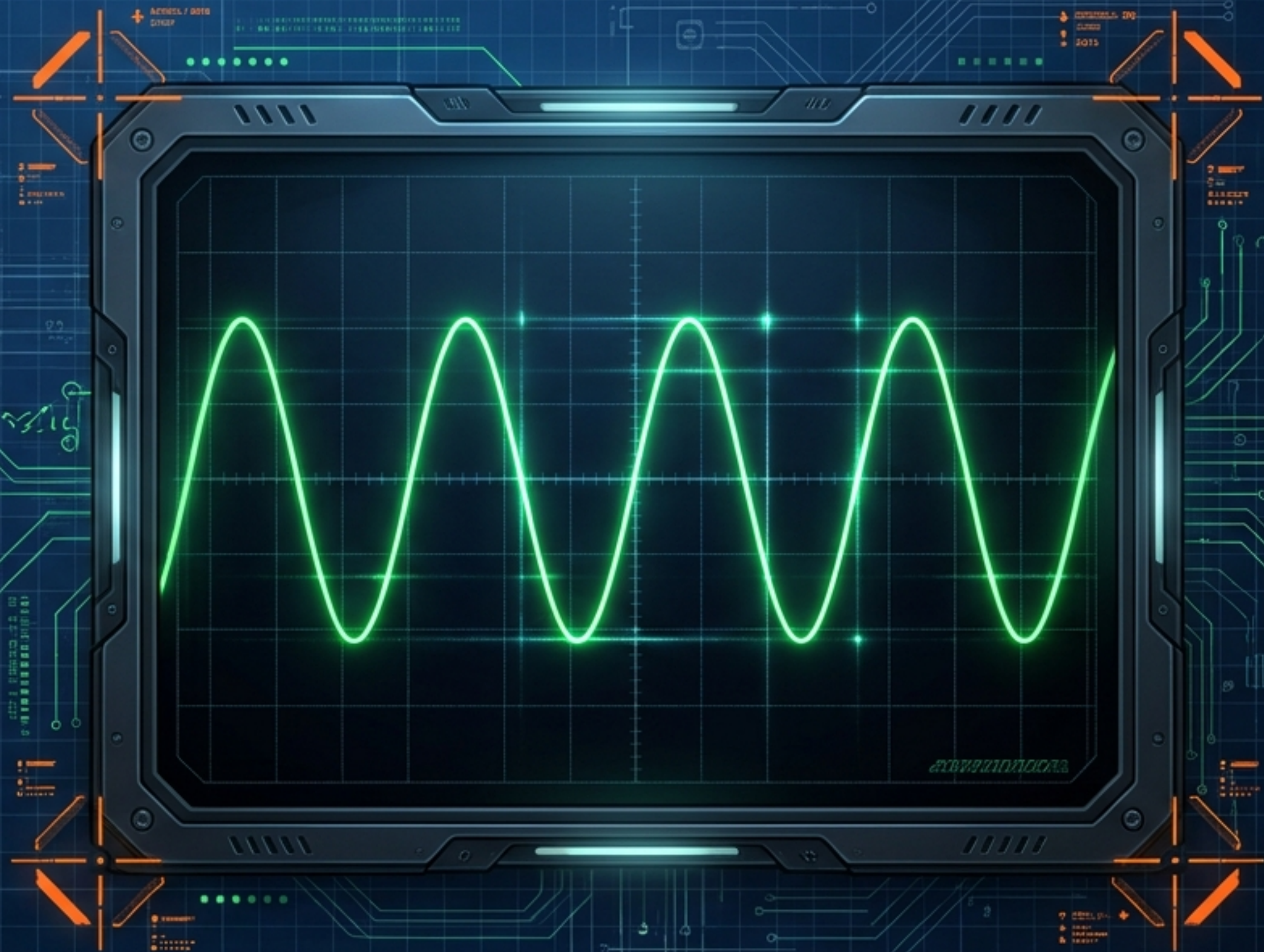
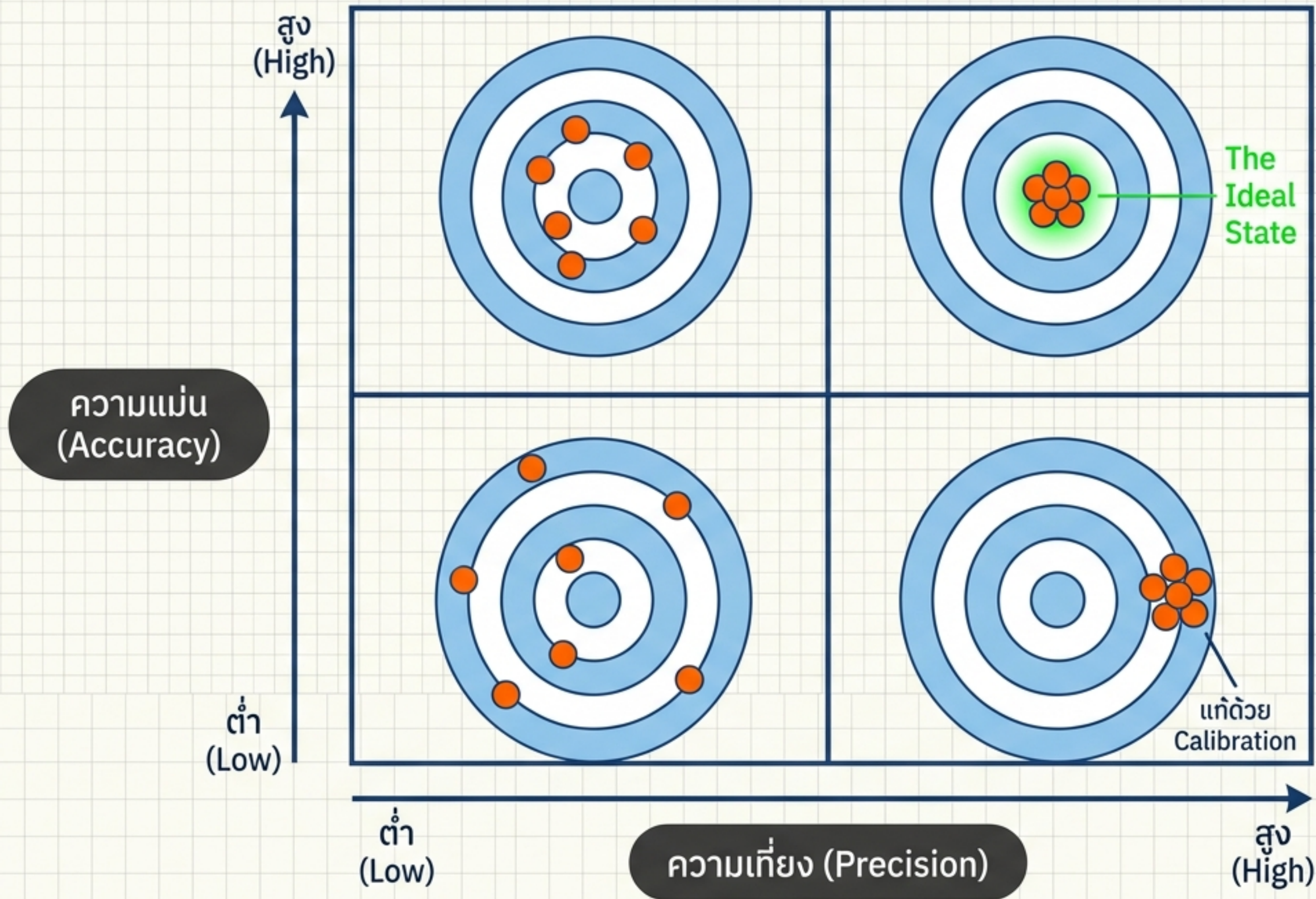


The Anatomy of Precision: ศาสตร์แห่งการวัด และความคลาด เคลื่อนทางไฟฟ้า

Visual Guide & Explainer
สำหรับช่างเทคนิคและวิศวกร





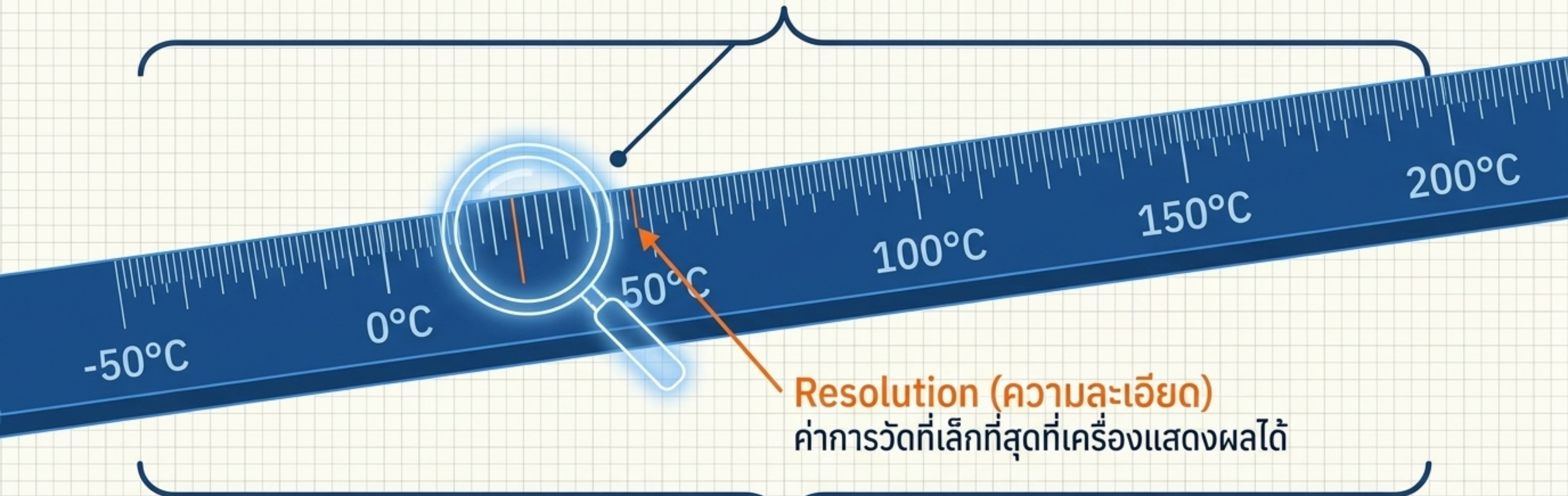
Accuracy (ความแม่นยำ)

ใกล้เคียงค่าจริง (True Value) แค่ไหน

Precision (ความเที่ยง)

วัดซ้ำภายใต้สภาพเดิม (Repeatability/Reproducibility) แล้วได้ค่าเดิมหรือไม่ โดยไม่เกี่ยวข้องกับค่านั้นจะถูกหรือผิด

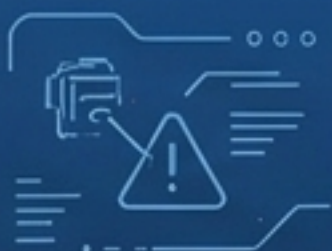
Range (ช่วงการวัด):
ปริมาณที่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัด



Resolution (ความละเอียด)
ค่าการวัดที่เล็กที่สุดที่เครื่องแสดงผลได้

Span & Full Scale

ความกว้างขอบเขต = $200 - (-50) = 250^{\circ}\text{C}$
ผลต่างระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุด



Absolute Error
(ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์)



ผลต่างโดยตรงระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าจริง

มีหน่วยตามที่จะวัด



Relative Error
(ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์)



สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่าจริง

มักแสดงเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์



สาเหตุหลัก: สภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ/แม่เหล็ก), ความเสื่อมของเครื่องมือ, และวิธีการวัดของมนุษย์

สมมติ: วัดค่าได้ 2V จากเครื่องสเกล 0-5V (Span 5V)

1. แสดงเป็นตัวเลขตรงๆ	2. % Full-Scale (%FS)	3. % Span	4. % Reading
 2V เช่น $\pm 0.1V$ ค่าคลาดเคลื่อนคงที่ตลอดสเกล	 2V เช่น $\pm 5\% \text{ FS}$ คิดจากสเกลสูงสุด 5V $5\% \text{ ของ } 5V = \pm 0.25V \text{ เสมอ}$	 2V เช่น $\pm 3\% \text{ Span}$ คิดจากช่วงความกว้างทั้งหมด (เช่น ช่วง 20-50 span คือ 30)	 2V เช่น $\pm 5\% \text{ Reading}$ คิดจากค่าที่กำลังอ่านได้ตอนนั้น $5\% \text{ ของ } 2V = \pm 0.1V$

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง สิ่งแรกที่ต้องคำนึงคือต้นเหตุความผิดพลาด และผลกระทบต่อความถูกต้อง (Error in Measurement Data)

Range of Error

(\$5)

$$\text{Range of error} = \left[\frac{(R_{\max} - R_{\min}) + (R_{\text{aed}} - R_{\min})}{2} \right] \times 100$$

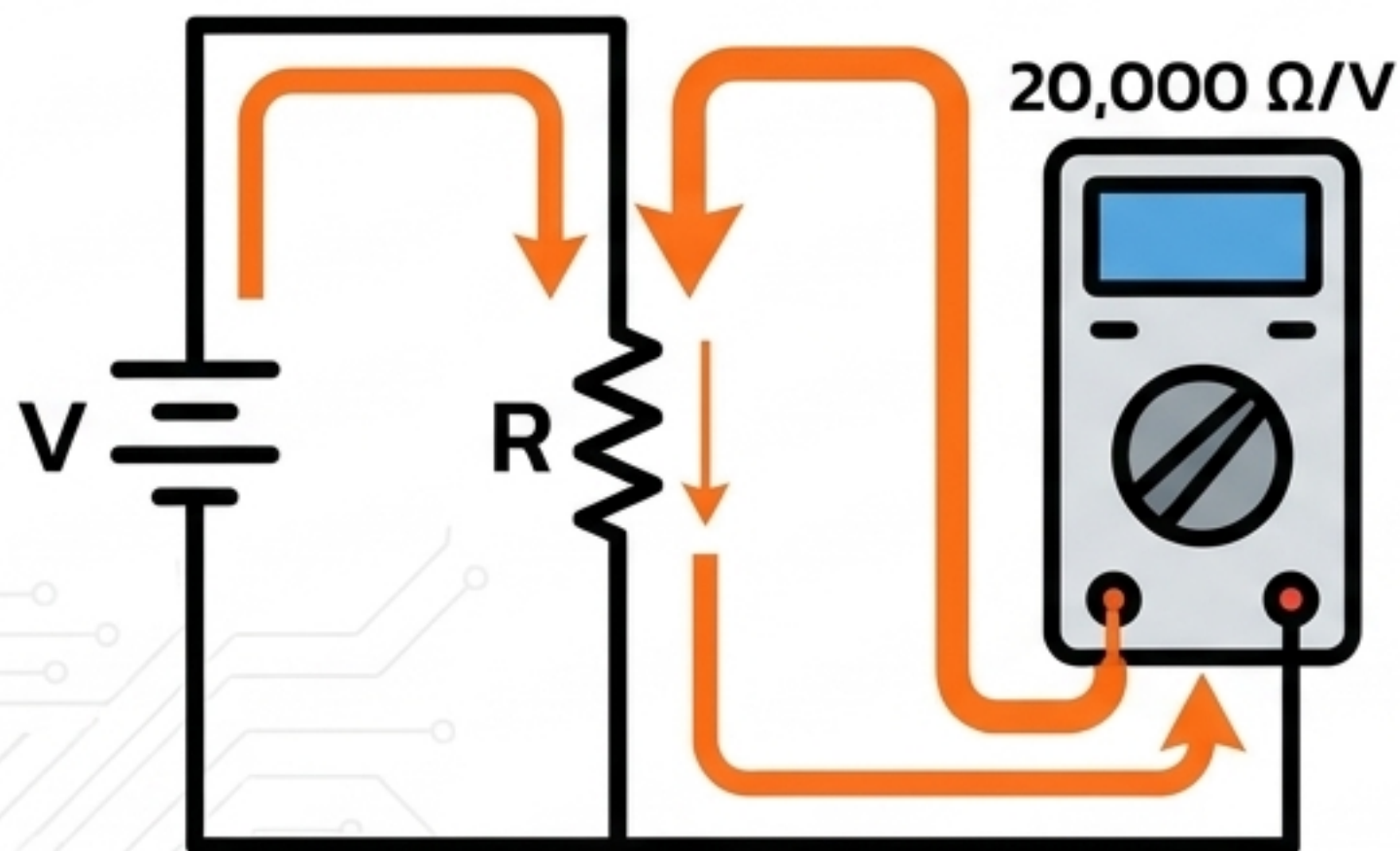
↑ $R_{\max}$ = ค่าสูงสุด
↓ $R_{\min}$ = ค่าต่ำสุด
—○— R_{aveg} = ค่าเฉลี่ย

Percent of Error

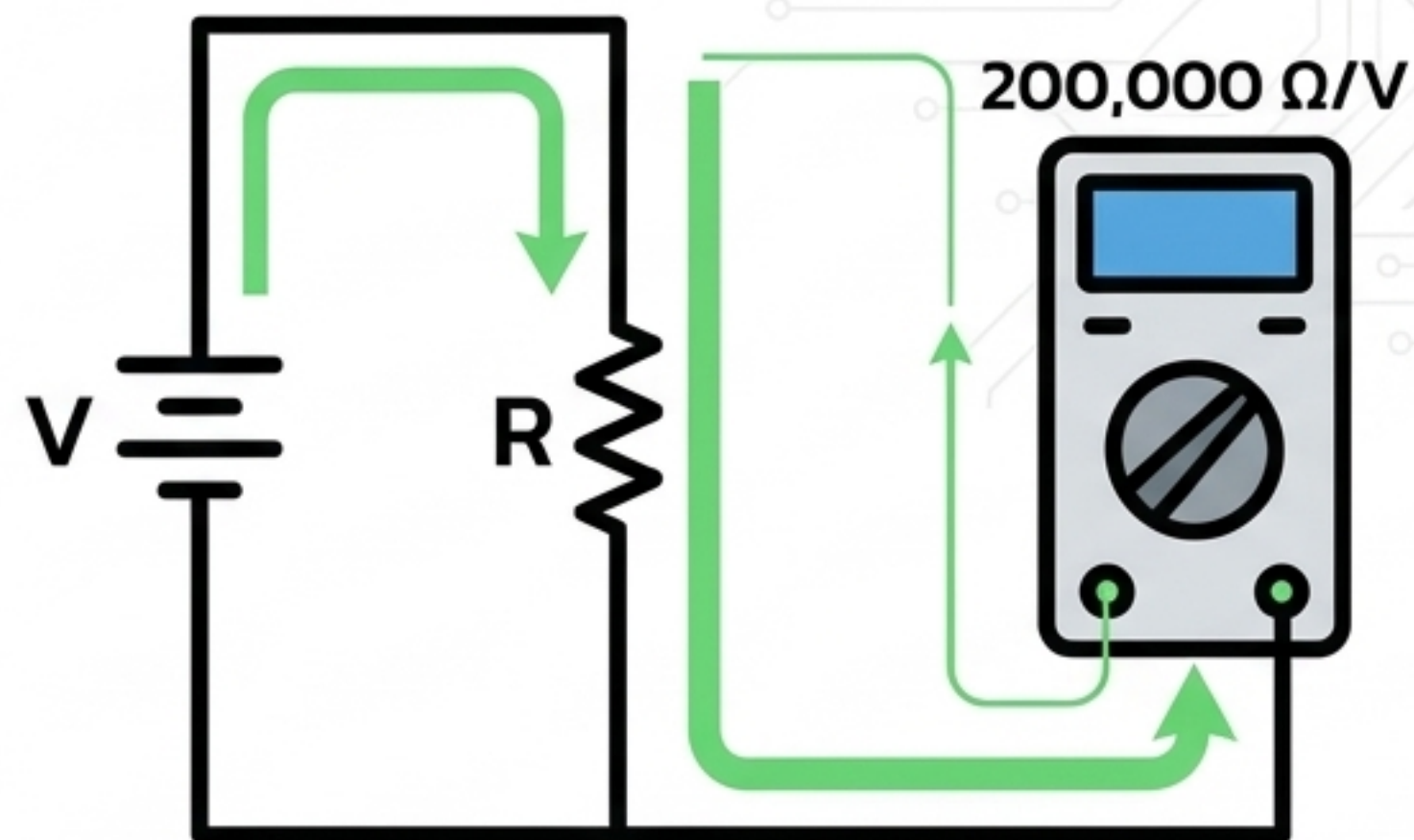
$$\text{Percent of error} = \left[\frac{(R_{\text{aed}} - R_c)}{R_c} \right] \times 100$$

—⚡— R_c = ค่าจริงของตัวต้านทาน

Loading Effect สูง (ค่าเพี้ยนมาก)



Loading Effect ต่ำ (ค่าแม่นยำกว่า)



ความไว (Sensitivity) = $\Omega/Volt$

เครื่องมือที่กินกระแสได้น้อยมากเวลาเข็มตีเต็มสเกล คือเครื่องมือที่มีความไวสูงและคุณภาพดี

Parallax Error

(ความคลาดเคลื่อนจากการอ่านสเกล)



Digital Precision

(ลด Human Error)



มัลติมิเตอร์ดิจิทัล (DMM) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรวมโวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์เข้าด้วยกัน และที่สำคัญที่สุดคือการตัดปัญหาความผิดพลาดจากการอ่านสเกลของผู้ใช้งาน

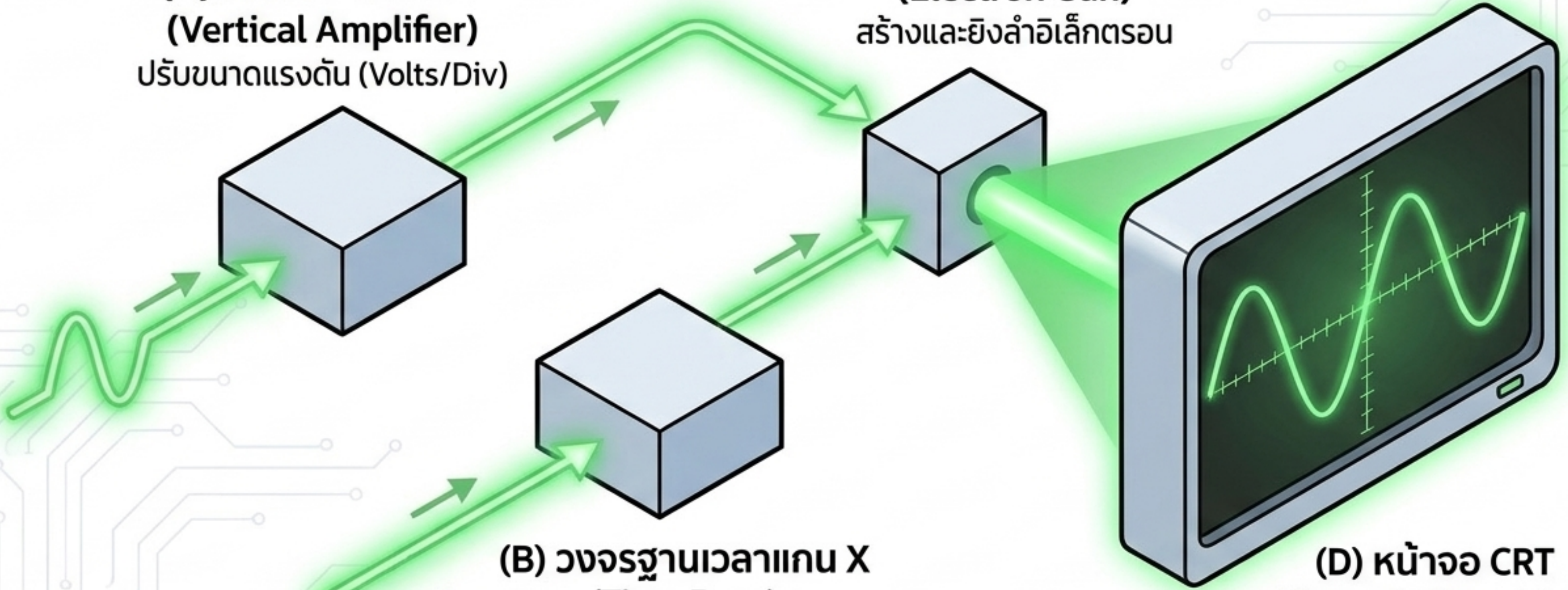
สถาปัตยกรรมภายในของ Oscilloscope

(A) วงจรขยายแกน Y
(Vertical Amplifier)
ปรับขนาดแรงดัน (Volts/Div)

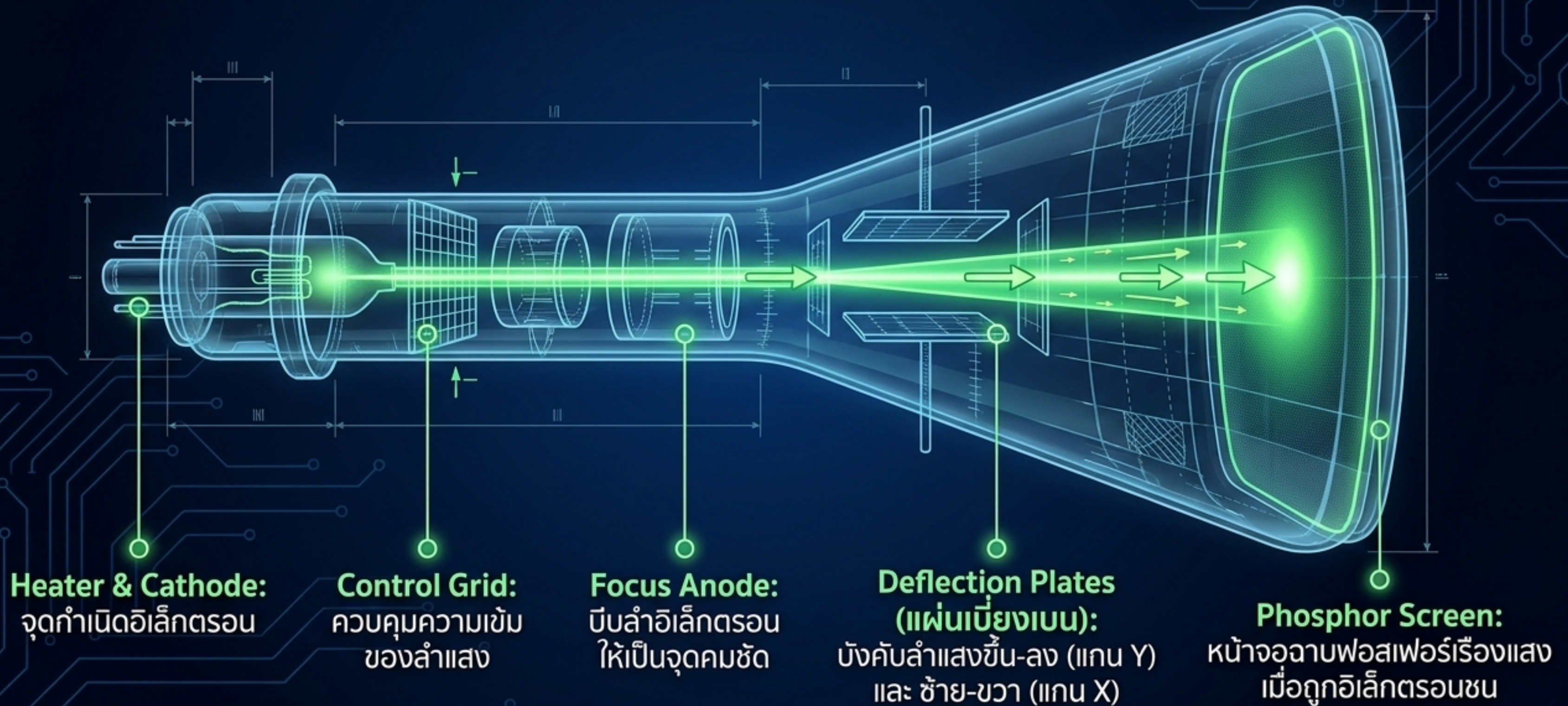
(C) ปืนยิงอิเล็กตรอน
(Electron Gun)
สร้างและยิงลำอิเล็กตรอน

(B) วงจรฐานเวลาแกน X
(Time Base)
ปรับคาบเวลา (Time/Div)

(D) หน้าจอ CRT
(Cathode Ray Tube)
จอภาพแสดงผล



Inside the Cathode Ray Tube (เจาะลึกป็นยิ่งอิเล็กทรอนิกส์)



Heater & Cathode:
จุดกำเนิดอิเล็กตรอน

Control Grid:
ควบคุมความเข้ม
ของลำแสง

Focus Anode:
บีบลำอิเล็กตรอน
ให้เป็นจุดคมชัด

**Deflection Plates
(แผ่นเบี่ยงเบน):**
บังคับลำแสงขึ้น-ลง (แกน Y)
และ ซ้าย-ขวา (แกน X)

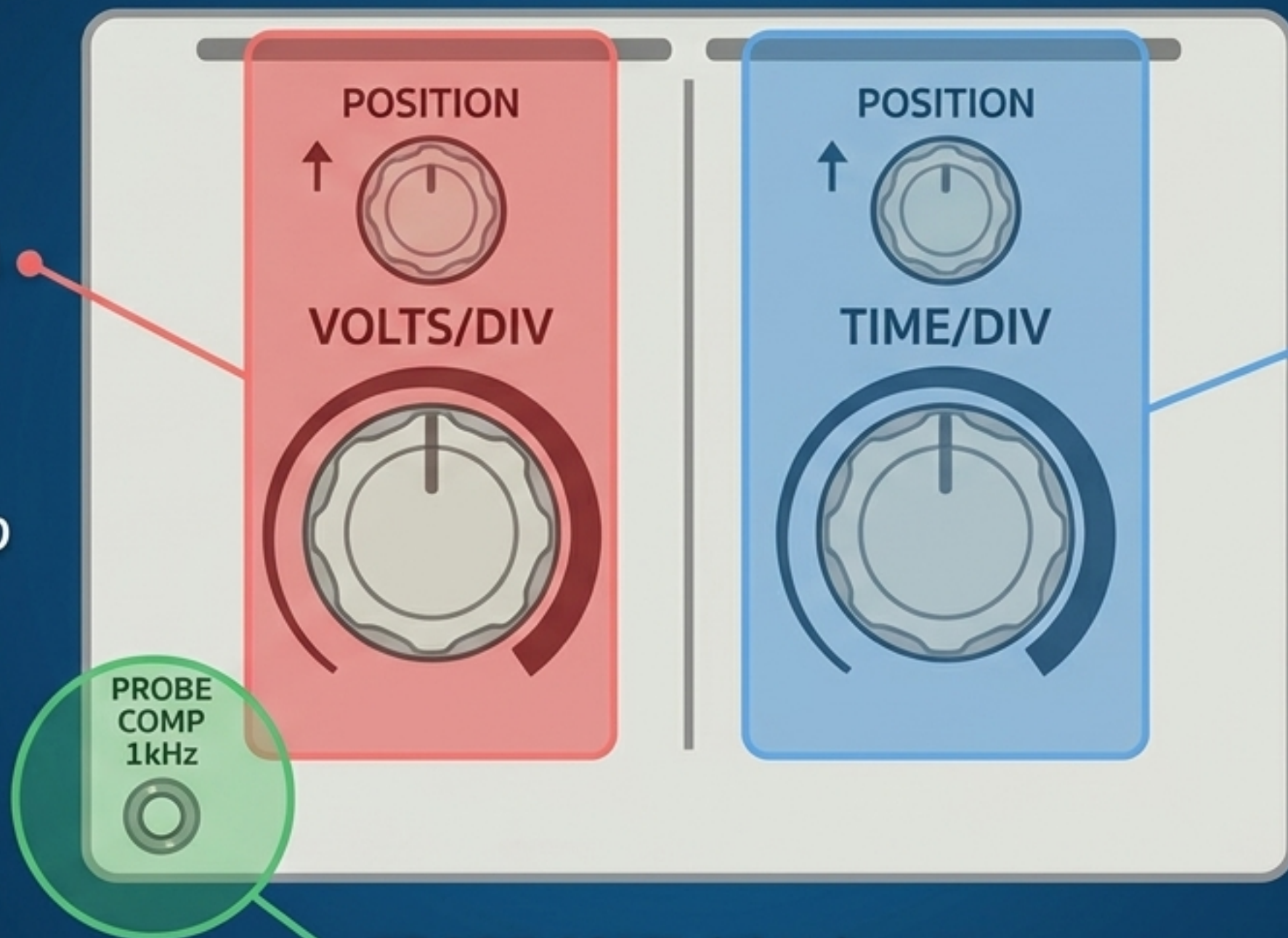
Phosphor Screen:
หน้าจอฉาบฟอสฟอรัสเรืองแสง
เมื่อถูกอิเล็กตรอนชน

The UI of Precision (ทำความเข้าใจแผงควบคุมหลัก)

VOLT/DIV & POSITION

(แกน Y)

ปรับขนาดสเกลแรงดัน
(2mV-100V/Div)
และเลื่อนเส้นอ้างอิงขึ้น-ลง



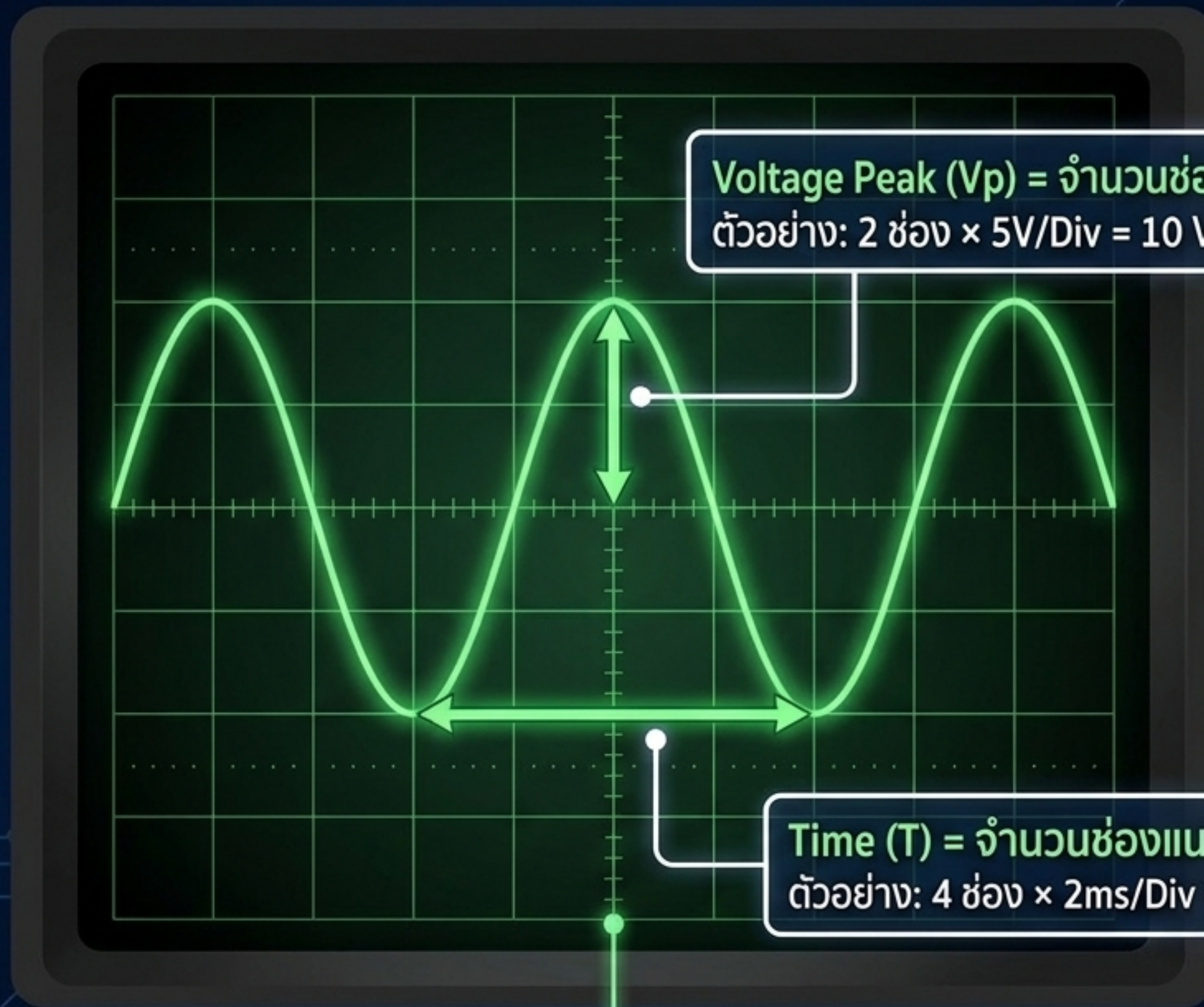
TIME/DIV & POSITION

(แกน X)

ปรับขนาดสเกลเวลา
(2.5nS-50S/Div)
และเลื่อนซ้าย-ขวา

PROBE COMP (1kHz)

จุดต่อสอบเทียบสายวัด (Probe Check)
เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสายก่อนใช้งานเสมอ



Voltage Peak (Vp) = จำนวนช่องแนวตั้ง × ค่า VOLT/DIV
ตัวอย่าง: 2 ช่อง × 5V/Div = 10 Vp

Time (T) = จำนวนช่องแนวนอน × ค่า TIME/DIV
ตัวอย่าง: 4 ช่อง × 2ms/Div = 8 ms. (Frequency = 1/T)

การอ่านค่าที่แม่นยำ เกิดจากการตั้งศูนย์ (GND) ตำแหน่ง **Position** ที่ถูกต้องบนตารางกริด

The Metrology Mindset (กรอบความคิดแห่งความแม่นยำ)

**1 เลือกให้ตรงงาน
(Specification)**

ตรวจสอบ Range และ Sensitivity (Ω/V)
เพื่อลด Loading Effect

Mission Control

**2 ถอดรหัส Error
(Interpretation)**

อ่านสเปกคู่มือให้ขาด
(ค่าตัวเลข, %FS, %Span หรือ %Reading)

เครื่องมือวัดที่แพงและสเปกสูงที่สุด จะไร้ความหมาย
หากผู้ใช้งานไม่เข้าใจภาษาสเปกความคลาดเคลื่อน
และไม่ชดเชย Loading Effect จากตัวเครื่องมือเอง

**4 ประเมินผลลัพธ์
(Diagnostic)**

คำนวณ Absolute / Relative Error
ของข้อมูลการทดลองเสมอ

**3 ชดเชยความคลาดเคลื่อน
(Calibration)**

ตัด Human Error ด้วยระบบดิจิทัล
และทำ Probe Check
สอบเทียบออสซิลโลสโคปทุกครั้ง