

รายงานการวิเคราะห์เชิงลึก: การประยุกต์ใช้งานดิจิทัล ออซีโลสคอปในงานวิศวกรรม

ก้าวข้ามขีดจำกัดของอนาล็อก
สู่ระบบประมวลผลสัญญาณและมาตรวิทยาขั้นสูง



High-Speed Sampling:
การสุ่มตัวอย่าง
ความเร็วสูง



Advanced Math:
การประมวลผลทาง
คณิตศาสตร์



Deep Storage:
การจัดเก็บข้อมูล
เชิงลึก



สถาปัตยกรรมเชิงระบบ: กลไกขับเคลื่อนหลัก 3 ส่วน



DSO Core Engine



ระบบแนวตั้ง (Vertical)

จัดการแอมพลิจูด
(Amplitude) และปรับ
สเกลแรงดันให้เข้ากับ
เครื่องแปลงสัญญาณ
(ADC)



ระบบแนวนอน (Horizontal)

จัดการฐานเวลา
(Timebase) และ
อัตราการสุ่มตัวอย่าง
(Sample Rate)



ระบบทริกเกอร์ (Trigger)

สร้างเสถียรภาพและ
กำหนดเงื่อนไขในการ
จับภาพเหตุการณ์สำคัญ

เมทริกซ์การดักจับข้อมูล: ความละเอียดเทียบกับเวลา

ระบบแนวตั้ง - แคน Y

Volts/Division:

ควบคุมความไวของแอมพลิฟายเออร์

Input Coupling:

โหมด AC (บล็อก DC เพื่อดู Ripple),
โหมด DC (แสดงทั้งหมด)

Pro-Tip: ออสซิลโลสโคปส่วนใหญ่ใช้ ADC 8 บิต การปรับรูปคลื่นให้เต็มจอ โดยไม่ขลิบ (Clipping) จะช่วยลด Quantization Error ได้ดีที่สุด

ระบบแนวนอน - แคน X

Seconds/Division:

กำหนดความเร็วในการกวาดสัญญาณ

Record Length:

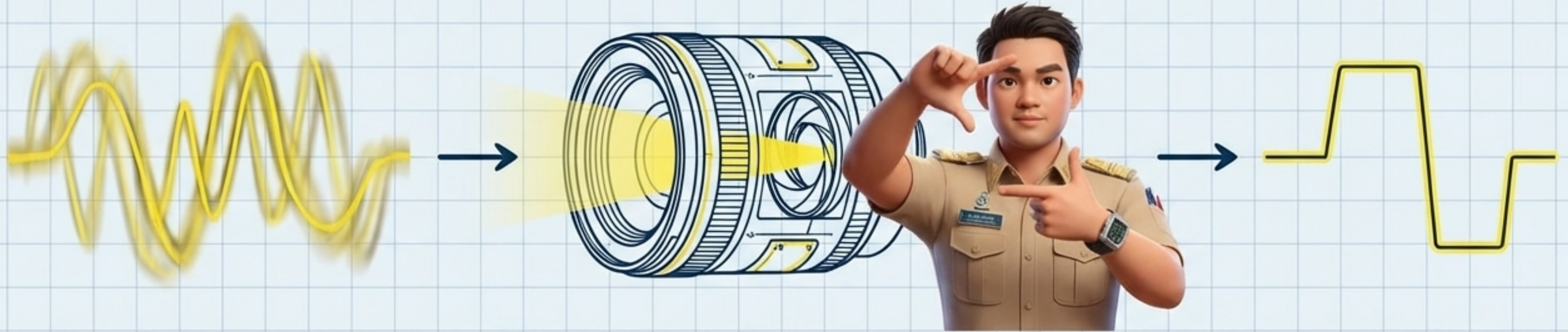
ตัวแปรสำคัญในการชูดูรายละเอียด

Pro-Tip: การตั้งค่าฐานเวลาให้กว้างขึ้น เครื่องอาจบังคับลด Sample Rate ลง เพื่อประหยัดหน่วยความจำ นำไปสู่ความเสี่ยงในการแปลผลผิดพลาด



ระบบทริกเกอร์: ช่างภาพผู้หยุดเวลา

หากไม่มีทริกเกอร์ รูปคลื่นจะเลื่อนไปมาอย่างรวดเร็ว เครื่องจะรอเงื่อนไข (เช่น Edge ขาขึ้น/ขาลง) ข้ามระดับแรงดันที่ตั้งไว้ ก่อนจะถ่ายภาพ



Auto Mode:

ตรวจจับเสมอ -
พยายามแสดงภาพแม้ไม่มี
เงื่อนไขทริกเกอร์

Normal Mode:

รอจังหวะเป๊ะ -
แสดงภาพเฉพาะเมื่อตรงเงื่อนไข
(เช่น ภาพสุดท้ายหากไม่ตรง)

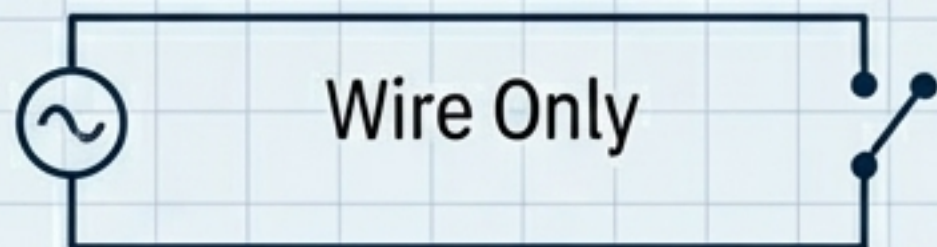
Single Shot:

จับภาพครั้งเดียว -
ใช้ดักจับสัญญาณรบกวนสูง
หรือพฤติกรรม Power-up

โพรบวัดสัญญาณ: สะพานเชื่อมที่เปลี่ยนพฤติกรรมวงจร

การเลือกโพรบผิดพลาดอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเกิน 50% ในย่านความถี่สูง

1x Probe



แบนด์วิดท์ต่ำ (6-10 MHz)

สร้างภาระทางไฟฟ้า (Loading) ให้วงจรสูง

10x Probe



การแบ่งแรงดัน 10:1 (รวมความต้านทานเป็น 10 Megaohm)

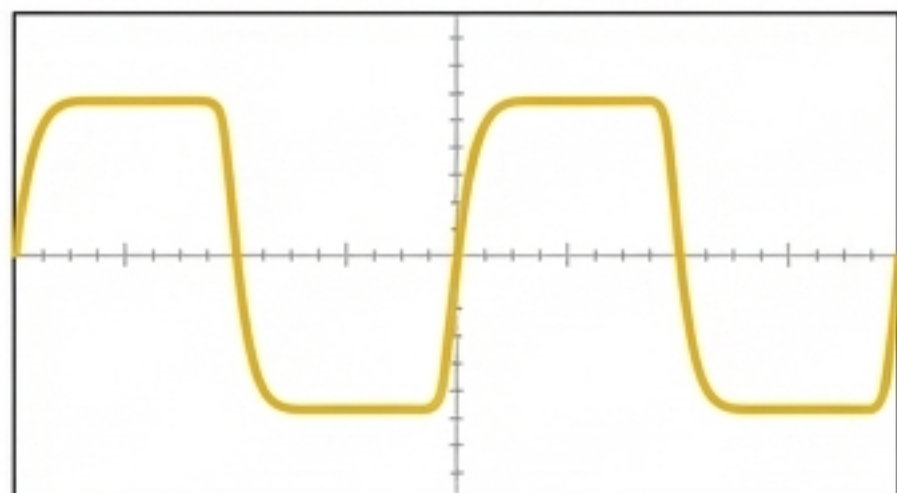
ขยายแบนด์วิดท์สูงขึ้น และลดภาระการดึงกระแสจากวงจรอย่างมีนัยสำคัญ



เมทริกซ์การวินิจฉัย: การชดเชยโพรบ (Probe Compensation)



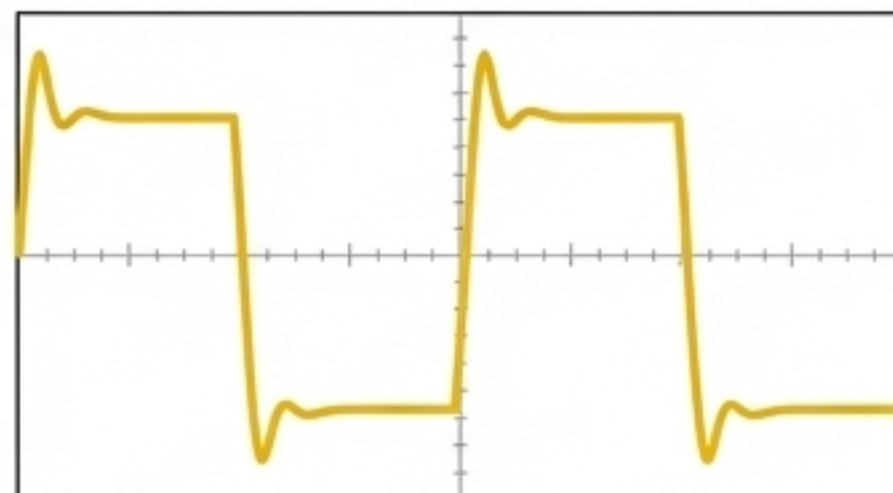
Under-compensated



การวินิจฉัย: ขอบบนพัลส์โค้งมน

ผลกระทบ: สูญเสียรายละเอียด ความถี่สูง, วัต Rise time ได้ช้ากว่าความเป็นจริง

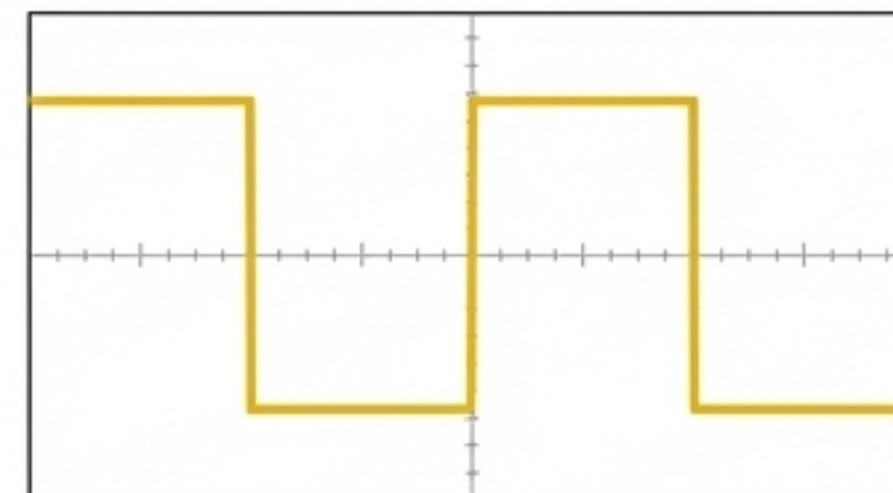
Over-compensated



การวินิจฉัย: ขอบบนพัลส์มีจอย แคม (Overshoot)

ผลกระทบ: เกิดสัญญาณหลอก, วัตแรงดัน Peak-to-Peak สูงกว่าความเป็นจริง

Properly-compensated

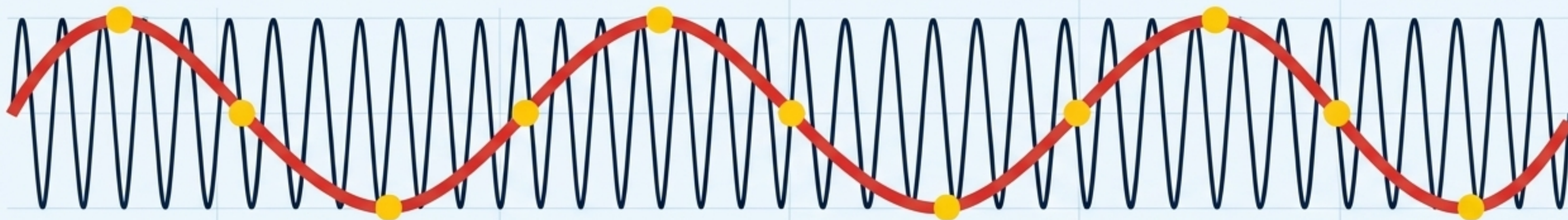


การวินิจฉัย: ขอบคมและด้านบนราบเรียบ

ผลกระทบ: ให้ค่าแอมพลิจูดและเวลาที่แม่นยำที่สุด (ปรับจูนผ่าน Trimmer Capacitor)

ภาพลวงตาทางฟิสิกส์: Aliasing และข้อจำกัดของแบนด์วิดท์

ปรากฏการณ์ Aliasing (Nyquist Trap)



UI อัตราการสุ่มตัวอย่างต้องสูงกว่าความถี่สูงสุดอย่างน้อย 4-5 เท่า



หากปรับ Timebase แล้วรูปคลื่นเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปอย่างสิ้นเชิง แสดงว่าเครื่องกำลังหลอกคุณ

กฎของแบนด์วิดท์และเวลาขาขึ้น (Rise Time)

แบนด์วิดท์ของเครื่องต้องสูงกว่าสัญญาณดิจิทัล 5 เท่า เพื่อรักษาความคมของขอบสัญญาณ

Math Box

$$Tr_{\text{measured}} = \sqrt{(Tr_{\text{signal}}^2 + Tr_{\text{scope}}^2)}$$

เครื่องจะแสดงผลสัญญาณช้าลงเสมอ ตามสมการ



การวิเคราะห์ขั้นสูง: เคอร์เซอร์และคณิตศาสตร์



เคอร์เซอร์ (Cursors)

Voltage & Time:

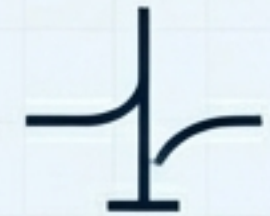
วัดผลต่างแรงดัน (ΔV)
และคาบเวลา (Δt)
เพื่อหาความถี่

Track:

จุดตัดเลื่อนตามกราฟ
เพื่อแสดงค่าแม่นยำ ณ
ตำแหน่งนั้น



ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ (Math)



A-B (Differential):

นำโพรบสองตัวมาลบกัน
เพื่อวัดสัญญาณรวมอุปกรณ์

V × I (Power):

คูณแรงดันกับกระแส
เพื่อวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า
(Watts) ทันที

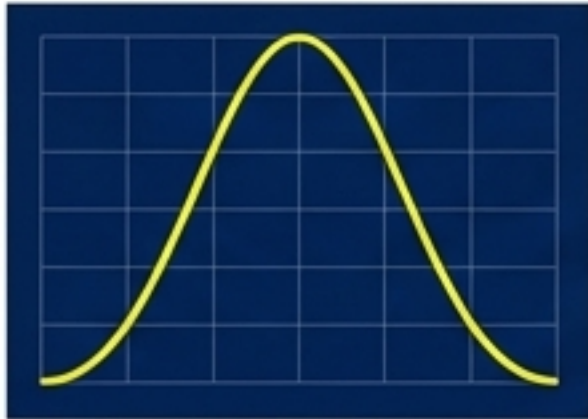
Integral / Derivative:

อินทิเกรตหาพลังงานรวม
(Joules) หรือหาอัตรา
การเปลี่ยนแปลง (dv/dt)
ตรวจสอบความเครียด
เซมิคอนดักเตอร์

โดเมนความถี่: การเลือกใช้หน้าต่าง FFT (Window Functions)



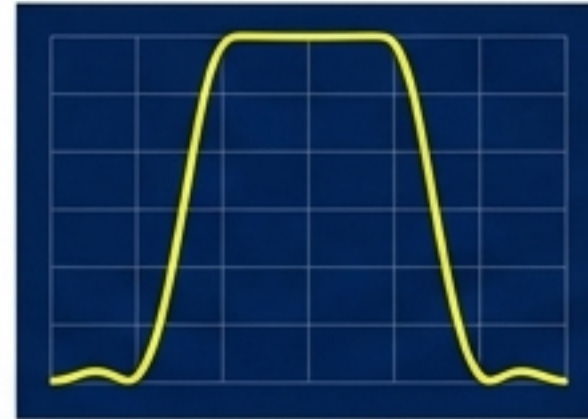
Hanning



เหมาะสำหรับ: สัญญาณไซน์ทั่วไปและงานสั้นสะท้อน

ข้อจำกัด: ความละเอียดความถี่ดี, ป้องกัน Spectral Leakage ปานกลาง

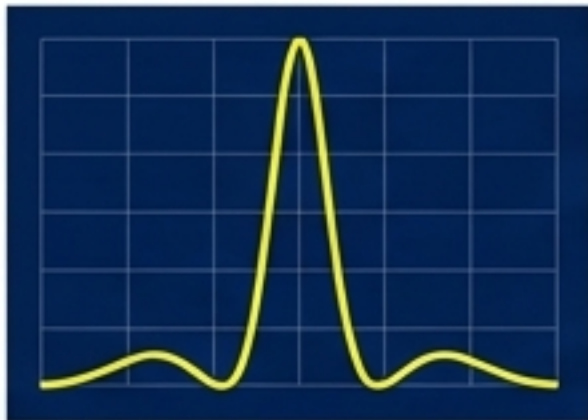
Flat Top



เหมาะสำหรับ: การวัดค่าแอมพลิจูดที่ต้องการความแม่นยำสูงสุด

ข้อจำกัด: แอมพลิจูดแม่นยำเยี่ยม แต่ความละเอียดความถี่ (Frequency Resolution) ต่ำ

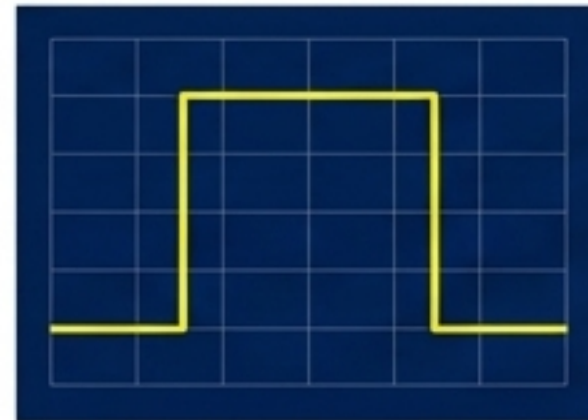
Blackman-Harris



เหมาะสำหรับ: ตรวจสอบฮาร์โมนิกและสัญญาณรบกวนต่ำ

ข้อจำกัด: Side lobes ต่ำมาก เห็นสัญญาณเล็กใกล้สัญญาณใหญ่ได้ชัด

Rectangular



เหมาะสำหรับ: สัญญาณ Transient ชั่วขณะ

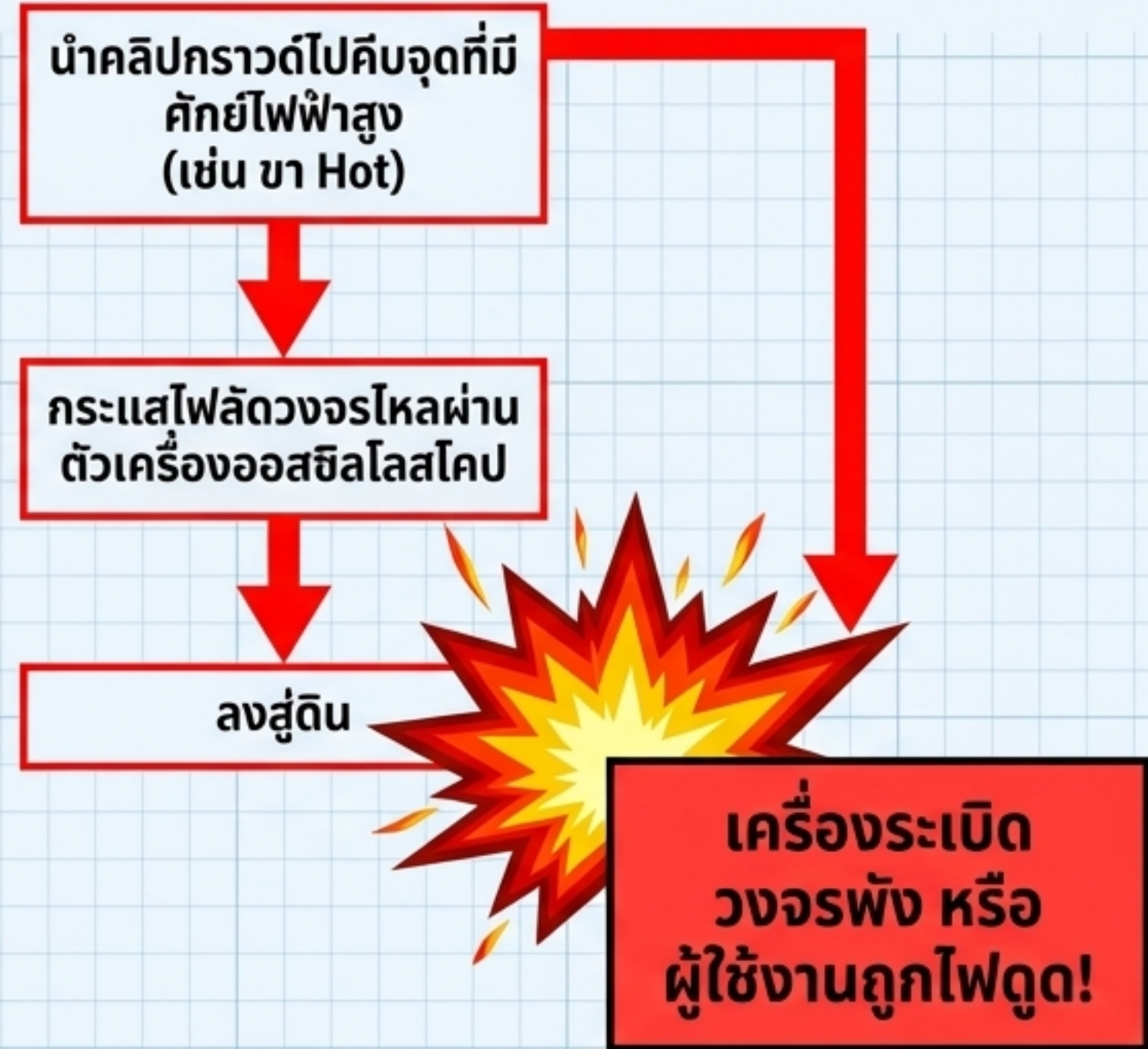
ข้อจำกัด: ความละเอียดดีที่สุด แต่เกิดการรั่วไหล (Leakage) สูงมาก

อันตรายถึงชีวิต: กับดักของ กับดักของ Ground Loop



ดิจิทัลออสซิลโลสโคปส่วนใหญ่
เชื่อมต่อคลิปกราวด์ของโพรบ
เข้ากับสายดินของปลั๊กไฟบ้าน
(Chassis Ground) โดยตรง

ความผิดพลาดถึงแก่ชีวิต (Fatal Mistake)



ทางออกเพื่อความปลอดภัย: การวัดแบบลอยตัว (Floating Measurement)

1. Differential Probe (แนะนำที่สุด)



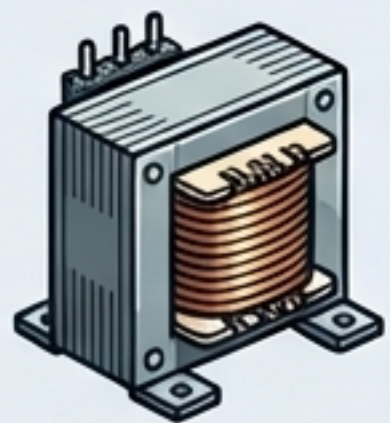
แยกสัญญาณออกจากกราวด์ดิน ด้วย **วงจรมัลติฟายเออร์** ส่วนต่าง (ปลอดภัยสุด แต่ราคาสูง)

2. Handheld Oscilloscope



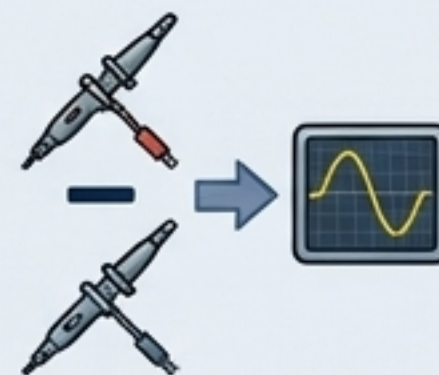
ตัวเครื่องออกแบบมาเป็นฉนวน ไม่มีสายดิน (ปลอดภัยสูง แต่แบนด์วิดท์จำกัด)

3. Isolation Transformer



ตัดการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า ระหว่างวงจรกับดิน (เครื่องรอดจาก Ground loop แต่ผู้ใช้อาจเสี่ยง)

4. Channel Subtraction (A-B)



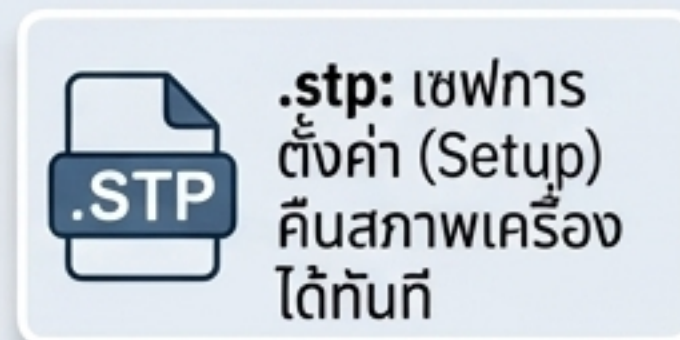
ใช้โพรบปกติ 2 ตัววัด แล้วใช้คณิตศาสตร์ลบกัน โดยไม่ต่อกราวด์ (ประหยัด แต่แม่นยำต่ำที่ความถี่สูง)



ระบบทดสอบอัตโนมัติ: การดึงข้อมูลและควบคุมระยะไกล



Automation Engine
VISA Layer: ซอฟต์แวร์สื่อสารสากล
SCPI Commands: ชุดคำสั่งโปรแกรมมิ่ง
(เช่น :MEASURE:VPP? เพื่อถามค่าแรงดันส่งกลับเข้าคอมพิวเตอร์)



บทสรุปจากครูช่าง: 3 กฎทองของวิศวกรมาตรวิทยา



Rule 1: การปรับเทียบเพื่อสภาวะแวดล้อม (Self-Calibration)

สั่ง Calibrate เครื่องเสมอเมื่ออุณหภูมิห้องเปลี่ยนแปลงเกิน 5°C หรือทิ้งไว้นานเพื่อรีเซ็ตค่า Offset ทางอนาล็อก

Rule 2: ลดปรสิตในสัญญาณ (Noise Management)

ใช้สายดินของโพรบให้สั้นที่สุด หรือใช้ Ground Spring ในงานความถี่สูง เพื่อลด Inductance ที่ก่อให้เกิด Ringing

Rule 3: รักษาสมดุลของระบบดิจิทัล (Speed vs. Memory)

เช็คอัตราการสุ่มตัวอย่างเมื่อปรับฐานเวลาทุกครั้ง อย่าให้เครื่องหลอกคุณด้วยปรากฏการณ์ Aliasing

“ออสซิลโลสโคปไม่ใช่แค่เครื่องแสดงภาพ แต่มันคืออาวุธที่ทรงพลังที่สุดในการไขความลับของวงจรอิเล็กทรอนิกส์”