หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 บทนำ

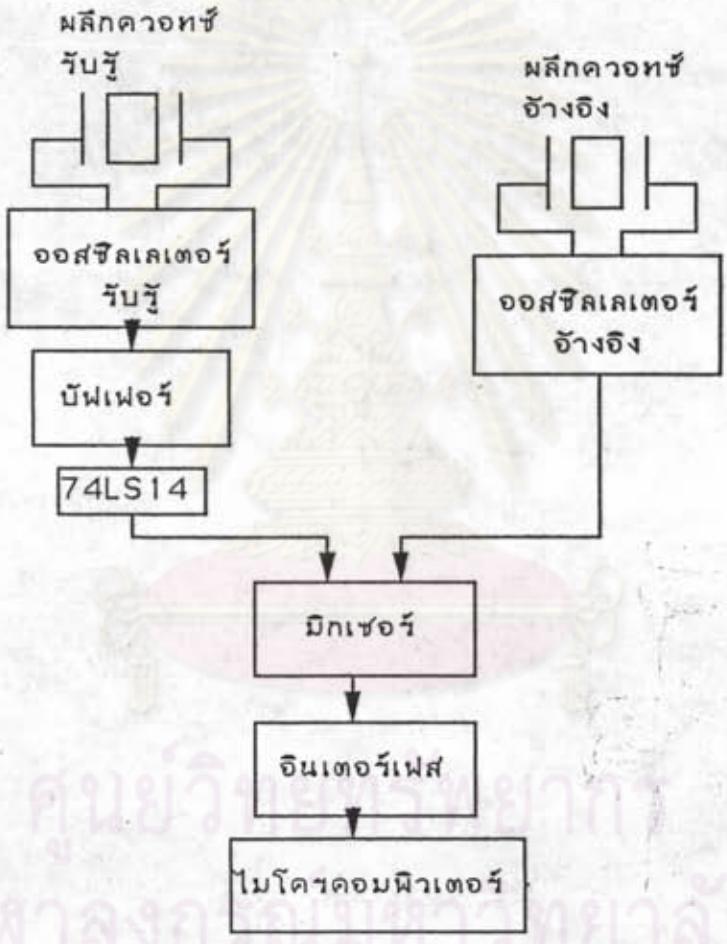
การดำเนินการวิจัย เริ่มต้นด้วยการศึกษาวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ผลึกควอทซ์ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ต้องลองศึกษาแต่ละแบบ เพื่อจะคัดเลือกเอาเพียงแบบเดียว โดยแต่ละแบบต้องถูกทดสอบ โดยใช้ออสซิลโลสโคปตรวจจับดูคลื่นจากเอาท์พุทเพื่อดูถึงเสถียรภาพของวงจร โดยดูว่ารูปคลื่นคงที่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งเพียงใด และดูว่ารูปคลื่นชัดเจนเพียงไร เป็นเส้นบางเด่นชัดหรือเป็นแถบสลัว ๆ ซึ่งในกรณีหลังอาจเป็นไปได้ว่ามีสัญญาณรบกวนแฝงอยู่ จากนั้นต้องนำไปตรวจกับเครื่องนับความถี่อย่างละเอียด ดูว่ามีความถี่คงที่ขนาดไหน เมื่อได้วงจรออสซิลเลเตอร์ที่เหมาะสมแล้วก็จะนำเอาความถี่จากเอาท์พุทของวงจรมาใช้ และได้เลือกใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ที่จะเป็นตัวรับเอาท์พุท ของวงจรออสซิลเลเตอร์ ทั้งนี้เพราะไมโครคอมพิวเตอร์สามารถรับและประมวลผลข้อมูลได้สะดวก หลังจากนั้นเราจึงต่อเติมส่วนต่างๆ ที่จำเป็นเพิ่มขึ้นเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการทดลอง

3.2 หลักการทำงานของเครื่องมือ

หลักการทำงานของเครื่องมือชุดนี้ แสดงตามแผนผังดังรูปที่ 3-1 กล่าวโดยสังเขปคือ ผลึกควอทซ์รับรู้ (sensor crystal) ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ภายในฝาครอบทรงระฆัง (bell jar) ของเครื่องระเหยสาร(evaporator) จะถูกทำให้ออสซิลเลท โดยวงจรออสซิลเลเตอร์รับรู้(sensor oscillator) ซึ่งจะให้สัญญาณพัลส์เชิงกระแส (current pulse) และสัญญาณพัลส์เชิงความต่างศักย์ (voltage pulse) และจะผ่านชมิดท์อินเวอร์เตอร์เข้าสู่มิกเซอร์(mixer) เพื่อหักลบกับสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์อ้างอิง(reference crystal) ผลต่างระหว่างสัญญาณทั้ง 2 จะผ่านมิกเซอร์ออกมา ผลต่างที่ได้นี้จะผ่านเข้าสู่ขา PB6 ของ 6522 VIA บนแผ่นวงจรอินเทอร์เฟส (interface board) และ

015409

ใช้โปรแกรมที่เขียนไว้สั่งให้ไมโครคอมพิวเตอร์สั่งงาน 6522 ให้ทำการนับจำนวนคลื่นและจับเวลา และจะหาความถี่ออกมาได้ และเมื่อทำการระเหยสารภายในฝาครอบทรงระฆัง สารที่ระเหยก็จะขึ้นไปฉาบบนผิวหน้าของผลึกควอทซ์ในปริมาณที่เป็นสัดส่วนกับที่ฉาบบนฐานรอง (substrate) และมีผลทำให้ความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์รับรู้ค่อยๆเปลี่ยนไป เมื่อเอาความถี่ที่เปลี่ยนไปนี้มาคำนวณ ก็จะได้ความหนาของสารที่ฉาบ

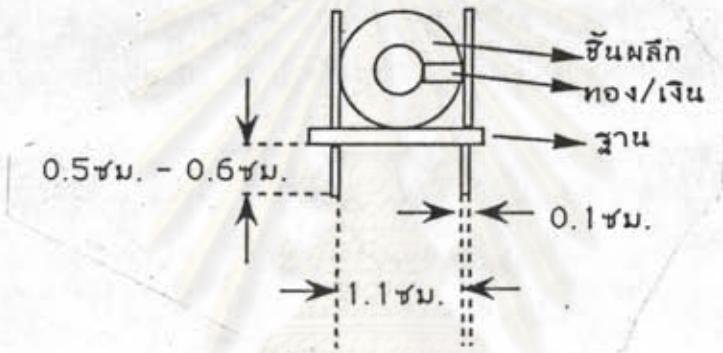


รูป 3-1 แผนผังการทำงานของชุดเครื่องมือ

รายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับระบบคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ใช้งานได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 ต่อไปเราจะแยกกล่าวเป็นส่วน ๆ ดังนี้คือ

3.3 ผลึกควอทซ์รับรู้ (sensor crystal)

ผลึกควอทซ์รับรู้อาจหาจาก การนำผลึกควอทซ์เชิงพานิชย์ซึ่งบรรจุในฝาครอบมาตัดเอาฝาครอบออก และควรใช้ผลึกควอทซ์เชิงพานิชย์ขนาดใหญ่พอสมควร เพราะหากเล็กเกินไปจะตัดได้ยากมาก หลังจากเอาฝาครอบออกแล้วก็จะคงเหลือไว้แต่ชิ้นผลึกกับขาโลหะ 2 ข้าง ซึ่งหนีบติดอยู่กับทองที่ฉาบติดกับผิวหน้าทั้ง 2 ของชิ้นผลึก ซึ่งจะมีลักษณะและขนาดดังรูป 3-2 จากนั้นก็นำผลึกควอทซ์ที่ตัดเอาฝาครอบออกแล้วนี้ ไปติดตั้งภายในฝาครอบรูประฆังของเครื่องระเหยสาร



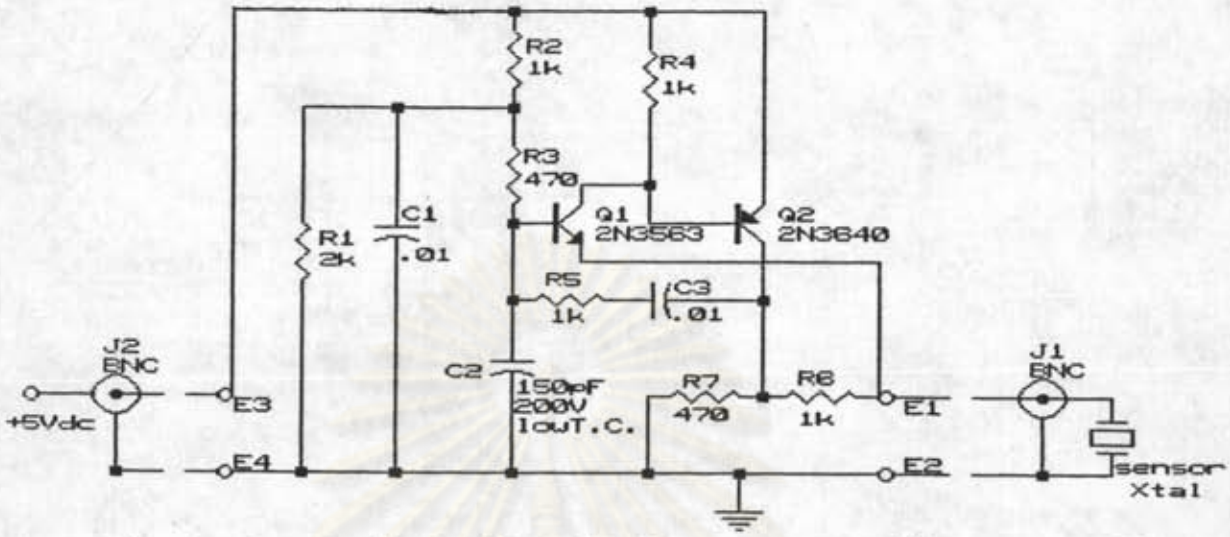
รูป 3-2 ผลึกควอทซ์รับรู้

ผลึกควอทซ์ 1 ชิ้น จะสามารถใช้งานได้จำกัดจำนวนครั้งทั้งนี้ขึ้นกับการฉาบสารบนฐานรองหนามากน้อยเพียงใด หากผลึกถูกฉาบมากขึ้นโอกาสที่ความถี่และการเปลี่ยนแปลงความถี่จะผิดพลาดก็มีมากขึ้น ถ้าหากผลึกถูกใช้งานมากระดับหนึ่ง ผลึกจะให้ค่าความถี่ไม่สม่ำเสมอออกมาหรือไม่สามารถออสซิลเลทได้ ซึ่งต้องถอดนำไปล้างเอาโลหะที่เกาะติดอยู่ออกไป และนำไปแช่และแกว่งในกรดซัลฟุริกที่เข้มข้นพอสมควร ประมาณ 20 นาที โลหะที่ฉาบอยู่ก็จะค่อยหลุดออกไป แต่จะไม่มีผลใด ๆ ต่อทองที่ฉาบอยู่ หลังจากนั้นก็นำมาล้างน้ำสะอาด และวางจนแห้ง และนำไปสวมติดกับขาที่ยึดอยู่เช่นเดิมและสามารถนำกลับมาใช้งานต่อไปได้

3.4 ออสซิลเลเตอร์รับรู้ (sensor oscillator)

เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ทำให้ผลึกควอทซ์รับรู้เกิดการออสซิลเลท

วงจรของออสซิลเลเตอร์รับรู้ แสดงไว้ในรูป 3-3

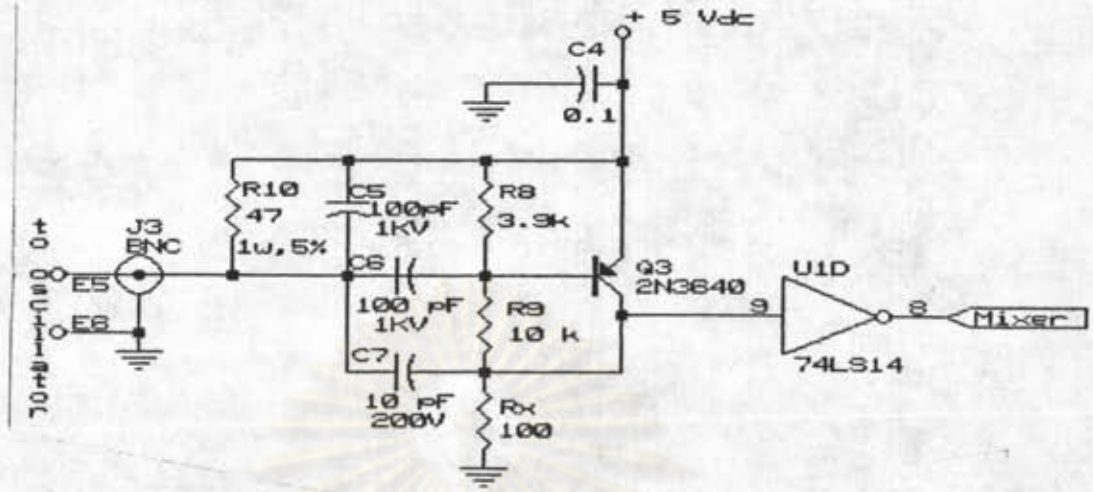


รูป 3-3 รูปวงจรออสซิลเลเตอร์รับรู้

ออสซิลเลเตอร์จะรับไฟเลี้ยง +5Vdc และกราวนด์จากบัฟเฟอร์ ทางตำแหน่ง E3 และ E4 ตามลำดับ และติดต่อกับขาทั้ง 2 ที่ยึดกับผลึกควอทซ์รับรู้ทางตำแหน่ง E1 และ E2 โดยผ่านสายไฟฟ้าที่พันรอบท่อส่งน้ำเพื่อระบายความร้อนภายในฝาครอบทรงระฆัง ไฟเลี้ยง +5Vdc จะถูกจ่ายให้กับทรานซิสเตอร์ Q1 (2N3563) และ Q2 (2N3640) เพื่อให้สามารถทำงานได้ Q1 จะป้อนสัญญาณกลับ (feed back) ทำให้เกิดออสซิลเลชั่นของผลึก และ Q2 จะขยายสัญญาณให้สัญญาณพัลส์เชิงกระแสผ่านทางตำแหน่ง E3 กลับไปยังบัฟเฟอร์ ข้อมูลจำเพาะของ Q1 และ Q2 แสดงในภาคผนวก ง1 และ ง2 ตามลำดับ ส่วนรายการอุปกรณ์ที่ใช้แสดงในภาคผนวก ค

3.5 บัฟเฟอร์ (buffer)

บัฟเฟอร์เป็นวงจรที่ป้อนไฟเลี้ยง +5Vdc ให้กับออสซิลเลเตอร์รับรู้ ขณะเดียวกันก็รับสัญญาณพัลส์เชิงกระแสกลับมาจากออสซิลเลเตอร์ ทางตำแหน่ง E5 และป้อนกราวนด์ให้กับออสซิลเลเตอร์รับรู้ทางตำแหน่ง E6 โดยผ่านสายชีลด์ขนาดอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม รูปวงจรของบัฟเฟอร์แสดงไว้ในรูปที่ 3-4

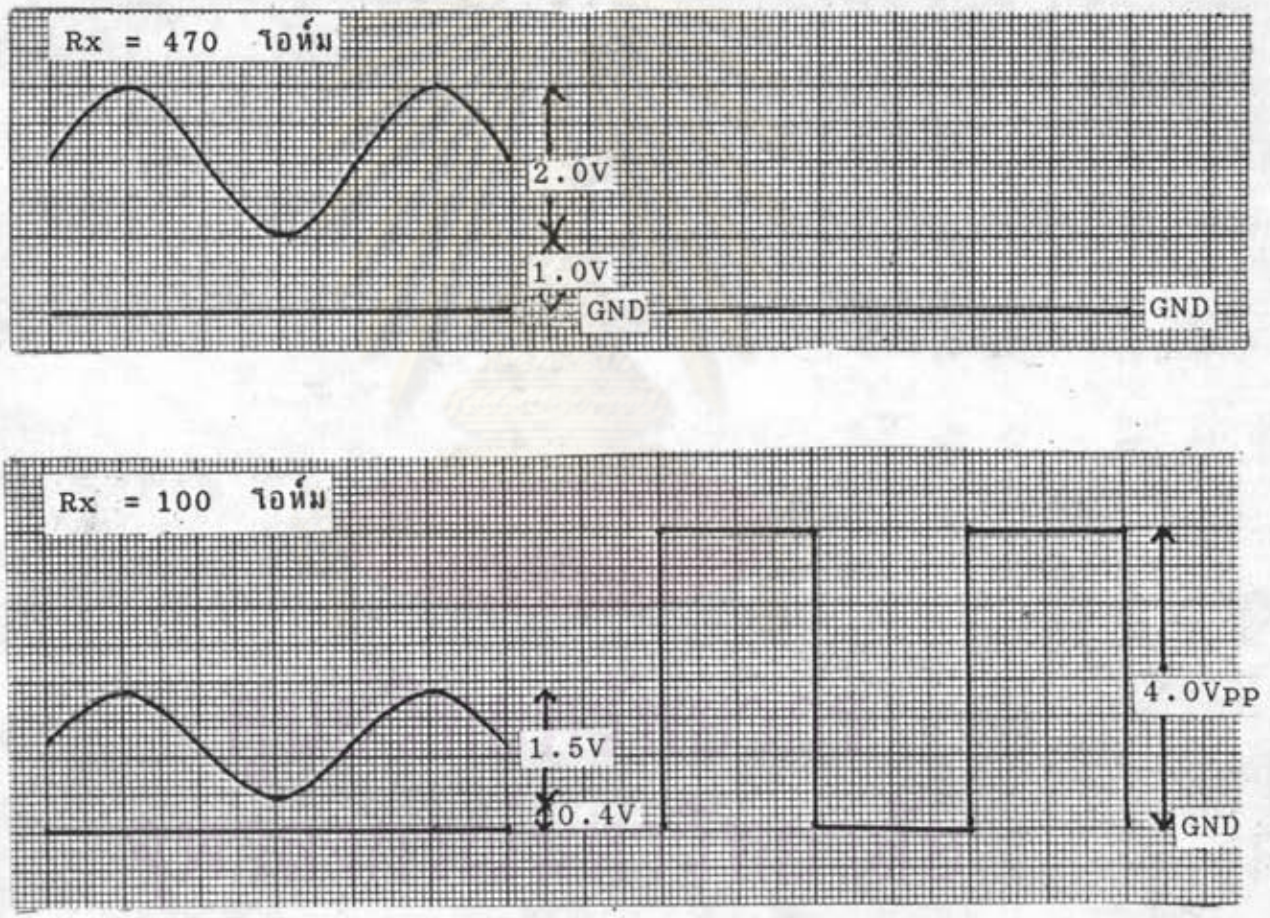


รูป 3-4 รูปวงจรบัฟเฟอร์

การกระเพื่อมของสัญญาณพัลส์เชิงกระแสทางด้านหน่วง E5 จะทำให้เกิดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน Rx จะทำให้เกิดสัญญาณพัลส์เชิงความต่างศักย์ (voltage pulse) สัญญาณพัลส์เชิงความต่างศักย์นี้จะผ่านเข้าสู่ IC1 เบอร์ 74LS14 ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์แบบชมิดท์(Schmidtt inverter) และจะทำให้สัญญาณพัลส์นี้กลายรูปเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม ที่มีความสูงของสัญญาณมากพอที่จะหักลบกับสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์อ้างอิงในส่วนของมิกเซอร์ได้

อนึ่งตัวต้านทาน Rx จะต้องมีค่าไม่มากเกินไป เพื่อจะไม่ทำให้สัญญาณขอบขาลง(lower bound) ของมันสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าขีดเริ่มเปลี่ยนทางด้านขาลง(negative going threshold voltage, V_{T-} ประมาณ 0.8 V) ซึ่งจะสูงกว่าระดับที่จะทริก(trig)อินเวอร์เตอร์แบบชมิดท์ได้ (ดูข้อมูลจำเพาะของ 74LS14 ในภาคผนวก ง 4) เนื่องจากการทดลองวงจรได้กระทำบนแผ่นทดลองชั่วคราว จึงสามารถถอดเปลี่ยนตัวต้านทาน Rx ได้อย่างสะดวก เราสามารถทดสอบได้ โดยต่อออสซิลเลเตอร์รับรู้เข้ากับสายที่ต่อไปยังผลึกรับรู้และกับบัฟเฟอร์ต้องระวังการต่อให้ถูกทาง หลังจากนั้นจึงจ่ายไฟเลี้ยง +5Vdc และกราวนด์ให้กับวงจรบัฟเฟอร์ และใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q3 (และถ้าหากออสซิลโลสโคปสามารถใช้ได้ 2 หัววัดก็ควร

วัดสัญญาณที่ขาเอาท์พุทของ 74LS14 ด้วย) ผลที่วัดได้ที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q3 เมื่อเปลี่ยน Rx 2 ค่า แสดงไว้ในรูป 3-5ก (ก่อนเปลี่ยน Rx แต่ละครั้งต้องปิดไฟที่จ่ายให้วงจรนี้เสียก่อน) จากรูป 3-5ก จะเห็นว่า ค่า Rx = 470 โอห์ม จะไม่สามารถใช้ได้ แต่ Rx = 100 โอห์ม จะสามารถใช้ได้ในการทริก 74LS14 และไม่ให้กระแสมากเกินไปด้วย กล่าวคือจะมีกระแสประมาณ = 5/Rx = 0.05 แอมป์ อาจใช้ Rx ต่ำกว่า 100 โอห์มได้ แต่ต้องระวังไม่ให้กระแสมากเกินกว่า 0.1 แอมป์ ส่วนรูป 3-5ข แสดงสัญญาณจากเอาท์พุทของ 74LS14



ก ข

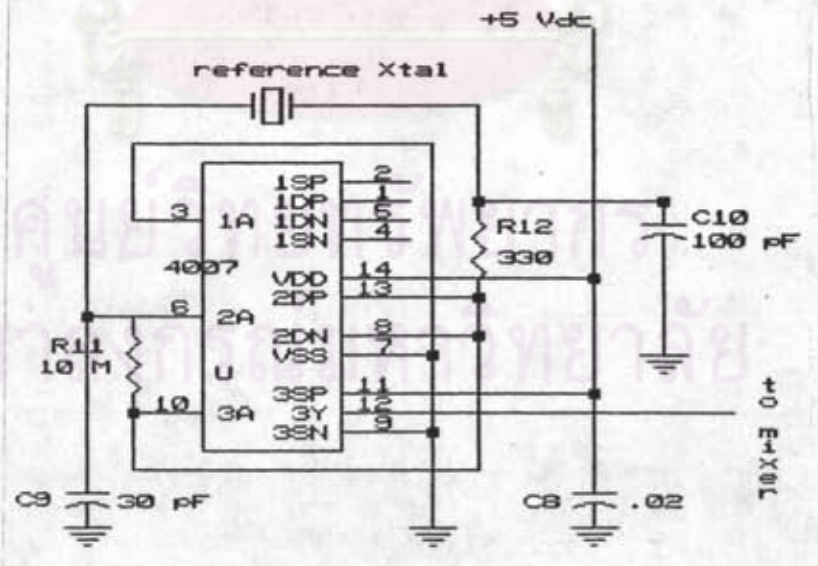
รูป 3-5 ก เปรียบเทียบสัญญาณจากขาคอลเลคเตอร์ของ Q3 ในวงจรบัพเฟอร์ เมื่อใช้ Rx ต่างกัน 2 ค่า

ข เปรียบเทียบสัญญาณจากขาเอาท์พุท ของ 74LS14 เมื่อใช้ Rx ต่างกัน 2 ค่า

หลังจากที่ได้ออกแบบสายวงจร (แสดงไว้ในภาคผนวก ข) และทำแผ่นสายวงจรแล้ว เราก็บัดกรีอุปกรณ์ (ตามรายการในภาพผนวก ค) ลงบนแผ่นลายวงจรและทำการทดสอบ โดยต่อออสซิลเลเตอร์รับรู้เข้ากับสายที่ต่อไปยังผลึกควอทซ์รับรู้ และกับบัฟเฟอร์ ต้องระวังการต่อให้ถูกข้าง หลังจากนั้นจึงจ่ายไฟเลี้ยง +5Vdc และกราวนด์ให้กับวงจรบัฟเฟอร์ และใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q3 และที่ขาเอาท์พุทของ 74LS14 และดูว่าสัญญาณที่ได้ยังถูกต้องอยู่หรือไม่

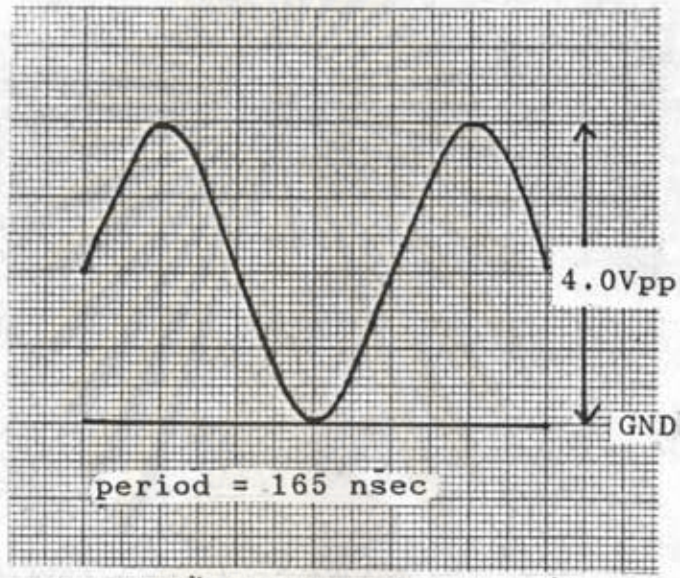
3.6 ออสซิลเลเตอร์อ้างอิง (reference oscillator)

ออสซิลเลเตอร์อ้างอิงเป็นออสซิลเลเตอร์อีกตัวหนึ่ง ที่ควบคุมความถี่ด้วยผลึกควอทซ์อ้างอิง เป็นออสซิลเลเตอร์ที่มีเสถียรภาพดีมาก และค่อนข้างดีกว่าออสซิลเลเตอร์ที่ใช้วงจรเกทแบบ TTL ออสซิลเลเตอร์ตัวนี้ใช้วงจรเบ็ดเสร็จชนิด CMOS เบอร์ 4007A เป็นหลัก ข้อมูลจำเพาะของ 4007A แสดงในภาคผนวก ง3 ส่วนรูปวงจรแสดงไว้ในรูป 3-6



รูป 3-6 รูปวงจรออสซิลเลเตอร์อ้างอิง

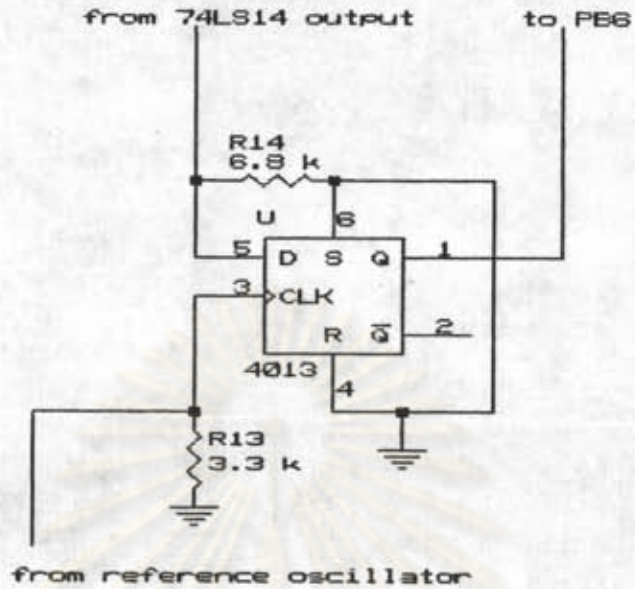
หลังจากที่ได้ออกแบบลายวงจร (แสดงไว้ในภาคผนวก ข) และทำแผ่นลายวงจรแล้วเราก็บัดกรีอุปกรณ์ ตามรายการในภาคผนวก ค ลงบนแผ่นลายวงจรและทำการทดสอบโดยให้ไฟเลี้ยง +5Vdc เข้าทางขา 14 ของ 4007A และต่อกราวนด์ และใช้ออสซิลโลสโคบจับสัญญาณที่ออกมาจากขา 12 ของ 4007A ได้รูปคลื่นดังแสดงไว้ในรูป 3-7 ซึ่งเป็นรูปคลื่นมีความถี่ตามต้องการ มีเสถียรภาพและมีความสูงของสัญญาณพอสมควร



รูป 3-7 สัญญาณของออสซิลเลเตอร์อ้างอิง

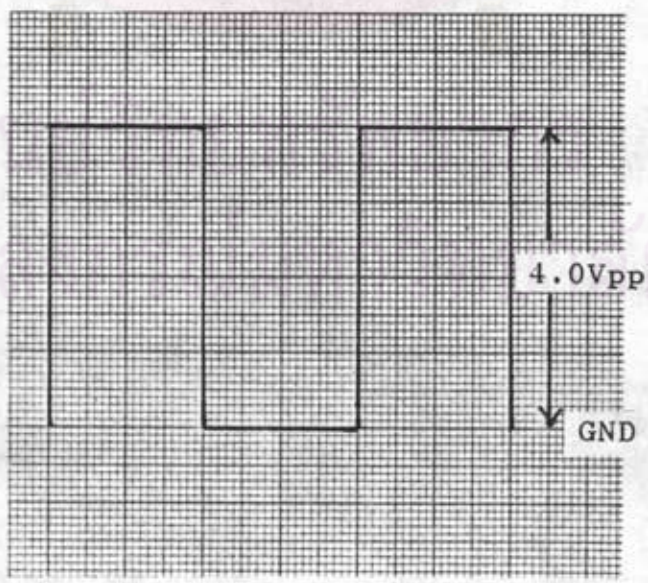
3.7 มิกเซอร์ (mixer)

มิกเซอร์เป็นส่วนที่หักลบความถี่สัญญาณ จากออสซิลเลเตอร์อ้างอิงกับออสซิลเลเตอร์รับรู้ เพื่อไม่ให้ความถี่ที่ป้อนเข้าขา PB6 ของ 6522 สูงเกินกว่าที่เคาน์เตอร์ของ 6522 จะนับได้ (ดูหัวข้อ 4.15) รูปวงจรของมิกเซอร์แสดงในรูป 3-8 มิกเซอร์ใช้วงจรเบ็ดเสร็จชนิด CMOS เบอร์ 4013 อันเป็นฟลิปฟลอบชนิด D (D-type flip-flop) โดย 4013 จะรับสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์รับรู้เข้าทางขา 5 และสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์อ้างอิงเข้าทางขา 3 และหากความถี่จากขาทั้งสองนี้ต่างกันไม่เกิน 1/10 ของความถี่อันที่มากกว่า 4013 ก็จะให้ค่าสัมบูรณ์ (absolute) ของผลต่างออกมาทางขา 1 ซึ่งได้อธิบายด้วยแผนผังเวลา (timing diagram) ดังได้แสดงไว้พร้อมกับข้อมูลจำเพาะของ 4013 ในภาคผนวก ง4



รูป 3-8. รูปวงจรมิกเซอร์

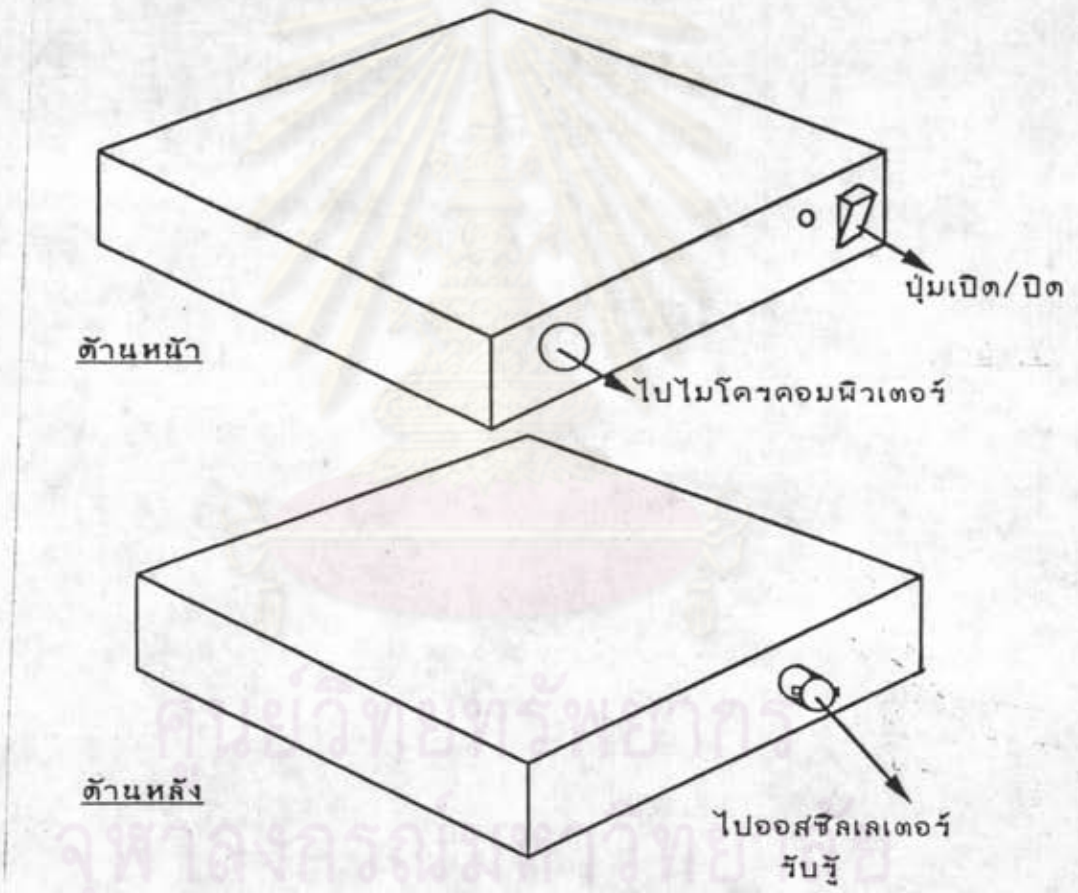
หลังจากที่ได้ออกแบบลายวงจร(แสดงไว้ในภาคผนวก ข) และนำแผ่นลายวงจรแล้ว เราก็บัดกรีอุปกรณ์ (ตามรายการในภาคผนวก ค) ลงบนแผ่นลายวงจรและทำการทดสอบโดยต่อวงจรในหัวข้อ 3.3 ถึง 3.7 และป้อนไฟเลี้ยง +5Vdc และกราวนด์และใช้สโคปจับสัญญาณจากขา1ของ4013 ได้รูปคลื่นสัญญาณแสดงไว้ในรูป 3-9



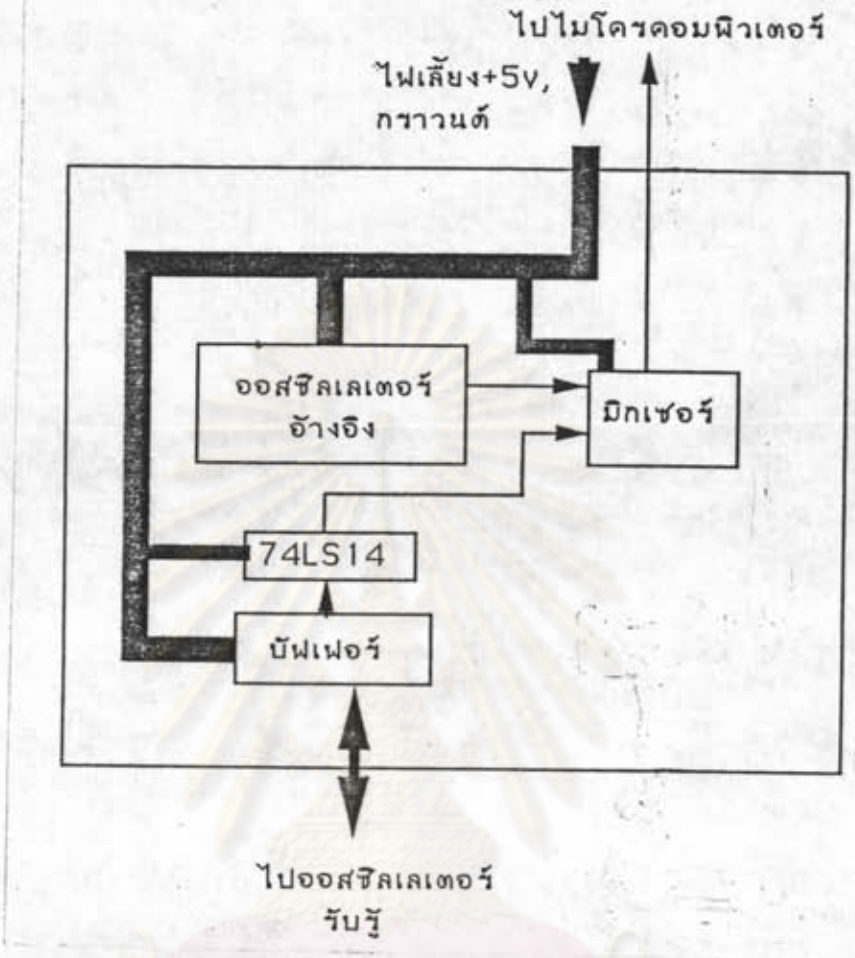
รูป 3-9 สัญญาณเอาท์พุทของมิกเซอร์

3.8 กล่องบรรจุวงจร

หลังจากบัดกรีอุปกรณ์ต่างๆ ลงบนแผ่นลายวงจรเรียบร้อยแล้ว เราก็ติดตั้งแผ่นลายวงจรนี้ลงในกล่อง ขนาด 16 x 15 x 5 cm^3 และต่อสายและรูเสียบเข้ากับตัวกล่อง และปิดกล่องให้เรียบร้อย แผนผังของกล่องบรรจุเครื่องมือแสดงไว้ในรูป 3-10 ภายในกล่องประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ตามแผนผังในรูป 3-11



รูป 3-10 กล่องบรรจุวงจร



รูป 3-11 แผนผังภายในกล่องบรรจุวงจร

3.9 <u>แผ่นวงจรอินเตอร์เฟส (interface board)</u>

แผ่นวงจรอินเตอร์เฟสมีเพื่อรับสัญญาณจากมิกเซอร์เข้าทางขา PB6 ของ6522 VIA บนแผ่นวงจรอินเตอร์เฟส และติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมให้ ตัวนับ/จับเวลาของ 6522 ในการหาความถี่ของสัญญาณที่ป้อนเข้าไป นอกจากนั้น แผ่นวงจรอินเตอร์เฟสยังป้อนไฟเลี้ยง +5Vdc และกราวนด์ให้กับระบบทั้งหมดอีกด้วย ซึ่งทำให้สะดวกมากขึ้น และงานเป็นระบบกราวนด์ร่วมกัน

เนื่องจากการอินเตอร์เฟสเกี่ยวข้องกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจะขอยกไปกล่าวไว้รวมกันในบทที่ 4 ทั้งบท