

**คู่มือ/ใบงาน**

**ITEM CODE NO. ELT1 EN04/18  
(SENSORS & TRANSDUCERS TRAINING SYS)**

**ชุดทดลองตรวจจับตำแหน่ง LVOT  
รุ่น G27/EV**

**Electronics Technology Equipment for 7 Technical Colleges,  
Department of Vocational Education (DOVE)**

**Ministry of Education  
Kingdom of Thailand**

**Under**

**OECF LOAN AGREEMENT NO. TXIX-6  
CONTRACT NO. DOVE-OECF-T4WB4/97**

**SUMITOMO CORPORATION  
TOKYO, JAPAN**

**COPYRIGHT RESERVED**



## สารบัญ

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| บทนำ                                                           | 1  |
| 1. หลักการวัดตำแหน่ง                                           | 2  |
| 1.1 ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าโดยไม่ใช้สนามแม่เหล็ก | 3  |
| 1.2 ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าโดยใช้สนามแม่เหล็ก    | 4  |
| 1.2.1 ชิงโคร                                                   | 5  |
| 1.2.2 ชิงโครรีโซลเวอร์                                         | 6  |
| 1.2.3 LVDT                                                     | 10 |
| 1.3 ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้รหัส                                    | 11 |
| 1.4 ตัวปรับสภาพสัญญาณกับทรานสดิวเซอร์วัดตำแหน่ง                | 12 |
| 1.5 คุณสมบัติหลักของ LVDT                                      | 14 |
| 2. รายละเอียดของอุปกรณ์                                        | 15 |
| 2.1 LVDT                                                       | 15 |
| 2.2 ตัวปรับสภาพสัญญาณ                                          | 21 |
| 2.2.1 แรงดันอ้างอิง                                            | 21 |
| 2.2.2 วงจรรวมสำหรับปรับสภาพสัญญาณของ LVDT (NE5521N)            | 24 |
| 3. การทดลอง                                                    | 35 |
| 3.1 การปรับแต่งตัวปรับสภาพสัญญาณ                               | 35 |
| 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกับแรงดัน                           | 37 |
| 3.3 การหาความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง                                | 39 |
| 3.4 ความเป็นเชิงเส้นของทรานสดิวเซอร์และตัวปรับสภาพสัญญาณ       | 41 |



## ข้อควรระวัง

ในการทำการทดลองนั้นควรจะศึกษาและทำตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในคู่มืออย่างละเอียดเพื่อความปลอดภัยใช้คู่มือเล่มนี้เพื่อเป็นสิ่งช่วยเหลือหลังจากได้รับอุปกรณ์

หลังจากที่ท่านได้รับอุปกรณ์และทำการนำออกจากกล่องบรรจุแล้วโปรดตรวจสอบดูความเรียบร้อยและจำนวนอุปกรณ์ต่าง ๆ ว่าครบถ้วนและอยู่ในสภาพสมบูรณ์ดีหรือไม่

ก่อนทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า โปรดตรวจสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าที่ท่านจะทำการเชื่อมต่อว่าถูกต้องกับอุปกรณ์หรือไม่

อุปกรณ์บางประเภทจะมีช่องเปิดและอาจจะมีพัดลมระบายความร้อนติดตั้งอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความร้อนของอุปกรณ์ในขณะที่ทำงานไม่ให้มีค่ามากเกินไป ดังนั้นต้องตรวจสอบดูด้วยว่าไม่มีอะไรมาปิดกั้นช่องดังกล่าว

ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้บนรถเข็น, โต๊ะที่มีเพียงสามขา หรือโต๊ะที่มีสภาพไม่มั่นคง ซึ่งอาจเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้โดยไม่ตั้งใจและอาจทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องทำด้วยความรอบคอบ

อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ออกแบบมาสำหรับใช้ในการศึกษา ซึ่งจะต้องได้รับการดูแลจากผู้ชำนาญการ การใช้งานอื่น ๆ เช่นนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมหรืออื่น ๆ นั้นอาจทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหายได้

## ข้อควรทราบ

สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้คือ

อุณหภูมิช่วง 0 ถึง 45 องศาเซลเซียส

ความชื้นตั้งแต่ 0 ถึง 80 %

ไม่ควรติดตั้งอุปกรณ์ไว้ในสถานที่ที่นอกเหนือไปจากช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนดไว้

ในกรณีที่อุปกรณ์ไม่ทำงานหรือทำงานผิดปกติอย่าทำการแกะหรือซ่อมหรืออุปกรณ์เอง แต่ควรติดต่อกับศูนย์หรือตัวแทนจำหน่ายเพื่อทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนด้วยอุปกรณ์จากผู้ผลิตโดยตรง ซึ่งถ้าไม่อยู่ในข้อตกลงกันก็สามารถปรึกษาได้

ในกรณีที่อุปกรณ์บางชิ้นหมดอายุหรือของเหลวที่บรรจุไว้หมดไป ไม่ควรนำมาเชื่อมต่อทดลอง แต่ควรติดต่อกับเจ้าหน้าที่เพื่อทำการตรวจสอบหรือแก้ไขก่อนนำไปใช้งานใหม่อีกครั้ง การทำความสะอาดอุปกรณ์

ให้ใช้ผ้าสะอาดและนุ่มทำการเช็ด ห้ามใช้สารเคมีหรือน้ำยาซักล้างต่าง ๆ หรืออื่น ๆ มาทำความสะอาดโดยเด็ดขาด

## การสันสเทือนหรือการชน

ไม่ควรทำให้อุปกรณ์เกิดการสันสเทือนหรือเกิดการชน



## บทนำ

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่นั้นมักถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมเพราะฉะนั้นอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์สำหรับวัดตำแหน่งจึงถูกนำมาใช้ในเครื่องจักรการผลิตต่างๆ Linear Variable Differential Transformer (LVDT) คือทรานสดิวเซอร์วัดตำแหน่งชนิดหนึ่งที่ถูกนำไปใช้งานบ่อยๆ ซึ่ง LVDT นี้จะให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณ อนาล็อกตามระยะทางที่วัดได้ สัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาล็อกนี้สามารถนำมาใช้งานสำหรับการคำนวณหรือการแสดงผลได้ แต่จำเป็นต้องมีวงจรเชื่อมต่อเพื่อแปลงสัญญาณที่ได้ให้เหมาะสมก่อน ส่วนเชื่อมต่อนี้ปกติเราจะเรียกว่าตัวปรับสภาพสัญญาณ (signal conditioner)

ในคู่มือนี้จะได้กล่าวถึงโครงสร้าง การทำงาน คุณสมบัติ และวิธีการเลือกใช้งานของทรานสดิวเซอร์ตำแหน่ง โดยในบทแรกจะกล่าวถึงหลักการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตำแหน่งที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม

บทที่สองจะอธิบายอุปกรณ์ (ทรานสดิวเซอร์และตัวปรับสภาพสัญญาณ) ที่รวมอยู่ในชุดทดลอง คุณสมบัติของอุปกรณ์นี้จะได้กล่าวถึงในรายละเอียด ซึ่งจะรวมถึงหลักการเลือกประเภทของทรานสดิวเซอร์ให้เหมาะสมกับงาน ที่ต้องทำงานภายใต้สภาวะการทำงานที่แตกต่างกัน

ในบทสุดท้ายของคู่มือเล่มนี้จะเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองสำหรับการทดสอบหาคุณสมบัติของทรานสดิวเซอร์นี้ (และตัวปรับสภาพสัญญาณ) และการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม



## บทที่ 1

### หลักการวัดตำแหน่ง

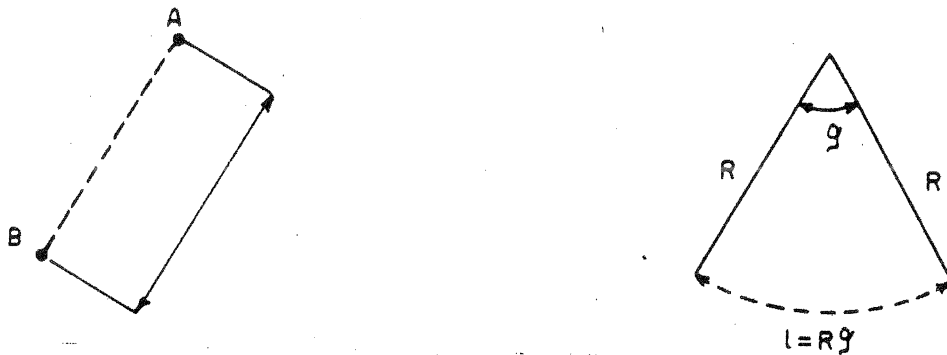
ทรานสดิวเซอร์สำหรับวัดตำแหน่งประกอบด้วย การวัดความยาว และการวัดขนาดของมุม ระหว่างวัตถุสองชิ้น ดังนั้นเราจะต้องหาค่าสองค่าด้วยกันคือ  $l = R \theta$  (เมื่อ  $\theta$  มีหน่วยเป็นเรเดียน และ  $R$  เราทราบค่า)

ความยาวของวัตถุและขนาดของมุมนั้นสามารถถูกเปลี่ยนเป็นปริมาณทางไฟฟ้าได้โดยใช้ เซนเซอร์ได้หลายแบบ

ทรานสดิวเซอร์นั้นจะทำการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากระบบหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกระบบหนึ่ง (เช่นระบบไฟฟ้า) โดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ ดังนั้นเราสามารถแบ่ง ทรานสดิวเซอร์ออกเป็น สามกลุ่มดังนี้

- ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าโดยไม่ใช้สนามแม่เหล็ก
- ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าโดยใช้สนามแม่เหล็ก
- ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้การสร้างรหัส

ทรานสดิวเซอร์ที่เราจะกล่าวถึงในคู่มือเล่มนี้นั้นจะเป็นทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้สนามแม่เหล็ก



รูปที่ 1.1



### 1.1 ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าโดยไม่ใช้สนามแม่เหล็ก

ทรานสดิวเซอร์แบบนี้สามารถเปลี่ยนตำแหน่งไปเป็นปริมาณทางไฟฟ้าได้โดยใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้า

กลุ่มของทรานสดิวเซอร์แบบนี้ได้แก่ทรานสดิวเซอร์ตัวเก็บประจุ ซึ่งสามารถทำงานได้โดยอาศัยปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวเก็บประจุเมื่อขนาดของแผ่นเพลทเปลี่ยนไปดังนี้

$$C = \epsilon S/D$$

ถ้า  $S$  มีค่าแปรผันระหว่าง 1 ถึง  $\epsilon$  ก็จะทำให้ทรานสดิวเซอร์นี้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าความจุได้อย่างเป็นเชิงเส้น

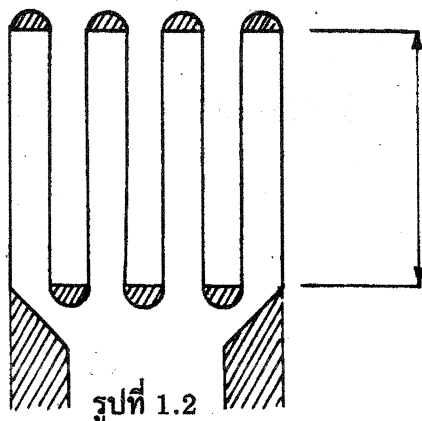
ตัวอย่างของการใช้งานทรานสดิวเซอร์ประเภทนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางฟิสิกส์ได้แก่การวัดการสั่นสะเทือน (คล้ายกับหลักการสั่นสะเทือนของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน) หรืออุปกรณ์ที่ใช้วัดระดับของของเหลวที่ไม่นำไฟฟ้าในแท่ง

ทรานสดิวเซอร์แบบอื่นๆ ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าได้แก่ค่าความต้านทานหรือโพเทนชิโอมิเตอร์ทรานสดิวเซอร์ มีหลักการทางฟิสิกส์คือการยอมให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวมันอย่างจำกัดเมื่อขนาดเปลี่ยนไปดังนี้

$$R = \rho l/S$$

ตัวอย่างของการใช้งานทรานสดิวเซอร์นี้จะตั้งอยู่บนหลักการของการนำไฟฟ้า ทรานสดิวเซอร์แบบปรับเลื่อนเชิงเส้นหรือแบบปรับหมุนเป็นทรานสดิวเซอร์ที่มีขนาดใหญ่แต่มีค่าความถูกต้องสูง

จากลักษณะของวัสดุที่ใช้งานทรานสดิวเซอร์นี้สามารถแบ่งเป็นโพเทนชิโอมิเตอร์แบบ slide-wire และโพเทนชิโอมิเตอร์แบบแผ่นฟิล์ม (ซึ่งฟิล์มนี้อาจจะเป็นโลหะ, ตัวนำไฟฟ้าพลาสติกหรือซีเมนต์)



ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าแบบอื่นๆ สำหรับการวัดตำแหน่งนั้นคือการใช้หลักการเพียโซ ซึ่งค่าความต้านทานของวัสดุที่ใช้นั้นจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเกิดความเครียดดังนี้

$$\delta R = k \delta l p / s$$

ทรานสดิวเซอร์นี้มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับสเตรนเกจน์ ซึ่งมักใช้ในการวัดความเครียดของผิววัสดุในทิศทางที่ต้องการ และมักนำไปใช้ในการวัดน้ำหนัก, แรง หรือแรงดันตามรูปที่ 1.2

### 1.2 ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าโดยใช้สนามแม่เหล็ก

ทรานสดิวเซอร์ประเภทนี้จะทำหน้าที่คล้ายกับมิเตอร์วัดปริมาณฟลักซ์  $\Phi_C$  รอบๆ บริเวณปิดบริเวณหนึ่งที่กำหนดโดยลวดตัวนำไฟฟ้า

การวัดนั้นจะประกอบด้วยการกำหนดค่าความต่างศักย์ที่วงจรไฟฟ้าสร้างขึ้นกับลวดตัวนำในสภาพที่วงจรเปิดจะเสมือนไม่มีโหลด การวัดจะเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์นิวแมน (Faraday-Newmann's law)

$$e_v = -d\Phi/dt$$

ฟลักซ์  $\Phi_C$  และลวดตัวนำนั้นจะมีความสัมพันธ์ระหว่างกันตามสมการต่อไปนี้

$$\Phi_C = \Phi_g f(l)$$

เมื่อ  $\Phi_g$  คือฟลักซ์ทั่วๆ ไป (มีค่าคงที่) ,  $l$  คือความยาวหรือมุม  $\theta$  ที่ต้องการวัดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าออกมาในรูปของ  $e_v$

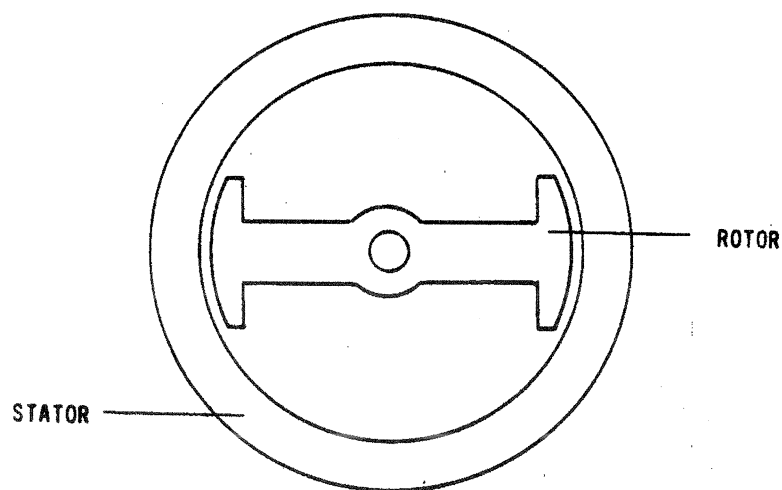
จากที่อธิบายการทำงานมาทั้งหมดนั้นทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้านี้มีดังนี้

- ชิงโคร
- ชิงโครรีโซลเวอร์
- LVDT

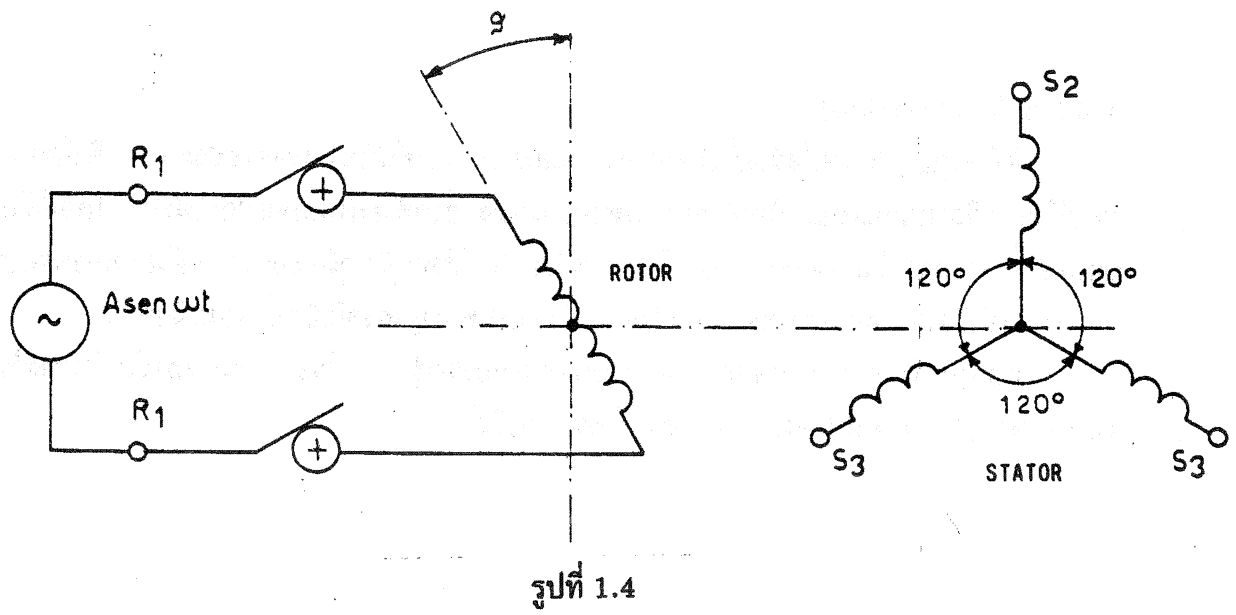
### 1.2.1 ซิงโคร (Synchro)

ซิงโครคืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีหลายแบบและสามารถใช้ได้ในงานหลายประเภท ซิงโครนั้นมักใช้ในการวัดมุมและเป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าอย่างหนึ่ง ซึ่งคล้ายกับหม้อแปลงไฟฟ้า โดยมีด้านปฐมภูมิซึ่งประกอบด้วย salient-pole โรเตอร์หนึ่งเฟส ส่วนทุติยภูมิจะประกอบด้วยขดลวดของสเตเตอร์ รูปที่ 1.3 แสดงภาพตัดขวาง (ในแนวตั้งฉาก) ของอุปกรณ์ชนิดนี้โดยไม่มีขดลวด

ทุติยภูมิประกอบด้วยขดลวด 3 ขดต่อกันแบบสตาร์ ทำให้แต่ละแกนทางไฟฟ้าห่างกัน 120 องศา รูปที่ 1.4 แสดงไดอะแกรมทางไฟฟ้าของซิงโคร



รูปที่ 1.3



มุม  $\theta$  ของโรเตอร์นั้นถูกวัดจากมุมทางไฟฟ้าของขดลวดที่จุดเทอร์มินอล S2 เพราะฉะนั้นจะต้องให้สัญญาณชานซ์ที่มีขนาดคงที่และมีความถี่  $\omega$  ที่ด้านปฐมภูมิ ในการวัดในขณะที่ไม่มีโหลดคร่อมจุดกึ่งกลางกับเทอร์มินอลใดเทอร์มินอลหนึ่งของทุติยภูมิดังนี้

$$e_{v20} = E_v \cos \theta \sin \omega t$$

$$e_{v30} = E_v \cos (120 - \theta) \sin \omega t$$

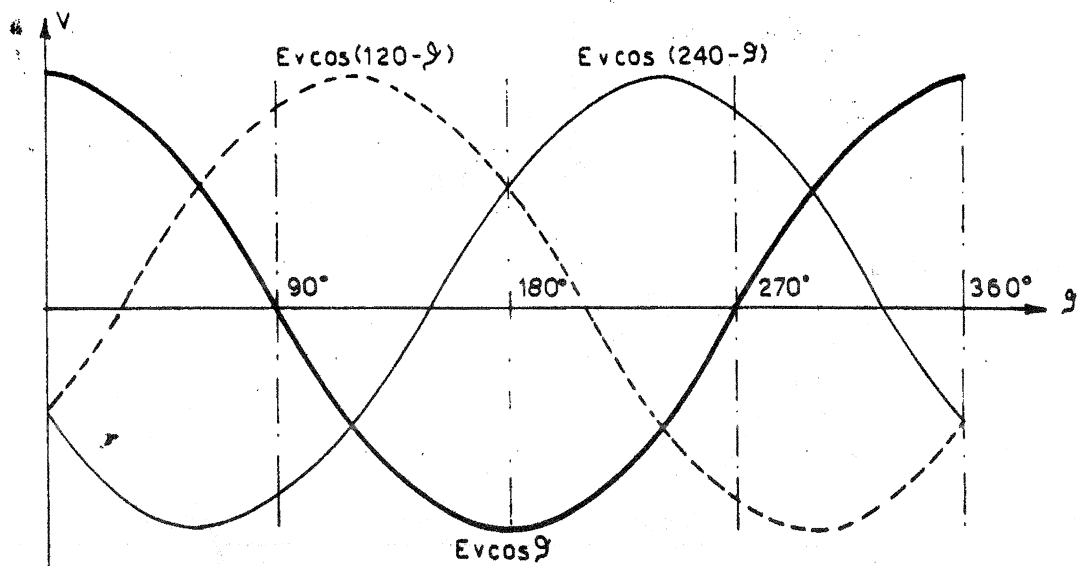
$$e_{v10} = E_v \cos (240 - \theta) \sin \omega t$$

รูปที่ 1.5 แสดงลักษณะของค่าของ  $E_v \cos \theta$ ,  $E_v \cos (120 - \theta)$  และ  $E_v \cos (240 - \theta)$  ตามมุม  $\theta$  ของโรเตอร์ ( $\theta$  มีค่าเป็นบวกเมื่อมุมทวนเข็มนาฬิกา) แรงดันที่ได้สามารถวัดได้ดังนี้

$$e_{v12} = e_{v10} - e_{v20} = \sqrt{3} E_v \sin (240 + \theta) \sin \omega t$$

$$e_{v23} = e_{v20} - e_{v30} = \sqrt{3} E_v \sin (120 + \theta) \sin \omega t$$

$$e_{v31} = e_{v30} - e_{v10} = \sqrt{3} E_v \sin \theta \sin \omega t$$



รูปที่ 1.5

ขนาดของม้วนนั้นสามารถคำนวณได้จากแรงดันทั้งสามนี้  
แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับจะมีความถี่มาตรฐานตั้งแต่ 50 Hz ถึง 1000 Hz และมีค่าแรงดันตั้งแต่ 4 ถึง 115 Vrms

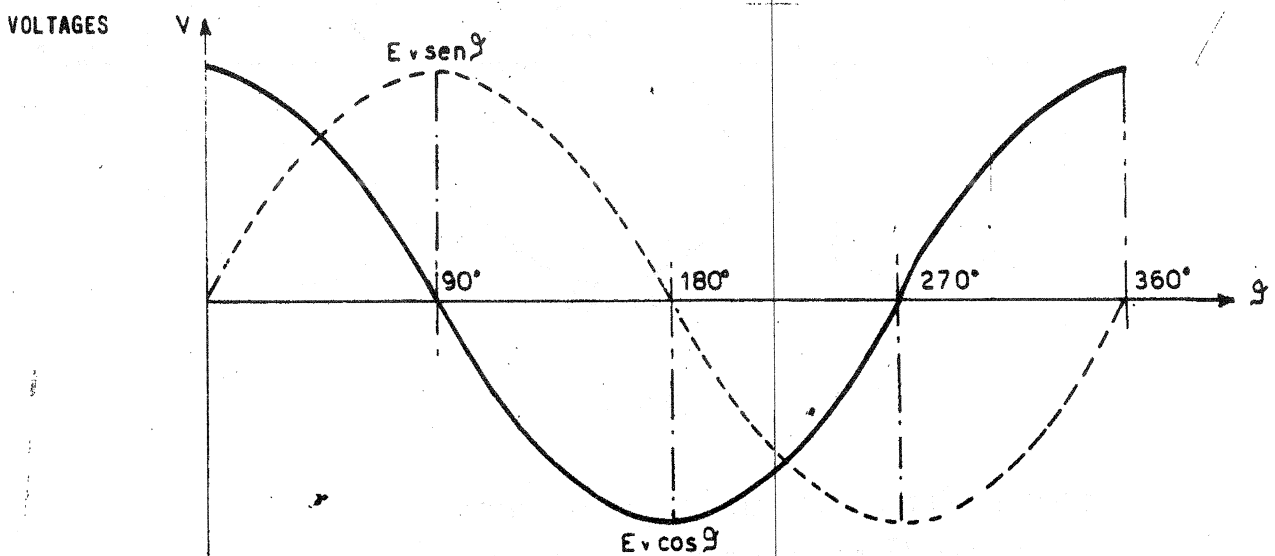
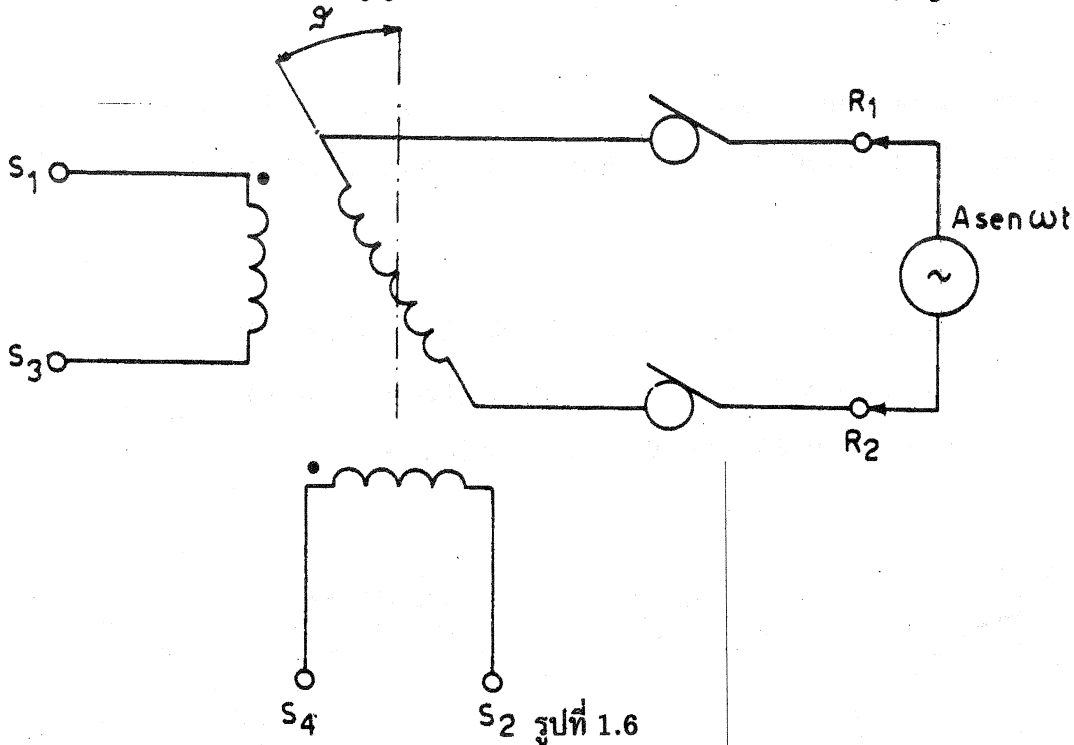
### 1.2.2 ซิงโครรีโซลเวอร์ (Synchro resolver)

ทรานสดิวเซอร์แบบนี้คล้ายกับซิงโคร โดยประกอบด้วยสเตเตอร์และโรเตอร์ที่มีขดลวดพันอยู่

ด้านทุติยภูมิจะประกอบด้วยขดลวด 2 ขด ซึ่งมีมุมทางไฟฟ้าห่างกัน 90 องศา

รูปที่ 1.6 แสดงไดอะแกรมทางไฟฟ้าของซิงโครรีโซลเวอร์

มุมของโรเตอร์  $\theta$  จะถูกวัดตั้งแต่แกนไฟฟ้าของขดลวดที่ต่อกับเทอร์มินอล  $S_1$  และ  $S_3$  เพราะฉะนั้นเราจะต้องป้อนสัญญาณไซน์ที่มีขนาดคงที่และมีความถี่  $\omega$  ที่ปรมาณูมิ (โรเตอร์)



รูปที่ 1.7

เราสามารถวัดแรงดันขณะไม่มีโหลดพร้อมขดลวดต้านทุติยภูมิได้ดังนี้

$$e v S_{1,3} = E v \cos \theta \sin \omega t$$

$$e v S_{4,2} = E v \sin \theta \sin \omega t$$

รูปที่ 1.7 แสดงกราฟของแรงดัน  $E v \cos \theta$  และ  $E v \sin \theta$  ตามมุม  $\theta$  ของโรเตอร์ที่เปลี่ยนไป ( $\theta$  มีค่าเป็นบวกเมื่อมุมทวนเข็มนาฬิกา)

ซึ่งโครรีโซลเวอร์ที่ทำงานแบบนี้จะเรียกว่าตัวส่ง (transmitter)

ซึ่งเราสามารถคำนวณหามุม  $\theta$  ได้จากแรงดันที่วัดได้ทั้งสองนี้  
แรงดันที่เหนี่ยวนำที่โรเตอร์มีค่าดังนี้

$$e v R = E v (\cos \theta \sin \theta - \sin \theta \cos \theta) \sin \omega t$$

เมื่อ  $\theta$  คือขนาดของมุมของโรเตอร์ของซึ่งโครรีโซลเวอร์

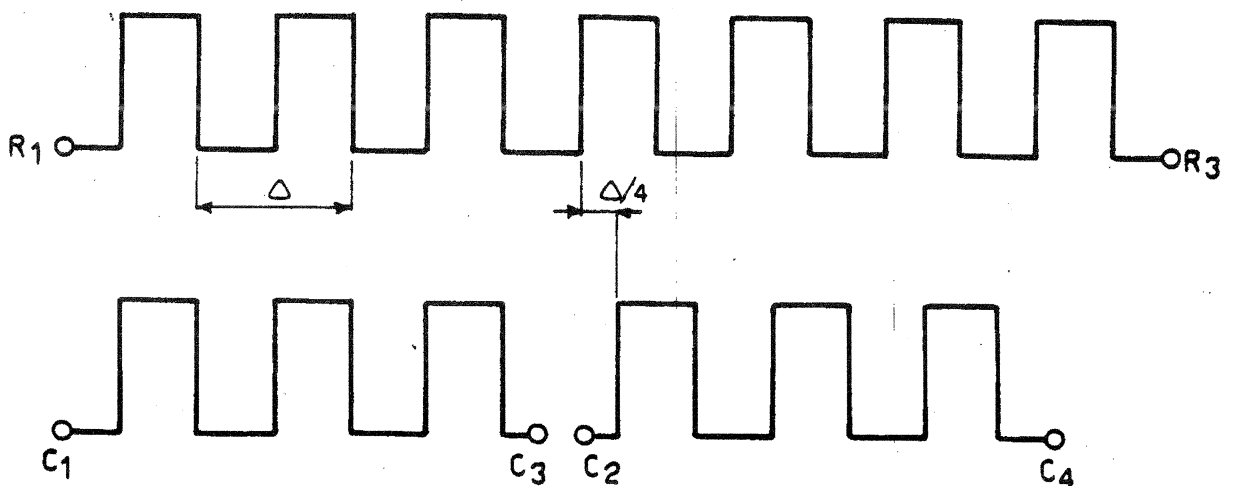
รีโซลเวอร์นั้นจะถูกใช้งานกับโรเตอร์ที่มีขดลวด 2 ขดบ้อย ๆ ซึ่งมีมุมทางไฟฟ้าห่างกัน

90 องศา

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสสลับจะมีความถี่ตั้งแต่ 50 Hz ถึง 10 kHz และมีแรงดันตั้งแต่ 4 ถึง 115 Vrms

รีโซลเวอร์แบบเชิงเส้น (หรือ inductosyns) จะถูกใช้งานมากในอุตสาหกรรม ทั้งสเตเตอร์และโรเตอร์ของอุปกรณ์นี้จะถูกสร้างขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่มีขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ รูปที่ 1.8 แสดงไดอะแกรมของโครงสร้างอุปกรณ์นี้

อุปกรณ์ที่ติดอยู่กับที่คือลวดตัวนำและมีขดลวดต้านทุติยภูมิหนึ่งขด ส่วนอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้เรียกว่าสไลเดอร์และมีขดลวดปฐมภูมิสองขด

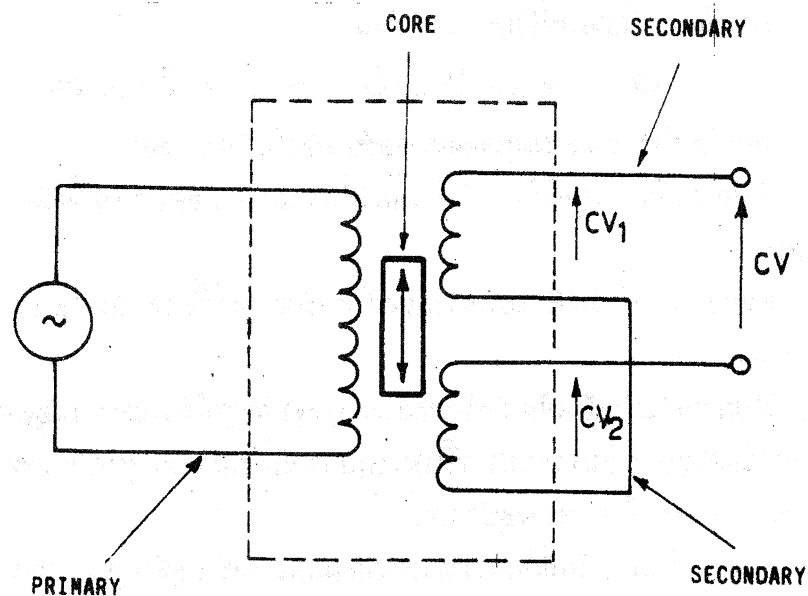


รูปที่ 1.8

### 1.2.3 LVDT

อุปกรณ์ Linear Differential Transformer (LDT) หรือ Linear Variable Differential Transformer (LVDT) แสดงโครงสร้างการทำงานตามรูปที่ 1.9 ซึ่งเป็นวงจรของหม้อแปลง ประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิ (จ่ายด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ) และขดลวดต้านทุติยภูมิสองขด (ต่อกันในทิศทางตรงกันข้าม) โดยพันอยู่รอบแกนที่ไม่มีคุณสมบัติทางเฟอร์โรแมกเนติก และมีแกนเฟอร์โรแมกเนติกที่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้อย่างอิสระอยู่ภายใน

ถ้าแกนภายในนี้อยู่ในจุดสมมาตรแล้วจะทำให้ขดลวดทุติยภูมิทั้งสองสามารถเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าได้เท่ากันในทางอุดมคติ เพราะฉะนั้นเมื่อขดลวดทั้งสองนี้ต่อกลับด้านกันก็จะทำให้แรงดันรวมของขดลวดทั้งสองมีค่าเท่ากับศูนย์



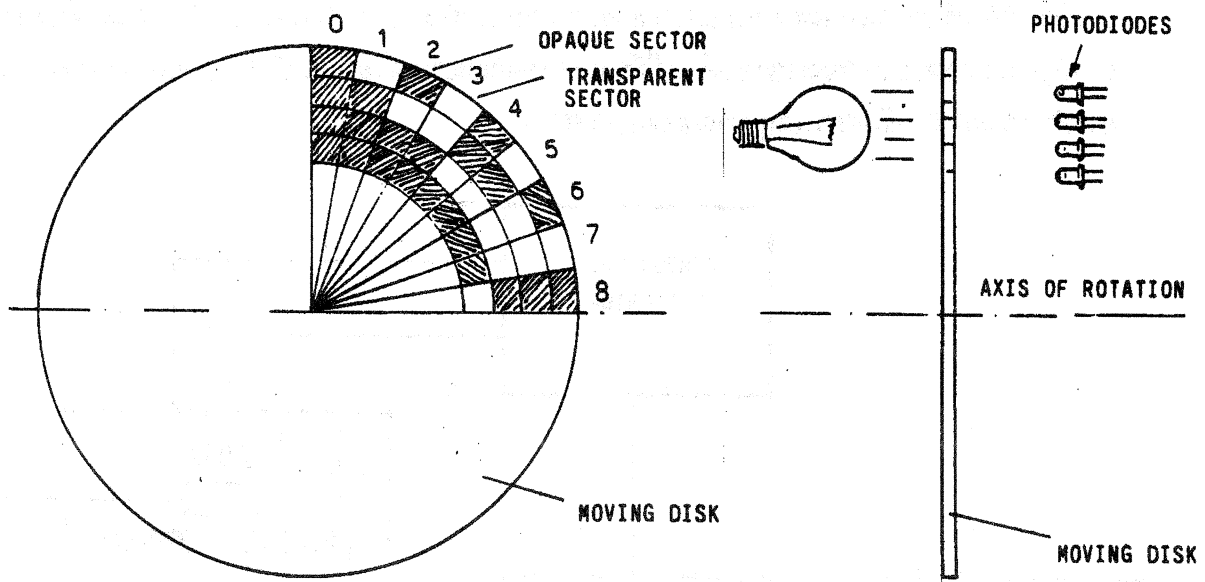
ในทางตรงกันข้ามถ้าแกนภายในไม่อยู่ในจุดกึ่งกลางเมื่อเทียบกับขดลวดทุติยภูมิทั้งสอง จะทำให้ฟลักซ์ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขดลวดทั้งสองนั้นมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้แรงดันที่ขดลวดทุติยภูมิทั้งสองเหนี่ยวนำได้มีค่าไม่เท่ากัน จึงได้แรงดันรวมระหว่างขดลวดทั้งสองมีค่าไม่เท่ากับศูนย์

ระยะทางในการเคลื่อนที่เทียบกับแรงดันไฟฟ้ารวมที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิทั้งสองนั้นมีความสัมพันธ์กันเป็นแบบเชิงเส้น เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับด้านปฐมภูมิ

โดยปกติแล้วความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มันจะมีค่าระหว่าง 50 Hz ถึง 10 kHz ในขณะที่ขนาดของแรงดันมีค่าไม่เกิน 50 V ระยะทางที่ LDT สามารถวัดได้จะมีค่าต่ำสุดจาก 150 มม. ถึงมากที่สุดที่ 150 มม. (อีกด้านหนึ่ง) โดยมีค่าความถูกต้องในการวัดประมาณ 0.1 %

### 1.3 ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้รหัส

ทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้จะเรียกว่า absolute encoder โดยให้เอาต์พุตในรูปของสัญญาณดิจิตอลในขณะที่ระยะทางหรือมุมที่วัดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 1.10

ทรานสดิวเซอร์แบบนี้ปกติจะประกอบไปด้วยแผ่นจานที่หมุนได้ โดยมีการพิมพ์รหัสไว้บนแผ่นจานนี้ตามต้องการ การหมุนของแผ่นจานนี้จะสัมพันธ์กับมุมหรือระยะทางเป็นแบบเชิงเส้น การอ่านค่าที่วัดได้จากการวัดนั้นจะอ่านมาจากรหัสที่อ่านได้บนแผ่นจานที่เปลี่ยนไป ซึ่งโดยส่วนมากแล้วรหัสที่ได้นั้นเกิดจากแถบรหัสที่ทาบนแผ่นจานที่ใส (ดูรูปที่ 1.10)

ทรานสดิวเซอร์แบบนี้จะมีคุณสมบัติของการจัดระดับสัญญาณเพื่อเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกที่ต้องการวัดเป็นสัญญาณดิจิตอลเอาต์พุต

#### 1.4 ตัวปรับสภาพสัญญาณที่ใช้ในทรานสดิวเซอร์วัดตำแหน่ง

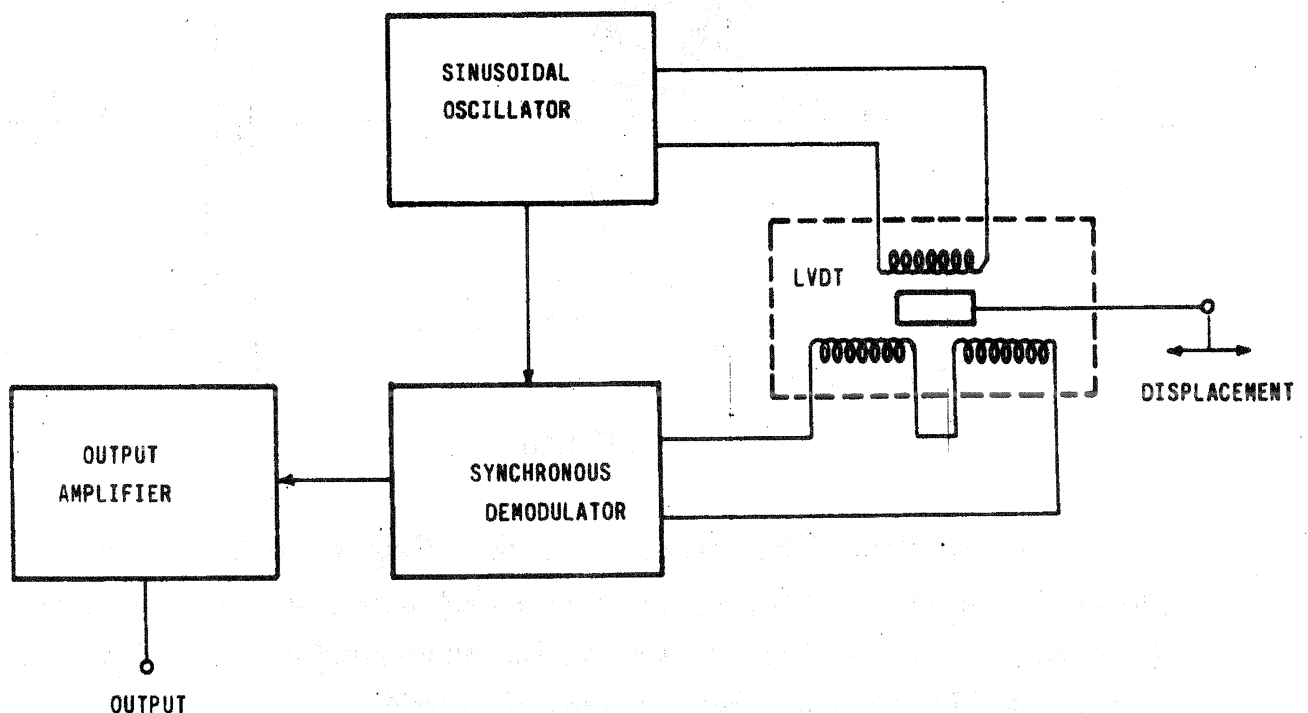
ตัวปรับสภาพสัญญาณที่ใช้ทรานสดิวเซอร์แบบตัวเก็บประจุจะมีความซับซ้อนมาก โดยวงจรจะประกอบด้วยออสซิลเลเตอร์แบบชอปเปอร์และดีมอดูเลเตอร์ (เพื่อให้สัญญาณเอาต์พุต) สำหรับใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าของตัวเก็บประจุ

วงจรเชื่อมต่อของทรานสดิวเซอร์ด้วยหลักการเปียชโซนั้นประกอบด้วยวงจร instrumentation differential amplifier (ที่มีอัตราขยายสูง ในกรณีที่ใช้สเตรนเกจ) และวงจรสร้างแรงดันที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ

ตัวปรับสภาพสัญญาณที่ใช้กับตัวต้านทานและโพเทนชิโอมิเตอร์ทรานสดิวเซอร์นั้นจะเป็นวงจรที่ง่าย ๆ และจะให้แรงดันเอาต์พุตที่ดีและสามารถอ่านได้ง่าย

วงจรเชื่อมต่อสำหรับทรานสดิวเซอร์แบบเชิงโครและเชิงโครรีโซลเวอร์จะมีความยุ่งยากมาก โดยจะต้องทำการหามุม  $\theta$  จากสัญญาณชานน์ 3 หรือ 2 สัญญาณที่ได้มาจากทรานสดิวเซอร์ ซึ่งจะต้องใช้วงจรคำนวณและจำเป็นต้องใช้วงจรแสดงผลแบบตัวเลขซึ่งมีความซับซ้อนมาก

ตัวปรับสภาพสัญญาณสำหรับ LVDT นั้นก็มีความยุ่งยากมากเช่นกัน ในความเป็นจริงแล้วจะต้องสร้างวงจรสร้างสัญญาณชานน์ (สำหรับจ่ายให้กับขดลวดปฐมภูมิ) , ดีมอดูเลเตอร์แบบเชิงโครนัส (สำหรับการแปลงขนาดและเฟสของสัญญาณเอาต์พุตของ LVDT ให้เป็นระยะที่ต้องการทราบ) และภาคขยายสัญญาณเอาต์พุตที่มีวงจรกรองสัญญาณด้วย รูปที่ 1.11 แสดงไดอะแกรมการทำงานของตัวปรับสภาพสัญญาณของ LVDT



รูปที่ 1.11

### 1.5 คุณสมบัติหลักของ LVDT

คุณสมบัติหลักที่ใช้ในการกำหนดลักษณะการนำไปใช้งานและคุณภาพของ LVDT คือ

- แรงดันอินพุต โดยปกติมักจะกำหนดเป็นค่า rms ของสัญญาณช่ายน์ สำหรับจ่ายให้กับขดลวดปฐมภูมิ
- ความถี่ของสัญญาณอินพุต คือความถี่ของสัญญาณอินพุตที่สามารถป้อนให้กับขดลวดปฐมภูมิได้
- ย่านการวัดที่เป็นเชิงเส้น คือระยะสูงสุดที่ทรานสดิวเซอร์สามารถวัดได้โดยค่าที่วัดได้ยังแปรผันเชิงเส้นกับระยะที่วัด
- อิมพีแดนซ์ของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ
- อุณหภูมิในการทำงาน

นอกจากนี้แล้วคุณสมบัติที่ทรานสดิวเซอร์ต้องมีสำหรับคุณภาพในการวัดคือ

- ความเป็นเชิงเส้น
- ความไว
- การเปลี่ยนแปลงของเฟส

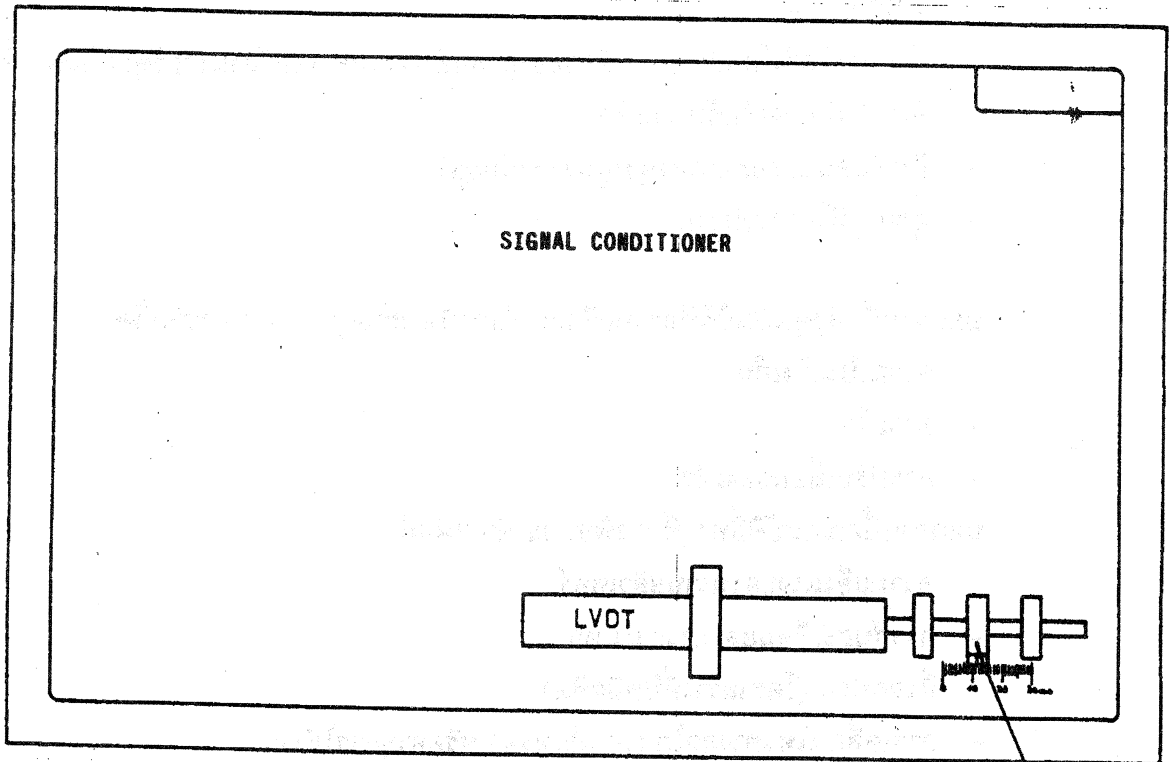
นอกจากนี้คุณสมบัติอื่นๆ ที่ควรพิจารณาด้วยได้แก่

- ความแข็งแรงของทรานสดิวเซอร์
- การสั่นสะเทือนและการกระแทก
- สิ่งสกปรก (โครงสร้างที่ปิดมิดชิด)
- การเคลื่อนไหวทางกลไก (การสึกหรอ) หรืออายุการใช้งาน
- อื่นๆ

## บทที่ 2

### รายละเอียดอุปกรณ์

ชุดทดลองนี้คือชุดทดลองการวัดตำแหน่งด้วย LVDT ซึ่งติดตั้งอยู่บนแผงทดลองที่มีตัวปรับสภาพสัญญาณ, ทรานสดิวเซอร์ และอุปกรณ์สำหรับการวัดตำแหน่งอย่างง่าย



รูปที่ 2.1

DEVICE FOR GENERATING AND  
MEASURING THE DISPLACEMENT

#### 2.1 LVDT

LVDT คือทรานสดิวเซอร์แบบไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนไหวทางกล โดยให้ผลการวัดเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่แปรผันตามระยะของแกนที่เคลื่อนที่ได้

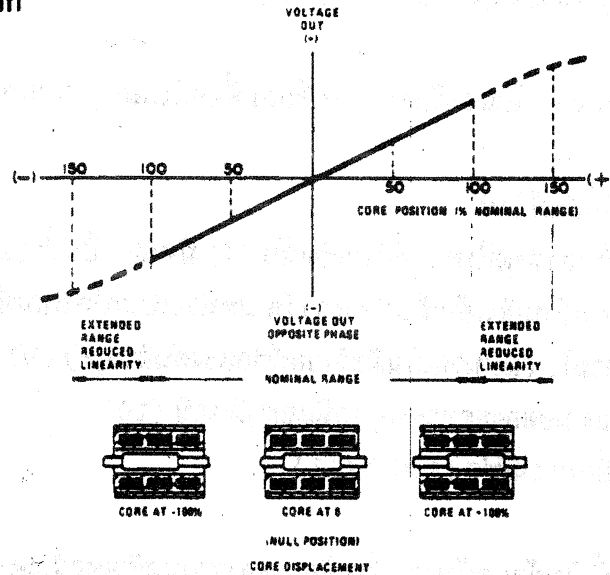
จากคุณสมบัตินี้จึงได้ถูกนำไปใช้ในงานต่างๆ มากมาย ซึ่งคุณสมบัติบางอย่างนั้นจะไม่มีในทรานสดิวเซอร์แบบอื่นๆ ซึ่งคุณสมบัติหลักนั้นคือโครงสร้างการทำงานของ LVDT ที่มีแกนอิสระสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่สัมผัสกับอะไร

โครงสร้างของ LVDT นั้นจะประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยวางเรียงกันอย่างสมมาตรรอบๆ แกนทรงกระบอก แกนแม่เหล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระภายในแกนทรงกระบอกนี้ และเป็นทางผ่านของสนามแม่เหล็กจากขดลวดปฐมภูมิไปยังขดลวดทุติยภูมิ

รูปที่ 2.2 แสดงไดอะแกรมการทำงานและคุณลักษณะของ LVDT

เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับกำลังงานจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับภายนอก จะทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิทั้งสอง ซึ่งขดลวดทุติยภูมิทั้งสองนี้ต่อกันแบบอนุกรมแต่มีทิศทางตรงกันข้าม จึงทำให้ชั่วขณะของแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นมานี้มีทิศตรงกันข้ามด้วย

เพราะฉะนั้นเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์จึงเกิดจากแรงดันของขดลวดทุติยภูมิทั้งสองรวมกัน และจะมีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อแกนแม่เหล็กนี้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง แต่เมื่อแกนแม่เหล็กนี้เคลื่อนที่จากตำแหน่งกึ่งกลางจะทำให้ขดลวดทุติยภูมิด้านที่แกนแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่า ส่วนขดลวดทุติยภูมิอีกด้านหนึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าได้น้อยกว่า จะทำให้แรงดันรวมระหว่างขดลวดทั้งสองมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนไปตามระยะทางการเคลื่อนที่ของแกนแม่เหล็ก



รูปที่ 2.2

อุปกรณ์ LVDT ที่ใช้ในแผนการทดลองนี้เป็นผลิตภัณฑ์จากบริษัท Schaevitz ซึ่งเป็นรุ่น E500 โดยมีคุณลักษณะและคุณสมบัติการทำงานตามหน้า 19-20-21 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากผู้ผลิต จากข้อมูลนี้จะทำให้เราสามารถเข้าใจลักษณะและการนำไปใช้งานของทรานสดิวเซอร์ตัวนี้

ข้อมูลชุดแรกเป็นข้อมูลทางกลไก (1) และใบสั่งสินค้า (3) ซึ่งทั้งสองส่วนจะแสดงโดยอะแกรมการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า (2) คุณสมบัติทั่วไปคือแรงดันอินพุต (ปกติเป็นค่า rms) (4), ย่านความถี่ของสัญญาณอินพุต (5) และอุณหภูมิการทำงานของ ทรานสดิวเซอร์ที่สามารถใช้งานได้ (6)

คุณสมบัติอื่นๆ คือแรงดันที่แกนเหล็กอยู่ที่จุดกึ่งกลาง, การทนต่อการสั่นสะเทือนและแรงกระแทก

คุณสมบัติหลักมีดังนี้

- แรงดันเอาต์พุตในช่วงที่เป็นเชิงเส้น (7) มีหน่วยเป็นนิ้ว(1นิ้วเท่ากับ2.54 ซม.)
- ค่าความเป็นเชิงเส้นเต็มย่านการวัด มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (8)
- ค่าความไว (มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ต่อแรงดันอินพุต) (9)
- อิมพีแดนซ์ของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (10)
- การเลื่อนของเฟส (องศา) (11)

นอกจากนั้นในข้อมูลยังบอกน้ำหนัก (ของทรานสดิวเซอร์และแกน) (12) และขนาดและมิติ (13)

ข้อมูลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือความถี่ที่ใช้ในการทำงานของ LVDT (14)

ข้อมูลในชุดที่ 2 คือรายงานการปรับแต่งและทดสอบของทรานสดิวเซอร์สำหรับการใช้งาน ออกแบบทำงาน ทรานสดิวเซอร์นี้จะติดตั้งอยู่บนแผงทดลองและมีแกนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งมีสเกลเป็นตัวบอกระยะไว้สำหรับเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จาก LVDT

## E SERIES—ECONOMICAL

- CUSTOMARY LVDT PERFORMANCE AT MINIMAL COST
- MAGNETICALLY SHIELDED CASE

The E Series satisfies numerous applications where LVDT performance and reliability are desired, but where bud-

gets are limited. Linearity is 0.5% of full range for all units except long stroke models. The E Series is particularly suitable for moderate operating temperatures. Its rugged construction will resist the shocks and vibrations encountered in most industrial applications. The E Series is housed in magnetic stainless steel for protection against electromagnetic and electrostatic interference.

### GENERAL SPECIFICATIONS

|                   |                                     |     |
|-------------------|-------------------------------------|-----|
| Input Voltage     | 3 V rms (nominal)                   | (4) |
| Frequency Range   | 50 Hz to 10 kHz                     | (5) |
| Temperature Range | -65°F to +200°F<br>(-55°C to +95°C) | (6) |
| Null Voltage      | Less than 1.0% full scale output    |     |
| Shock Survival    | 500 g for 11 milliseconds           |     |

|                     |                                                                                 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Vibration Tolerance | 20 g up to 2 kHz                                                                |
| Housing Material    | AISI 400 series stainless steel                                                 |
| Lead Wires          | 28 AWG, stranded copper,<br>Teflon-insulated, 12 inches (300 mm) long (nominal) |

### PERFORMANCE SPECIFICATIONS AND DIMENSIONS (2.5 kHz) (14)

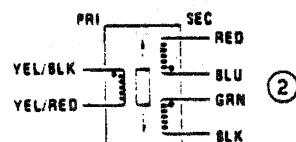
| LVDT<br>MODEL<br>NUMBER | NOMINAL<br>LINEAR<br>RANGE<br>Inches | LINEARITY<br>± PERCENT<br>FULL RANGE | SENSITIVITY<br>mV Out/<br>Volt In Per<br>0.01 in. | IMPEDANCE<br>Ohms |      | PHASE<br>SHIFT<br>Degrees | WEIGHT<br>Grams |          | DIMENSIONS         |                    |                    |
|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|------|---------------------------|-----------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         |                                      |                                      |                                                   | Pri.              | Sec. |                           | Body            | Core     | A (Body)<br>Inches | B (Core)<br>Inches | C (Base)<br>Inches |
| E 100                   | ±0.100                               | 0.5                                  | 2.4                                               | 650               | 920  | +1                        | 31              | 3.4      | 1.75               | 1.25               | 236                |
| E 200                   | ±0.200                               | 0.5                                  | 2.1                                               | 1100              | 120  | -3                        | 36              | 4.3      | 2.25               | 1.85               | 236                |
| E 300                   | ±0.300                               | 0.5                                  | 1.2                                               | 1350              | 1400 | -8                        | 45              | 5.1      | 2.75               | 1.93               | 236                |
| E 500                   | ±0.500 (7)                           | 0.5 (8)                              | 0.75 (9)                                          | 430 (10)          | 185  | +6 (11)                   | 56              | 8.4 (12) | 4.56               | 3.00               | 210 (13)           |
| E 1000                  | ±1.000                               | 0.5                                  | 0.85                                              | 600               | 800  | +3                        | 69              | 11       | 7.00               | 3.80               | 210                |
| E 2000                  | ±2.000                               | 1.0                                  | 0.45                                              | 70                | 1070 | +1                        | 127             | 17       | 10.50              | 6.20               | 210                |
| E 5000                  | ±5.000                               | 1.0                                  | 0.07                                              | 950               | 110  | -5                        | 265             | 40       | 26.00              | 14.00              | 210                |
| E 10000                 | ±10.00                               | 1.0                                  | 0.04                                              | 525               | 185  | -3                        | 555             | 53       | 52.00              | 30.00              | 210                |

### ORDERING INFORMATION

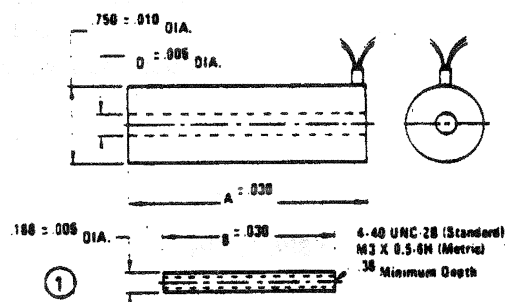
(Fold out page 32 for instructions on how to use this chart.)

|           |                   |  |  |  |  |  |  |  |                    |  |  |  |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |            |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|------------|--|--|--|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--------------|--|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|------------------|--|--|--|--|--|--|--|-----------|--|--|--|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| 3         | 5.0 MHZ FREQUENCY |  |  |  |  |  |  |  | 10.0 MHZ FREQUENCY |  |  |  |  |  |  |  | METRIC THREAD |  |  |  |  |  |  |  | CORE (NOTE 1) |  |  |  |  |  |  |  | TEFLON |  |  |  |  |  |  |  | SDBRELINER |  |  |  |  |  |  |  | SMALL DIAMETER |  |  |  |  |  |  |  | 10 FOOT (3m) |  |  |  |  |  |  |  | LEADS |  |  |  |  |  |  |  | MILDLY RADIATION |  |  |  |  |  |  |  | RESISTANT |  |  |  |  |  |  |  | 0.1% LINEARITY |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |
|           | OPTION NO.        |  |  |  |  |  |  |  | 002                |  |  |  |  |  |  |  | 003           |  |  |  |  |  |  |  | 008           |  |  |  |  |  |  |  | 018    |  |  |  |  |  |  |  | 028        |  |  |  |  |  |  |  | 040            |  |  |  |  |  |  |  | 085          |  |  |  |  |  |  |  | 200   |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |
| MODEL NO. |                   |  |  |  |  |  |  |  |                    |  |  |  |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |            |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |
| E 100     |                   |  |  |  |  |  |  |  |                    |  |  |  |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |            |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | N |  |  |  |  |  |  |  | 8 |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |

Note 1: See outline drawing for metric thread size



CONNECT GRN TO BLU FOR DIFFERENTIAL OUTPUT



SEE SCHAEVITZ SERIES 70 BULLETINS FOR COMPATIBLE SIGNAL CONDITIONING AND READOUT EQUIPMENT

**schaevitz**  
**engineering**

**LINEAR VARIABLE DIFFERENTIAL TRANSFORMERS  
TEST AND INSPECTION DATA**

Type E 500 Serial No. 2922 Range  $\pm$  .5"

**PLEASE READ BEFORE USING THIS TRANSDUCER**

This measurement device is manufactured to high precision standards. Our factory checks prior to shipment assure its performance. To obtain the optimum performance in your application, handle and install with care. Do not machine, grind or tap core and coil assembly. Core and coils are matched sets; for best performance do not interchange cores.

**TEST CONDITIONS**

Primary Connections yel/black and yel/red  
☒ grounded ☐ not grounded  
Secondary Connections black and red  
☒ grounded ☐ not grounded  
Secondary Midpoints (a) green (b) blue  
☒ (a) tied to (b) ☐ (a) not tied to (b)  
Case Connections ☐ grounded ☒ not grounded  
Primary Excitation 3 volts at 2500 Hz  
Secondary Load .5 MEG ohms (in parallel with      mfd)

**TEST DATA**

Displacement  $\pm$       inches  
Output      volts  
     volts/input volts  
Linearity  $\pm$       % of full range output  
Null (Combined Quadrature and Harmonics)      mv (rms)  
Output-to-Input Phase Angle      degrees ☐ leading (+)  
☐ lagging (-)  
Special Tests METRIC CORE

**INSPECTION**

☒ Workmanship ☒ High Voltage Test  
☒ Completeness of Assembly

**REMARKS**

**ACCEPTANCE**

OCT - 3 1985



Tested by ST 40 Date OCT 9 85  
Inspected by      Date       
Military Inspection      Date       
(When Required)

SCHAEVITZ engineering

10/01/85

MODEL E 500 S/N 2922  
SCHAEVITZ PART NO. 2560544-006

EXCITATION = 3.001 VAC @ 2500Hz

NULL = 2.5 mVrms

| INCHES  | AC<br>VOLTS | CALC<br>VOLTS | DEVS.  |
|---------|-------------|---------------|--------|
| -0.4997 | -0.998      | -0.995        | -0.002 |
| -0.3999 | -0.798      | -0.797        | -0.001 |
| -0.3003 | -0.599      | -0.600        | +0.001 |
| -0.2003 | -0.401      | -0.401        | +0.000 |
| -0.1001 | -0.202      | -0.202        | +0.000 |
| +0.0996 | +0.198      | +0.194        | +0.004 |
| +0.1998 | +0.396      | +0.393        | +0.003 |
| +0.2997 | +0.592      | +0.591        | +0.000 |
| +0.3997 | +0.788      | +0.790        | -0.002 |
| +0.4996 | +0.985      | +0.988        | -0.003 |

LINEARITY = 0.19%

SENS = 0.661 mV/V/.001"

## 2.2 ตัวปรับสภาพสัญญาณ

ตัวปรับสภาพสัญญาณของ LVDT นี้เป็นวงจรที่มีความซับซ้อนมาก โดยเป็นวงจรที่ต้องหาวัดค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันจากขดลวดทุติยภูมิทั้งสองและให้เอาต์พุต ออกมาเป็นค่าที่บ่งบอกระยะทางที่แกนสามารถเคลื่อนที่ไปได้ ตัวปรับสภาพสัญญาณจะป้อนสัญญาณขาเข้าที่มีความถี่ตามต้องการให้กับขดลวดปฐมภูมิของ LVDT

รูปที่ 2.3 แสดงวงจรเชื่อมต่อที่พิมพ์ติดอยู่ด้านหน้าแผงการทดลอง

รูปที่ 2.4 แสดงไดอะแกรมพร้อมแสดงค่าของอุปกรณ์แต่ละตัวของตัวปรับสภาพสัญญาณและวงจรขยายสัญญาณเอาต์พุต

ตัวทรานซิสเตอร์จะเชื่อมต่อกับตัวปรับสภาพสัญญาณภายในแผงการทดลองเรียบร้อยแล้ว

ในการทำงานนั้นจะต้องต่อแผงทดลองนี้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน  $\pm 12$  โวลต์

### 2.2.1 แรงดันอ้างอิง

แรงดันอ้างอิงมีขนาด  $+8$  โวลต์และ  $-8$  โวลต์ ซึ่งใช้สำหรับตัวปรับสภาพสัญญาณ โดยวงจรที่สร้างแรงดันอ้างอิงนี้ประกอบด้วยตัวสร้างแรงดันอ้างอิง Z1 ซึ่งถูกไบแอสโดย R2, R3, R4 และ RV1 ทำให้ได้แรงดันขนาด  $8$  โวลต์ตกคร่อมระหว่างขาเอาต์พุต (ซึ่งสามารถปรับค่าได้ที่ RV1) แรงดันนี้จะเสถียรภาพมากและไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ

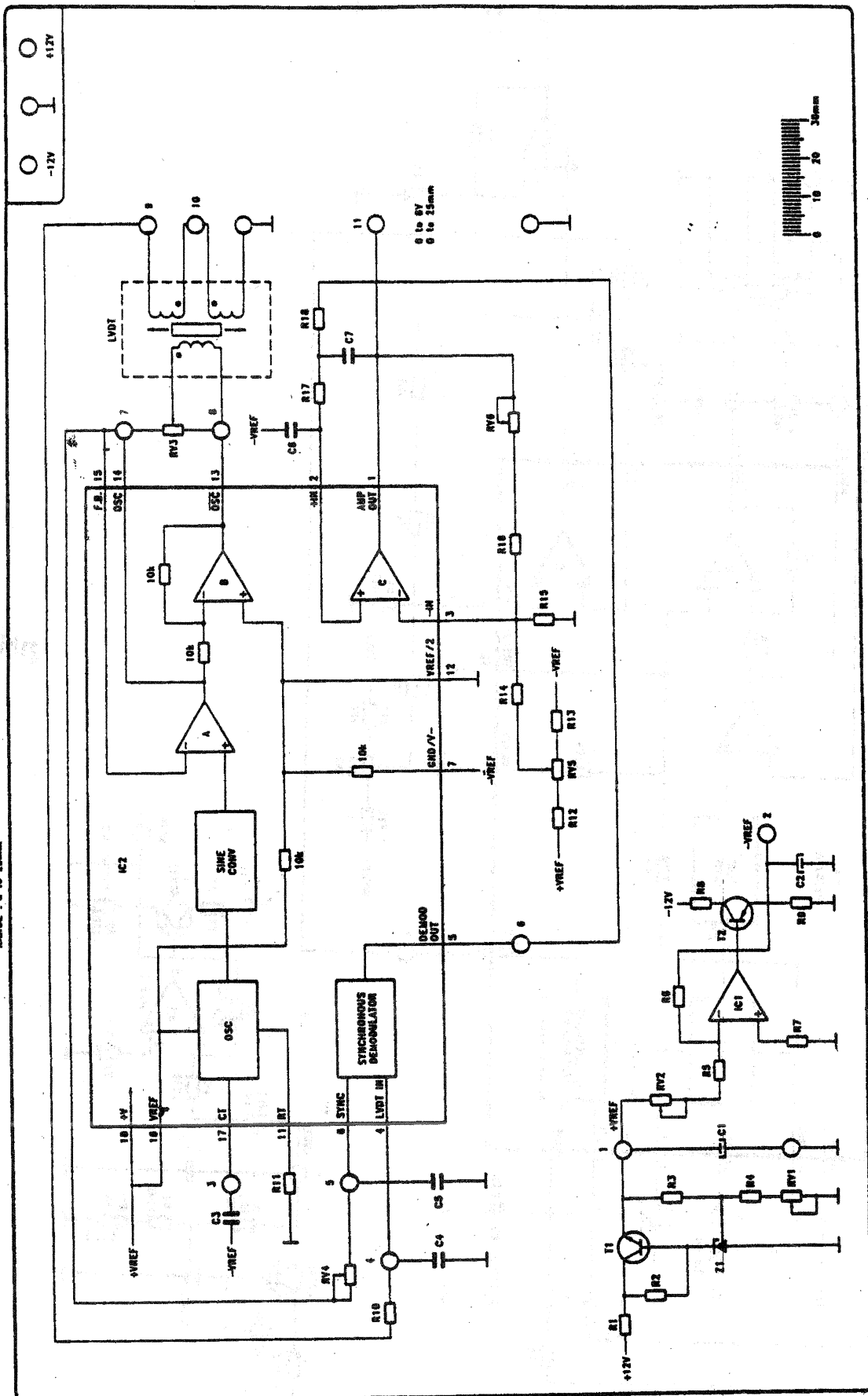
แรงดันอ้างอิงเอาต์พุตนี้จะผ่านวงจรบัฟเฟอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ T1

ออปแอมป์ IC1 (ต่อกับ T2 สำหรับขยายกระแส) จะกลับแรงดัน  $+8.00$  โวลต์นี้ให้เป็นแรงดัน  $-8.00$  โวลต์ที่สามารถปรับค่าได้โดย RV2

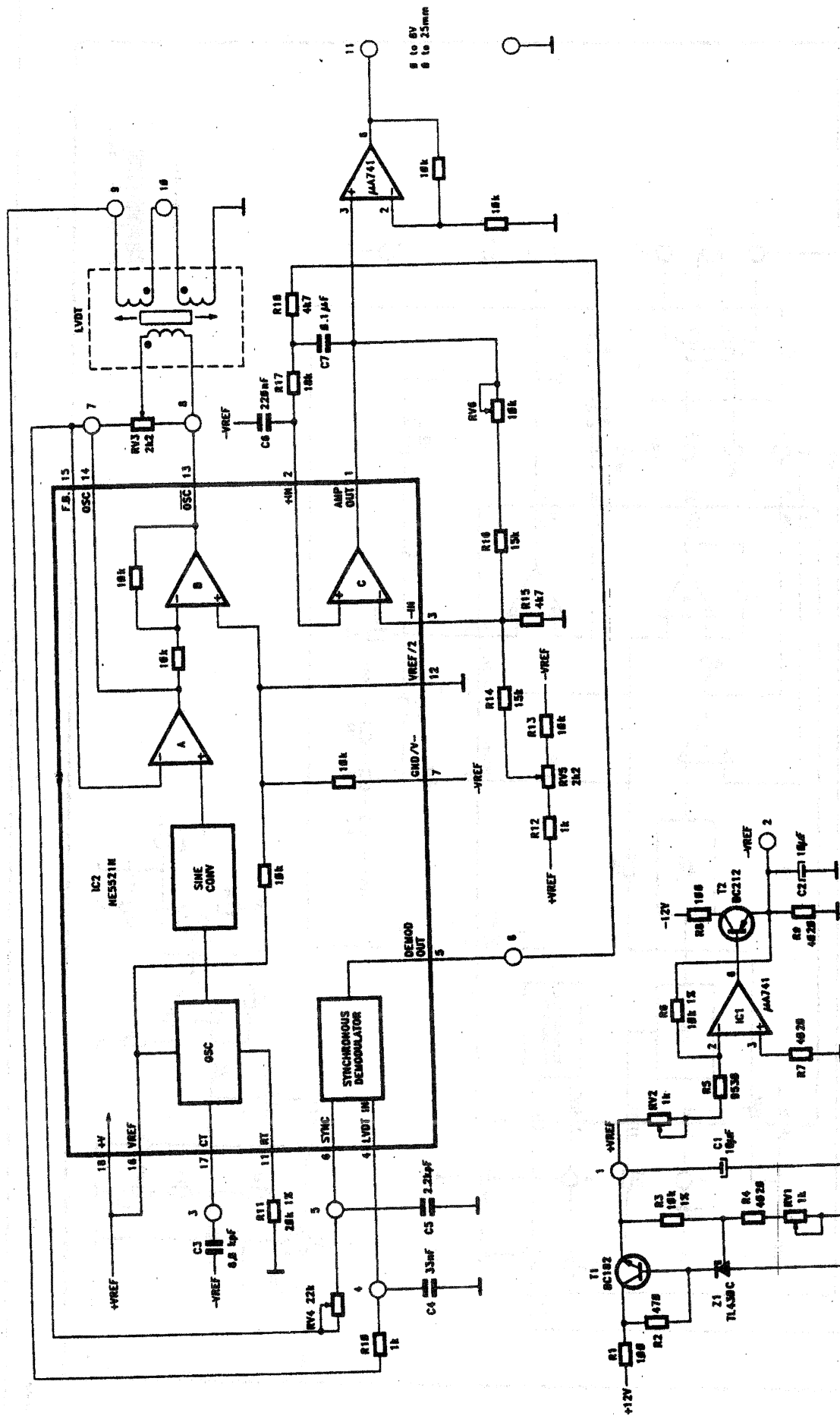
G27

## LVDT POSITION TRANSDUCER &amp; SIGNAL CONDITIONER

RANGE : 0 to 25mm



รูปที่ 2.3

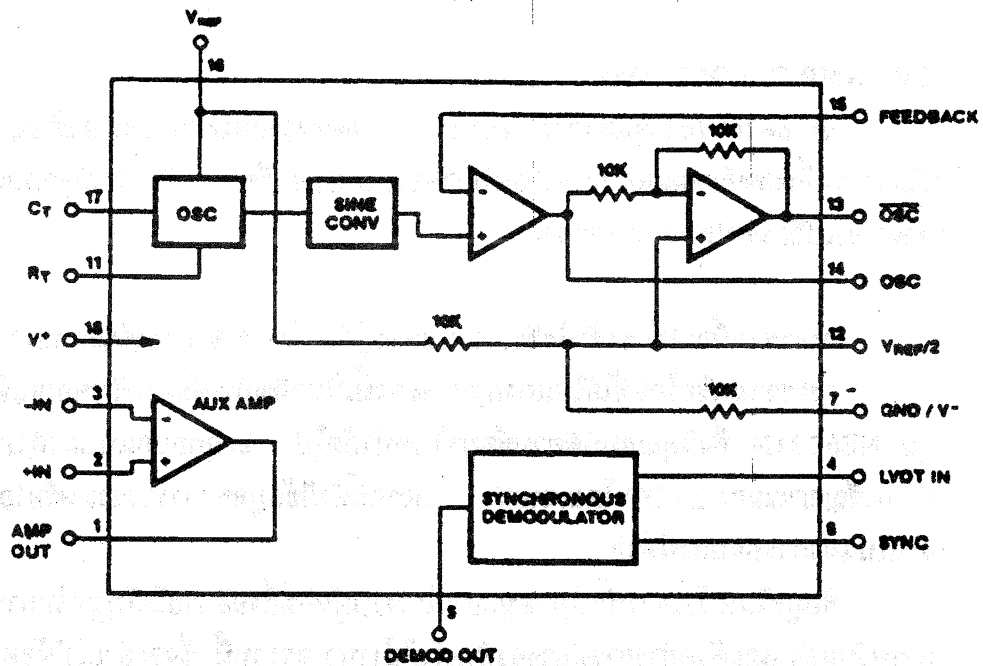


รูปที่ 2.4

### 2.2.2 วงจรรวมสำหรับปรับสภาพสัญญาณของ LVDT (NE5521N)

วงจรรวมนี้จะให้สัญญาณอนาล็อกเอาต์พุตที่มีค่าแปรผันตามระยะทางของแกนแม่เหล็กของทรานสดิวเซอร์

รูปที่ 2.5 แสดงไดอะแกรมของวงจรรวมนี้ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.5

#### OSC

ออสซิลเลเตอร์สำหรับสร้างสัญญาณสามเหลี่ยม ซึ่งมีความถี่ตามค่าของตัวเก็บประจุที่ต่อกับขา 17 (CT) ตามสมการดังนี้

$$f_{osc} = 110 / CT \quad CT \text{ มีหน่วยเป็น } \mu F$$

#### SINE CONV

ประกอบด้วยโพลด์แบบไม่เป็นเชิงเส้น ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณสามเหลี่ยมเป็นสัญญาณไซน์ที่มีความเพี้ยนต่ำ

#### OP AMP A และ B

เป็นตัวบัฟเฟอร์สัญญาณไซน์ที่มาจากภาค SINE CONV แล้วให้สัญญาณเอาต์พุตที่มีเฟสตรงกันข้ามที่ขา 13 (OSC) และขา 14 (OSC) สัญญาณจากขา 13 และ 14 นี้จะป้อนให้กับชุดหลอดปรุของ LVDT

## SYNC DEMOD

เป็นตัวกรองสัญญาณแบบเต็มคลื่นโดยมีเฟสที่ซิงโครไนซ์ด้วยสัญญาณเอาต์พุตของออสซิลเลเตอร์ชา 6 (SYNC) เพื่อให้ได้ค่าตำแหน่งของการวัดที่ถูกต้อง ความสัมพันธ์ระหว่างเฟสของขดลวดทุติยภูมิของ LVDT

## OPA AMP C – OUT AMP

จะใช้ตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน โดยประกอบด้วยตัวกรองสัญญาณทำหน้าที่กำจัดสัญญาณคลื่นพาห์ออกและให้เอาต์พุตที่ DEMOD OUT ที่ขา 1 ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่องและมีค่าเปลี่ยนแปลงตามระยะทาง

วงจรรวมนี้จะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคือ  $\pm 8\text{ V}$  (แรงดันอ้างอิง)

วงจรรวมหรือไอซีที่ใช้ในแผงการทดลองนี้เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทชิกเนติก

รุ่น NE5521N ซึ่งมีคุณสมบัติตามข้อมูลในหน้าถัดไป ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับใช้เป็นตัวปรับสภาพสัญญาณของ LVDT โดยเฉพาะ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลของวงจรรวมหรือไอซีเบอร์อื่นๆ ที่ใช้งานในแผงการทดลองนี้ด้วย

ข้อมูลในหน้าถัดไปนี้เป็นข้อมูลจากโรงงานผู้ผลิตซึ่งอธิบายถึงโหมดในการทำงาน การปรับแต่ง และตัวอย่างการต่อวงจรสำหรับใช้งานวงจรรวมนี้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถนำวงจรรวมนี้ไปใช้งานได้ง่ายดายยิ่งขึ้น

## Linear Products

### DESCRIPTION

The SA/SE/NE5521 is a signal conditioning circuit for use with Linear Variable Differential Transformers (LVDTs) and Rotary Variable Differential Transformers (RVDTs). The chip includes a low distortion, amplitude-stable sine wave oscillator with programmable frequency to drive the primary of the LVDT/RVDT, a synchronous demodulator to convert the LVDT/RVDT output amplitude and phase to position information, and an output amplifier to provide amplification and filtering of the demodulated signal.

## FEATURES

- Low distortion
- Single supply 5V to 20V, or dual supply  $\pm 2.5V$  to  $\pm 10V$
- Oscillator frequency 1kHz to 20kHz
- Capable of ratiometric operation
- Low power consumption (182mV typ)

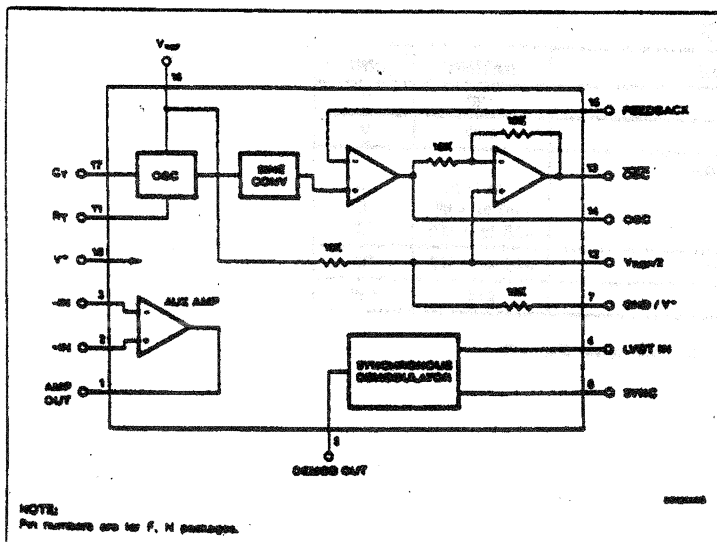
## APPLICATIONS

- LVDT signal conditioning
- RVDT signal conditioning
- LPDT signal conditioning
- Bridge circuits

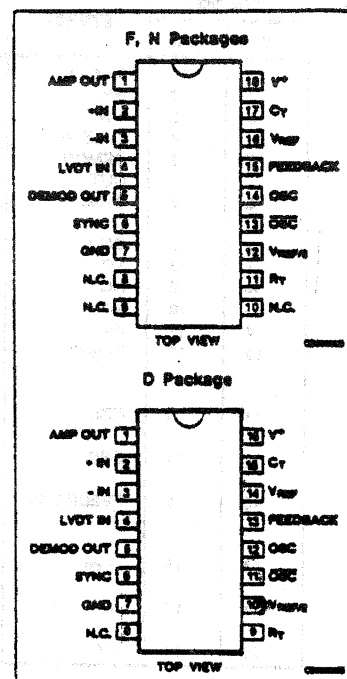
## ORDERING INFORMATION

| DESCRIPTION        | TEMPERATURE RANGE | ORDER CODE |
|--------------------|-------------------|------------|
| 18-Pin Plastic DIP | 0 to +70°C        | NE5521N    |
| 18-Pin Cerdip      | 0 to +70°C        | NE5521F    |
| 18-Pin SO DIP      | 0 to +70°C        | NE5521D    |
| 18-Pin Plastic DIP | -40°C to +85°C    | SA5521N    |
| 18-Pin Cerdip      | -55°C to +125°C   | SE5521F    |
| 18-Pin SO DIP      | -40°C to +85°C    | SA5521D    |

### BLOCK DIAGRAM



## PIN CONFIGURATIONS



## PIN DEFINITIONS FOR D, F AND N PACKAGES

| PIN NO. |      | SYMBOL        | DEFINITION                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------|------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D       | F, N |               |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1       | 1    | Amp Out       | Auxiliary Amplifier Output.                                                                                                                                                                                                                              |
| 2       | 2    | +IN           | Auxiliary Amplifier non-inverting input.                                                                                                                                                                                                                 |
| 3       | 3    | -IN           | Auxiliary Amplifier inverting input.                                                                                                                                                                                                                     |
| 4       | 4    | LVDT IN       | Input to Synchronous Demodulator from the LVDT/RVDT secondary.                                                                                                                                                                                           |
| 5       | 5    | DEMODO<br>OUT | Pulsating DC output from the Synchronous Demodulator output. This voltage should be filtered before use.                                                                                                                                                 |
| 6       | 6    | SYNC          | Synchronizing input for the Synchronizing Demodulator. This input should be connected to the OSC or OSC output. Sync is referenced to $V_{REF}/2$ .                                                                                                      |
| 7       | 7    | GND           | Device return. Should be connected to system ground or to the negative supply.                                                                                                                                                                           |
| 8       | 8    | NC            | No internal connection.                                                                                                                                                                                                                                  |
| —       | 9    | NC            | No internal connection.                                                                                                                                                                                                                                  |
| —       | 10   | NC            | No internal connection.                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9       | 11   | $R_T$         | A temperature stable 18k $\Omega$ resistor should be connected between this pin and Pin 7.                                                                                                                                                               |
| 10      | 12   | $V_{REF}/2$   | A high impedance source of one half the potential applied to $V_{REF}$ . The LVDT/RVDT secondary return should be to this point. A bypass capacitor with low impedance at the oscillator frequency should also be connected between this pin and ground. |
| 11      | 13   | OSC           | Oscillator sine wave output that is 180° out of phase with the OSC signal. The LVDT/RVDT primary is usually connected between OSC and OSC pins.                                                                                                          |
| 12      | 14   | OSC           | Oscillator sine wave output. The LVDT/RVDT primaries are usually connected between OSC and OSC pins.                                                                                                                                                     |
| 13      | 15   | FEEDBACK      | Usually connected to the OSC output for unity gain, a resistor between this pin and OSC, and one between this pin and ground can provide for a change in the oscillator output pin amplitudes.                                                           |
| 14      | 16   | $V_{REF}$     | Reference voltage input for the oscillator and sine converter. This voltage MUST be stable and must not exceed +V supply voltage.                                                                                                                        |
| 15      | 17   | $C_T$         | Oscillator frequency-determining capacitor. The capacitor connected between this pin and ground should be a temperature-stable type.                                                                                                                     |
| 16      | 18   | +V            | Positive supply connection.                                                                                                                                                                                                                              |

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| SYMBOL    | PARAMETER                      | RATING                                | UNIT           |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| $V_{CC}$  | Supply voltage                 | +20                                   | V              |
|           | Split supply voltage           | $\pm 10$                              | V              |
| $T_A$     | Operating temperature range    | 0 to +70<br>-40 to +65<br>-55 to +125 | °C<br>°C<br>°C |
| $T_{STG}$ | Storage temperature range      | -65 to +160                           | °C             |
| $P_D$     | Power dissipation <sup>1</sup> | 810                                   | mW             |

## NOTE:

1. For derating, see typical power dissipation versus load curves (Figure 1).

**DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS**  $V_+ = V_{REF} = 10V$ ,  $T_A = 0$  to  $70^\circ C$  for NE5521,  $T_A = -55$  to  $+125^\circ C$  for SE5521  
 $T_A = -40$  to  $+85^\circ C$  for SA5521, Frequency = 1kHz, unless otherwise noted.

| SYMBOL                            | PARAMETER                                             | CONDITIONS              | NE5521 |                       |                     | SA/SE5521 |                       |           | UNIT               |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|--------|-----------------------|---------------------|-----------|-----------------------|-----------|--------------------|
|                                   |                                                       |                         | Min    | Typ                   | Max                 | Min       | Typ                   | Max       |                    |
| $V_{CC}$                          | Supply current                                        |                         |        | 12.9                  | 20                  |           | 12.9                  | 18        | mA                 |
| $I_{REF}$                         | Reference current                                     |                         |        | 5.3                   | 8                   |           | 5.3                   | 8         | mA                 |
| $V_{REF}$                         | Reference voltage range                               |                         | 5      |                       | $V_+$               | 5         |                       | $V_+$     | V                  |
| $P_D$                             | Power dissipation                                     |                         |        | 182                   | 280                 |           | 182                   | 280       | mW                 |
| <b>Oscillator Section</b>         |                                                       |                         |        |                       |                     |           |                       |           |                    |
|                                   | Oscillator output                                     | $R_L = 10k\Omega$       |        | $\frac{V_{REF}}{8.8}$ |                     |           | $\frac{V_{REF}}{8.8}$ |           | $V_{RMS}$          |
| THD                               | Sine wave distortion                                  | No load                 |        | 1.5                   |                     |           | 1.5                   |           | %                  |
|                                   | Initial amplitude error                               | $T_A = 25^\circ C$      |        | 0.4                   | $\pm 3$             |           | 0.4                   | $\pm 3$   | %                  |
|                                   | Tempco of amplitude                                   |                         |        | 0.005                 | 0.01                |           | 0.005                 | 0.01      | %/ $^\circ C$      |
|                                   | Init. accuracy of oscillator freq.                    | $T_A = 25^\circ C$      |        | $\pm 0.9$             | $\pm 5$             |           | $\pm 0.9$             | $\pm 5$   | %                  |
|                                   | Temperature coeff. of frequency <sup>1</sup>          |                         |        | 0.05                  |                     |           | 0.05                  |           | %/ $^\circ C$      |
|                                   | Voltage coeff. of frequency                           |                         |        | 2.5                   |                     |           | 3.3                   |           | %/<br>$V(V_{REF})$ |
|                                   | Min OSC (OSC) Load <sup>2</sup>                       |                         | 300    | 170                   |                     | 300       | 170                   |           | $\Omega$           |
| <b>Demodulator Section</b>        |                                                       |                         |        |                       |                     |           |                       |           |                    |
| $\epsilon_L$                      | Linearity error                                       | 5V <sub>P-P</sub> input |        | $\pm 0.05$            | $\pm 0.1$           |           | $\pm 0.05$            | $\pm 0.1$ | %FS                |
|                                   | Maximum demodulator input                             |                         |        |                       | $\frac{V_{REF}}{2}$ |           | $\frac{V_{REF}}{2}$   |           | V <sub>P-P</sub>   |
| $V_{OS}$                          | Demodulator offset voltage                            |                         |        | $\pm 1.4$             | $\pm 5$             |           | $\pm 1.4$             | $\pm 5$   | mV                 |
| $TCV_{OS}$                        | Demodulator offset voltage drift                      |                         |        | 5                     | 25                  |           | 5                     | 25        | $\mu V/^\circ C$   |
| $I_{BIAS}$                        | Demodulator input current                             |                         | -600   | -234                  |                     | -500      | -234                  |           | nA                 |
|                                   | $V_{R/2}$ accuracy                                    |                         |        | $\pm 0.1$             | $\pm 1$             |           | $\pm 0.1$             | $\pm 1$   | %                  |
| <b>Auxiliary Output Amplifier</b> |                                                       |                         |        |                       |                     |           |                       |           |                    |
| $V_{OS}$                          | Input offset voltage                                  |                         |        | $\pm 0.5$             | $\pm 5$             |           | $\pm 0.5$             | $\pm 5$   | mV                 |
| $I_{BIAS}$                        | Input bias current                                    |                         | -600   | -210                  |                     | -500      | -210                  |           | nA                 |
| $I_{OS}$                          | Input offset current                                  |                         |        | 10                    | 50                  |           | 10                    | 50        | nA                 |
| $A_V$                             | Gain                                                  |                         |        | 100                   | 385                 |           | 100                   | 385       | V/mV               |
| SR                                | Slew rate                                             |                         |        | 1.3                   |                     |           | 1.3                   |           | V/ $\mu s$         |
| GBW                               | Unity gain bandwidth product                          | $A_V = 1$               |        | 1.6                   |                     |           | 1.6                   |           | MHz                |
|                                   | Output voltage swing                                  | $R_L = 10k\Omega$       | 7      | 8.2                   |                     | 7         | 8.2                   |           | V                  |
|                                   | Output short circuit current to ground or to $V_{CC}$ | $T_A = 25^\circ C$      |        | 42                    | 100                 |           | 42                    | 100       | mA                 |

**NOTES:**

1. This is temperature coefficient of frequency for the device only. It is assumed that  $C_T$  and  $R_T$  are fixed in value and  $C_T$  leakage is fixed over the operating temperature range.
2. Minimum load impedance for which distortion is guaranteed to be less than 5%.

## DEFINITION OF TERMS

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oscillator Output                           | RMS value of the AC voltage available at the oscillator output pin. This output is referenced to $V_{REF}/2$ and is a function of $V_{REF}$ .                                                                                                                       |
| Sine Wave Distortion                        | The Total Harmonic Distortion (THD) of the oscillator output with no load. This is not a critical specification in LVDT/RVDT systems. This figure could be 15% or more without affecting system performance.                                                        |
| Initial Amplitude Error                     | A measure of the interchangeability of NE/SA/SE5521 parts, not a characteristic of any one part. It is the degree to which the oscillator output of a number of NE/SA/SE5521 samples will vary from the median of that sample.                                      |
| Initial Accuracy of Oscillator Frequency    | Another measure of the interchangeability of individual NE/SA/SE5521 parts. This is the degree to which the oscillator frequency of a number of NE/SA/SE5521 samples will vary from the median of that sample with a given timing capacitor.                        |
| Tempco of Oscillator Amplitude              | A measure of how the oscillator amplitude varies with ambient temperature as that temperature deviates from a 25°C ambient.                                                                                                                                         |
| Tempco of Oscillator Frequency              | A measure of how the oscillator frequency varies with ambient temperature as that temperature deviates from a 25°C ambient.                                                                                                                                         |
| Voltage Coefficient of Oscillator Frequency | The degree to which the oscillator frequency will vary as the reference voltage ( $V_{REF}$ ) deviates from +10V.                                                                                                                                                   |
| Min OSC (OSC) Load                          | Minimum load impedance for which distortion is guaranteed to be less than 5%.                                                                                                                                                                                       |
| Linearity Error                             | The degree to which the DC output of the demodulator/amplifier combination matches a change in the AC signal at the demodulator input. It is measured as the worst case nonlinearity from a straight line drawn between positive and negative fullscale end points. |
| Maximum Demodulator Input                   | The maximum signal that can be applied to the demodulator input without exceeding the specified linearity error.                                                                                                                                                    |

## APPLICATION INFORMATION

$$\text{OSC frequency} = \frac{V_{REF} - 1.3V}{V_{REF}(R_T + 1.5k)C_T}$$

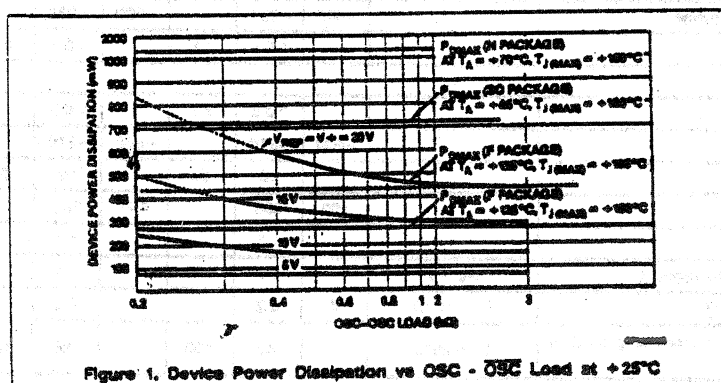
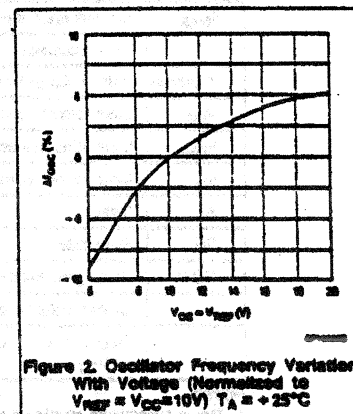
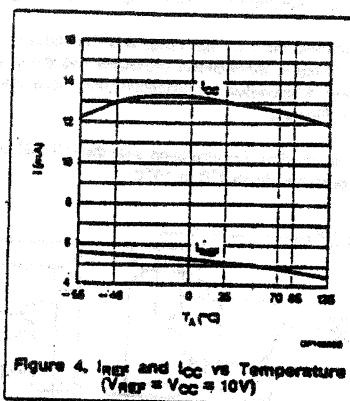
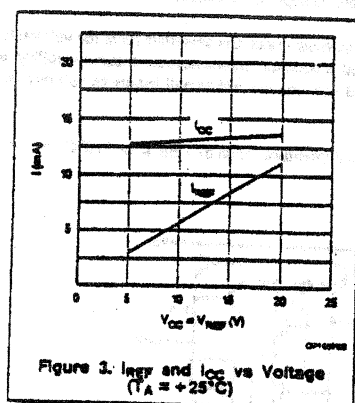


Figure 1. Device Power Dissipation vs OSC - OSC Load at +25°C

Figure 2. Oscillator Frequency Variation With Voltage (Normalised to  $V_{REF} = V_{CC} = 10V$ )  $T_A = +25^\circ C$

# LVDT Signal Conditioner

NE/SA/SE5521



# LINEAR INTEGRATED CIRCUITS

## TYPES $\mu$ A741M, $\mu$ A741C GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

BULLETIN NO. GL-8 11383, NOVEMBER 1970—REVISED OCTOBER 1979

- Short-Circuit Protection
- Offset-Voltage Null Capability
- Large Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- No Frequency Compensation Required
- Low Power Consumption
- No Latch-up

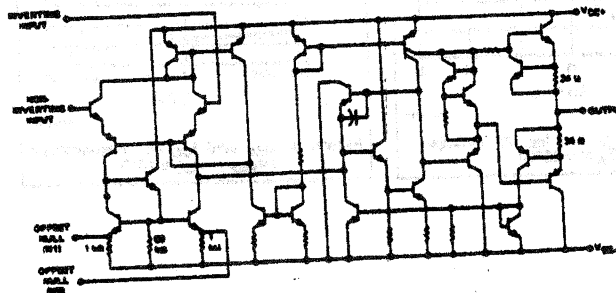
### description

The  $\mu$ A741 is a general-purpose operational amplifier featuring offset-voltage null capability.

The high common-mode input voltage range and the absence of latch-up make the amplifier ideal for voltage-follower applications. The device is short-circuit protected and the internal frequency compensation ensures stability without external components. A low-value potentiometer may be connected between the offset null inputs to null out the offset voltage as shown in Figure 2.

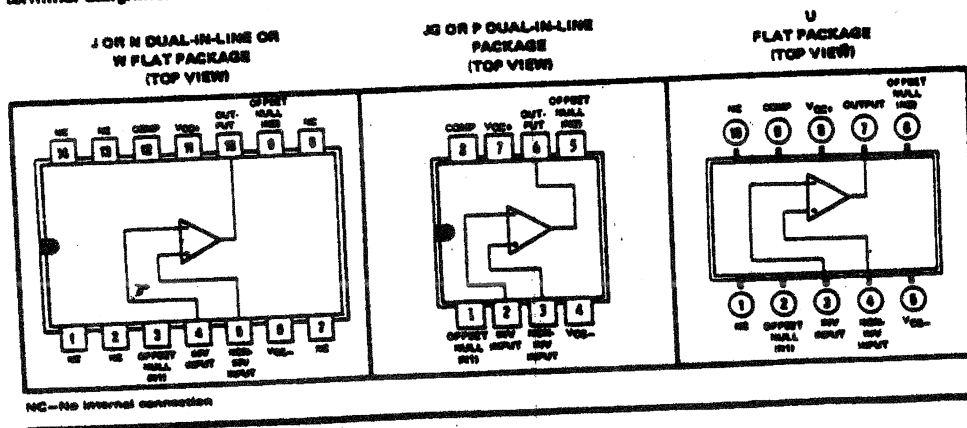
The  $\mu$ A741M is characterized for operation over the full military temperature range of  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $125^{\circ}\text{C}$ ; the  $\mu$ A741C is characterized for operation from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ .

### schematic



Resistor values shown are nominal

### terminal assignments



# **TYPES $\mu$ A741M, $\mu$ A741C** **GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS**

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

|                                                                                         | $\mu$ A741M                              | $\mu$ A741C | UNIT |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------|------|
| Supply voltage $V_{CC+}$ (see Note 1)                                                   | 22                                       | 18          | V    |
| Supply voltage $V_{CC-}$ (see Note 1)                                                   | -22                                      | -18         | V    |
| Differential input voltage (see Note 2)                                                 | $\pm 30$                                 | $\pm 30$    | V    |
| Input voltage (either input, see Notes 1 and 3)                                         | $\pm 15$                                 | $\pm 15$    | V    |
| Voltage between either offset null terminal (N1/N2) and $V_{CC-}$                       | $\pm 0.5$                                | $\pm 0.5$   | V    |
| Duration of output short-circuit (see Note 4)                                           | unlimited                                | unlimited   |      |
| Continuous total power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 5) | 500                                      | 500         | mW   |
| Operating free-air temperature range                                                    | -65 to 125                               | 0 to 70     | °C   |
| Storage temperature range                                                               | -65 to 150                               | -65 to 150  | °C   |
| Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 60 seconds                            | 300                                      | 300         | °C   |
| Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 10 seconds                            | J, JG, U, or W package<br>N or P package | 260         | °C   |

- NOTES: 1. All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the midpoint between  $V_{CC+}$  and  $V_{CC-}$ .  
2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.  
3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.  
4. The output may be shorted to ground or either power supply. For the  $\mu$ A741M only, the unlimited duration of the short-circuit applies at (or below) 125°C case temperature or 75°C free-air temperature.  
5. For operation above 25°C free-air temperature, refer to Dissipation Rating Curves, Section 2, in the J and JG packages.  $\mu$ A741M chips are alloy-mounted;  $\mu$ A741C chips are glass-mounted.

electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{CC+} = 15$  V,  $V_{CC-} = -15$  V

| PARAMETER                                                              | TEST CONDITIONS†                             | $\mu$ A741M |          |          | $\mu$ A741C |          |          | UNIT       |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|------------|
|                                                                        |                                              | MIN         | TYP      | MAX      | MIN         | TYP      | MAX      |            |
| $V_{IO}$ Input offset voltage                                          | $R_g < 10 \text{ k}\Omega$                   |             | 1        | 5        |             | 1        | 5        | mV         |
| $\Delta V_{IO}(\text{adj})$ Offset voltage adjust range                |                                              |             |          | 5        |             |          | 7.5      | mV         |
| $I_{IO}$ Input offset current                                          |                                              |             | $\pm 15$ |          |             | $\pm 15$ |          | nA         |
| $I_{IB}$ Input bias current                                            |                                              |             | 20       | 200      |             | 20       | 200      | nA         |
| $V_{ICR}$ Common-mode input voltage range                              |                                              |             | 80       | 500      |             | 80       | 500      | nA         |
| $V_{OPP}$ Maximum peak-to-peak output voltage swing                    | $R_L = 10 \text{ k}\Omega$                   |             |          | 1500     |             |          | 800      | V          |
|                                                                        | $R_L > 10 \text{ k}\Omega$                   |             | $\pm 12$ | $\pm 13$ |             | $\pm 12$ | $\pm 13$ | V          |
|                                                                        | $R_L = 2 \text{ k}\Omega$                    |             | $\pm 12$ |          |             | $\pm 12$ |          | V          |
|                                                                        | $R_L > 2 \text{ k}\Omega$                    |             | 24       | 28       |             | 24       | 28       | V          |
| $A_{VO}$ Large-signal differential voltage amplification               | $R_L > 2 \text{ k}\Omega$ , $V_O = \pm 10$ V |             | 24       | 28       |             | 24       | 28       | V/mV       |
| $r_i$ Input resistance                                                 |                                              |             | 20       | 25       |             | 20       | 25       | M $\Omega$ |
| $r_o$ Output resistance                                                | $V_O = 0$ V, See Note 6                      |             | 30       | 200      |             | 30       | 200      | $\Omega$   |
| $C_i$ Input capacitance                                                |                                              |             | 75       |          |             | 75       |          | pF         |
| CMRR Common-mode rejection ratio                                       | $R_g < 10 \text{ k}\Omega$                   |             | 1.4      |          |             | 1.4      |          | dB         |
| $k_{SVS}$ Supply voltage sensitivity ( $\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$ ) | $R_g < 10 \text{ k}\Omega$                   |             | 70       | 90       |             | 70       | 90       | $\mu$ V/V  |
| $I_{OS}$ Short-circuit output current                                  |                                              |             | 30       | 150      |             | 30       | 150      | mA         |
| $I_{CC}$ Supply current                                                | No load, No signal                           |             | $\pm 25$ | $\pm 40$ |             | $\pm 25$ | $\pm 40$ | mA         |
| $P_D$ Total power dissipation                                          | No load, No signal                           |             | 1.7      | 2.8      |             | 1.7      | 2.8      | mW         |
|                                                                        |                                              |             | 3.3      |          |             | 3.3      |          | mW         |
|                                                                        |                                              |             | 50       | 85       |             | 50       | 85       | mW         |
|                                                                        |                                              |             | 100      |          |             | 100      |          | mW         |

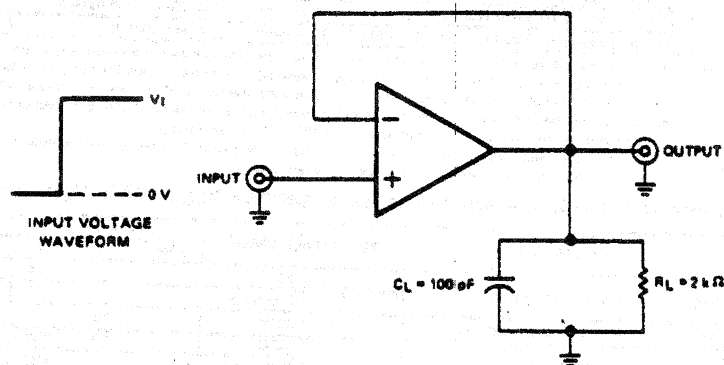
† All characteristics are specified under open-loop operation. Full range for  $\mu$ A741M is -65°C to 125°C and for  $\mu$ A741C is 0°C to 70°C.  
NOTE 6: This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

# TYPES $\mu A741M$ , $\mu A741C$ GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

operating characteristics,  $V_{CC+} = 15\text{ V}$ ,  $V_{CC-} = -15\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

| PARAMETER                  | TEST CONDITIONS                                                                          | $\mu A741M$ |     |     | $\mu A741C$ |     |     | UNIT                   |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----|-----|-------------|-----|-----|------------------------|
|                            |                                                                                          | MIN         | TYP | MAX | MIN         | TYP | MAX |                        |
| $t_r$ Rise time            | $V_i = 20\text{ mV}$ , $R_L = 2\text{ k}\Omega$                                          |             | 0.3 |     |             | 0.3 |     | $\mu\text{s}$          |
| Overhoot factor            | $C_L = 100\text{ pF}$ , See Figure 1                                                     |             | 5%  |     |             | 5%  |     |                        |
| SR Slew rate at unity gain | $V_i = 10\text{ V}$ , $R_L = 2\text{ k}\Omega$ ,<br>$C_L = 100\text{ pF}$ , See Figure 1 |             | 0.5 |     |             | 0.5 |     | $\text{V}/\mu\text{s}$ |

## PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT

FIGURE 1—RISE TIME, OVERSHOOT, AND SLEW RATE

## TYPICAL APPLICATION DATA

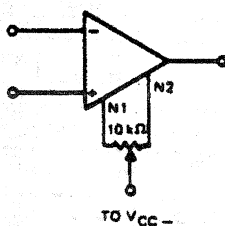


FIGURE 2—INPUT OFFSET VOLTAGE NULL CIRCUIT

# TYPES $\mu$ A741M, $\mu$ A741C GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

## TYPICAL CHARACTERISTICS

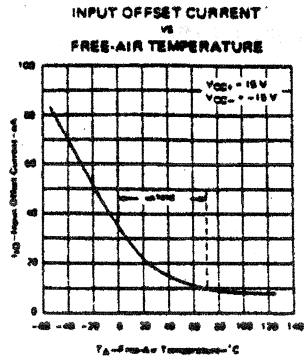


FIGURE 3

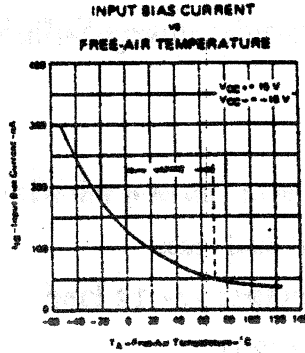


FIGURE 4

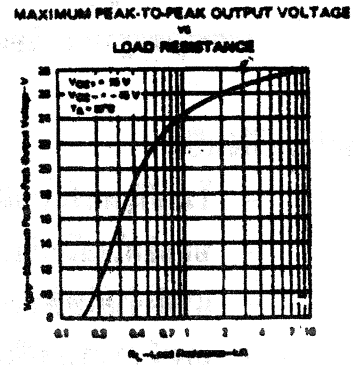


FIGURE 5

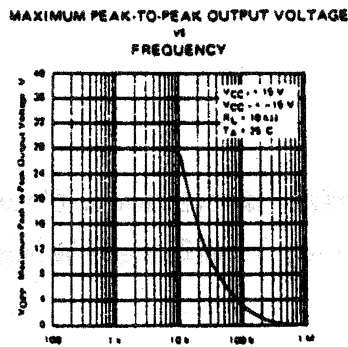


FIGURE 6

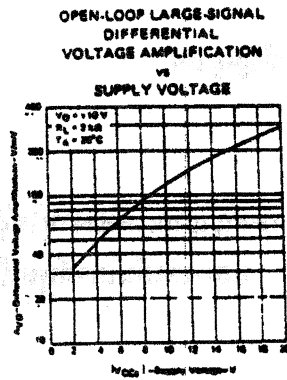


FIGURE 7

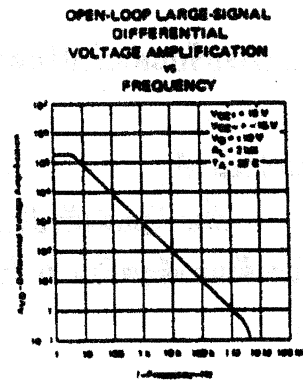


FIGURE 8

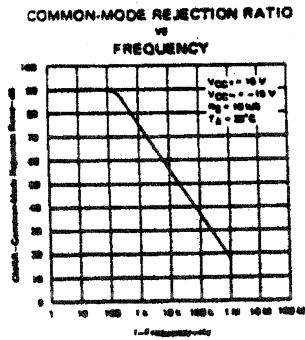


FIGURE 9

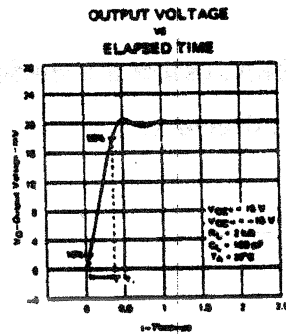


FIGURE 10

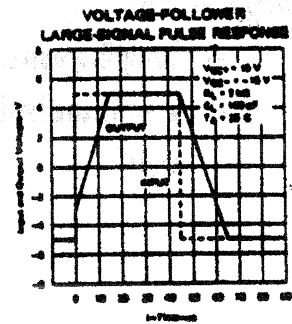


FIGURE 11

### บทที่ 3 การทดลอง

วิธีที่ดีที่สุดในการศึกษาการทำงานและคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์สำหรับวัดตำแหน่งและตัวปรับสภาพสัญญาณนั้นคือการทดลอง

ระยะมาตรฐาน (หรือตำแหน่ง) นั้นจะถูกวัดเป็นอัตราส่วน 1/20

อุปกรณ์ที่จำเป็น

- โวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล (ขนาด 3 หลักครึ่ง)
- ออสซิลโลสโคปแบบ dual-trace
- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 12$  โวลต์
- เกจ (1/10 หรือ 1/20)

#### 3.1 การปรับแต่งตัวปรับสภาพสัญญาณ

วัตถุประสงค์

เพื่อปรับแต่งตัวปรับสภาพสัญญาณให้ทำงานได้ถูกต้อง เมื่อระยะวัดเป็น 0 มม. จะทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตเป็น 0 โวลต์ และแรงดันเอาต์พุตเป็น +8 โวลต์เมื่อระยะที่วัดได้เท่ากับ 25 มม.

อุปกรณ์ที่จำเป็น

- โวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล (ขนาด 3 หลักครึ่ง)
- ออสซิลโลสโคปแบบ dual-trace
- เกจ

## ขั้นตอนการทดลอง

- ต่อเทอร์มินอล  $\pm 12\text{ V}$ ,  $0\text{ V}$  กับแหล่งจ่ายไฟ
- ต่อโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอลวัดระหว่างจุด  $+8\text{ V}$  กับกราวด์
- ปรับ RV1 ให้อ่านค่าจากมิเตอร์ได้  $+8.00\text{ V}$  ที่จุดเทอร์มินอล  $+V_{REF}$  และตรวจวัดที่แรงดัน  $-8\text{ V}$  จากจุดเทอร์มินอล  $-V_{REF}$
- ตรวจวัดสัญญาณสามเหลี่ยม (มีขนาด  $4\text{ Vpp}$  ความถี่ประมาณ  $2500\text{ Hz}$ ) จากเทอร์มินอล 17
- ทดสอบปรับเลื่อน LVDT ให้ไปด้านซ้ายและขวาสุด ปรับ RV3 เพื่อสร้างสัญญาณชายนขนาด  $1\text{ Vpp}$  ที่เทอร์มินอล 4
- ต่อแชนเนล A ของออสซิลโลสโคปกับเทอร์มินอล 4 และแชนเนล B กับเทอร์มินอล 5 ปรับ RV4 (ค่าความผิดพลาดของเฟส) เพื่อให้สัญญาณ 2 สัญญาณที่มีเฟสเดียวกัน ในกรณีที่แกนของ LVDT เลื่อนไปทางขวาสุด และมีเฟสตรงข้ามกัน  $180$  องศา ในกรณีที่แกนของ LVDT เลื่อนไปทางซ้ายสุด
- ตรวจวัดดูว่าสัญญาณที่วัดได้ที่จุดเทอร์มินอล 6 มีค่าเป็นลบเมื่อแกนของ LVDT เลื่อนไปทางซ้าย และมีค่าเป็นบวกเมื่อแกนของ LVDT เลื่อนไปทางขวา แรงดันที่อ่านได้จากมิเตอร์ควรมีค่าเปลี่ยนไป  $0.5$  โวลต์เมื่อแกนของ LVDT เลื่อนไปได้  $2.5$  มม.
- ปรับแกนของ LVDT ไปที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ซึ่งเป็นค่าที่สเกลบนแผงทดลองอ่านได้ที่  $12.5$  มม. แล้วตรวจวัดแรงดันที่เทอร์มินอล 6 ควรมีค่าเป็น  $0$  โวลต์ (ถ้าไม่ใช่ให้ปรับเลื่อนตัว LVDT)
- เลื่อนแกนของ LVDT ไปที่ตำแหน่ง  $0$  มม. และปรับ RV5 ให้อ่านค่าแรงดันเอาต์พุตจากเทอร์มินอล 11 เป็น  $0$  โวลต์
- ปรับเลื่อนแกนของ LVDT ไปที่ตำแหน่ง  $25$  มม. และปรับ RV6 ให้ได้แรงดันที่จุดเทอร์มินอล 11 เป็น  $+8$  โวลต์

### 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกับแรงดัน

#### วัตถุประสงค์

เพื่อวัดหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของแกนของ LVDT กับแรงดันที่วัดได้จาก LVDT ที่เทอร์มินอล 11

#### อุปกรณ์ที่จำเป็น

- โวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล (ขนาด 3 หลักครึ่ง)
- เกจ

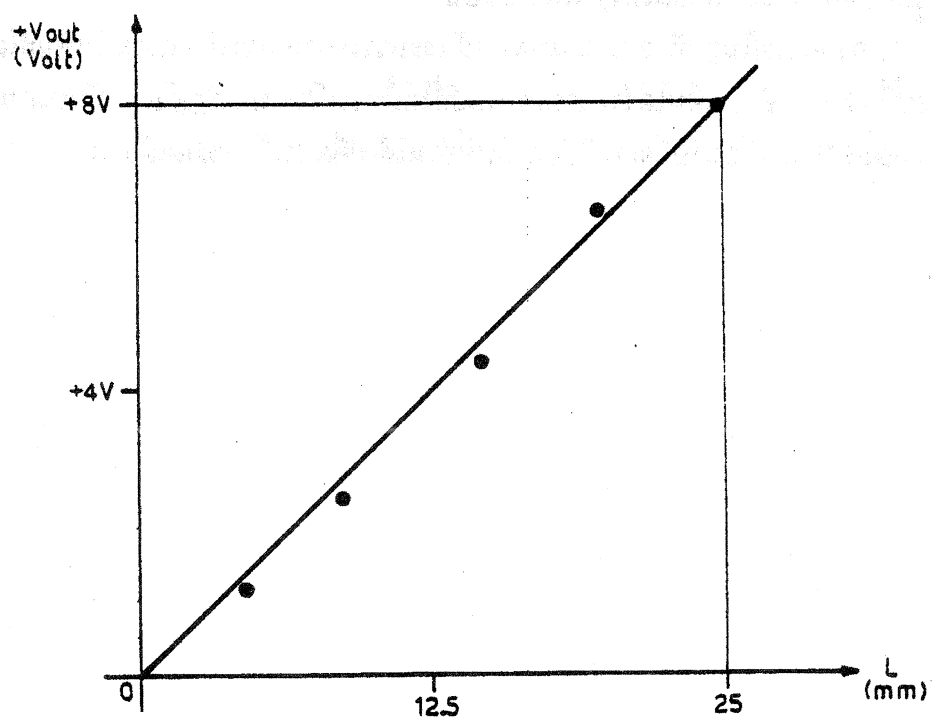
#### ขั้นตอนการทดลอง

- ทำการปรับแต่งตัวปรับสภาพสัญญาณตามการทดลองที่ 3.1
- ต่อโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอลวัดระหว่างเอาต์พุตเทอร์มินอล 11 กับกราวด์
- ปรับเลื่อนแกนของ LVDT ไปที่ตำแหน่งกึ่งกลาง
- อ่านระยะที่แกนของ LVDT เลื่อนไปจากสเกลในหน่วยมิลลิเมตร และอ่านค่าแรงดันที่วัดได้จากมิเตอร์
- บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แสดงคุณลักษณะของกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่วัดได้จาก LVDT ในแกนตั้ง และตัวปรับสภาพสัญญาณกับระยะของแกนของ LVDT (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร) ในแกนนอน โดยนำค่าที่ได้จากตารางที่ 3.1 มาวาดลงบนกราฟแล้วลากเส้นระหว่างจุดบนกราฟหาความสัมพันธ์โดยรวม ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ที่ได้นั้นจะเป็นแบบเชิงเส้น นั้นหมายความว่าระยะที่แกนของ LVDT เลื่อนไปก็จะทำให้แรงดันที่อ่านได้เปลี่ยนไปในขนาดเดียวกัน

[illegible]

ตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1

### 3.3 การหาความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง

#### วัตถุประสงค์

เพื่อวัดและลากเส้นหาความสัมพันธ์จากการระหว่างระยะทางของแกนของ LVDT กับแรงดันที่วัดได้จาก LVDT ที่เทอร์มินอล 11

#### อุปกรณ์ที่จำเป็น

- โวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล (ขนาด 3 หลักครึ่ง)
- เกจ

#### ขั้นตอนการทดลอง

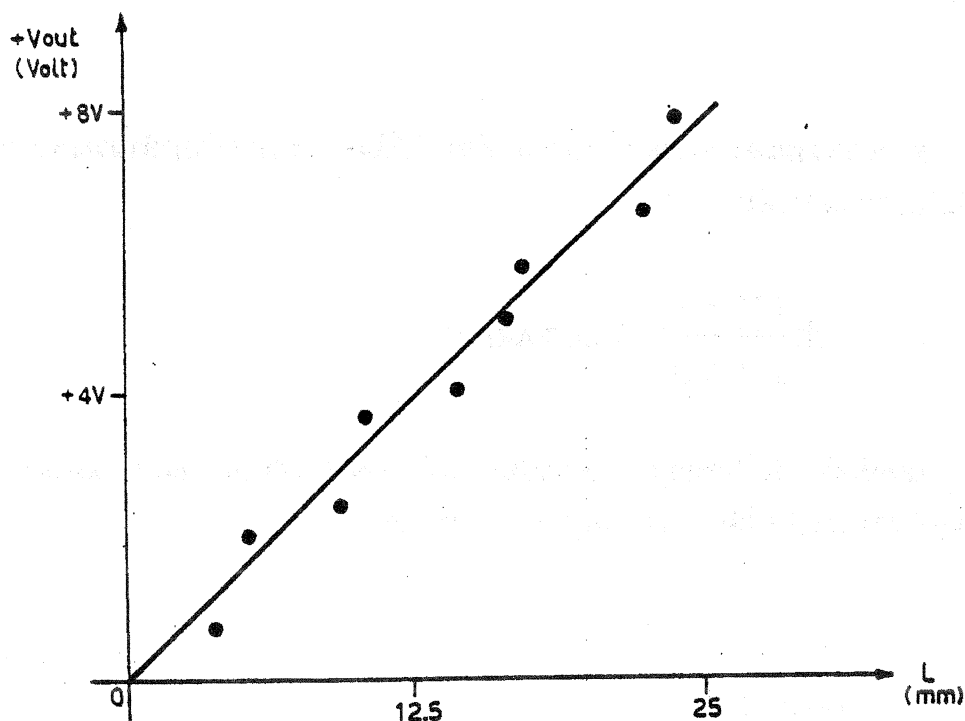
- ทำการปรับแต่งตัวปรับสภาพสัญญาณตามการทดลองที่ 3.1
- ต่อโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอลวัดระหว่างเอาต์พุตเทอร์มินอล 11 กับกราวด์
- อ่านระยะที่แกนของ LVDT เลื่อนไปจากสเกลในหน่วยมิลลิเมตร ทีละ 2 มม. จนถึงระยะที่ 25 มม. ในขณะเดียวกันก็อ่านค่าแรงดันที่วัดได้จากมิเตอร์ แล้วบันทึกค่าระยะทางและแรงดันที่อ่านได้ลงในตาราง 3.2

รูปที่ 3.2 แสดงกราฟที่ได้จากการพล็อตค่าที่ได้จากตารางที่ 3.2 ซึ่งแทนความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่วัดได้จาก LVDT ในแกนตั้ง และตัวปรับสภาพสัญญาณกับระยะของแกนของ LVDT (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร) ในแกนนอน

จากกราฟในรูปที่ 3.2 นำมาลากเส้นระหว่างจุดบนกราฟหาความสัมพันธ์โดยรวมได้กราฟในรูปที่ 3.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ที่ได้นั้นจะเป็นแบบเชิงเส้น นั้นหมายความว่าระยะที่แกนของ LVDT เลื่อนไปก็จะทำให้แรงดันที่อ่านได้เปลี่ยนไปในขนาดเดียวกัน







รูปที่ 3.3

### 3.4 ความเป็นเชิงเส้นของทรานสดิวเซอร์และตัวปรับสภาพสัญญาณ

#### วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าความเป็นเชิงเส้นที่ได้จากคุณลักษณะการทำงานของทรานสดิวเซอร์และตัวปรับสภาพสัญญาณ

#### อุปกรณ์ที่จำเป็น

- โวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล (ขนาด 3 หลักครึ่ง)

#### ขั้นตอนการทดลอง

- ปรับแต่งตัวปรับสภาพสัญญาณตามการทดลองที่ 3.1
- วาดกราฟที่มีการลากเส้นหาความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้กับระยะที่วัดของทรานสดิวเซอร์ตามการทดลองที่ 3.3 ได้กราฟตามรูปที่ 3.4
- วาดเส้นสองเส้นขนานกันกับเส้นที่ลากหาความสัมพันธ์ไว้แต่แรก โดยเส้นทั้งสองจะมีตำแหน่งห่างจากเส้นแรกเท่ากับจุดที่มีค่าห่างจากเส้นแรกในแนวตั้งฉากมากที่สุดทั้งสองด้าน
- อ่านค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันของเส้นทั้งสองที่เพิ่งวาดใหม่จากจุดใดจุดหนึ่งบนแกนนอน ดูรูปที่ 3.5

จากค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันที่อ่านได้นั้นเราสามารถนำมาคำนวณหาค่าความเป็นเชิงเส้นได้ตามสมการดังนี้

$$\pm \frac{1}{2} \frac{V_1 - V_2}{\text{F.S.O}} = \text{LINEARITY}$$

โดยปกติค่าที่ได้นี้จะอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ ส่วน F.S.O คือ Full Scale Output คือแรงดันสูงสุดที่สามารถอ่านได้จากระยะสูงสุดที่สามารถวัดได้

