

บทที่ 4

การทดสอบและประเมินผล

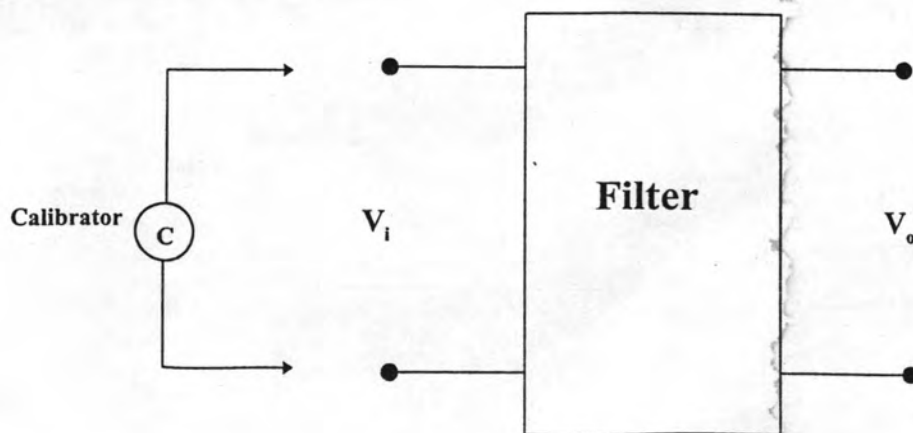
4.1 การทดสอบคุณสมบัติของเครื่องตรวจจับหาค่าแห่งคิซาร์จบางส่วน

คุณสมบัติของเครื่องตรวจสอบหาค่าแห่งคิซาร์จบางส่วน

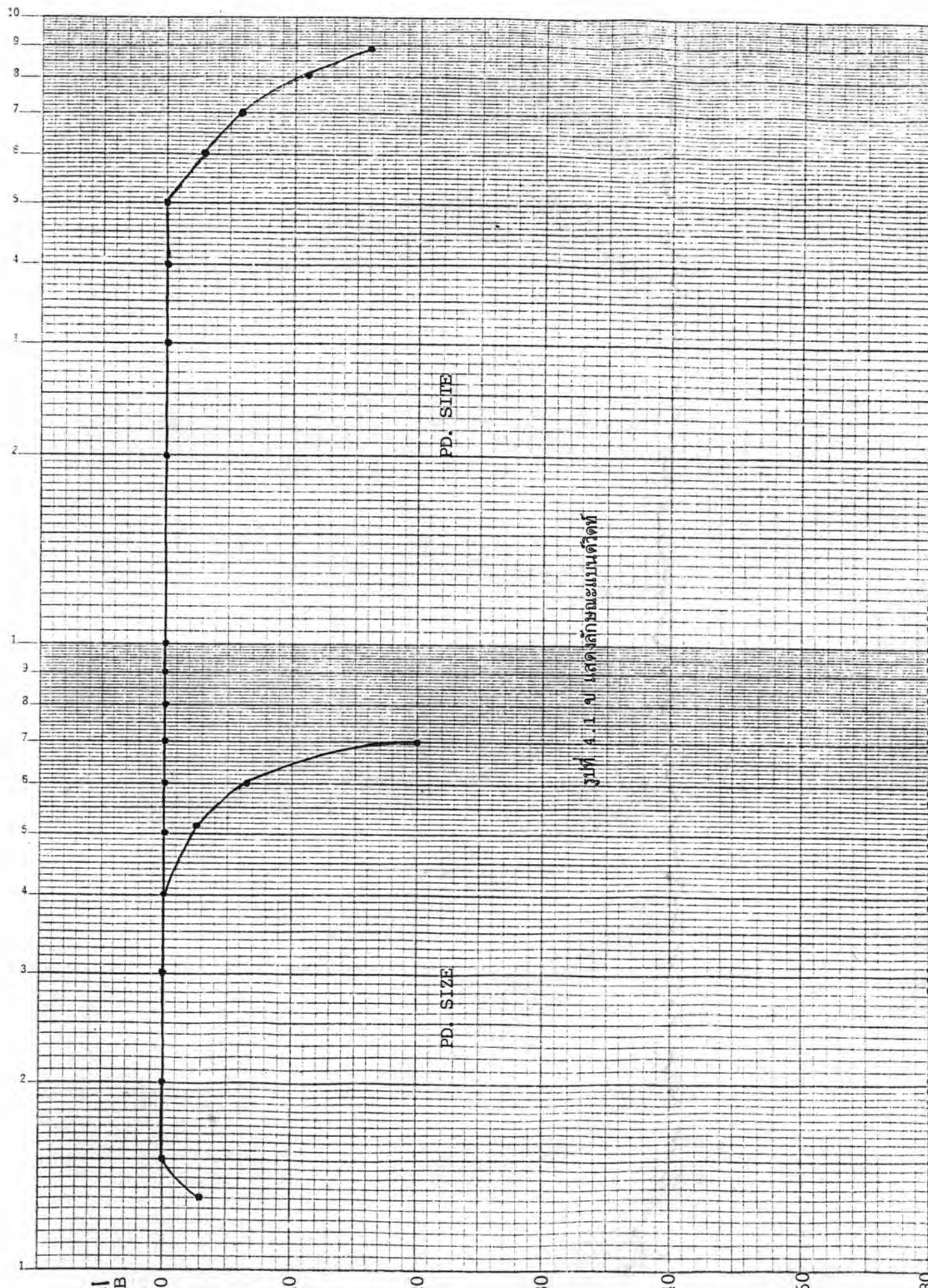
- 1) ตรวจสอบแบนด์วิดท์ของวงจรรับสัญญาณคิซาร์จบางส่วน
- 2) ลักษณะสัญญาณเอาต์พุต และเวลาแยกซัด (Resolution time)
- 3) ความไว (Sensitivity)
- 4) ความแม่นยำในการระบุค่าแห่งที่เกิดคิซาร์จบางส่วน

4.1.1 การตรวจสอบแบนด์วิดท์ของวงจรรับสัญญาณคิซาร์จบางส่วน

ทำการป้อนแรงดันขาเข้า (V_i) ที่ด้านอินพุตของวงจรดังรูป 4.1 วัดแรงดันขาออก (V_o) ที่ค่า ความถี่ต่างๆ กัน จากนั้นนำค่า V_o/V_i เทียบกับความถี่ มาเขียนกราฟที่ค่า -3 dB คือค่าแบนด์วิดท์ ซึ่งมีได้สองค่าคือ แบนด์วิดท์สำหรับการหาค่าแห่ง PD อยู่ระหว่างความถี่ 31 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 4.9 เมกกะเฮิร์ตซ์ และการหาขนาด PD อยู่ระหว่าง ความถี่ 31 ถึง 390 กิโลเฮิร์ตซ์ ผลที่ได้มีความผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากผลกระทบของหม้อแปลงความถี่กว้าง กราฟที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.1 ก แสดงวงจรทดสอบ

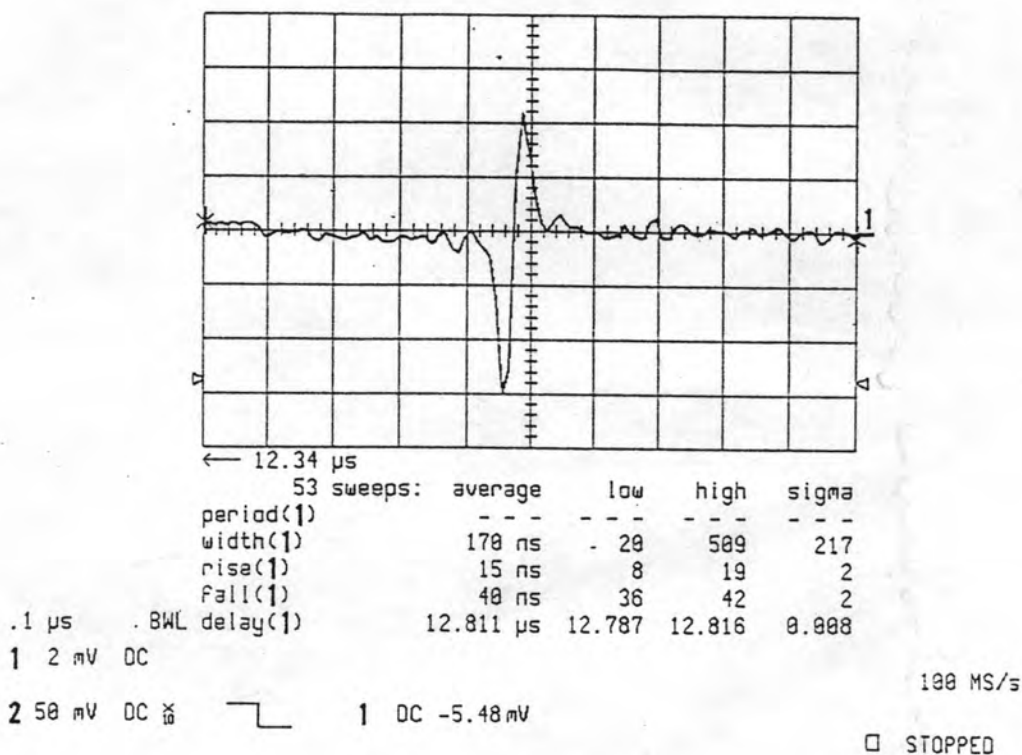


รูปที่ 4.1 ข แสดงลักษณะแบนด์วิดท์

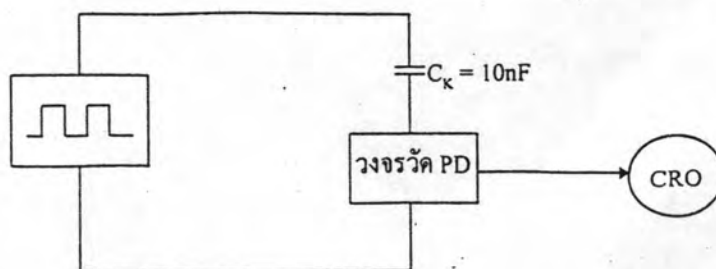
4.1.2 ลักษณะสัญญาณเอาต์พุต และเวลาแยกชัด (Resolution time)

การตรวจสอบสัญญาณเอาต์พุต ทำได้โดยการป้อนสัญญาณขนาด 20 พิโคคูลอมปี จากเครื่องปรับเทียบคิซาร์จมาตรฐาน ที่ด้านอินพุตของวงจรรับสัญญาณ PD ลักษณะสัญญาณเอาต์พุตทางจอภาพแสดงได้ดังรูป 4.2 ลักษณะคลื่นลูกแรกมีค่ามากกว่าคลื่นลูกที่สอง ดังนั้นจึงถือเป็นผลตอบสนองแบบอัลฟา (α) ซึ่งทำให้สรุปได้ว่าวงจรรับเป็นแบบแถบกว้าง (Wide-band)

การตรวจสอบคุณสมบัติการเกิดชุปเปอร์โพสิชัน ทำได้โดยป้อนพัลส์จากเครื่องกำเนิดพัลส์คู่ผ่านตัวเก็บประจุ C_x ขนาด 10 นาโนฟารัด ดังรูป 4.3

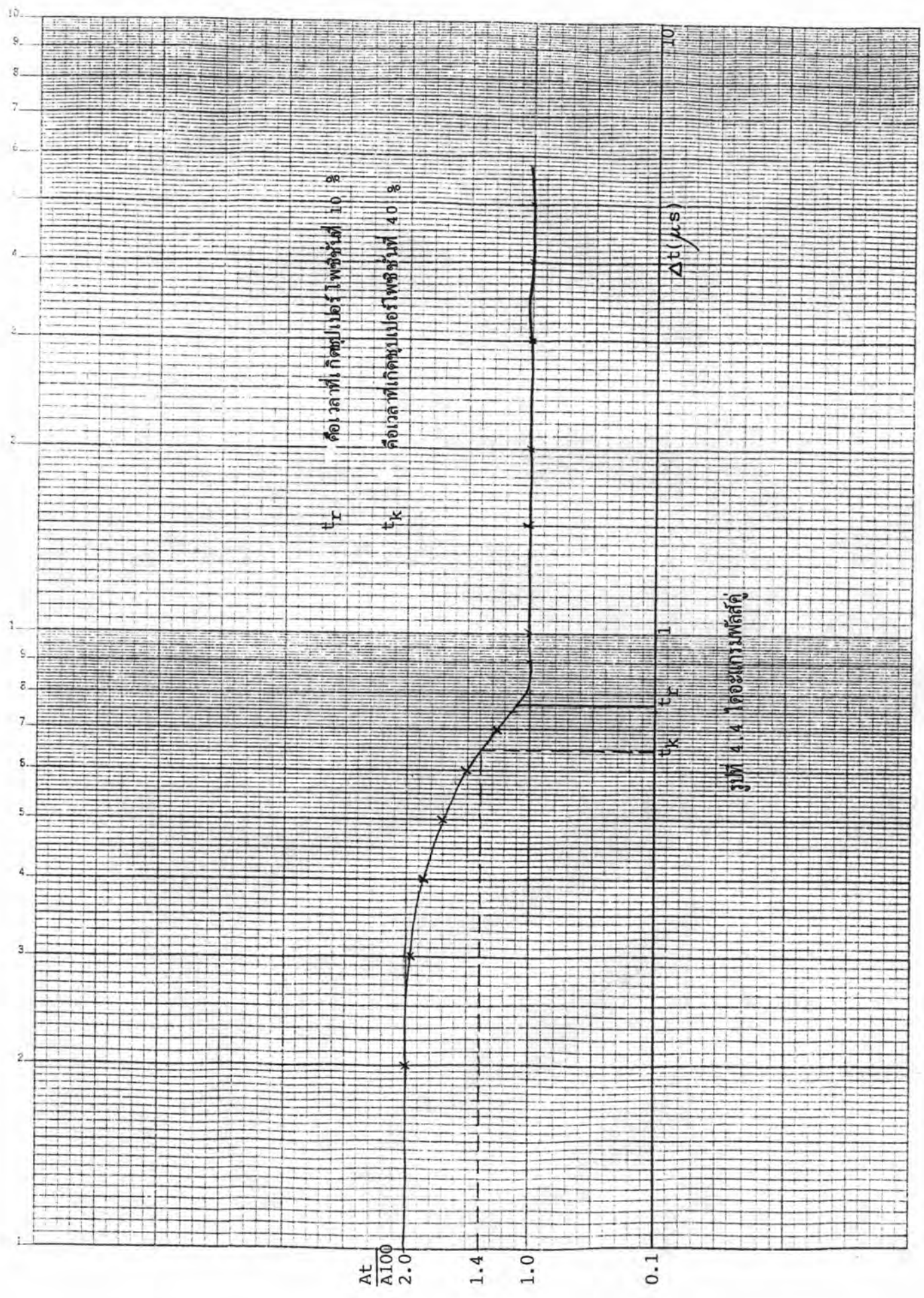


รูปที่ 4.2 ภาพแสดงสัญญาณขาออกของวงจรรับสัญญาณ PD



รูปที่ 4.3 วงจรหาการเกิดชุปเปอร์โพสิชัน

SEMI-LOGARITHMIC
2 CYCLES X 20 DIVISIONS



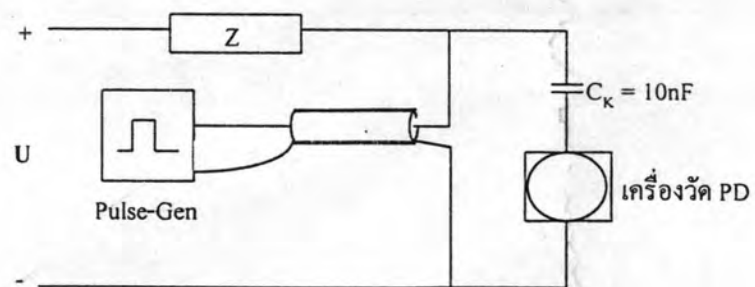
รูปที่ 4.4 โดยกรมพลศึกษา

การทดสอบนี้ทำเพื่อจำลองเหตุการณ์ขณะทดสอบจริง คือขณะที่ PD ลูกที่ 1 เคลื่อนที่เข้าหาเครื่องมือวัด PD ลูกที่ 2 จะเคลื่อนที่ไปยังปลายสายด้านตรงข้ามเครื่องมือวัด แล้วสะท้อนกลับมายังเครื่องมือวัดโดยถูกคลื่นจะมีเฟสเดิม เนื่องจากปลายสายเปิด ดังนั้นถ้าเกิด PD ที่ระยะใกล้ปลายสาย จึงมีโอกาสเกิดชูปเปอร์โพสิชันได้ การใช้เครื่องกำเนิดพัลส์คู่ที่ปรับระยะระหว่างพัลส์ได้ จึงใช้ทดสอบการเกิดชูปเปอร์โพสิชัน ผลการทดลองที่ได้นำมาเขียนไดอะแกรมพัลส์คู่ จะพบว่าระยะเวลาแยกพัลส์ประมาณ 1 ไมโครวินาที ณ จุดที่เกิดชูปเปอร์โพสิชันไม่เกิน 10% ของค่าปกติ ดังนั้นจึงสามารถหาความยาววิกฤตได้ เมื่อทราบว่าความเร็วของสายเคเบิล XLPE อยู่ระหว่าง 150-170 m/ μ s ดังนั้นความยาววิกฤตของสายเคเบิล (l_k) คือ $0.5vt_k$ เมื่อ $v = 150$ m/ μ s, $t = 0.7$ μ s ที่ค่า $A_k/A_{100} = 1.4$ ตามไดอะแกรมพัลส์คู่

$$\text{ดังนั้น} \quad l_k = 0.5(0.7)(150) = 52.5 \text{ เมตร}$$

4.1.3 การตรวจสอบความไว

การทดสอบความไวสำหรับสายเคเบิล ทำได้โดยใช้วงจรทดสอบดังรูป 4.5

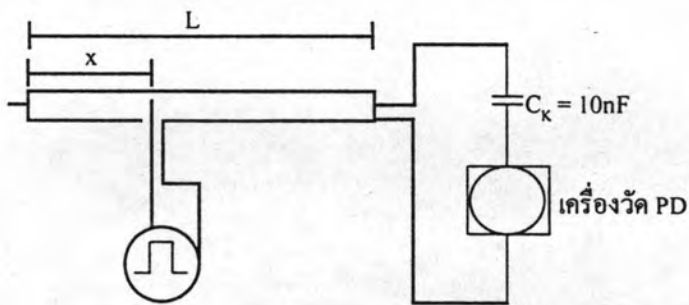


รูปที่ 4.5 วงจรหาความไว

ป้อนพัลส์ขนาด 20 พิโคจูลอมป์เข้าไปยังเครื่องมือวัด อ่านค่าที่ได้จากออสซิลโลสโคป จากนั้นปลดพัลส์ออก แล้วอ่านค่าขนาดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นเมื่อ ความไวเท่ากับค่าสองเท่าของสัญญาณรบกวนสูงสุด สัญญาณรบกวนที่วัดได้จริงจะแตกต่างจากการคำนวณได้ เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจริงมีมาจากอุปกรณ์ขยายภาคอื่นๆ ได้

4.1.4. ความแม่นยำในการระบุตำแหน่งที่เกิดคิซซาร์จบางส่วน

การทดลองป้อนพัลส์ยังตำแหน่งที่จำลองการเกิด PD ระยะ 100 เมตร การทดสอบทำได้โดยป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปยังสายเคเบิลยาวในตำแหน่งที่วัดไว้ จากการทดลองเลือกสายเคเบิลยาว 200 เมตร ทดสอบจุดเกิด PD โดยการป้อนพัลส์ขนาด 50 พิโคลอมป์ เข้าไปยังตำแหน่ง 100 เมตร ตามวงจรรูปที่ 4.6 โดยเลือกใช้สาย RG-58U/A 50 โอห์ม และใช้ตัวเก็บประจุคัปปลิงขนาด 10 นาโนฟารัด การทดลองได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 วงจรตรวจหาตำแหน่งเกิด PD

จากการคำนวณ

$$\frac{2t_x}{2t_L} = \frac{t_x}{t_L} = \frac{X}{L}$$

จากรูป $2t_x = 1 \mu s$

$$2t_L = 2.05 \mu s$$

เมื่อ $L = 200 \text{ m}$

$$\frac{1 \mu s}{2.05 \mu s} = \frac{X}{200}$$

ดังนั้น $X = 97.5 \text{ m}$

ระยะ x ที่วัดจริง = 100 m

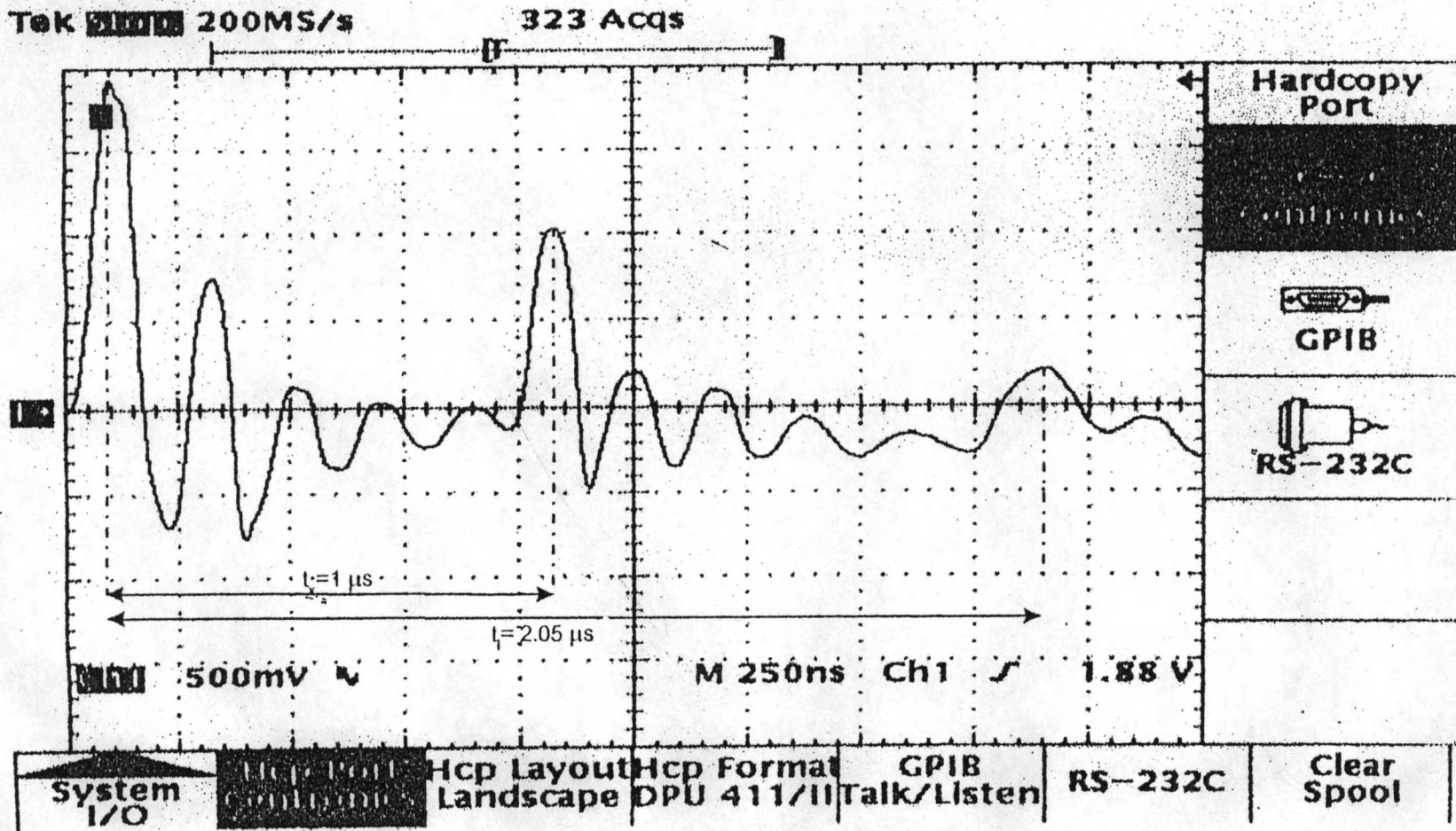
ระยะ x จากการคำนวณ = 97.5 m

ค่าคลาดเคลื่อนที่ได้ = $\frac{2.5}{200} = 1.25\%$

4.2 การทดสอบรูปร่างพัลส์

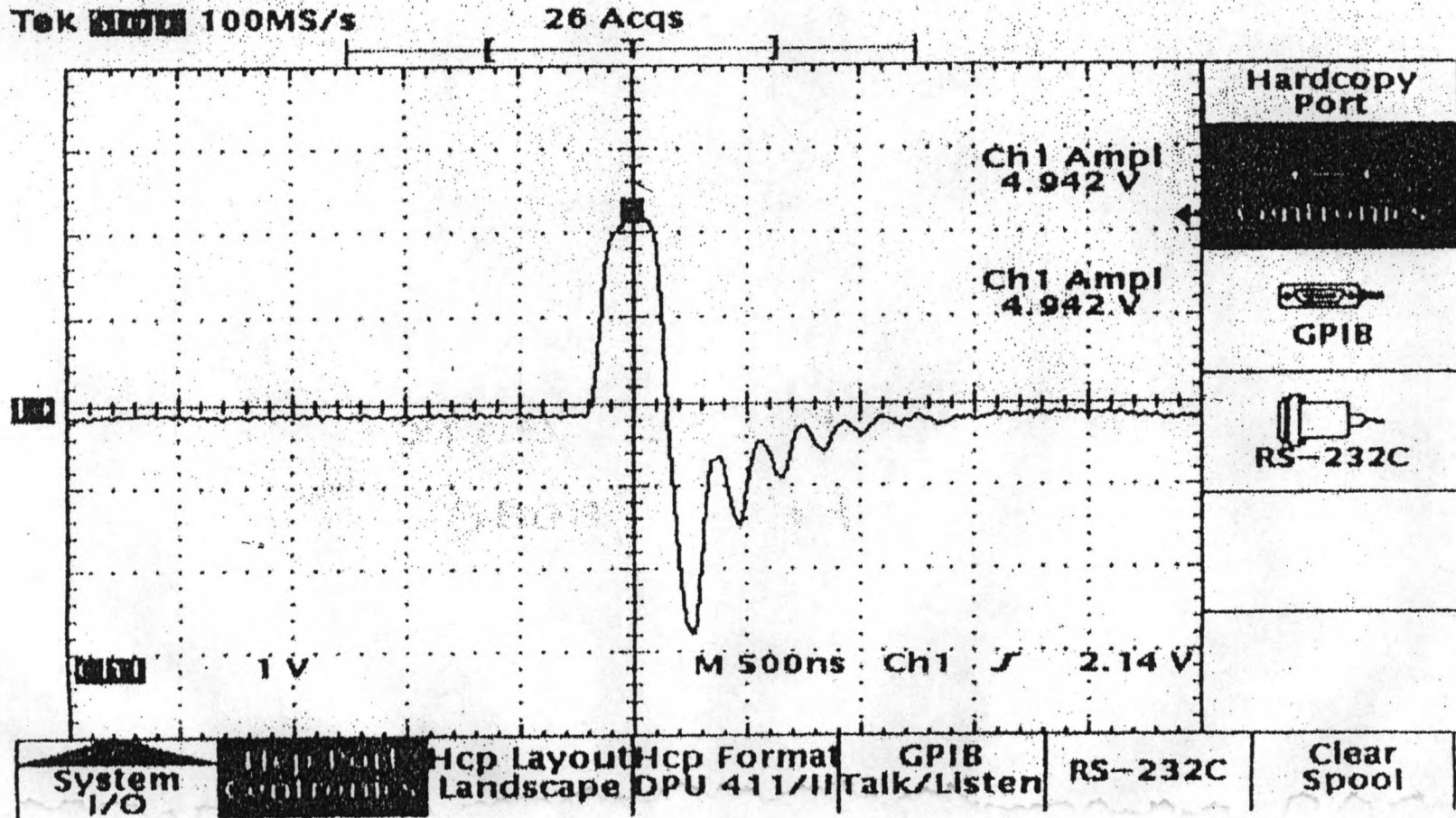
การทดลองเพื่อตรวจสอบพัลส์ โดยการป้อนพัลส์เข้าปลายสายยาว 100 เมตร แล้วตรวจจับด้วยเครื่องตรวจวัด PD ทำการเปรียบเทียบระหว่างการใช้โพรบวัดสัญญาณกับการใช้สาย RG-6 จะได้รูปคลื่นดังรูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9

แม้ว่าได้เลือกการคัปปลิง DC 50 โอห์มก็ตาม การตรวจจับด้วยโพรบโดยตรง ยังคงให้ผลตอบสนองของสัญญาณที่ดีกว่า โดยสังเกตจากการแกว่งของสัญญาณด้านหลังคลื่น



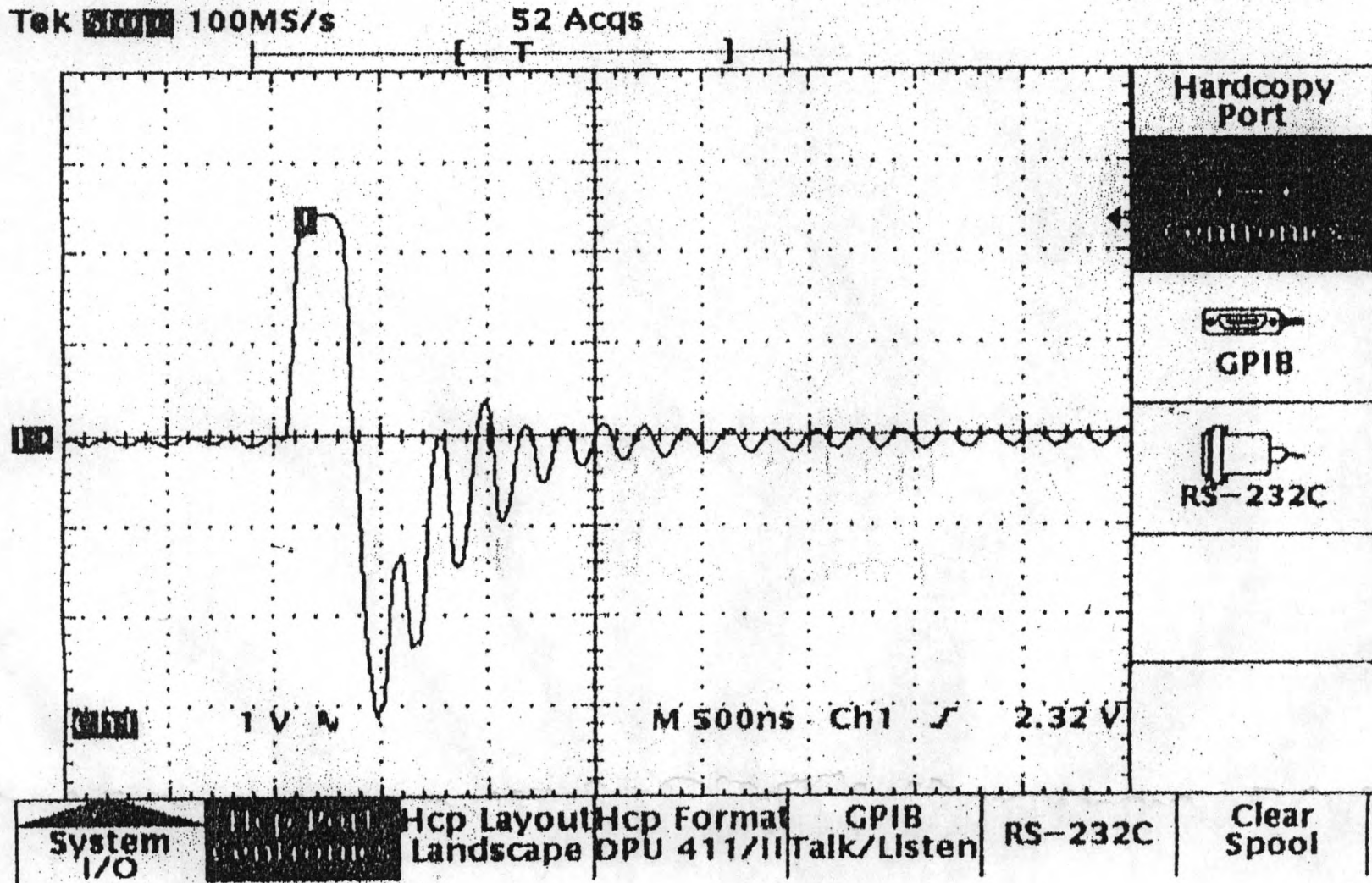
Reflected pulse in 200 m cable RG-58 U/A at center

รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณการสะท้อนกลับของพัลส์ที่ระยะ 200 เมตร



1-pulse 50 pC FR: Probe

รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณการเกิดพัลส์ตรวจจับผ่านโพรบ



1-pulse 50 pC FR:cable RG-6

รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณการเกิดพัลส์ตรวจจับผ่านเคเบิล

4.3 การทดสอบรูปคลื่นพัลส์คู่

ทำการทดลองโดยการป้อนสัญญาณพัลส์คู่เข้าไปที่ปลายสายเคเบิล ความยาว 100 เมตร จากนั้นตรวจจับสัญญาณที่ได้ปรากฏดังรูปที่ 4.10

4.4 การทดสอบการสะท้อนกลับแบบปลายปิด

ทำการทดลองตามข้อ 4.1 แต่ปลายด้านเปิดของสายเคเบิลนำมาลัดวงจรเข้าด้วยกัน และสัญญาณที่ป้อนเป็นพัลส์คู่ ให้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.11 จุดประสงค์ของการทดลองเพื่อตรวจสอบว่ารูปคลื่นขนาดเล็กที่เคลื่อนที่ตามมานั้นเป็นคลื่นที่เกิดการสะท้อนจริง เพราะปลายปิดให้ผลการสะท้อนแบบกลับหัว

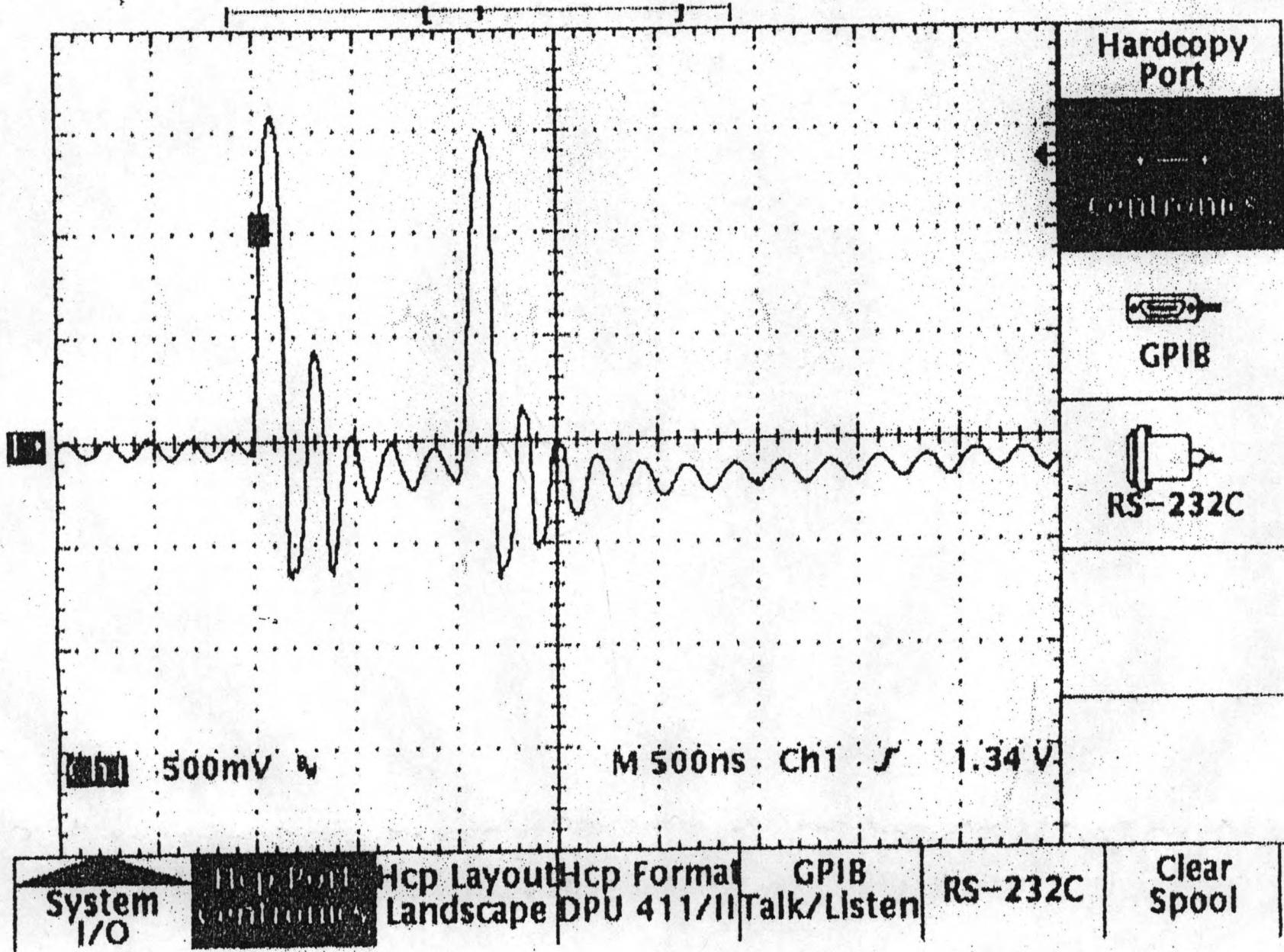
4.5 การทดสอบผลการทดลองด้วยการป้อนพัลส์

การทดลองทำโดยนำสายเคเบิลยาว 190 เมตร มาต่อกับหัว BNC แบบ 3 ทางที่ระยะ 30 เมตรจากปลายด้านไกล แล้วป้อนพัลส์

เมื่อทำการทดลองสายเคเบิลสายเคเบิลที่ระยะ $X = 30$ เมตร การทดลองได้ผลดังรูปที่ 4.12 ซึ่งมีระยะ $2t_L = 335 - 15$ ns และ $2t_L = 2260 - 15$ ns จะได้ระยะ $X = \frac{0.8}{3} * 190 = 27$ เมตร

$$\text{ความคลาดเคลื่อน} = \frac{372}{24} = 1.58\%$$

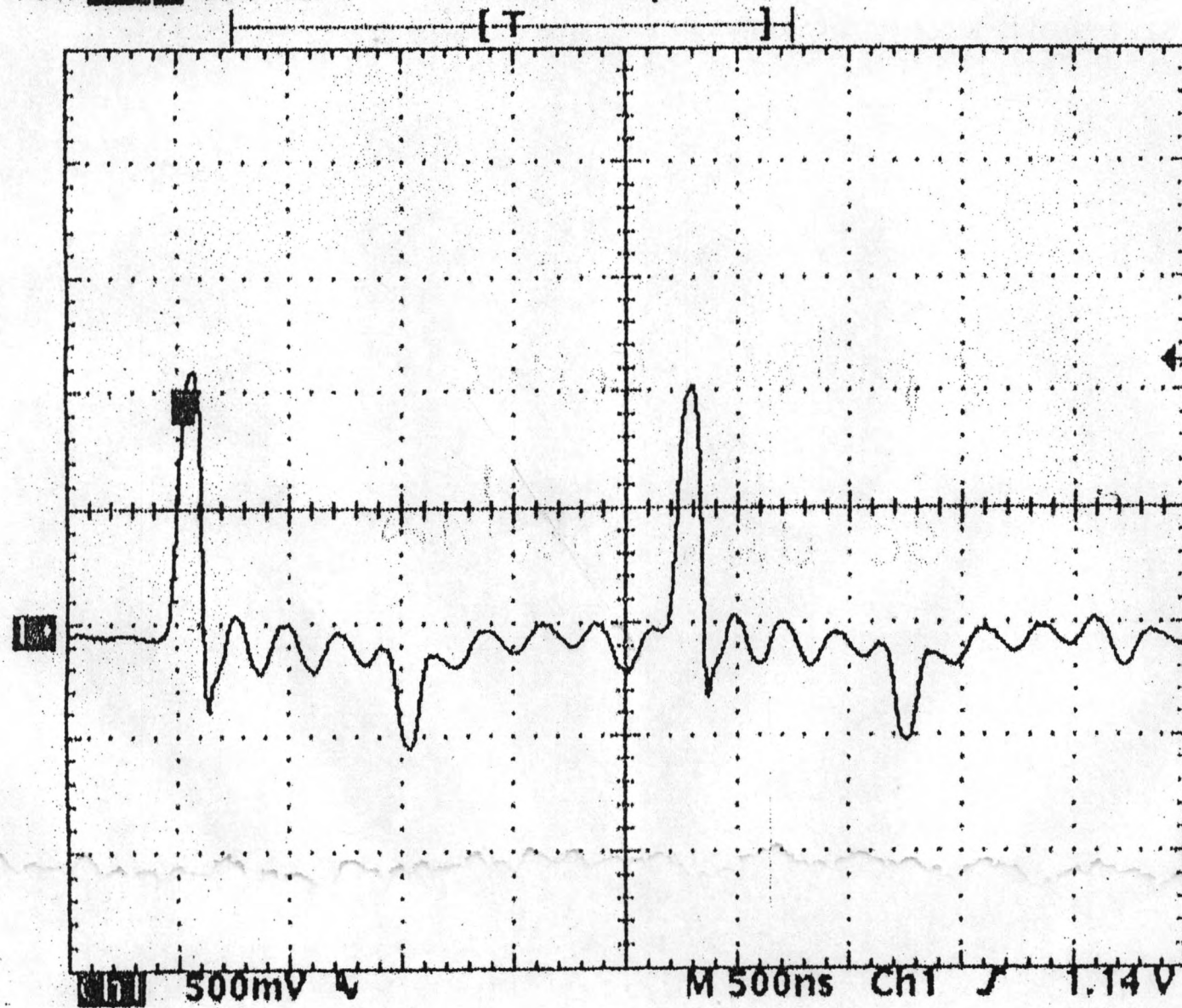
ความแม่นยำในการตรวจวัดขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่เกิด PD และการตั้งค่าบนจอภาพ ให้เห็นรูปคลื่น 3 รูปเต็มจอ



รูปที่ 4.10 แสดงพัลส์คู่

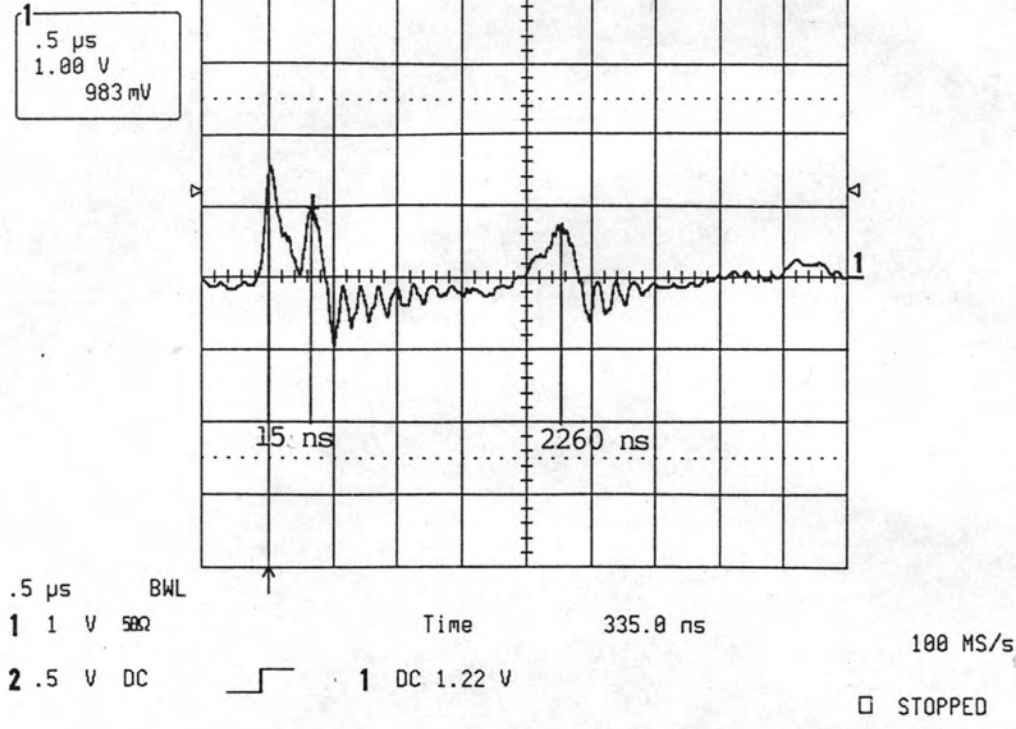
Tek 100MS/s

17281 Acqs



รูปที่ 4.11 แสดงการสะท้อนของพัลส์คู่เมื่อปลายสายลัดวงจร

14-May-97
15:20:11

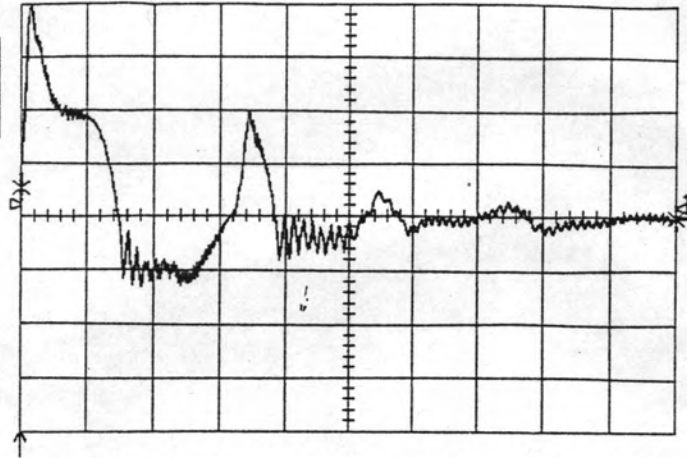


รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ระยะ 30 เมตร จากปลายด้านไกล

การทดลองปรับอัตราส่วนจากจอภาพลงมาทำให้เห็นรูปคลื่นสะท้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้จนกระทั่ง
ถูกลดทอนไปในที่สุด ดังรูปที่ 4.13 ขนาดสัญญาณที่เล็กลงดังรูปนั้นเกิดจากค่าความสูญเสียภายใน
สาย และค่าการสะท้อนกลับของลูกคลื่น ทำให้พัลส์ถูกหลายๆ ค่อยๆ หายไปกับสัญญาณรบกวน ใน
การทดลองได้แสดงรูปสัญญาณรบกวนที่ได้หลังหยุดจ่ายพัลส์ ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งสามารถนำไป
คำนวณความไวได้

24-Apr-97
16:12:35

1
1 μ s
0.50 V



374 sweeps: average low high sigma
 period(1) 2.757 μ s 1.850 3.133 0.177
 width(1) 1.661 μ s 0.559 2.969 0.574
 rise(1) 0.510 μ s 0.132 1.022 0.108
 Fall(1) 1.281 μ s 0.218 1.616 0.346
 delay(1) 1.671 μ s 0.376 3.494 1.171

1 μ s
1 .5 V 50 Ω

2 .1 V AC



1 DC 0.09 V

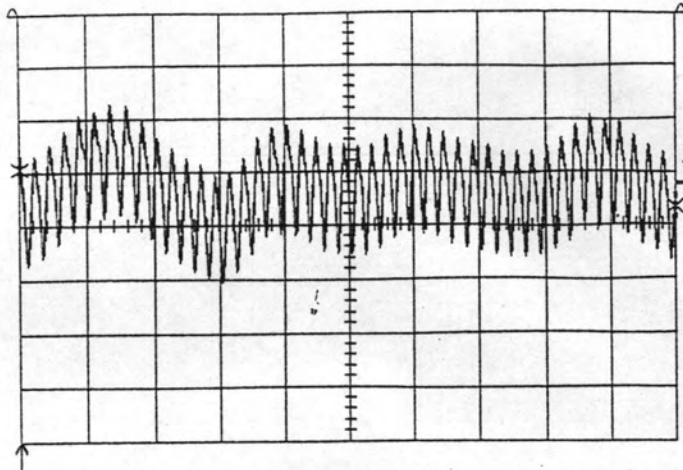
100 MS/s

STOPPED

รูปที่ 4.13 แสดงการสะท้อนของรูปคลื่นในสายเคเบิลจริง

24-Apr-97
17:57:46

1
.5 μ s
20.0 mV



	0 sweeps:	average	low	high	sigma
period(1)	---	---	---	---	---
width(1)	---	---	---	---	---
rise(1)	---	---	---	---	---
Fall(1)	---	---	---	---	---
BWL delay(1)	---	---	---	---	---

.5 μ s
1 20 mV Ω

2 .1 V AC



1 DC 84.4 mV

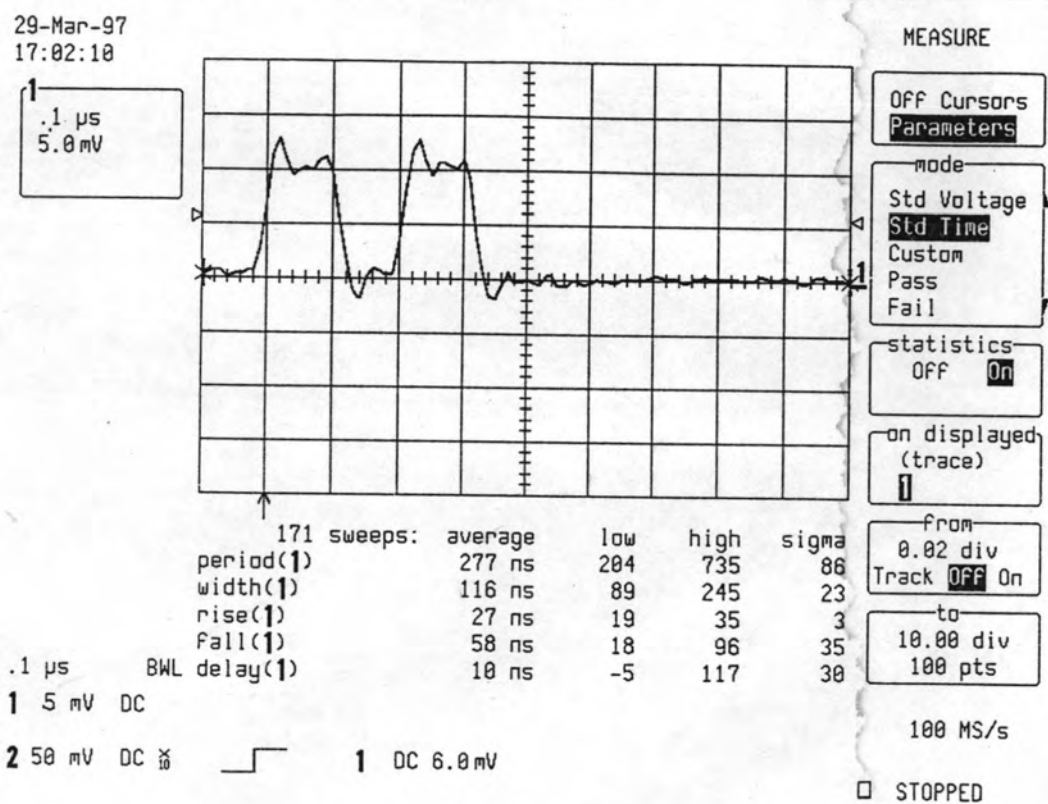
100 MS/s

SINGLE

รูปที่ 4.14 แสดงรูปร่างของสัญญาณรบกวน

4.6 การทดสอบเครื่องกำเนิดพัลส์มาตรฐาน

มาตรฐานกำหนดให้รูปคลื่นต้องมีช่วงเวลาขึ้นไม่เกิน 100 นาโนวินาที รูปที่ 4.15 มีช่วงเวลาขึ้นที่ 27 นาโนวินาที จึงได้ตามมาตรฐาน และมาตรฐานให้มีหางคลื่นน้อยกว่า 150 นาโนวินาที จากรูปมีขนาด 116 นาโนวินาที ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด



รูปที่ 4.15 พัลส์คู่สำหรับการเปรียบเทียบ