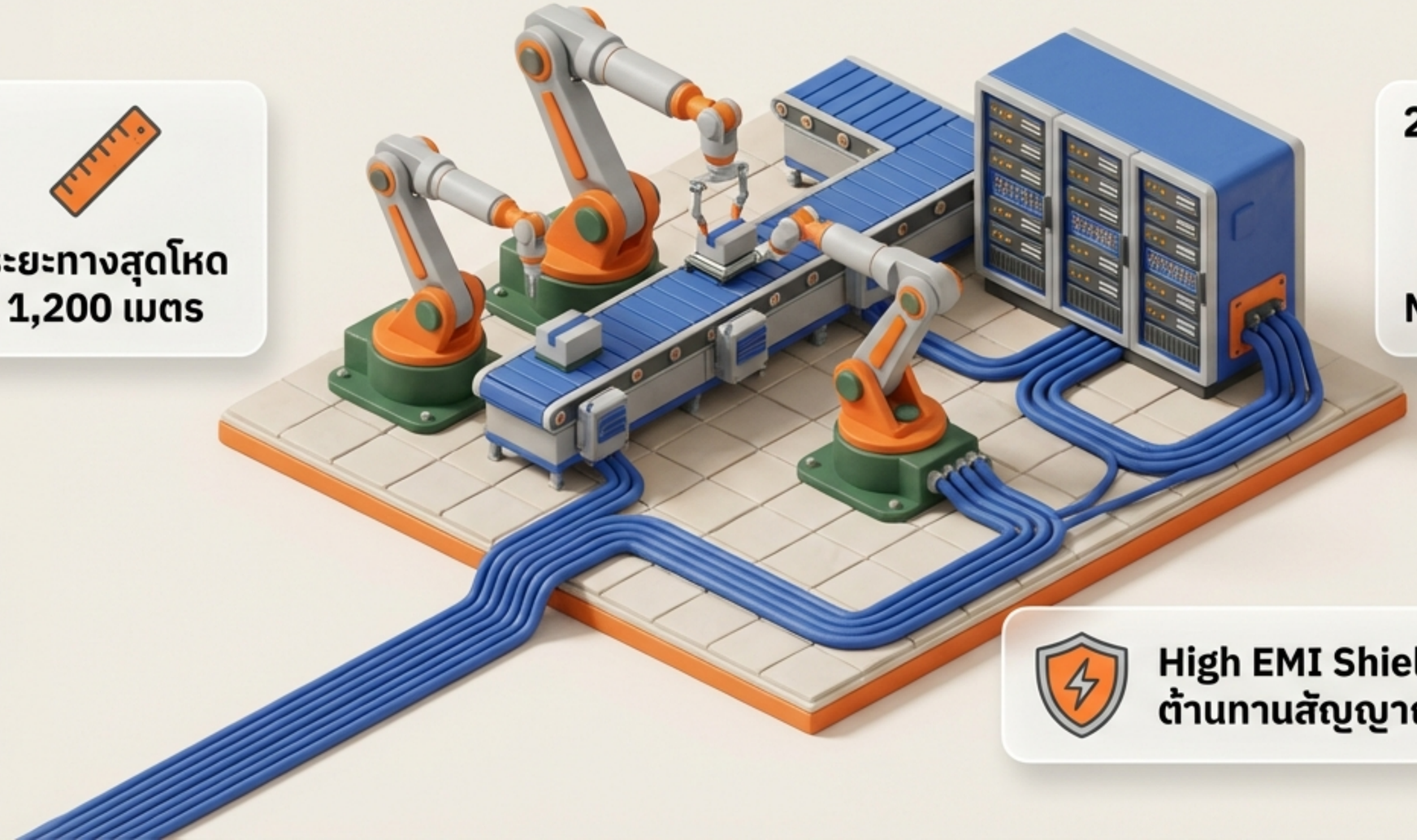
เจาะลึก RS485: หัวใจของระบบควบคุมอุตสาหกรรม

ทำไมเทคโนโลยีอายุ 40 ปี ถึงยังเป็นบอสใหญ่เบื้องหลังโรงงานอัจฉริยะทั่วโลก?



1

ระยะทางสุดโหด
1,200 เมตร

2

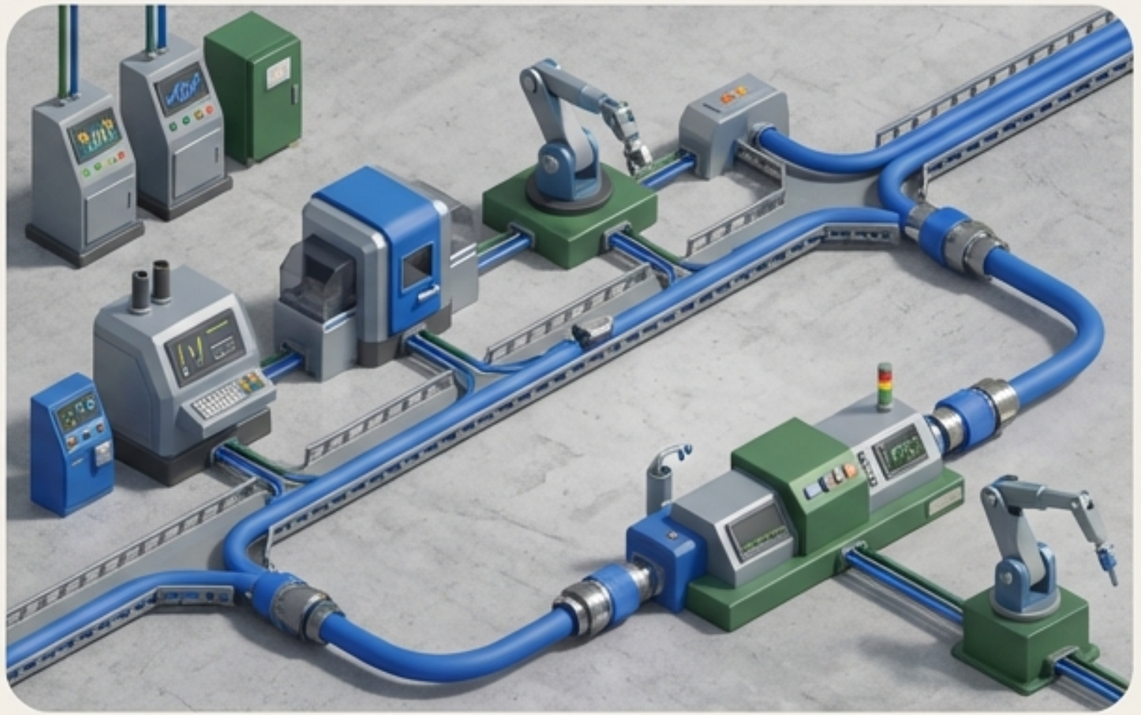
เชื่อมต่อแบบ
Multi-point ไร้ขีดจำกัด

3

High EMI Shield
ต้านทานสัญญาณรบกวน

NotebookLM

จาก RS232 สู่ RS485: การอัปเกรดเพื่อเอาตัวรอดในโรงงาน



ปัญหาของ RS232

- ส่งแบบ Single-ended (เทียบกราวด์)
- แพ้ทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) จากมอเตอร์
- ส่งได้ไกลแค่ 15 เมตร

ทางออกของ RS485

- สถาปัตยกรรมแบบ Differential Signaling
- ทะลุทะลวงคลื่นรบกวนได้สมบูรณ์แบบ
- วิ่งไกลสุดถึง 1,200 เมตร แม้ในสภาพแวดล้อมโหดร้าย

NotebookLM

เวทมนตร์ลบสัญญาณรบกวน: Differential Signaling

กลไกหักล้าง (Common-mode Noise Cancellation)

(Signal A + Noise) - (Signal B + Noise) = Pure Data!

RS485 ไม่สนแรงดันเมื่อเทียบกับกราวด์
แต่ดู ‘ความแตกต่าง’ ระหว่างสาย A และ B

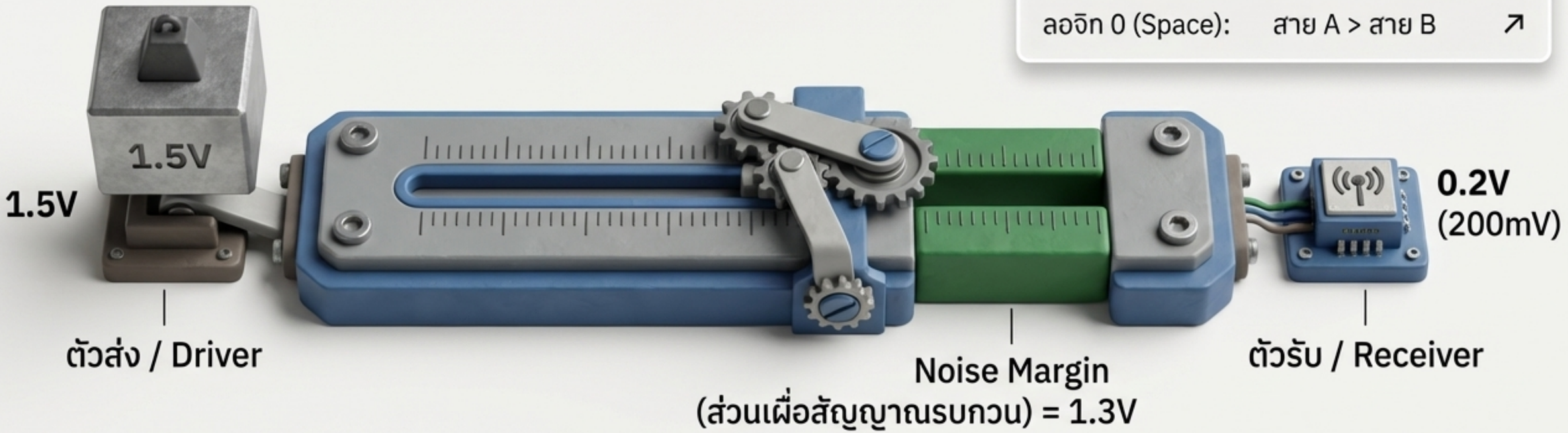
เมื่อตัวรับนำสัญญาณมาลบกัน
สัญญาณรบกวนที่เข้ามาเท่ากันจะถูกหักล้างจนเหลือศูนย์

เคล็ดลับที่ทำให้ส่งข้อมูลได้ไกล 1.2 กิโลเมตรโดยข้อมูลไม่พัง!

NotebookLM

สถานะลอจิก และเกราะป้องกัน (Noise Margin)

สถานะ (State)	เงื่อนไข (Condition)
ลอจิก 1 (Mark):	สาย A < สาย B ↗
ลอจิก 0 (Space):	สาย A > สาย B ↗



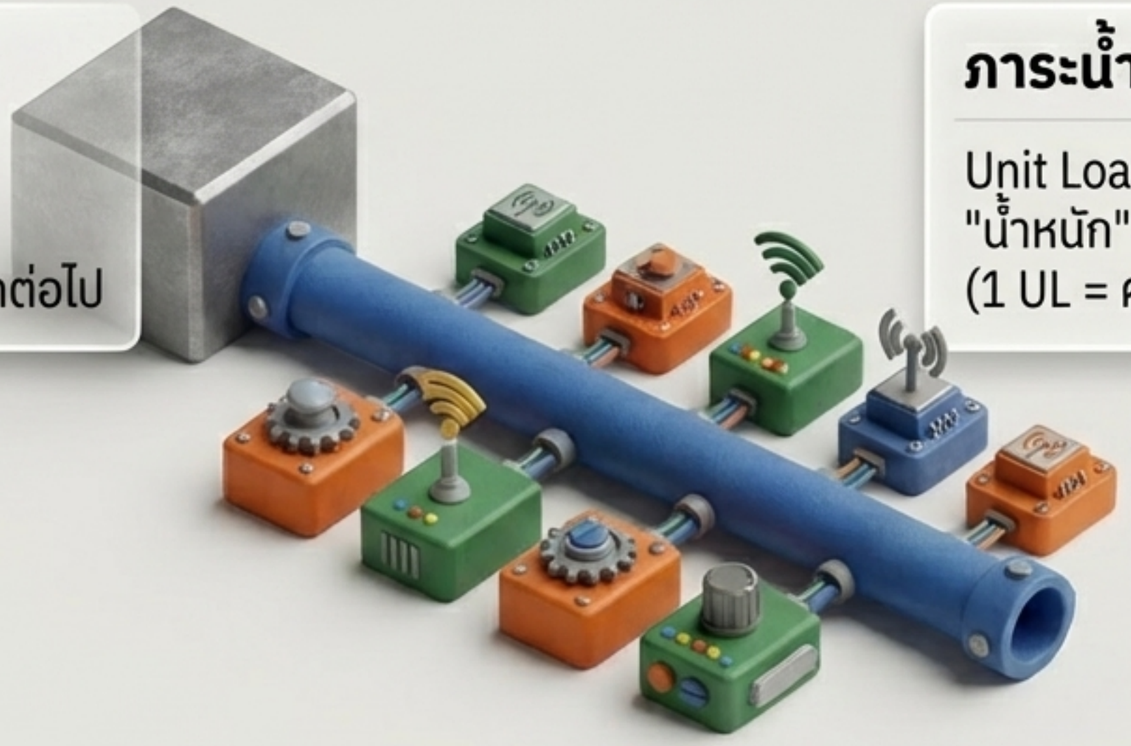
ช่องว่างความต่าง 1.3V คือเกราะป้องกัน แม้สัญญาณจะอ่อนแรงลงจากระยะทางอันยาวไกล แต่ตราบใดที่ยังเกิน 0.2V ตัวรับก็ยังอ่านค่าได้แม่นยำ 100%

NotebookLM

พลังแห่ง Multipoint และน้ำหนักของบัส (Unit Load)

สถาปัตยกรรมแบบกลุ่ม

เชื่อมต่ออุปกรณ์ได้หลายตัวบนบัสเส้นเดียว (Three-state Logic) ไม่ถูกจำกัดแค่การสื่อสาร 1 ต่อ 1 อีกต่อไป



ภาระน้ำหนัก (Unit Load)

Unit Load (UL) เปรียบเสมือน "น้ำหนัก" ของแต่ละอุปกรณ์บนบัส (1 UL = ความต้านทาน 12 kΩ)

ยุคคลาสสิก (1 UL) 32

รองรับสูงสุด 32 อุปกรณ์

ยุคปัจจุบัน (1/8 UL) 256

ชิปสมัยใหม่กินโหลดต่ำ เชื่อมต่อสูงสุด 256 อุปกรณ์ โดยไม่ต้องใช้ Repeater!

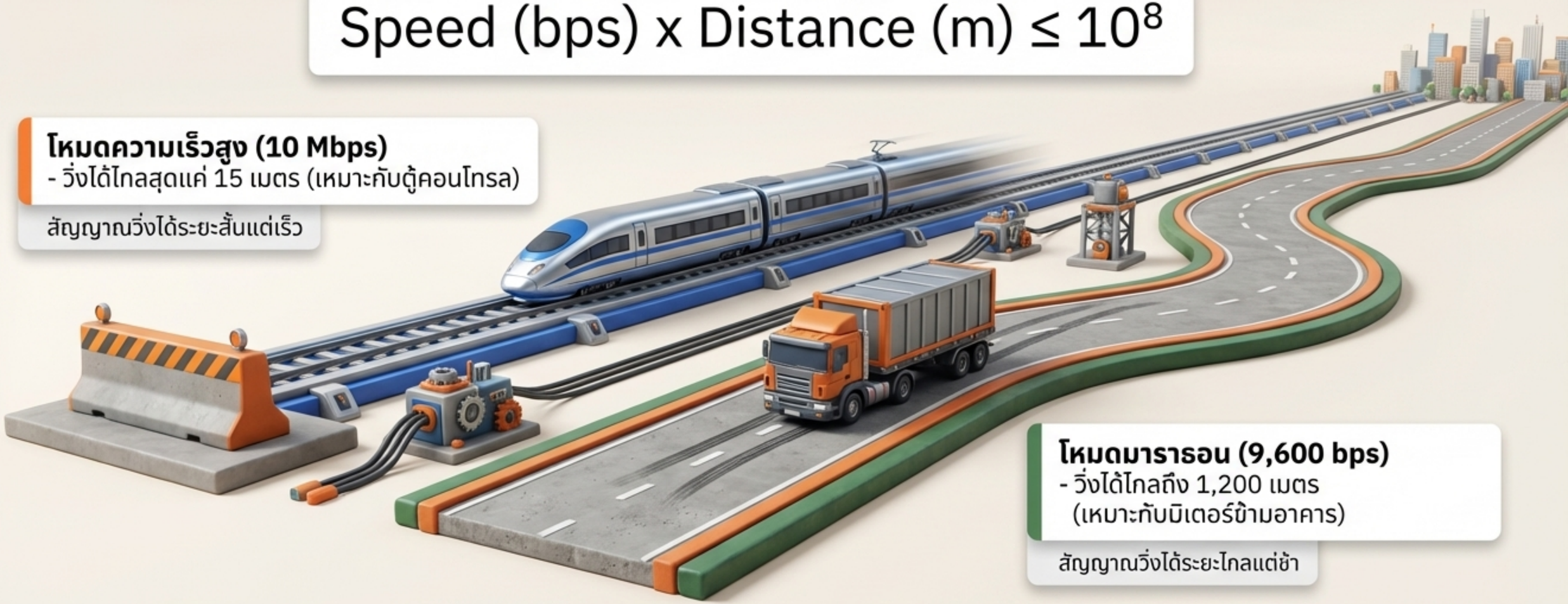
NotebookLM

กฎเหล็กแห่งฟิสิกส์: ความเร็ว (Speed) vs. ระยะทาง (Distance)

$$\text{Speed (bps)} \times \text{Distance (m)} \leq 10^8$$

โหมดความเร็วสูง (10 Mbps)
- วิ่งได้ไกลสุดแค่ 15 เมตร (เหมาะกับตู้คอนโทรล)

สัญญาณวิ่งได้ระยะสั้นแต่เร็ว



โหมดมาราธอน (9,600 bps)
- วิ่งได้ไกลถึง 1,200 เมตร (เหมาะกับมิเตอร์ข้ามอาคาร)

สัญญาณวิ่งได้ระยะไกลแต่ช้า

⚠ **ข้อควรระวัง:** สัญญาณความถี่สูงจะเกิดความผิดเพี้ยน (Jitter) และสูญเสียในสายมากกว่า ต้องเลือกความเร็วให้เหมาะกับงาน!

NotebookLM

กฎการเดินสาย: บังคับใช้ Daisy-Chain เท่านั้น!

แบบสายตรง (Daisy-Chain)

รักษาค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) ให้คงที่ สัญญาณไหลลื่น ไม่มีสะดุด

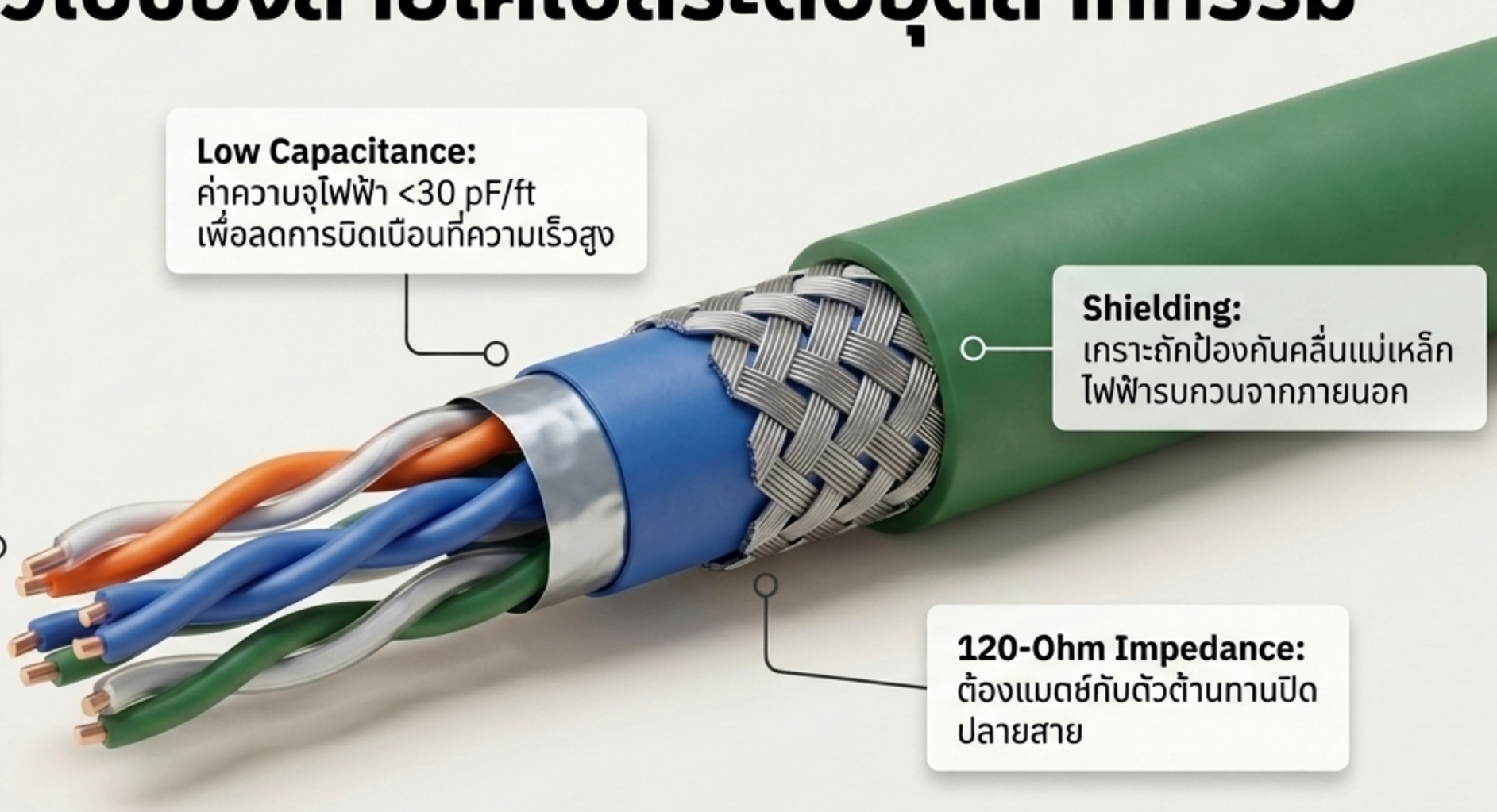
แบบดาว (Star Topology) - ห้ามทำเด็ดขาด!

จุดแยกสาย (Stubs) ที่ยาวเกินไปทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของอิมพีแดนซ์ ข้อมูลจะสะท้อนกลับ (Signal Reflection) มาชนกันเองจนระบบล่ม

จุดแยกสาย (Stubs) ที่ยาวเกินไปทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของอิมพีแดนซ์ ข้อมูลจะสะท้อนกลับ (Signal Reflection) มาชนกันเองจนระบบล่ม

NotebookLM

ลักษณะทั่วไปของสายเคเบิลระดับอุตสาหกรรม



Low Capacitance:
ค่าความจุไฟฟ้า <30 pF/ft
เพื่อลดการบิดเบือนที่ความเร็วสูง

Wire Gauge:
ขนาด 22-24 AWG
ให้ความสมดุลที่ดีที่สุด

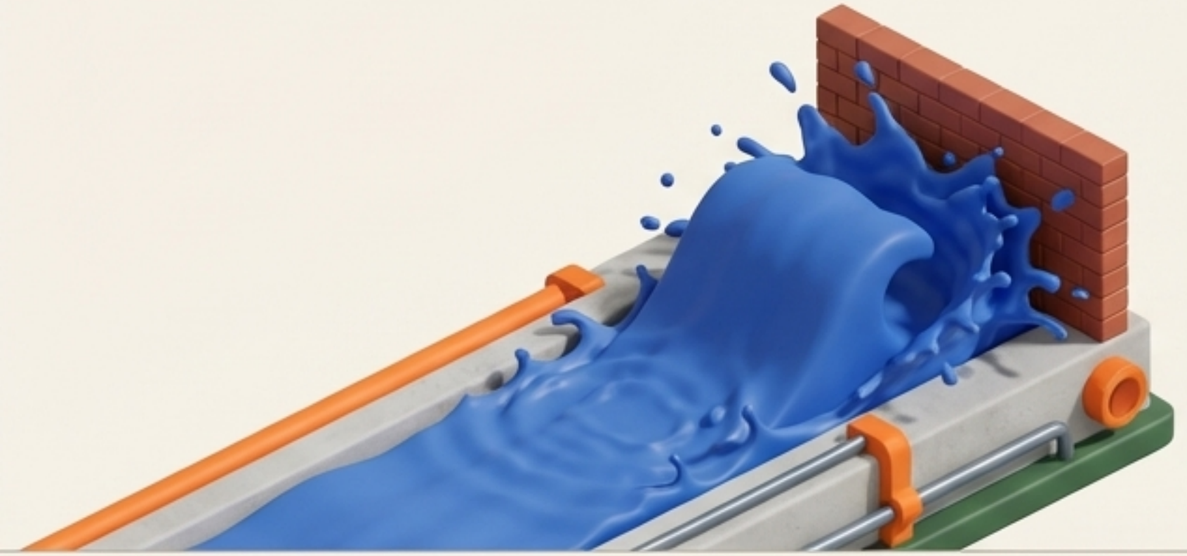
Shielding:
เกราะถักป้องกันคลื่นแม่เหล็ก
ไฟฟ้ารบกวนจากภายนอก

120-Ohm Impedance:
ต้องแมตช์กับตัวต้านทานปิด
ปลายสาย

⚠ **คำเตือน:** อย่าใช้สาย LAN (CAT5) ราคาถูกกับงานระยะไกล! สายแกนเดี่ยวเปราะบาง แตกหักง่ายในขั้วต่อ และไม่มี Shield ในรุ่นประหยัด

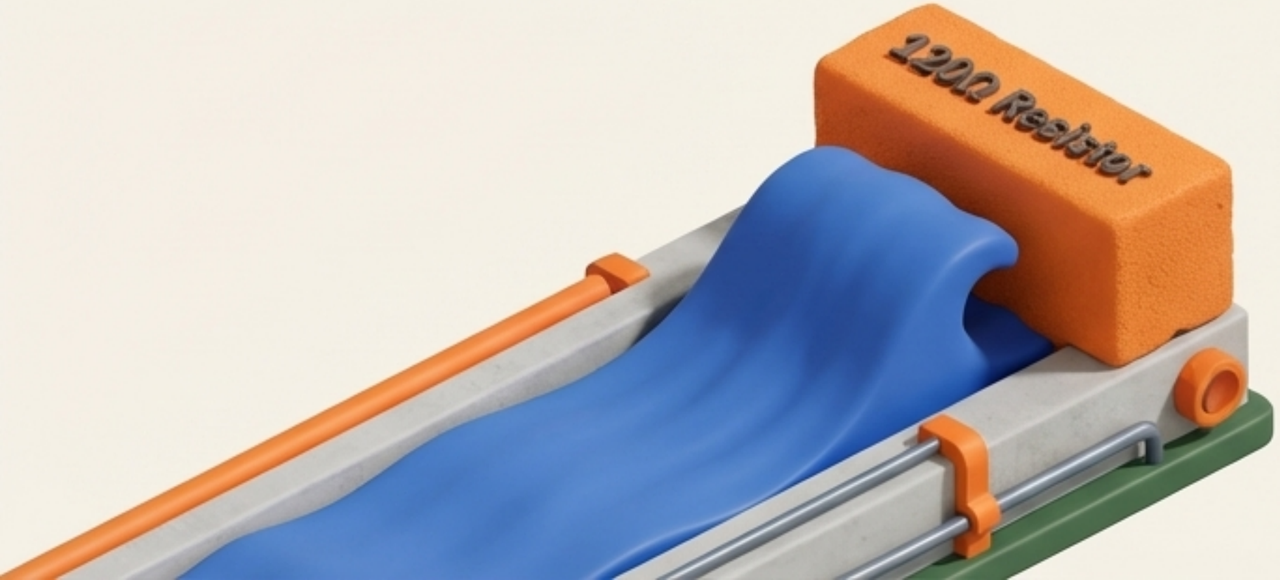
NotebookLM

ตัวต้านทานปิดปลายสาย (Termination): หยุดเสียงสะท้อน



ไม่มี Termination (เกิด Reflection)

พลังงานที่เหลือชนปลายสายและสะท้อน
กลับมาทำลายข้อมูลใหม่

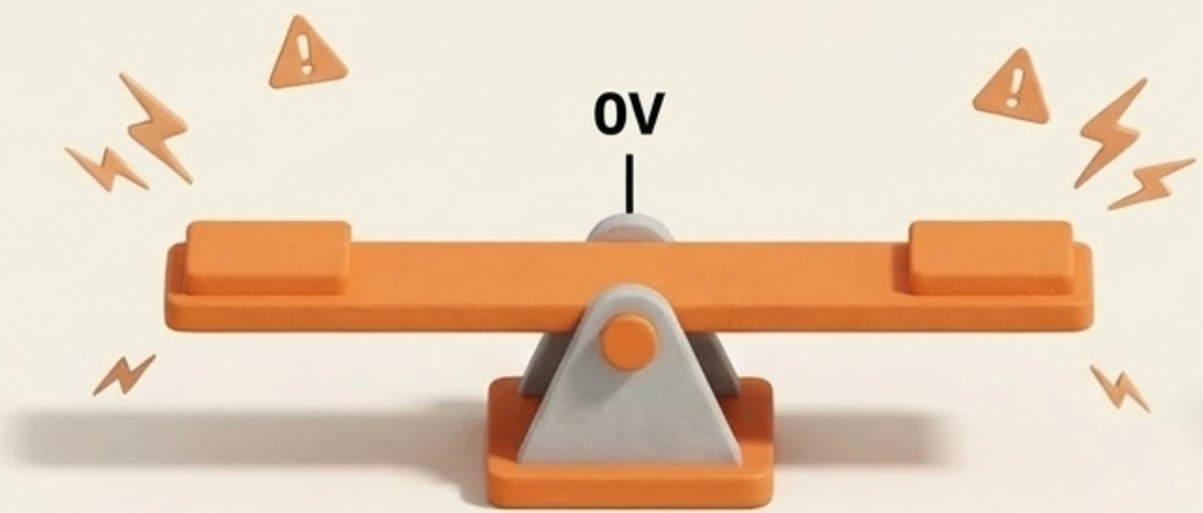


ติดตั้ง 120Ω Resistor

ทำหน้าที่เหมือนฟองน้ำ ดูดซับพลังงานไฟฟ้า
ที่ปลายสายสุดทั้ง ‘หัว’ และ ‘ท้าย’ ของระบบ
(เพียง 2 จุดเท่านั้น)

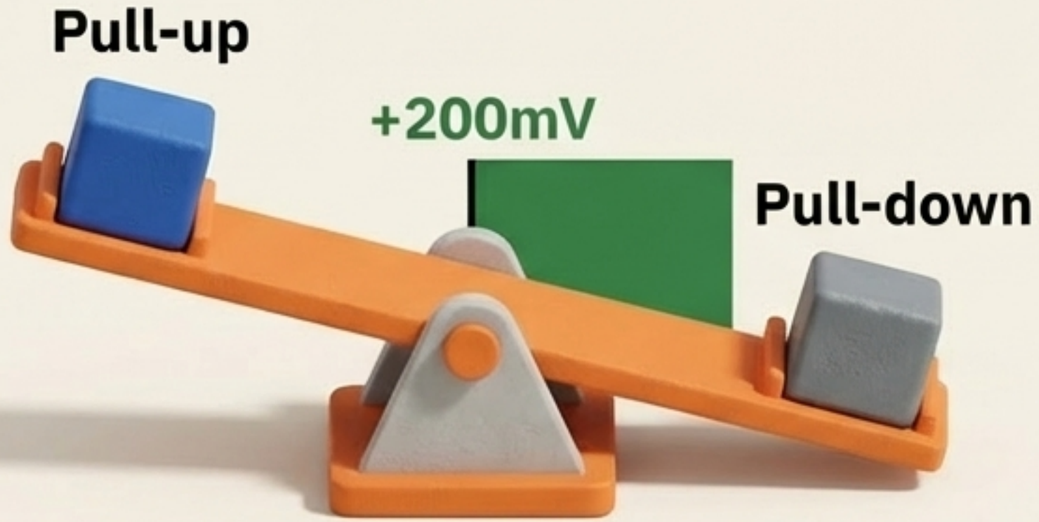
NotebookLM

Failsafe Biasing: คุ้มกันบัสในยามหลับใหล



สภาวะบัสว่าง (Idle Bus)

เมื่อไม่มีใครส่งข้อมูล แรงดันตกมาใกล้ 0V (โซนไม่กำหนดค่า) สัญญาณรบกวนนิดเดียวอาจทำให้ระบบเข้าใจผิดว่าเป็นข้อมูลขยะ



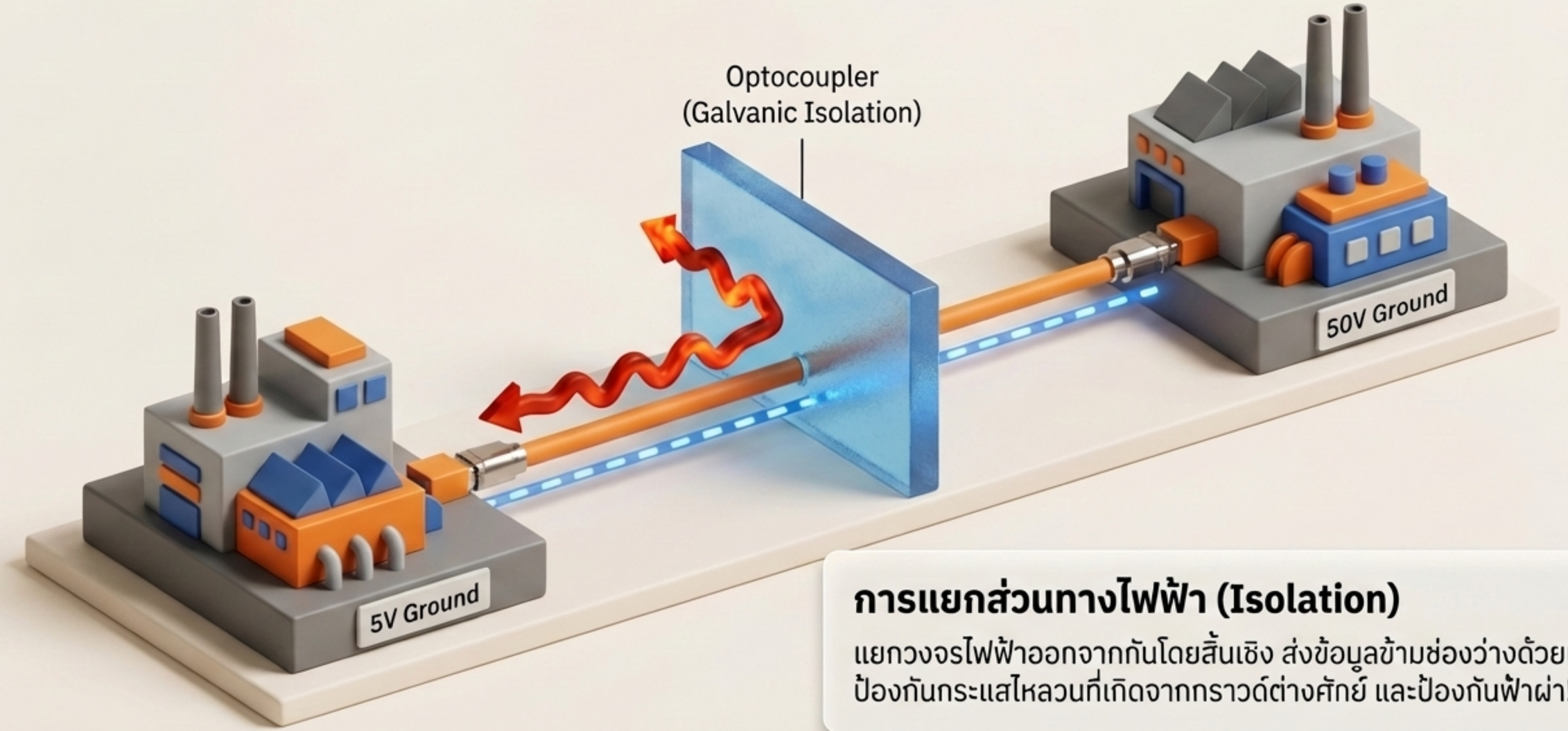
ทางแก้: วงจร Biasing

ใช้ตัวต้านทานถ่วงน้ำหนักสาย A และ B บังคับให้มีความต่างศักย์เกิน 200mV เสมอ สร้างสถานะปลอดภัยเมื่อไม่มีการสื่อสาร

NotebookLM

เปลี่ยนจาก ความเชื่อผิดๆ RS485 เป็นระบบ 2 สาย ซึ่งความจริงต้องมีสาย Common Ground เป็นเส้นที่ 3 เสมอ

กราวด์ลูป และเกราะพลังงานแสง (Galvanic Isolation)



การแยกส่วนทางไฟฟ้า (Isolation)

แยกวงจรไฟฟ้าออกจากกันโดยสิ้นเชิง ส่งข้อมูลข้ามช่องว่างด้วยแสง ป้องกันกระแสไหลวนที่เกิดจากกราวด์ต่างศักย์ และป้องกันฟ้าผ่า!

NotebookLM

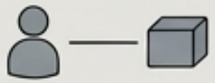
การประชันสเปก: ศึกชิงเจ้าแห่งสายสัญญาณ

RS232

โครงสร้าง: Single-ended

ระยะทางสูงสุด: 15m

โหนดสูงสุด:
1 ต่อ 1



การทน Noise: ต่ำ

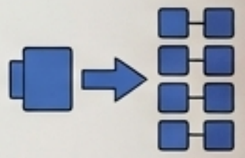
การใช้งาน: เชื่อมต่อหลังเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะสั้น

RS422

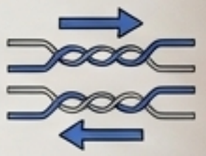
โครงสร้าง: Differential

ระยะทางสูงสุด: 1200m

โหนดสูงสุด:
ส่ง 1 รับ 10



โหมด:
Full-duplex
(สายไฟเยอะ)



การทน Noise: สูง

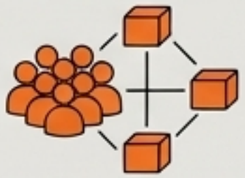
THE ALL-ROUNDER

RS485 (ผู้ชนะ)

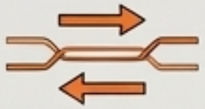
โครงสร้าง: Differential

ระยะทางสูงสุด: 1200m

โหนดสูงสุด:
สื่อสารกลุ่ม
32-256 โหนด



โหมด:
Half-duplex
(ประหยัดสายสุด)



การทน Noise: สูงมาก

NotebookLM

โปรโตคอลซอฟต์แวร์: ภาษาจราจรบนถนน RS485

Modbus RTU

ตัวดึงวงการอุตสาหกรรม
ทำงานแบบ Master-Slave
ง่าย ทนทาน ใช้กับ PLC และ Inverter

BACnet MS/TP

สำหรับระบบจัดการอาคาร (HVAC)
ฉลาดด้วยระบบสลับคิวส่ง
(Token Passing)

PROFIBUS DP

สายซิ่งแบบเรียลไทม์
บังคับใช้สาย 150 โอห์มเฉพาะทาง

Tech Tip: อุปกรณ์แปลงสัญญาณยุคใหม่ควรมีระบบ Auto-turnaround เพื่อสลับทิศทางรับส่งข้อมูล Half-duplex อัตโนมัติ ไม่ต้องเขียนโปรแกรมสลับเองให้ปวดเฉังให้ปวดหัว!

NotebookLM

กล่องเครื่องมือนักสืบ: การวิเคราะห์และแก้ปัญหา

Multimeter (เช็กทางกายภาพ)

วัดอิมพีแดนซ์บัส: ต้องได้ค่าประมาณ 60 โอห์ม (120Ω ขนานกันสองตัว) ถ้ายืน 120Ω แปลว่าลืมติด Termination 1 จุด!

V- **แรงดันสถิต (Idle):** สาย B ต้องเป็นบวกมากกว่า A เสมอ

Oscilloscope (ดูความสะอาดของคลื่น)

คลื่นช่วงสภาวะว่างต้องเรียบนิ่งและขอบคลื่นสี่เหลี่ยมต้องคม

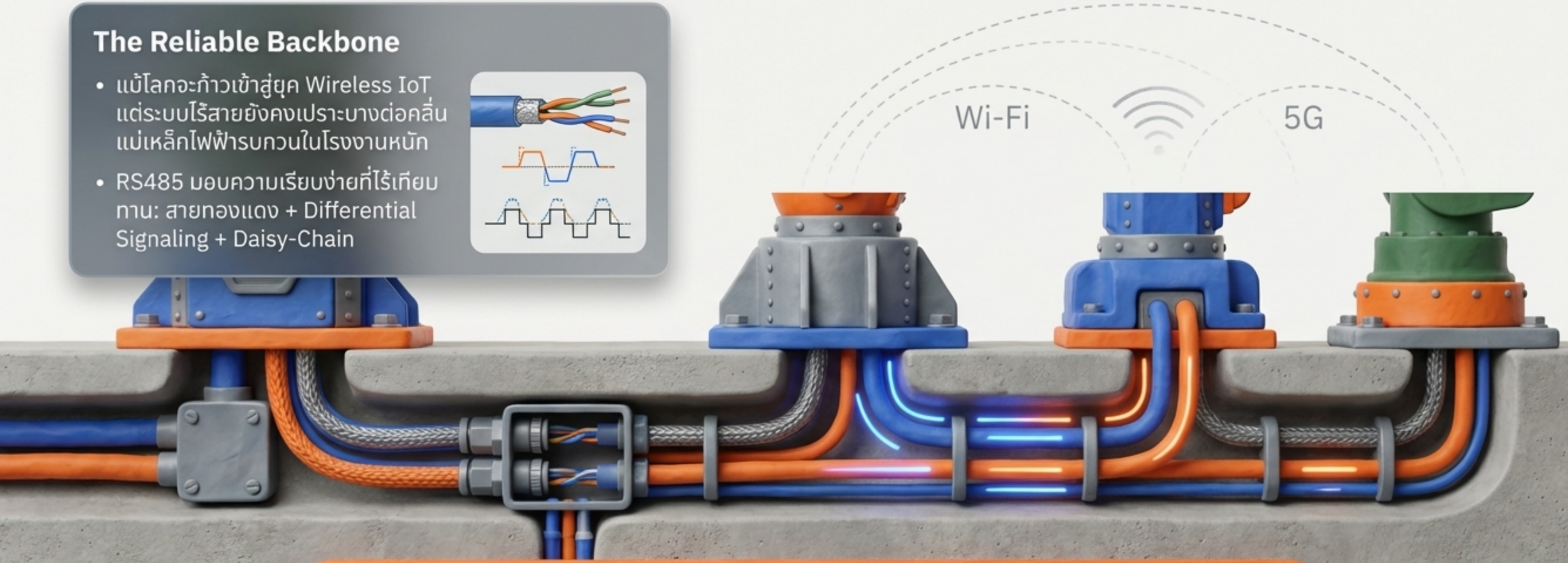
Ringing (รอยหยัก): ถ้าคลื่นสั่นสะเทือนตามขอบ (ตรงจุดแว่นขยาย) แปลว่าเกิดสัญญาณสะท้อน ต้องเช็ก Termination และสายแยก (Stubs)

NotebookLM

อนาคตของระบบอัตโนมัติ: ทำไม RS485 ถึงไม่มีวันตาย?

The Reliable Backbone

- แม้โลกจะก้าวเข้าสู่ยุค Wireless IoT แต่ระบบไร้สายยังคงเปราะบางต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนในโรงงานหนัก
- RS485 มอบความเรียบง่ายที่ไร้เทียมทาน: สายทองแดง + Differential Signaling + Daisy-Chain



ตราบใดที่โลกยังต้องควบคุมเครื่องจักรกลหนัก
RS485 จะเป็นเส้นเลือดใหญ่ทาง Physical Layer ที่ไม่มีวันถูกแทนที่!

NotebookLM