



# CONTRIBUTION



## เครื่องตัดโค้งพาราโบลา สำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก

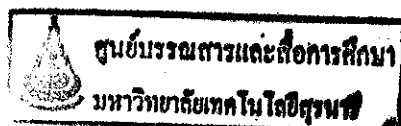
นางสาวอภัยพิศ      อุตสาหกรรม      B4510567  
นางสาวสุนิศา      จบตรี      B4510987

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427494 โครงการศึกษาวិชากรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2548

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง

พ.ศ. 2545 สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



หัวข้อโครงการ	เครื่องตัดโค้งพาราโบลาสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก	
นักศึกษา	นางสาวกัญพิศ อุสาพรหม	B4510567
	นางสาวสุนิสา จบศรี	B4510987
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
พ.ศ.	2548	
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ผศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์	

### บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้เป็นการนำเสนอการวิเคราะห์การออกแบบ ทดสอบและประเมินคุณสมบัติ เครื่องตัดโค้งพาราโบลาสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เมตร โดยอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นบนผิวของพาราโบลามาประยุกต์ใช้ในการสร้าง และการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง และด้านการทำงานของเครื่องได้นำสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส มาใช้ออกแบบระบบการควบคุมการทำงานของเครื่องกล การสร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลา สำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกขึ้นมา เพื่อวิเคราะห์การออกแบบจากทฤษฎีการ สะท้อนบนผิวพาราโบลา สำหรับการใช้งานจริงในการสร้างต้นแบบความโค้งที่อัตราส่วน  $f/D$  ค่าต่างๆ และทำการทดสอบการทำงาน โดยตัดชิ้นส่วนความโค้งออกมา เพื่อเปรียบเทียบกับผลการ คำนวณทางทฤษฎี จากการเปรียบเทียบผลการคำนวณและผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่า เครื่องตัดโค้งสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกมีคุณสมบัติเพียงพอสำหรับการ นำไปใช้งานจริง

## กิตติกรรมประกาศ

คุณความดีอันใดที่เกิดจากโครงการฉบับนี้ ขอบอบแต่บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้า ผู้ที่คอยห่วงใย ให้โอกาส ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนทางการศึกษามาโดยตลอด

โครงการเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ ผู้ที่เป็นเจ้าของแนวคิดเริ่มแรกของเครื่องตัดโค้งพาราโบลา สำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกเพื่อใช้สร้าง โครงสร้าง โค้งคั่นแบบของสายอากาศ ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้แนวคิด การดูแลเอาใจใส่ติดตามงาน ชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องที่ข้าพเจ้าละเลย ตลอดจนฝึกฝนและสนับสนุนข้าพเจ้าให้มีความสามารถในการทำโครงการจนสามารถนำเสนอผลงานให้เป็นที่รู้จักและยอมรับได้

ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆดังนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรม โทรคมนาคมทุกท่าน ที่สั่งสอนให้ความรู้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณมณีรัตน์ ทุมพงษ์ เลขานุการการประจำสาขาวิศวกรรม โทรคมนาคม ที่ให้ความสะดวกในการติดต่อกับอาจารย์

ขอขอบคุณคุณประพล จาระตะคุ วิศวกรประจำอาคารเครื่องมือ 3 ที่ช่วยเป็นธุระติดต่อการเบิกจ่ายค่าอุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงการประสานงานการขอใช้เครื่องมือที่อาคารเครื่องมือ 1 ด้วย

ขอขอบคุณ คุณณรงค์ เขียวสูงเนิน คุณมานพ จันทร์สนิทศรี คุณจิรวัฒน์ คำนทองกลาง คุณวาที ทิพย์เลิศ คุณคมสัน ภายหลัง และพี่ๆ ทุกคนที่ประจำอาคารเครื่องมือ 1 ที่คอยสอนการใช้เครื่องมือแต่ละประเภท รวมไปถึงการให้คำแนะนำและการช่วยทำในบางครั้ง

ขอขอบคุณ คุณโอภาส ไทยดี คุณนพพร แฉวเพชร คุณสหัชชัย ทิพย์เนตร์ ที่คอยสอนการใช้เครื่องมือแต่ละประเภท รวมไปถึงการให้คำแนะนำและการช่วยทำในบางครั้ง

ขอขอบคุณ พี่ๆ นักศึกษาปริญญาโท วิศวกรรม โทรคมนาคมทุกคนที่ให้การสนับสนุน และท้ายที่สุดเพื่อนนักศึกษาสาขาวิศวกรรม โทรคมนาคมทุกคนที่เป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด

นางสาวกัญพิศ อุสาพรหม

นางสาวสุนิสตา จบศรี

## สารบัญ

	หน้า
<b>บทคัดย่อ</b>	ก
<b>กิตติกรรมประกาศ</b>	ข
<b>สารบัญ</b>	ค
<b>สารบัญรูป</b>	จ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
<b>บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน</b>	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ทฤษฎีสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก	4
2.3 สเต็ปมอเตอร์ ( STEPPING MOTOR )	9
2.4 สรุป	14
<b>บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก</b>	15
3.1 กล่าวนำ	15
3.2 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกในการออกแบบโครงสร้าง	15
3.3 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก	21
3.4 การควบคุมการทำงานด้วยสเต็ปมอเตอร์	36
3.5 สรุป	38
<b>บทที่ 4 การทดสอบทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิกและผลการทำงาน</b>	39
4.1 กล่าวนำ	39
4.2 การทดสอบการทำงาน	39
4.3 ผลการทดสอบ	43

**สารบัญ (ต่อ)**

	หน้า
4.4 สรุป	45
<b>บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ</b>	<b>46</b>
5.1 บทสรุป	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>48</b>
<b>ภาคผนวก</b>	<b>49</b>
<b>ประวัติผู้เขียน</b>	<b>72</b>

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ลักษณะการเดินทางของสัญญาณและตัวสะท้อนพาราโบลิก	1
รูปที่ 2.1 รูปร่างสองมิติของตัวสะท้อนแบบพาราโบลา	5
รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ของรูปแบบเรขาคณิตของสายอากาศกับอัตราส่วน $f/D$	7
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ประสิทธิภาพและพื้นที่จริงกับมุมเงยของช่องเปิด	8
รูปที่ 2.4 โครงสร้างวงจรเทียบเท่า (equivalent circuit) ของมอเตอร์ ชนิด 4 ขด	10
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรการจ่ายไปให้กับสเต็ปมอเตอร์	10
รูปที่ 2.6 การกระตุ้นเฟสแบบพูลสเต็มป์ 1 เฟส	11
รูปที่ 2.7 การกระตุ้นเฟสแบบพูลสเต็มป์ 2 เฟส	12
รูปที่ 2.8 การกระตุ้นเฟสแบบฮาล์ฟสเต็ป 2 เฟส	12
รูปที่ 2.9 การใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทาน	13
รูปที่ 2.10 แสดงการต่อวงจรเพื่อทดสอบ โดยการสวิตช์เพื่อหาลำดับ	13
รูปที่ 3.1 ลักษณะการเดินทางของสัญญาณและตัวสะท้อนพาราโบลิก	16
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของเครื่องตัดโค้งพาราโบลา	
ก) ด้านบน	16
ข) ด้านข้าง	17
รูปที่ 3.3 ตารางแสดงค่าการคำนวณความลึกและความยาวโฟกัส	
ก) อัตราส่วน $f/D$ เท่ากับ 0.3	19
ข) อัตราส่วน $f/D$ เท่ากับ 0.4	19
ค) อัตราส่วน $f/D$ เท่ากับ 0.65	20
รูปที่ 3.4 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนของฐาน	21
รูปที่ 3.5 ภาพวาดแสดงการออกแบบแบบโต๊ะ	22
รูปที่ 3.6 ภาพวาดแสดงการออกแบบร่องรองรับเพลลา	22
รูปที่ 3.7 ภาพวาดแสดงการประกอบขารองรับแกนโฟกัส	23
รูปที่ 3.8 ภาพวาดแสดงการออกแบบชิ้นส่วนของขารองรับแกนโฟกัส	
ก) แกนรอง	23
ข) เพลลารองรับแกนโฟกัส	24
รูปที่ 3.9 ภาพวาดแสดงการออกแบบขาเชื่อมอเตอร์	24
รูปที่ 3.10 ภาพวาดแสดงการออกแบบขารองรับเชือกเหนียว	25
รูปที่ 3.11 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนของระยะโฟกัส	25

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.12 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนจุดโฟกัส	26
รูปที่ 3.13 ภาพวาดแสดงการออกแบบชิ้นส่วนของจุดโฟกัส	
ก) แกนล้อเลื่อน	26
ก) ล้อเลื่อน	26
ก) น็อต	27
รูปที่ 3.14 ภาพวาดแสดงการออกแบบแกนยึดจุดโฟกัส	28
รูปที่ 3.15 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนจับยึดสว่าน	28
รูปที่ 3.16 ภาพวาดแสดงลักษณะของสว่าน	29
รูปที่ 3.17 ภาพวาดแสดงการออกแบบแท่นจับสว่าน	29
รูปที่ 3.18 ภาพแสดงการออกแบบแท่นเลื่อนสว่าน	30
รูปที่ 3.19 ภาพวาดแสดงการประกอบเพลาเลื่อน	30
รูปที่ 3.20 ภาพวาดแสดงการออกแบบเพลา	31
รูปที่ 3.21 ภาพวาดแสดงการออกแบบร่อยยึดคู่ขนาน	32
รูปที่ 3.22 ภาพวาดแสดงการออกแบบน็อต	32
รูปที่ 3.23 ภาพวาดแสดงการออกแบบสกรู	33
รูปที่ 3.24 ภาพวาดแสดงการประกอบตัวคล้องสกรู	33
รูปที่ 3.25 ภาพแสดงการออกแบบชิ้นส่วนของตัวคล้องสกรู	34
รูปที่ 3.26 ภาพวาดแสดงการออกแบบข้อต่อ	35
รูปที่ 3.27 ภาพวาดแสดงการประกอบตัวถ่วงน้ำหนัก	35
รูปที่ 3.28 ภาพวาดแสดงการออกแบบตุ้มน้ำหนักและแผ่นน้ำหนัก	36
รูปที่ 3.29 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์	37
รูปที่ 4.1 ภาพแสดงการวางตำแหน่งของแผ่นอะลูมิเนียม	40
รูปที่ 4.2 ภาพแสดงการขันน็อตหูกระต่าย	41
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงตำแหน่งของดอกสว่าน	41
รูปที่ 4.4 ภาพแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Power Supply)	42
รูปที่ 4.5 ภาพแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชุดควบคุมการทำงานของเครื่องตัด	42
รูปที่ 4.6 ภาพแสดง โครงสร้างแบบของสายอากาศ	43
รูปที่ 4.7 ภาพแสดงความกว้างของโครงแบบ	44
รูปที่ 4.8 ภาพแสดงความลึกของโครงแบบ	45



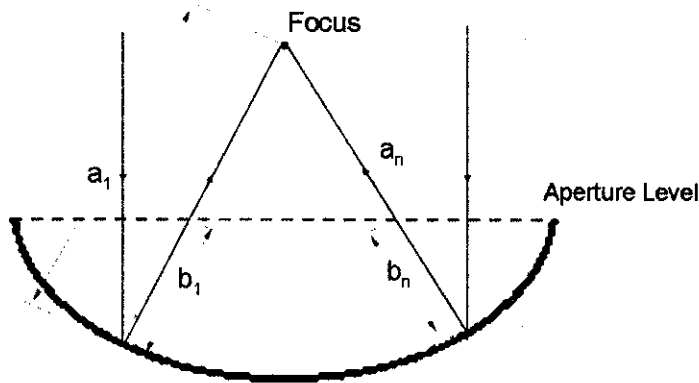
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 กล่าวนำ

การสื่อสารด้วยระบบดาวเทียมในปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และมีประโยชน์อย่างมาก คือ การย่อโลกของการสื่อสารให้เล็กลง การติดสื่อสารทางไกลทำได้สะดวก และรวดเร็วขึ้น ด้วยความสามารถของการสื่อสารผ่านดาวเทียมนี้ ทำให้เกิดการประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันมากขึ้น ในขณะที่การผลิตอุปกรณ์การสื่อสารผ่านดาวเทียมใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อน และใช้ต้นทุนสูง ดังนั้น โครงการนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยลดความซับซ้อนในการผลิตจันรับสัญญาณดาวเทียมหรือสายอากาศแบบจาน โดยจะทำการสร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลา เพื่อสร้างโครงสร้างที่ควบคุมความโค้งของจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เมตร โดยใช้หลักการของสมการโค้งพาราโบลา มาประยุกต์ใช้คือ ผลรวมของระยะทางจากจุดโฟกัสถึงจานและระยะทางจากเส้นแนวระดับขอบจานถึงจานจะเท่ากันทุกๆจุดของสัญญาณ

$$a_1 + b_1 = a_n + b_n \quad (1.1)$$



รูปที่ 1.1 ลักษณะการเดินทางของสัญญาณและตัวสะท้อนพาราโบลา

จากความสัมพันธ์ตามสมการดังกล่าวสามารถออกแบบเครื่องตัดโค้งพาราโบลาได้

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางโครงสร้างที่มีผลต่อรูปแบบการแพร่กระจายของคลื่นของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก

1.2.2 สามารถออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก โดยใช้โปรแกรม Solid Work

1.2.3 ศึกษาการทำงานและการควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส และเครื่องมือกล เพื่อประยุกต์ใช้ในลักษณะการทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก

1.2.4 สามารถสร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลิกตามที่ออกแบบ

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการฉบับนี้เป็นการนำเสนอเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก ที่เป็นการนำความรู้ทางด้านสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก การควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส และการออกแบบทางด้านเครื่องมือกล มาประยุกต์ใช้ในการทำเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก ที่สามารถตัดโครงสำหรับควบคุมความโค้งของจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เมตร

1.3.1 ศึกษาพารามิเตอร์ของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก ที่มีผลต่อการแพร่กระจายพลังงานคลื่น เช่น ความกว้าง ( $D$ ) ความลึกของจาน ( $d$ ) จุดป้อนสัญญาณ ( feed or focus ) และค่าอัตราส่วน  $f/D$

1.3.2 ออกแบบเครื่องตัดโค้งพาราโบลิกโดยให้สามารถตัดโครงสำหรับควบคุมความโค้งของจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เมตร และมีอัตราส่วน  $f/D$  อยู่ในช่วง 0.25-0.65

1.3.3 สร้างโครงของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิกตามขนาดที่ออกแบบ และศึกษาวงจรขับสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส เพื่อประยุกต์ใช้กับการทำงานของเครื่องตัด

1.3.4 ทดสอบการทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก โดยให้มีอัตราส่วน  $f/D$  อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการแพร่กระจายกำลังงานคลื่น

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

แบ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.4.1 ศึกษาพารามิเตอร์ของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก และการแพร่กระจายกำลังงานคลื่น

1.4.2 ออกแบบโครงสร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลิกด้วยโปรแกรม Solid Work ให้มีค่า  $f/D$  อยู่ในช่วงเหมาะสม โดยให้สามารถตัด โครงควบคุมความโค้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานไม่เกิน 2 เมตร

1.4.3 ศึกษาลักษณะการทำงานและวงจรขั้วของสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส

1.4.4 สร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลิกตามขนาดที่ได้ออกแบบ และใช้สเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟสควบคุมการทำงานของเครื่องตัด

1.4.5 สรุปผลการทำงาน

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

#### 2.1 คำนำ

เครื่องตัดโค้งพาราโบลาคือเครื่องมือกลชิ้นหนึ่งที่ใช้สร้างเส้นโค้งต้นแบบสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก ดังนั้นการสร้างเครื่องนี้ขึ้นมาได้ต้องนำความรู้หลายแขนงมาประยุกต์ใช้งาน ได้แก่ ทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะความโค้งของสายอากาศที่ส่งผลต่อการแผ่กระจายสัญญาณ การออกแบบและการควบคุมทางกล ในบทนี้จึงได้กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก รูปทรงเรขาคณิตของตัวสะท้อน อัตราส่วน  $f/D$  รวมไปถึงหลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบล่า เพื่อให้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

#### 2.2 ทฤษฎีสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก

คุณลักษณะการแผ่กระจายสัญญาณทั้งหมดของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเรขาคณิตของผิวสะท้อนที่มีลักษณะความโค้งแบบพาราโบลาลงและตัวป้อนสัญญาณ (Feeder) ในการวิเคราะห์คุณลักษณะจะใช้เทคนิคที่คล้ายกับการเดินทางของแสงผ่านเลนส์หรือที่เรียกว่า Ray Tracing ลักษณะทางเรขาคณิตของรูปทรงพาราโบลาลงและพิจารณาที่จุดป้อนสัญญาณด้านหน้า (Front-Fed)

##### 2.2.1 รูปแบบเรขาคณิตของพื้นผิว ( Surface Geometry ) [1]

พื้นผิวของตัวสะท้อนมีรูปแบบมาจากการหมุนเส้นโค้งพาราโบลารอบแกน ทำให้รังสีกระจายออกมาจากจุดโฟกัสของตัวสะท้อนแล้วถูกเปลี่ยนสภาพเป็นระนาบคลื่น (Plane Wave) การออกแบบผิวสะท้อนจะใช้หลักการหักเหของแสง ( Optical Techniques ) และไม่ับรวมการทำให้ผิดรูปร่างทุกแบบ ( การแตกกระจายของคลื่นที่ผ่านสิ่งกีดขวาง ) จากขอบของตัวสะท้อน การอ้างอิงรูปที่ 2.1 เพื่อการเลือกระนาบตั้งฉากกับแกนของตัวสะท้อนที่ผ่านจุดโฟกัส

$$OP + PQ = \text{constant} = 2f \quad (2.1)$$

ดังนั้น

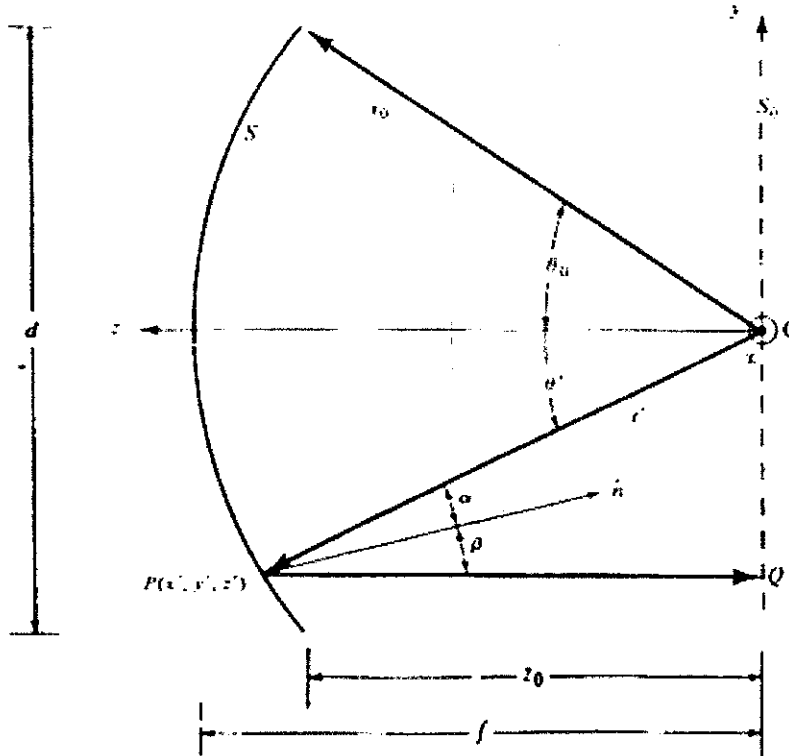
$$OP = r \quad (2.2)$$

สมการที่ (2.2) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$r'(1 + \cos \theta') = 2f \quad (2.3)$$

หรือ

$$r' = \frac{2f}{1 + \cos \theta'} = f \sec^2 \left( \frac{\theta'}{2} \right) \quad \theta \leq \theta_0 \quad (2.4)$$



รูปที่ 2.1 รูปร่างสองมิติของตัวสะท้อนแบบพาราโบลา

ดังนั้นพื้นผิวพาราโบลิกคือการหมุนรอบแกนของรูปพาราโบลา และ (2.4) คือสมการของพื้นผิวพาราโบลาในพิกัดทรงกลม ( Spherical coordinates )  $r', \theta', \phi'$  เนื่องจากการหมุนที่สมมาตร จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า  $\phi'$

### 2.2.2 ความยาวโฟกัสและอัตราส่วน $f/D$ (Focal Length and $f/D$ ratio)[3]

สายอากาศสะท้อนพาราโบลิกทุกอันมีลักษณะโค้งเหมือนกัน แต่ความแตกต่างกันที่ความโค้งของจานสะท้อน ถ้ามีความลึกมากๆ จะทำให้จานสะท้อนมีลักษณะคล้ายกับถ้วย จึงทำให้สายอากาศสะท้อนพาราโบลิกมีได้หลากหลายขนาด วิธีที่ง่ายที่สุดที่ใช้อธิบายลักษณะความโค้งของ

พาราโบลา คือ อัตราส่วน  $f/D$  ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความยาวของจุดโฟกัส ( $f$ ) ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานสะท้อนพาราโบลา สามารถหาได้ความยาวโฟกัสได้จากสมการ

$$f = \frac{D^2}{16d} \quad (2.5)$$

และเมื่อเปลี่ยนรูปสมการเพื่อหาอัตราส่วน  $f/D$  จะได้ว่า

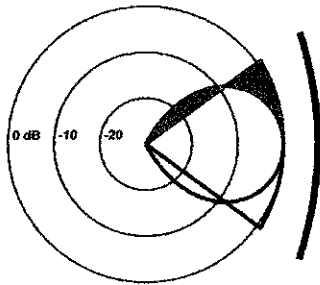
$$f/D = \frac{D}{16d} \quad (2.6)$$

โดยที่  $f$  แทนความยาวโฟกัส  $D$  คือความกว้างของสายอากาศ และ  $d$  คือความลึกของสายอากาศ

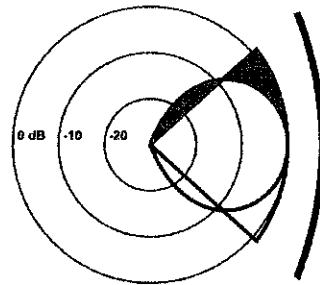
เมื่อสังเกตแบบรูปการแผ่กระจายสัญญาณของตัวพีคแบบปากแตรสำหรับอัตราส่วน  $f/D$  ที่ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 2.2 พบว่าอัตราส่วน  $f/D$  มีค่าน้อย แบบรูปการแผ่กระจายสัญญาณของตัวพีคจะกว้าง ดังนั้นความแตกต่างของแบบรูปการแผ่กระจายสัญญาณของตัวพีคมีความสำคัญต่อการส่องสว่างของสายอากาศที่มีอัตราส่วน  $f/D$  ต่างกันแบบรูปการแผ่กระจายสัญญาณของตัวพีคแบบปากแตรต้องเหมาะกับตัวสะท้อน  $f/D$  เมื่ออัตราส่วน  $f/D$  มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีตัวพีคแบบปากแตรที่มีมีมิดท์ปานกลาง ขณะที่สายอากาศอัตราส่วน  $f/D$  เป็น 0.25 มีจุดโฟกัสที่ระดับของขอบสายอากาศ ทำให้มุมของการแผ่กระจายเป็น 180 องศา ดังนั้นจุดโฟกัสของสายอากาศคือจุดศูนย์กลางของจานสะท้อนและมีลักษณะแบบรูปการแผ่กระจายจากตัวพีคเป็นครึ่งวงกลม เป็นเรื่องยากที่จะสร้างแบบรูปการแผ่กระจายตัวพีคแบบครึ่งวงกลมได้ เพราะฉะนั้นสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลาจึงนิยมสร้างแบบตัน

■ Illumination loss

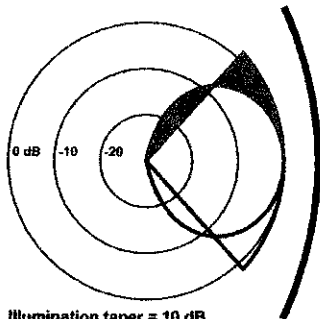
■ Spillover loss



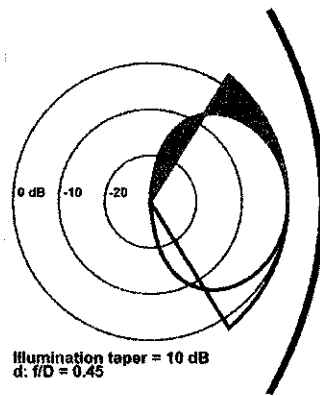
Illumination taper = 10 dB  
a:  $f/D = 0.75$



Illumination taper = 10 dB  
b:  $f/D = 0.65$



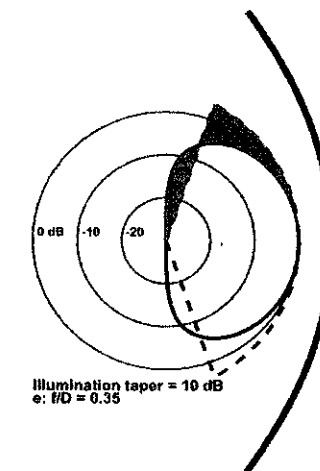
Illumination taper = 10 dB  
c:  $f/D = 0.55$



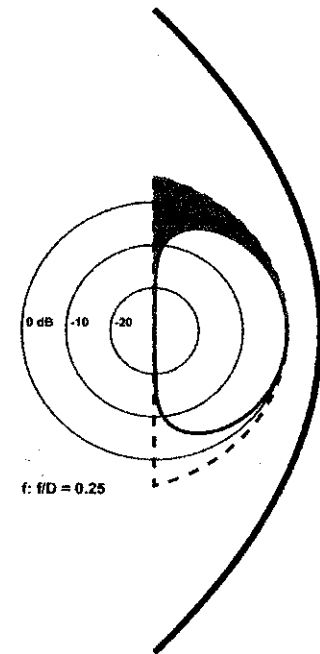
Illumination taper = 10 dB  
d:  $f/D = 0.45$

■ Illumination loss

■ Spillover loss



Illumination taper = 10 dB  
e:  $f/D = 0.35$



f:  $f/D = 0.25$

รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ของรูปแบบเรขาคณิตของสายอากาศกับอัตราส่วน  $f/D$

### 2.2.3 ประสิทธิภาพของอะเพอร์เจอร์ (Aperture efficiency) [2]

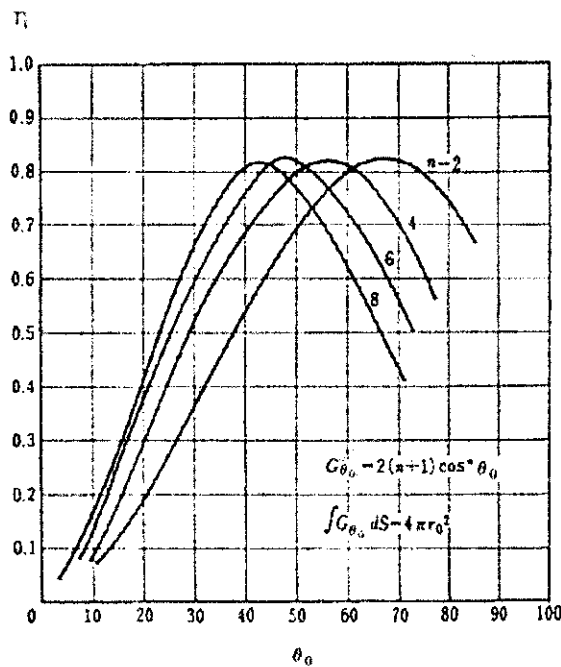
ประสิทธิภาพของอะเพอร์เจอร์ ( $\eta$ ) ได้ถูกนิยามเอาไว้ว่า “เป็นอัตราส่วนของค่าพื้นที่ ประสิทธิภาพสูงสุด  $A_{em}$  ของสายอากาศกับพื้นที่ทางกายภาพ  $A_p$ ” หรือ

$$\eta = \frac{A_{em}}{A_p} \quad (2.7)$$

การออกแบบที่ดีนั้น โดยทั่วไปจะต้องพยายามให้  $\eta$  หรือประสิทธิภาพของช่องเปิดมีค่าสูง ซึ่งจะสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.3 จากรูปจะเห็นได้ว่าที่ค่า  $n$  ต่างๆ จะมีมุมเงยของช่องเปิด ( $\theta_0$ ) มุมหนึ่งที่ทำให้ได้ค่า  $\eta$  สูงสุด จึงจำเป็นจะต้องเลือกค่า เพื่อให้ได้อัตราขยายที่สูง ซึ่ง อัตราขยายของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกมักเขียนในรูป

$$G = \eta \cdot \frac{4\pi A_p}{\lambda^2} = \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (2.8)$$

ในขณะที่  $A_p$  เป็นพื้นที่จริงของช่องเปิดของจานของสายอากาศ  $D$  เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของจานของสายอากาศ และ  $\eta$  เป็นประสิทธิภาพของอะเพอร์เจอร์



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ประสิทธิภาพและพื้นที่จริงกับมุมเงยของช่องเปิด



## 2.3 สเต็ปมอเตอร์ ( STEPPING MOTOR )

สเต็ปมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อน จะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1,1.5,1.8 หรือ 2 องศา แล้วแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ลักษณะที่ นำมอเตอร์ไปใช้ จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ (PRINTER)ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกเหล็ก ระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y PLOTTER เป็นต้น

### 2.3.1 การแบ่งลักษณะของสเต็ปมอเตอร์[5]

#### 1) แบบแม่เหล็กถาวร(PERMANENT MAGNET-PM)

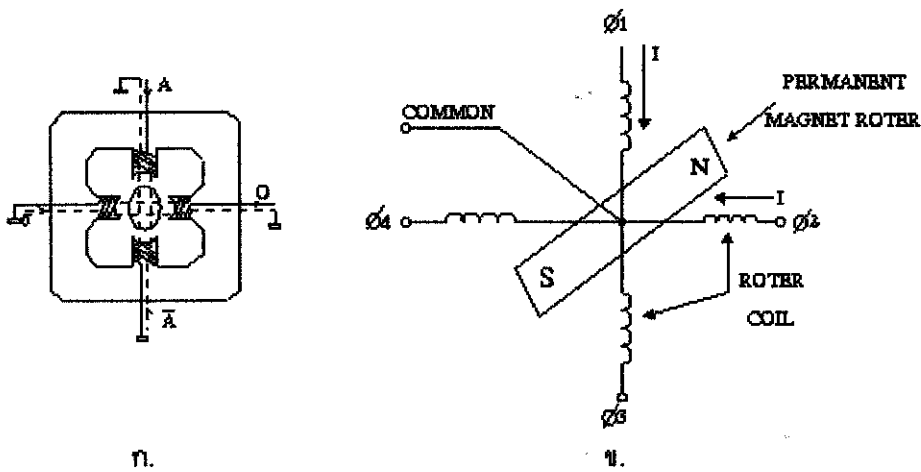
สเต็ปมอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (STATOR) ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพล โดยมีโรเตอร์ (ROTOR) เป็นรูปทรง กระบอกฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟกระแสตรง ให้กับขดสเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักดันโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุน มอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงฉุดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่ แม่จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด

#### 2) แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (VARIABLE RELUCTANCE- VR)

สเต็ปมอเตอร์แบบVR จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม่จะไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก กำลังอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อย รูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุดดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างกันไป ก็ทำให้มอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กันโรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

#### 3) แบบผสม(HYBRID-H)

สเต็ปมอเตอร์แบบ H จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ใน VR โรเตอร์มีหมวกหุ้ม ปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุม การหมุนและครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือ ให้แรงบิดสูง และมีขนาดกระทัดรัด และให้แรงฉุดยึด โรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ



รูปที่ 2.4 โครงสร้างวงจรเทียบเท่า (equivalent circuit) ของมอเตอร์ ชนิด 4 ขด

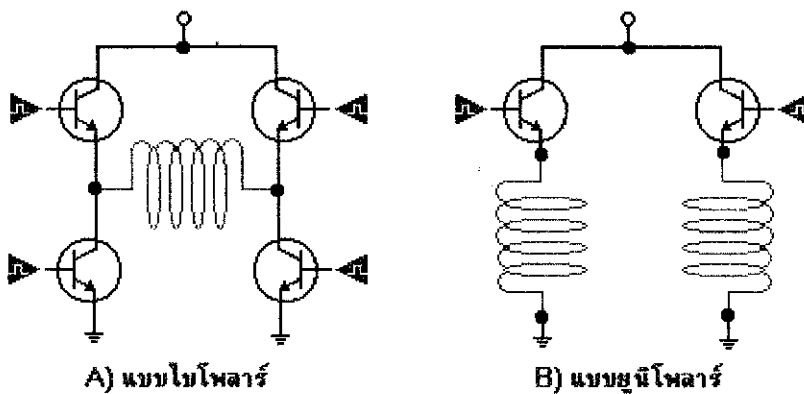
2.3.2 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์[4]

1) แบบ Bipolar

จะมีการพันขดลวดหนึ่งขด(จำนวนรอบขึ้นอยู่กับการใช้งาน)ในแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้ เพียงแค่การกลับทิศทางกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิตซ์ซึ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า

2) แบบ Unipolar

มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้าม การกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิตซ์ซึ่งให้สลับขั้วไฟฟ้าไปอีกขั้วหนึ่งเช่นเดียวกับ Bipolar



▶ คือ ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟหรือจากพอร์ตพีซีเพื่อทริกทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน

รูปที่ 2.5 แสดงวงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์

### 2.3.3 วิธีการขับสเต็ปมอเตอร์โดยการกระตุ้นเฟส[4]

ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์เพื่อที่จะให้ทำการหมุน มีวิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของสเต็ปมอเตอร์ อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน โดยถ้าหากเราต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆ เป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้นเฟสของของสเต็ปมียู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ

#### 1) การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเต็ปมอเตอร์ (Full Step Motor)

ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

1.1) การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ แสดงดังตารางรูปที่ 2.19 จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของสเต็ปมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแส ที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปมอเตอร์มีน้อย

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON
5	ON			
6		ON		

รูปที่ 2.6 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

1.2) การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-Phase Driver) แสดงดังตารางรูปที่ 2.20 เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของสเต็ปมอเตอร์พร้อมๆ กันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON
5	ON	ON		
6		ON	ON	

รูปที่ 2.7 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

2) การกระตุ้นเฟส แบบฮาล์ฟสเต็ป (Half Step Motor) หรือ one-two phase Driver คือการกระตุ้นเฟสแบบ ฟูล สเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แสดงดังตารางรูปที่ 2.21 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของ สเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2	ON	ON		
3		ON		
4		ON	ON	
5			ON	
6			ON	ON
7				ON
8	ON			ON
9	ON			
10	ON	ON		

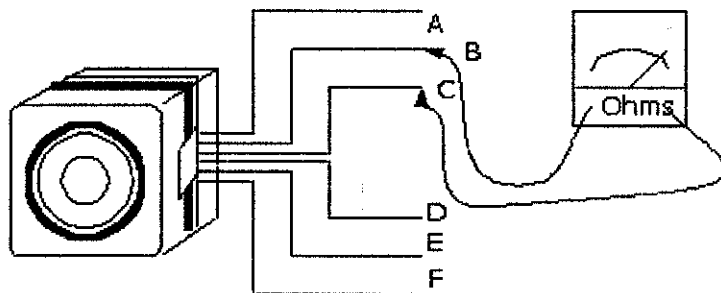
รูปที่ 2.8 การกระตุ้นเฟสแบบฮาล์ฟสเต็ป 2 เฟส

### 2.3.4 วิธีการตรวจสอบหาเฟสของสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์[4]

ในขั้นตอนที่ 1 สังเกตสเต็ปมอเตอร์ที่นำมาทดสอบที่เป็นแบบยูนิโพลาร์ (Uni-polar stepper motor) จะมีจำนวนสาย 5 เส้นหรือ 6 เส้น

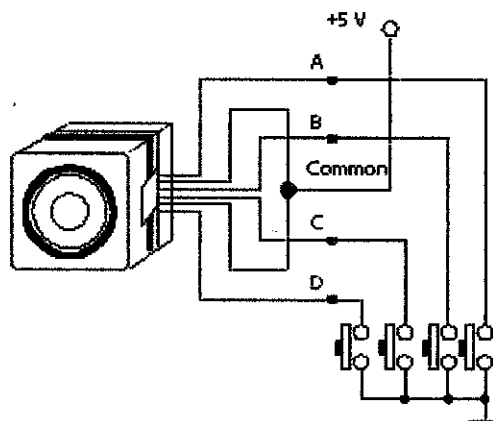
ในขั้นตอนที่ 2 ใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทานของเส้นลวดในแต่ละขดดังรูปที่ 2.22 ขั้นตอนการวัด ให้หาสายที่ต่อเป็นจุดร่วมเสียบก่อน(common) โดยให้ใช้ มัลติมิเตอร์ตั้งค่าไว้สำหรับการวัด

ค่าความต้านทาน แต่ละเส้น สังเกตที่ค่าความต้านทาน ถ้าหากเราไม่ได้วัดระหว่าง จุดต่อร่วม (common) กับสายแต่ละเส้น ค่าความต้านทานจะมีค่าเป็น 2 เท่าของการวัดระหว่างจุดต่อร่วมกับสายที่ใช้งาน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้จุด B เป็นจุดร่วม หากวัดระหว่างที่จุด A กับจุด B จะมีค่าเท่ากับ 60 Ohm แต่ถ้าวัดระหว่างที่จุด A และจุด C ซึ่งไม่ใช่จุดร่วมก็จะได้ค่าเท่ากับ 120 Ohm หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็จะมีจุดร่วมสองจุด เพราะมีขดลวดคนละชุดกัน และสายที่เป็นจุดร่วมส่วนใหญ่จะมีสีเหมือนกัน ทำนองเดียวกันหากเป็นแบบที่มีสาย 5 เส้นก็จะมีจุดร่วมเพียงจุดเดียวเท่านั้น



รูปที่ 2.9 การใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทาน

ในขั้นตอนที่ 3 หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็ให้ทำการต่อจุดร่วมเข้าด้วยกันจะได้เป็น 5 เส้น แล้วต่อวงจรตามรูปที่ 2.23 หลังจากนั้นให้ทดลองกดสวิตซ์ที่ต่อเข้ากับแต่ละจุด โดยเริ่มที่จุด A จุด B จุด C และจุด D แล้วให้สังเกตการหมุนของสแต็ปป์มอเตอร์ว่าหมุนได้ต่อเนื่องหรือไม่ หากมีการกระโดดข้ามสแต็ปป์ก็ให้ทดลองโดยเรียงลำดับการกดสวิตซ์ใหม่ จนหาลำดับของสายได้ถูกต้องคือมอเตอร์เดินตามที่สแต็ปป์อย่างเป็นลำดับ



รูปที่ 2.10 แสดงการต่อวงจรเพื่อทดสอบ โดยการสวิตซ์เพื่อหาลำดับ

## 2.4 สรุป

สายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลาที่ติดตั้ง ต้องมีอัตราขยายที่สูงและมีค่าอัตราส่วน  $f/D$  อยู่ในช่วง 0.25-0.65 และมีความโค้งของผิวสะท้อนเป็นพาราลาที่มีประสิทธิภาพสามารถรับส่งสัญญาณได้ดี การสร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลาต้องคำนึงถึงหลักการสะท้อนของคลื่นบนพื้นผิวโค้งพาราโบลา อัตราส่วน  $f/D$  ซึ่งมีความสำคัญอย่างต่อลักษณะทางกายภาพของสายอากาศ คือ อัตราส่วน  $f/D$  มีค่าน้อยสายอากาศจะลึก และถ้ามีค่าอัตราส่วนมากสายอากาศจะตื้น โดยที่การทำงานของเครื่องตัดนั้น จะถูกควบคุมด้วยสเต็ปมอเตอร์ที่มีลักษณะการหมุนเป็นสเต็ป เพื่อความแม่นยำในการควบคุมความโค้งของชิ้นงาน โค้งตัวอย่าง(Template)

## บทที่ 3

### การออกแบบและการสร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลา

#### 3.1 กล่าวนำ

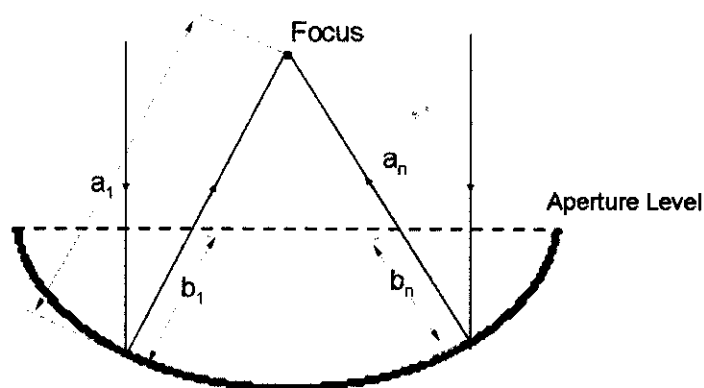
การออกแบบเครื่องตัดโค้งพาราโบลาเป็นการนำความรู้ด้านลักษณะทางกายภาพของสายอากาศแบบงานสะท้อนพาราโบลาที่มีผลต่อการแผ่กระจายสัญญาณ อาทิเช่น รูปแบบความโค้งของตัวสะท้อนพาราโบลา อัตราส่วน  $f/D$  และความยาวโฟกัส เป็นต้น รวมถึงความรู้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลด้วยวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ และความรู้ในการออกแบบองค์ประกอบทางโครงสร้างของเครื่องตัด โดยคำนึงถึงลักษณะทางกลของแต่ละองค์ประกอบด้วยโปรแกรม SolidWork

#### 3.2 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีสายอากาศแบบงานสะท้อนพาราโบลาในการออกแบบโครงสร้าง

##### 3.2.1 รูปทรงเรขาคณิตของตัวสะท้อนพาราโบลาและการสะท้อนของคลื่น

จากลักษณะทางกายภาพของสายอากาศและการสะท้อนของคลื่น ที่ได้แสดงในสมการ (2.1) อธิบายได้ว่า ตัวสะท้อนสัญญาณของสายอากาศแบบงานสะท้อนพาราโบลา มีรูปทรงเรขาคณิตเป็นเส้นโค้งพาราโบลาที่มีลักษณะเฉพาะคือ ผลรวมของระยะทางระหว่างจุดโฟกัสถึงตัวสะท้อนพาราโบลาและระยะห่างจากจุดโฟกัสถึงเส้นขอบของตัวสะท้อนเป็นค่าคงที่หรือมีค่าเป็นสองเท่าของความยาวโฟกัส (ดังแสดงในรูปที่ 2.1) จึงทำให้ทุกๆสัญญาณที่สะท้อนเข้ามายังสายอากาศ ซึ่งมีลักษณะของการสะท้อนเป็นเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นแนวระดับของขอบงาน (aperture level) สัญญาณจะกระทบที่ตัวสะท้อนพาราโบลา แล้วสะท้อนไปยังจุดโฟกัสนั้น จะมีผลรวมของระยะทางจากจุดโฟกัสถึงตัวสะท้อนของสายอากาศ ( $a_n$ ) และระยะทางจากเส้นแนวระดับของขอบงานถึงตัวสะท้อนจะมีค่าเท่ากันทุกสัญญาณ ( $b_n$ ) โดยมีสมการเป็น

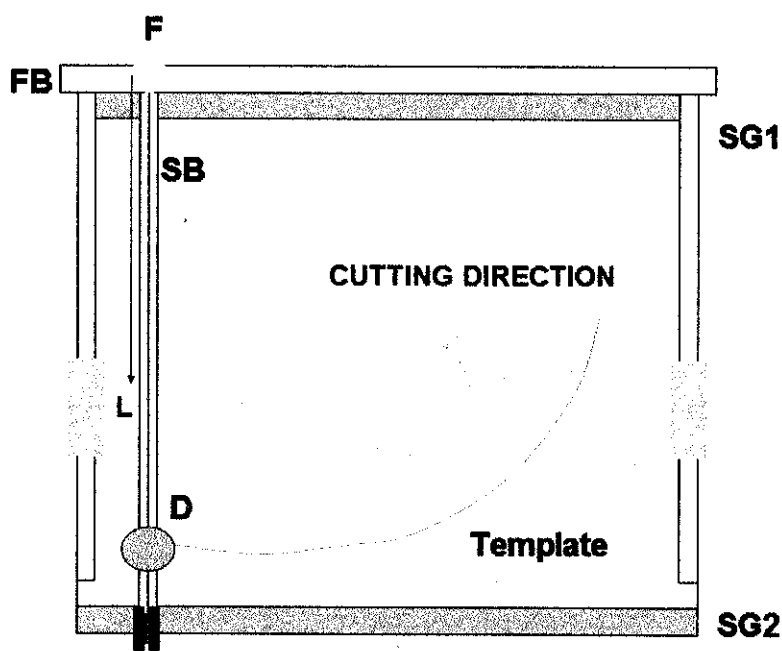
$$a_1 + b_1 = a_n + b_n \quad (3.1)$$



รูปที่ 3.1 ลักษณะการเดินทางของสัญญาณและตัวสะท้อนพาราโบลา

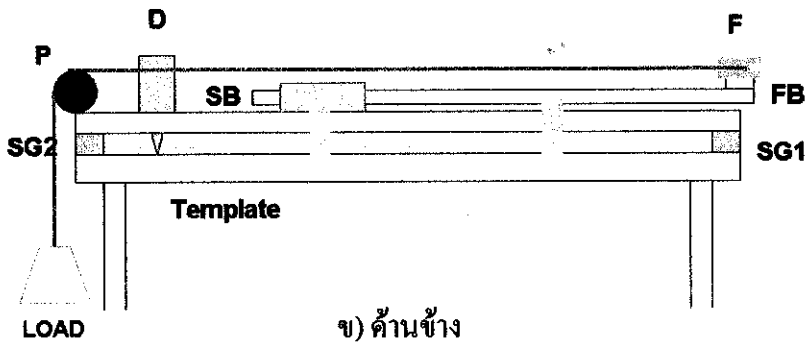
จากความสัมพันธ์ของรูปทรงทางเรขาคณิตและการเดินทางของคลื่นสามารถนำไปประยุกต์ออกแบบเครื่องตัดโค้งพาราโบลาได้ดังรูปที่ 3.2ก- 3.2ข โดยใช้แนวคิดคือ

1. กำหนดตำแหน่งจุดโฟกัสให้อยู่กับที่ โดยใช้รอกแทนที่จุดโฟกัส (F) และให้สว่านทำหน้าที่ตัดโค้งต้นแบบ(Template)
2. เชื่อมโยงจุดโฟกัสและสว่านให้ต่อเนื่องกันด้วยลวดสลิง โดยพิจารณาเป็นสัญญาณที่เข้ามายังสายอากาศ
3. ใช้สเต็ปมอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ของ SB ในแนวแกน x
4. ใช้น้ำหนักถ่วง (Load) ควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน y หรือควบคุมการเคลื่อนที่ของสว่านบนแกน SB



ก) ด้านบน





รูปที่ 3.2 โครงสร้างของเครื่องตัดโค้งพาราโบลา

องค์ประกอบของเครื่องตัดโค้งพาราโบลาตามรูปที่ 3.2 ได้แก่

- 1) F (focus) : เป็นจุดโฟกัสของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก
- 2) FB (focus bar) : เป็นแกนสำหรับเลื่อนระยะของจุดโฟกัส
- 3) SB (slide bar) : เป็นแกนที่ใช้สำหรับยึดสว่าน ทำหน้าที่เลื่อนตำแหน่งของสว่าน
- 4) SG (slide guide) : เป็นแกนที่ประคองการเลื่อนตำแหน่งของ SB ไปตามแนวแกน x
- 5) L หรือ Load : เป็นค้ำน้ำหนัก โดยควบคุมการเคลื่อนที่ของสว่านในแนวแกน y ด้วยแรงโน้มถ่วง
- 6) D (drill) : เป็นตำแหน่งของสว่าน
- 7) P (pulley) : รอก ช่วยในการเคลื่อนที่ของสว่าน

### 3.2.2 อัตราส่วน $f/D$ กับขนาดของเครื่องตัดโค้งพาราโบลา

อัตราส่วน  $f/D$  เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวโฟกัสและความกว้างของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก โดยสายอากาศประเภทนี้นิยมใช้ค่าอัตราส่วน  $f/D$  ในช่วง 0.25-0.65 สำหรับการออกแบบสายอากาศ ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนที่ทำให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพ

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโฟกัส ( $f$ ) ความกว้างของสายอากาศ ( $D$ ) และความลึกของสายอากาศ ( $d$ ) ในสมการ (2.5) และ (2.6) สามารถคำนวณค่าความลึกของสายอากาศนี้ คือ

1. กำหนดให้เครื่องตัดโค้งพาราโบลาสามารถตัดโค้งสำหรับควบคุมความโค้งของสายอากาศสะท้อนพาราโบลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เมตร
2. กำหนดอัตราส่วน  $f/D$  ให้อยู่ในช่วง 0.25-0.65

3. สามารถคำนวณความลึกของสายอากาศ โดยใช้สมการ (2.6)

$$f/D = \frac{D}{16d}$$

เมื่อกำหนดความกว้างของสายอากาศและอัตราส่วน  $f/D$

4. เมื่อได้ค่าความลึก ความกว้างของสายอากาศ และอัตราส่วน  $f/D$  สามารถคำนวณความยาวโฟกัส โดยใช้สมการ (2.5)

$$f = \frac{D^2}{16d}$$

5. จากการคำนวณค่าความลึกของสายอากาศและความยาวโฟกัสดังตารางที่ 3.1

สามารถกำหนดขนาดของเครื่องตัดได้คือ

- ความกว้าง ต้องมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายอากาศ จึงมีค่าน้อย 1 เมตร หรือ 100 เซนติเมตร
- ความยาว ต้องมีขนาดสองเท่าของค่าความลึกสูงสุด ซึ่งค่าความลึกสูงสุดที่คำนวณได้จากตารางที่ 3.1 ได้ค่าความลึกเท่ากับ 0.417 เมตร จึงใช้ขนาดความยาวอย่างน้อย 0.834 เมตร หรือ 83.4 เซนติเมตร
- ความยาวของแกนเลื่อนจุดโฟกัสเท่ากับขนาดความยาวโฟกัสสูงสุดลบด้วยความลึกสูงสุด ซึ่งค่าความยาวโฟกัสที่คำนวณได้สูงสุดจากตารางที่ 3.1 มีค่าเป็น 1.3 เมตร หรือ 130 เซนติเมตร ดังนั้นต้องมีความยาวโฟกัสอย่างน้อย 0.883 เมตร หรือ 88.3 เซนติเมตร
- ความสูง เท่ากับ 0.8 เมตร หรือ 80 เซนติเมตร

D	f/D	d	f
0.1	0.3	0.021	0.03
0.2	0.3	0.042	0.06
0.3	0.3	0.063	0.09
0.4	0.3	0.083	0.12
0.5	0.3	0.104	0.15
0.6	0.3	0.125	0.18
0.7	0.3	0.146	0.21
0.8	0.3	0.167	0.24
0.9	0.3	0.187	0.27
1	0.3	0.208	0.3
1.1	0.3	0.229	0.33
1.2	0.3	0.25	0.36
1.3	0.3	0.271	0.39
1.4	0.3	0.292	0.42
1.5	0.3	0.313	0.45
1.6	0.3	0.333	0.48
1.7	0.3	0.354	0.51
1.8	0.3	0.375	0.54
1.9	0.3	0.396	0.57
2	0.3	0.417	0.6

ก) อัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.3

D	f/D	d	f
0.1	0.4	0.016	0.04
0.2	0.4	0.031	0.08
0.3	0.4	0.047	0.12
0.4	0.4	0.063	0.16
0.5	0.4	0.078	0.2
0.6	0.4	0.094	0.24
0.7	0.4	0.109	0.28
0.8	0.4	0.125	0.32
0.9	0.4	0.141	0.36
1	0.4	0.156	0.4
1.1	0.4	0.172	0.44
1.2	0.4	0.187	0.48
1.3	0.4	0.203	0.52
1.4	0.4	0.219	0.56
1.5	0.4	0.234	0.6
1.6	0.4	0.25	0.64
1.7	0.4	0.266	0.68
1.8	0.4	0.281	0.72
1.9	0.4	0.297	0.76
2	0.4	0.312	0.8

ข) อัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.4

D	f/D	d	f
0.1	0.65	0.009	0.065
0.2	0.65	0.019	0.13
0.3	0.65	0.029	0.195
0.4	0.65	0.038	0.26
0.5	0.65	0.048	0.325
0.6	0.65	0.058	0.39
0.7	0.65	0.067	0.455
0.8	0.65	0.077	0.52
0.9	0.65	0.087	0.585
1	0.65	0.096	0.65
1.1	0.65	0.106	0.715
1.2	0.65	0.115	0.78
1.3	0.65	0.125	0.845
1.4	0.65	0.135	0.91
1.5	0.65	0.144	0.975
1.6	0.65	0.154	1.04
1.7	0.65	0.163	1.105
1.8	0.65	0.173	1.17
1.9	0.65	0.183	1.235
2	0.65	0.192	1.3

ค) อัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.4

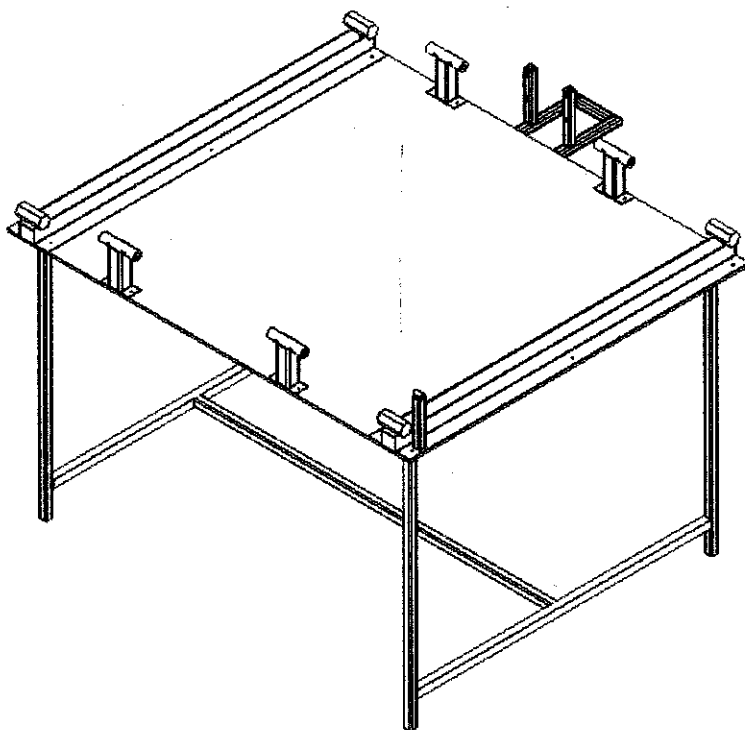
รูปที่ 3.3 ตารางแสดงค่าการคำนวณความถี่และความยาวโฟกัส

### 3.3 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิก

โครงสร้างของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิกสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก  
ความสามารถแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ

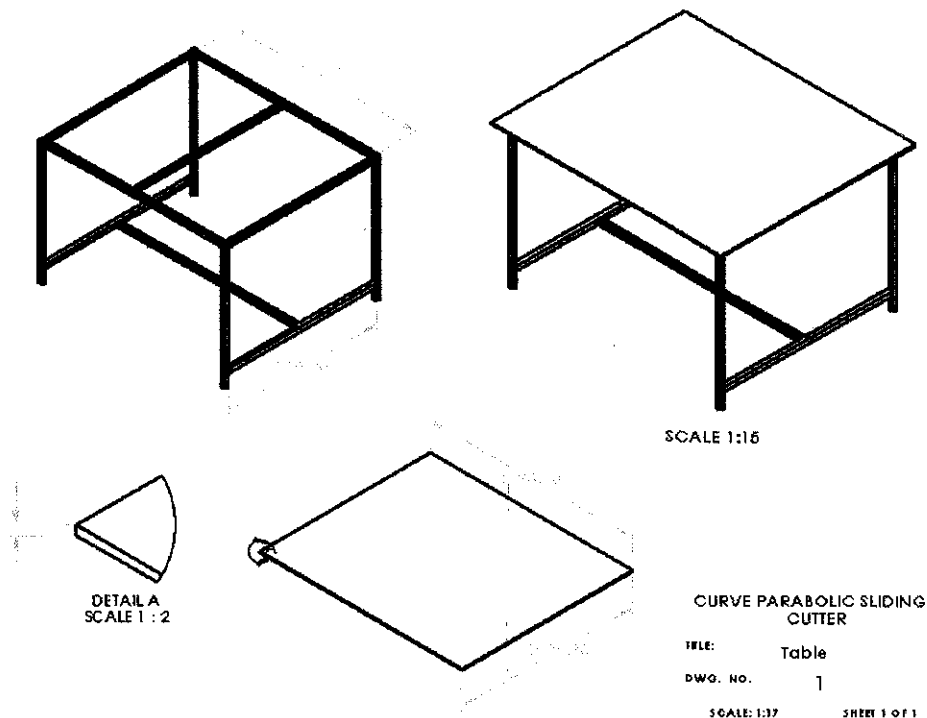
#### 3.3.1 ฐาน

องค์ประกอบสำคัญที่ใช้สำหรับรองรับชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้าง ประกอบด้วย 5 ส่วน  
คือ



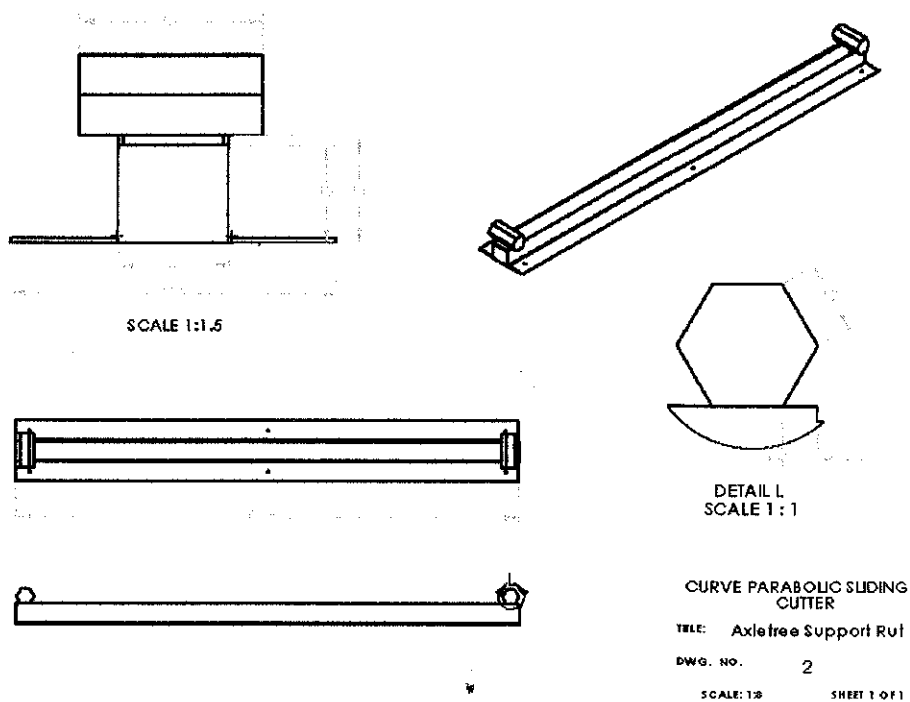
รูปที่ 3.4 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนของฐาน

1) โต๊ะ(Table)



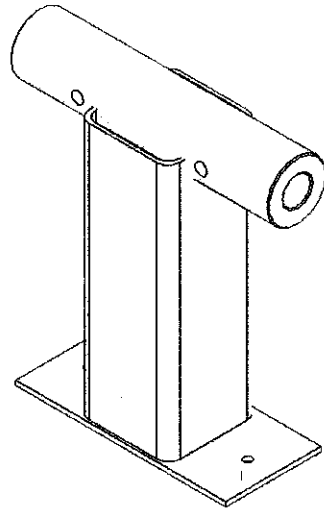
รูปที่ 3.5 ภาพวาดแสดงการออกแบบโต๊ะ

2) ร่องรองรับเพล

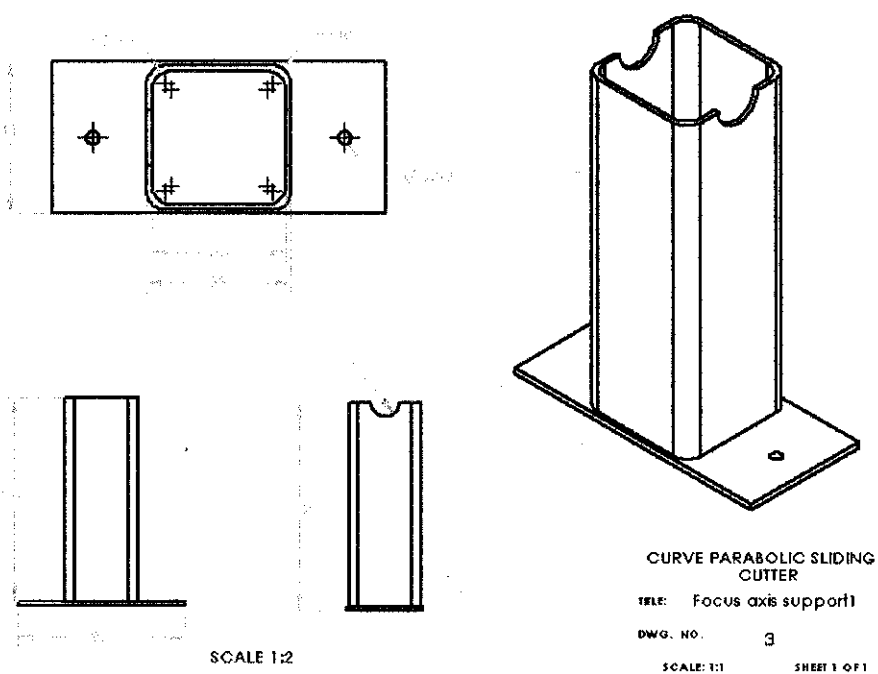


รูปที่ 3.6 ภาพวาดแสดงการออกแบบร่องรองรับเพล

### 3) ขารองรับแกนโฟกัส

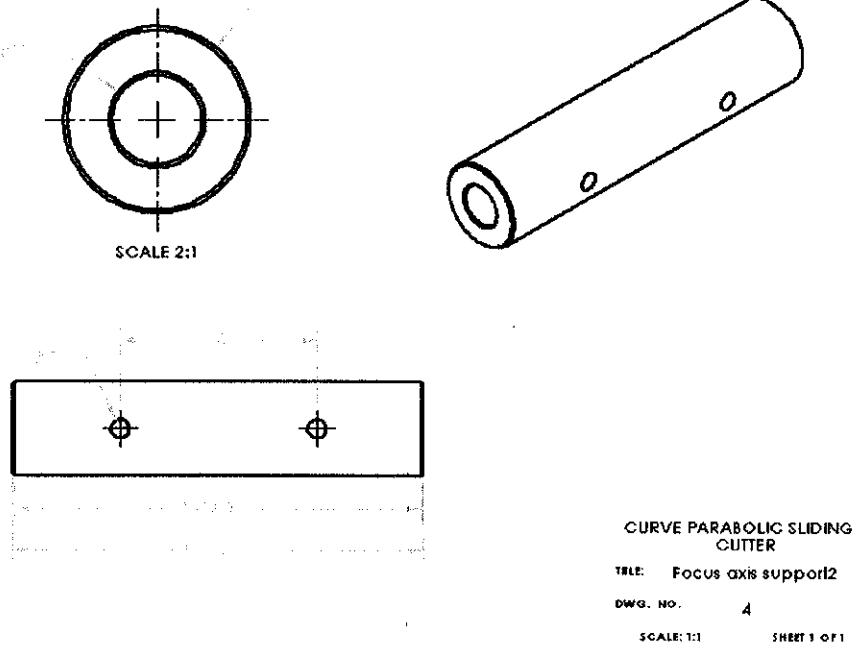


รูปที่ 3.7 ภาพวาดแสดงการประกอบขารองรับแกนโฟกัส



SCALE 1:2

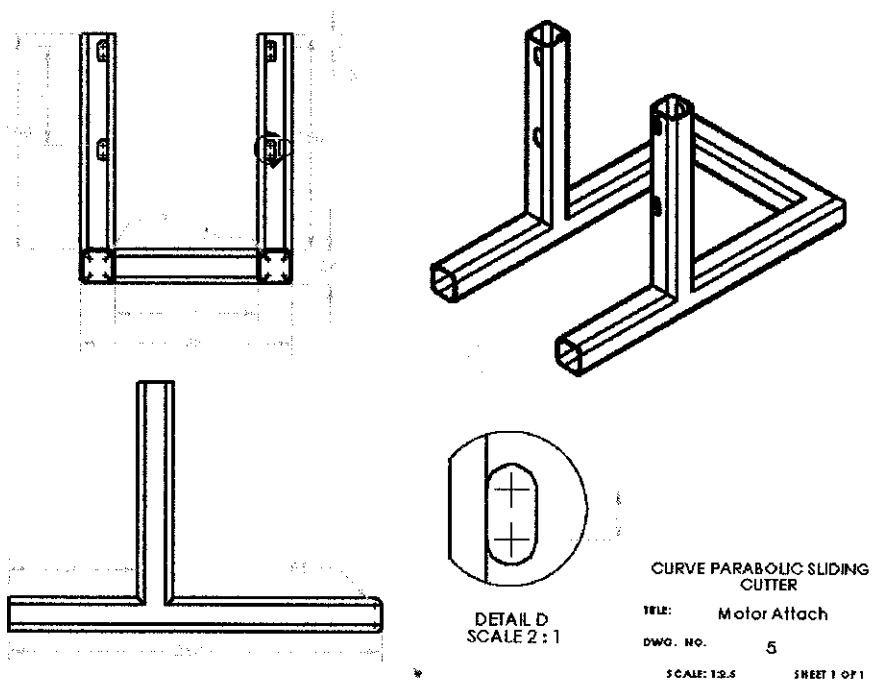
ก) แกนรอง



ข) เพลารองรับแกนโฟกัส

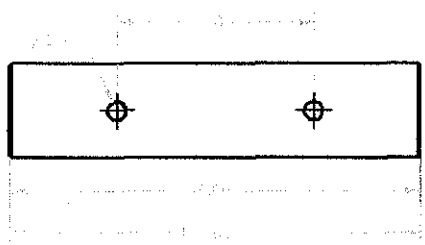
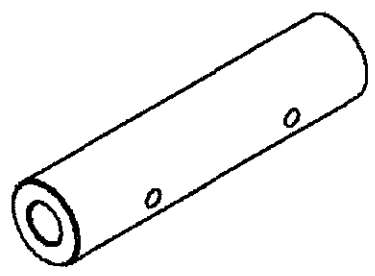
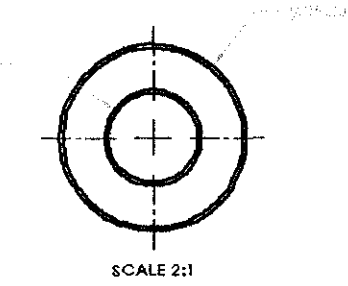
รูปที่ 3.8 ภาพวาดแสดงการออกแบบชิ้นส่วนของขารองรับแกนโฟกัส

4) ขายึดมอเตอร์



รูปที่ 3.9 ภาพวาดแสดงการออกแบบขายึดมอเตอร์



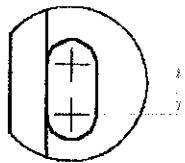
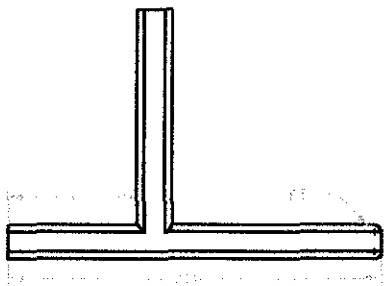
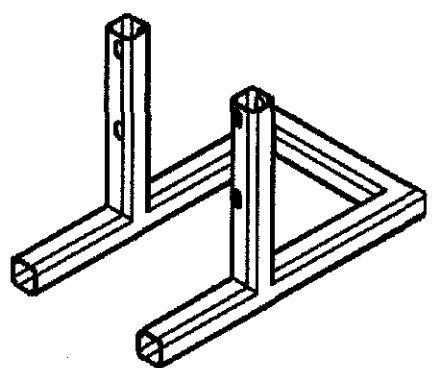
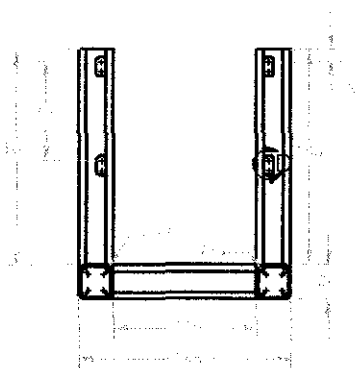


CURVE PARABOLIC SLIDING CUTTER  
 TITLE: Focus axis support2  
 DWG. NO. 4  
 SCALE: 1:1 SHEET 1 OF 1

ข) เพลารองรับแกนโฟกัส

รูปที่ 3.8 ภาพวาดแสดงการออกแบบชิ้นส่วนของขารองรับแกนโฟกัส

4) ขาเชื่อมมอเตอร์

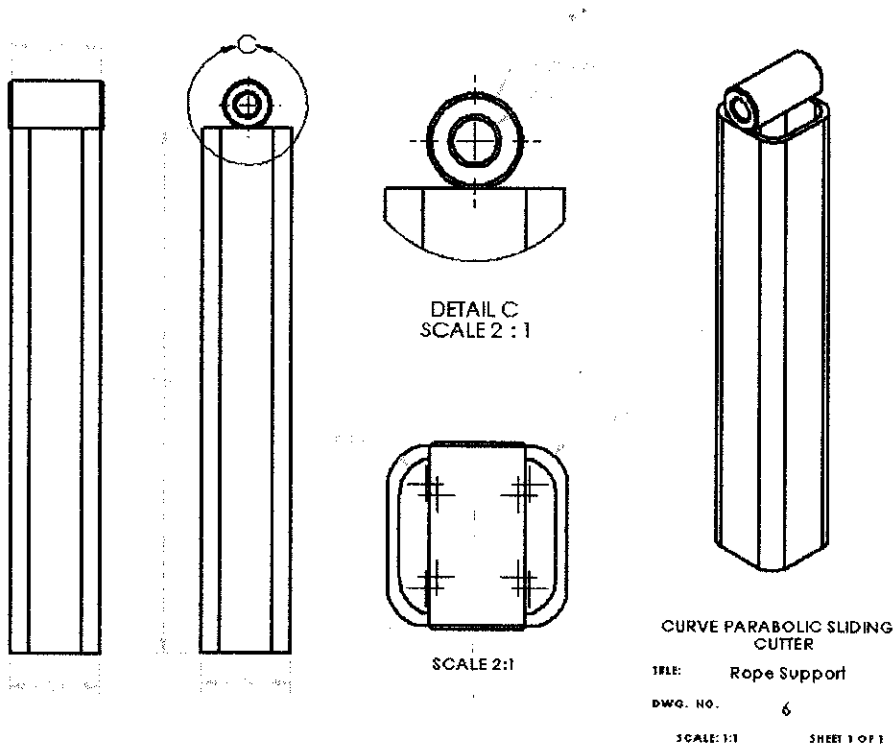


DETAIL D  
 SCALE 2:1

CURVE PARABOLIC SLIDING CUTTER  
 TITLE: Motor Attach  
 DWG. NO. 5  
 SCALE: 1:2.5 SHEET 1 OF 1

รูปที่ 3.9 ภาพวาดแสดงการออกแบบขาเชื่อมมอเตอร์

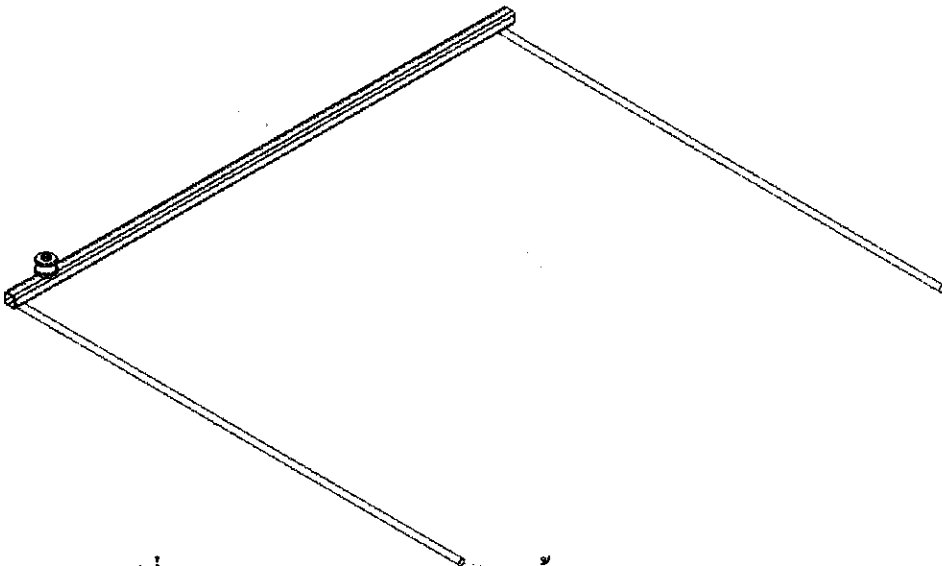
## 5) ขารองรับเชือกเหนียว



รูปที่ 3.10 ภาพวาดแสดงการออกแบบขารองรับเชือกเหนียว

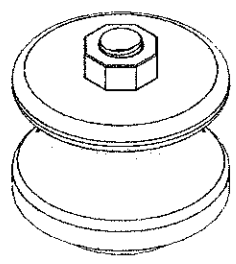
## 3.3.2 ระยะไฟกัส

องค์ประกอบสำคัญที่ใช้ควบคุมความยาวไฟกัสให้ตรงตามความต้องการหรือให้ค่าอัตราส่วน  $f/D$  ที่เหมาะสม ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

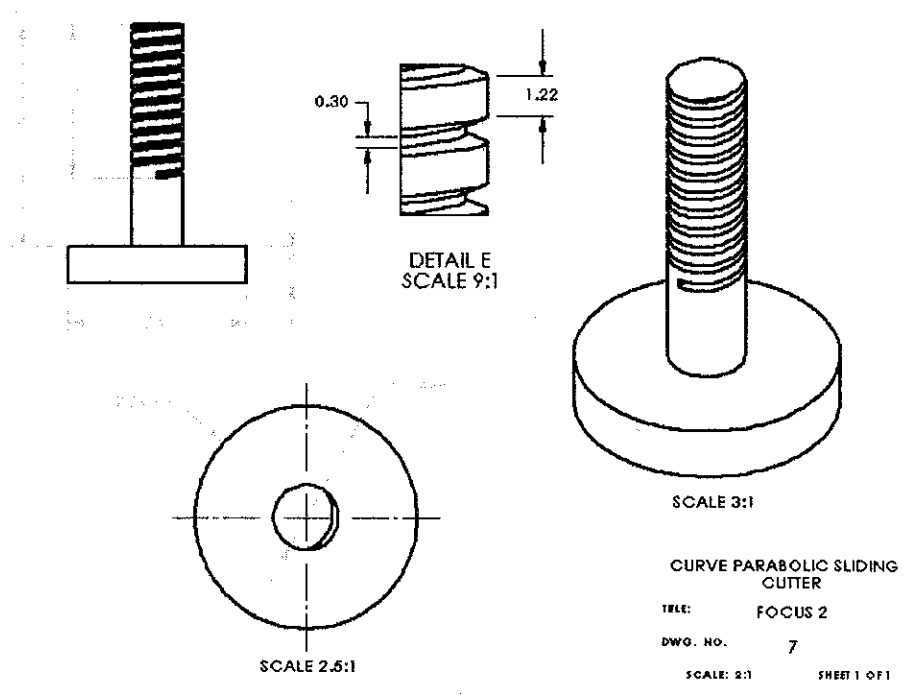


รูปที่ 3.11 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนของระยะ ไฟกัส

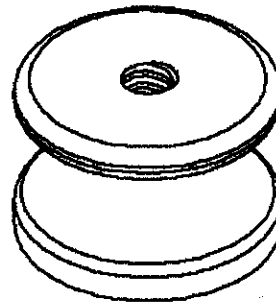
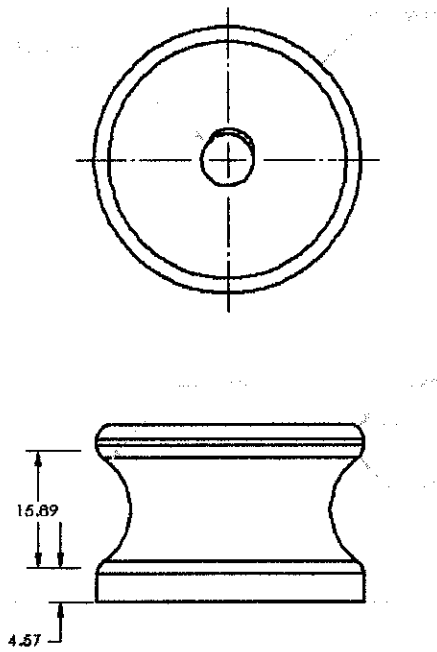
1) จุดโฟกัส



รูปที่ 3.12 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนจุดโฟกัส



ก) แกนล้อเลื่อน



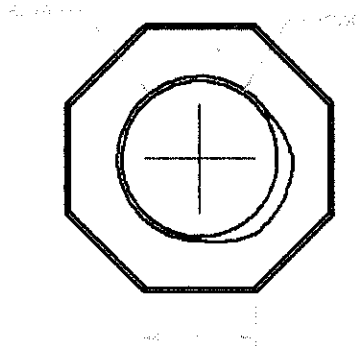
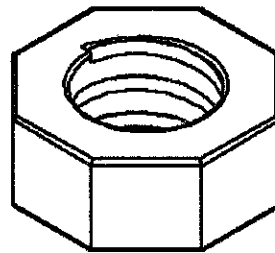
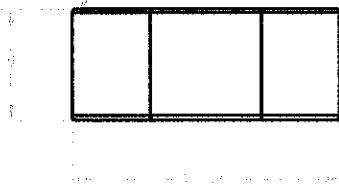
CURVE PARABOLIC SLIDING CUTTER

TITLE: FOCUS 2

DWG. NO. 8

SCALE: 2:1 SHEET 1 OF 1

ข) ล้อเลื่อน



CURVE PARABOLIC SLIDING CUTTER

TITLE: FOCUS 3

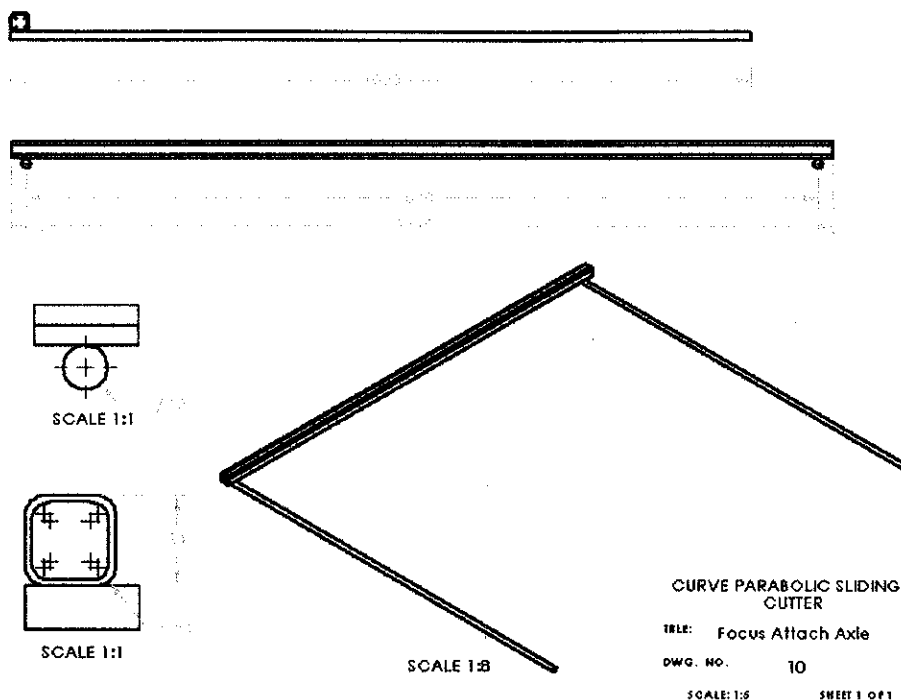
DWG. NO. 9

SCALE: 4:1 SHEET 1 OF 1

ค) น็อต

รูปที่ 3.13 ภาพวาดแสดงการออกแบบชิ้นส่วนของจุดไฟกัส

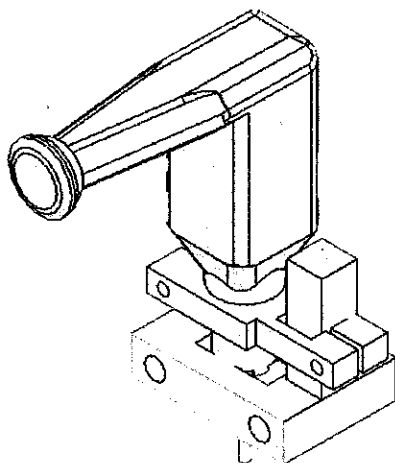
## 2) แกนยึดจุดโฟกัส



รูปที่ 3.14 ภาพวาดแสดงการออกแบบแกนยึดจุดโฟกัส

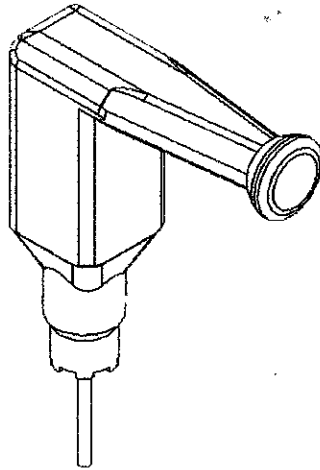
### 3.3.3 ส่วน

องค์ประกอบสำคัญในการตัดโค้งต้นแบบ (Template) สำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิก ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ



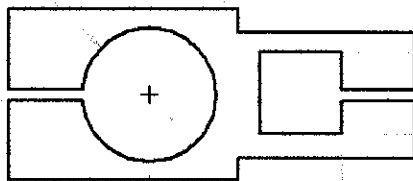
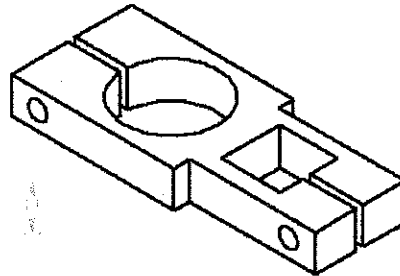
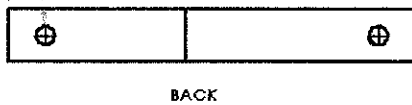
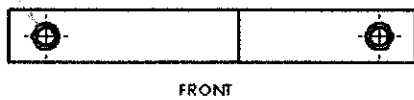
รูปที่ 3.15 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนจับยึดส่วน

## 1) ส่วน



รูปที่ 3.16 ภาพวาดแสดงลักษณะของส่วน

## 2) แทนจับส่วน



TOP

CURVE PARABOLIC SLIDING  
CUTTER

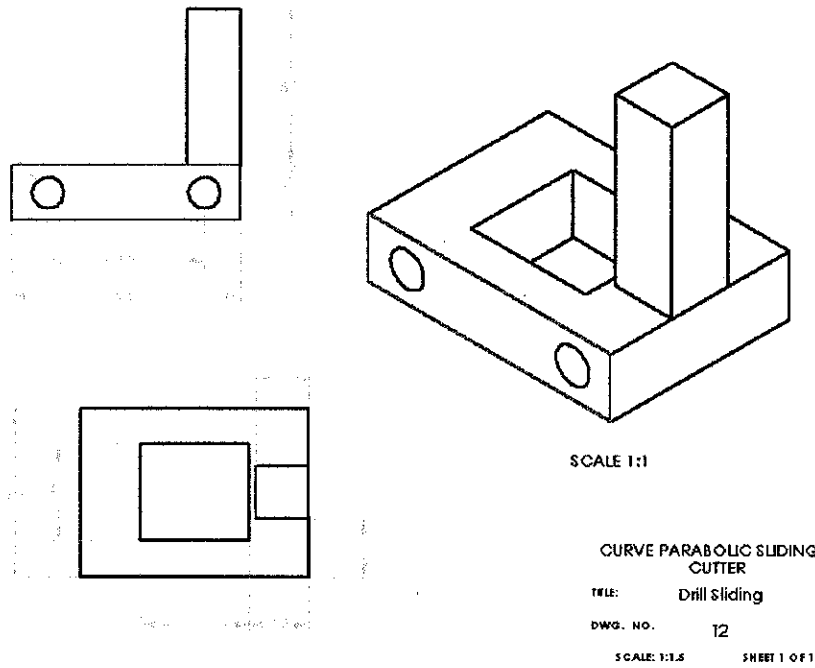
TITLE: Drill Hold

DWG. No. 11

SCALE: 1:1 SHEET 1 OF 1

รูปที่ 3.17 ภาพวาดแสดงการออกแบบแทนจับส่วน

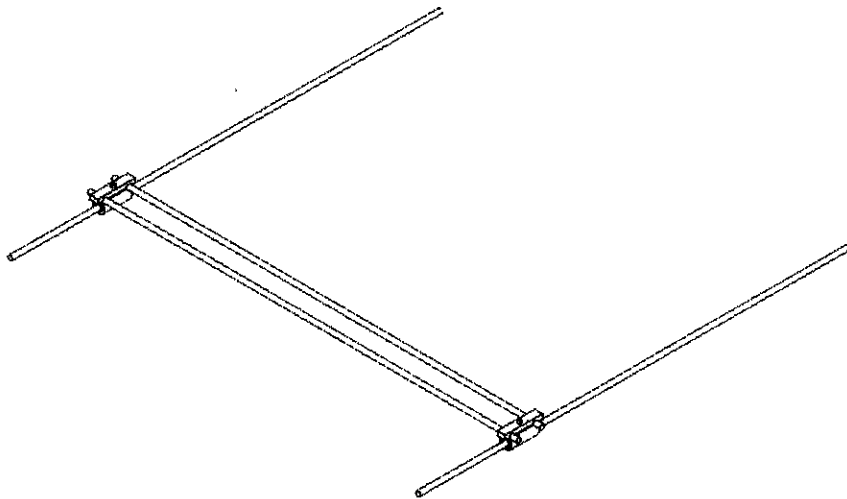
### 3) แท่นเลื่อนสว่าน



รูปที่ 3.18 ภาพแสดงการออกแบบแท่นเลื่อนสว่าน

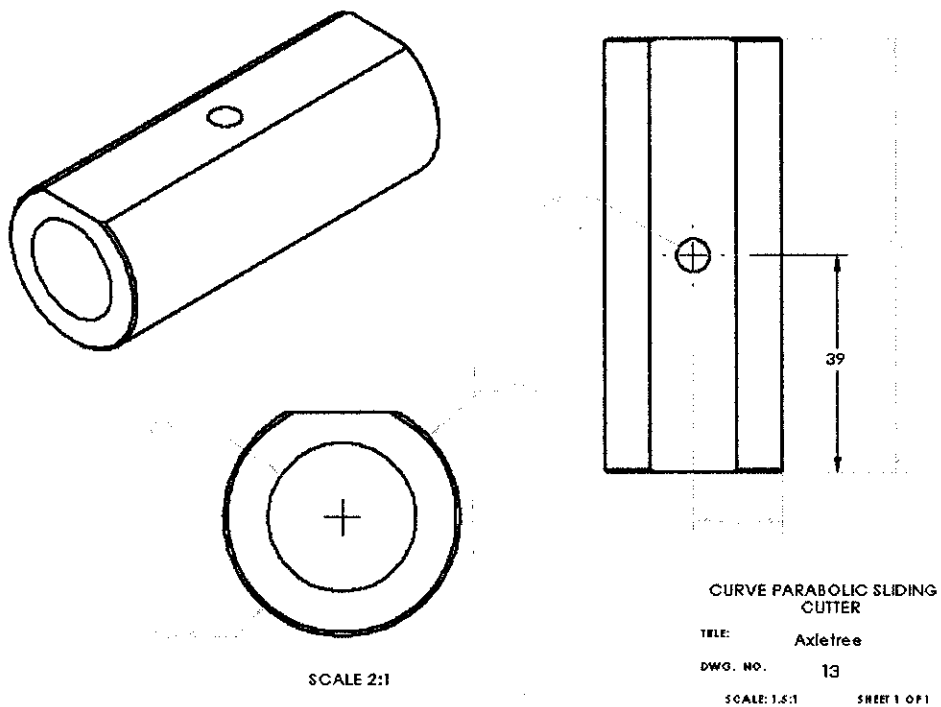
### 3.3.4 เพลาเลื่อน

องค์ประกอบที่ใช้รองรับการเคลื่อนที่ของสว่านในแนวแกน x และแกน y ประกอบด้วยชิ้นส่วน 5 ชิ้น คือ



รูปที่ 3.19 ภาพวาดแสดงการประกอบเพลาเลื่อน

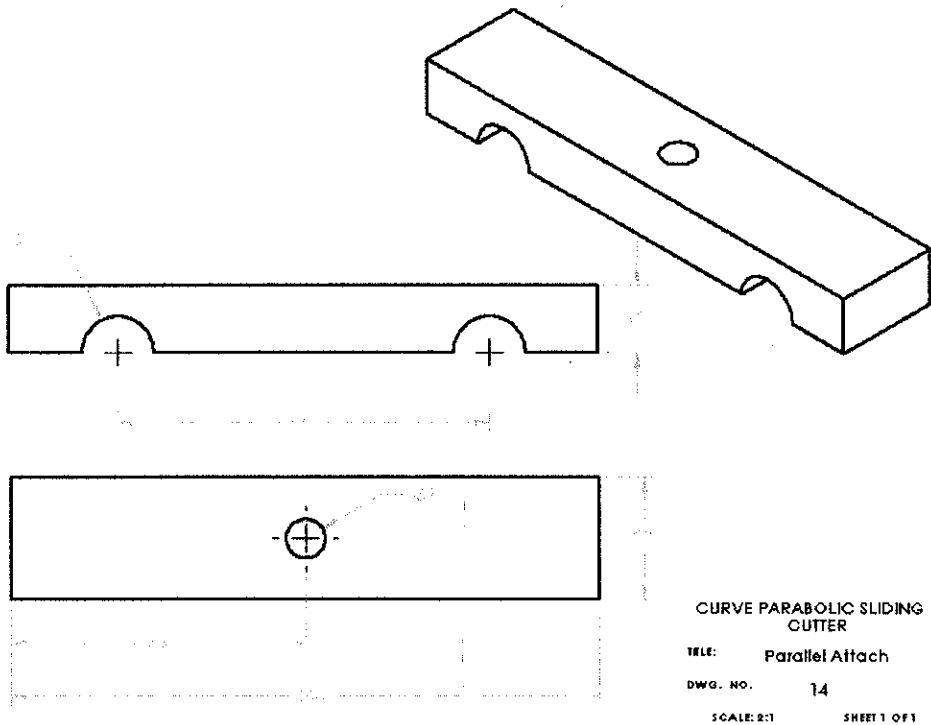
- 1) เหล็กกลมแกน x : เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 1098.30 มิลลิเมตร
- 2) เหล็กกลมแกน y : เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.8 มิลลิเมตร ยาว 1130 มิลลิเมตร
- 3) เหล็ก



รูปที่ 3.20 ภาพวาดแสดงการออกแบบเหล็ก

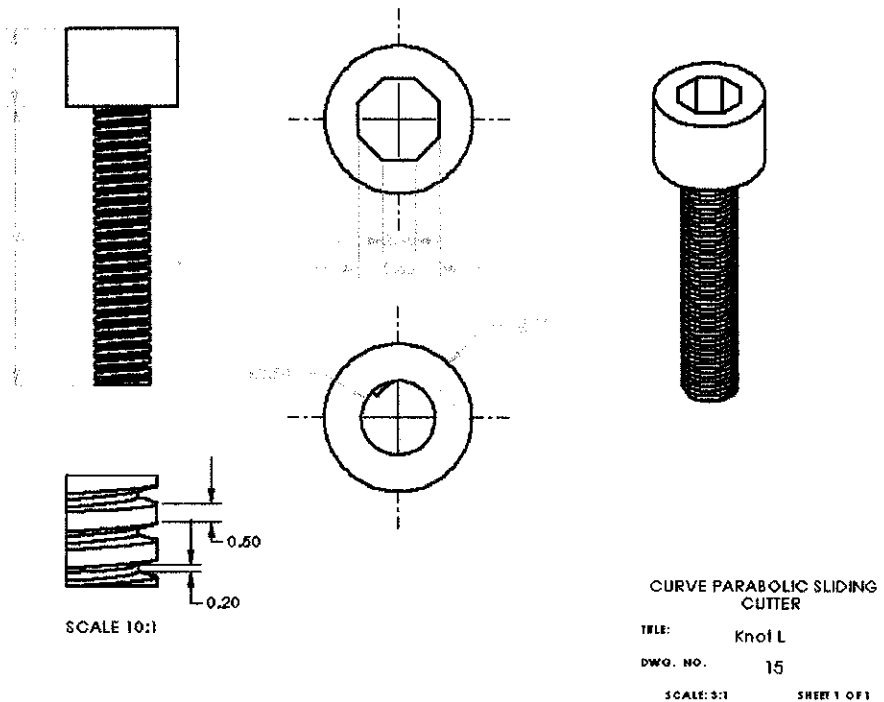


4) ร่องยี่ดคู่ขนาน



รูปที่ 3.21 ภาพวาดแสดงการออกแบบร่องยี่ดคู่ขนาน

5) น็อต

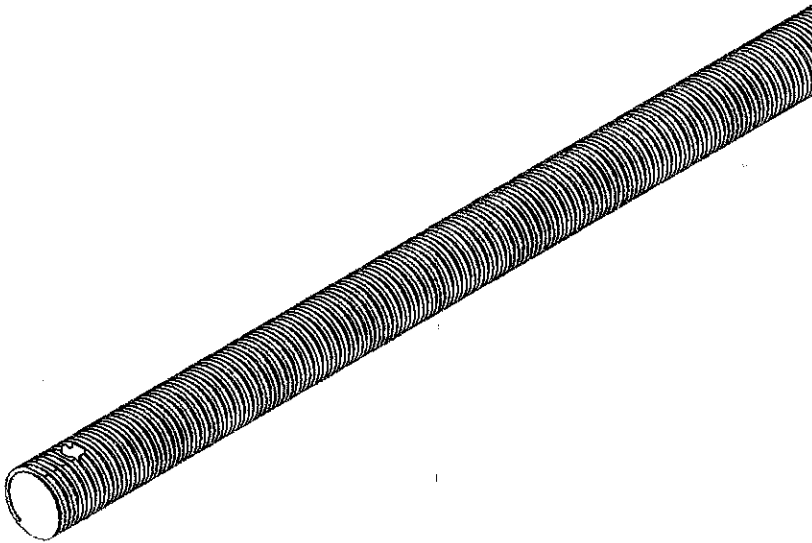


รูปที่ 3.22 ภาพวาดแสดงการออกแบบน็อต

### 3.3.5 มอเตอร์

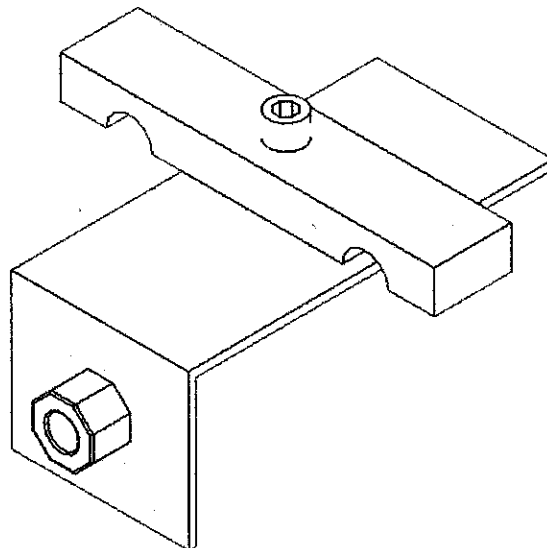
องค์ประกอบสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของสว่านในแนวแกน x โดยใช้สเต็ปมอเตอร์ในการขับเคลื่อน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- 1) สกรู : ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร ความยาว 1000 มิลลิเมตร

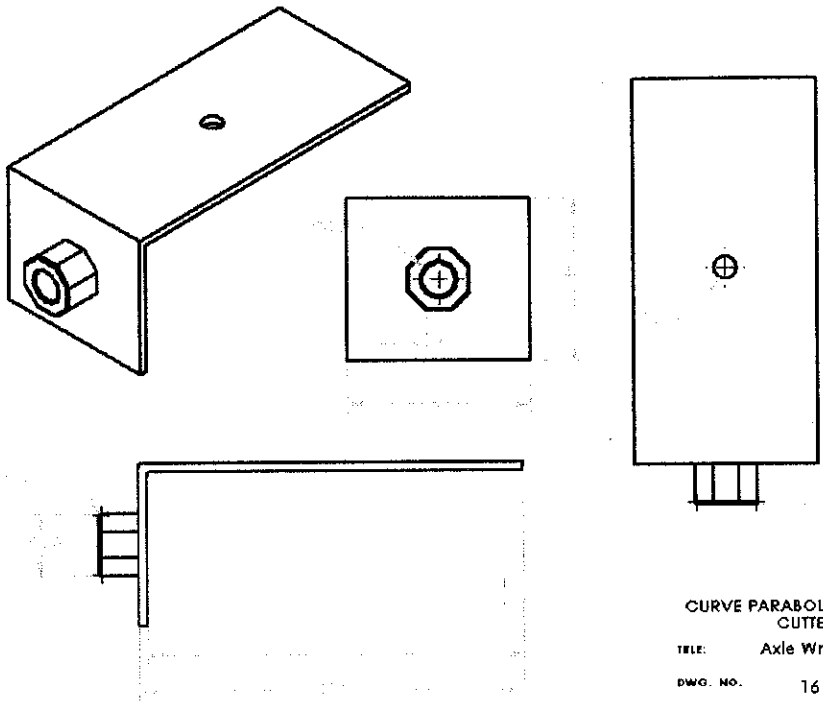


รูปที่ 3.23 ภาพวาดแสดงการออกแบบสกรู

- 2) ตัวค้ำสกรู

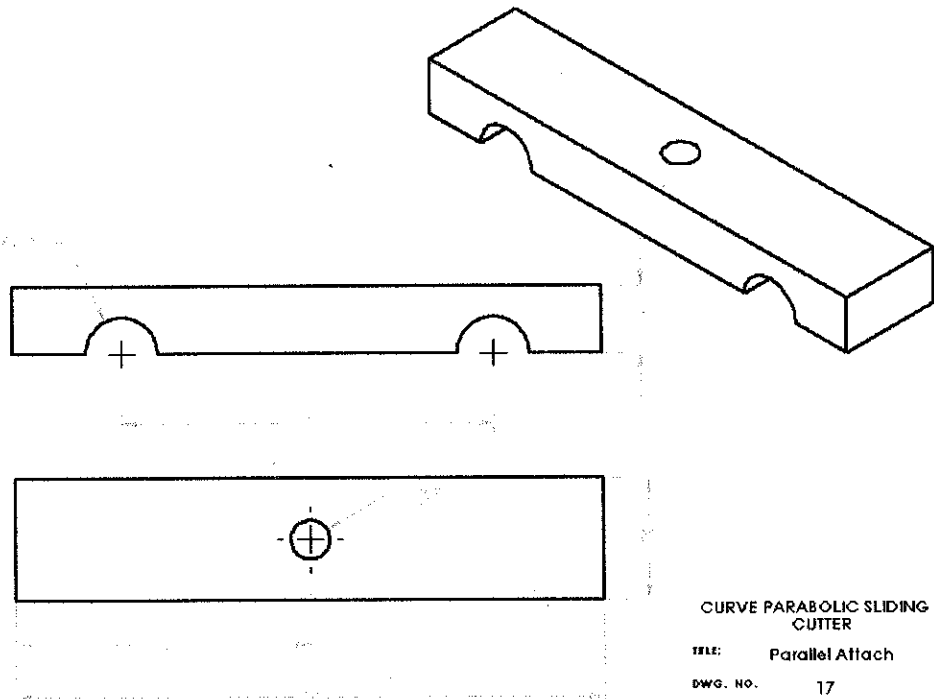


รูปที่ 3.24 ภาพวาดแสดงการประกอบตัวค้ำสกรู



CURVE PARABOLIC SLIDING CUTTER  
 TITLE: Axle Wrap  
 DWG. NO. 16  
 SCALE: 1:1 SHEET 1 OF 1

ก)

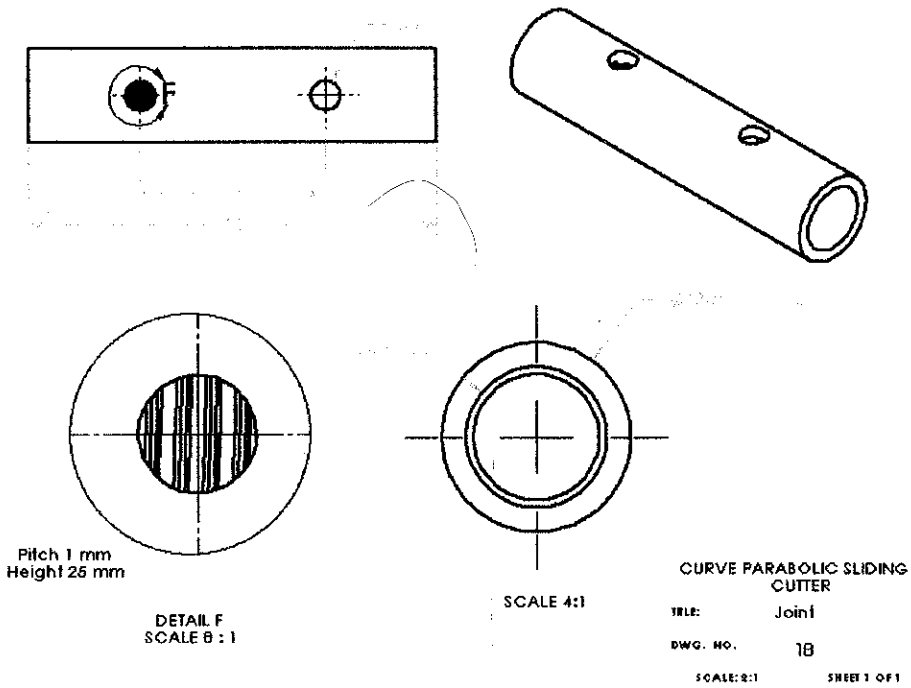


CURVE PARABOLIC SLIDING CUTTER  
 TITLE: Parallel Attach  
 DWG. NO. 17  
 SCALE: 2:1 SHEET 1 OF 1

ข)

รูปที่ 3.25 ภาพแสดงการออกแบบชิ้นส่วนของตัวล้อสกรู

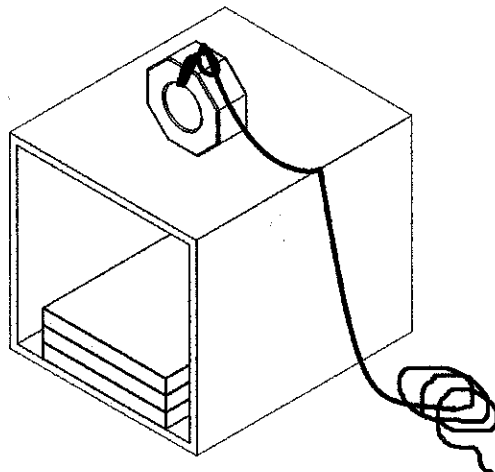
## 2) ข้อต่อ



รูปที่ 3.26 ภาพวาดแสดงการออกแบบข้อต่อ

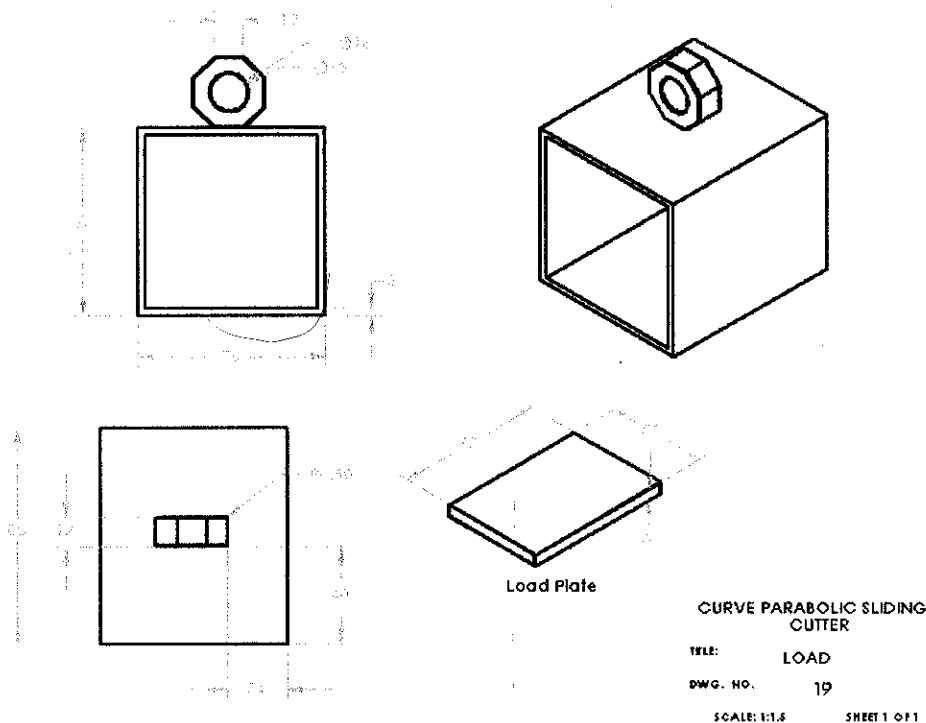
## 3.3.6 ตัวถ่วงน้ำหนัก

องค์ประกอบที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของสว่านในแนวแกน  $y$  โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ



รูปที่ 3.27 ภาพวาดแสดงการประกอบตัวถ่วงน้ำหนัก

## 1) ตั้มน้ำหนัก

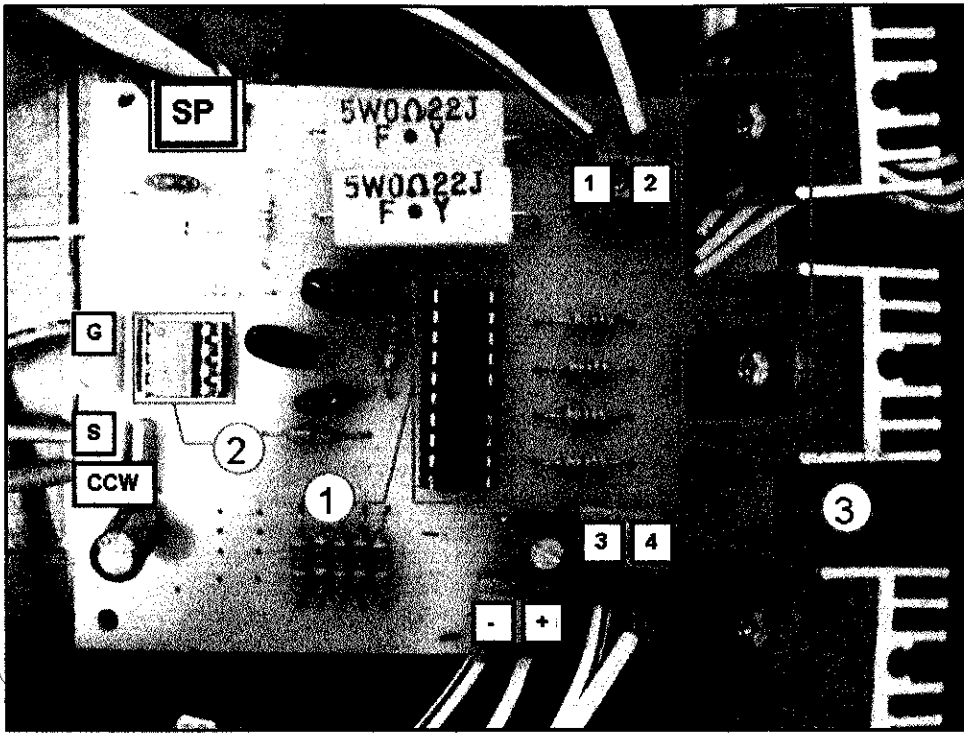


รูปที่ 3.28 ภาพวาดแสดงการออกแบบตั้มน้ำหนักและแผ่นน้ำหนัก

## 2) เชือกเหนียว

### 3.4 การควบคุมการทำงานด้วยสแต็ปมอเตอร์

การทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบลาเกิดจากการเคลื่อนที่พร้อมกันของแกน  $x$  และแกน  $y$  จึงทำให้เกิดส่วนโค้งที่ต้องการ โดยเลือกตั้มน้ำหนักควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน  $y$  และการเคลื่อนที่ในแนวแกน  $x$  ถูกขับเคลื่อนด้วยสแต็ปมอเตอร์แบบสองเฟส ที่สามารถควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนได้อย่างแม่นยำ ซึ่งการใช้งานสแต็ปมอเตอร์ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟแล้วใช้งานได้โดยตรง เนื่องจากสแต็ปมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ (pulse) จึงจำเป็นต้องมีวงจรขับในการควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.29 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

#### องค์ประกอบของวงจรขับสเต็ปมอเตอร์

วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

- ① IC L297 : ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ให้ทำงานเป็นขั้นตอน(step) ตามสัญญาณพัลส์ที่เข้ามา โดยรับสัญญาณพัลส์มาจากไอซี HA17555
- ② IC KIA555P : ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse) ให้กับไอซี L297 โดยรับอินพุทจากสวิทช์กำเนิดความถี่ของพัลส์
- ③ FET IRF540 : ทำหน้าที่ขับ โหลดของกำลังเพื่อเพิ่มระดับของสัญญาณให้สูงขึ้นเพื่อที่ โหลดจะมีกำลังการทำงานเพิ่มมากขึ้น

#### การใช้งานวงจรขับสเต็ปมอเตอร์

- 1 : ใช้ต่อกับขาที่ 1 หรือสเต็ปที่ 1 ของมอเตอร์
- 2 : ใช้ต่อกับขาที่ 2 หรือสเต็ปที่ 2 ของมอเตอร์
- 3 : ใช้ต่อกับขาที่ 3 หรือสเต็ปที่ 3 ของมอเตอร์
- 4 : ใช้ต่อกับขาที่ 4 หรือสเต็ปที่ 4 ของมอเตอร์

+

: ใช้ต่อกับกระแสไฟบวกและจุดต่อร่วม (common) ของมอเตอร์

-

: ใช้ต่อกับกระแสไฟลบจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

G

: ใช้ต่อกับกระแสไฟบวกและจุดต่อร่วม (common) ของมอเตอร์

S

: ใช้เชื่อมต่อกับกระแสไฟบวก เมื่อต้องการหยุดการทำงานของสแต็ปมอเตอร์

CCW

: ใช้เชื่อมต่อกับกระแสไฟบวก เมื่อต้องการให้สแต็ปมอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

SP

: เป็นตำแหน่งของตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้ ใช้ในการปรับความเร็วรอบการหมุนของสแต็ปมอเตอร์

### 3.5 สรุป

การออกแบบเครื่องตัดโค้งพาราโบลานั้น ต้องนำความรู้ทางด้านทฤษฎีของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกมาประยุกต์ใช้เป็นแนวคิดในออกแบบระบบการควบคุมการตัดต้นแบบความโค้งของสายอากาศ เพื่อให้ได้ความโค้งที่สามารถนำไปสร้างสายอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในการสร้างเครื่องตัดโค้งพาราโบลายังได้ใช้ทักษะความชำนาญในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องมือกลให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภท รวมไปถึงการนำความรู้ทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องตัดในแนวแกน x โดยใช้สแต็ปมอเตอร์ในการขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องตัด จึงสามารถควบคุมความเร็วและทิศทางในการทำงานของเครื่องได้อย่างแม่นยำ

## บทที่ 4

### การทดสอบทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบลาและผลการทำงาน

#### 4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึงการทดสอบการทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบลา โดยละเอียด ตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดขนาดของความกว้าง ความลึกของสายอากาศ การเตรียมชิ้นงาน ทดสอบ จนถึงขั้นตอนสุดท้ายที่ได้ชิ้นส่วนความโค้งที่ต้องการออกมา อีกทั้งการวิเคราะห์ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องถึงความคลาดเคลื่อน และประสิทธิภาพการทำงานของโครงการนี้ด้วย

#### 4.2 การทดสอบการทำงาน

ในการทดสอบนั้น ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบลาอย่างถูกต้องตามขั้นตอนต่อไปนี้

**ขั้นตอนที่ 1** กำหนดอัตราส่วน  $f/D$  และความกว้างของสายอากาศ ( $D$ ) เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความลึกของสายอากาศ ( $d$ ) และความยาวโฟกัส ( $f$ )

ในการทดสอบกำหนดอัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.28 ความกว้างของสายอากาศ เท่ากับ 120 เซนติเมตร และนำไปคำนวณค่าความลึกด้วยสมการ (2.6) คือ

$$\begin{aligned} f/D &= \frac{D}{16d} \\ 0.28 &= \frac{120}{16 \times d} \\ d &= 26.78 \text{ cm} \end{aligned}$$

จากนั้นนำไปคำนวณค่าความยาวโฟกัสโดยแทนค่าลงในสมการ (2.7) จะได้

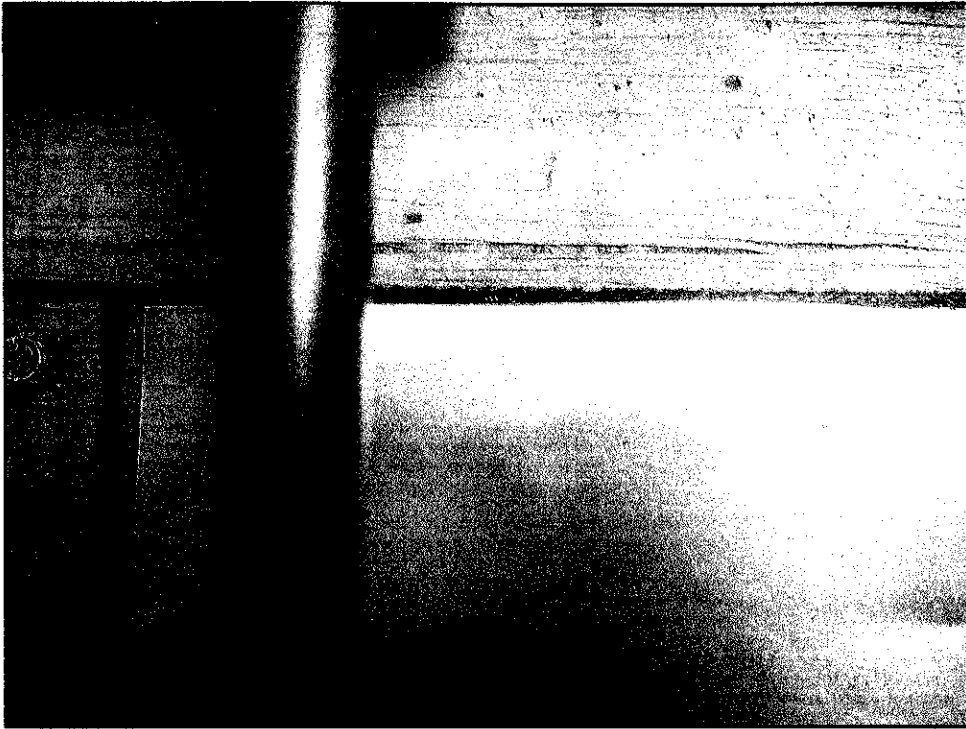
$$\begin{aligned} f &= \frac{D^2}{16d} \\ f &= \frac{120^2}{16 \times 26.78} \\ f &= 33.6 \text{ cm} \end{aligned}$$

**ขั้นตอนที่ 2** เตรียมแผ่นอะลูมิเนียมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใหญ่กว่า  $D \times d$  เล็กน้อย

ในการทดสอบต้องเตรียมแผ่นอะลูมิเนียมขนาดอย่างน้อย  $120 \times 27$  ตารางเซนติเมตร

**ขั้นตอนที่ 3** วางแผ่นอะลูมิเนียมลงบนฐานรองชิ้นงาน โดยให้ขอบด้านบนชิดกับเส้น Aperture Level และขอบด้านซ้ายชิดกับเส้นที่ตั้งฉากกับเส้น Aperture Level แล้วยึดแผ่นอะลูมิเนียมกับฐานรองชิ้นงานด้วยสกรู





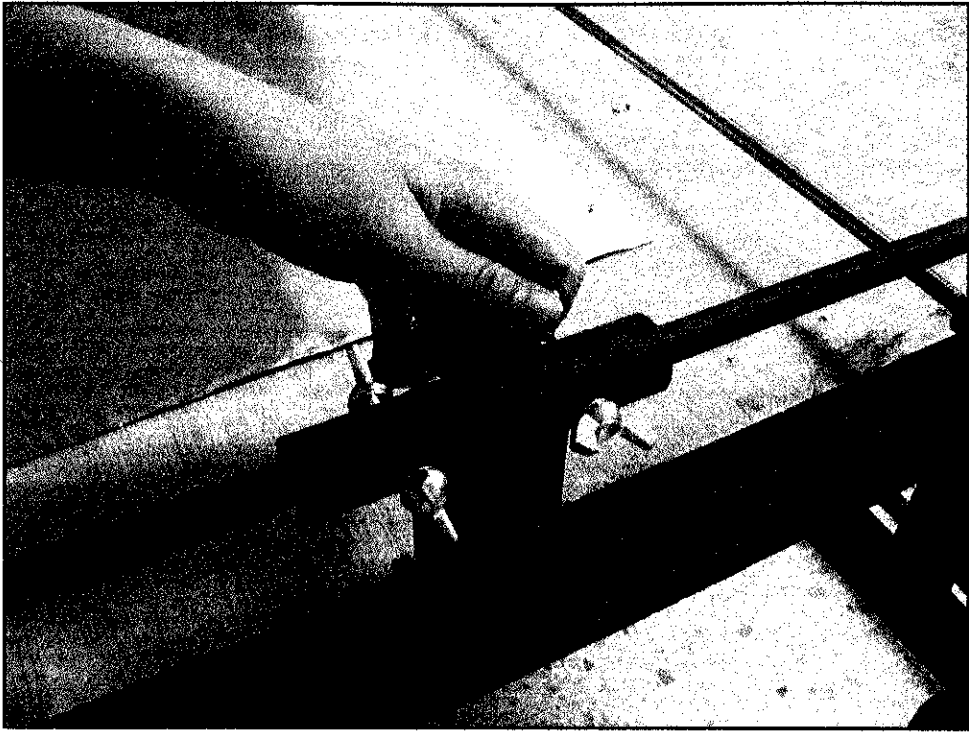
รูปที่ 4.1 รูปภาพแสดงการวางตำแหน่งของแผ่นอะลูมิเนียม

**ขั้นตอนที่ 4** เลื่อนแกนระยะโฟกัสให้ได้ระยะเท่ากับ  $f-d$  โดยอ่านค่าจากสเกลที่เส้น Aperture Level จากนั้นขันน็อตทุกระด่ายให้แน่น

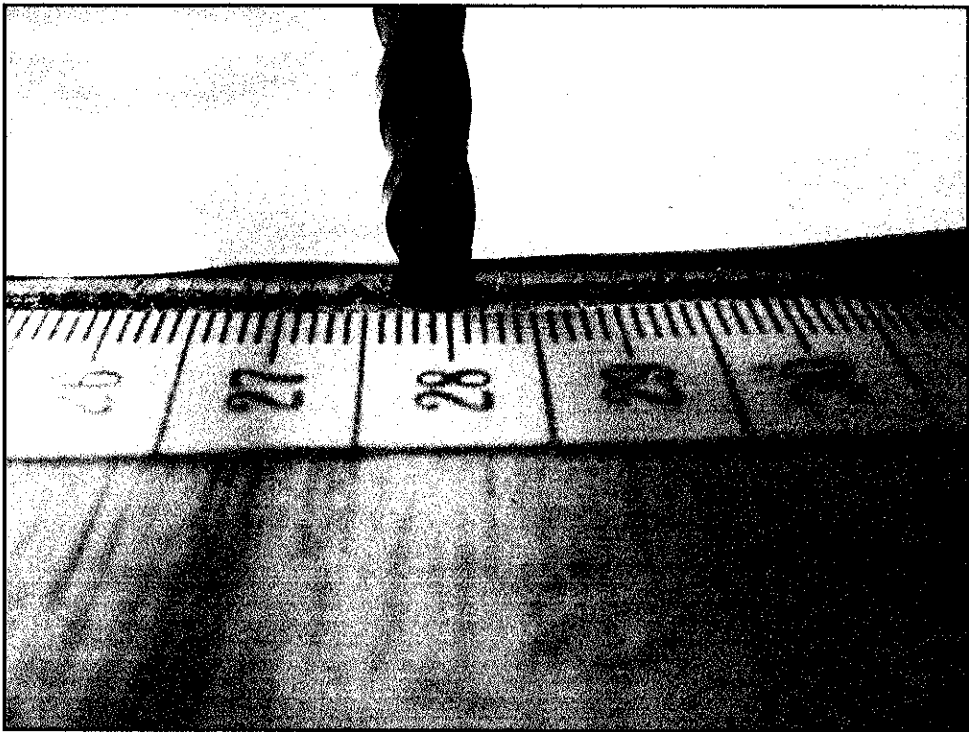
ในการทดสอบคำนวณค่าความยาวโฟกัสได้เท่ากับ 33.6 เซนติเมตร ดังนั้นต้องเลื่อนความยาวโฟกัสให้ได้ระยะเท่ากับ 6.82 เซนติเมตร

**ขั้นตอนที่ 5** เลื่อนแท่นยึดสว่านไปตำแหน่งความลึกของสายอากาศ(d) ตามค่าที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 1 โดยวัดระยะจากคอกสว่านถึงขอบบนของแผ่นอะลูมิเนียม

**ขั้นตอนที่ 6** เลื่อนสว่านในแนวแกน z โดยคลายน็อตที่แท่นเลื่อนสว่าน โดยให้คอกสว่านสัมผัสกับฐานรองชิ้นงาน



รูปที่ 4.2 ภาพแสดงการขันน็อตหุกระต่าย



รูปที่ 4.3 ภาพแสดงตำแหน่งของคอกส่วน

**ขั้นตอนที่ 7** กดสวิตช์ที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้อยู่ในสถานะ 'on' เพื่อจ่ายไฟให้กับ สเต็ปมอเตอร์



รูปที่ 4.4 ภาพแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Power Supply)

**ขั้นตอนที่ 8** โยกสวิตช์ที่ Drill ให้อยู่ในสถานะ 'on' เพื่อให้ส่วนทำงาน

**ขั้นตอนที่ 9** เลือกทิศทางการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ให้หมุนตามเข็มนาฬิกา โดยการกด สวิตช์ที่ตำแหน่งของ Stepping Motor ไปที่ตำแหน่ง CW ซึ่งทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้าสวิตช์อยู่ในตำแหน่ง CCW มอเตอร์จะหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

**ขั้นตอนที่ 10** กดสวิตช์ที่ Stepping Motor ให้อยู่ในสถานะ 'on' เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน หรือหมุนในทิศทางตามที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 9

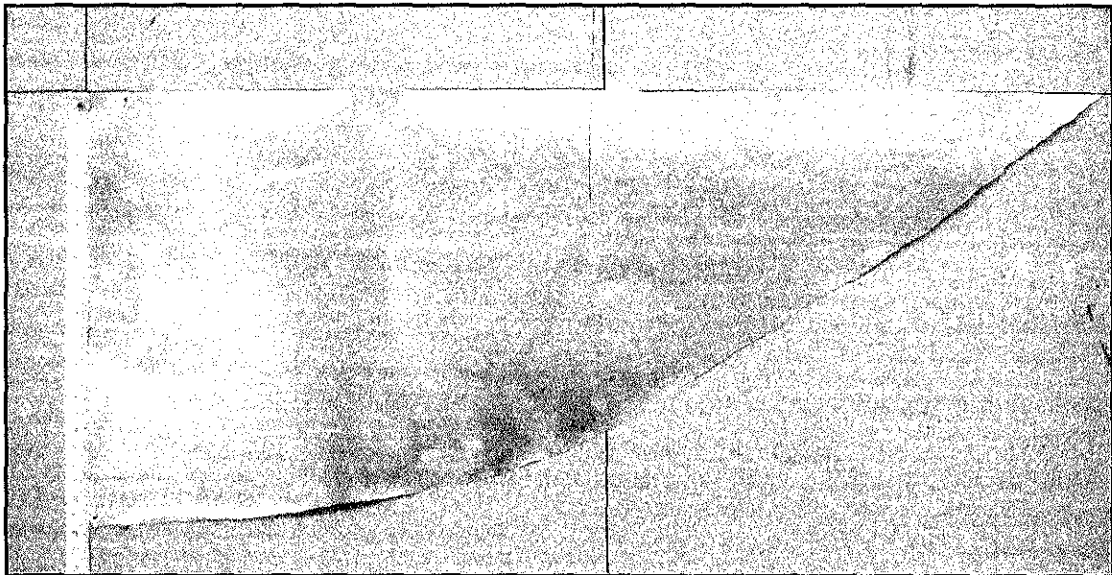


รูปที่ 4.5 ภาพแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชุดควบคุมการทำงานของเครื่องตัด

หลังจากเสร็จขั้นตอนที่ 10 เครื่องตัดโค้งพาราโบลาจะค่อยๆ ตัดแผ่นอะลูมิเนียมตามความต้องการ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 20 นาทีจึงจะได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ ในขณะที่เครื่องค่อยๆ ตัดแผ่นอะลูมิเนียมจนเกือบจะเรียบร้อยแล้ว ให้เตรียมหยุดการทำงานของเครื่อง โดย

**ขั้นตอนที่ 11** โยกสวิตซ์ที่ Stepping Motor ให้อยู่ในสถานะ 'off' แล้วกดสวิตซ์ที่ตำแหน่ง Drill ให้อยู่ในสถานะ 'off' สุดท้ายกดสวิตซ์ที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้อยู่ในสถานะ 'off' เพื่อหยุดการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์

**ขั้นตอนที่ 12** เลื่อนส่วในแนวแกน Z ให้ส่วนอยู่ในระดับที่สูงกว่าชิ้นงานหรือแผ่นโค้งอะลูมิเนียม แล้วถอดสกรูที่ยึดแผ่นอะลูมิเนียมออกจึงจะได้ต้นแบบความโค้งของสายอากาศแบบงานสะท้อนพาราโบลาที่สมบูรณ์



รูปที่ 4.6 ภาพแสดง โค้งต้นแบบของสายอากาศ

### 4.3 ผลการทดสอบ

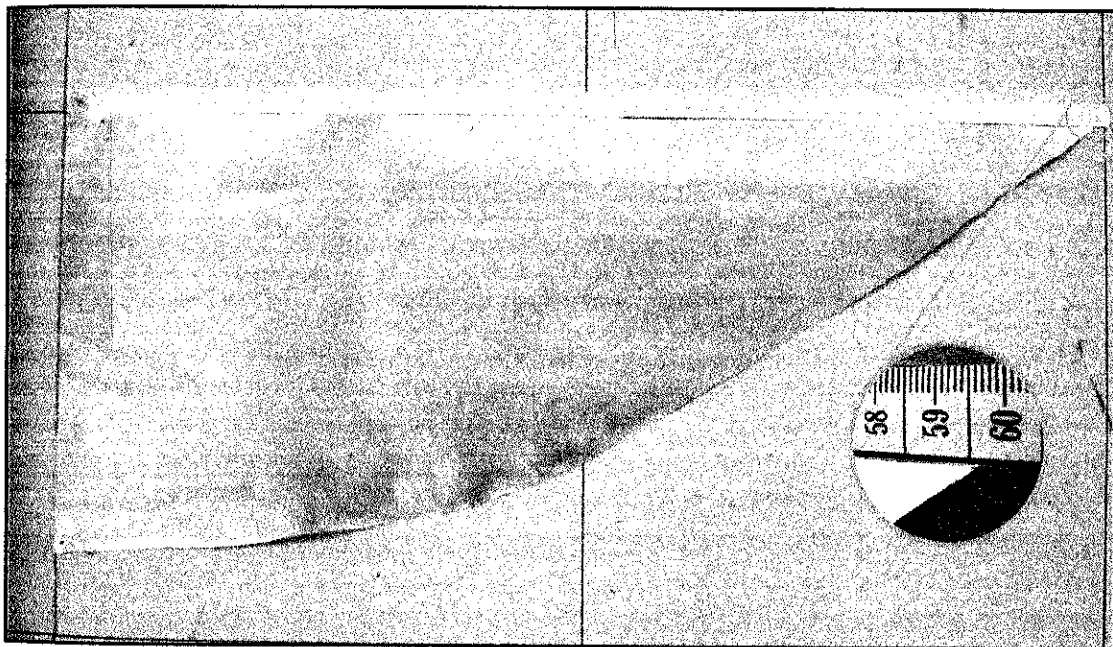
เมื่อทำการทดสอบการทำงานของเครื่องโดยปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้

1. อัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.28
2. ความกว้างของสายอากาศ ( $D$ ) เท่ากับ 120 เซนติเมตร
3. จำนวนความลึกของสายอากาศได้เท่ากับ 26.78 เซนติเมตร
4. จำนวนความยาวโฟกัสได้เท่ากับ 33.6 เซนติเมตร

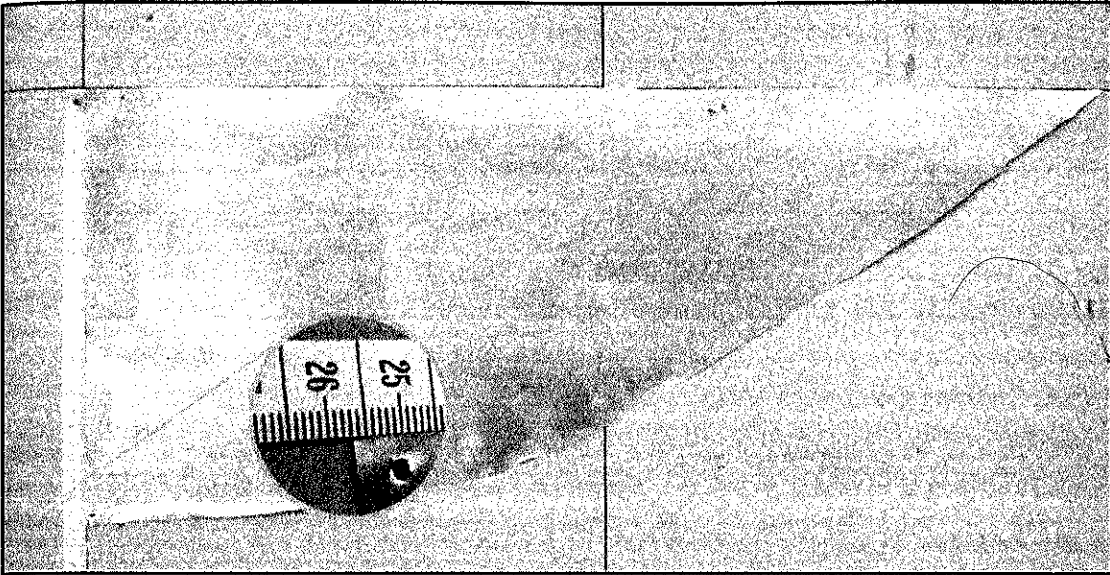
หลังจากที่เสร็จสิ้นขั้นตอนการทดสอบ ได้นำโค้งดัดแบบสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลิกมาตรวจสอบความกว้างและความลึกของโค้งดัดแบบและพิจารณาถึงลักษณะความโค้ง ทำให้เห็นว่า

1. ความโค้งของชิ้นงานที่ตัดออกมานั้น มีลักษณะความโค้งที่ไม่ต่อเนื่องตลอดชิ้นงาน
2. ความกว้างครึ่งหนึ่งของสายอากาศ ( $D/2$ ) ประมาณ 59.2 เซนติเมตร ดังนั้นความกว้างของสายอากาศเท่ากับ 118.4 เซนติเมตร
3. ความลึกของสายอากาศ ( $d$ ) ประมาณ 26.2 เซนติเมตร
4. ค่าส่วนอัตราส่วน  $f/D$  ได้เท่ากับ 0.28

เมื่อนำความแตกต่างของปริมาณทั้งสองไปคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนของความกว้างของชิ้นงาน เท่ากับ 1.5 % และได้ค่าความคลาดเคลื่อนของความลึกของชิ้นงาน เท่ากับ 2.16 % จะเห็นว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน  $f/D$  เลย จึงถือว่าความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.7 ภาพแสดงความกว้างของโค้งดัดแบบ



รูปที่ 4.8 ภาพแสดงความลึกของโค้งคั่นแบบ

#### 4.4 สรุป

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องตัดโค้งพาราโบลิกนี้ ยังคงมีความซับซ้อนทางด้านการคำนวณพอสมควร จึงทำให้เกิดความล่าช้าสำหรับการปฏิบัติงานเมื่อต้องการชิ้นงาน และการทำงานของเครื่องยังคงต้องอาศัยผู้ใช้ที่มีความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานของเครื่อง เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เนื่องจากเครื่องนี้ยังไม่สามารถตัดชิ้นงานได้อย่างอัตโนมัติ ถึงแม้ว่าการทำงานของเครื่องสำหรับตัดโค้งคั่นแบบหนึ่งชิ้นจะใช้เวลานาน ซึ่งชิ้นงานที่ได้ก็มีลักษณะตรงตามความต้องการ และการออกแบบ อาจจะมีการคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นบ้าง แต่สามารถยอมรับได้

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทสรุป

โครงการฉบับนี้เป็นการนำเสนอเครื่องตัดโค้งพาราโบลาสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลา ซึ่งได้ออกแบบมาเพื่อให้ตัดต้นแบบความโค้งของสายอากาศแบบจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เมตร มีลักษณะเด่นคือมีโครงสร้างทางกายภาพที่มีขนาดพอเหมาะสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก งบประมาณในการสร้างและการออกแบบน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดกับเครื่องมือกลอื่นๆ สามารถเลือกใช้อัตราส่วน  $f/D$  ได้ตั้งแต่ 0.25-0.65 รวมถึงความกว้างและความลึกของสายอากาศด้วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ทำให้เครื่องนี้มีความยืดหยุ่นสูง

ในทางทฤษฎี คุณลักษณะการแผ่กระจายสัญญาณทั้งหมดของสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลาขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเรขาคณิตของผิวสะท้อนที่มีลักษณะความโค้งแบบพาราโบลา นั่นคือ “ผลรวมของระยะทางจากจุดโฟกัสถึงผิวสะท้อนและระยะทางจากเส้นแนวระดับขอบผิวสะท้อน (Aperture Level) ถึงผิวสะท้อนจะมีค่าเท่ากับทุกๆ จุดของสัญญาณ” จากคุณสมบัตินี้ ได้นำไปประยุกต์ออกแบบเครื่องตัดโค้งพาราโบลาสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลา โดยออกแบบให้โครงสร้างมีชิ้นส่วนที่ใช้แทนจุดโฟกัส ขอบของผิวสะท้อน (Aperture Level) และใช้ลวดเหนียวแทนสัญญาณที่ตกกระทบเข้ามา โดยยึดไว้กับส่วนที่ใช้สำหรับตัดต้นแบบความโค้ง โดยให้คงหลักการสะท้อนของสัญญาณมากที่สุด

เมื่อได้ออกแบบโครงสร้างโดยรวมของเครื่องตัดที่อ้างอิงทฤษฎีแล้ว จากนั้นต้องออกแบบขนาดของโครงสร้าง โดยอาศัยทฤษฎีเกี่ยวกับอัตราส่วน  $f/D$  และความยาวโฟกัส ( $f$ ) รวมถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายอากาศที่ได้กำหนดไว้ ในการคำนวณขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงของโครงสร้างของฐาน จึงได้ขนาดของฐานอย่างน้อยประมาณ  $100 \times 83.4 \times 80$  เซนติเมตร ซึ่งได้แสดงรายละเอียดการคำนวณไว้ในบทที่ 3 ในการออกแบบชิ้นส่วนแต่ละชิ้นนั้น ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติในการทำงานของชิ้นส่วน และความยืดหยุ่นของชิ้นงาน นั้นหมายความว่าเมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้นในชิ้นส่วนนั้น จะสามารถแก้ไขได้โดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น เพื่อให้การสร้างใช้เวลาน้อยที่สุด จึงต้องออกแบบชิ้นส่วนทุกอย่างรอบคอบและรับคำแนะนำจากช่างผู้ชำนาญ ด้านการควบคุมการทำงานถูกขับเคลื่อนด้วยสแต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟสขนาด 5 volts สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน x โดยที่การเคลื่อนที่ในแนวแกน y ถูกควบคุมด้วยคัมน์น้ำหนักที่อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกเพียงอย่างเดียว

ในการทดสอบการทำงานต้องกำหนดค่าอัตราส่วน  $f/D$  และค่าความกว้างของสายอากาศที่ต้องการ เพื่อนำไปคำนวณค่าความลึกและความยาวโพกัสของสายอากาศ แล้วจึงจะคิดตั้งค่าต่างๆ ตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 เพื่อให้เครื่องทำงาน จากการทดสอบการทำงานใช้เวลาประมาณ ได้ผล 30 นาที จึงจะได้ผลการทดสอบออกมา จะเห็นว่าต้นแบบความโค้งมีลักษณะความโค้งที่ไม่สม่ำเสมอ แต่มีอัตราส่วน  $f/D$  ความกว้าง และความลึกของสายอากาศคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย ซึ่งสามารถยอมรับได้ว่า เครื่องตัดโค้งพาราโบลาสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลาสามารถทำงานได้จริง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับเครื่องตัดโค้งพาราโบลาสำหรับสายอากาศแบบจานสะท้อนพาราโบลา ที่ได้ทำการสร้างและทดสอบนี้ ให้ผลการทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างและผิวความโค้งยังมีความไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลในแนวแกน y โดยใช้ตุ้มน้ำหนักที่มีการเคลื่อนที่ไม่แน่นอน และการทำงานของเครื่องยังต้องอาศัยการคำนวณของผู้ใช้ ซึ่งทำให้เสียเวลา ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้งาน จึงเห็นว่าควรปรับปรุงการควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน y ให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้แม่นยำกว่านี้ และปรับปรุงให้การทำงานของเครื่องให้มีลักษณะอัตโนมัติ



## บรรณานุกรม

- [1] Constantine A. Balanis, **Antenna Theory Analysis and Design 2<sup>nd</sup> Edition : Chapter 16 Reflector Antenna**, John Wiley & Sons, INC. 1982
- [2] บัณฑิต ไรจน์อารยานนท์, วิศวกรรมสายอากาศ : บทที่ 13 สายอากาศแบบช่องเปิดที่ใช้ในงานสื่อสารไมโครเวฟ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2537
- [3] Wade Paul, **Chapter 4 Parabolic Dish Antennas** from <http://www.qsl.net/n1bwt/chap4.pdf> , 1994&1998
- [4] ข้อมูลด้านฮาร์ดแวร์ : ความรู้เบื้องต้นและ หลักการทำงาน Step Moter ตอนที่1 from <http://www.thaiio.com/Hardware-cgi/hardware.cgi?0008>
- [5] แผนกช่างไฟฟ้าเทคนิคชลบุรี, สเต็ปมอเตอร์ (STEPPING MOTOR) from <http://www.chontech.ac.th/~electric/html/stepermoter.htm>

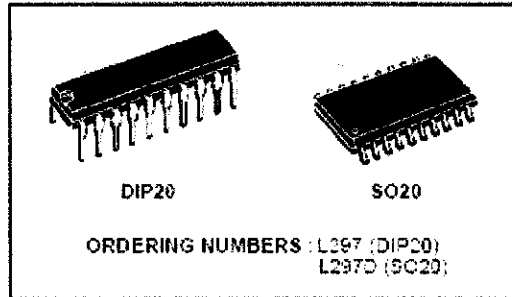
## ภาคผนวก

### รายละเอียดเกี่ยวกับไอซีที่ใช้ในการออกแบบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์

#### 1. L297

##### STEPPER MOTOR CONTROLLERS

- NORMAL/WAVE DRIVE
- HALF/FULL STEP MODES
- CLOCKWISE/ANTICLOCKWISE DIRECTION
- SWITCHMODE LOAD CURRENT REGULATION
- PROGRAMMABLE LOAD CURRENT
- FEW EXTERNAL COMPONENTS
- RESET INPUT & HOME OUTPUT
- ENABLE INPUT



##### DESCRIPTION

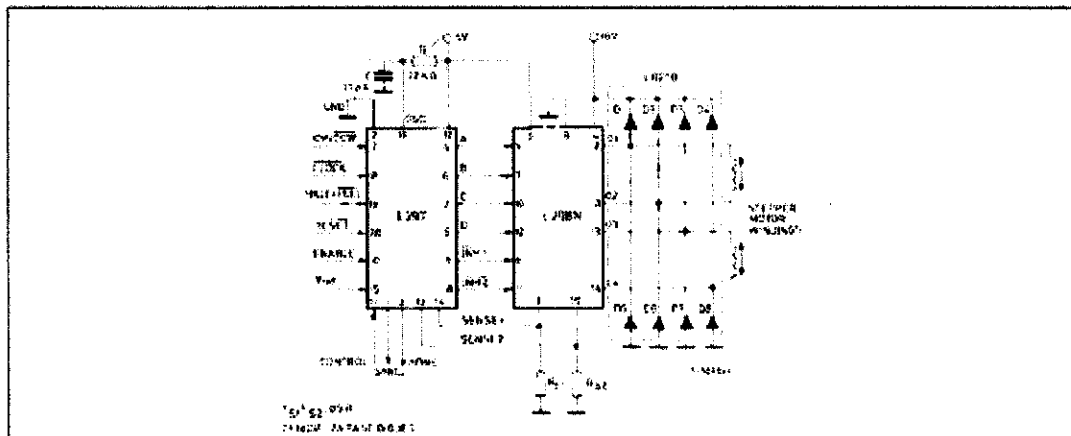
The L297/A/D Stepper Motor Controller IC generates four phase drive signals for two phase bipolar and four phase unipolar step motors in microcomputer-controlled applications. The motor can be driven in half step, normal and wave drive modes and on-chip PWM chopper circuits permit switchmode control of the current in the windings. A

feature of this device is that it requires only clock, direction and mode input signals. Since the phase are generated internally the burden on the microprocessor, and the programmer, is greatly reduced. Mounted in DIP20 and SO20 packages, the L297 can be used with monolithic bridge drives such as the L298N or L293E, or with discrete transistors and darlingtonts.

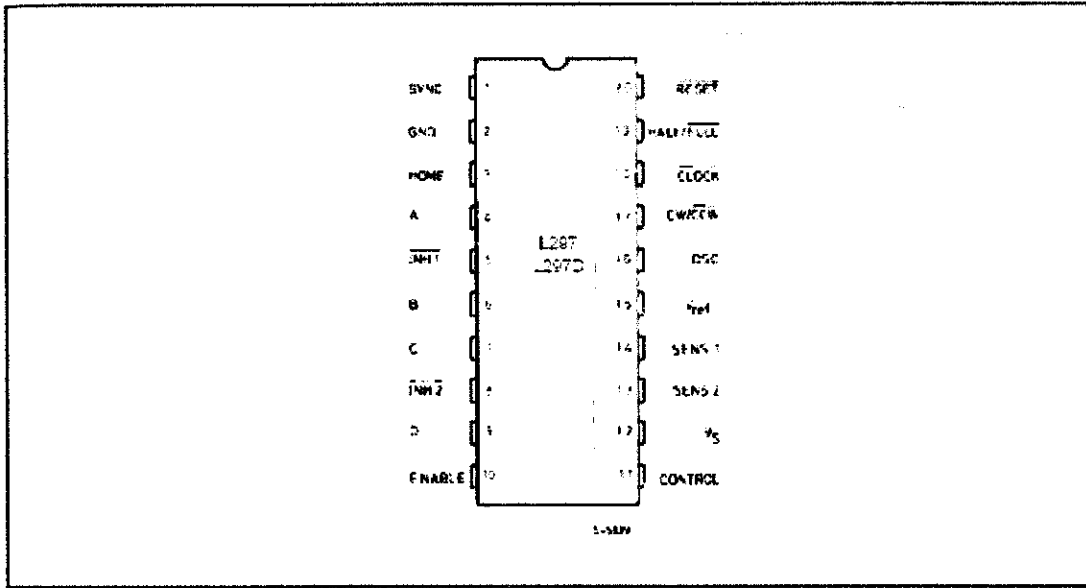
##### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_s$	Supply voltage	10	V
$V_i$	Input signals	7	V
$P_{tot}$	Total power dissipation ( $T_{amb} = 70^\circ\text{C}$ )	1	W
$T_{stg}, T_j$	Storage and junction temperature	-40 to +150	$^\circ\text{C}$

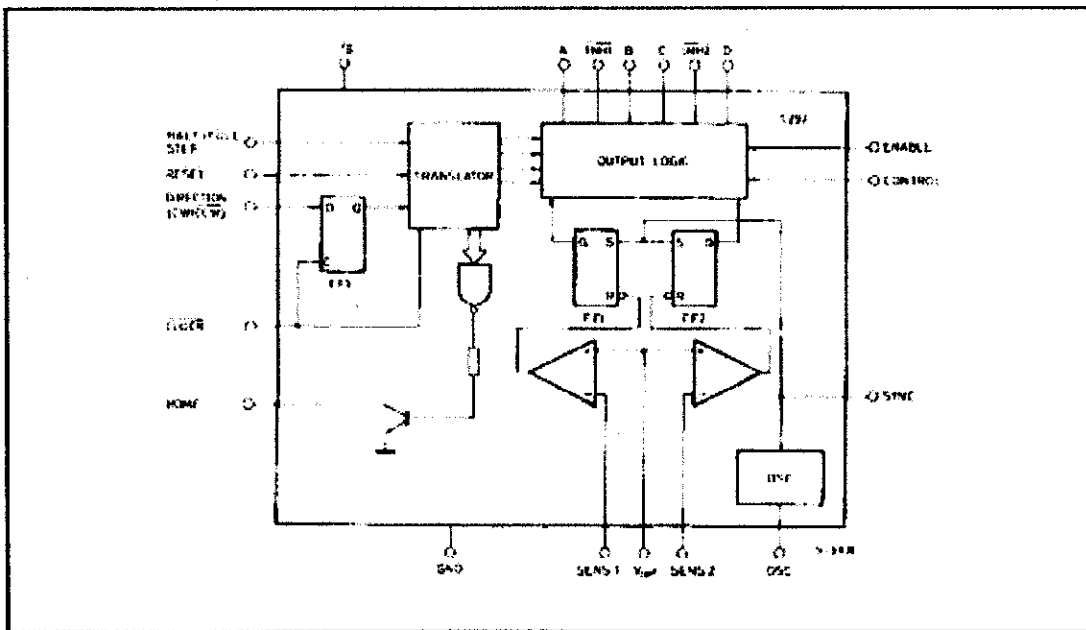
##### TWO PHASE BIPOLAR STEPPER MOTOR CONTROL CIRCUIT



PIN CONNECTION (Top view)



BLOCK DIAGRAM (L297/L297D)



## PIN FUNCTIONS - L297/L297D

N°	NAME	FUNCTION
1	SYNC	Output of the on-chip chopper oscillator. The SYNC connections of all L297s to be synchronized are connected together and the oscillator components are omitted on all but one. If an external clock source is used it is injected at this terminal.
2	GND	Ground connection.
3	HOME	Open collector output that indicates when the L297 is in its initial state (ABCD = 0101). The transistor is open when this signal is active.
4	A	Motor phase A drive signal for power stage.
5	$\overline{\text{INH1}}$	Active low inhibit control for driver stage of A and B phases. When a bipolar bridge is used this signal can be used to ensure fast decay of load current when a winding is de-energized. Also used by chopper to regulate load current if CONTROL input is low.
6	B	Motor phase B drive signal for power stage.
7	C	Motor phase C drive signal for power stage.
8	$\overline{\text{INH2}}$	Active low inhibit control for drive stages of C and D phases. Same functions as INH1.
9	D	Motor phase D drive signal for power stage.
10	ENABLE	Chip enable input. When low (inactive) INH1, INH2, A, B, C and D are brought low.
11	CONTROL	Control input that defines action of chopper. When low chopper acts on INH1 and INH2 when high chopper acts on phase lines ABCD.
12	$V_s$	5V supply input.
13	SENS <sub>2</sub>	Input for load current sense voltage from power stages of phases C and D.
14	SENS <sub>1</sub>	Input for load current sense voltage from power stages of phases A and B.
15	V <sub>ref</sub>	Reference voltage for chopper circuit. A voltage applied to this pin determines the peak load current.
16	OSC	An RC network (R to V <sub>cc</sub> , C to ground) connected to this terminal determines the chopper rate. This terminal is connected to ground on all but one device in synchronized multi-L297 configurations. $f \approx 1/0.89 RC$ .
17	$\overline{\text{CW/CCW}}$	Clockwise/counterclockwise direction control input. Physical direction of motor rotation also depends on connection of windings. Synchronized internally therefore direction can be changed at any time.
18	$\overline{\text{CLOCK}}$	Step clock. An active low pulse on this input advances the motor one increment. The step occurs on the rising edge of this signal.

## PIN FUNCTIONS - L297/L297D (continued)

N°	NAME	FUNCTION
19	HALF/FULL	Half/full step select input. When high selects half step operation, when low selects full step operation. One-phase-on full step mode is obtained by selecting FULL when the L297's translator is at an even-numbered state. Two-phase-on full step mode is set by selecting FULL when the translator is at an odd numbered position. (The home position is designate state 1).
20	RESET	Reset input. An active low pulse on this input restores the translator to the home position (state 1, ABCD = 0101).

## THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP20	SO20	Unit
$R_{T+27^{\circ}\text{C}}$	Thermal resistance, junction-ambient	max 30	100	°C/W

## CIRCUIT OPERATION

The L297 is intended for use with a dual bridge driver, quad darlington array or discrete power devices in step motor driving applications. It receives step clock, direction and mode signals from the systems controller (usually a microcomputer chip) and generates control signals for the power stage.

The principal functions are a translator, which generates the motor phase sequences, and a dual PWM chopper circuit which regulates the current in the motor windings. The translator generates three different sequences, selected by the HALF/FULL input. These are normal (two phases energised), wave drive (one phase energised) and half-step (alternately one phase energised/two phases energised). Two inhibit signals are also generated by the L297 in half step and wave drive modes. These signals, which connect directly to the L298's enable inputs, are intended to speed current decay when a winding is de-energised. When the L297 is used to drive a unipolar motor the chopper acts on these lines.

An input called CONTROL determines whether the chopper will act on the phase lines ABCD or the inhibit lines INH1 and INH2. When the phase lines

are chopped the non-active phase line of each pair (AB or CD) is activated (rather than interrupting the line then active). In L297 + L298 configurations this technique reduces dissipation in the load current sense resistors.

A common on-chip oscillator drives the dual chopper. It supplies pulses at the chopper rate which set the two flip-flops FF1 and FF2. When the current in a winding reaches the programmed peak value the voltage across the sense resistor (connected to one of the sense inputs SENS<sub>1</sub> or SENS<sub>2</sub>) equals  $V_{ref}$  and the corresponding comparator resets its flip flop, interrupting the drive current until the next oscillator pulse arrives. The peak current for both windings is programmed by a voltage divider on the  $V_{ref}$  input.

Ground noise problems in multiple configurations can be avoided by synchronising the chopper oscillators. This is done by connecting all the SYNC pins together, mounting the oscillator RC network on one device only and grounding the OSC pin on all other devices.

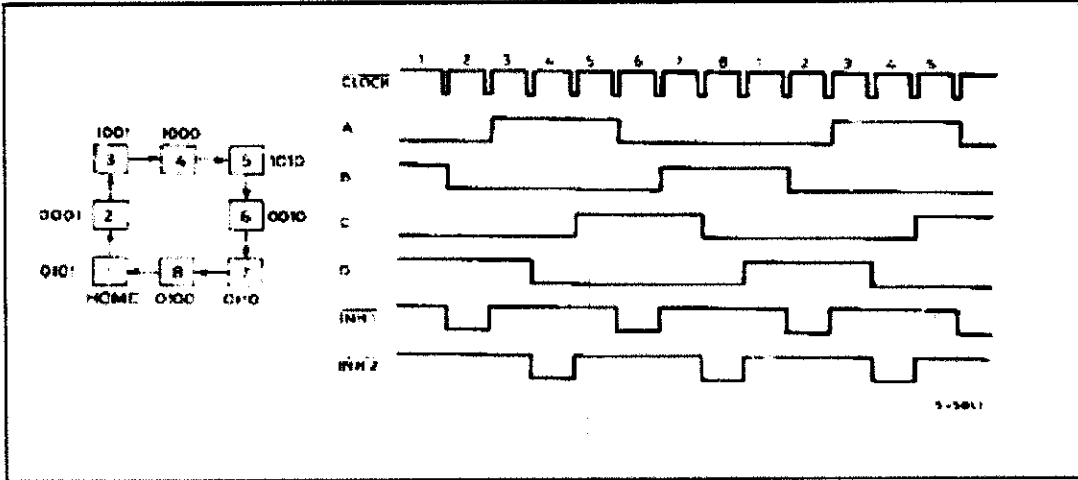
### MOTOR DRIVING PHASE SEQUENCES

The L297's translator generates phase sequences for normal drive, wave drive and half step modes. The state sequences and output waveforms for these three modes are shown below. In all cases the translator advances on the low to high transition of **CLOCK**.

Clockwise rotation is indicated; for anticlockwise rotation the sequences are simply reversed. **RESET** restores the translator to state 1, where ABCD = 0101.

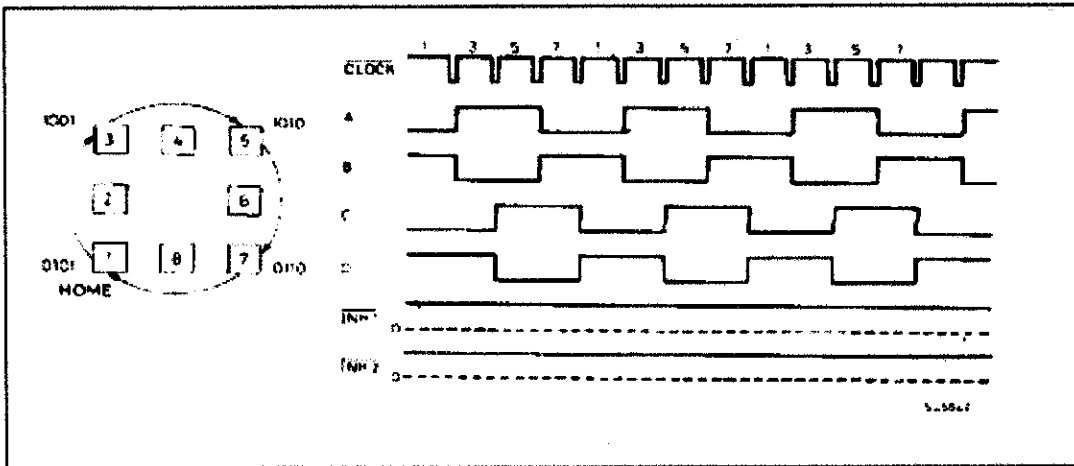
#### HALF STEP MODE

Half step mode is selected by a high level on the **HALF/FULL** input.



#### NORMAL DRIVE MODE

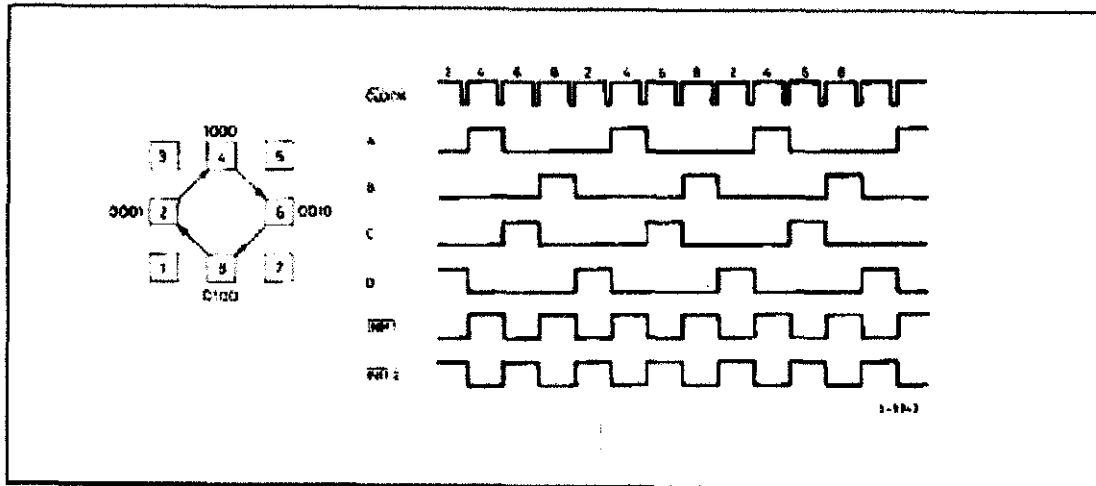
Normal drive mode (also called "two-phase-on" drive) is selected by a low level on the **HALF/FULL** input when the translator is at an odd numbered state (1, 3, 5 or 7). In this mode the **INH1** and **INH2** outputs remain high throughout.



## MOTOR DRIVING PHASE SEQUENCES (continued)

### WAVE DRIVE MODE

Wave drive mode (also called "one-phase-on" drive) is selected by a low level on the HALF/FULL input when the translator is at an even numbered state (2, 4, 6 or 8).



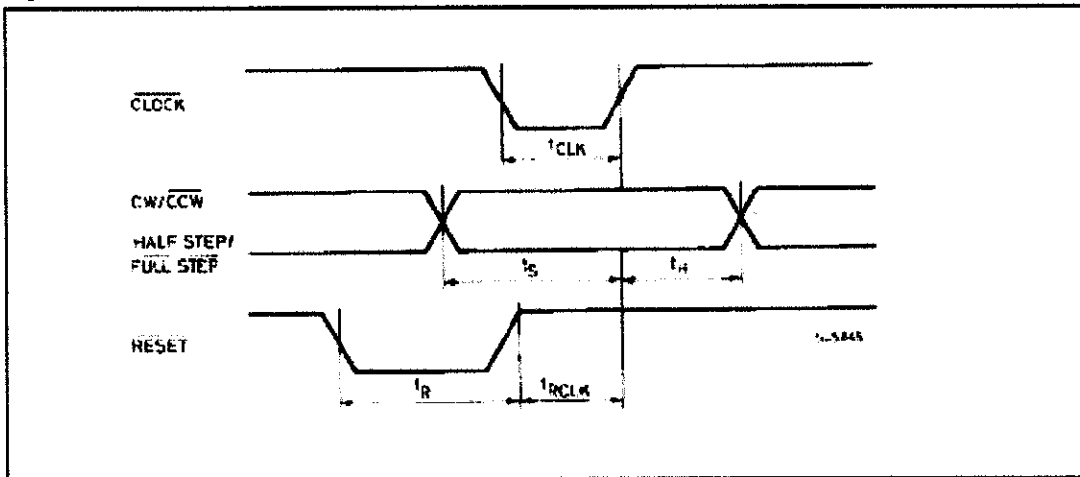
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (Refer to the block diagram  $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_s = 5\text{V}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ	Max.	Unit
$V_s$	Supply voltage (pin 12)		4.75		7	V
$I_s$	Quiescent supply current (pin 12)	Outputs floating		50	60	mA
$V_i$	Input voltage (pins 11, 17, 18, 19, 20)	Low			0.6	V
		High	2		$V_s$	V
$I_i$	Input current (pins 11, 17, 18, 19, 20)	$V = L$		100		$\mu\text{A}$
		$V = H$			10	$\mu\text{A}$
$V_{en}$	Enable input voltage (pin 10)	Low			1.3	V
		High	2		$V_s$	V
$I_{er}$	Enable input current (pin 10)	$V_{en} = L$			100	$\mu\text{A}$
		$V_{en} = H$			10	$\mu\text{A}$
$V_o$	Phase output voltage (pins 4, 6, 7, 8)	$I_o = 10\text{mA}$ $V_{OL}$			0.4	V
		$I_o = 5\text{mA}$ $V_{OH}$	3.9			V
$V_{in}$	Inhibit output voltage (pins 5, 6)	$I_o = 10\text{mA}$ $V_{inL}$			0.4	V
		$I_o = 5\text{mA}$ $V_{inH}$	3.9			V
$V_{sync}$	Sync Output Voltage	$I_o = 5\text{mA}$ $V_{syncH}$	3.3			V
		$I_o = 5\text{mA}$ $V_{syncL}$			0.8	

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)**

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ	Max.	Unit
$I_{EAK}$	Leakage current (pin 3)	$V_{CE} = 7V$			1	$\mu A$
$V_{SAT}$	Saturation voltage (pin 5)	$I = 5mA$			0.4	V
$V_{OFF}$	Comparators offset voltage (pins 13, 14, 15)	$V_{REF} = 1V$			5	mV
$I_O$	Comparator bias current (pins 13, 14, 15)		-100		10	$\mu A$
$V_{REF}$	Input reference voltage (pin 15)		0		3	V
$t_{CLK}$	Clock time		0.5			$\mu s$
$t_O$	Set up time		1			$\mu s$
$t_H$	Hold time		4			$\mu s$
$t_R$	Reset time		1			$\mu s$
$t_{RCLK}$	Reset to clock delay		1			$\mu s$

Figure 1.





### APPLICATION INFORMATION

### TWO PHASE BIPOLAR STEPPER MOTOR CONTROL CIRCUIT

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2A. The diodes are fast 2A types.

Figure 2.

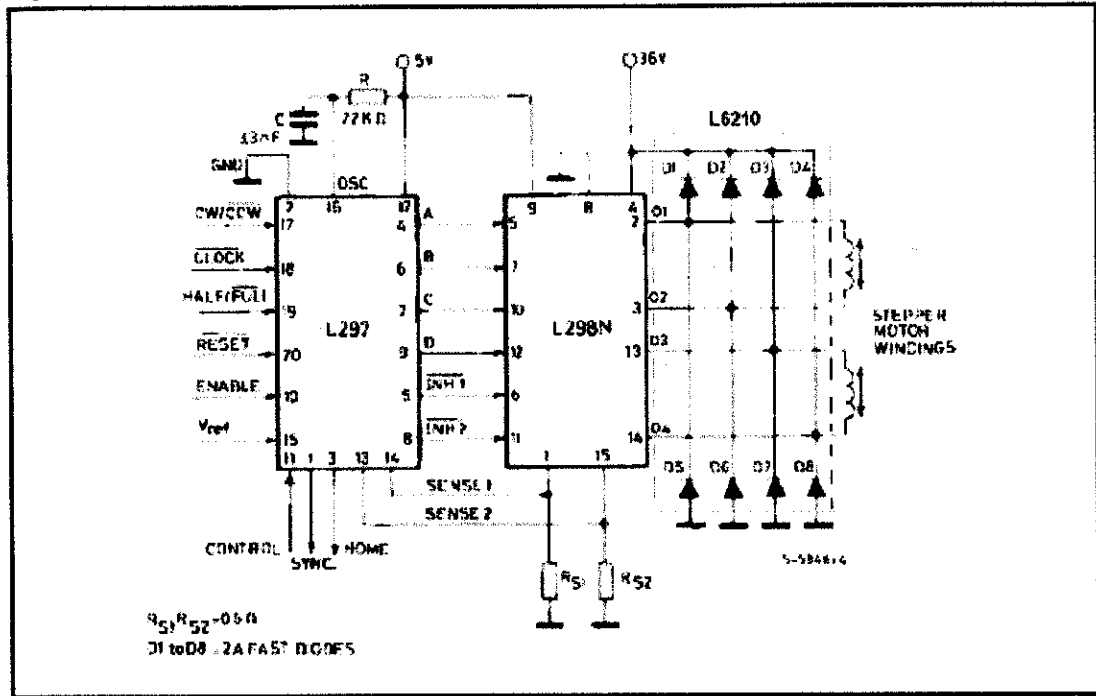
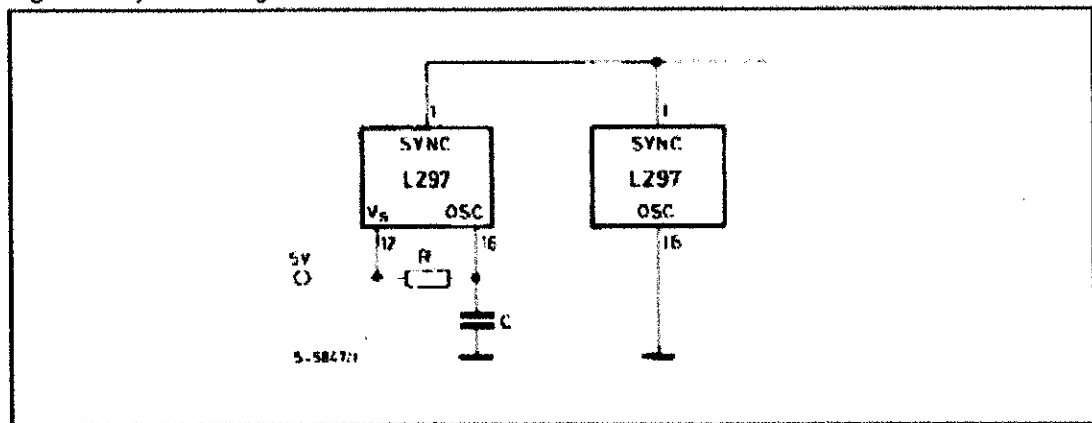
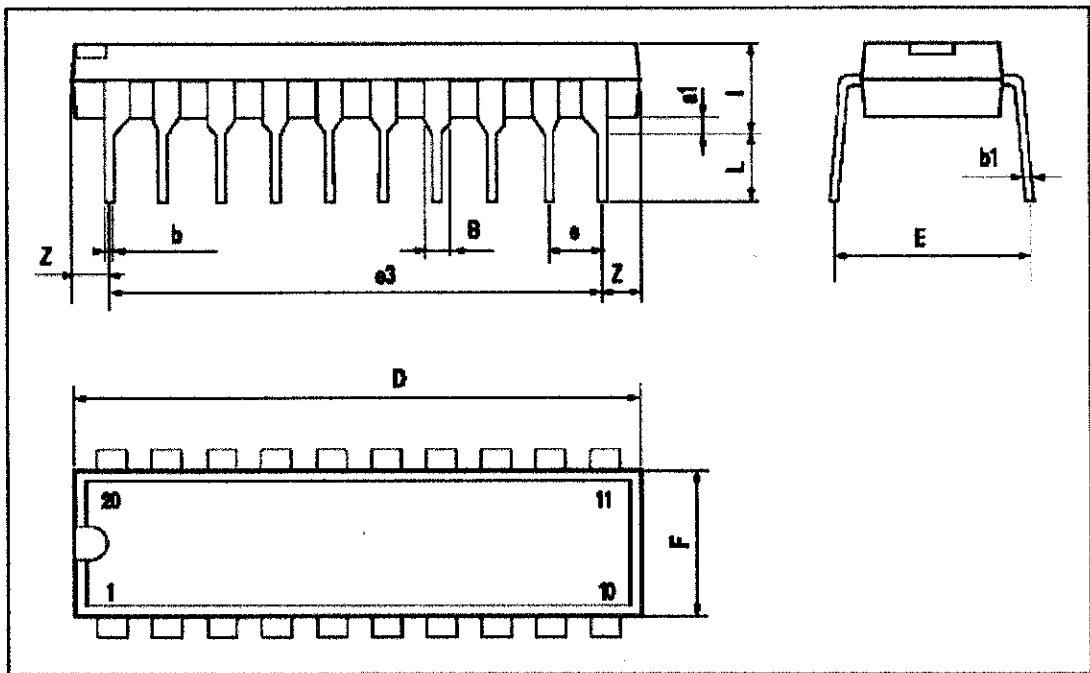


Figure 3 : Synchronising L297s



## DIP20 PACKAGE MECHANICAL DATA

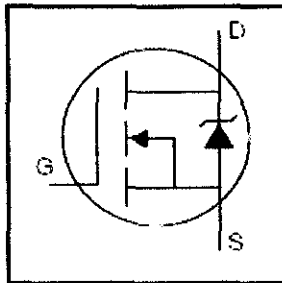
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.254			0.010		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.45			0.018	
c1		0.26			0.010	
D			25.4			1.000
E		6.5			0.255	
e		2.54			0.100	
e2		22.86			0.900	
F			7.1			0.280
J			3.93			0.155
L		5.5			0.130	
Z			1.34			0.053



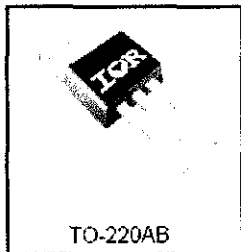
## 2. IRF540N

### HEXFET® Power MOSFET

- \_ Advanced Process Technology
- \_ Ultra Low On-Resistance
- \_ Dynamic dv/dt Rating
- \_ 175°C Operating Temperature
- \_ Fast Switching
- \_ Fully Avalanche Rated



$V_{DSS} = 100V$
$R_{DS(on)} = 44m\Omega$
$I_D = 33A$



### Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications. The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.


### Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	33	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	23	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current	110	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	130	W
	Linear Derating Factor	0.87	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$I_{AR}$	Avalanche Current	16	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy	13	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt	7.0	V/ns
$T_J$	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +175	°C
$T_{SOL}$	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1N·m)	

### Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{JC}$	Junction-to-Case	—	1.15	°C/W
$R_{CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

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

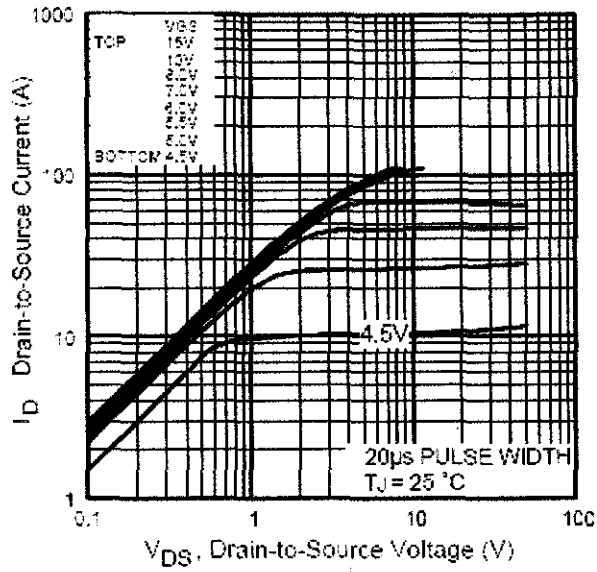
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{iBR,DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	100	—	—	V	$V_{GS} = 0\text{V}$ , $I_D = 250\mu\text{A}$
$\Delta V_{iBR,DSS}/\Delta T$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.12	—	$\text{V}/^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}$ , $I_D = 1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	44	$\text{m}\Omega$	$V_{GS} = 10\text{V}$ , $I_D = 16\text{A}$
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}$ , $I_D = 250\mu\text{A}$
$g_m$	Forward Transconductance	21	—	—	S	$V_{DS} = 50\text{V}$ , $I_D = 16\text{A}$
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	$\mu\text{A}$	$V_{DS} = 100\text{V}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$
		—	—	250		$V_{DS} = 80\text{V}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ , $T_J = 150^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	$\text{nA}$	$V_{GS} = 20\text{V}$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS} = -20\text{V}$
$Q_g$	Total Gate Charge	—	—	71	$\text{nC}$	$I_D = 16\text{A}$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	14		$V_{DS} = 80\text{V}$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	21		$V_{GS} = 10\text{V}$ , See Fig. 6 and 13
$t_{s(on)}$	Turn-On Delay Time	—	11	—	$\text{ns}$	$V_{DS} = 50\text{V}$
$t_r$	Rise Time	—	35	—		$I_D = 16\text{A}$
$t_{s(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	35	—		$R_G = 5.1\Omega$
$t_f$	Fall Time	—	35	—		$V_{GS} = 10\text{V}$ , See Fig. 10
$L_D$	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	$\text{nH}$	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
$L_S$	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
$C_{iss}$	Input Capacitance	—	1960	—	$\text{pF}$	$V_{GS} = 0\text{V}$
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	250	—		$V_{DS} = 25\text{V}$
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance	—	40	—		$f = 1.0\text{MHz}$ , See Fig. 5
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy	—	700	185		$I_{AS} = 16\text{A}$ , $L = 1.5\text{mH}$

## Source-Drain Ratings and Characteristics

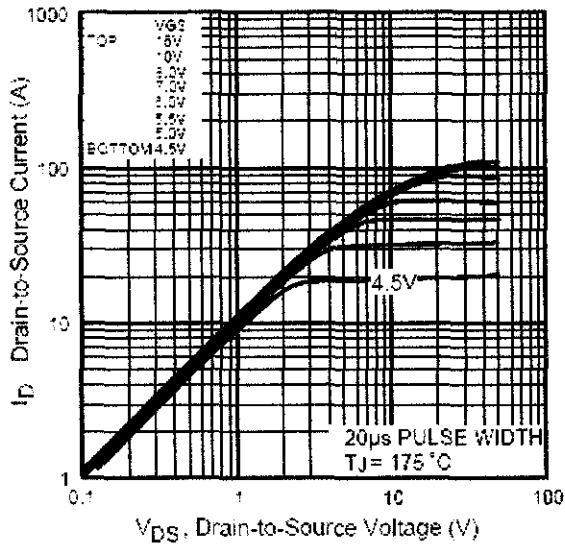
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	33	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode)	—	—	110		
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	1.2	V	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_S = 16\text{A}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	115	170	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_F = 16\text{A}$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	505	760	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 $L_S+L_D$ )				

### Notes:

- ① Repetitive rating: pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- ② Starting  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $L = 1.5\text{mH}$   
 $R_G = 25\Omega$ ,  $I_{AS} = 16\text{A}$ . (See Figure 12)
- ③  $I_{SD} \leq 16\text{A}$ ,  $di/dt \leq 340\text{A}/\mu\text{s}$ ,  $V_{DD} \leq V_{iBR,DSS}$ ,  
 $T_J \leq 175^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width  $\leq 400\mu\text{s}$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .
- ⑤ This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.
- ⑥ This is a calculated value limited to  $T_J = 175^\circ\text{C}$ .



**Fig 1. Typical Output Characteristics**



**Fig 2. Typical Output Characteristics**

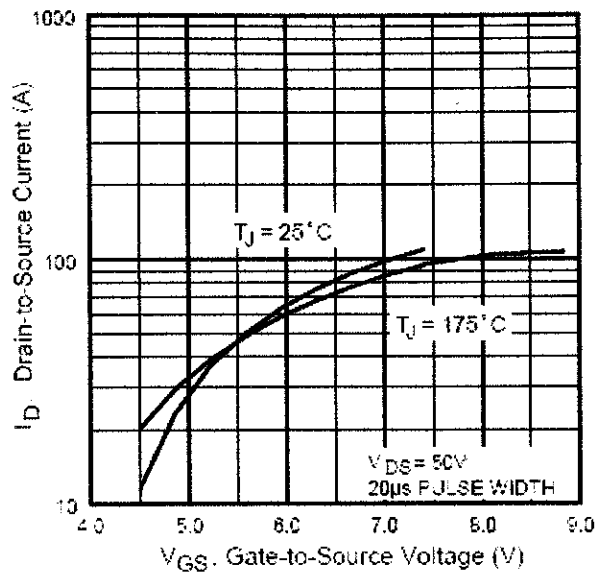


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

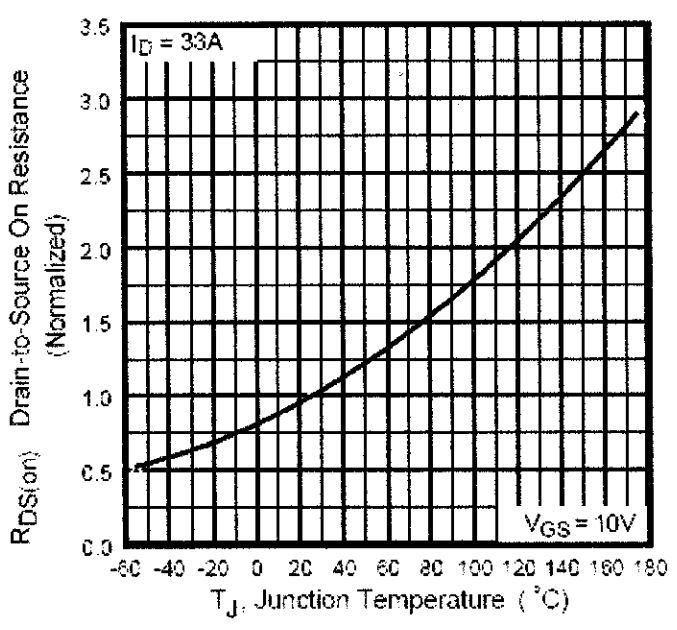
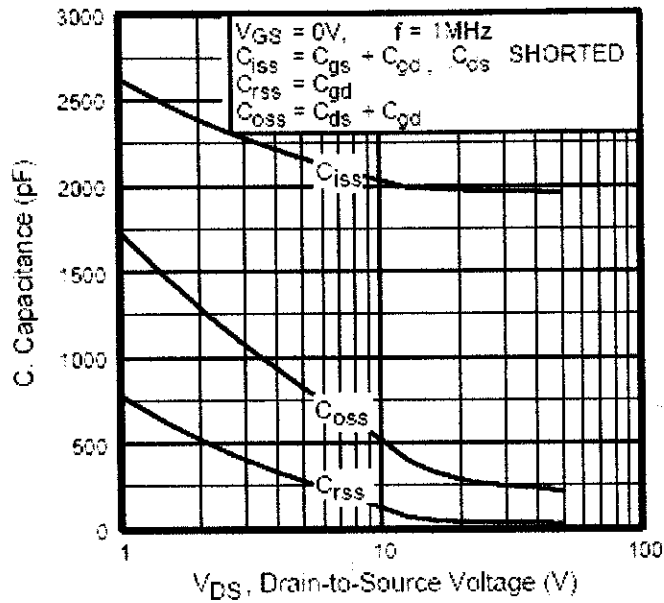
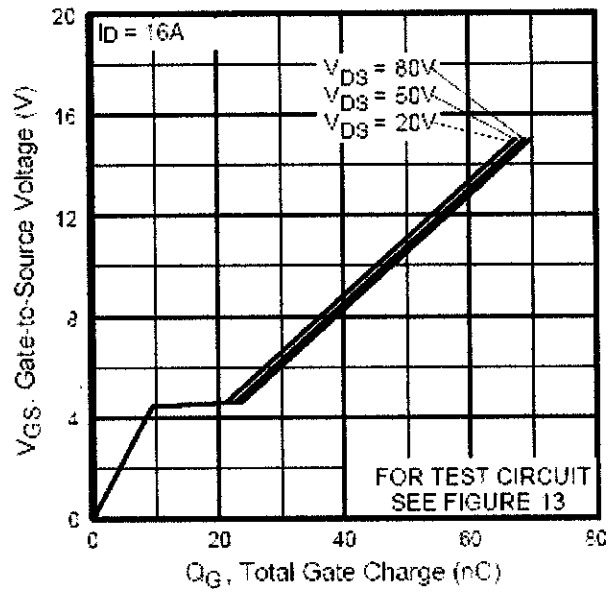


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature



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



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

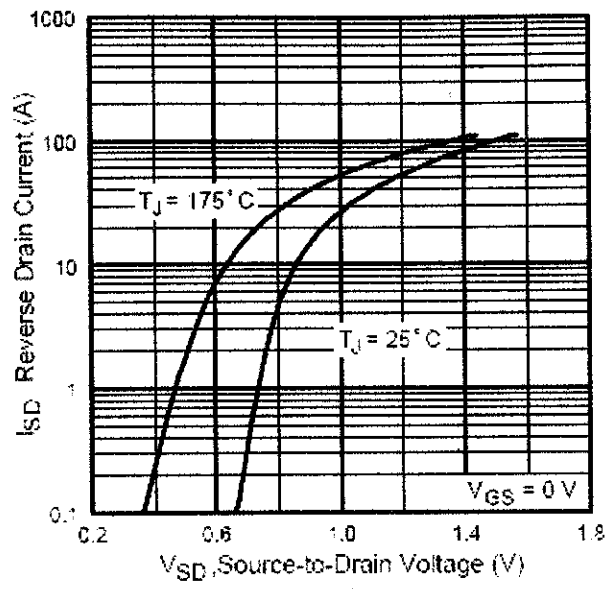


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

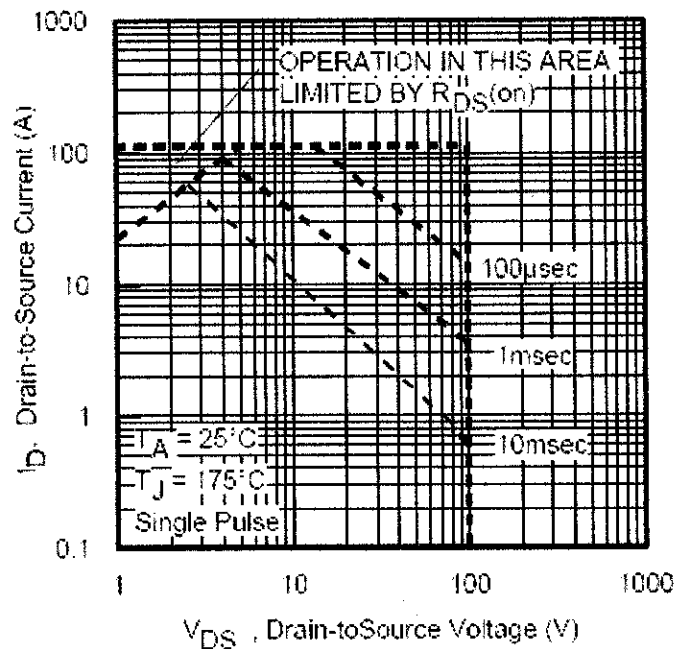
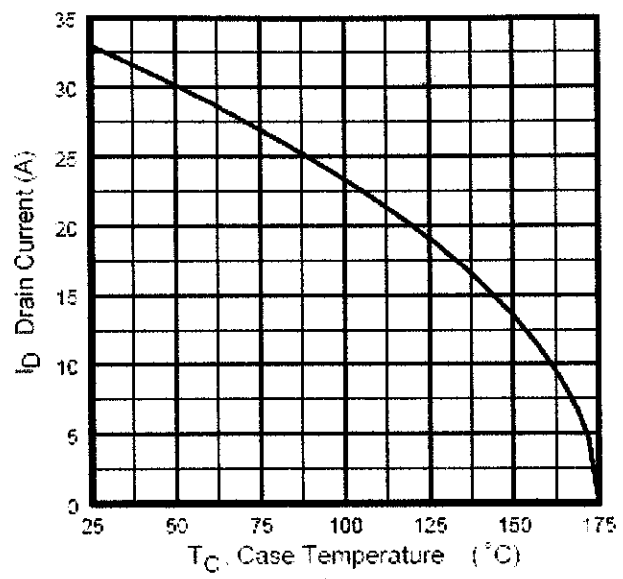
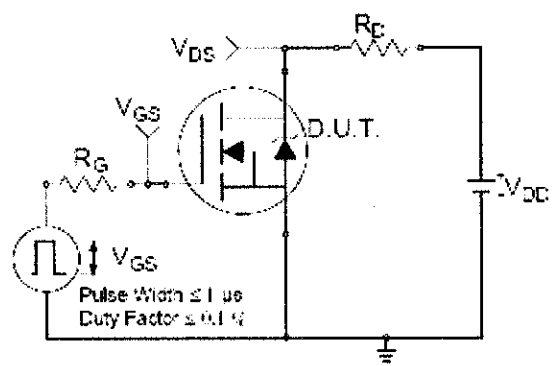


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

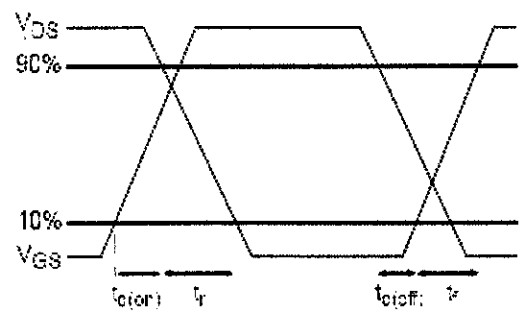




**Fig 9.** Maximum Drain Current Vs. Case Temperature



**Fig 10a.** Switching Time Test Circuit



**Fig 10b.** Switching Time Waveforms

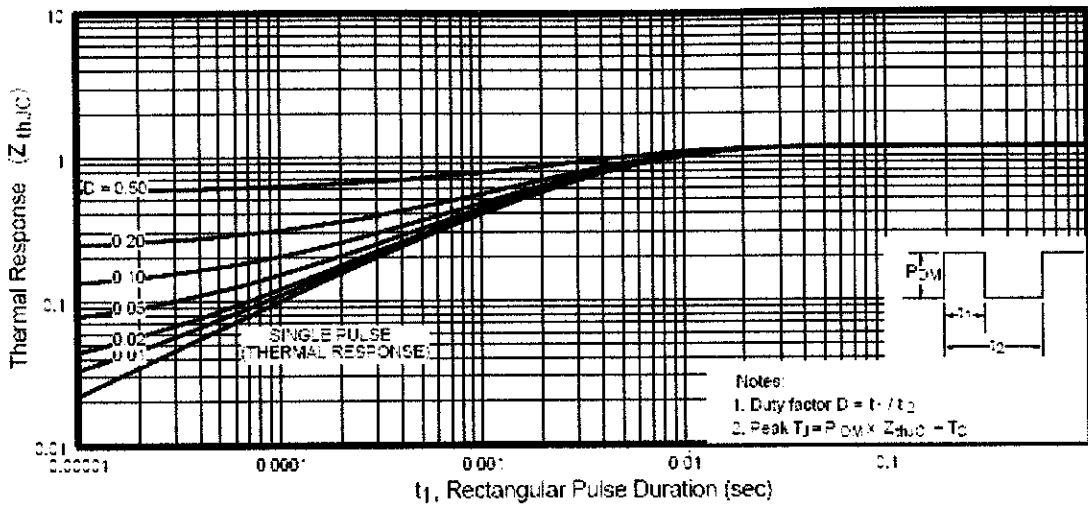


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

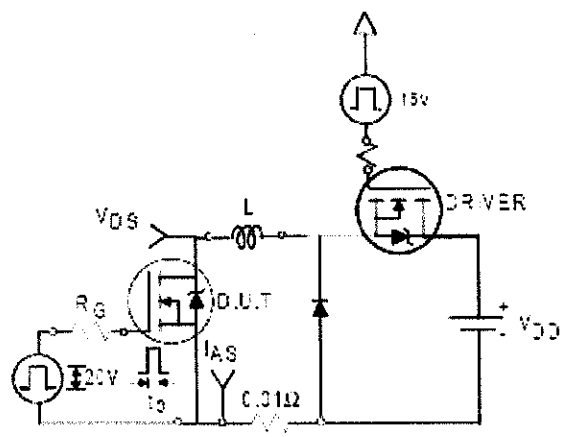


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

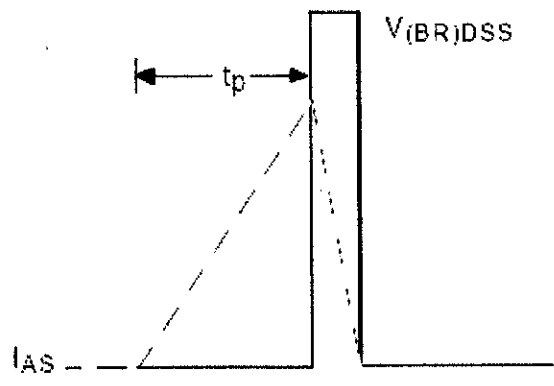


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

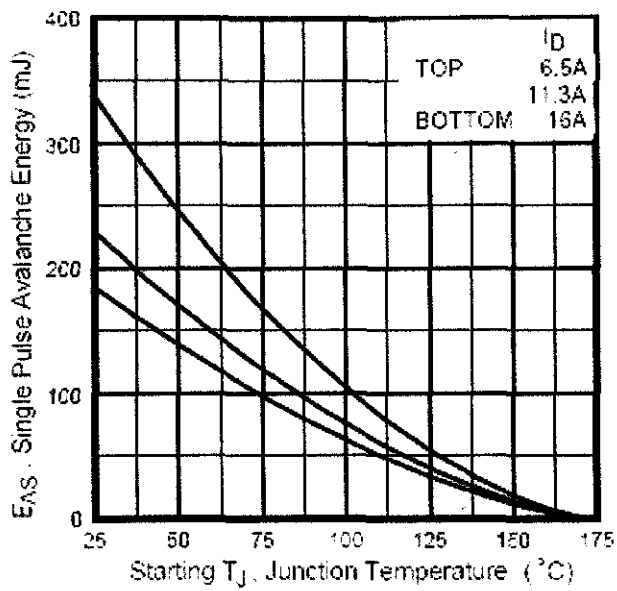


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy

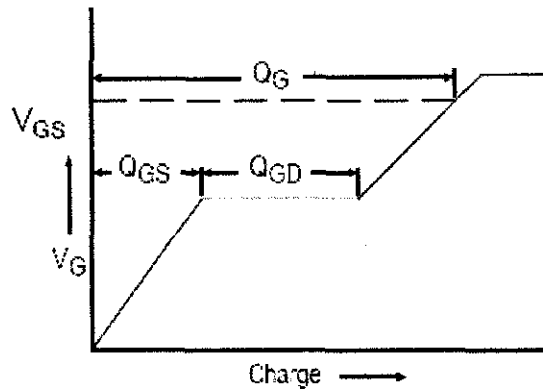


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

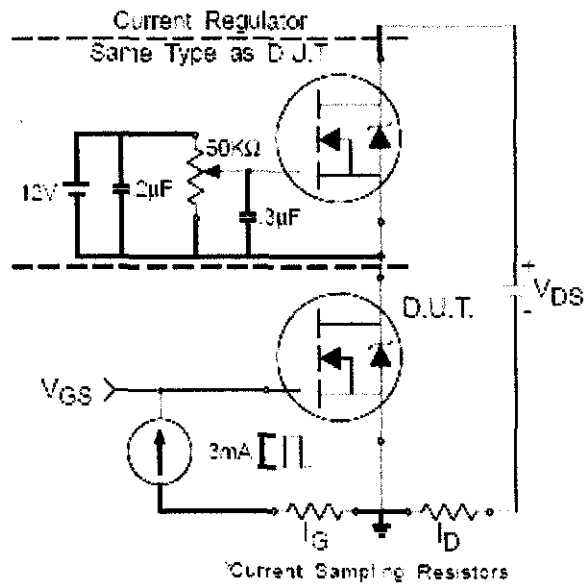
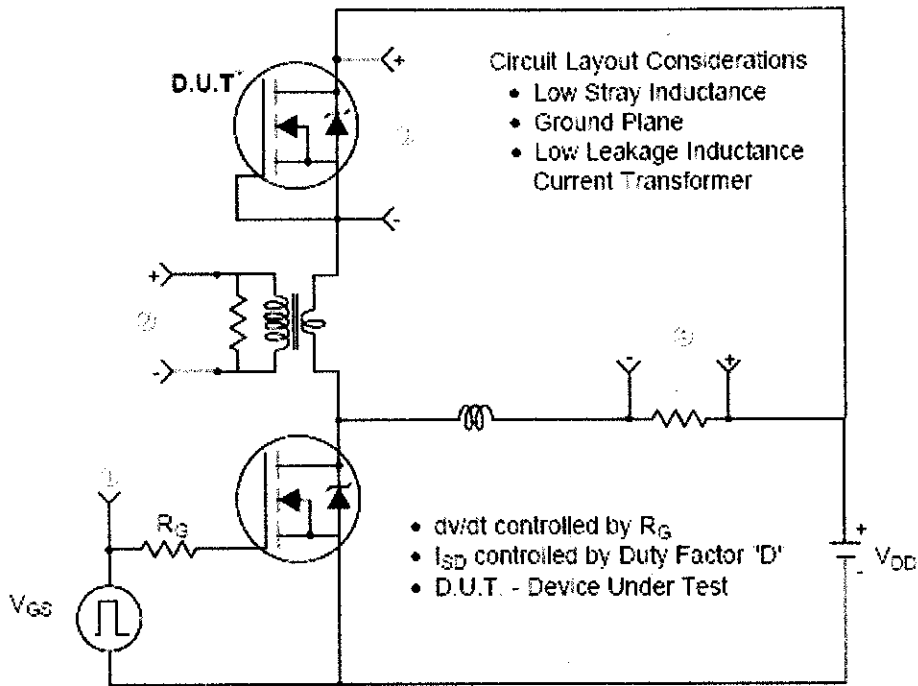
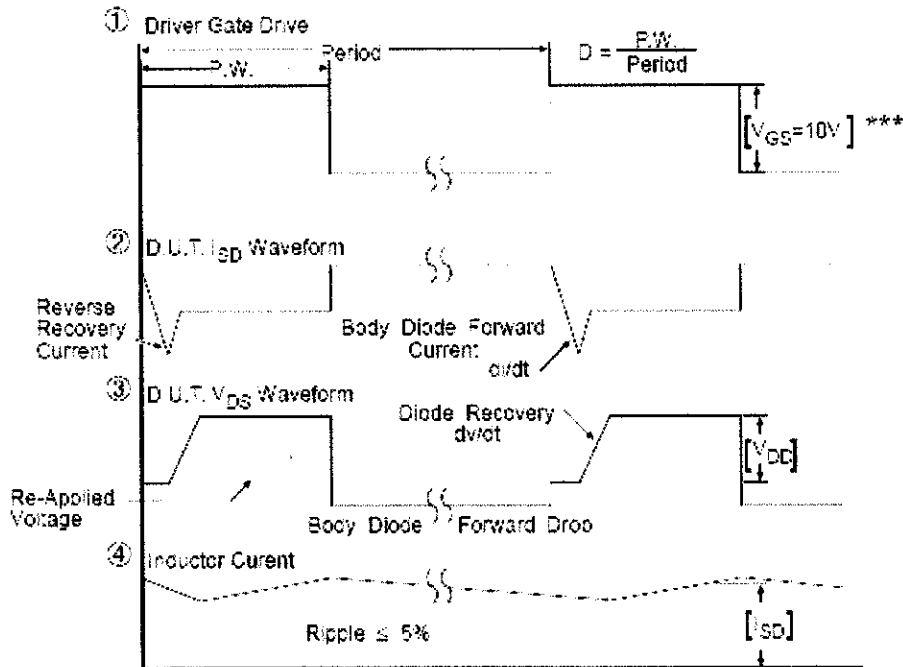


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

## Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit



\* Reverse Polarity of D.U.T for P-Channel



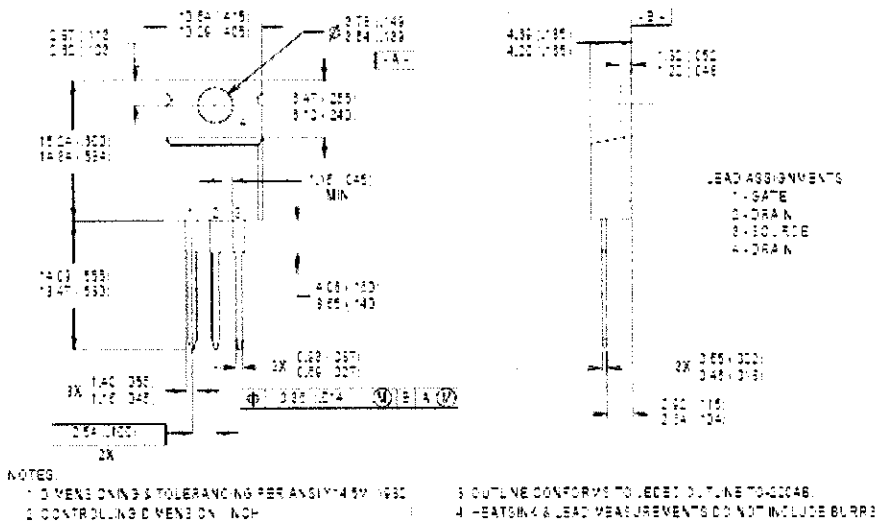
\*\*\*  $V_{GS} = 5.0V$  for Logic Level and 3V Drive Devices

**Fig 14.** For N-channel HEXFET® power MOSFETs

## Package Outline

### TO-220AB

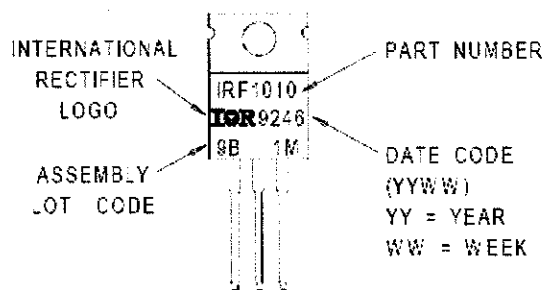
Dimensions are shown in millimeters (inches)



## Part Marking Information

### TO-220AB

EXAMPLE: THIS IS AN IRF1010  
 WITH ASSEMBLY  
 LOT CODE 9B1M



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.

## 3. KIA555P/F

### BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

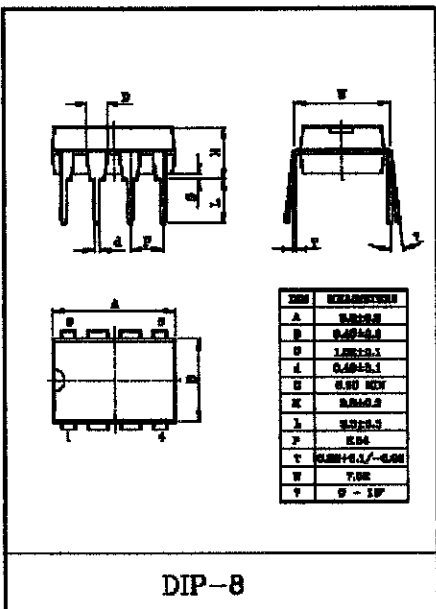
#### TIMER

The KIA555P/F monolithic circuit is a highly stable device for producing accurate time delay or timing pulse. Additional terminals are provided for triggering or resetting, if desired. In the time delay or monostable mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. In the astable mode of operation, the frequency and duty cycle are accurately and independently controlled with two external resistors and one capacitor.

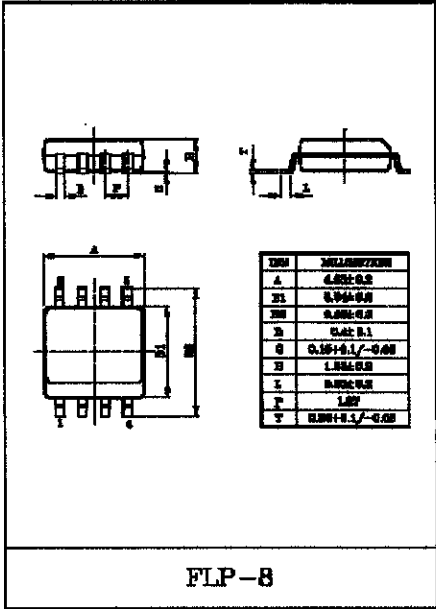
The circuit of the KIA555P/F may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure and source and sink up to 200mA or drive TTL circuit. Operation is specified for supplies of 5 to 15 volts.

**FEATURES**

- Timing Error: Microseconds Through Hours.
- Operates in Both Astable and Monostable Modes.
- Output Can Source or Sink 200mA.
- Output TTL Compatible.
- Temperature Stability of 0.01% / °C Typical.
- Normally On or Normally Off Output.



**DIP-8**



**FLP-8**

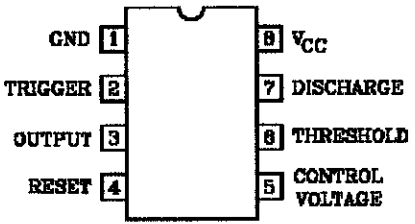
**MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)**

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	18	V
Power Dissipation	KIA775P	600	mW
	KIA775E	200	mW
Operating Temperature	T <sub>OP</sub>	20-75	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-55-175	°C

**MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)**

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	18	V
Power Dissipation	KIA775P	600	mW
	KIA775E	200	mW
Operating Temperature	T <sub>OP</sub>	20-75	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-55-175	°C

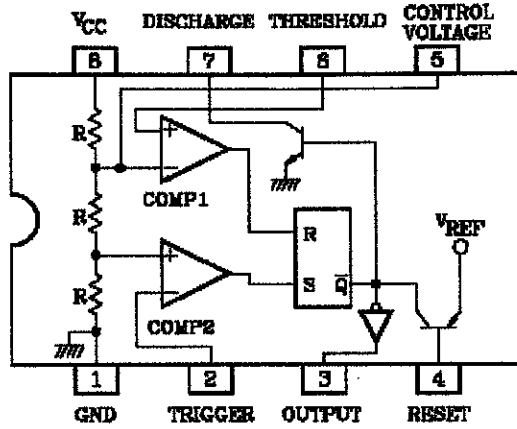
**PIN CONNECTION (TOP VIEW)**



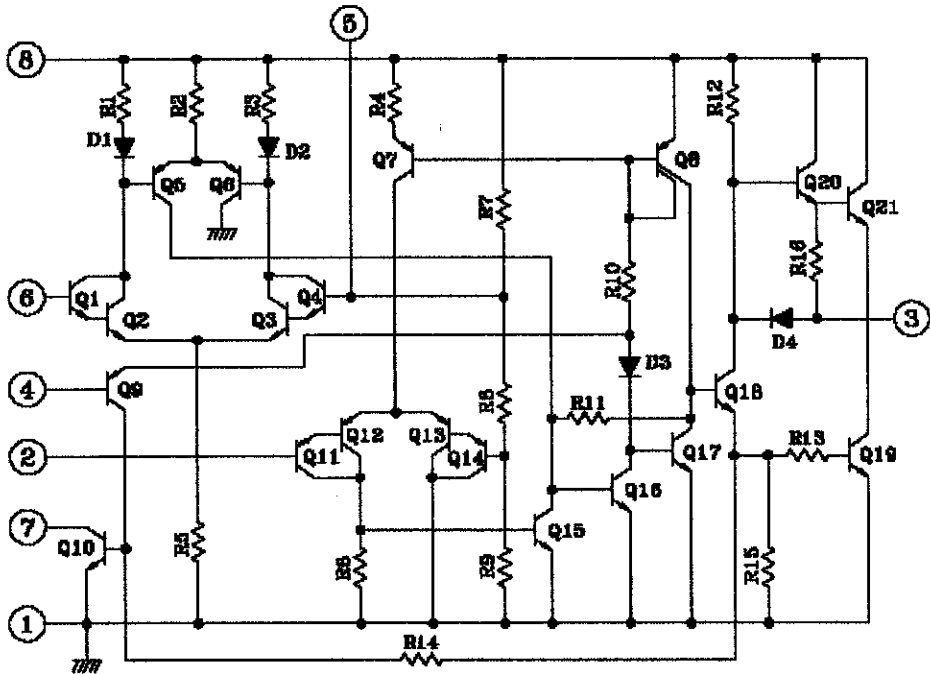
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>a</sub>: 25°C, V<sub>CC</sub>: 5V~15V)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>			3.5		6	V	
Supply Current	I <sub>CC</sub>		V <sub>CC</sub> : 5V, R <sub>L</sub> : ∞, Low State		3	6	mA	
			V <sub>CC</sub> : 1.5V, R <sub>L</sub> : ∞, Low State		10	15		
Control Voltage	V <sub>CO</sub>		V <sub>CC</sub> : 5V	2.6	3.53	4	V	
			V <sub>CC</sub> : 1.5V	9	10	11		
Threshold Voltage	V <sub>TH</sub>				0.10 V <sub>CC</sub>		V	
Threshold Current	I <sub>TH</sub>		V <sub>CC</sub> : 5V, 15V		0.1	0.25	μA	
Trigger Voltage	V <sub>TR</sub>		V <sub>CC</sub> : 5V		1.07		V	
			V <sub>CC</sub> : 15V		5			
Trigger Current	I <sub>TR</sub>				0.5		μA	
Reset Voltage	V <sub>RI</sub>			0.1	0.7	1.0	V	
Reset Current	I <sub>RI</sub>				0.1		mA	
Initial Accuracy			MONOSTABLE MODE R <sub>L</sub> : 6~1kΩ ~ 100kΩ C: 0.1μF, V <sub>CC</sub> : 15V		1		%	
Drift with Temperature						70		μmV/°C
Drift with Supply Voltage						0.1		mV
Output Voltage ("H" Level)	V <sub>OH</sub>		V <sub>CC</sub> : 15V	I <sub>OL</sub> : 10mA		0.1	0.25	V
				I <sub>OL</sub> : 50mA		0.1	0.75	
				I <sub>OL</sub> : 100mA		2	250	
				I <sub>OL</sub> : 200mA		2.5		
			V <sub>CC</sub> : 5V	I <sub>OL</sub> : 10mA		0.25	0.35	
				I <sub>OL</sub> : 8mA				
Output Voltage ("L" Level)	V <sub>OL</sub>		V <sub>CC</sub> : 1.5V	I <sub>OH</sub> : 100mA	12.75	13.3	V	
				I <sub>OH</sub> : 200mA		13.5		
			V <sub>CC</sub> : 5V	I <sub>OH</sub> : 100mA	2.75	3.3		
Rise Time	T <sub>r</sub>				100		nS	
Fall Time	T <sub>f</sub>				100		nS	

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT CIRCUIT



APPLICATION :

- DC-DC CONVERTER
- LINEAR RAMP GENERATOR
- PULSE GENERATOR
- PRECISION TIMING
- SEQUENTIAL TIMING
- TIMING DELAY GENERATION
- PULSE WIDTH MODULATION
- PULSE



## ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุนิสา จบศรี เกิดเมื่อวันศุกร์ที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2526 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลวังน้ำเย็น อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนวังน้ำเย็นวิทยาคม อ.วังน้ำเย็น จ.สระแก้ว เมื่อปี พ.ศ. 2544 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นางสาวอภัยพิศ อุตสาหกรรม เกิดเมื่อวันพุธที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2526 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลนาजू อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนชาตุนารายณ์วิทยา อ.เมือง จ.สกลนคร เมื่อปี พ.ศ. 2544 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี