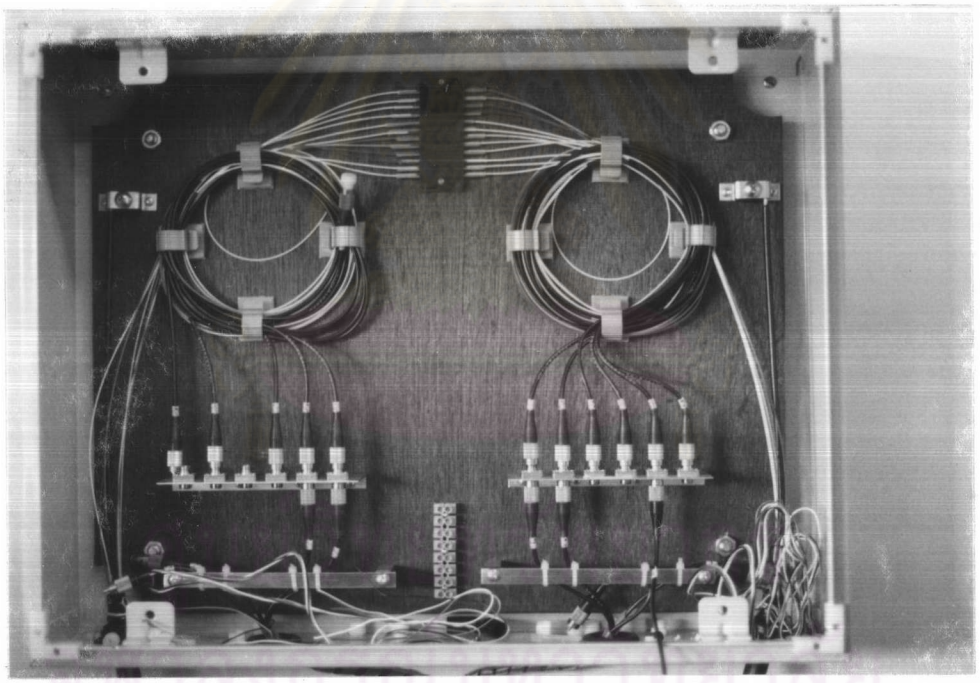
บทที่ 5

การทดสอบการทำงานรวม

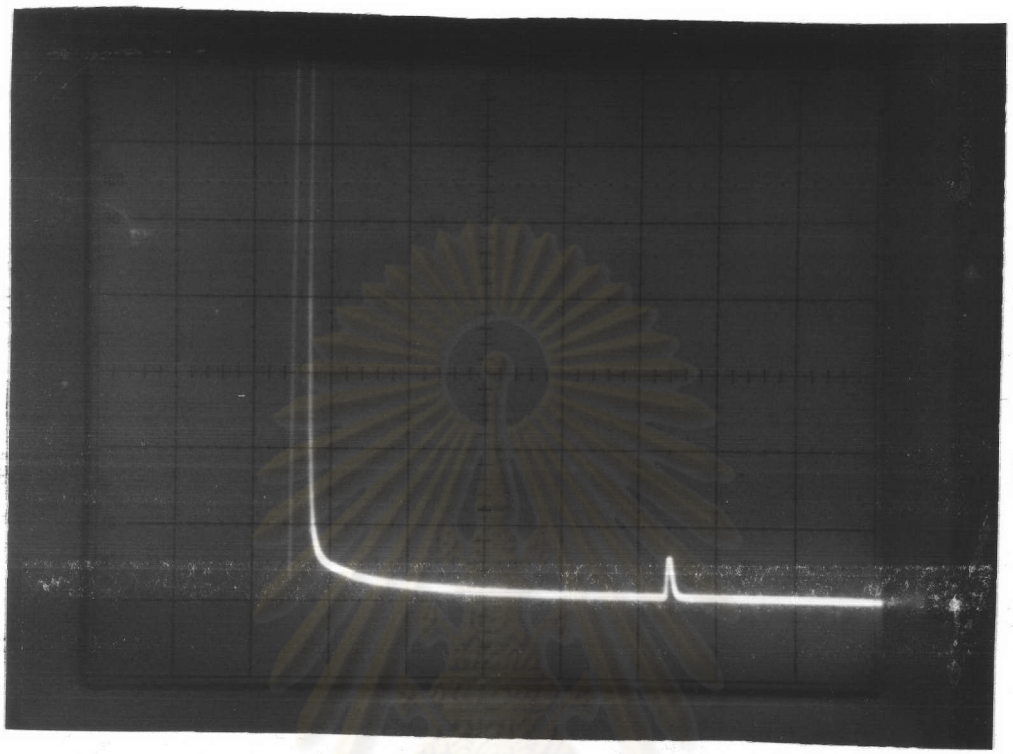
5.1 การวัดความยาวของเส้นใยแสงที่ระยะทางไกลและระยะทางใกล้

เนื่องจากในคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีข่ายวงจรท้องถิ่นที่เชื่อมโยงด้วยเส้นใยแสงใช้งานจริงอยู่ และเป็นข่ายวงจรท้องถิ่นนี้มีเส้นใยแสงความยาวขนาดต่าง ๆ คือ ประมาณ 300-500 m และประมาณ 4,900-5,250 m จึงได้ทำการวัดความยาวของเส้นใยแสงที่มีอยู่นี้ รูปที่ 5.1 แสดงภาพถ่ายของกล่องปลายสายของเคเบิลใยแสง (Fiber Distribution Box) เมื่อทำการต่อสายเข้ากับเครื่องวัดก็จะทำการวัดความยาวของสายได้ เนื่องจากเส้นใยแสงที่ใช้อยู่นี้มีค่าดัชนีหักเหประมาณ 1.48 ดังนั้นจึงได้ตั้งความถี่ของออสซิเลเตอร์เป็น 101.35 MHz



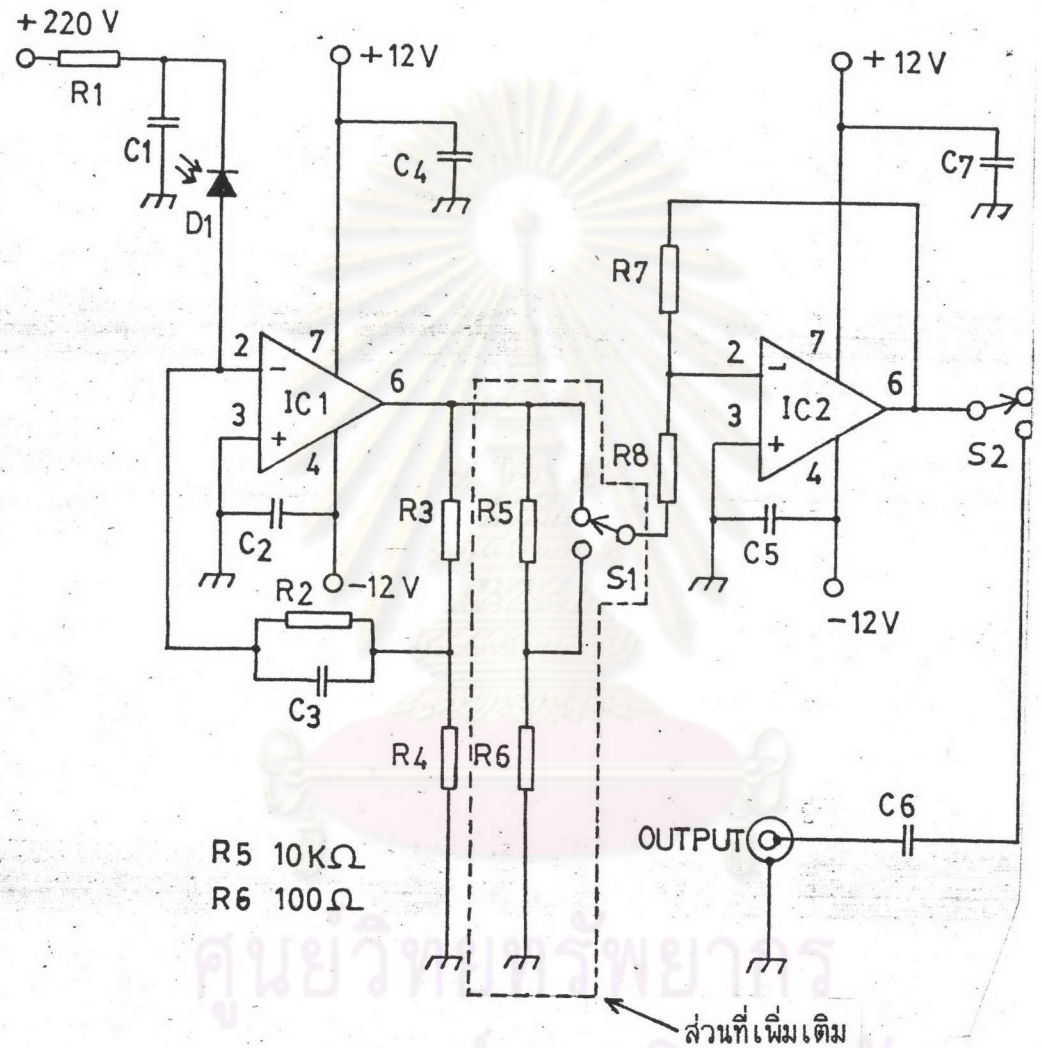
รูปที่ 5.1 รูปถ่ายของกล่องปลายสายของเส้นใยแสง

ในการทดลองวัดในขั้นแรกได้ทำการวัดสายที่มีความยาวประมาณ 5 km โดยทำการปรับอัตราขยายของภาครับ และ Threshold ของวงจรเปรียบเทียบให้เหมาะสม ซึ่งก็ทำให้เครื่องวัดสามารถวัดระยะทางอ่านได้ 4,913 m และตั้งสวิทช์ให้ภาคส่งทำการส่งพัลส์ซ้ำ และนำสัญญาณที่ได้นั้นไปดูบนออสซิโลสโคป ก็จะได้รูปของสัญญาณตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 5.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับของสัญญาณพัลส์ลูกที่สองมีค่าประมาณ 400 mV ซึ่งสูง



รูปที่ 5.2 สัญญาณพัลส์ที่เครื่องรับรับได้ในขณะที่เส้นใยแสงยาวประมาณ 5 km (1V/div, 10μs/div)

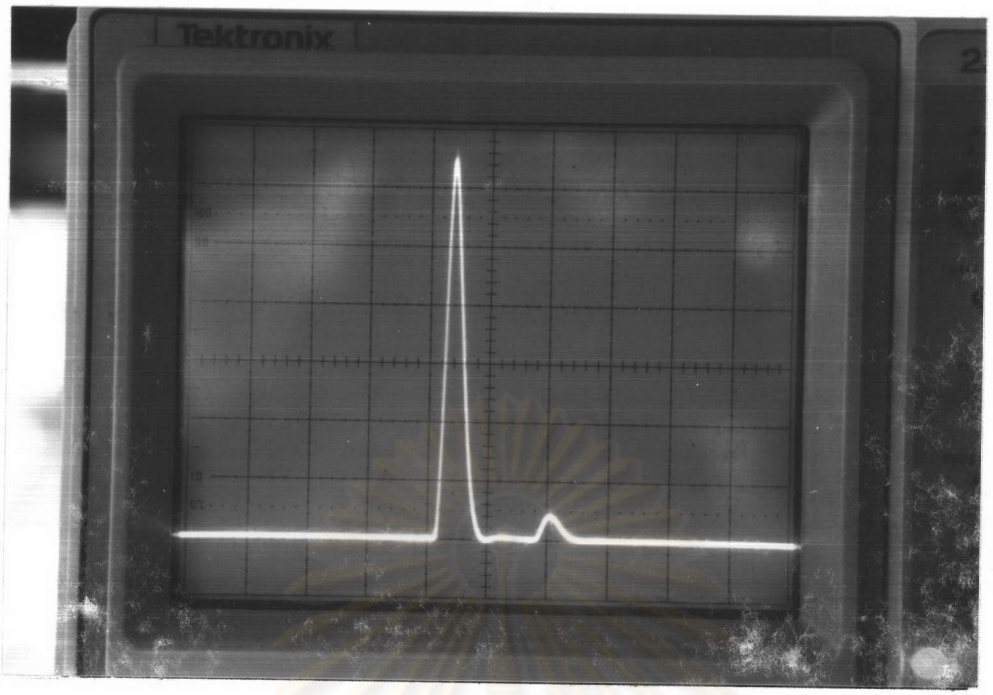
เพียงพอที่จะทำให้วงจรเปรียบเทียบระดับทำงานได้ และจากการทดลองเพิ่มค่าอัตราขยายของเครื่องรับก็พบว่าสัญญาณสะท้อนจากปลายสายจะมีค่าสูงขึ้นได้อีก นั่นหมายความว่าจะสามารถเพิ่มระยะทางของการวัดให้ไกลขึ้นได้อีก อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราขยายของภาครับนี้จะมีผลกระทบต่อการวัดในระยะทางใกล้ ๆ เพราะพัลส์ลูกแรกที่รับได้มีขนาดใหญ่เมื่อผ่านวงจรขยายที่มีอัตราขยายสูงดังกล่าวจะมีสภาพอิ่มตัวทำให้พัลส์ลูกแรกกว้างออกและไปรบกวนพัลส์ลูกที่สองได้ ซึ่งสภาพดังกล่าวนี้ตรวจพบตอนที่ทำการวัดสายที่ยาวประมาณ 300 m ดังนั้นในการวัดสายที่ไม่ยาวมากนักคือภายในความยาว 1 km จึงจำเป็นต้องลดอัตราขยายลงเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว การป้องกันปัญหาดังกล่าวนี้ในที่นี้ใช้การแบ่งช่วงของการวัดเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกวัดความยาวถึงประมาณ 1 km และช่วงที่สองวัดความยาวจาก 1 km ถึง 5 km ในการทดลองนั้นได้ทำการปรับค่าอัตราขยายของกรณีทั้งสองอย่างเหมาะสม แล้วต่อสายออกมาเข้าสวิทช์ที่ติดไว้ภายนอก ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกช่วงของการวัดได้โดยการตั้งสวิทช์ รูปที่ 5.3 แสดงวงจรขยายที่ภาครับส่วนที่ได้รับการดัดแปลงเพื่อให้ทำงานได้ดังวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 5.3 วงจรขยายที่ภาครับส่วนที่ดัดแปลงให้ทำการวัดแบบแบ่งเป็น 2 ช่วง

เมื่อทำการดัดแปลงวงจรภาครับดังกล่าวข้างต้นแล้ว ทดลองทำการวัดที่ระยะทางประมาณ 500 m และ 5,000 m ใหม่ ก็ปรากฏว่าวัดได้โดยที่หน้าปัทม์แสดงตัวเลขเป็น 474 m และ 5214 m ตามลำดับ รูปที่ 5.4 แสดงภาพถ่ายของสัญญาณที่รับได้ในกรณีที่ระยะทางเป็น 474 m ซึ่งได้รูปพัลส์ของสัญญาณลูกแรกดีขึ้นกว่าเดิมมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

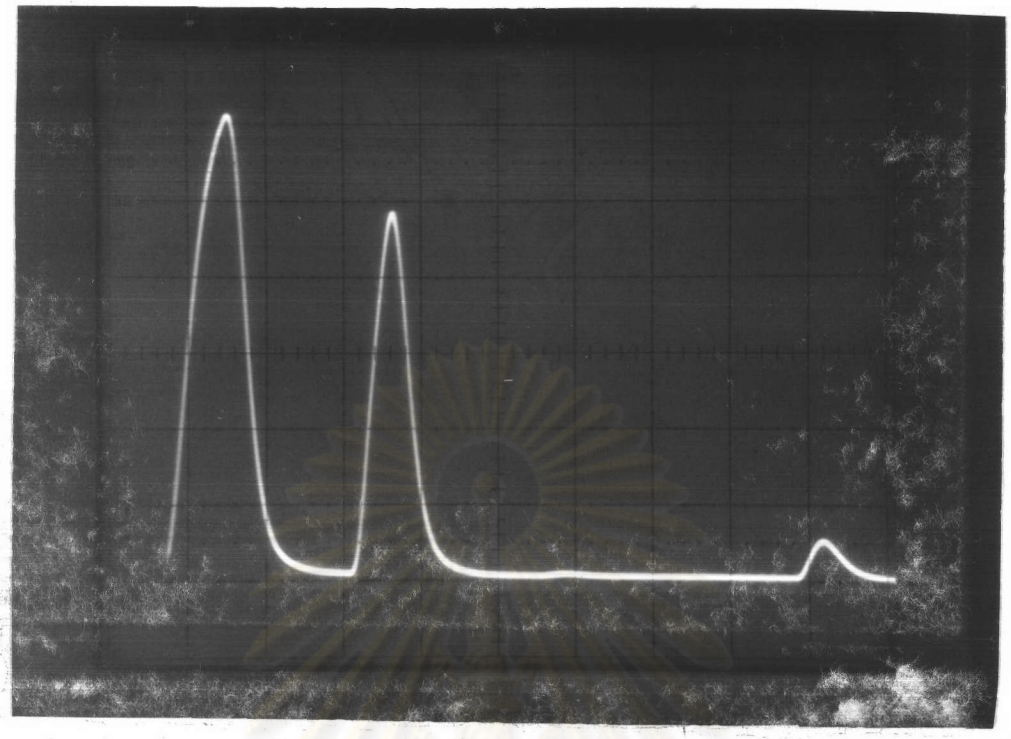


รูปที่ 5.4 สัญญาณพัลส์ที่เครื่องรับรับได้ในขณะที่เส้นใยแสงยาวประมาณ 300 m (1V/div,2μs/div)

การวัดความยาวของสายที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นการวัดในสภาพที่ปลายสายเปิดอยู่ ซึ่งตามหลักการที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3 ระดับของสัญญาณพัลส์ที่สะท้อนจากปลายเปิดจะต่ำกว่าระดับสัญญาณที่สะท้อนจากปลายสายแตกร้าวภายใน ดังนั้นถ้าเครื่องวัดสามารถทำการวัดความยาวของสายที่ยาว 5 km ได้ ก็จะสามารถวัดสายขาดที่ตำแหน่ง 5 km ได้ เพื่อยืนยันหลักการดังกล่าวนี้ได้ลองนำเส้นใยแสงอีกเส้นหนึ่งต่อเข้ากับปลายสายของเส้นใยแสงที่ทำการวัดอยู่ โดยทำการต่อแบบใช้คอนเนคเตอร์ แล้วขันไม่ให้แน่นนัก ซึ่งเท่ากับเป็นการจำลองสภาพสายทดภายในที่ตำแหน่งนั้น ผลปรากฏว่าพัลส์ลูกที่สองที่สะท้อนกลับมามีขนาดใหญ่ขึ้นประมาณ 30% ซึ่งเท่ากับเป็นการยืนยันความคิดข้างต้น

5.2 ปัญหาและการแก้ปัญหาจากการสะท้อนกลับจากคอนเนคเตอร์หรือรอยต่อที่ไม่สมบูรณ์

ในการทดลองวัดความยาวของสายนั้นได้ทดลองวัดความยาวรวมของสาย 2 เส้นที่ต่อกันไว้ด้วยคอนเนคเตอร์ ซึ่งเป็นการต่อที่จัดว่ามีการสูญเสียสูงคือประมาณ 1 dB การสูญเสียสูงนี้ส่วนใหญ่จะเกิดจากการวางตำแหน่ง (alignment) ของปลายสายทั้งสองที่ไม่ตรงกันนัก และเกิดจากรอยต่อไม่สนิท ผลที่เกิดขึ้นก็คือจะมีกำลังคลื่นส่วนหนึ่งสะท้อนกลับเข้ามา ซึ่งผลของการสะท้อนนี้ก็จะทำให้เกิดพัลส์สะท้อนกลับมาเพิ่มขึ้นอีก 1 ลูก สภาพดังกล่าวนี้จะสามารถมอนิเตอร์ได้โดยใช้โหมดที่ทำการส่งพัลส์ซ้ำ แล้วนำสัญญาณไปดูที่ออสซิโลสโคป รูปที่ 5.5 แสดงภาพถ่ายของสภาพดังกล่าวนี้ ซึ่งสายที่วัดนั้นยาวประมาณ 800 m และมีการต่อด้วยคอนเนคเตอร์ที่ระยะประมาณ 300 m พัลส์ลูกที่หนึ่งในภาพเป็น

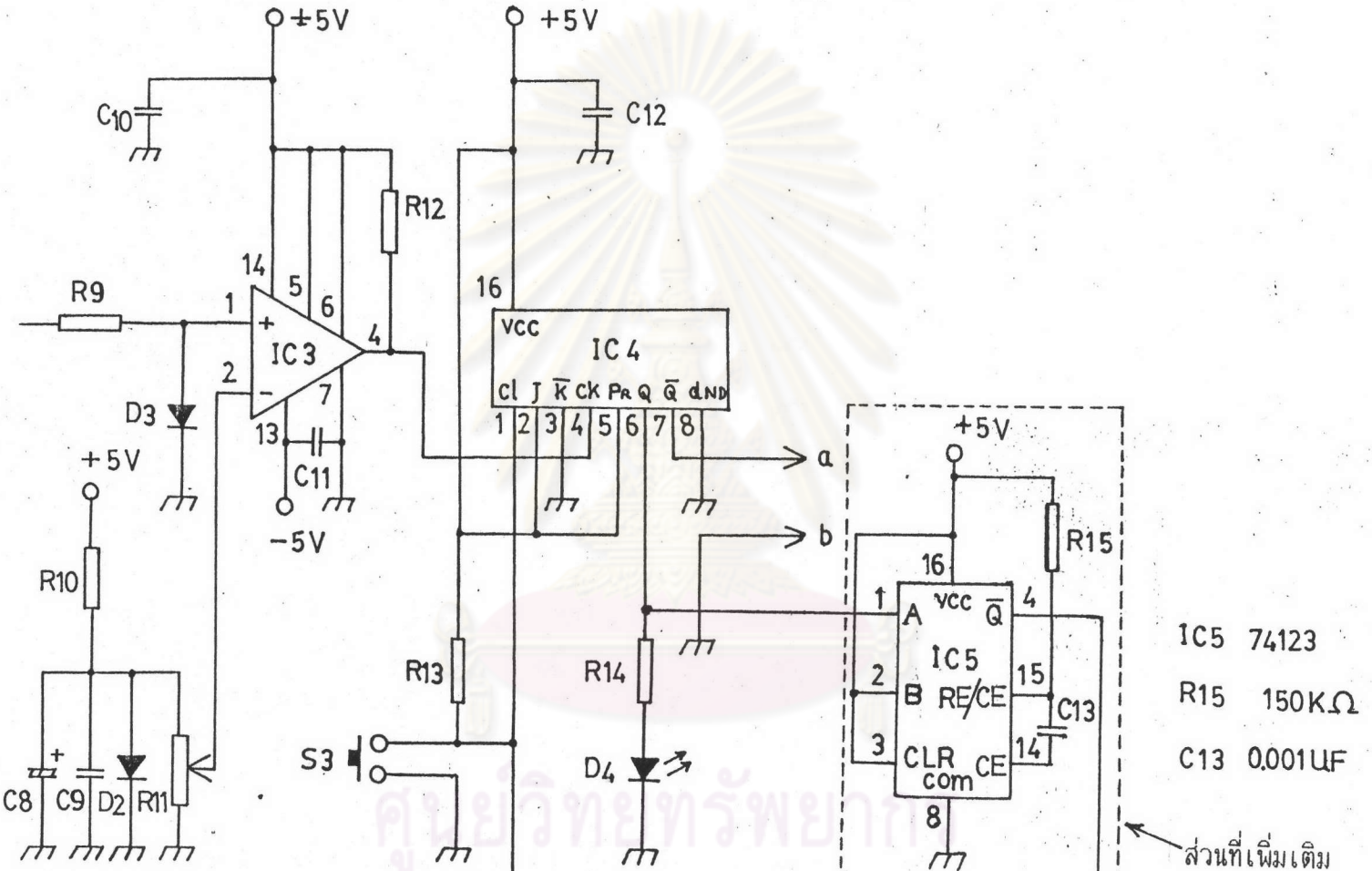


รูปที่ 5.5 การสะท้อนของพัลส์กลับจากรอยต่อและปลายสาย
(1V/div, 1μs/div)

พัลส์ที่สะท้อนจากคอนเนคเตอร์ต้นทาง พัลส์ลูกที่สองสะท้อนจากคอนเนคเตอร์ที่ระยะ 300 m และพัลส์ลูกที่สามสะท้อนจากปลายสาย ในสภาพดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดปัญหาในโหมดของการวัดที่ให้แสดงเป็นตัวเลข เพราะเดิมที่ได้ออกแบบให้นำสัญญาณสะท้อนกลับมาไปเปิดและปิดเกทของวงจรนับจำนวนพัลส์สลับกันไป ดังนั้นกรณีที่มีพัลส์สะท้อนกลับมา 3 ลูก พัลส์ลูกที่หนึ่งเปิดเกท พัลส์ลูกที่สองปิดเกท และพัลส์ลูกที่สามก็จะไปเปิดเกทอีก ซึ่งก็จะทำให้วงจรนับจำนวนพัลส์ทำการนับพัลส์ต่อไปเรื่อย ๆ ผลก็คืออ่านค่าความยาวไม่ได้

เมื่อพบปัญหาดังกล่าวนี้ก็ได้ทำการแก้ไขโดยเพิ่มวงจรโมโนสเตเบิลเข้าไปที่วงจรควบคุม เพื่อให้รับพัลส์ลูกที่หนึ่งและลูกที่สองเท่านั้น สำหรับพัลส์ลูกถัด ๆ ไปจะไม่รับเข้าไปเปิดปิดเกท ส่วนของวงจรเพิ่มเติมคือส่วนที่อยู่ในกรอบเส้นใข่ปลาในรูปที่ 5.6 เมื่อทำการเพิ่มวงจรนี้เข้าไปแล้วทำการทดลองใหม่ในเงื่อนไขเดิม ก็ปรากฏว่าสามารถวัดในโหมดที่ส่งพัลส์เดี่ยวและแสดงเป็นตัวเลขได้ ระยะทางที่วัดได้ก็จะเป็นระยะทางถึงตำแหน่งที่มีรอยต่อหรือตำแหน่งสายขาดตำแหน่งแรก ซึ่งในกรณีนั้นก็คือ 300 m หลังจากนั้นก็ได้ทำการทดลองสำหรับกรณีที่มีรอยต่ออยู่ที่ระยะประมาณ 4,900 m ซึ่งต่อกับสาย 300 m ก็ได้ผลในทำนองเดียวกัน

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับสายที่มีรอยต่อที่มีการสูญเสียสูงประมาณ 1 dB นี้ ถ้าคิดเป็นกำลังคลื่นที่สะท้อนกลับจะเป็นประมาณ 20% ของกำลังคลื่นที่เข้าสู่รอยต่อ (คิดจาก



รูปที่ 5.6 การเพิ่มวงจรโมโนสเตเบิลเข้าไปในวงจรควบคุมเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

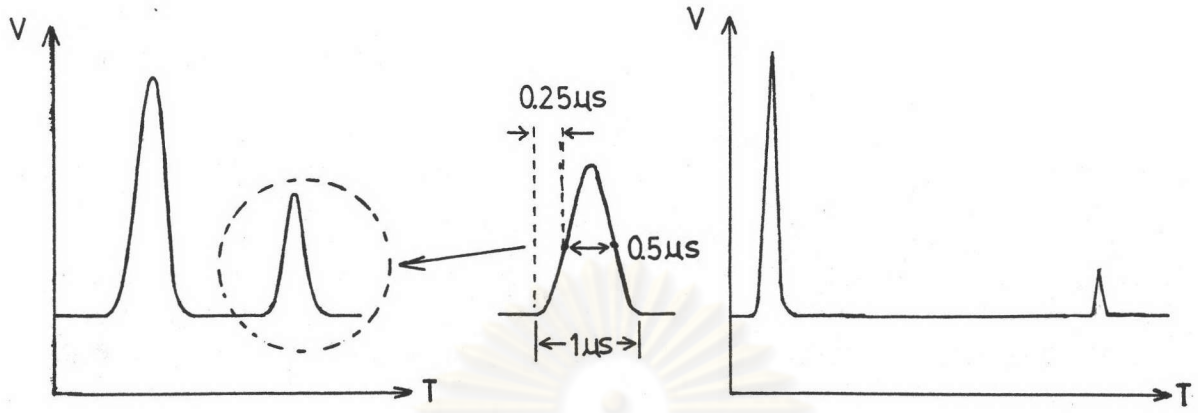
Loss (dB) = 10 log P_o/P_i (dB) และแทนค่า Loss เป็น - 1dB) ซึ่งจัดว่าสูงมาก กรณีที่เป็นรอยต่อแบบเชื่อมถาวรการสูญเสียที่รอยต่อจะต่ำกว่า 0.1 dB ซึ่งคิดเป็นกำลังคลื่นสะท้อนกลับจะต่ำกว่า 0.3% ของกำลังคลื่นที่เข้าสู่รอยต่อ การสะท้อนกลับในกรณีหลังนี้มีขนาดเล็กมากจนไม่เป็นปัญหา ในการทดสอบวัดเส้นใยแสงที่ยาวประมาณ 5,000 m ซึ่งมีรอยต่อแบบเชื่อมถาวร 8 ตำแหน่ง ก็ไม่พบปัญหาการสะท้อนจากรอยต่อแบบเชื่อมถาวรแต่อย่างใด

5.3 <u>การตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องวัด</u>

เมื่อทำการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดจนมั่นใจว่าใช้งานได้ดีแล้ว ก็ทำการตรวจสอบความแม่นยำ และความเชื่อถือได้ของเครื่องวัด โดยทำขั้นตอนต่อไปนี้คือ (1) ทำการสอบเทียบเครื่องวัด (2) ทำการทดสอบเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของเครื่องวัด

5.3.1 <u>การสอบเทียบเครื่องวัด</u>

การสอบเทียบเครื่องวัดถือว่าเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับเครื่องวัดทั่วไป ในที่นี้ใช้การสอบเทียบโดยการวัดเส้นใยแสงที่รู้ความยาวจริง เส้นใยแสงที่ใช้นี้ยาว 1 km จึงทำการตั้งความถี่ของออสซิเลเตอร์ให้เครื่องวัดอ่านค่าได้ใกล้เคียงกับ 1,000 m มากที่สุด ซึ่งผลปรากฏว่าถ้าสวิทช์เลือกช่วงการวัดอยู่ในตำแหน่ง 1 km จะอ่านได้ 997 m และถ้าสวิทช์เลือกช่วงการวัดอยู่ในตำแหน่ง 5 km อ่านได้ 1,003 m จากนั้นก็ใช้โหมดมอนิเตอร์เพื่อตรวจดูความกว้างของพัลส์ที่สะท้อนกลับมา พบว่าที่ฐานของพัลส์มีความกว้างประมาณ 1 μs ความกว้างที่จุดกึ่งกลางพัลส์ประมาณ 0.5 μs ในขณะที่พัลส์ที่ออกจากเลเซอร์ไดโอดกว้างประมาณ 0.2 μs ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นใยแสงและวงจรภาครับได้ทำให้พัลส์กางกว้างออกไป การกางกว้างออกไปของพัลส์นี้จะจำกัดความแม่นยำของเครื่องวัด เพราะว่าขนาดความสูงของพัลส์ลูกที่สองที่เข้ามาที่ภาครับจะไม่เท่ากัน ทำให้การทำงานของวงจรควบคุมซึ่งตอบสนองตามระดับเปรียบเทียบที่ตั้งไว้คือ 100 mV มีความเร็วช้าต่างกันบ้าง รูปที่ 5.7 แสดงสภาพดังกล่าวนี้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากขนาดของพัลส์ที่สะท้อนกลับจากปลายสายที่ยาว 5,000 m มีขนาดใหญ่ประมาณ 400 mV ดังนั้นตรงตำแหน่งของระดับเปรียบเทียบ (100 mV) จะช้ากว่าจุดเริ่มต้นของพัลส์เพียง 0.125 μs จึงอาจกล่าวได้ว่าในการวัดที่ระยะทางสั้นกับระยะทางยาวนั้น พัลส์ลูกที่สองที่ทำหน้าที่ปิดเกทของวงจรนับจะทำงานที่ตำแหน่งที่แตกต่างกันไม่เกิน 0.125 μs ซึ่งคิดเป็นระยะทางออกมาก็จะได้ 12.5 m ระยะทาง 12.5 m นี้ จึงเป็นความแม่นยำของเครื่องวัดนี้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องวัดนี้ได้สอบเทียบไว้ด้วยระยะทาง 1 km ดังนั้นระยะทางที่แสดงความแม่นยำของเครื่องวัดจะดีกว่าค่า 12.5 m ดังกล่าวนี้

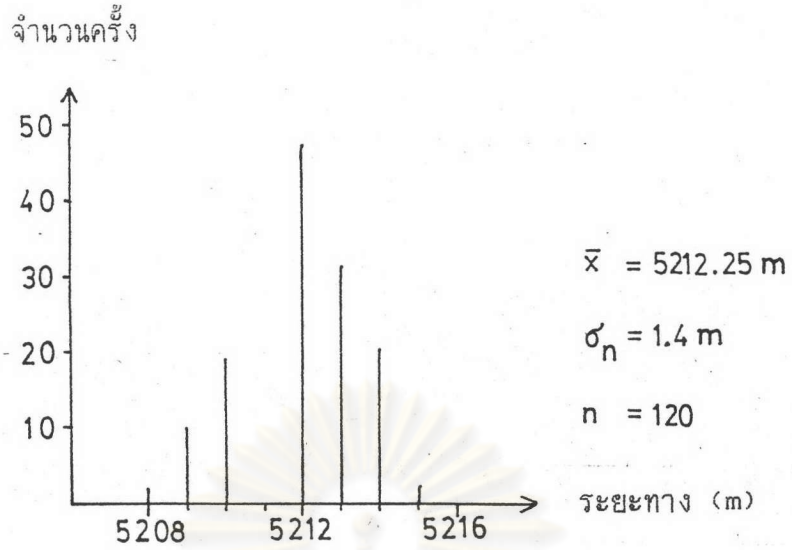


(ก) กรณีระยะทางใกล้ (ข) กรณีระยะทางไกล

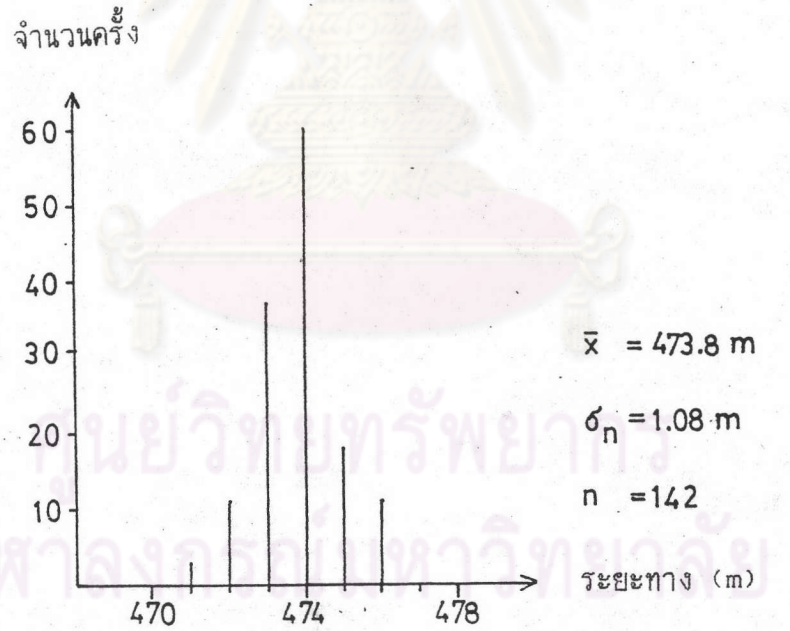
รูปที่ 5.7 ความเร็วช้าของการตอบสนองพัลส์ลูกที่สอง

5.3.2 <u>การทดสอบเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของเครื่องวัด</u>

เมื่อทำการสอบเทียบเครื่องวัดเรียบร้อยแล้ว ก็ได้นำเครื่องวัดมาทดลองวัดเส้นใยแสงที่มีความยาวประมาณ 470 m และความยาวประมาณ 5,210 m เป็นจำนวนอย่างละ 120 ครั้ง ซึ่งเมื่อพล็อตเป็นกราฟออกมาแล้วจะได้ตามรูปที่ 5.8 จากรูปจะอ่านค่าความยาวของเส้นใยแสงทั้งสองเส้นได้เป็น 5212 m และ 474 m ตามลำดับ โดยที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพียง 1.41 m และ 1.08 m ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดมีความแน่นอนในการวัดดีในระดับใช้งานได้ ดังนั้นในการใช้งานจริงถ้าต้องการรู้ค่าเฉลี่ยก็จะทำได้โดยการวัดเพียง 4-5 ครั้ง โดยที่การวัดแต่ละครั้งจะใช้เวลาน้อยกว่า 5 วินาที เพราะเพียงแต่กดปุ่ม 3 ปุ่ม ก็จะได้ค่าการวัด 1 ค่า



(ก) ช่วงระยะการวัด 5 km



(ข) ช่วงระยะการวัด 1 km

รูปที่ 5.8 ผลการทดสอบเสถียรภาพและความแม่นยำของเครื่องวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย