนั่นเอง จากนั้นย้ายสายวัดไปวัดแรงดันที่ขาออก เห็นแรงดันเปลี่ยนแปลงสองระดับ คือ 0V และ 8V โดยหากเปิดให้แสงตกกระทบบัว LDR จะไม่มีแรงดันออกมา แต่ถ้าหากบังแสงไว้ กลับมีแรงดันทางขาออกทันที

3.6 วงจรควบคุมขดลวดสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมขดลวดสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง 81993 อย่อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมขดลวดสนามแม่เหล็กนี้ทำงานโดยหลักการง่าย ๆ คือแหล่งจ่ายจะทำหน้าที่ประจุไฟไว้ที่ตัวเก็บประจุ เมื่อเมื่อมีการสับสวิทช์ จะทำให้ SCR นำกระแสและวงจรจะคายประจุให้ขดลวด จากหลักการนี้สามารถรวมเข้ากับวงจรก่อนหน้า ที่ได้ออกแบบไว้แล้ว โดยการนำวงจรซาร์ทเจอร์เป็นตัวจ่ายไฟ โดยต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟเพื่อจ่ายไฟให้วงจรอื่นๆ ใช้เพื่อสร้างความถี่ และ นำสัญญาณไปขับหม้อแปลงขับมอเตอร์เฟดของวงจรแรงดันสูง และจ่ายไฟที่มีความถี่ที่เหมาะสมให้แก่วงจรควบคุมขดลวดสนามแม่เหล็กอีกที ยังเพิ่มคอยล์อีกสองตัวเพื่อเพิ่มความเร่งให้ลูกกระสุน วงจรจะทำงานแบบระบบปิด โดยมีทีเคเตอร์เซนเซอร์เป็นตัวส่งงานคอยล์ทั้งสอง เมื่อทราบคาบเวลาจากรูปที่ 3.6 – 3.7 แล้วจึงสามารถกำหนดเวลาการคายประจุที่เหมาะสมเพื่อกำหนดค่าอินดักแตนซ์ได้ ดังตารางที่ 3.1

coilgun@oz.net
v1.2

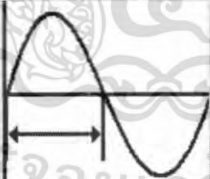
How Much Inductance Do You Need?

Time for Zero Crossing Pulse

Cap	1.0 ms	2.0 ms	3.0 ms	4.0 ms	5.0 ms	6.0 ms	7.0 ms	8.0 ms	9.0 ms	10 ms
100 uF	1.01 mh	4.05 mh	9.12 mh	16.2 mh	25.3 mh	36.5 mh	49.6 mh	64.8 mh	82.1 mh	101 mh
120 uF	844 uh	3.38 mh	7.60 mh	13.5 mh	21.1 mh	30.4 mh	41.4 mh	54.0 mh	68.4 mh	84.4 mh
150 uF	675 uh	2.70 mh	6.08 mh	10.8 mh	16.9 mh	24.3 mh	33.1 mh	43.2 mh	54.7 mh	67.5 mh
180 uF	563 uh	2.25 mh	5.07 mh	9.01 mh	14.1 mh	20.3 mh	27.6 mh	36.0 mh	45.6 mh	56.3 mh
220 uF	461 uh	1.84 mh	4.14 mh	7.37 mh	11.5 mh	16.6 mh	22.6 mh	29.5 mh	37.3 mh	46.1 mh
270 uF	375 uh	1.50 mh	3.38 mh	6.00 mh	9.38 mh	13.5 mh	18.4 mh	24.0 mh	30.4 mh	37.5 mh
330 uF	307 uh	1.23 mh	2.76 mh	4.91 mh	7.68 mh	11.1 mh	15.0 mh	19.7 mh	24.9 mh	30.7 mh
390 uF	280 uh	1.04 mh	2.34 mh	4.16 mh	6.49 mh	9.35 mh	12.7 mh	16.6 mh	21.0 mh	26.0 mh
470 uF	216 uh	862 uh	1.94 mh	3.45 mh	5.39 mh	7.76 mh	10.6 mh	13.8 mh	17.5 mh	21.6 mh
560 uF	181 uh	724 uh	1.63 mh	2.89 mh	4.52 mh	6.51 mh	8.87 mh	11.6 mh	14.7 mh	18.1 mh
680 uF	149 uh	596 uh	1.34 mh	2.38 mh	3.73 mh	5.36 mh	7.30 mh	9.54 mh	12.1 mh	14.9 mh
820 uF	124 uh	494 uh	1.11 mh	1.98 mh	3.09 mh	4.45 mh	6.05 mh	7.91 mh	10.0 mh	12.4 mh
1,000 uF	101 uh	405 uh	912 uh	1.62 mh	2.53 mh	3.65 mh	4.96 mh	6.48 mh	8.21 mh	10.1 mh

Select a definition of the time period:

- Time for Half Power Pulse
- Time for Zero Crossing Pulse
- Time for One Full Cycle



Read the Inductance in the table above, or enter your custom values here:

Capacitance (uF):

Time (usec):

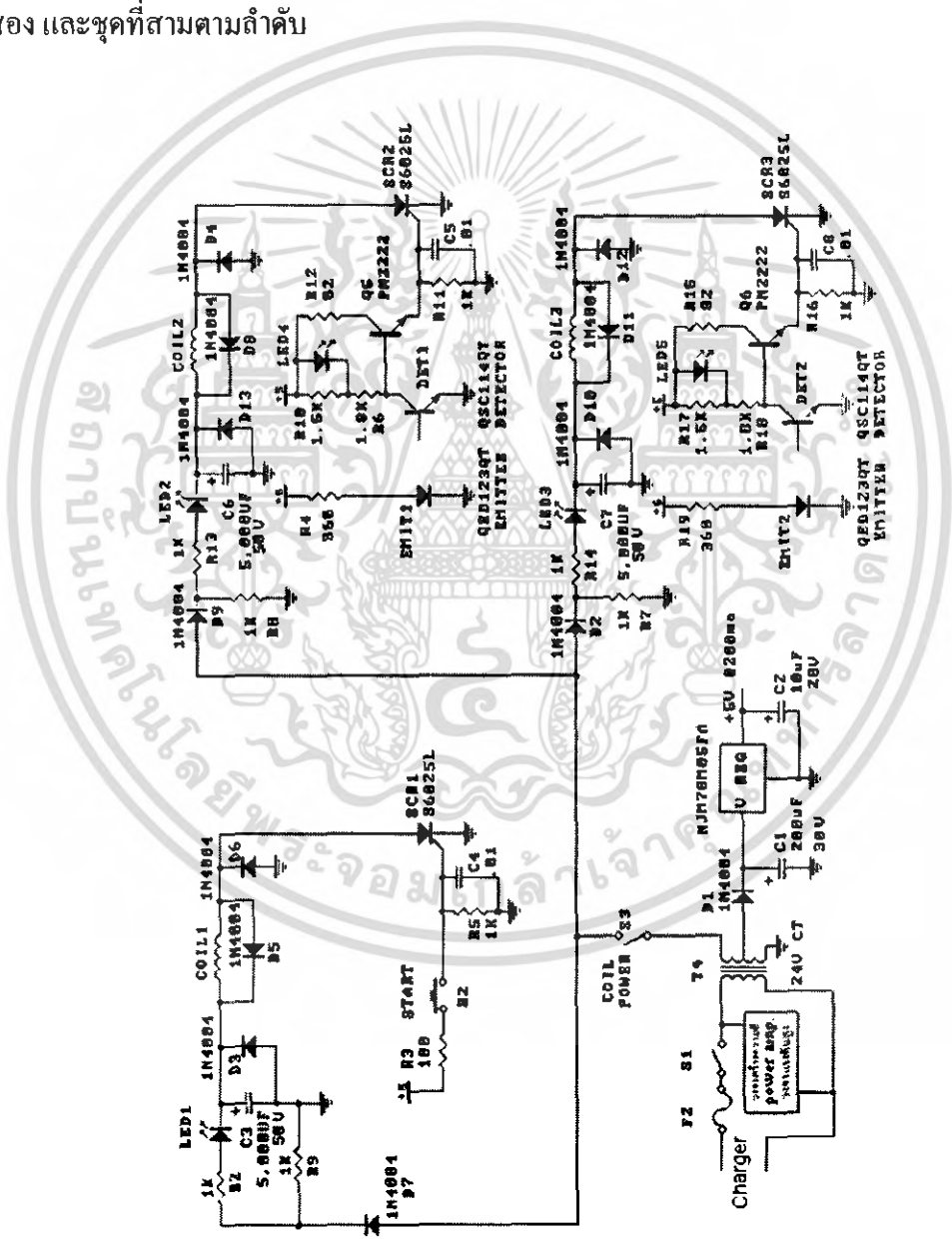
Inductance:

ตารางที่ 3.1 คาบเวลาของการคายประจุที่ให้ค่าอินดักแตนซ์ต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

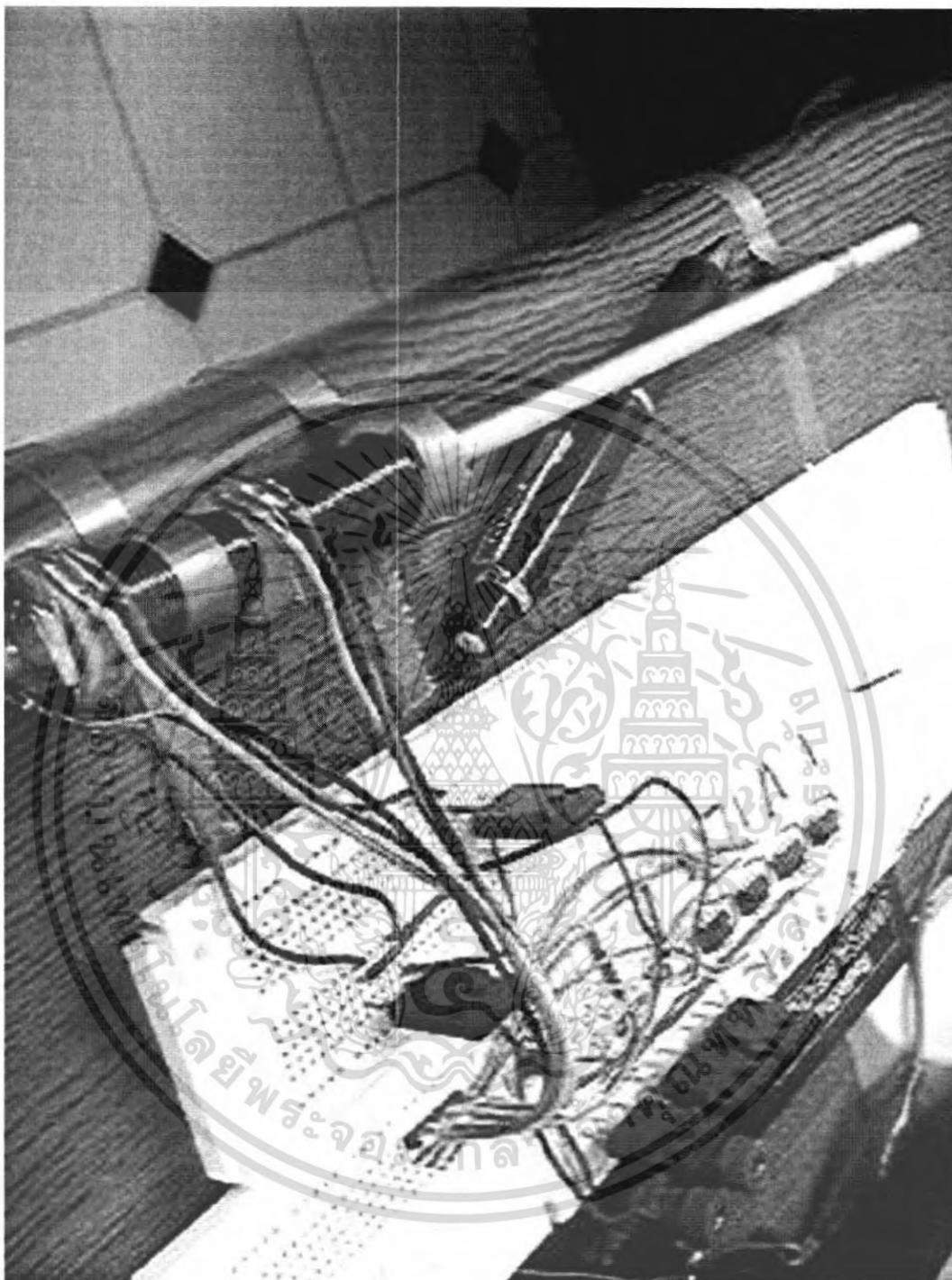
3.7 การออกแบบวงจรสมบูรณของปืนพลังสนามแม่เหล็ก

วงจรสมบูรณของปืนพลังสนามแม่เหล็ก เริ่มต้นด้วยจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลท์ให้กับไอซี ชนิดทรานซิสเตอร์ที่วงจรสร้างความถี่เพื่อทำหน้าที่ขับกระแสไฟที่ความถี่ให้กับวงจรชาร์จเจอร์ วงจรชาร์จเจอร์ก็จะทำหน้าที่เป็นภาคแรงสูงส่งกระแสไฟไปยังหม้อแปลงสเต็ปดาวน์ทั้งสองตัวทำหน้าที่แปลงไฟเพื่อขับมอเตอร์ที่วงจรแรงดันสูง วงจรเปรียบเทียบแรงดันในวงจรแรงดันสูงก็จะจ่ายไฟให้กับวงจรควบคุมขดลวดไปชาร์จเจอร์ที่ตัวเก็บประจุ เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้ SCR ที่ควบคุมขดลวดชุดแรก SCR ก็จะนำกระแสทำให้คิสซาร์ประจุ ขดลวดชุดที่หนึ่งจึงทำงาน เมื่อกระแสไปบั้งแสงของเซนเซอร์ วงจรเปรียบเทียบแรงดันในชุดควบคุมเซนเซอร์ก็จ่าย ไฟให้ SCR ที่ชุดควบคุมขดลวดชุดที่สอง และชุดที่สามตามลำดับ



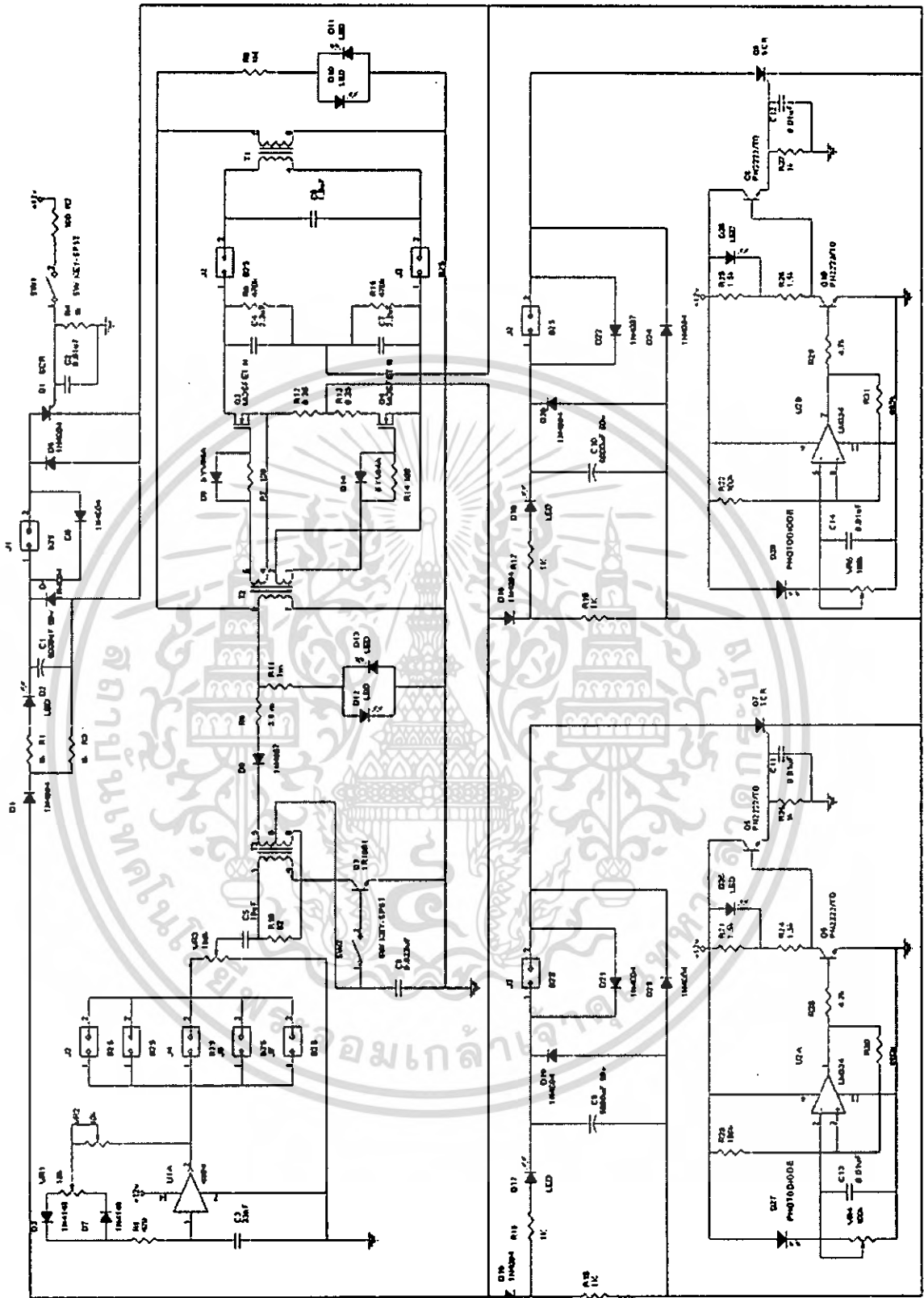
รูปที่ 3.13 วงจรรวมสำหรับควบคุมสนามแม่เหล็ก 3 คอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



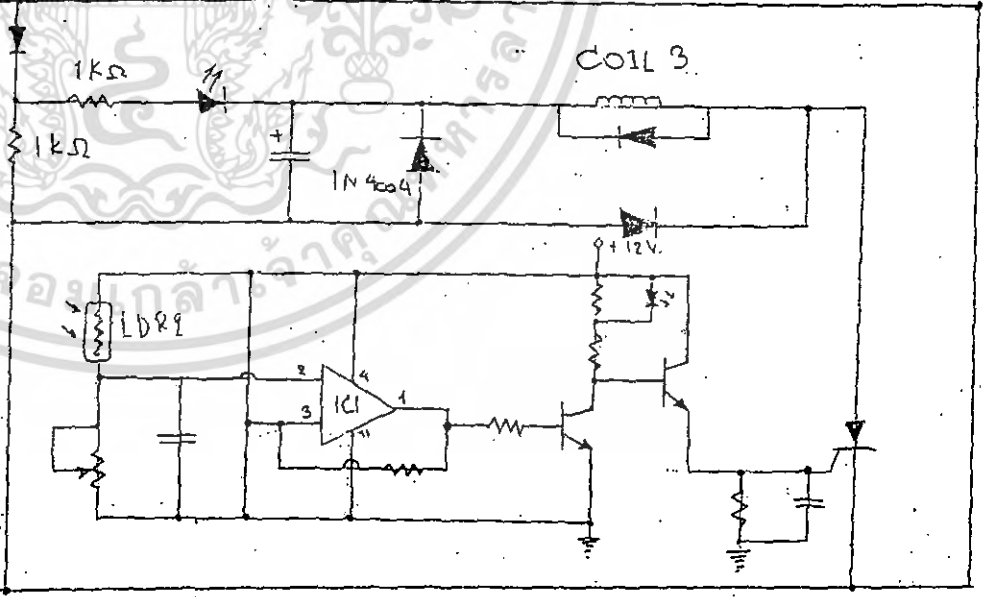
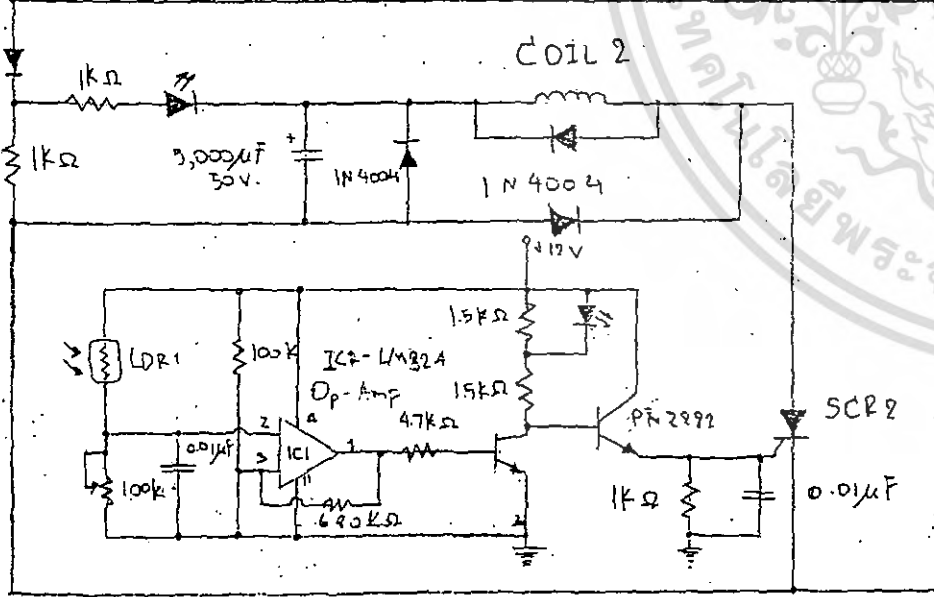
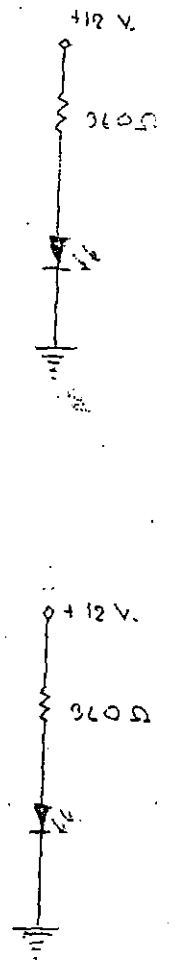
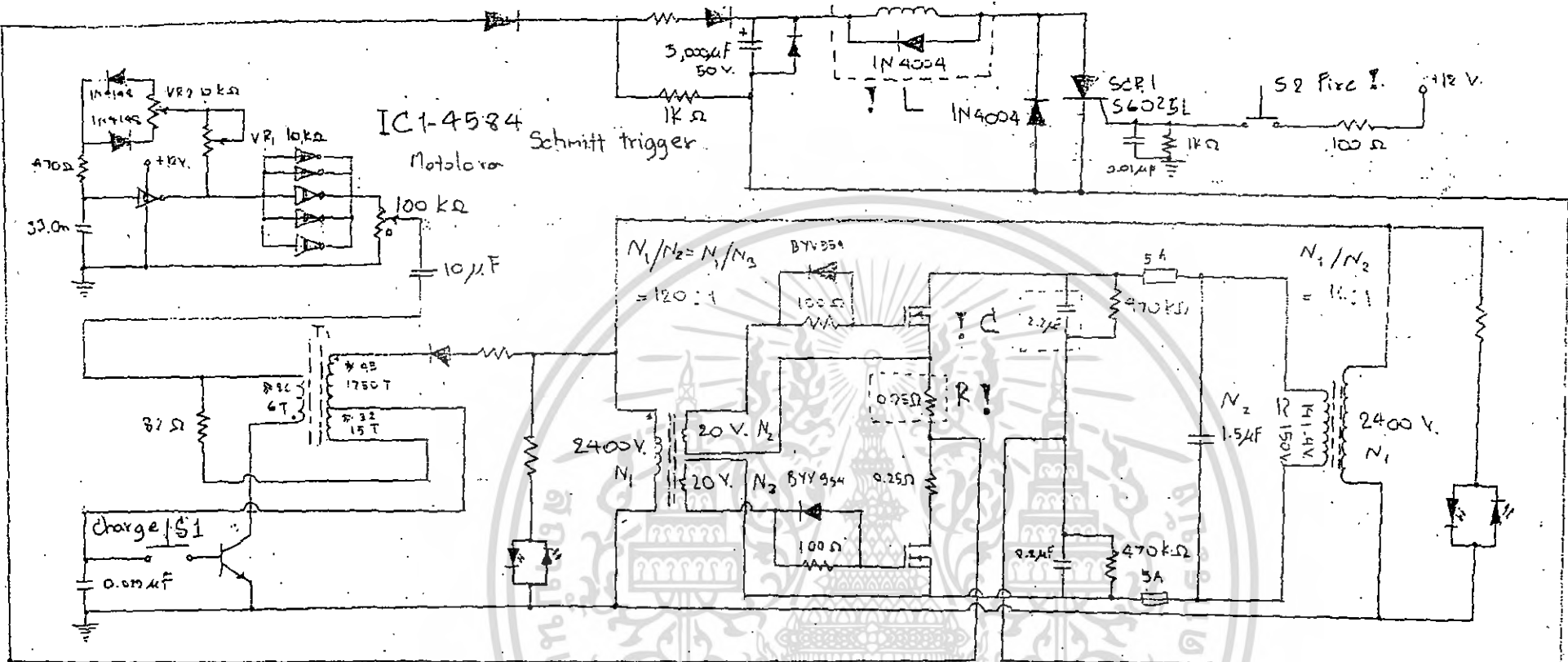
รูปที่ 3.14 ปี่นปลั่งสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วงจรสมบูรณ์ ปีนพลังงานสามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



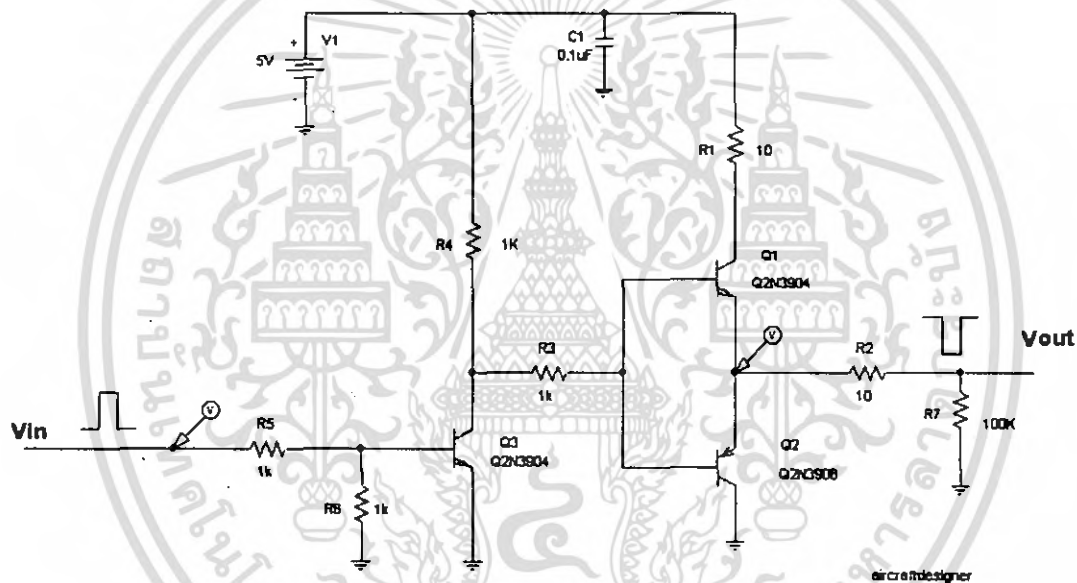
บทที่ 4

การทดลองและนำไปใช้

4.1 วงจร Rectangular Driver

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อปรับปรุงผลให้เป็นไปในทางที่ดีที่สุดและนำไปใช้ในการออกแบบวงจรต่างๆ จึงได้จำลองวงจรสร้างความถี่ โดยการขยายสัญญาณแรงดันจากฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์

วงจรขยายแรงดัน

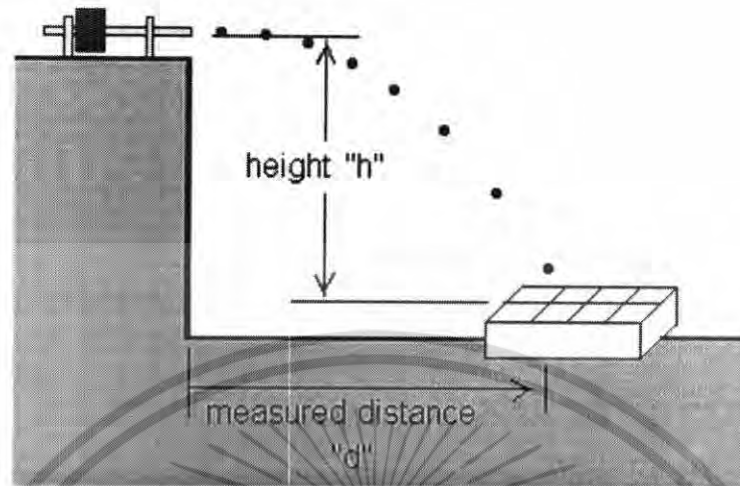


รูปที่ 4.1 แสดงวงจรขยายแรงดัน Rectangular Driver

เมื่อไม่มีสัญญาณเข้ามา Q3 จะไม่ทำงาน ดังนั้น R4, R3 จะป้อนไบอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 Q1 จะทำงานต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์ให้กับ output สัญญาณออกจะประมาณ 5 โวลต์ ตามรูปที่ 4.1 พอมีสัญญาณเข้ามา R5 จะขับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q3 ทรานซิสเตอร์มันก็จะทำงานต่อขาคอลเล็กเตอร์ลงดิน ดังนั้น Q1 จะถูกตัดกระแสไบอัสที่ขาเบสไปเลยหยุดต่อกระแสในเวลาเดียวกัน Q2 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์แบบ PNP มันจะทำงานและจะดึง output ลงดินสัญญาณออกจะประมาณ 0 โวลต์วงจรนี้อาจจะแทนทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q3 ได้ด้วย ทรานซิสเตอร์ 2N2222A และ Q2 ด้วย 2N2907A rise and fall time ประมาณ 1uS ดังนั้นจึงนำฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์มาขยายสัญญาณด้วยวงจรดังกล่าวนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 4.2 การติดตั้งอุปกรณ์

4.2 ทดลองหาความถี่ที่เหมาะสม

การทดลองหาความถี่ที่เหมาะสม สำหรับขดลวดสนามแม่เหล็กเพื่อ โดยใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากันแต่ความถี่ต่างกัน โดยสังเกตว่า ความถี่ไหนทำให้กระสุน ไปไกลที่สุด อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. DC Regulator Power Supply
2. Variac 220 V
3. Function Generator
4. Rectangular Driver
5. ลวดทองแดงเบอร์ต่างๆ

โดยต่อ Function generator เข้ากับ Rectangular Driver แล้วนำเอาที่พู่ของ Rectangular Driver มาต่อเข้ากับวงจรควบคุมคอยล์อย่างง่าย

ขั้นตอนการทดลอง

1. กำหนดแรงดันที่จะป้อนให้กับ Rectangular Driver เป็นสัญญาณ rectangular wave ขนาด 60 Vp-p กำหนดกระแสที่ DC Regulator Power Supply เท่ากับ 0.5 A แล้วทำการปรับเปลี่ยนความถี่ ดังนี้ คือ 0.5 KHz , 1 KHz , 1.5 KHz , 2 KHz , 2.5 KHz , 3 KHz , 3.5 KHz , 4 KHz , 4.5 KHz , 5 KHz

2. บันทึกผลการทดลองระหว่าง ความถี่กับระยะทางที่ ลูกกระสุนเคลื่อนที่

3. สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ (KHz)	ลูกระสุนเคลื่อนที่ (1) ระยะทาง (Cm)	ลูกระสุนเคลื่อนที่ (2) ระยะทาง(Cm)
0.5	8	10
1	13	12
1.5	24	26
2	41	38
2.5	37	40
3	35	37
3.5	33	32
4	31	30
4.5	28	28
5	24	23

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาความถี่ที่เหมาะสม

สรุปการทดลองที่ 4.2

จากการทดลองพบว่า จะมีความถี่อยู่ย่านหนึ่งที่ทำให้กระสุนไปได้ก่อนข้างไกลที่สุด นั่นคือที่ความถี่เท่ากับ 2.0 ถึง 2.5 KHz

4.3 การทดลองเปลี่ยนค่ากระแส ที่ความถี่คงที่

การทดลองเปลี่ยนค่ากระแส ที่ความถี่คงที่เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของกระสุนกับความแรงของกระแส ทั้งนี้จะได้ทำการทดลอง 3 ครั้งเพื่อลองหาความถี่ที่ทำให้กระสุนไปได้ไกลที่สุดเพื่อให้ละเอียดมากขึ้นอีก

ขั้นตอนการทดลอง

- กำหนดแรงดันที่ป้อนให้กับ Rectangular Driver เป็น rectangular wave ขนาด 60 Vp-p ที่ความถี่ 2KHz แล้วทำการปรับเปลี่ยนกระแส ที่กระแสต่างๆ คือ 1.0 A , 0.2 A , 0.3 A , 0.4 A , 0.5 A , 0.6 A , 0.7 A , 0.8 A , 0.9 A , 1 A
- บันทึกการทดลองระหว่างกระแสกับระยะทางที่กระสุนเคลื่อนที่ออกไป

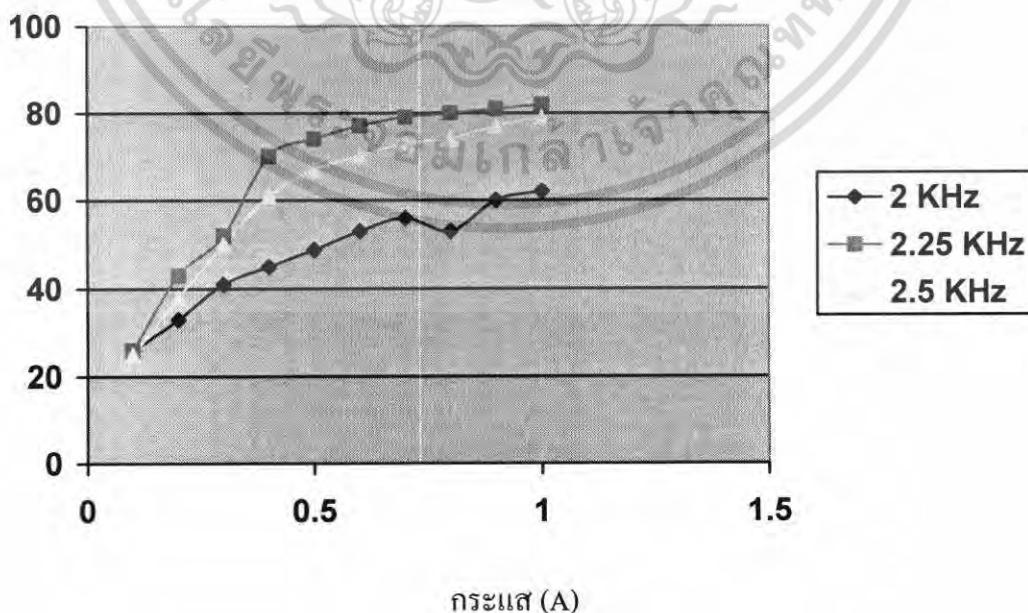
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการทดลองข้อ 1 และ 2 ซ้ำ โดยเปลี่ยน ค่าความถี่เป็น 2.25 KHz และ 2.5 KHz ตามลำดับ

4. พล็อตกราฟระหว่างระยะทางต่อค่ากระแส สรุป

กระแส (A)	ระยะทาง (Cm) ที่ 2 KHz	ระยะทาง (Cm) ที่ 2.25 KHz	ระยะทาง (Cm) ที่ 2.5 KHz
0.1	26	2626	2525
0.2	33	43	38
0.3	41	52	50
0.4	45	70	61
0.5	50	74	67
0.6	53	77	70
0.7	56	79	74
0.8	58	80	76
0.9	60	81	78
1	62	82	79

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองหาความถี่ที่เหมาะสมในการใช้งาน



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบกระแสที่ความถี่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงพาณิชย์ที่ออกให้ท่านนี้ เมื่อผู้ยูห้เห็นหน้าเว็บไซต์นโยบายด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากผลการทดลองเห็นได้ชัดว่าระยะทางนั้นเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสเพิ่มขึ้น ส่วนความถี่นั้นจะเห็นว่า 2.25 KHz เหมาะสมที่สุด จึงทำการออกแบบวงจรเพื่อเพิ่มกระแสสูงสุด และเลือกทำการสร้างวงจร RLC ที่ทำให้เกิดภาวะเรโซแนนซ์

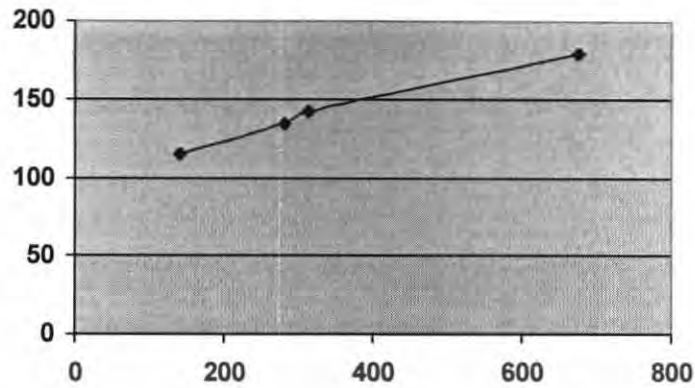
4.4 การทดลองเปลี่ยนค่าความเหนี่ยวนำที่กระแส และความถี่คงที่

ในการทดลองนี้เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางต่อผลของค่าอินดักแตนซ์ จำนวน 4 ตัวอย่าง

1. ป้อนแรงดันความถี่ 2.25 KHz ให้กับชุดขดลวดซึ่งมีค่า Inductance เท่ากับ 141 μH
2. กำหนดกระแส 3 แอมป์ คงที่จ่ายให้กับขดลวด บันทึกผลการทดลองระหว่างค่าความเหนี่ยวนำกับระยะทางที่กระสุนเคลื่อนออกไป
3. ทำการทดลองเหมือนข้อ 1 และ 2 แต่เปลี่ยนมาใช้กับชุดขดลวดที่มีค่า Inductance เท่ากับ 282 μH , 314 μH และ 675 μH ตามลำดับ
4. พล็อตกราฟระหว่างระยะทางต่อความเหนี่ยวนำ

ค่าความเหนี่ยวนำ (μH)	ระยะทาง (Cm)
141	115
282	134
314	142
675	180

ตารางที่ 4.3 เปลี่ยนค่าความเหนี่ยวนำที่กระแส และความถี่คงที่



ค่าความเหนี่ยวนำ (uH)

รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ของระยะทางต่อค่าอินดักแตนซ์

สรุป

จากการทดลองจะเห็นว่าค่า Inductance ยิ่งมาก ระยะทางยิ่งมาก แต่ว่าข้อจำกัดก็คือ ขนาดที่ใหญ่ขึ้นตามไปด้วย จึงควรเลือกค่าอินดักแตนซ์ที่มีขนาดของขดลวดเหมาะสมกับความพอดี

4.5 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางต่อพลังงานสะสม

ในการทดลองนี้เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับกระแสและค่าความเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก ว่าเป็นตามสมการพลังงานสะสมในอินดักแตนซ์หรือไม่ โดยแสดงให้เห็นว่าถึงค่าอินดักแตนซ์จะมาก แต่ค่าพลังงานสะสมนั้นมีน้อย กระสุนก็จะต้องขึ้นต่อค่าพลังงานสะสม ในการทดลองนี้ใช้ขดลวดซึ่งมีค่าอินดักแตนซ์ ดังนี้ 126 μH , 141 μH , 282 μH , 314 μH , 675 μH และ 712 μH

ขั้นตอนการทดลอง

1. กำหนดแรงดันที่ป้อนให้กับ Rectangular Driver เป็น rectangular wave ขนาด 60 Vp-p คงที่ป้อนให้กับขดลวดซึ่งมีค่าอินดักแตนซ์เท่ากับ 126 μH
2. บันทึกผลการทดลองระหว่างกระแสและระยะทางที่กระสุนเคลื่อนที่ออกไป
3. ทำการทดลองเหมือนข้อ 1 และ 2 แต่เปลี่ยนมาใช้กับขดลวดที่มีค่าอินดักแตนซ์เท่ากับ 141 μH , 282 μH , 314 μH , 675 μH และ 712 μH

4. สรุป

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับค่าความเหนี่ยวนำ 126 μH กระแส 3 แอมป์ นั่นคือพลังงานสะสมที่มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} W_m &= \frac{1}{2} LI^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 126 \mu\text{H} \times 3^2 \\ &= 0.57 \text{ mJ} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเหนี่ยวนำ (μH)	กระแส (A)	พลังงานสะสม (mJ)	ระยะทาง (Cm)
126	3	0.57	105
141	3	0.63	115
282	2.8	1.1	125
314	2.7	1.14	133
675	1.1	0.41	71
712	1	0.35	67

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางต่อพลังงานสะสม

สรุป

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ผลการทดลองเป็นไปตามการคำนวณทางทฤษฎีพลังงานสะสม คือเมื่อพลังงานสะสมมาก ระยะทางก็จะไกลขึ้นตามไปด้วย

4.6 การทดลองชนิดของล้ากัล้องที่มีผลต่อระยะทาง

เพื่อหาล้ากัล้องที่เหมาะสมที่สุด โดยการเปลี่ยนชนิดของล้ากัล้องที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน แล้วเปรียบเทียบผล

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. DC Regulator Power Supply
2. Variac 220 V
3. Function Generator
4. Rectangular Driver
5. ท่อลุมิเนียม , สแตนเลส , ทองเหลือง , เหล็ก และพลาสติก

ขั้นตอนการทดลอง

1. กำหนดแรงดันที่ป้อนให้กับ Rectangular Driver เป็น rectangular wave ขนาด 60 Vp-p คงที่ กระแสเท่ากับ 3 แอมป์ คงที่ ค่าอินดักแตนซ์เท่ากับ 282 μH
2. ทดลองปล่อยกระแสให้กับขดลวด โดยใช้ท่อชนิดต่างเป็นล้ากัล้อง
3. บันทึกผลระยะทางที่ได้จากการใช้ท่อชนิดต่างๆ สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

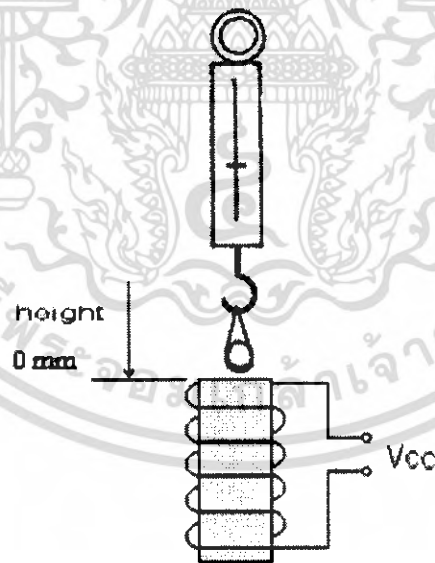
ชนิดของลวดลึง	ระยะทาง (m)
เหล็ก	2.2
ทองเหลือง	3
แสตนเลส	4.5
อลูมิเนียม	5.2
พลาสติก	5.3

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองชนิดของลวดลึงที่มีผลต่อระยะทาง

สรุป

ท่อโลหะนั้นมีผลรบกวนต่อสนามแม่เหล็ก บางครั้งส่งผลให้กระสุนมีวิถีที่ควบคุมได้ยาก
ท่อพลาสติกจึงเหมาะสมที่สุด

4.7 การทดลองหาระยะห่างระหว่างขดลวดกับตุ้กกระสุน ที่เหมาะสม



รูปที่ 4.5 การทดลองหาระยะห่างของกระสุนกับขดลวดที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองนี้ จะหาแรงที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อวัตถุ โดยการใช้คางซ์สปริงยึดกระสุนไว้ในแนวตั้ง วัดแรงที่สนามแม่เหล็กกระทำกับกระสุน โดยมีหน่วยเป็นกรัม แล้วลบกับน้ำหนักของลูกกระสุนเอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. กำหนดแรงดันที่ป้อนให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กเป็น rectangular wave ขนาด 60 Vp-p ค่าอินดักแตนซ์เท่ากับ 3.5 mH
2. ตั้งลากลึงให้ตั้งฉากกับพื้น ติดตั้งกระสุนไว้กับคางซ์สปริง ดังรูปที่ 4.7.1
3. กำหนดระยะห่างระหว่างขดลวดกับลูกกระสุน จากระยะ -3 ถึง 48 มิลลิเมตร
4. สังเกตแรงดึงของขดลวดที่แสดงผลเป็นกรัม
5. บันทึกผลที่เกิดขึ้นและระยะทางที่ได้จากระยะต่างๆ สรุป

ระยะห่าง (mm)	แรงที่กระทำกับคางซ์ (g)
-3	4.5
-2	3.1
-1	2.8
0	2.5
2	2.35
4	2.1
6	1.85
8	1.9
10	1.9
15	1.95
20	2.2
25	2.9
30	4.6
35	9.8
40	12.5
42	น้อยกว่า 12.5
44	0
46	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48	0
----	---

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาระยะห่างระหว่างขดลวดกับลูกกระสุน ที่เหมาะสม

สรุปจากการทดลองพบว่าเมื่อระยะห่างจากคอยล์มากกว่า 42 มม. คอยล์จะไม่มีแรงที่จะดึงสกรูได้ ดังนั้นจึงกำหนดระยะห่างระหว่างกระสุนกับคอยล์ตัวแรกเท่ากับ 40 มม. และระยะห่างระหว่างคอยล์แต่ละตัวเท่ากับ 50 มม. เพื่อที่ให้กระสุนเคลื่อนที่พ้นจากคอยล์ตัวส่งมาก่อนพร้อมทั้งจะได้มีที่ว่างสำหรับเจาะรูติดตั้งเซนเซอร์ประมาณ 10 มม.

4.8 การทดลองหาดีเทคเตอร์เซนเซอร์ที่เสถียรที่สุดและออกแบบวงจร ควบคุม

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. วงจร ติดตั้งสนามแม่เหล็ก 2 คอน
2. ท่อพลาสติก
3. เลเซอร์โค โอค
4. โฟโต้โค โอค
5. อินฟราเรดเซนเซอร์ รับ - ส่ง

ขั้นตอนในการทดลอง

1. กำหนดแรงดันที่ป้อนให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กเป็น rectangular wave ขนาด 60 Vp-p ค่าอินดักแตนซ์เท่ากับ 3.5 mH
2. กำหนดระยะห่างลูกปืนกับคอยล์ เท่ากับ 40 มม.
3. เจาะรูขนาด 5 มม. ที่ท่อหลังคอยล์ตัวแรก 5-7 มม.
4. ทดลองใช้เซนเซอร์แบบต่างๆ
5. บันทึกผลที่เกิดขึ้น สรุป

ชนิดของเซนเซอร์	ข้อดี	ข้อเสีย
อินฟราเรดรับ - ส่ง	สัญญาณรบกวนน้อย	ต้องเจาะรู 2 รู รับ-ส่ง ได้ไม่ดี หากต่อการใช้งาน
โฟโต้โค โอค	ติดตั้งง่าย	สัญญาณรบกวนเยอะ ตอบสนองช้า
เลเซอร์กับโฟโต้โค โอค	รับ-ส่งดี สัญญาณรบกวน น้อย	ต้องคอยบำรุงรักษา

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบใช้งานเซนเซอร์ชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการทดลองจึงเลือกใช้เลเซอร์โคโอดกับโฟโด้โคโอด เพราะได้รวมข้อดีของเซนเซอร์ 2 ชนิดไว้ ไม่มีผลกระทบจากภายนอก ทำการติดตั้งโดยเจาะรู 2 รู ตรงข้ามกัน โดยติดตั้งเลเซอร์ให้ปลายแนบสนิทกับรูฝั่งหนึ่ง และส่องแสงทะลุผ่านไปยังรูฝั่งตรงข้าม นำหลอดหรือท่อเล็กๆที่ทับแสงมาครอบโฟโด้โคโอดไว้เพื่อไม่ให้แสงจากภายนอกเข้าและนำไปติดตั้งไว้ยังรูอีกฝั่งให้แนบสนิท เพื่อรับแสงจากเลเซอร์โคโอดโดยตรงเพียงอย่างเดียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทำงาน

การนำข้อมูลที่ได้ออกไปปรับปรุงอุปกรณ์และประกอบขึ้นให้ใช้งาน ได้จริงจากผลการทดลอง ทำให้ทราบได้ว่า ถึงแม้มีการทดลองมาแล้วก็ยังมี ความจำเป็นให้ต้องปรับปรุงอุปกรณ์ตามปัญหาที่ เพิ่งจะพบอยู่เสมอ ยังผลให้ต้องทดลองต่อไปจนไม่ไร้อะไรแต่เพียงจะใช้งานได้ อุปกรณ์ยังต้องเสถียร ที่สุดอีกด้วย

ที่ค่าความถี่ 2.25 KHz จะทำให้ค่าพลังงานสะสมในขดลวดสูงสุด เมื่อ เทียบกับค่าความถี่ อื่น ๆ และถ้ากล้อที่ใช้จะเป็นจะเป็นพลาสติกเนื่องจากมีความต้านทานสนามแม่เหล็กสูงจะทำให้ สนาม แม่เหล็ก (B) ไม่ถูกรบกวนและเกาะกลุ่มกันดี ได้มากกว่าถ้ากล้อโลหะ ส่วนรูปแบบการพัน ขดลวดนั้นก็ผลเช่นกัน ซึ่งจากการทดลอง ถ้าพันขดลวดที่มีความยาวต่ำ ๆ บน ล้อกล้อจะทำให้ ระยะการเคลื่อนที่ของกระสุนออกไปได้ไกลกว่าการพันขดลวดที่มีความยาวสูง ๆ แต่ระยะทาง การ เคลื่อนที่ของวงแหวนระหว่างการพันขดลวดที่มีความยาวต่ำ ๆ กับขดลวดที่มีความยาวสูง ๆ จะมีค่า ไม่ต่าง กันมากนัก อยู่ที่ประมาณ 1 เซนติเมตร ถึง 2 เซนติเมตรเท่านั้น และจากการทดลองหาค่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสความเหนี่ยวนำที่กระสุนเคลื่อนที่ ออกไป ปรากฏว่าค่า พลังงานจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าของกระแสและค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่ง เป็นไป ตามสมการ พลังงานสะสมในขดลวด คือ $W_m = \frac{1}{2} LI^2$ ดังนั้นถ้าต้องการระยะทางในการเคลื่อนที่ ของกระสุน ได้ไกลขึ้น ก็ต้องทำการเพิ่มค่ากระแสให้มากขึ้น เพื่อป้องกันกับขดลวด ซึ่งจาก สมการ $W_m = \frac{1}{2} LI^2$ ดังนั้นถ้าต้องการเพิ่มค่าพลังงานสะสมให้มากขึ้นควรจะทำที่กระแส จะดีกว่าการเพิ่มที่ค่าความเหนี่ยวนำเนื่องจากจะทำให้มีขนาดขดลวดใหญ่มากและเสียหายง่าย ซึ่ง การเพิ่มกระแสให้มากขึ้นทำได้โดยการนำ คาปาซิเตอร์มาต่ออนุกรม กับ ขดลวด ให้เกิดการเรโซแนนซ์

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ปัญหา

จากการดำเนินการทั้งหมดตลอดปีการศึกษา ปัญหาที่พบใน โครงการนี้มีหลายอย่างด้วยกัน อันเป็น อุปสรรคในการทำงานซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. การทำการทดลองบนแผ่น Proto board มีความผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากการ ต่อวงจรไม่แน่นทำให้ วงจรเกิดความถี่ความผิดพลาดแทรกเข้ามา จึงควรต่อและตรวจวัดตั้งแต่ตัว แรกทีละตัว และจัดเรียงให้เป็นระเบียบ เพื่อจำกัดวงของปัญหาเนื่องจากสัญญาฉบับรวมที่ หน้าสัมผัสบริเวณขาอุปกรณ์

2. จากการทดลองที่ 4.7 จะสังเกตเห็นได้ว่า กระสุนนั้นจะแกว่งเบาๆ เป็นวงกลม ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระสุนที่วิ่งจากปากกระบอกจะมีความเป็นวิถีโค้งมาก ควรหาลำกล้องที่มีความพอดีกับกระสุน หรืออาจเพิ่มสารหล่อลื่นเพื่อเติมเต็มระหว่างช่องว่างของลำกล้องกับกระสุน

3. การพันขดลวดสนามแม่เหล็กแกนอากาศแบบหลายชั้น ทำได้ค่อนข้างยาก กว่าที่รู้ว่า ใช้ได้หรือไม่ก็ต่อเมื่อต้องพันเสร็จไปแล้ว ทำให้สิ้นเปลืองในหลายด้าน การทดลองที่ต้องใช้ ขดลวดที่หลายค่าอินดักแตนซ์จึงพันแบบชั้นเดียวจะเป็นการดีกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Robert L. Boylestad and Louis Nashelsky. “Electronic Devices And Circuit Theory.” Ninth Edition New Jersey : Pearson Education, 2006
- [2] คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. “ฟิสิกส์ 2.” กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ.2545
- [3] ผศ.ดร.วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์. “การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า.” กรุงเทพมหานคร : แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547
- [4] นายเกรียงศักดิ์ ฐานิกเกษตร, นายมานะชัย เหลืองจรรุทธ. “การหลอมโลหะโดยการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็ก.” ปรินูญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2533
- [5] นายกฤษณะ วงศ์วิฑิต, นายธีรศักดิ์ สมสุข, นายวิชัยเพชร จันทร์ลา. “การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยแกน EI ที่เหมาะสม.” ปรินูญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542

ภาคผนวก ก

เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14584B

Hex Schmitt Trigger

The MC14584B Hex Schmitt Trigger is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These devices find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. The MC14584B may be used in place of the MC14069UB hex inverter for enhanced noise immunity to "square up" slowly changing waveforms.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load over the Rated Temperature Range
- Double Diode Protection on All Inputs
- Can Be Used to Replace MC14069UB
- For Greater Hysteresis, Use MC14106B which is Pin-for-Pin Replacement for CD40106B and MM74C14

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	- 0.5 to + 18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	- 0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	- 65 to + 150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

† Temperature Derating:

Plastic "P" and D/DW" Packages: - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: - 12 mW/°C From 100°C To 125°C

EQUIVALENT CIRCUIT SCHEMATIC
(1/6 OF CIRCUIT SHOWN)



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 632



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 646



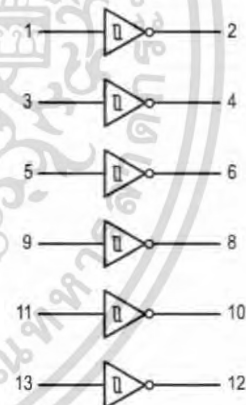
D SUFFIX
SOIC
CASE 751A

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBD SOIC

T_A = - 55° to 125°C for all packages.

LOGIC DIAGRAM



V_{DD} = PIN 14
V_{SS} = PIN 7

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	- 55°C		25°C			125°C		Unit
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max	
Output Voltage $V_{in} = V_{DD}$ $V_{in} = 0$	"0" Level V_{OL}	5.0	---	0.05	---	0	0.05	---	0.05	Vdc
		10	---	0.05	---	0	0.05	---	0.05	
		15	---	0.05	---	0	0.05	---	0.05	
	"1" Level V_{OH}	5.0	4.95	---	4.95	5.0	---	4.95	---	Vdc
		10	9.95	---	9.95	10	---	9.95	---	
		15	14.95	---	14.95	15	---	14.95	---	
Output Drive Current ($V_{OH} = 2.5$ Vdc) ($V_{OH} = 4.6$ Vdc) ($V_{OH} = 9.5$ Vdc) ($V_{OH} = 13.5$ Vdc) ($V_{OL} = 0.4$ Vdc) ($V_{OL} = 0.5$ Vdc) ($V_{OL} = 1.5$ Vdc)	Source I_{OH}	5.0	-3.0	---	-2.4	-4.2	---	-1.7	---	mA _{dc}
		5.0	-0.64	---	-0.51	-0.88	---	-0.36	---	
		10	-1.6	---	-1.3	-2.25	---	-0.9	---	
	Sink I_{OL}	5.0	0.64	---	0.51	0.88	---	0.36	---	mA _{dc}
		10	1.6	---	1.3	2.25	---	0.9	---	
		15	4.2	---	3.4	8.8	---	2.4	---	
Input Current	I_{in}	15	---	±0.1	---	±0.00001	±0.1	---	±1.0	μA _{dc}
Input Capacitance ($V_{in} = 0$)	C_{in}	---	---	---	---	5.0	7.5	---	---	pF
Quiescent Current (Per Package)	I_{DD}	5.0	---	0.25	---	0.0005	0.25	---	7.5	μA _{dc}
		10	---	0.5	---	0.0010	0.5	---	15	
		15	---	1.0	---	0.0015	1.0	---	30	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) ($C_L = 50$ pF on all outputs, all buffers switching)	I_T	5.0	$I_T = (1.8 \mu A/kHz) f + I_{DD}$							μA _{dc}
		10	$I_T = (3.6 \mu A/kHz) f + I_{DD}$							
		15	$I_T = (5.4 \mu A/kHz) f + I_{DD}$							
Hysteresis Voltage	$V_H \ddagger$	5.0	0.27	1.0	0.25	0.6	1.0	0.21	1.0	Vdc
		10	0.36	1.3	0.3	0.7	1.2	0.25	1.2	
		15	0.77	1.7	0.6	1.1	1.5	0.50	1.4	
Threshold Voltage Positive-Going Negative-Going	V_{T+}	5.0	1.9	3.5	1.8	2.7	3.4	1.7	3.4	Vdc
		10	3.4	7.0	3.3	5.3	6.9	3.2	6.9	
		15	5.2	10.6	5.2	8.0	10.5	5.2	10.5	
	V_{T-}	5.0	1.6	3.3	1.6	2.1	3.2	1.5	3.2	Vdc
		10	3.0	6.7	3.0	4.6	6.7	3.0	6.7	
		15	4.5	9.7	4.6	6.9	9.8	4.7	9.9	

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) V/fk$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, $V = (V_{DD} - V_{SS})$ in volts, f in kHz is input frequency, and $k = 0.001$.

‡ $V_H = V_{T+} - V_{T-}$ (But maximum variation of V_H is specified as less than $V_{T+} \text{ max} - V_{T-} \text{ min}$).

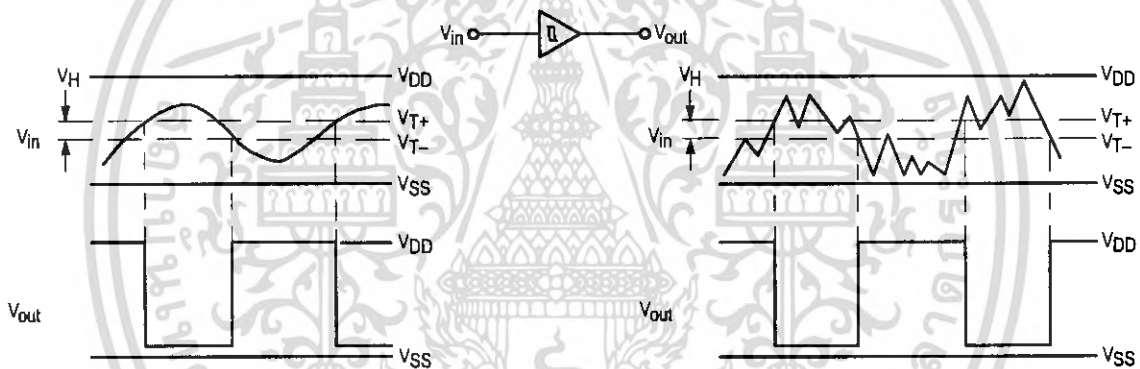
SWITCHING CHARACTERISTICS ($C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Symbol	VDD Vdc	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise Time	t_{TLH}	5.0	—	100	200	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
Output Fall Time	t_{THL}	5.0	—	100	200	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
Propagation Delay Time	t_{PLH} , t_{PHL}	5.0	—	125	250	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.



Figure 1. Switching Time Test Circuit and Waveforms



(a) Schmitt Triggers will square up inputs with slow rise and fall times.

(b) A Schmitt trigger offers maximum noise immunity in gate applications.

Figure 2. Typical Schmitt Trigger Applications

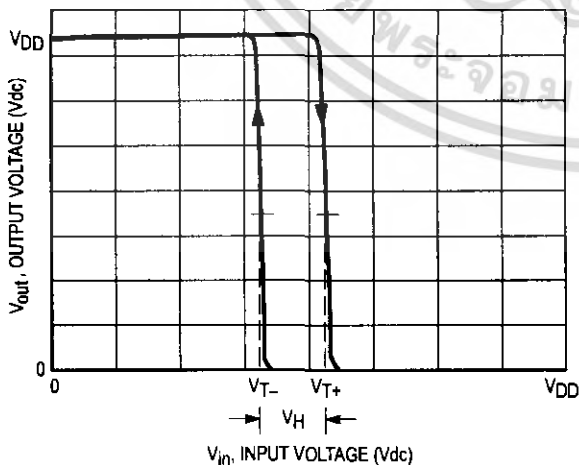


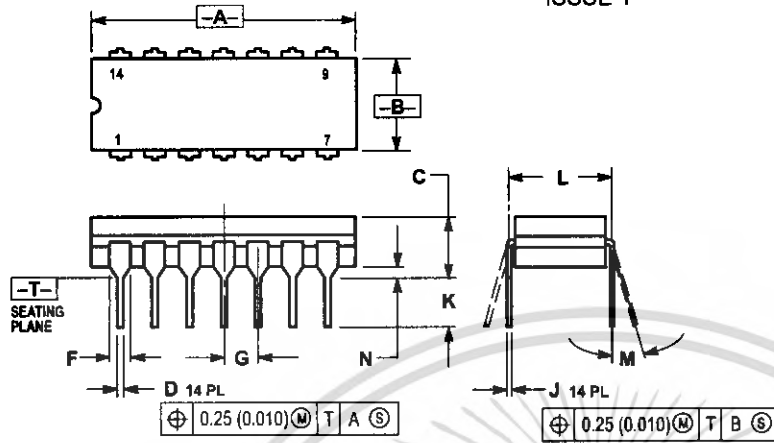
Figure 3. Typical Transfer Characteristics

PIN ASSIGNMENT

IN 1	1	14	VDD
OUT 1	2	13	IN 6
IN 2	3	12	OUT 6
OUT 2	4	11	IN 5
IN 3	5	10	OUT 5
OUT 3	6	9	IN 4
VSS	7	8	OUT 4

OUTLINE DIMENSIONS

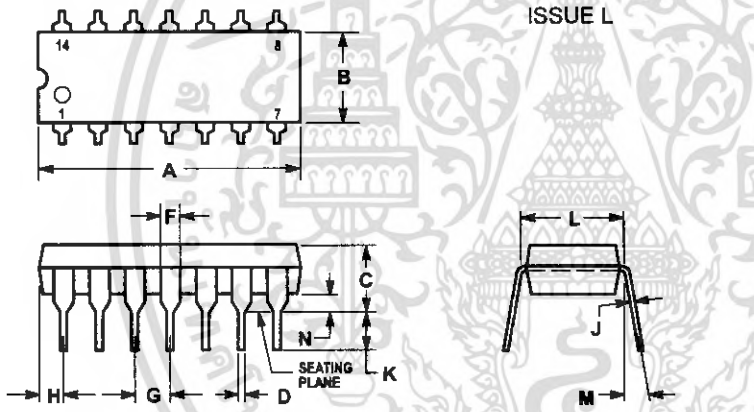
L SUFFIX CERAMIC DIP PACKAGE CASE 632-08 ISSUE Y



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION F MAY NARROW TO 0.76 (0.030) WHERE THE LEAD ENTERS THE CERAMIC BODY.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.750	0.785	19.05	19.94
B	0.245	0.280	6.23	7.11
C	0.155	0.200	3.94	5.08
D	0.015	0.020	0.39	0.50
F	0.055	0.065	1.40	1.65
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.125	0.170	3.18	4.31
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0° - 15°		0° - 15°	
N	0.020	0.040	0.51	1.01

P SUFFIX PLASTIC DIP PACKAGE CASE 646-06 ISSUE L

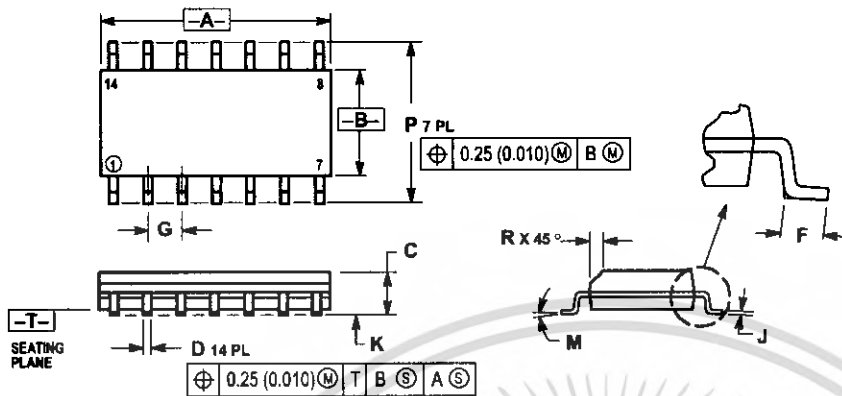


- NOTES:
1. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
 2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 4. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0° - 10°		0° - 10°	
N	0.015	0.039	0.39	1.01

OUTLINE DIMENSIONS

D SUFFIX PLASTIC SOIC PACKAGE CASE 751A-03 ISSUE F



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution,
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

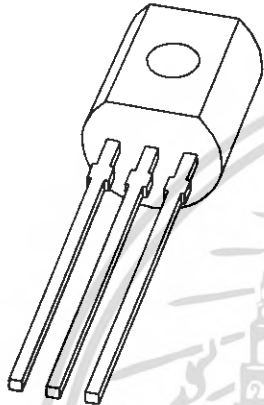
ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



MC14584B/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET



BC337 NPN general purpose transistor

Product specification
Supersedes data of 1997 Mar 10

1999 Apr 15

NPN general purpose transistor

BC337

FEATURES

- High current (max. 500 mA)
- Low voltage (max. 45 V).

APPLICATIONS

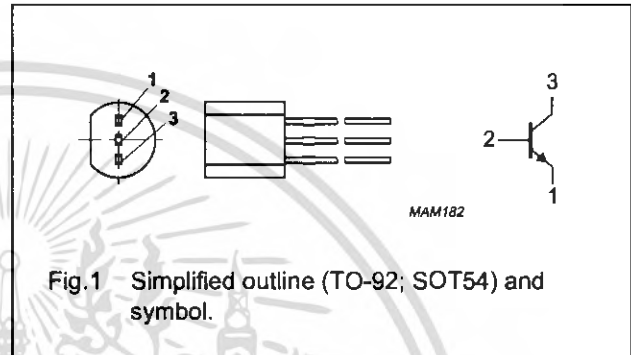
- General purpose switching and amplification, e.g. driver and output stages of audio amplifiers.

DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package. PNP complement: BC327.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	-	50	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	-	45	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	-	5	V
I_C	collector current (DC)		-	500	mA
I_{CM}	peak collector current		-	1	A
I_{BM}	peak base current		-	200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$; note 1	-	625	mW
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		-	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

NPN general purpose transistor

BC337

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	0.2	K/mW

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

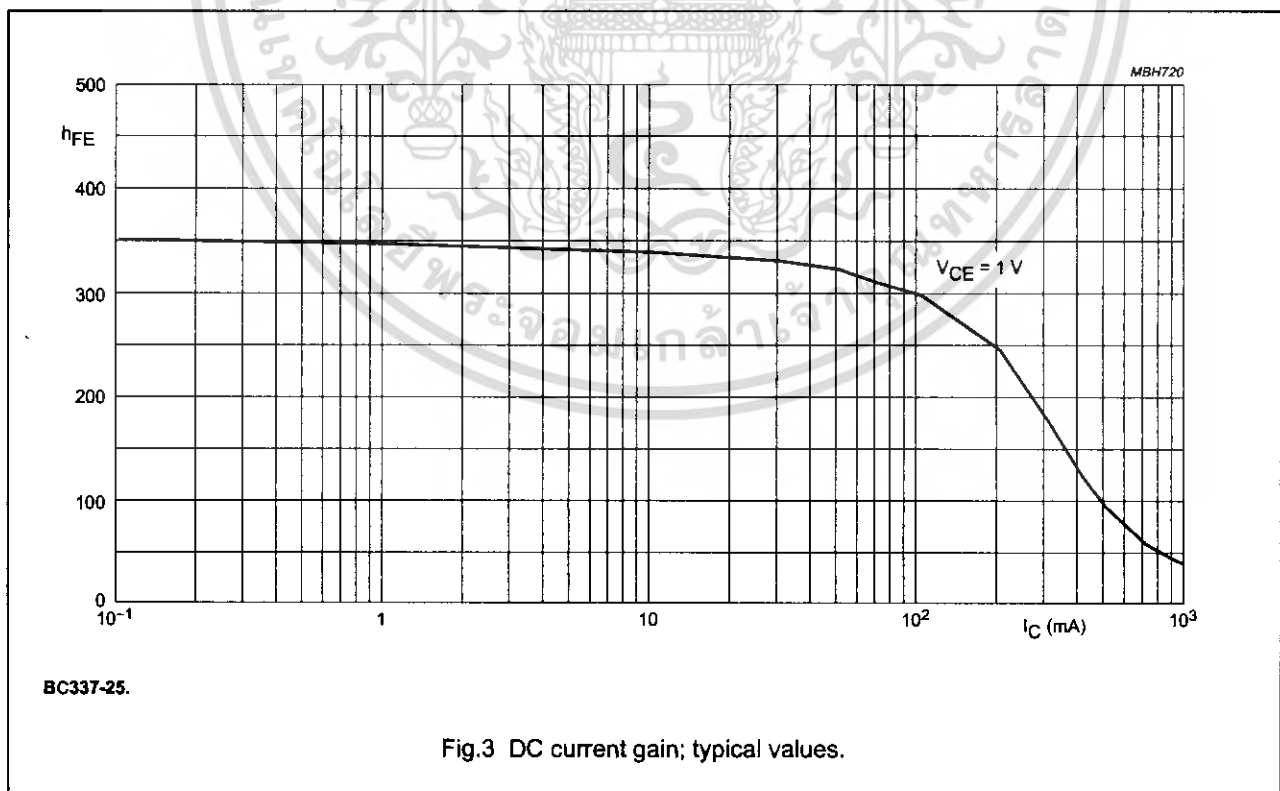
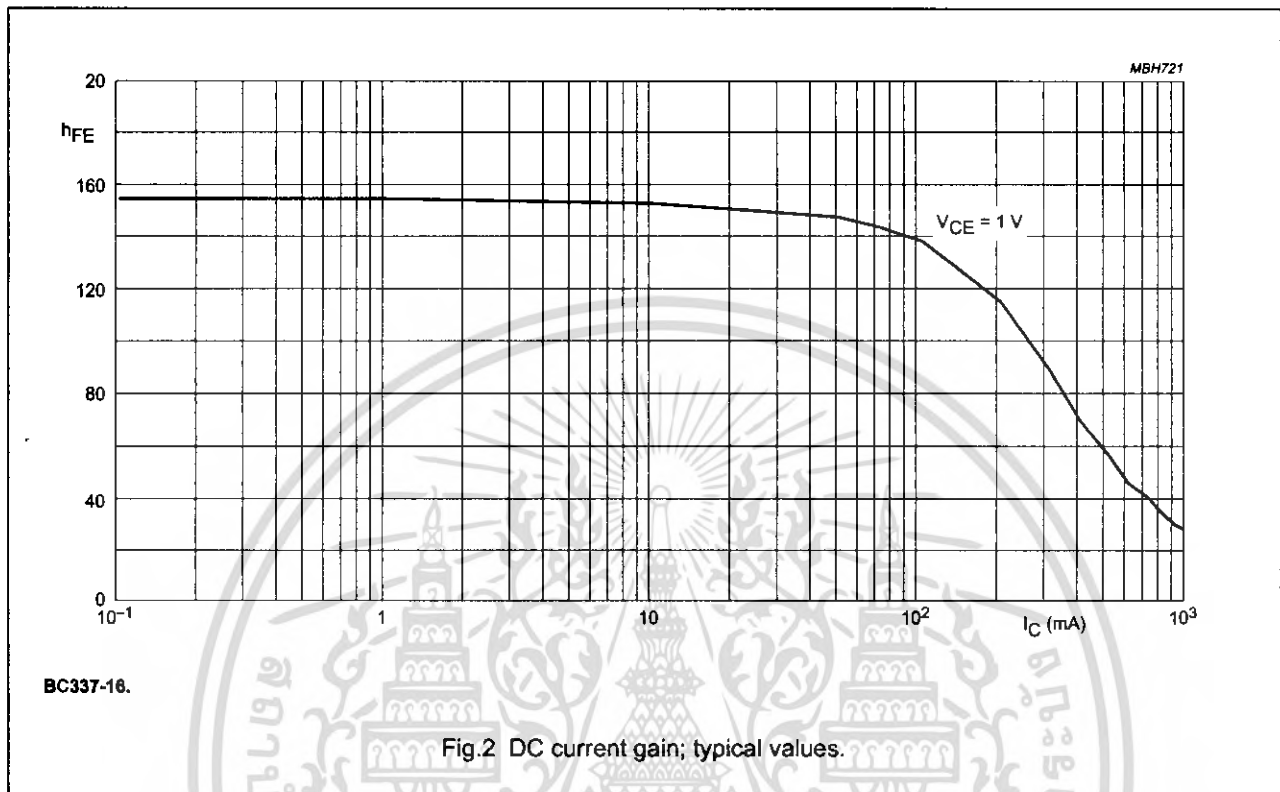
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = 20\text{ V}$	–	–	100	nA	
		$I_E = 0; V_{CB} = 20\text{ V}; T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	5	μA	
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 5\text{ V}$	–	–	100	nA	
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 100\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ see Figs 2, 3 and 4	–	–	–	–	
			BC337	100	–	600	
			BC337-16	100	–	250	
			BC337-25	160	–	400	
	BC337-40	250	–	600			
	DC current gain	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ see Figs 2, 3 and 4	40	–	–		
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}$	–	–	700	mV	
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ note 1	–	–	1.2	V	
C_c	collector capacitance	$I_E = I_C = 0; V_{CB} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	5	–	pF	
f_T	transition frequency	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	100	–	–	MHz	

Note

1. V_{BE} decreases by about 2 mV/K with increasing temperature.

NPN general purpose transistor

BC337



NPN general purpose transistor

BC337

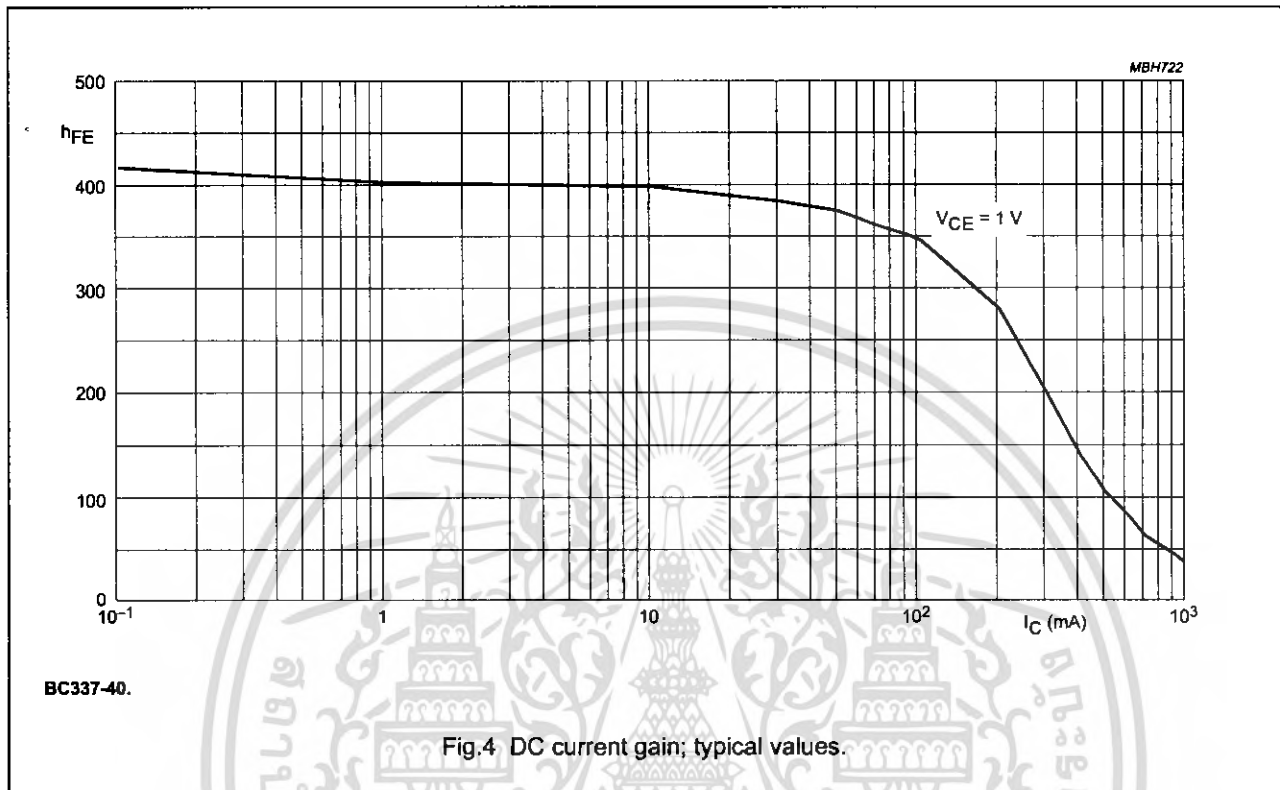


Fig.4 DC current gain; typical values.

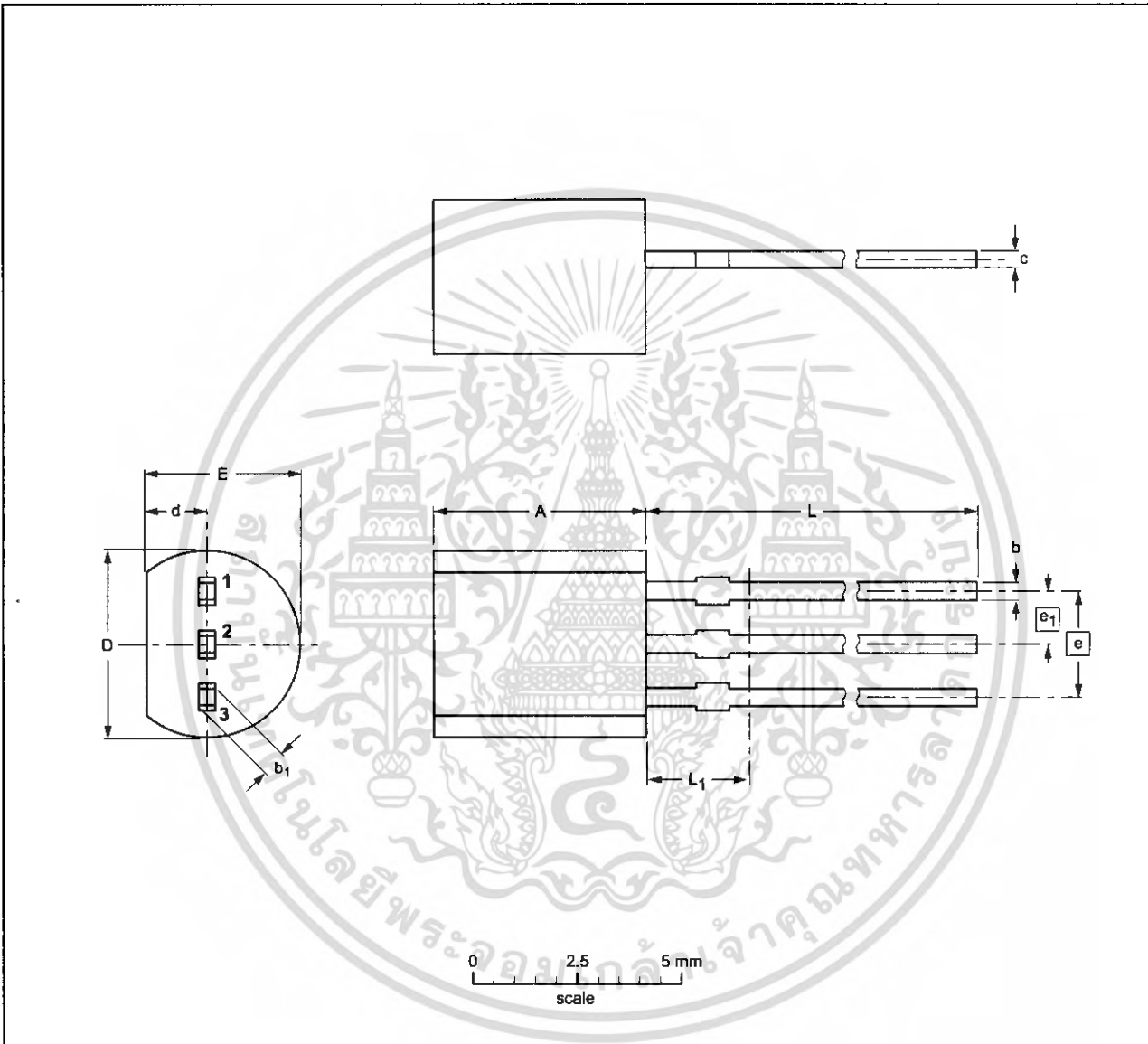
NPN general purpose transistor

BC337

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b ₁	c	D	d	E	e	e ₁	L	L ₁ ⁽¹⁾
mm	5.2	0.48	0.66	0.45	4.8	1.7	4.2	2.54	1.27	14.5	2.5
	5.0	0.40	0.56	0.40	4.4	1.4	3.6				

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT54		TO-92	SC-43		97-02-28

NPN general purpose transistor

BC337

DEFINITIONS

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

1999 Apr 15

7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113,
Tel. +61 2 9805 4455, Fax. +61 2 9805 4466

Austria: Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213,
Tel. +43 1 60 101 1248, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6,
220050 MINSK, Tel. +375 172 20 0733, Fax. +375 172 20 0773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoprojekt, 15th floor,
51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,
Tel. +359 2 68 9211, Fax. +359 2 68 9102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,
72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG,
Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Sydhavnsgade 23, 1780 COPENHAGEN V,
Tel. +45 33 29 3333, Fax. +45 33 29 3905

Finland: Sinikalliontie 3, FIN-02630 ESPOO,
Tel. +358 9 615 800, Fax. +358 9 6158 0920

France: 51 Rue Camot, BP317, 92156 SURESNES Cedex,
Tel. +33 1 4099 6161, Fax. +33 1 4099 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG,
Tel. +49 40 2353 60, Fax. +49 40 2353 6300

Hungary: see Austria

India: Philips INDIA Ltd, Band Box Building, 2nd floor,
254-D, Dr. Annie Besant Road, Worli, MUMBAI 400 025,
Tel. +91 22 493 8541, Fax. +91 22 493 0966

Indonesia: PT Philips Development Corporation, Semiconductors Division,
Gedung Philips, Jl. Buncit Raya Kav.99-100, JAKARTA 12510,
Tel. +62 21 794 0040 ext. 2501, Fax. +62 21 794 0080

Ireland: Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14,
Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, PO Box 18053,
TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3,
20124 MILANO, Tel. +39 2 6752 2531, Fax. +39 2 6752 2557

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku,
TOKYO 108-8507, Tel. +81 3 3740 5130, Fax. +81 3 3740 5077

Korea: Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,
Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,
Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,
Tel. +9-5 800 234 7381, Fax +9-5 800 943 0087

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,
Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,
Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

Norway: Box 1, Manglerud 0612, OSLO,
Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Pakistan: see Singapore

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,
106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukiska 10, PL 04-123 WARSZAWA,
Tel. +48 22 612 2831, Fax. +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW,
Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

Singapore: Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 319762,
Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale,
2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 7430 Johannesburg 2000,
Tel. +27 11 470 5911, Fax. +27 11 470 5494

South America: Al. Vicente Pinzon, 173, 6th floor,
04547-130 SÃO PAULO, SP, Brazil,
Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 821 2382

Spain: Balmes 22, 08007 BARCELONA,
Tel. +34 93 301 6312, Fax. +34 93 301 4107

Sweden: Kottbygatan 7, Akalla, S-16485 STOCKHOLM,
Tel. +46 8 5985 2000, Fax. +46 8 5985 2745

Switzerland: Allmendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH,
Tel. +41 1 488 2741 Fax. +41 1 488 3263

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1,
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2886, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd.,
209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260,
Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

Turkey: Talatpasa Cad. No. 5, 80640 GÜLTEPE/ISTANBUL,
Tel. +90 212 279 2770, Fax. +90 212 282 6707

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7,
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,
MIDDLESEX UB3 5BX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

United States: 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409,
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD,
Tel. +381 11 62 5344, Fax. +381 11 63 5777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors,
International Marketing & Sales Communications, Building BE-p, P.O. Box 218,
5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: <http://www.semiconductors.philips.com>

© Philips Electronics N.V. 1999

SCA63

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

115002/00/03/pp8

Date of release: 1999 Apr 15

Document order number: 9397 750 05676

Let's make things better.

Philips
Semiconductors



PHILIPS



Certificate Number: Q16581

Certificate Number: 517276

BYV95A - BYV96E

AVALANCHE FAST RECOVERY RECTIFIER DIODES

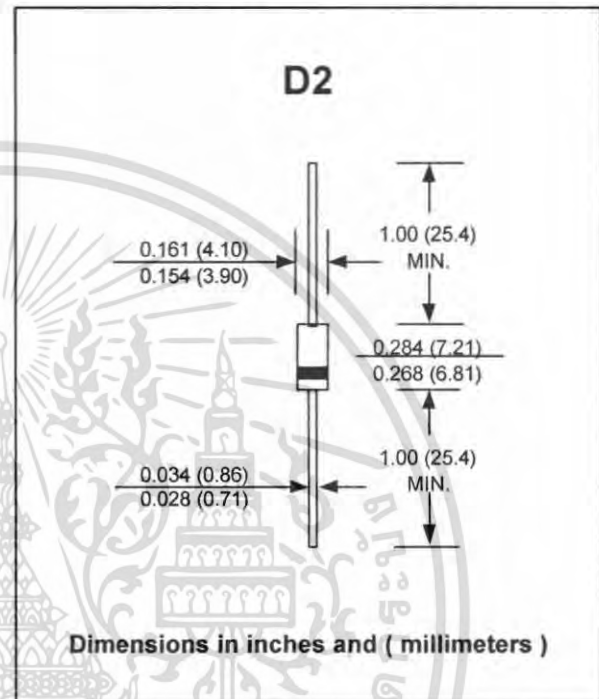
PRV : 200 - 1000 Volts
Io : 1.5 Amperes

FEATURES :

- * High current capability
- * High surge current capability
- * High reliability
- * Low reverse current
- * Low forward voltage drop
- * Fast switching for high efficiency

MECHANICAL DATA :

- * Case : D2 Molded plastic
- * Epoxy : UL94V-O rate flame retardant
- * Lead : Axial lead solderable per MIL-STD-202, Method 208 guaranteed
- * Polarity : Color band denotes cathode end
- * Mounting position : Any
- * Weight : 0.465 gram



MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.

Single phase, half wave, 50 Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%.

RATING	SYMBOL	BYV95A	BYV95B	BYV95C	BYV96D	BYV96E	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V _{RRM}	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum RMS voltage	V _{RMS}	140	280	420	560	700	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	V _{DC}	200	400	600	800	1000	Volts
Min. Avalanche Breakdown Voltage @ 100 μA	V _{BR(min.)}	300	500	700	900	1100	Volts
Maximum Average Forward Rectified Current Lead Length 10 mm. ; T _{IP} = 65 °C	I _{F(AV)}	1.5					Amps.
Peak Forward Surge Current single half sine wave superimposed on rated load	I _{FSM}	35					Amps.
Maximum Forward Voltage at I _F = 3.0 Amps.	V _F	1.6					Volts
Maximum DC Reverse Current at Rated DC Blocking Voltage	I _R	5.0					μA
		150					
Maximum Reverse Recovery Time (Note 1)	T _{rr}	150			200		ns
Typical Thermal Resistance (Note 2)	R _{θJA}	50					°C/W
Junction Temperature Range	T _J	175					°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	- 65 to + 175					°C

Notes :

(1) Measured with I_F = 0.5A, R = 1.0A, I_{rr} = 0.25A

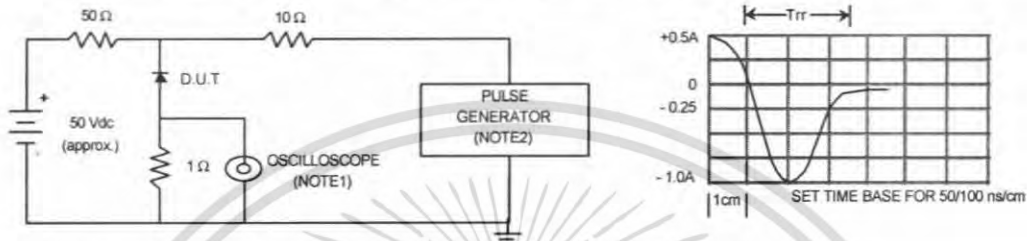
(2) Thermal resistance from Junction to Ambient at 0.375" (9.5mm) Lead Lengths, P.C. Board Mounted

UPDATE : AUGUST 3, 1998

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (BYV95A - BYV96E)

FIG.1 - REVERSE RECOVERY TIME CHARACTERISTIC AND TEST CIRCUIT DIAGRAM



NOTE : 1. Rise Time = 7ns max., Input Impedance = 1 megaohm, 22pF.
 2. Rise Time = 10ns max., Source Impedance = 50 ohms.
 3. All Resistors = Non-inductive Types.

FIG.2 - FORWARD CURRENT DERATING CURVE

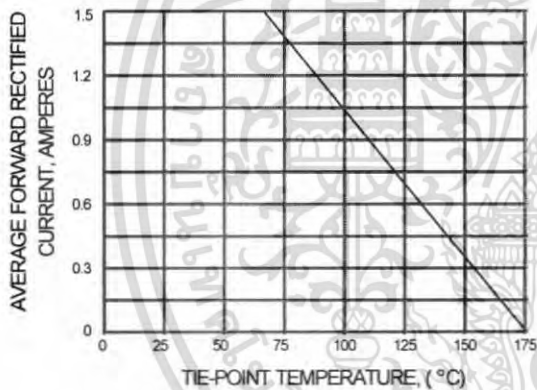


FIG.3 - MAXIMUM NON-REPETITIVE PEAK FORWARD SURGE CURRENT

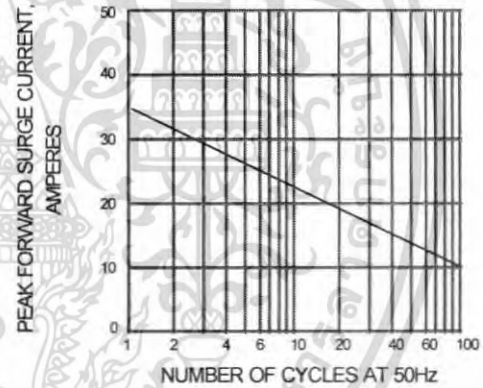


FIG.4 - TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

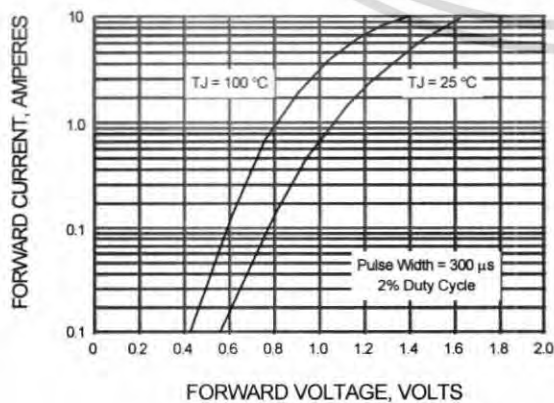
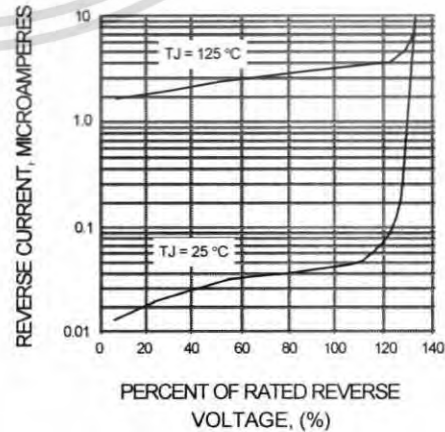


FIG.5 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE-PHASE SILICON BRIDGE RECTIFIER

VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts CURRENT 25 Amperes

FEATURES

- * Superior thermal desing
- * 300 amperes surge rating
- * 1/4" universal faston terminal
- * Hole thru for # 8 screw

MECHANICAL DATA

- * UL listed the recognized component directory, file #E94233
- * Epoxy: Device has UL flammability classification 94V-0

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
 Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
 For capacitive load, derate current by 20%.



MAXIMUM RATINGS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

RATINGS	SYMBOL	BR2505	BR251	BR152	BR254	BR256	BR258	BR2510	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	VRRM	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum RMS Bridge Input Voltage	VRMS	35	70	140	280	420	560	700	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	VDC	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum Average Forward Rectified Output Current at Tc = 55°C	IA	25.0							Amps
Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	IFSM	300							Amps
Operating and Storage Temperature Range	TJ,TSTG	-55 to + 150							°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

CHARACTERISTICS	SYMBOL	BR2505	BR251	BR252	BR254	BR256	BR258	BR2510	UNITS
Maximum Forward Voltage Drop per element at 12.5A DC	Vf	1.1							Volts
Maximum Reverse Current at Rated	IR	5.0							uAmps
DC Blocking Voltage per element		0.5							mAmps

NOTE: Suffix "W" for wire type

2002-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ทำการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (BR2505 THRU BR2510)

FIG. 1 - MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

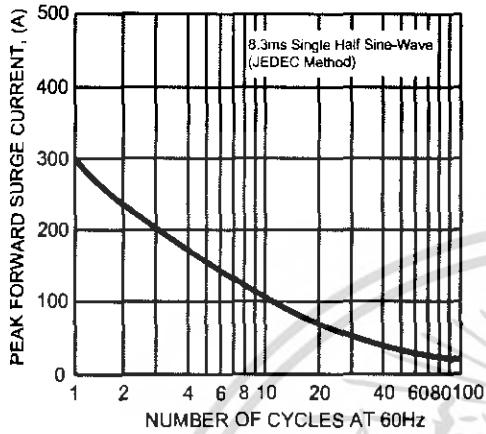


FIG. 2 - TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

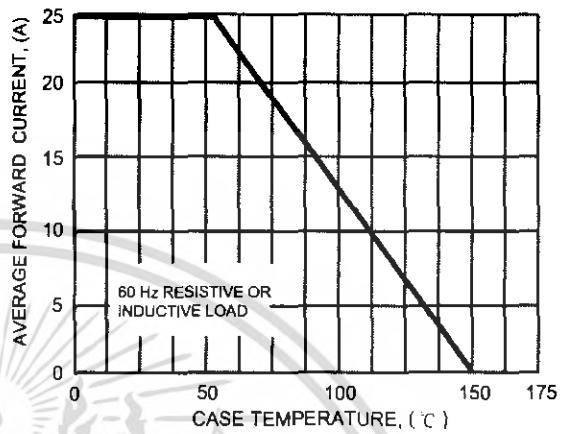


FIG. 3 - TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

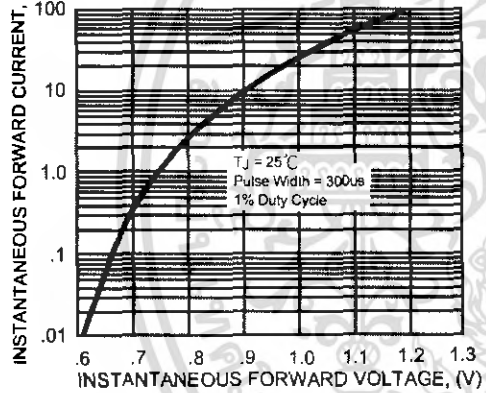
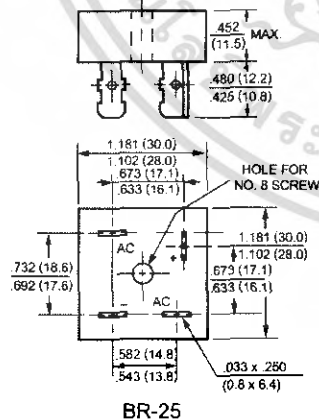
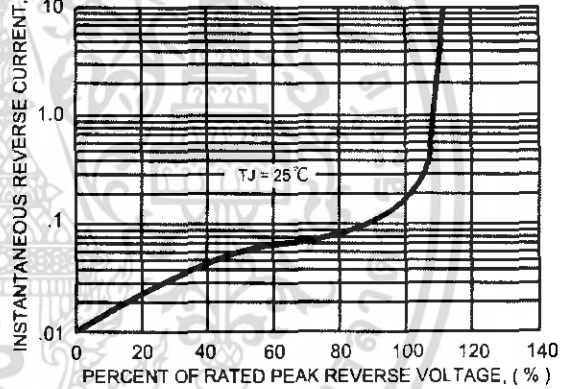
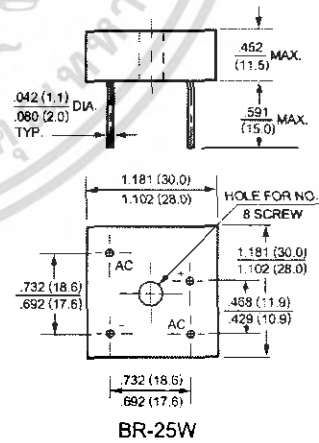


FIG. 4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS



BR-25



BR-25W



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41
COLOR BAND DENOTES CATHODE

General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings*

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +175							$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							$^\circ\text{C}$

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation	3.0	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	$^\circ\text{C}/\text{W}$

Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_F	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
I_{TR}	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ\text{C}$	30							μA
I_R	Reverse Current @ rated V_R $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	5.0 500							μA μA
C_T	Total Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}$, $f = 1.0\text{ MHz}$	15							pF

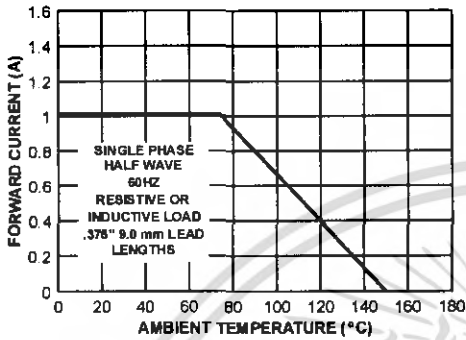
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General Purpose Rectifiers
(continued)

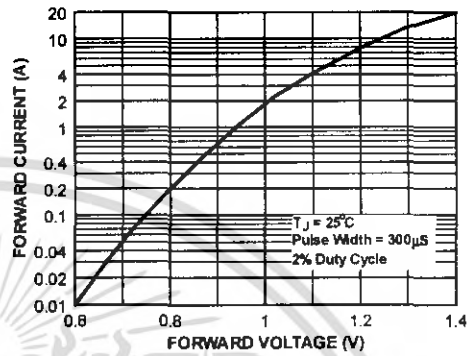
1N4001-1N4007

Typical Characteristics

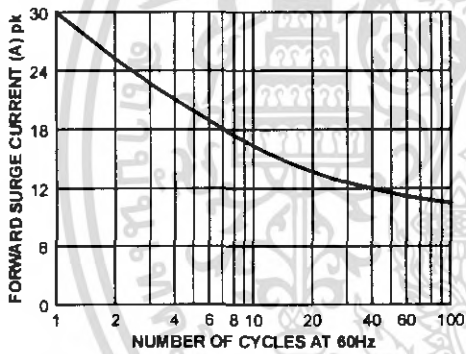
Forward Current Derating Curve



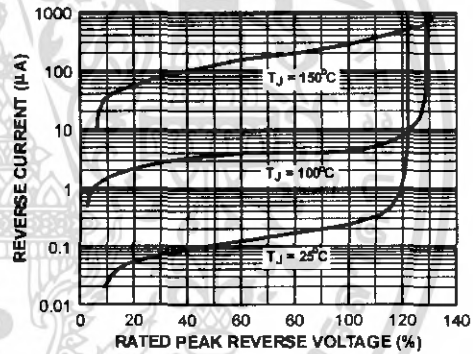
Forward Characteristics



Non-Repetitive Surge Current



Reverse Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FACT™	ImpliedDisconnect™	PACMAN™	SPM™
ActiveArray™	FACT Quiet Series™	ISOPLANAR™	POP™	Stealth™
Bottomless™	FAST®	LittleFET™	Power247™	SuperSOT™-3
CoolFET™	FASTr™	MicroFET™	PowerTrench®	SuperSOT™-6
CROSSVOLT™	FRFET™	MicroPak™	QFET™	SuperSOT™-8
DOME™	GlobalOptoisolator™	MICROWIRE™	QS™	SyncFET™
EcoSPARK™	GTO™	MSX™	QT Optoelectronics™	TinyLogic®
E ² CMOS™	HiSeC™	MSXPro™	Quiet Series™	TruTranslation™
EnSigna™	I ² C™	OCX™	RapidConfigure™	UHC™
Across the board. Around the world.™		OCXPro™	RapidConnect™	UltraFET®
The Power Franchise™		OPTOLOGIC®	SILENT SWITCHER®	VCX™
Programmable Active Droop™		OPTOPLANAR™	SMART START™	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.
As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev. 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SINGLE-PHASE GLASS PASSIVATED
 SILICON BRIDGE RECTIFIER**

VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts CURRENT 1.5 Amperes

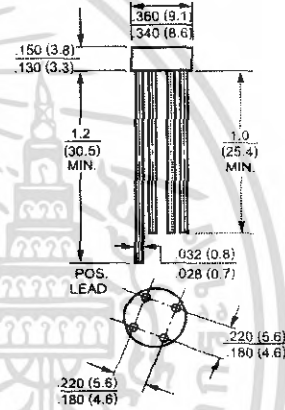
FEATURES

- * High reverse voltage to 1000v
- * Surge overload ratings to 50 amperes peak
- * Good for printed circuit board assembly
- * Weight: 1.04 grams
- * Silver-plated copper leads

MECHANICAL DATA

- * UL listed the recognized component directory, file #E94233
- * Epoxy: Device has UL flammability classification 94V-0

RB-15



Dimensions in inches and (millimeters)

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
 Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
 For capacitive load, derate current by 20%.

MAXIMUM RATINGS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

RATINGS	SYMBOL	RB151	RB152	RB153	RB154	RB155	RB156	RB157	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	VRRM	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum RMS Bridge Input Voltage	VRMS	35	70	140	280	420	560	700	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	VDC	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum Average Forward Output Current at TA = 25°C	IO				1.5				Amps
Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	IFSM				50				Amps
Operating Temperature Range	TJ				-55 to +150				°C
Storage Temperature Range	TSTG				-55 to +150				°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

CHARACTERISTICS	SYMBOL	RB151	RB152	RB153	RB154	RB155	RB156	RB157	UNITS
Maximum Forward Voltage Drop per Bridge Element at 1.0A DC	Vf				1.0				Volts
Maximum Reverse Current at Rated DC Blocking Voltage per element	@ TA = 25°C				5.0				uAmps
	@ TA = 100°C				1				mAmps

2002-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (RB151 THRU RB157)

FIG. 1 - MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

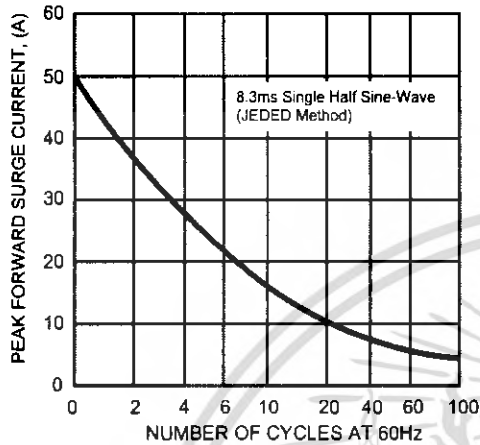


FIG. 2 - TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

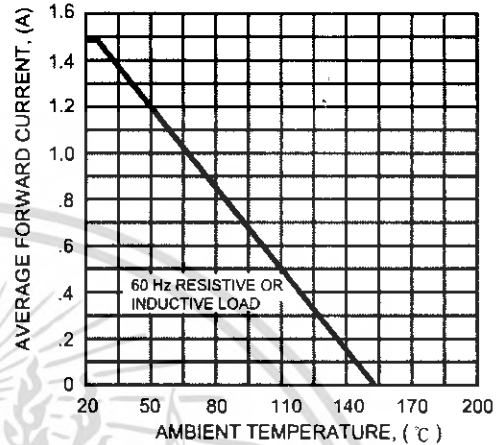


FIG. 3 - TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

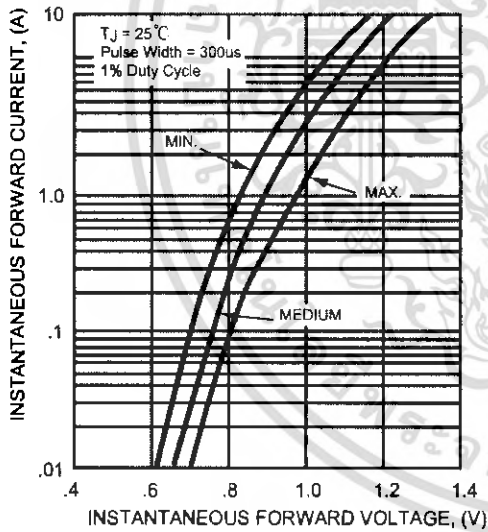
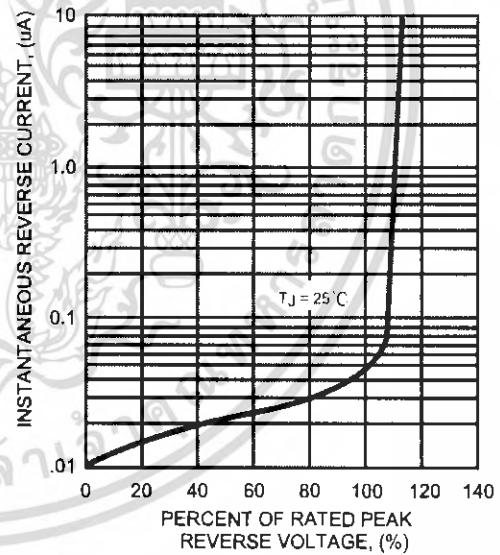


FIG. 4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้