

# Keysight E4980A/AL Precision LCR Meter

## สารบัญ

| เรื่อง                                       | หน้า |
|--|------|
| แนะนำเครื่อง                                 | 1    |
| ด้านหน้าเครื่อง                              | 2    |
| ด้านหลังเครื่อง                              | 5    |
| หน้าจอ                                       | 6    |
| การเตรียมเครื่องก่อนใช้งาน                   | 7    |
| เริ่มต้นใช้งาน                               | 9    |
| ฟังก์ชันการวัด                               | 10   |
| คำแนะนำการเลือกฟังก์ชัน                      | 12   |
| ขั้นตอนการตั้งค่าพารามิเตอร์                 | 13   |
| ขั้นตอนการวัด                                | 17   |
| ตัวอย่างการวัด Capacitor (ตัวเก็บประจุ)      | 17   |
| ตัวอย่างการวัด Inductance (ค่าความเหนี่ยวนำ) | 21   |
| ตัวอย่างการวัด การวัดที่ใช้แหล่งจ่ายไฟ DC    | 23   |
| โปรแกรมบันทึกผล                              | 25   |

#### แนะนำเครื่อง

เครื่อง Keysight E4980A Precision LCR Meter เป็นเครื่องวัดอุปกรณ์พาสซีฟ คือ ตัวเหนี่ยวนำ (L) ตัวเก็บประจุ (C) และความต้านทาน (R) ซึ่งเป็นอุปกรณ์พื้นฐานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด ตั้งแต่อุปกรณ์ ขนาดใหญ่ จนถึงงานไมโครอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กและซับซ้อน ปัจจุบันมีอุปกรณ์ยึดติดผิวหรือ SMD (Surface Mount Device)

ดังนั้น E4980A สามารถวัดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับวงจรได้ดังนี้

- Inductance (ค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า)
- Capacitance (ค่าความจุไฟฟ้า)
- Resistance (ค่าความต้านทานไฟฟ้า)
- Impedance (ค่าอิมพีแดนซ์)
- Conductance (ค่าความนำไฟฟ้า)
- Admittance (ค่าแอดมิตแตนซ์)
- DC Voltage (ค่าแรงดันไฟตรง)
- DC Current (ค่ากระแสไฟตรง)
- Dissipation Factor (ค่าแฟกเตอร์ความสูญเสีย)
- Quality Factor (ค่าแฟกเตอร์คุณภาพ)
- Reactance (ค่ารีแอคแตนซ์)
- Sustenance (การสนับสนุน)
- Phase Angle (มุมเฟส)

## ด้านหน้าเครื่อง: ชื่อและฟังก์ชัน



รูปที่ 1 ด้านหน้าเครื่อง



#### รูปที่ 1.1 ด้านหน้าเครื่อง



รูปที่ 1.2 ด้านหน้าเครื่อง



รูปที่ 1.3 ด้านหน้าเครื่อง

| 1  | เพาเวอร์สวิตช์                   | ใช้เปิดปิดเครื่อง  |
|----|----------------------------------|--|
| 2  | จอแสดงผล LCD                     | แสดงผลการวัด เงื่อนไขการทดสอบ ฯลฯ                        |
| 3  | ปุ่มฟังก์ชันเสริมและปุ่มรีเทิร์น | ปุ่มฟังก์ชันเสริม 5 ปุ่มใช้เพื่อเลือกเงื่อนไขการวัดและ   |
|    |                                  | ฟังก์ชันพารามิเตอร์                                      |
| 4  | ปุ่มเมนู                         | ปุ่มเลือกเมนูใช้เพื่อเข้าถึงตัวเลือกการควบคุมอุปกรณ์ที่  |
|    | - Recall A                       | ตรงกัน   |
|    | - Recall B                       |  |
|    | - Save/Recall                    |  |
|    | - System                         |  |
|    | - Local/Lock                     |  |
|    | - Display Format                 |  |
|    | - Meas Setup                     |  |
| 5  | ปุ่มพรีเซท (Preset)              | ใช้เพื่อกลับสู่สถานะตั้งค่าเริ่มต้น                      |
| 6  | ปุ่มทริกเกอร์ (Trigger)          | ใช้เพื่อทริกเกอร์ด้วยมือเมื่อตั้งค่าโหมด manual trigger  |
| 7  | ปุ่ม DC Bias                     | ใช้สลับการเปิดและปิดของเอาท์พุต DC bias                  |
| 8  | ปุ่มแหล่งจ่าย DC (DC Source)     | ใช้สลับการเปิดและปิดของเอาท์พุต DC source                |
| 9  | ปุ่มเคอร์เซอร์ (Cursor)          | ใช้เพื่อย้ายเคอร์เซอร์ที่เลือกจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งบน |
|    |                                  | หน้าจอแสดงผล   |
| 10 | ปุ่มตัวเลข                       | ใช้เพื่อป้อนข้อมูลตัวเลขเข้าไปในเครื่อง                  |
| 11 | ขั้วแหล่งจ่าย DC                 | เอาท์พุต DC source ในย่านจาก -10V ถึง 10V                |
| 12 | ขั้วกราวด์                       | เชื่อมต่อกับตัวเครื่องใช้สำหรับการวัดที่ต้องระวัง        |
| 13 | สัญญาณ LED                       | ไฟสัญญาณ LED ติดเมื่อ DC Bias หรือ DC Source เปิด        |
|    |                                  | อยู่ ไฟสัญญาณ USB ติดขณะเข้าถึงหน่วยความจำ USB           |
| 14 | พอร์ต USB ด้านหน้า               | ใช้เก็บข้อมูลลง USB                                      |
|    |                                  |  |

## ด้านหลังเครื่อง: ชื่อและฟังก์ชัน



## รูปที่ 2 ด้านหลังเครื่อง

| 1 | ตัวเชื่อม GPIB  |
|---|---|
| 2 | ตัวเชื่อมจอติดต่อ 2 จอ  |
| 3 | พอร์ตติดต่อ USB   |
| 4 | พอร์ต LAN   |
| 5 | ตัวเชื่อมอินพุตทริกเกอร์ภายนอก (External Trigger Input Connector) |
| 6 | แผ่นตัวเลขซีเรียล (Serial Number Plate)                           |
| 7 | ปลั๊กสายไฟ  |
| 8 | พัดลม   |



หน้าจอ: ชื่อและฟังก์ชัน

## รูปที่ 3 หน้าจอ

| 1 | ฟังก์ชัน/ผลการวัด  | ฟังก์ชันการวัดและผลของการวัด                                 |
|---|--------------------|--|
| 2 | ชื่อหน้าแสดงผล     | แสดงชื่อของหน้าแสดงผลปัจจุบัน                                |
| 3 | เงื่อนไข           | สามารถป้อนเงื่อนไขการวัด                                     |
| 4 | ปุ่มฟังก์ชันเสริม  | เป็นฟังก์ชันเสริมในการวัดนั้น ๆ                              |
| 5 | สถานะหน้าจอ        | แสดงสถานะเมื่อ DC bias หรือ DC source เปิดอยู่หรือล็อกหน้าจอ |
| 6 | พื้นที่ข้อความระบบ | แสดงข้อความระบบ คำเตือน และข้อความความผิดพลาด                |
| 7 | อินพุต             | แสดงค่าตัวเลขที่ป้อนด้วยปุ่มตัวเลข                           |

## การเตรียมเครื่องก่อนใช้งาน

อุปกรณ์ต่อพวง

• สายไฟ



รูปที่ 4 สายไฟ

• สาย USB



รูปที่ 5 สาย USB

• Test Fixture



รูปที่ 6 Test Fixture

#### การตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟ

| แรงดัน              | 90 - 132 Vac หรือ 198 – 264 Vac |
|---------------------|---------------------------------|
| ความถี่             | 47 – 63 Hz                      |
| การใช้พลังงานสูงสุด | 150 VA                          |

การติดตั้งฟิวส์ ใช้ฟิวส์ชนิด UL/CSA , Slo-Blo, ฟิวส์ขนาดเล็ก 5∞20-mm , 3 A, 250 V

ตำแหน่งแขนจับ

• แบบถือ



รูปที่ 7 แบบถือ

• ตั้งโต๊ะ



รูปที่ 8 แบบที่ 1



รูปที่ 9 แบบที่ 2

## เริ่มต้นใช้งานเครื่อง

การเปิดปิดเครื่อง

เปิดเครื่อง

สถานะเปิดและปิดของสวิตช์เพาเวอร์จะแสดงด้วยสีของปุ่ม

| สีของไฟ      | สถานะเครื่อง |
|--------------|--------------|
| ส้ม          | เปิดเครื่อง  |
| เหลือง-เขียว | ปิดเครื่อง   |
| ปิดไฟ        | ปิดเครื่อง   |

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบว่าเปิดเครื่องแล้ว ว่าไฟสถานะเป็นสีส้ม

ขั้นที่ 2 กดสวิตช์เพาเวอร์ ไฟสวิตช์จะเป็นสีเหลือง-เขียวเพื่อเปิดเครื่องและเครื่องจะเริ่มทนสอบตัวเอง

ขั้นที่ 3 ยืนยันการทดสอบตัวเองว่าทำงานผิดปกติคือไม่มีข้อความแจ้งความผิดปกติ

ปิดเครื่อง

ขั้นที่ 1 กดเพาเวอร์สวิตช์ที่หน้าเครื่อง

## ฟังก์ชันการวัด

พารามิเตอร์การวัด

| พารามิเตอร์หลัก | พารามิเตอร์รอง   |
|-----------------|------------------|
| Ср              | D, Q, G, Rp      |
| Cs              | D, Q, Rs         |
| Lp              | D, Q, G, Rp, Rdc |
| Ls              | D, Q, Rs, Rdc    |
| R               | Х                |
| Z               | θd, θr           |
| G               | В                |
| Y               | θd, θr           |
| Vdc             | ldc              |

คำอธิบายพารามิเตอร์การวัด

| พารามิเตอร์ | คำอธิบาย  |
|-------------|---|
| หลัก        |   |
| Ср          | ค่าความจุที่วัดได้โดยใช้แบบจำลองวงจรคู่ขนาน (Capacitance)       |
| Cs          | ค่าความจุที่วัดได้โดยใช้แบบจำลองวงจรอนุกรม (Capacitance)        |
| Lp          | ค่าความเหนี่ยวนำที่วัดได้โดยใช้แบบจำลองวงจรคู่ขนาน (Inductance) |
| Ls          | ค่าความเหนี่ยวนำที่วัดได้โดยใช้แบบจำลองวงจรอนุกรม (Inductance)  |
| R           | ค่าความต้านทาน (Resistance)                                     |
| Z           | ค่าสัมบูรณ์ของค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance)                         |
| G           | ค่าการนำไฟฟ้า (Conductance)                                     |
| Y           | ค่าสัมบูรณ์ของค่าแอดมิตแตนซ์ (Admittance)                       |
| Vdc         | แรงดันไฟตรง (DC Voltage)  |

| พารามิเตอร์รอง | คำอธิบาย  |
|----------------|---|
| D              | ค่าแฟกเตอร์ความสูญเสีย (Dissipation Factor)                           |
| Q              | ค่าแฟกเตอร์คุณภาพ (Quality Factor)                                    |
| G              | ค่าความนำไฟฟ้า (Conductance)  |
| Rs             | การวัดค่าความต้านทานอนุกรมโดยใช้แบบจำลองวงจรอนุกรม (Equivalent series |
|                | resistance measured)  |

| Rp  | การวัดค่าความต้านทานขนานโดยใช้แบบจำลองวงจรขนาน (Equivalent parallel |
|-----|---|
|     | resistance measured)  |
| Х   | รีแอคแตนซ์ (Reactance)  |
| В   | การสนับสนุน (Sustenance)  |
| θ   | มุมเฟส (Phase Angle)  |
| Idc | กระแสไฟตรง (DC Current)   |
| Rdc | ค่าความต้านทานไฟตรง (DC resistance)                                 |

## ฟังก์ชันการวัด

| ฟังก์ชันหลัก | โหมดอนุกรม | โหมดขนาน |
|--------------|------------|----------|
| Z            | Z- θr      | -        |
|              | Z-θd       |          |
| Y            | -          | Y- θr    |
|              |            | Y- Od    |
| С            | Cs-D       | Cp-D     |
|              | Cs-Q       | Cp-Q     |
|              | Cs-Rs      | Cp-G     |
|              |            | Cp-Rp    |
| L            | Ls-D       | Lp-D     |
|              | Ls-Q       | Lp-Q     |
|              | Ls-Rs      | Lp-G     |
|              | Ls-Rdc     | Lp-Rp    |
|              |            | Lp-Rdc   |
| R            | R-X        | -        |
| G            | -          | G-B      |

| ฟังก์ชันหลัก | ฟังก์ชันรอง |
|--------------|-------------|
| Vdc          | ldc         |

#### คำแนะนำการเลือกฟังก์ชันการวัด

- 1. Capacitor
  - Cs (Series Circuit Mode) = C ขนาดใหญ่ (อุปกรณ์อิมพีแดนซ์ต่ำ ) = Z ≤ 10Ω
  - Cp (Parallel Circuit Mode) = C ขนาดเล็ก (อุปกรณ์อิมพีแดนซ์สูง) = Z ≥ 10kΩ
  - หากอิมพีแดนซ์ มีค่า > 10ฉ แต่ < 10kฉ ให้ใช้ค่าตามโรงงานแนะนำ</li>
- 2. Inductor
  - Ls (Series Circuit Mode) = L ขนาดใหญ่ (อุปกรณ์อิมพีแดนซ์ต่ำ) = Z ≤ 10Ω
  - Lp (Parallel Circuit Mode) = L ขนาดเล็ก (อุปกรณ์อิมพีแดนซ์สูง) = Z ≥ 10kΩ
  - หากอิมพีแดนซ์ มีค่า > 10ฉ แต่ < 10kฉ ให้ใช้ค่าตามโรงงานแนะนำ</li>

กรณีที่ไม่ทราบค่าอิมพีแดนซ์ให้ทำการวัดค่าอิมพีแดนซ์ดังนี้

- 1. กดปุ่ม [Display Format] เพื่อไปที่หน้า MEAS DISPLAY
- กดปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนลงมาที่ FUNC → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [Z- θd] (ดังรูปที่ 10)
- กดปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนลงมาที่ FREQ → ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมหรือปุ่มตัวเลขป้อนความถี่ทดสอบ เมื่อ ป้อนข้อมูลด้วยปุ่มตัวเลข เลือกหน่วยด้วยปุ่มฟังก์ชันเสริม (Hz, kHz, MHz) (ดังรูปที่ 10)
- 4. สังเกตค่าอิมพีแดนซ์



รูปที่ 10 ฟังก์ชันและความถี่ทดสอบการวัดอิมพีแดนซ์

- หน้า MEAS DISPLAY
  - Measurement Function (FUNC)
  - Impedance range (RANGE)
  - Test Frequency (FREQ)
  - Test Signal Level (LEVEL)
  - DC Bias (BIAS)
  - Measurement Time Mode (MEAS TIME)

| MEAS                   | DISPLAY>                           |                            |                     | MEAS             |
|------------------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------|------------------|
| FUNC<br>FREQ<br>LEVEL? | Cp-D<br>1 kHz<br>* 1 V             | RANGE<br>BIAS<br>MEAS TIME | auto<br>0 V<br>Long | BIN<br>No+       |
| C                      | p 14.                              | 45336                      | i nF                | BIN<br>COUNT     |
| D                      |                                    |                            | 4 07407 -           | LIST<br>SWEEP    |
| VAC<br>VDC<br>CORR     | 999.598 mV<br>OFF<br>1m,OPEN,SHORT | IAC<br>IDC<br>CH           | OFF<br>SINGLE       | DISPLAY<br>BLANK |
| Use s                  | oftkeys to sele                    | et                         |                     |                  |

รูปที่ 11 ค่าพารามิเตอร์หน้า MEAS DISPLAY

- Measurement Function (FUNC)

ขั้นตอนการตั้งค่าฟังก์ชันการวัด

- ขั้นที่ 1 กดปุ่ม [Display Format]
- ขั้นที่ 2 ใช้ปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนไปที่ FUNC
- ขั้นที่ 3 ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมเลือกพารามิเตอร์หลัก
- ขั้นที่ 4 ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมเลือกพารามิเตอร์รอง
  - Impedance range (RANGE)

ขั้นตอนการตั้งค่าช่วงความต้านทาน

ขั้นที่ 1 กดปุ่ม [Display Format]

## ขั้นที่ 2 ใช้ปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนไปที่ RANGE

#### ขั้นที่ 3 ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมเพื่อเลือกโหมด impedance range

| ปุ่มฟังก์ชันเสริม | ฟังก์ชัน                         |
|-------------------|----------------------------------|
| AUTO              | ตั้งโหมดช่วงความต้านทานเป็น AUTO |
| HOLD              | ตั้งโหมดช่วงความต้านทานเป็น HOLD |
| INCR +            | เพิ่มช่วงความต้านทานในโหมด HOLD  |
| INCR -            | ลดช่วงความต้านทานในโหมด HOLD     |

- Test Frequency (FREQ)

ขั้นตอนการตั้งค่าความถี่ทดสอบ

- ขั้นที่ 1 กดปุ่ม [Display Format]
- ขั้นที่ 2 ใช้ปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนไปที่ FREQ
- ขั้นที่ 3 ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมหรือปุ่มตัวเลขป้อนความถี่ทดสอบ เมื่อป้อนข้อมูลด้วยปุ่มตัวเลข เลือกหน่วยด้วย ปุ่มฟังก์ชันเสริม (Hz, kHz, MHz)
  - Test Signal Level (LEVEL)

ขั้นตอนการตั้งค่าระดับสัญญาณทดสอบ

- ขั้นที่ 1 กดปุ่ม [Display Format]
- ขั้นที่ 2 ใช้ปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนไปที่ LEVEL
- ขั้นที่ 3 ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมหรือปุ่มตัวเลขเพื่อป้อนระดับสัญญาณทดลอง เมื่อป้อนข้อมูลด้วยปุ่มตัวเลข เลือก หน่วยด้วยปุ่มฟังก์ชันเสริม (mV, V, uA, mA, A)
  - DC Bias (BIAS) คือเอาท์พุตเมื่อปุ่ม DC Bias เปิดอยู่

ขั้นตอนการตั้งค่า DC bias

- ขั้นที่ 1 กดปุ่ม [Display Format]
- ขั้นที่ 2 ใช้ปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนไปที่ BIAS
- ขั้นที่ 3 ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมหรือปุ่มตัวเลขเพื่อป้อนระดับสัญญาณทดลอง เมื่อป้อนข้อมูลด้วยปุ่มตัวเลข เลือก หน่วยด้วยปุ่มฟังก์ชันเสริม (mV, V, uA, mA, A)

ขั้นที่ 4 กด [DC Bias] เพื่อตั้งเอาท์พุต DC bias ให้เปิด หน้าจอจะแสดงสถานะ DCBIAS และสัญญาณ LED สำหรับ DC bias สีส้มจะติดขึ้นมา

- Measurement Time Mode (MEAS TIME) เวลาวัดนานขึ้นจะส่งผลให้เที่ยงตรงและถูกต้อง

ขั้นตอนการตั้งค่าโหมดเวลาการวัด

- ขั้นที่ 1 กดปุ่ม [Display Format]
- ขั้นที่ 2 ใช้ปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนไปที่ MEAS TIME

## ขั้นที่ 3 ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมเพื่อตั้งเวลาการวัด

| ปุ่มฟังก์ชันเสริม | ฟังก์ชัน                             |
|-------------------|--------------------------------------|
| SHORT             | ลดระยะเวลาการวัด                     |
| MED               | ตั้งเวลาการวัดระหว่าง SHORT และ LONG |
| LONG              | ยืดระยะเวลาการวัด                    |

| 97                      |    |       |
|-------------------------|----|-------|
| อัเ                     | 0  | ູ     |
| ตงคาการแสดงผล           | สา | າາສຽາ |
| FINIT 111 100001FINFN01 | 01 | 10100 |

| พารามิเตอร์   | หน่วย | ตั้ง   | ตัวเลขที่ | หน่วยเสริม              | ค่าต่ำสุด  | ค่าสูงสุด  |
|---------------|-------|--------|-----------|-------------------------|------------|------------|
|               |       | ค่า    | แสดง      |                         |            |            |
| Vdc           | V     | ได้    | AUTO/FIX  | a,f,p,n,u,m,k,M,G,T,P,E | ±1.000000a | ±999.9999E |
| ldc           | А     | ได้    | AUTO/FIX  | a,f,p,n,u,m,k,M,G,T,P,E | ±1.000000a | ±999.9999E |
| R,X,Z, Rdc    | Ω     | ได้    | AUTO/FIX  | a,f,p,n,u,m,k,M,G,T,P,E | ±1.000000a | ±999.9999E |
| G,B,Y         | S     | ได้    | AUTO/FIX  | a,f,p,n,u,m,k,M,G,T,P,E | ±1.000000a | ±999.9999E |
| Cp,Cs         | F     | ได้    | AUTO/FIX  | a,f,p,n,u,m,k,M,G,T,P,E | ±1.000000a | ±999.9999E |
| Lp,Ls         | Н     | ได้    | AUTO/FIX  | a,f,p,n,u,m,k,M,G,T,P,E | ±1.000000a | 999.9999E  |
| <b>0</b> -rad | rad   | ได้    | AUTO/FIX  | a,f,p,n,u,m,k,M,G,T,P,E | ±1.000000a | ±3.141593  |
| D             | n.a.  | ไม่ได้ | FIX       | n.a.                    | ±0.000001  | ±9.999999  |
| Q             | n.a.  | ไม่ได้ | FIX       | n.a.                    | ±0.01      | ±99999.99  |
| <b>O</b> -deg | deg   | ไม่ได้ | FIX       | n.a.                    | ±0.0001    | ±180.0000  |
| %             | %     | ไม่ได้ | FIX       | n.a.                    | ±0.0001    | ±999.9999  |

ขั้นตอนเปลี่ยนการตั้งค่าการแสดงผล

ขั้นที่ 1 กดปุ่ม [Display Format]

## ขั้นที่ 2 ใช้ปุ่มเคอร์เซอร์เลื่อนไปที่พารามิเตอร์หลักหรือพารามิเตอร์รอง

| v      |   |    | ע י   |
|--------|---|----|---|
| 24     | 4 | ~  | קצון טונט ב בו ט  |
| ୭।৭ ।৭ | Λ | ~~ | ່ງຢາງທາງປະເທດ ທີ່ມີສະຫຼາຍພວຍ ທີ່ມີການ ແລະ ທີ່ |
| บเม    | 1 | 2  | P O O O MUNITO REPLACEMENTALI TAPPPINAL   |
|        |   |    | 9   |

| ปุ่มฟังก์ชันเสริม | ฟังก์ชัน                                   |
|-------------------|--|
| D.P.AUTO          | แสดงตัวเลขและหน่วยที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ   |
| D.P.FIX           | แสดงตัวเลขและหน่วยด้วยจุดทศนิยมคงที่       |
| D.P.POS INCR +    | เลื่อนจุดไปด้านซ้าย หน่วยก็จะเปลี่ยนไปด้วย |
| D.P.POS DECL -    | เลื่อนจุดไปด้านขวา หน่วยก็จะเปลี่ยนไปด้วย  |



รูปที่ 12 ฟังก์ชันเสริมการตั้งค่าการแสดงผล

## ขั้นตอนการวัด

ตัวอย่างการวัด: Capacitor (ตัวเก็บประจุ)

ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ต้องการวัด Ceramic capacitor

เงื่อนไขการวัด -Function: Cp-D

-Test Frequency: 1 kHz

-Test Signal Level: 1 V

**ขั้นที่ 1** เปิดเครื่อง

- ขั้นที่ 2 กดปุ่ม [Preset] → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [CLEAR SETTING] → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [OK]
- ขั้นที่ 3 ต่อ Test Fixture เพื่อทำการวัด
- ขั้นที่ 4 ทำการชดเชยค่าผิดพลาดของ Test Fixture ด้วยการ OPEN/SHORT
  - 1. ตรวจสอบว่า Test Fixture อยู่ในสภาพ OPEN (ดังรูปที่ 13)



รูปที่ 13 สภาพ OPEN

2. กดปุ่ม [Meas Setup] และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [CORRECTION]

 กดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ OPEN กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [ON] (ดังรูปที่ 14) และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [MEAS OPEN] รอจนกว่าข้อความ "OPEN measurement in progress" จะหายไป เพื่อเปิด ใช้งานการชดเชย OPEN

| <correcti< th=""><th>on&gt;</th><th></th><th></th><th>ON</th></correcti<> | on>         |                    |                      | ON   |
|---|-------------|--------------------|----------------------|------|
| OPEN  | ON          | CABLE              | 1 m                  |      |
| LOAD  | OFF         | Mode<br>Ch<br>Func | SINGLE<br>0<br>Cp-Rp | OFF  |
| spot No+<br>Freq  | 1<br>OFF    |                    |                      |      |
| REF A   |             | 8 -<br>8 -<br>8 -  |                      |      |
| LOAD A  |             | B -                |                      | MEAS |
| Use softk   | eys to sele | ect                |                      |      |

รูปที่ 14 เปิดการชดเชย Open/Short

4. ตรวจสอบว่า Test Fixture อยู่ในสภาพ SHORT



รูปที่ 15 สภาพ Short

 กดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ SHORT กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [ON] (ดังรูปที่ 14) และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [MEAS SHORT] รอจนกว่าข้อความ "SHORT measurement in progress" จะหายไป เพื่อ เปิดใช้งานการชดเชย SHORT

**ขั้นที่ 5** ตั้งเงื่อนไขการวัด

- 1. กดปุ่ม [Display Format]
- 2. ตั้งเงื่อนไขการวัด

- 2.1 ตั้ง Function โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ FUNC จากนั้นใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมในการเลือก ชนิดฟังก์ชัน
- 2.2 ตั้ง Test Frequency โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ FREQ การป้อนค่าพารามิเตอร์ Test Frequency จะมี 2 วิธีคือ
  - การใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมในการเพิ่มหรือลดค่าพารามิเตอร์
  - ใช้ปุ่มตัวเลขในการป้อนค่า สังเกตที่ด้านล่างหน้าจอจะปรากฏค่าที่ป้อนจากปุ่มตัวเลข และเลือกหน่วยทางด้านขวาของหน้าจอโดยใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริม
- 2.3 ตั้ง Test Signal Level โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ LEVEL การป้อนค่าพารามิเตอร์ Test Signal Level จะมี 2 วิธีคือ
  - การใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมในการเพิ่มหรือลดค่าพารามิเตอร์
  - ใช้ปุ่มตัวเลขในการป้อนค่า สังเกตที่ด้านล่างหน้าจอจะปรากฏค่าที่ป้อนจากปุ่มตัวเลข และเลือกหน่วยทางด้านขวาของหน้าจอโดยใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริม

| KMEAS DI | SPLAY> |           |      |
|----------|--------|-----------|------|
| FUNC     | Cp-D   | RANGE     | auto |
| FREQ     | 1 kHz  | BIAS      | 0 V  |
| LEVEL    | 1 V    | MEAS TIME | Med  |

รูปที่ 16 เงื่อนไขการวัด Capacitor

ขั้นที่ 6 ต่ออุปกรณ์ Capacitor กับ Test Fixture

ขั้นที่ 7 มิเตอร์จะทำการวัดอย่างต่อเนื่องและค่าของ Capacitor จะแสดงที่หน้าจอ

#### \*\*\*หมายเหตุ

ต้องการเพิ่มความแม่นยำการวัด ตั้งค่าดังนี้ กดปุ่ม [Meas Setup]

- ตั้ง MEAS TIME โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ MEAS TIME → ใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริม [LONG] เพื่อเพิ่ม
   เวลาวัดค่า
- ตั้ง AVG โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ AVG แล้วป้อนค่าด้วยปุ่มตัวเลขเป็น [3] [x1] หรือใช้ปุ่มฟังก์ชัน เสริม เพื่อตั้งจำนวนครั้งในวัดค่า

| KMEAS SET | UP>   | USER COMMENT  |
|-----------|-------|---------------|
| FUNC      | Cp-D  | RANGE AUTO    |
| FREQ      | 1 kHz | BIAS 0 V      |
| LEVEL     | 1 ¥   | MEAS TIME MED |
| TRIG      | INT   | AVG 1         |
| ALC       | OFF   | VDC MON OFF   |
| DCR RNG   | AUTO  | IDC MON OFF   |
| DCI ISO   | OFF   | TRIG DLY 0 s  |
| DCI RNG   | 20 µA | STEP DLY 0 s  |
| DC SRC    | 8 V   | BIAS POL FIX  |
| DEV A     | OFF   | REFAØF        |
| В         | OFF   | B 0           |

ตั้ง ALC โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ ALC → ปุ่มฟังก์ชันเสริม [ON]

รูปที่ 17 ตั้งค่าเพิ่มความแม่นยำการวัด

#### ตัวอย่างการวัด: Inductance (ค่าความเหนี่ยวนำ)

ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ต้องการวัด Magnetic-core inductor

เงื่อนไขการวัด -Function: Ls-Rdc

-Test Frequency: 100 kHz

-Test Signal Level: 10 mA

#### **ขั้นที่ 1** เปิดเครื่อง

- ขั้นที่ 2 กดปุ่ม [Preset] → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [CLEAR SETTING] → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [OK]
- ขั้นที่ 3 ต่อ Test Fixture เพื่อทำการวัด

ขั้นที่ 4 ทำการชดเซยค่าผิดพลาดของ Test Fixture ด้วยการ OPEN/SHORT

- 1. ตรวจสอบว่า Test Fixture อยู่ในสภาพ OPEN (ดังรูปที่ 13)
- 2. กดปุ่ม [Meas Setup] และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [CORRECTION]
- กดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ OPEN กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [ON] และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [MEAS OPEN] รอจนกว่าข้อความ "OPEN measurement in progress" จะหายไป เพื่อเปิดใช้งาน การชดเชย OPEN (ดังรูปที่ 14)
- 4. ตรวจสอบว่า Test Fixture อยู่ในสภาพ SHORT (ดังรูปที่ 15)
- กดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ SHORT กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [ON] และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [MEAS SHORT] รอจนกว่าข้อความ "SHORT measurement in progress" จะหายไป เพื่อเปิดใช้งาน การชดเชย SHORT (ดังรูปที่ 14)

## **ขั้นที่ 5** ตั้งเงื่อนไขการวัด

| (MEAS DI | SPLAY>  |           |       |
|----------|---------|-----------|-------|
| FUNC     | Ls-Rdc  | RANGE     | AUTO  |
| FREQ     | 100 kHz | BIAS      | 0 V   |
| LEVEL    | 10 mA   | MEAS TIME | i med |

รูปที่ 18 เงื่อนไขการวัด Inductor

- 1. กดปุ่ม [Display Format]
- 2. ตั้งเงื่อนไขการวัด
  - 2.1 ตั้ง Function โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ FUNC จากนั้นใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมในการเลือก ชนิดฟังก์ชัน
  - 2.2 ตั้ง Test Frequency โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ FREQ การป้อนค่าพารามิเตอร์ Test Frequency จะมี 2 วิธีคือ
    - การใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมในการเพิ่มหรือลดค่าพารามิเตอร์
    - ใช้ปุ่มตัวเลขในการป้อนค่า สังเกตที่ด้านล่างหน้าจอจะปรากฏค่าที่ป้อนจากปุ่มตัวเลข และเลือกหน่วยทางด้านขวาของหน้าจอโดยใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริม
  - 2.3 ตั้ง Test Signal Level โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ LEVEL การป้อนค่าพารามิเตอร์ Test Signal Level จะมี 2 วิธีคือ
    - การใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริมในการเพิ่มหรือลดค่าพารามิเตอร์
    - ใช้ปุ่มตัวเลขในการป้อนค่า สังเกตที่ด้านล่างหน้าจอจะปรากฏค่าที่ป้อนจากปุ่มตัวเลข และเลือกหน่วยทางด้านขวาของหน้าจอโดยใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริม

ขั้นที่ 6 กดปุ่ม [Meas Setup] กดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ ALC → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [ON]

| <meas setup=""></meas> | USER COMMEN | T   |
|------------------------|-------------|-----|
| TRIG INT               | AVG         | 1   |
| ALC OFF                | VDC MON     | OFF |
| DCR RNG AUTO           | IDC MON     | OFF |

รูปที่ 19 เปิด ALC

ขั้นที่ 7 ต่ออุปกรณ์ที่ต้องการวัดกับ Test Fixture

ขั้นที่ 8 มิเตอร์จะทำการวัดอย่างต่อเนื่องและค่าจะแสดงที่หน้าจอ

#### ตัวอย่างการวัด: การวัดที่ใช้แหล่งจ่ายไฟ DC

ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ต้องการวัด Transistor

เงื่อนไขการวัด -Function: R-X

## **ขั้นที่ 1** เปิดเครื่อง

ขั้นที่ 2 กดปุ่ม [Preset] → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [CLEAR SETTING] → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [OK]

## ขั้นที่ 3 ต่อ Test Fixture เพื่อทำการวัด

- ขั้นที่ 4 ทำการชดเชยค่าผิดพลาดของ Test Fixture ด้วยการ OPEN/SHORT
  - 1. ตรวจสอบว่า Test Fixture อยู่ในสภาพ OPEN (ดังรูปที่ 13)
  - 2. กดปุ่ม [Meas Setup] และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [CORRECTION]
  - กดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ OPEN กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [ON] และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [MEAS OPEN] รอจนกว่าข้อความ "OPEN measurement in progress" จะหายไป เพื่อเปิดใช้งานการชดเชย OPEN (ดังรูปที่ 14)
  - 4. ตรวจสอบว่า Test Fixture อยู่ในสภาพ SHORT (ดังรูปที่ 15)
  - กดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ SHORT กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [ON] และกดปุ่มฟังก์ชันเสริม [MEAS SHORT] รอจนกว่าข้อความ "SHORT measurement in progress" จะหายไป เพื่อเปิดใช้งาน การชดเชย SHORT (ดังรูปที่ 14)

## **ขั้นที่ 5** ตั้งเงื่อนไขการวัด

| KMEAS DI | SPLAY> |           |      |
|----------|--------|-----------|------|
| FUNC     | R-X    | RANGE     | AUTO |
| FREQ     | 1 kHz  | BIAS      | 0 V  |
| LEVEL    | 1 V    | MEAS TIME | MED  |

รูปที่ 20 เงื่อนไขการวัด Transistor

- 1. กดปุ่ม [Display Format]
- ตั้งเงื่อนไขการวัด ตั้ง Function โดยกดปุ่มเคอร์เซอร์ลงมาที่ FUNC จากนั้นใช้ปุ่มฟังก์ชันเสริม ในการเลือกชนิดฟังก์ชัน
- ขั้นที่ 6 กดปุ่ม [Meas Setup] → ปุ่มฟังก์ชันเสริม LIST SETUP → ใช้ปุ่มเคอร์เซอร์ไปที่พารามิเตอร์ list sweep → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [MORE] → กดปุ่มฟังก์ชันเสริม [DC SRC[V]]

| <list setup="" sweep=""></list> |           |     |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|-----------|-----|---|------|--|--|--|--|--|--|--|
| MODE                            | SEQ       |     |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| No.                             | DC SRC[V] | LMT | LOW   | HIGH |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                               |           |     |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 2                               |           | -   |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 3                               |           |     | (   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 4                               |           |     |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 5                               |           | _   |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 6                               |           | -   |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 7                               |           | -   |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 8                               |           | -   |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 9                               |           | -   |   |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 10                              |           |     | a personal a secondaria de calegoria de calegoria de calegoria de calegoria de calegoria de calegoria de calego |      |  |  |  |  |  |  |  |

รูปที่ 21 ตั้งค่า DC SRC[V]

- **ขั้นที่ 7** ต่ออุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ขา Base กับ DC Source ส่วนขา Corrector และขา Emitter ต่อกับ Test Fixture
- **ขั้นที่ 8** กดปุ่ม [DC BIAS] จากนั้นสถานะ DCSRC จะแสดงบนหน้าจอและไฟ DC Source จะติด
- **ขั้นที่ 9** มิเตอร์จะทำการวัดอย่างต่อเนื่องและค่าจะแสดงที่หน้าจอ

#### โปรแกรมบันทึกผล

ทำการบันทึกผลด้วยโปรแกรม RLC Measurement ในการบันทึกผล

ตัวอย่างขั้นตอนการบันทึกผลด้วยโปรแกรม

- ขั้นที่ 1 เชื่อมต่อเครื่อง E4980A ด้วยสาย USB ที่ด้านหลังเครื่องเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์
- ขั้นที่ 2 เปิดโปรแกรม RLC Measurement (ดังรูปที่ 22)



รูปที่ 22 โปรแกรม RLC Measurement





**ขั้นที่ 3** เลือก Resource name เพื่อเลือกพอร์ตที่เชื่อมต่อสาย USB ด้วยการคลิกที่ปุ่ม **■** ชื่อของพอร์ต USB จะปรากฏขึ้นมาให้เลือก (ดังรูปที่ 24)



รูปที่ 24 เลือก Resource name

**ขั้นที่ 4** เลือก Function การวัด คลิกที่ 🕘 หรือคลิกที่ช่องของ function จะปรากฏให้เลือก(ดังรูปที่ 25)



รูปที่ 25 เลือก Function การวัด

ขั้นที่ 5 เลือก Manual Impedance Range คลิกที่ 🕑 หรือคลิกที่ช่องของ Manual Impedance Range จะปรากฏให้เลือก(ดังรูปที่ 26)



รูปที่ 26 เลือก Manual Impedance Range

**ขั้นที่ 6** เลือก Signal Frequency คลิกที่ 🕑 เพื่อเพิ่ม/ลดค่าหรือคลิกที่ช่องเพื่อแก้ไขค่า ด้วยการป้อนค่า ด้วยคีย์บอร์ด(ดังรูปที่ 27)



รูปที่ 27 ป้อนค่า Signal Frequency



ขั้นที่ 7 เลือก Signal Type คลิกที่ 🕖 หรือคลิกที่ช่องของ Signal Type จะปรากฏให้เลือก(ดังรูปที่ 28)

**ขั้นที่ 8** เลือก Signal Level คลิกที่ 闭 เพื่อเพิ่ม/ลดค่าหรือคลิกที่ช่องเพื่อแก้ไขค่า ด้วยการป้อนค่าด้วย คีย์บอร์ด(ดังรูปที่ 29)

🛐 Main.vi **R-L-C Measurement** Secondary Paramete Primary Paramete L USB0::0x0957::0x0909::MY46312524::INSTR • Measurement Function (0: Cp-D) -1 14368606 14368700 14369000 14369100 Time (Sec) 14368900 14369300 14369400 1436 Parameter setting Enable Auto Range (T:Enable) al Impedance Range (3: 100 Ohms) -0.5 1K -1 14368608 14368700 14369100 14369200 Time (Sec) 14368800 14368900 14369000 14369300 14369400 14369500 143690 Parameter setting Signal Frequency (1000 Hz) 1000 Signal Type (0: Voltage) Voltage 0 Signal Level (1.0 V) 14369100 Time (Sec) 14369200 14369 14368800 14369000 14369400 1 Counter (unit) 🥥 Count File Path Data 0 Averaging Factor (1) Measurement Time (1: Medium Diff Condition 1 🔁 Clear graph 🛛 🔀 0 Reset ी K <Not A Path> Save Exit 0

รูปที่ 29 เลือก Signal Level

**ขั้นที่ 9** เลือก Averaging Factor คลิกที่ 🕑 เพื่อเพิ่ม/ลดค่าหรือคลิกที่ช่องเพื่อแก้ไขค่า ด้วยการป้อนค่า ด้วยคีย์บอร์ด(ดังรูปที่ 30)



รูปที่ 30 เลือก Averaging Factor

**ขั้นที่ 10** เลือก Measurement Time คลิกที่ 🕑 หรือคลิกที่ช่องของ Signal Type จะปรากฏให้เลือก (ดังรูปที่ 31)



รูปที่ 31 เลือก Measurement Time

**ขั้นที่ 11** กดปุ่ม **พ** ที่ด้านขวาล่างของหน้าจอ จะปรากฏหน้าจอแจ้งเตือนขึ้นมา(ดังรูปที่ 32) จากนั้นกด Continue



ขั้นที่ 12 จะปรากฏเมนูเล็ก ๆ ที่ด้านบนซ้ายของหน้าจอ(ดังรูปที่ 33) กด 🖻





**ขั้นที่ 14** กดปุ่ม 📤 🐜 แล้วปุ่ม Save จะเปลี่ยนสีเพื่อบันทึกผล ให้เลือกโฟลเดอร์ที่อยู่ของไฟล์ผลวัด และตั้งชื่อไฟล์ผลวัด ไฟล์ที่ได้จะเป็น .txt จากนั้นกด OK



รูปที่ 35 เลือกโฟลเดอร์และตั้งชื่อไฟล์ข้อมูล



ที่อยู่ของไฟล์ผลวัดจะแสดงที่ File Path Data (ดังรูปที่ 36)

รูปที่ 36 ที่อยู่ของไฟล์วัดผล

ขั้นที่ 15 หยุดการบันทึกผลวัด ด้วยการกด Save ปุ่ม Save จะเปลี่ยนสี

ขั้นที่ 16 เปิดไฟล์ .txt เป็น Excel จะได้ดังนี้(ดังรูปที่ 37)

| X    | 🔒 🕤<br> ฟล์ หย่                   | - ເ∂- ∓<br>ໂາແรก ແທ  | รก เค้าใ         | โครงหน้ากระดาษ     | র্গান | ข้อมูล | កា  | ท่ากอง               |                            | Сара          | citor1 - Exce | el          |   |                                 |             |        |                |  | 1  | · • -                   | 🗗 🗙<br>ลงซื่อเข้าใช่ |
|------|-----------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|-------|--------|-----|----------------------|----------------------------|---------------|---------------|-------------|---|---------------------------------|-------------|--------|----------------|--|--|-------------------------|----------------------|
| 7    | ใน                                | เอก ÷<br>ัดรางรูปแบบ | Calibri<br>B I L | +  11<br>  +   = + | - A A |        | = » | - 📴 ตัดส<br>15 🖽 ผสา | ข้อความ<br>นและจัดกึ่งกลาง | ทำไป<br>• 😨 • | % *           | ▼<br>00.0.0 | (≠<br>การจัดรูปแบบ จัง<br>ตามเมื่อนไข ∽ เป็ | สรูปแบบ สไตล์<br>แตาราง * เซลล์ | ниятел<br>Т | au 9   | ↓<br>ປແບບ<br>▼ | ] ผลรามอัตโนมัติ<br>] เติม ~<br>ล้าง ~ | <ul> <li>AZY</li> <li>เรียงลำดัง</li> <li>และกรอง</li> </ul> | ม ค้นหาและ<br>* เลือก * |                      |
|      | ดลิปบอร์ด                         | E E                  |                  | ฟอนต์              |       | 5      |     | การจัดแนว            |                            | Gi l          | ตัวเลข        | G.          | al  | ตล์                             |             | หย่อล้ |                | f                                      | ารแก้ไข  |                         | ^                    |
| 11   | 118 • $\therefore \checkmark f_X$ |                      |                  |                    |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   | *                               |             |        |                |  |  |                         |                      |
|      | Α                                 | В                    | С                | D                  | E     | F      | G   | н                    | 1                          | J             | К             | L           | M   | N                               | 0           | Р      | Q              | R                                      | S  | Т                       | U 🔺                  |
| 1    | HSSL Data                         | Logging              |                  |                    |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 2    | #Experim                          | ent date: 12         | 2 กุมภาพัน       | ธ์ 2561            |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 3    | #Start Tim                        | ne: 14:23:56         |                  |                    |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 4    | ## Positio                        | n Logging #          | #                |                    |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 5    | Time                              | Position1            | Position2        | Position2          |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 6    | 14:23:56                          | 1.27E-12             | 1.75E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 7    | 14:23:56                          | 1.31E-12             | 1.64E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 8    | 14:23:56                          | 1.35E-12             | 1.64E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 9    | 14:23:56                          | 1.34E-12             | 2.00E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 10   | 14:23:57                          | 1.31E-12             | 2.31E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 11   | 14:23:57                          | 1.28E-12             | 2.25E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 12   | 14:23:57                          | 1.25E-12             | 1.99E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 13   | 14:23:57                          | 1.26E-12             | 1.66E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 14   | 14:23:57                          | 1.30E-12             | 1.63E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 15   | 14:23:58                          | 1.35E-12             | 1.63E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 16   | 14:23:58                          | 1.35E-12             | 1.85E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 17   | 14:23:58                          | 1.33E-12             | 2.13E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 18   | 14:23:58                          | 1.30E-12             | 2.21E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 19   | 14:23:59                          | 1.26E-12             | 2.29E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 20   | 14:23:59                          | 1.26E-12             | 2.03E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 21   | 14:23:59                          | 1.26E-12             | 1.71E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 22   | 14:23:59                          | 1.29E-12             | 1.62E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 23   | 14:24:00                          | 1.32E-12             | 1.61E-01         | . 0                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
| 2/   | 14-24-00                          | 1 35E-12             | 1 715-01         | 0                  |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         |                      |
|      | $\leftarrow$ $\rightarrow$        | Capaci               | tor1             | (+)                |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        |                |  |  |                         | Þ                    |
| พรัส | ផ                                 |                      |                  |                    |       |        |     |                      |                            |               |               |             |   |                                 |             |        | Ħ              |  |  |                         | + 100 %              |

รูปที่ 37 ไฟล์ Excel