รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

วรงสิทธิ์ มารัตน์. การควบคุม พี.ไอ.ดี.พี. ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

ภาษาอังกฤษ

Bollinger, John, G. Computer Control of Machine and Processes. Addison-Wesley PublishingCompany, Inc. 1988.

Graphtec Corporation, X-Y Plotter MP3000 Seires User's Manual. 1987.

Kuo, B, C. Automatic Control System. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1985.

Ogata, K. Modern Control Engineering. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1984.

Palm, William, J. Control System Engineering. John Wiley & Sons, Inc. 1986.

Roland DG Corporation, X-Y Plotter DXY-880 Operation Manual. 1985.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ส่วนประกอบของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

โต๊ะเอ็กซ์วายแซดที่ใช้ในการทดลองเป็นแท่นโต๊ะ ที่มีการเคลื่อนที่ในระนาบ 3 ทิศทาง ตั้งฉากกัน โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรเป็นตัวขับเคลื่อน โดยแกนเอ็กซ์และแกนวายใช้ระบบล้อสายพาน ที่ใช้สลิงเป็นระบบส่งกำลัง ส่วนแกนแซดใช้ระบบแกนส่งกำลังผ่านลิเนียร์บอลล์สกรู ซึ่งทั้ง 3 แกนมีอุปกรณ์วัดตำแหน่งติดตั้ง เพื่อป้อนกลับไปให้ตัวควบคุม จากรูปที่ ก.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของโต๊ะเอ็กซ์วายแซดที่ใช้ในการทดลองการทำงานของระบบจะถูกควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์ การควบคุมจะเริ่มต้นจากการอ่านค่าตำแหน่ง การวัดตำแหน่งจะใช้ออปติคอลลิเนียร์เอ็นโคดเดอร์ (optical linear encoder) ที่อยู่ติดกับระบบแต่ละแกน โดยที่ตัวออปติคอลลิเนียร์เอ็นโคดเดอร์ จะให้สัญญาณผ่านวงจรดีโคดเดอร์และวงจรนับ ให้สัญญาณตำแหน่งเป็นไบนารี่โคด (binary code) ส่งผ่านเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่าน ที.ที.แอล.คาร์ด หลังจากอ่านค่าตำแหน่ง ตัวควบคุมจะนำค่าที่อ่านได้ไปเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงแรกที่คำนวณเก็บไว้ เพื่อทำการคำนวณค่าสัญญาณที่จะส่งไปควบคุมมอเตอร์แต่ละแกน โดยสัญญาณที่ออกจากคาร์ดนั้น จะส่งต่อไปยังแอมปลิฟายเออร์ เพื่อขยายสัญญาณและส่งต่อไปขับมอเตอร์ต่อไป หลังจากนั้นก็จะมีการอ่านค่าตำแหน่งมาเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงจุดต่อไป แล้วดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นจนครบจุดอ้างอิงที่ได้เก็บข้อมูลไว้

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. **คอมพิวเตอร์** คอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท ซีพียู 80286 SX-25 ติดตั้งซีพียูช่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (math co-processor) เบอร์ 80287 หน่วยความจำ 2 Mb.

2. **อินเตอร์เฟสคาร์ด** คาร์ดที่ใช้มีด้วยกัน 2 คาร์ด คือ คาร์ดดาต้าทรานสเลชั่น (Data Translation) รุ่น DT2801-A 12 บิท จำนวนช่องสัญญาณ A/D 16 ช่อง, D/A 2 ช่อง และ Digital I/O 2 ช่อง สามารถรับและส่งค่าแรงดันไฟฟ้าได้ +10 / -10 โวลท์ ใช้ควบคุมการติดต่อระหว่างแกนเอ็กซ์และแกนวาย ส่วนแกนแซดใช้คาร์ด PC LAB CARD รุ่น 812 ความละเอียด 12 บิท จำนวนช่องสัญญาณ A/D 16 ช่อง, D/A 2 ช่อง สามารถรับและส่งค่าแรงดันไฟฟ้าได้ 0 ถึง 5 โวลท์

3. ที.ที.แอล.คาร์ด เป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณดิจิตอล มีจำนวน 8 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องสัญญาณใช้รับข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิท

4. ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิฟายเออร์ เป็นอุปกรณ์ขยายแรงดันและกระแส เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิฟายที่ใช้ในการทดลองสำหรับแกนเอ็กซ์และแกนวายเป็นแบบขยายโวลเตจ (Voltage Amplifier) สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าจาก -36 โวลท์ ถึง +36 โวลท์ จ่ายกระแสได้ 5 แอมป์ มีจำนวน 2 ช่องสัญญาณ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุททั้ง 2 ช่องสัญญาณ มีค่าประมาณตามสมการ

$$V_{out} \approx 4V_{in} \qquad \text{(ก-1)}$$

กำหนดให้

V_{out} คือ แรงดันเอาท์พุท

V_{in} คือ แรงดันอินพุท

ส่วนแกนแซดใช้ลิเนียร์แอมปลิฟายเออร์ แบบขยายกระแส (Current Amplifier) ยี่ห้อ อิเล็คโตรคราฟ รุ่น แอลเอ 5600 ของบริษัทอิเล็คโตรคราฟ คอร์โปเรชั่น สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุทและกระแสเอาท์พุท มีค่าประมาณตามสมการ

$$I_{out} \approx 4V_{in} \qquad \text{(ก-2)}$$

กำหนดให้

I_{out} คือ กระแสเอาท์พุท

V_{in} คือ แรงดันอินพุท

5. โต๊ะเอ็กซ์วายแซด เป็นโต๊ะระนาบที่มีการเคลื่อนที่ 3 แนวตั้งฉากกัน โครงสร้างทำด้วยอลูมิเนียม แกนเอ็กซ์และแกนวายใช้ตลับลูกปืนเป็นลูกล้อในการเคลื่อนที่ ใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนส่งกำลังผ่านชุดเฟืองทดและระบบล้อสายพานที่ใช้สลิง แต่ละแกนสามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 950 มิลลิเมตร ส่วนแกนแซดใช้ระบบส่งกำลังผ่านลิเนียร์บอลล์สกรู ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทาง 450 มิลลิเมตร

6. ออปติคอลลิเนียร์เอ็นโคดเดอร์ เป็นอุปกรณ์วัดตำแหน่งโดยใช้หลักการของแสงตัดผ่านช่องให้สัญญาณ ที.ที.แอล. รูปสี่เหลี่ยม 2 ช่อง ซึ่งมีเฟสต่างกัน 90 องศา และจากสัญญาณทั้ง 2 ช่อง สามารถนำไปใช้บอกตำแหน่งโดยผ่านวงจรดีโคดเดอร์และวงจรนับ สำหรับออปติคอลลิเนียร์เอ็นโคดเดอร์ที่ใช้ในโครงการนี้ สำหรับแกนเอ็กซ์และแกนวายมีความยาว 1050 มิลลิเมตร ส่วนแกนแซดมีความยาว 650 มิลลิเมตร มีค่าความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

7. **ดีโคดเดอร์และวงจรนับ** เป็นอุปกรณ์ถอดรหัสสัญญาณจากออปติคอลลิเนียร์เอ็นโคดเดอร์ให้เป็นสัญญาณบอกตำแหน่ง ตัวดีโคดเดอร์และวงจรนับ จะให้สัญญาณเอาท์พุทเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 17 บิท การอ่านจะอ่านได้เฉพาะค่าบวกเท่านั้น ค่าความผิดพลาดในการอ่านค่าจะอยู่ระหว่าง +0.02 / -0.02 มิลลิเมตร และส่งผ่านเข้าไปยังคอมพิวเตอร์โดยใช้ ที.ที.แอล. คาร์ด

8. **มอเตอร์กระแสตรง** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนระบบ มอเตอร์ที่ใช้มีอยู่ 2 รุ่น คือ แกนเอ็กซ์และแกนวาย ใช้รุ่น E586-MG ที่ตัวมอเตอร์จะติดตั้งชุดเฟืองทดที่มีอัตราทด 1:100 เพื่อลดความเร็วรอบของมอเตอร์ ส่วนแกนแซดนั้นใช้มอเตอร์รุ่น E588 ซึ่งมอเตอร์ทั้ง 2 รุ่นที่ใช้ยี่ห้ออิเล็คโตรคราฟ ของบริษัทอิเล็คโตรคราฟ คอร์โปเรชั่น รายละเอียดสามารถดูได้จากตารางที่ ก.1 และตารางที่ ก.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 รายละเอียดของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนแกนเอ็กซ์และแกนวาย

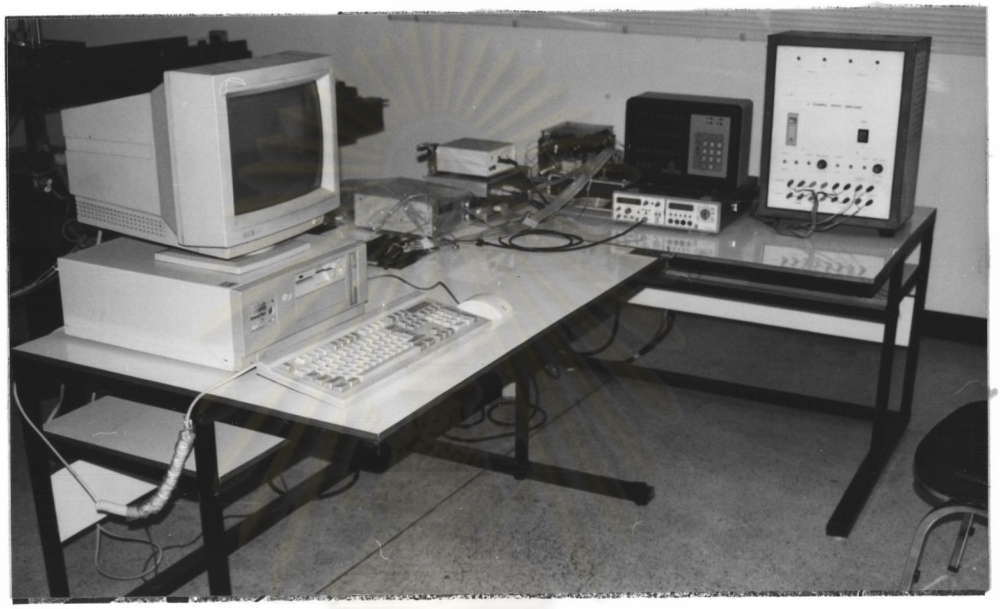
SPECIFICATIONS		MODEL E586-MG
RATED VOLTAGE V_r	V	36
NO-LOAD SPEED AT V_r N_o	rpm	6200
MAX. RATED I AT STALL I_r	A	4.6
STALL TORQUE AT I_r T_o	oz-in	29
MAX. PULSE CURRENT I_{pk}	A	24.0
TORQUE CONSTANT K_t	oz-in/A	7.8
VOLTAGE CONSTANT K_e	volts/krpm	5.8
TERMINAL RESISTANT R_t	Ω at 25 °C	1.1
ARMATURE MOMENT OF INERTIA J_m	oz-in-s^2	5.5×10^{-3}
ROTATIONAL LOSS CONSTANT K_d	oz-in/krpm	0.10
STATIC FRICTION TORQUE T_f	oz-in	3.0
THERMAL RESISTANCE Arm./Amb. R_{th}	°C/w	5.0
ARMATURE INDUCTANCE L_a	mH	2.3
ELECTRICAL TIME CONSTANT τ_e	ms	2.1
MECHANICAL TIME CONSTANT τ_m	ms	14.0
TACH. VOLTAGE GRADIENT K_g	V/krpm	14.2
TACH. TERMINAL RESISTANCE R_g	Ω at 25 °C	720
TACH. ARMATURE INDUCTANCE L_g	mH	138
TACH. LOAD RESISTANCE (OPTIMUM) R_l	Ω	5000
RIPPLE AMPLITUDE	%pk-pk	5.0
LINEARITY	%	0.2
TEMPERATURE COEFFICIENT	%/ °C	-0.05

ตารางที่ ก.2 รายละเอียดของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนแกนแซด

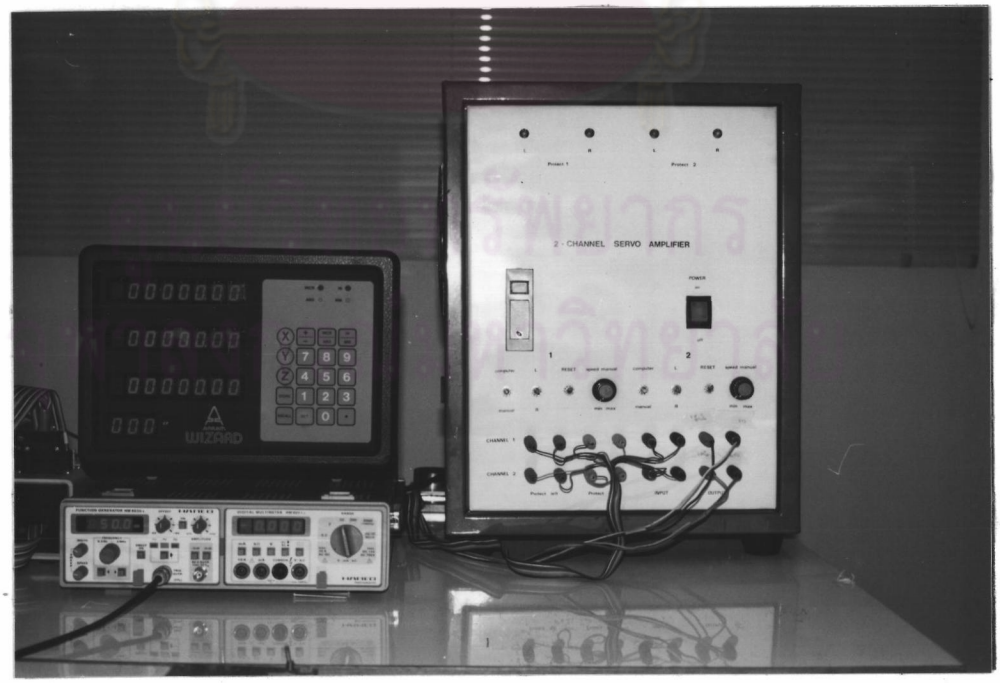
MOTOR PARAMETERS (@ 155 ^{o}C Armature Temp.)	MODEL 0588-33-500
Continuous Stall Torque (oz-in)	50
Peak Torque (before demagnetization) (oz-in)	350
Armature Moment of Inertia (oz-in-s^{2})	0.0078
Damping Constant (oz-in/krpm)	0.30
Thermal Resistance (^{o}C/watt)	4.2
Maximum Terminal Voltage (V)	60
Maximum Operating Speed (rpm)	6000
Weight (lbs)	3 lb. 12 oz.
WINDING DATA	3
K_T Torque Constant ± 10% (oz-in/amp)	11.8
K_E Voltage Constant ± 10% (V/krpm)	8.7
Winding Resistance ± 15% @ 25 ^{o}C (Ω)	1.0
Electrical Time Constant (msec)	2.3
Mechanical Time Constant (msec)	11.3
Armature Inductance (mH)	3.3
Maximum Pulse Current (A)	31
TACHOMETER RATINGS	
Voltage Constant ± 10% (V/krpm)	14.2
Resistance ± 15% @ 25 ^{o}C (Ω)	720
Ripple (peak to peak rated at 500 rpm) (%)	5

ภาคผนวก ข.

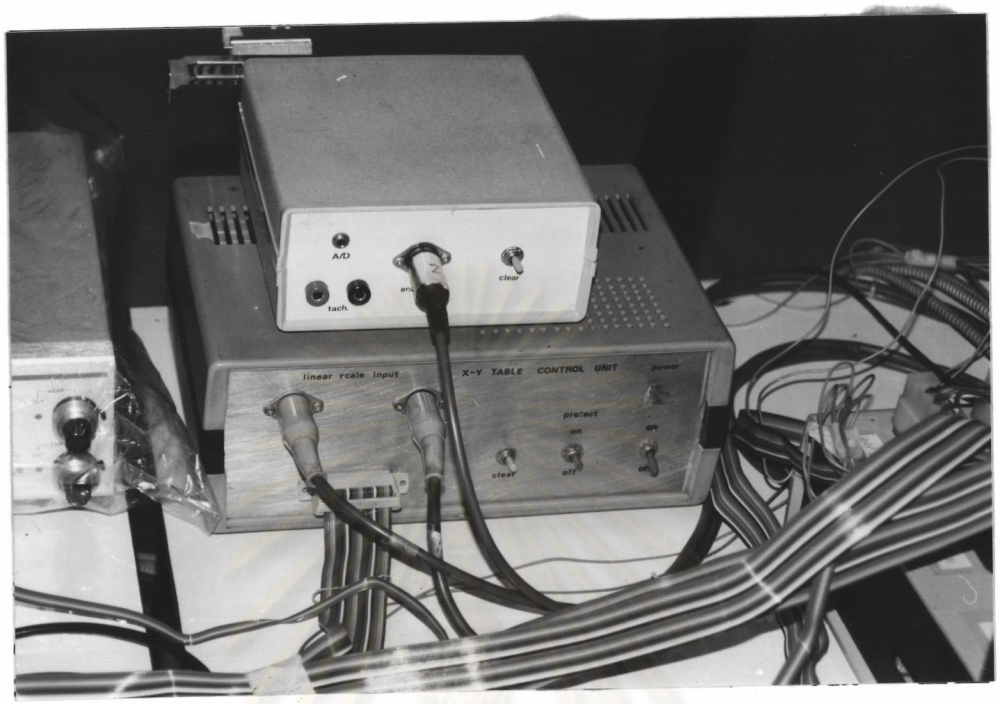
รูปภาพส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



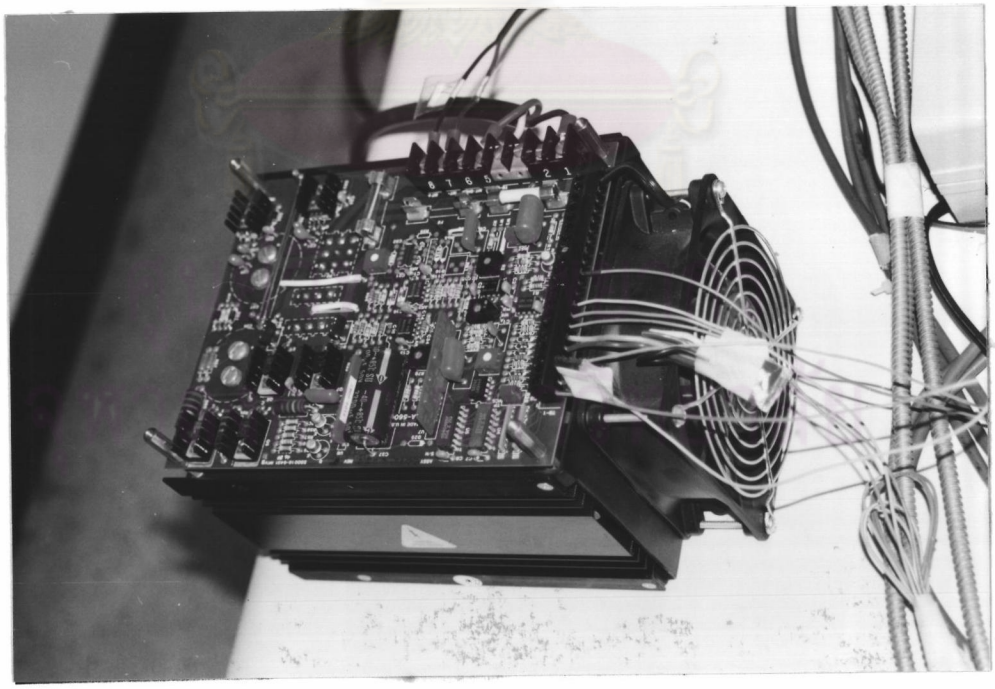
รูปที่ ข.1 ชุดอุปกรณ์ควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด



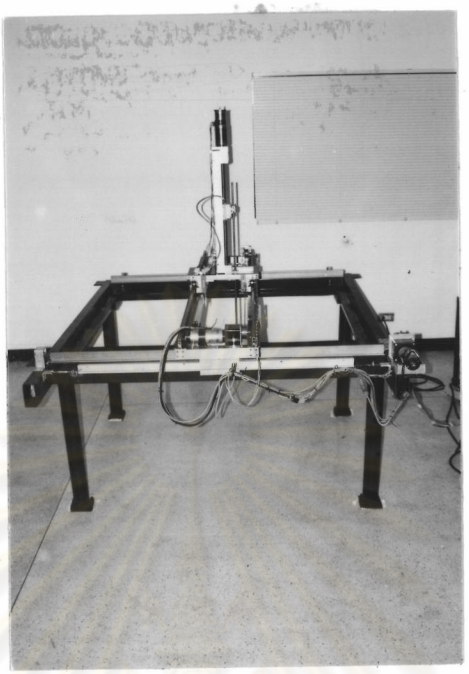
รูปที่ ข.2 อุปกรณ์แสดงค่าระยะทางและอุปกรณ์ป้อนสัญญาณ



รูปที่ ข.3 ชุดดีโคดเดอร์ของแกนเอ็กซ์วายและแซด



รูปที่ ข.4 แอมปลิฟายเออร์ที่ใช้ขยายสัญญาณของแกนแซด



รูปที่ ข.5 รูปร่างของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

รูปที่ ข.6 รูปแสดงสภาวะการทำงานจริงของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายวันชัย ธีรพัฒน์พร เกิดวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2513 ที่อำเภอคลองสาน จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ในปีการศึกษา 2534 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2535

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย