หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

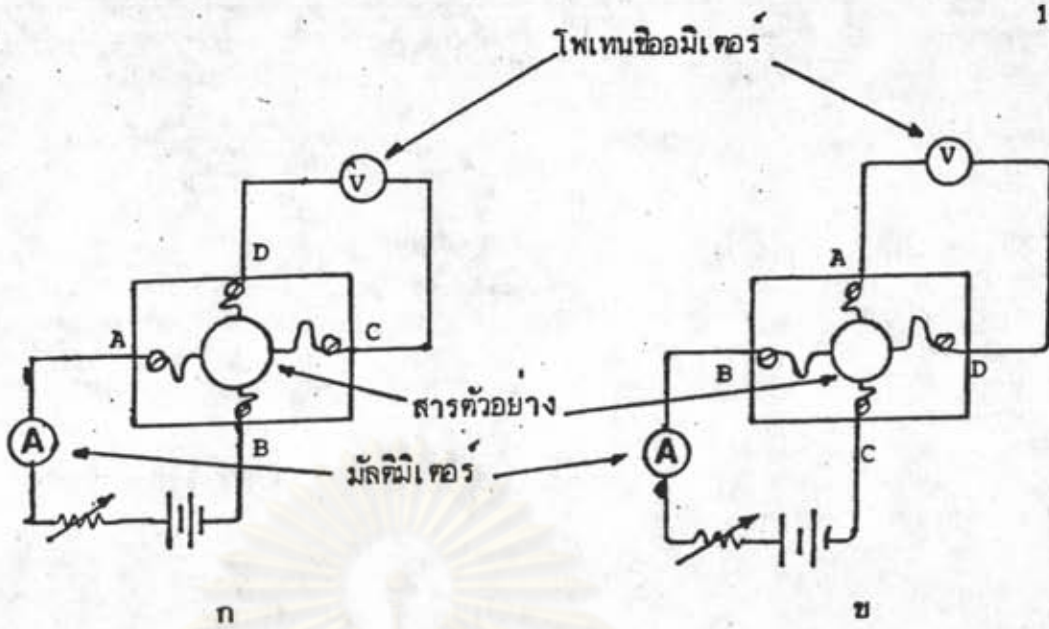
บทที่ 2

การสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาขบวนการขนส่งทางไฟฟ้าในพอลิพิรโรล์ต้องทำการวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิต่ำๆตั้งแต่ 77 เคลวินถึงอุณหภูมิห้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนำไฟฟ้าและอุณหภูมิซึ่งทำให้ทราบว่าขบวนการขนส่งทางไฟฟ้าในพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์แบบเคมีเป็นแบบใด และนำไปเปรียบเทียบกับขบวนการขนส่งในพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์แบบไฟฟ้าเคมีซึ่งได้มีการศึกษากันมามากมาย ในการทดลองวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องนั้นจะต้องใช้ไนโตรเจนเหลวซึ่งมีจุดเดือดที่ 77 เคลวิน สำหรับการวัดปริมาณต่างๆนั้นได้พัฒนาชุดเครื่องมือเพื่อทำการประกอบส่วนเชื่อมต่อ (interface) และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทดลอง คำนวณหาปริมาณต่างๆ แสดงผลทางจอภาพและทางเครื่องพิมพ์ บันทึกผล พร้อมทั้งพัฒนาโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังศึกษาปรากฏการณ์ความร้อนไฟฟ้า (thermoelectric effect) โดยการทดลองหาสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) ซึ่งจะทำให้ทราบชนิดของประจุพาหะ ในการนี้จะต้องสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆดังจะได้กล่าวในรายละเอียดแต่ละส่วนต่อไป

2.1 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้วัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ

ในการทดลองหาสภาพนำไฟฟ้าในพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์แบบเคมีในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการวัดสภาพนำไฟฟ้าแบบ แวน เดอ พาว ทั้งนี้เนื่องจากว่าสารตัวอย่างมีลักษณะเป็นแผ่นกลมที่มีความหนาสม่ำเสมอซึ่งเหมาะที่จะทำการวัดโดยวิธีนี้ซึ่งจะให้ผลการวัดคลาดเคลื่อนน้อย วิธีวัดแบบ แวน เดอ พาว ทำได้ดังนี้



รูปที่ 2.1 แสดงการวัดสภาพนำไฟฟ้าแบบ แวนเดอ พาว

ก. กระแสเข้าขั้ว A ออก B วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้ว C และ D

ข. กระแสเข้าขั้ว B ออก C วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้ว A และ D

จากรูป 2.1 ก. ข. จะได้

$$R_{ABCD} = \frac{V_{DC}}{I_{AB}} \qquad (2.1)$$

$$R_{BCDA} = \frac{V_{AD}}{I_{BC}} \qquad (2.2)$$

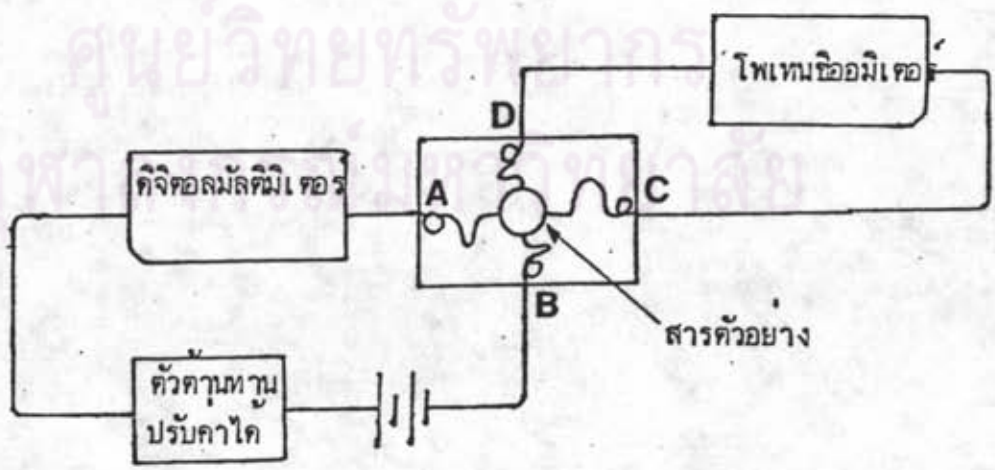
ค่าความต้านทาน R_{ABCD} และ R_{BCDA} นำไปหาสภาพนำไฟฟ้าจากสมการ

$$\exp(-\pi\sigma DR_{ABCD}) + \exp(-\pi\sigma DR_{BCDA}) = 1 \qquad (2.3)$$

โดยที่ σ เป็นสภาพนำไฟฟ้าและ D เป็นความหนาของสารตัวอย่างซึ่งสม่ำเสมอ ในการทดลองหาสภาพนำไฟฟ้านี้ได้แบ่งการทดลองเป็นสองตอนคือ ในตอนแรกจะเป็นการทดลองหาสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องและในตอนหลังจะเป็นการทดลองหาสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิตั้งแต่ 77 เคลวินถึงอุณหภูมิห้อง (โดยประมาณ) ดังนั้นจะกล่าวถึงการทดลองในตอนแรกก่อนดังนี้ การทดลอง

015963

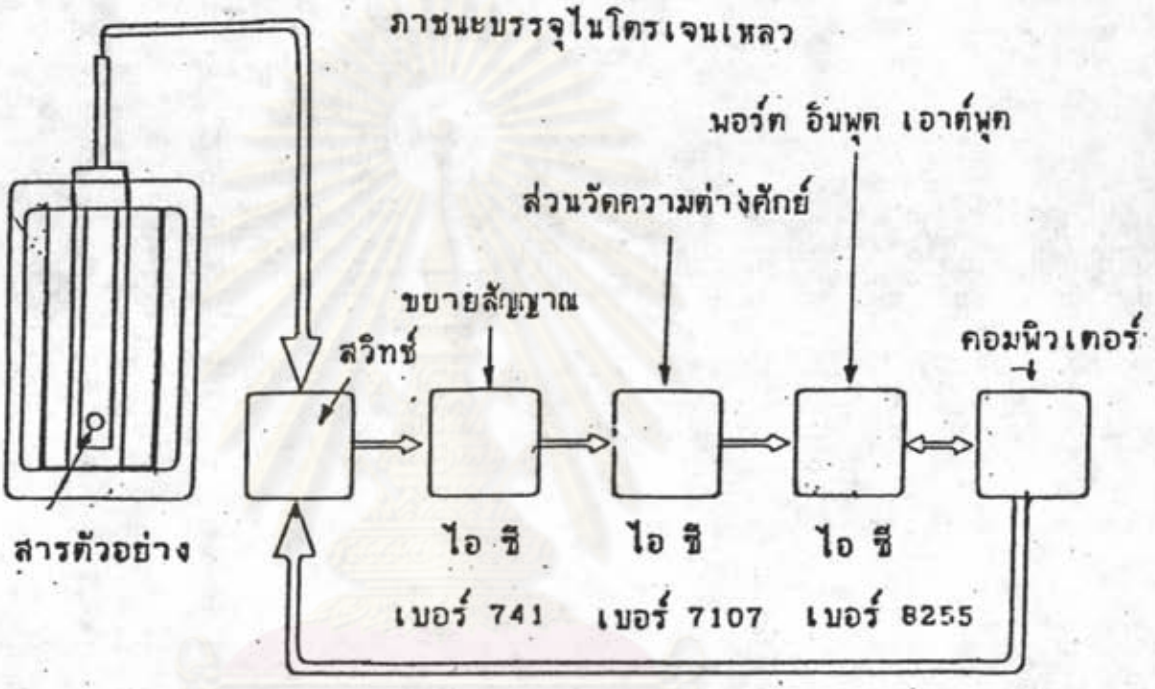
ในตอนแรกนี้จะหาสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องซึ่งจะคำนวณได้จากสมการ (2.3) แต่การทดลองครั้งนี้ไม่เพียงแต่จะให้กระแสเข้าขั้ว A ออก B แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้ว C และ D และกระแสเข้าขั้ว B ออก C แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้ว D และ A เท่านั้นยังจะให้กระแสเข้าขั้ว C ออก D แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้ว A และ B และให้กระแสเข้าขั้ว D ออก A แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วB และ C ซึ่งจะทำให้ได้ R_{CDAB} และ R_{DABC} ตามลำดับ เมื่อนำ R_{ABCD} และ R_{BCDA} , R_{BCDA} และ R_{CDAB} , R_{CDAB} และ R_{DABC}, R_{DABC} และ R_{ABCD} แทนค่าในสมการ (2.3) จะได้สภาพนำไฟฟ้าทั้งหมดสี่ค่าด้วยกัน และเมื่อเฉลี่ยค่าทั้งสี่ก็จะได้สภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องตามต้องการ การทดลองในตอนแรกนี้ได้วัดและควบคุมการทดลองด้วยมือ เนื่องจากการทดลองไม่ซับซ้อนยุ่งยาก เครื่องมือต่างๆที่ใช้มีดังนี้ โพเทนชิออมิเตอร์ใช้วัดความต่างศักย์ซึ่งมีความละเอียดในการวัดสูงมาก ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ใช้วัดกระแสไฟฟ้าความต้านทานปรับค่าได้แบบกล่อง แบตเตอรีและภาชนะวางสารตัวอย่าง ซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดที่กล่าวมาจะต้องสร้างส่วนที่เป็นภาชนะวางสารตัวอย่างซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้ในหัวข้อต่อไป สำหรับการจัดเครื่องมือและอุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่งได้แสดงเฉพาะกรณีกระแสเข้าขั้ว A ออก B และวัดความต่างศักย์ระหว่างขั้ว C และ D โดยที่กรณีการวัดที่ขั้วอื่นๆก็ทำได้ในทำนองเดียวกัน



รูปที่ 2.2 แสดงการจัดเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในการวัดสภาพนำไฟฟ้าแบบ แวน เดอ พาว ที่อุณหภูมิห้อง

สำหรับการทดลองหาสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆตั้งแต่ 77 เคลวิน ถึงอุณหภูมิห้องนั้น ดังได้กล่าวแล้วว่าจะต้องใช้ไนโตรเจนเหลวในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตัวอย่างดังนั้นจะต้องสร้างภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลวและสารตัวอย่างจะต้องอยู่ในภาชนะนี้ด้วยโดยที่สารตัวอย่างจะถูกยึดไว้ที่ภาชนะวางสารตัวอย่างซึ่งจะเป็นก้านยาวๆสอดไว้ในกระบอกทองเหลืองและกระบอกทองเหลืองนี้จะวางลงในภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลวซึ่งเมื่อบรรจุไนโตรเจนเหลวลงไปแล้วไนโตรเจนเหลวนี้จะระเหยออกมาทำให้อุณหภูมิของสารตัวอย่างเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่พอเหมาะไม่เร็วเกินไปรายละเอียดของการสร้างภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว ที่วางสารตัวอย่าง ก้านยึดที่วางสารตัวอย่าง กระบอกทองเหลืองจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป ในการทดลองหาสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆนี้ก็จะใช้วิธีวัดแบบ แวน เดอ พาว ให้กระแสเข้าและออกคู่หนึ่งแล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วที่เหลือโดยไม่ต้องเปลี่ยนเป็นคู่อื่นๆเหมือนตอนที่หาสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องดังจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 3 ต่อไป ปริมาณที่ต้องวัดในขั้นตอนนี้คือ กระแสที่ป้อนแก่ สารตัวอย่าง ความต่างศักย์ระหว่างขั้วสองขั้วของสารตัวอย่าง อุณหภูมิของสารตัวอย่างปริมาณทั้งสามนี้โดยหลักการแล้วต้องวัดในเวลาเดียวกัน แต่ในทางปฏิบัติแล้วทำได้ยากมากหรือกล่าวได้ว่าทำไม่ได้เลย ดังนั้นจะต้องวัดให้ได้ในเวลาที่ใกล้เคียงกันที่สุดซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้สร้างส่วนเชื่อมต่อซึ่งประกอบด้วยวงจรอิเลกทรอนิกส์ทั้งหมด อนึ่งการวัดปริมาณทั้งสามจะวัดในรูปของความต่างศักย์แล้วแปลเป็นกระแสไฟฟ้าหรืออุณหภูมิซึ่งใช้เทอร์มอคัปเปิลเป็นเครื่องมือวัด ขั้นตอนในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์จะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป หลักการพอสังเขปมีดังนี้ สัญญาณหนึ่งในสามถูกเลือก(ด้วยคำสั่งในโปรแกรม) จะนำไปขยายสัญญาณด้วยวงจรขยายสัญญาณกระแสตรงจากนั้นเข้าสู่วงจรส่วนที่ทำหน้าที่วัดความต่างศักย์แล้วจะเข้าสู่พอร์ตอินพุตเอาต์พุตเพื่อส่งสัญญาณเข้าคอมพิวเตอร์ ต่อจากนี้โปรแกรมจะเลือกสัญญาณอื่นผ่านสวิชท์ตัวต่อไปจนได้ครบทั้งสามปริมาณดังกล่าว การวัดจะดำเนินหมุนเวียนต่อไปจนอุณหภูมิสูงถึงตามที่ต้องการ ในรูปที่ 2.3 ได้แสดงแผนภาพการ

จัดเครื่องมือเพื่อวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ



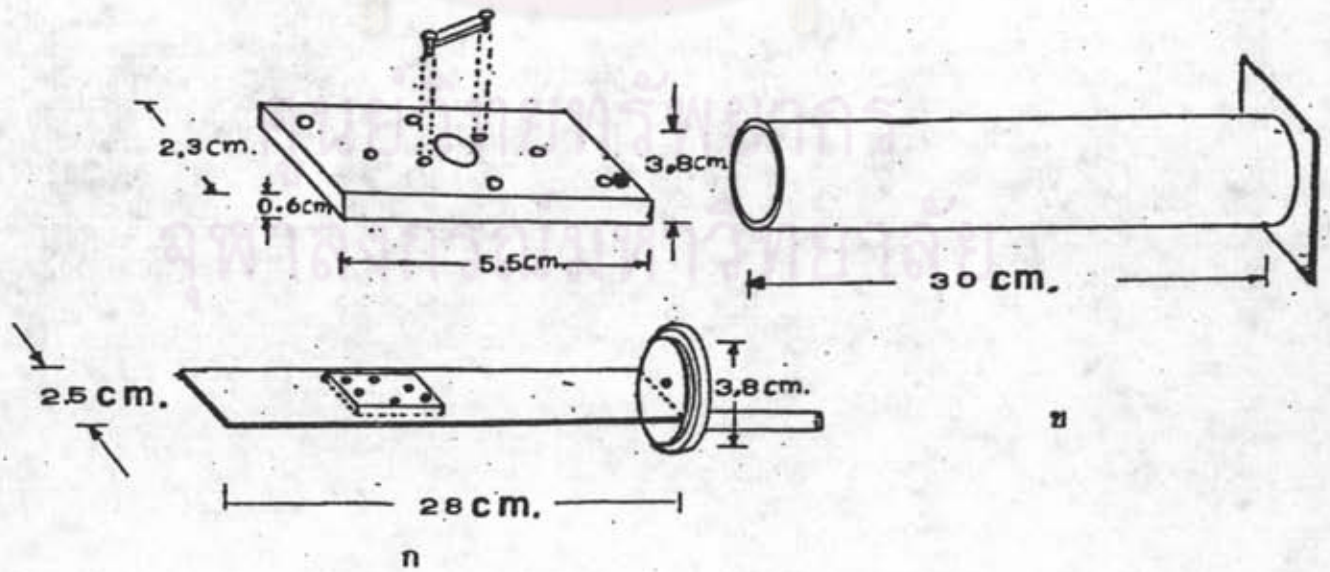
รูปที่ 2.3 แสดงการจัดเครื่องมือวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ภาชนะวางสารตัวอย่าง

ภาชนะวางสารตัวอย่างในที่นี้จะประกอบด้วย ที่วางสารตัวอย่าง ก้านยึดที่วางสารตัวอย่าง และรวมไปถึงกระบอกทองเหลือง จะได้กล่าวถึงแต่ละส่วนดังต่อไปนี้ ที่วางสารตัวอย่างได้ใช้แผ่นพลาสติกใสขนาดหนา 0.6 cm. ตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 2.3 cm. ยาว 5.5 cm.

แสดงในรูปที่ 2.4 และเจาะรูใส่น็อตทองเหลืองเป็นที่พักสายสี่รู อีกสองรู สำหรับยึดสารตัวอย่างโดยตัดแผ่นพลาสติกขนาดหนา 0.2 cm. ตัดเป็นท่อน กว้าง 0.3 cm. ยาว 1.4 cm. ส่วนปลายทั้งสองเว้าได้สัดส่วนกับน็อตทองเหลือง การขันน็อตยึดสารตัวอย่างนี้จะต้องขันให้แน่นเพียงพอประมาณ นอกจากนี้ที่แผ่นวางสารตัวอย่างได้เจาะรูสำหรับยึดแผ่นนี้กับก้านยึดที่วางสารตัวอย่าง ลักษณะของก้านยึดสารตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2.4 ส่วนปลายหรือส่วนที่ติดอยู่กับที่วางสารตัวอย่างทำจากแผ่นเบคไลท์ (bakelite) หนา 0.2 cm. กว้าง 2.5 cm. ยาว 2 8 cm. ส่วนหัวของก้านยึดเป็นแผ่นวงกลมหนา 0.6 cm. เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 cm. ที่ส่วนนี้มีรูสำหรับสอดสายลวดทองแดง ต่อจากส่วนหัวนี้จะมีท่อทองเหลืองกลวงยาว 10.0 cm. นอกจากนี้ยังจะต้องมีรูสำหรับสอดเทอร์มอคัปเปิล รูนี้จะต้องตรงกับสารตัวอย่างดังรูปที่ 2.4 ก กระบอกทองเหลืองซึ่งบรรจุก้านยึดที่วางสารตัวอย่างเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 cm. ยาว 30.0 cm. หนา 0.3 cm. ปลายหนึ่งของกระบอกนี้เชื่อมปิดสนิทด้วยแผ่นทองเหลือง ดังรูปที่ 2.4 ข

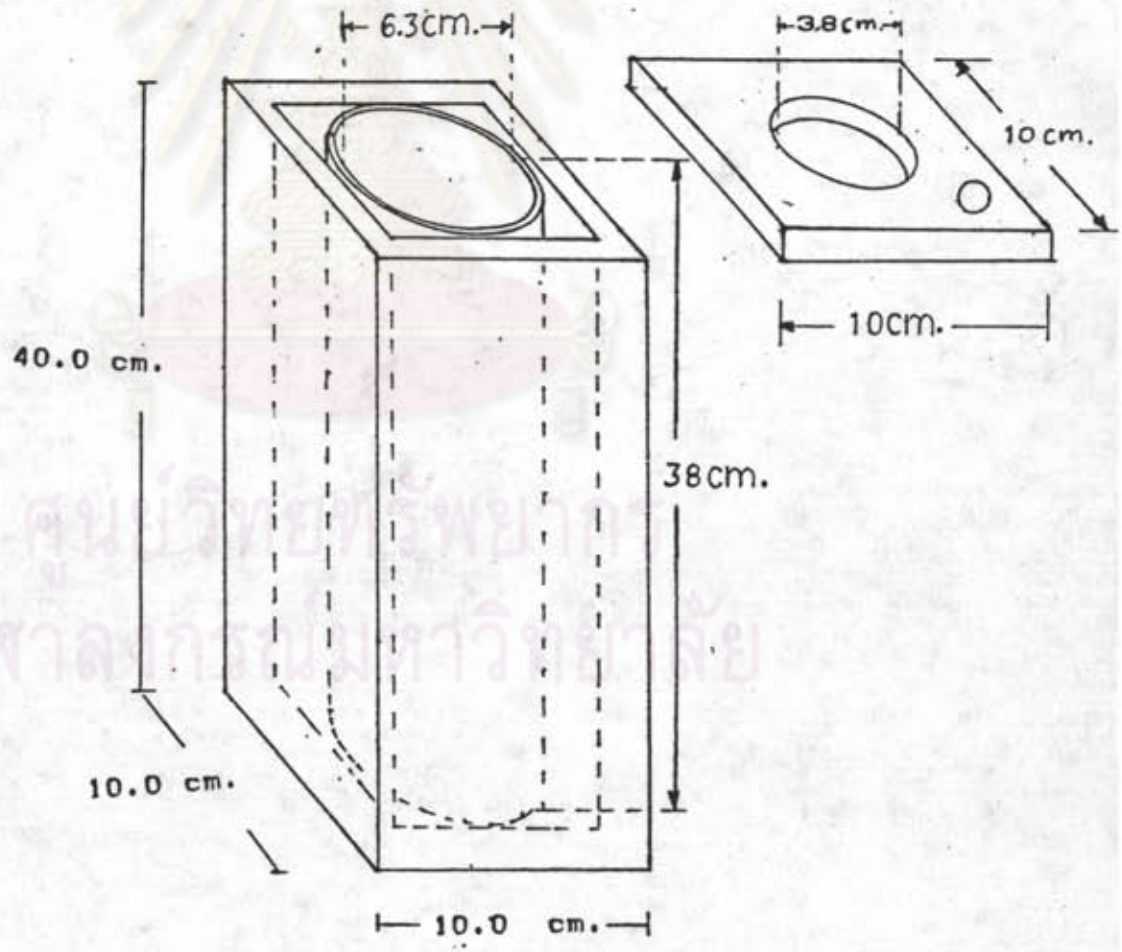


รูปที่ 2.4 แสดง ก. ที่วางสารตัวอย่างและก้านยึดสารตัวอย่าง

ข. กระบอกทองเหลืองสำหรับบรรจุก้านยึดสารตัวอย่าง

2.3 ภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว

ใช้กระบอกแก้วเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.3 cm. สูง 38.0 cm. หนา 0.2 cm. เป็นส่วนที่บรรจุไนโตรเจนเหลวโดยที่กระบอกแก้วนี้จะหุ้มด้วยโฟมชนิดหนา 2.5 cm. โดยรอบดังรูปที่ 2.5 โฟมแต่ละชิ้นติดกันด้วยกาวที่ไม่ละลายน้ำ ขนาดของโฟมด้านข้างทั้งสี่แผ่น กว้าง 10.0 cm. ยาว 40.0 cm. ด้านบนและล่างมีขนาดกว้าง 10.0 cm. ยาว 10.0 cm. สำหรับด้านบนนั้นได้เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 cm. เพื่อสอดกระบอกทองเหลืองผ่านลงไปได้และมีรูเป็นที่เติมไนโตรเจนเหลว



รูปที่ 2.5 แสดงภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว

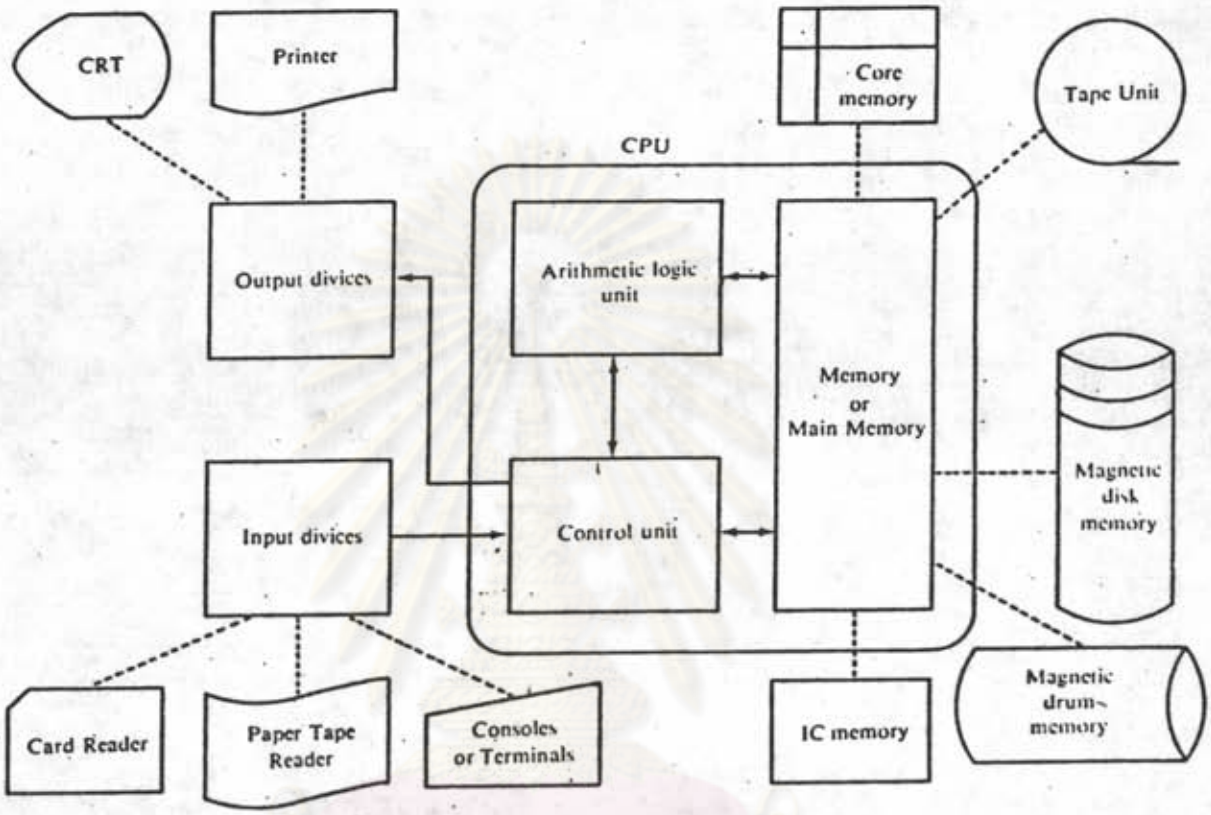
2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ในการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานหรือควบคุมการวัดในที่นี้เป็นการวัดความต่างศักย์ 8 ครั้ง ในเวลาใกล้ ๆ กัน ซึ่งจะให้ผลของการวัดถูกต้องใกล้เคียงความต้องการมากที่สุด ในส่วนนี้ประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ หลายส่วน ดังจะได้กล่าวต่อไป อุปกรณ์ภายนอกที่จะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์นั้นจะเชื่อมต่อกันที่ช่องเสียบการ์ดหรือที่เรียกกันว่า สลอต (slot) ซึ่งติดอยู่ที่แผงวงจรในเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่สลอตนี้จะเป็นทางผ่านเข้าออกของสัญญาณต่าง ๆ การที่จะเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้าโดยตรงนั้นเป็นไปไม่ได้ จะต้องมีอุปกรณ์ตัวกลางที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกและคอมพิวเตอร์ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ไอซี เบอร์ 8255 เป็นอุปกรณ์รับส่งข้อมูล หรือพอร์ตอินพุต เอาต์พุต อุปกรณ์ภายนอกในที่นี้คืออุปกรณ์วัดความต่างศักย์ซึ่งได้ใช้ไอซี เบอร์ 7107 โดยปรกติสัญญาณเอาต์พุตจะต่อเข้ากับภาคแสดงผลที่เป็นแอลอีดี (LED) ชนิดตัวเลข 7 ส่วน จำนวน 3 หลักครึ่ง แต่การวิจัยนี้ได้ทำการดัดแปลงภาคแสดงผลของไอซีนี้ต่อเข้ากับไอซีเบอร์ 8255

2.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ชนิด 8 บิต

ดังได้กล่าวแล้วว่าอุปกรณ์รับส่งข้อมูลคือไอซีเบอร์ 8255 จะต้องต่อเข้ากับสลอตของคอมพิวเตอร์ชนิด 8 บิต ชนิด Apple II ก่อนอื่นจะกล่าวถึงหลักการทำงานทั่ว ๆ ไปของคอมพิวเตอร์ดังนี้

ไมโครคอมพิวเตอร์ (microcomputer) เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (central processing unit) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า CPU ในหน่วยนี้ประกอบด้วยหน่วยย่อยต่าง ๆ คือ หน่วยคำนวณ หน่วยความจำ และหน่วยควบคุม ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.6

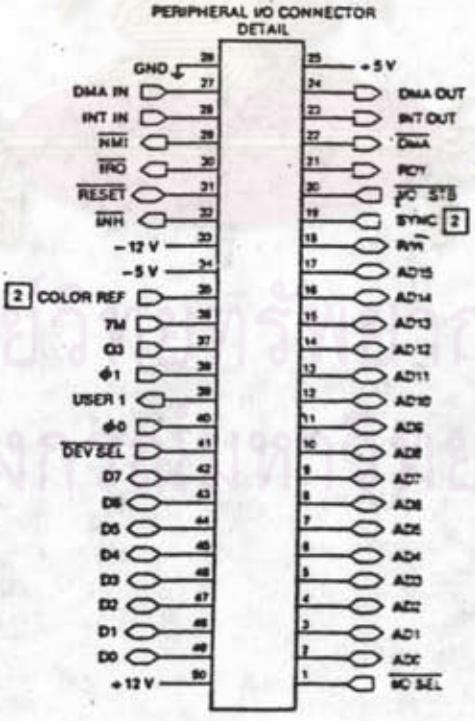


รูปที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของไมโครคอมพิวเตอร์

ในไมโครคอมพิวเตอร์ชนิด Apple II นั้นใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ MCS 6502 ซึ่งเป็นไอซีขนาด 40 ขา ดังรูปที่ 2.7 (รายละเอียดของไอซี MCS 6502 อยู่ภาคผนวก ก) ขาต่าง ๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์เกือบทั้งหมดได้ถูกต่อออกมาที่สลอตต่าง ๆ เพื่อความสะดวกต่อการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ขาต่าง ๆ ของสลอตแสดงในรูปที่ 2.8

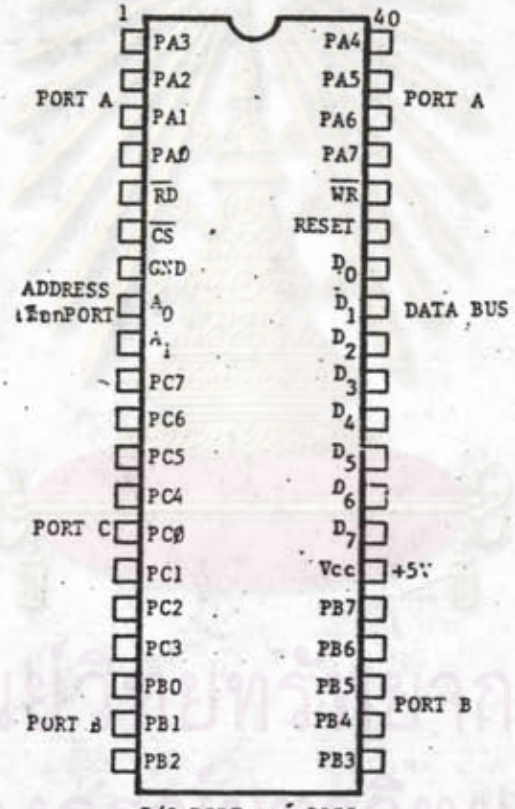
รูป 2.7 แสดงขาต่าง ๆ ของไอซี

เบอร์ MCS 6502



รูปที่ 2.8 แสดงขาต่าง ๆ ของสลอต

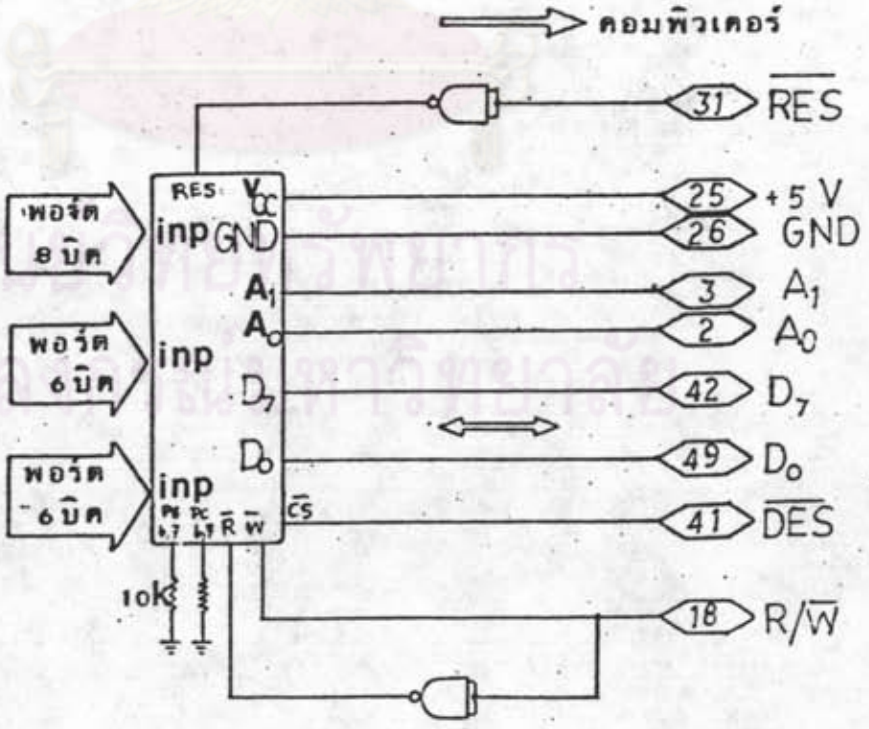
ดังที่กล่าวแล้วว่าใช้ไอซีเบอร์ 8255 เป็นตัวรับส่งข้อมูล หรือพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ซึ่งประกอบด้วยพอร์ตทั้งหมด 3 พอร์ตคือ พอร์ต A พอร์ต B และพอร์ต C แต่ละพอร์ตเป็นพอร์ตชนิด 8 บิต (รายละเอียดของขาต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก ข) และขาต่างๆแสดงในรูปที่ 2.9



I/O PORTเบอร์ 8255

รูปที่ 2.9 แสดงขาต่าง ๆ ของไอซีเบอร์ 8255

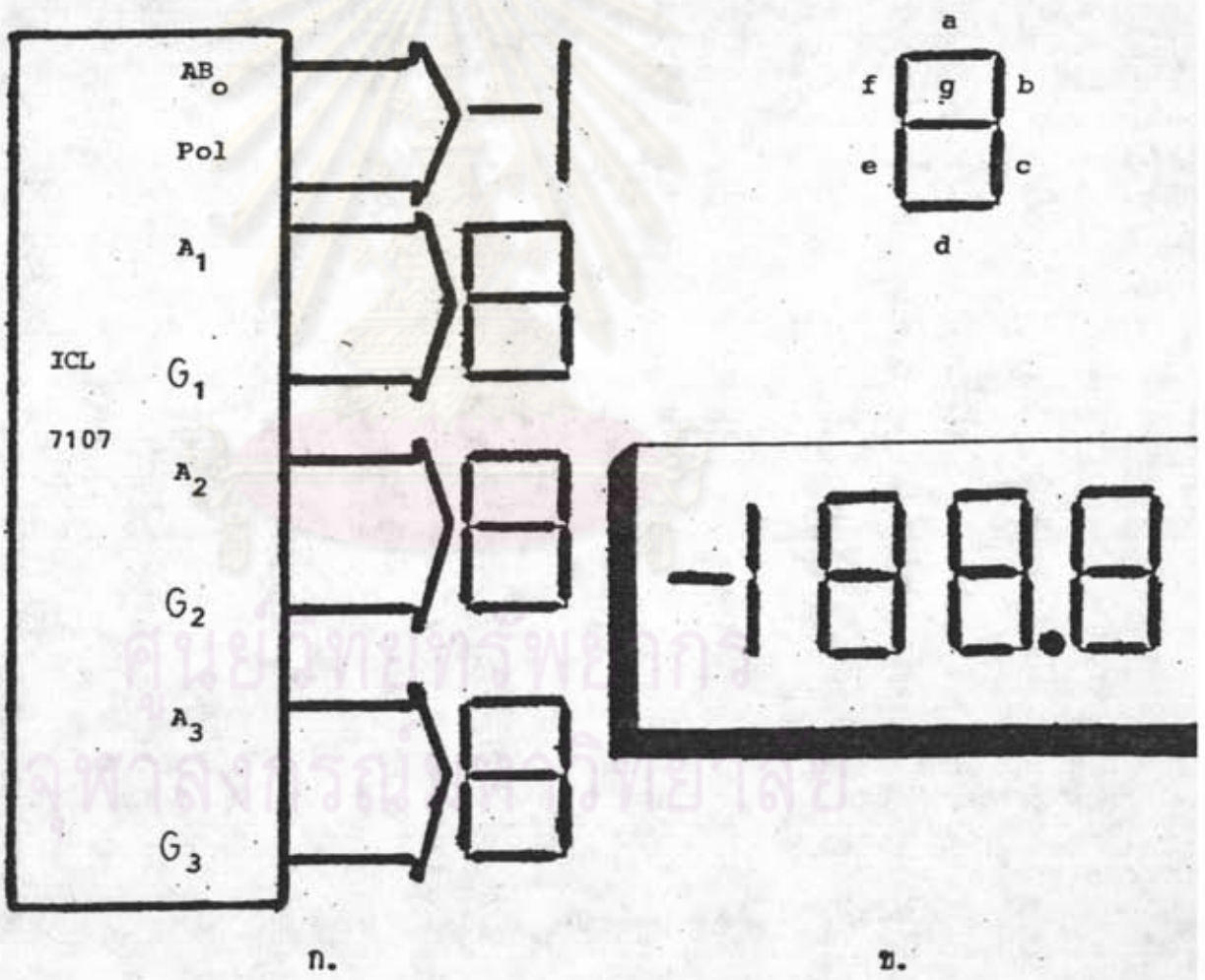
ขาต่าง ๆ ที่จะต้องต่อเข้ากับสลอตได้แก่ $D_0 - D_7$ ซึ่งเป็นบัสข้อมูลต่อเข้ากับ $D_0 - D_7$ ของสลอต V_{cc} ต่อเข้ากับ ขา + 5V ของสลอต GND ต่อเข้ากับขา GND ของสลอต รีเซตต่อเข้ากับขารีเซตของสลอตโดยผ่านอินเวอเตอร์ก่อน เพราะขารีเซตของ 8255 แอคทีฟที่สัญญาณ 1 ส่วนของไอซีเบอร์ MCS 6502 แอคทีฟที่สัญญาณ 0 บัสแอดเดรส A_0, A_1 ต่อเข้ากับ A_0, A_1 ของสลอต chip select หรือ $\overline{CS}$ ต่อเข้ากับ device select หรือ $\overline{DES}$ $\overline{W}$ ต่อเข้ากับ R/$\overline{W}$ โดยตรง และ $\overline{R}$ ต่อเข้ากับ R/$\overline{W}$ โดยผ่านอินเวอเตอร์ สำหรับพอร์ต A, B, C ของไอซีเบอร์ 8255 นี้ สามารถเลือกให้ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุต, หรือพอร์ตเอาต์พุตก็ได้ ในที่นี้จะใช้เป็นพอร์ตอินพุตทั้งสามพอร์ต ซึ่งจะต้องมีคำสั่งอยู่ในโปรแกรมด้วย สำหรับอุปกรณ์ภายนอกซึ่งก็คือ ไอซีเบอร์ 7107 นั้นจะต้องต่อเข้ากับพอร์ต A, B และ C ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป สำหรับแผนภาพแสดงการเชื่อมต่อไอซีเบอร์ 8255 กับคอมพิวเตอร์ แสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงการเชื่อมต่อไอซีเบอร์ 8255 กับคอมพิวเตอร์ 8 บิต ชนิด Apple II

2,6 การต่อเอาต์พุตไอซีเบอร์ 7107 กับพอร์ตทั้งสามของไอซีเบอร์ 8255 (14)

ไอซีเบอร์ 7107 เป็นไอซีที่ใช้วัดความต่างศักย์ได้โดยตรงโดยที่ภาคแสดงผลของไอซีนี้เป็นแอลอีดีชนิดตัวเลขเจ็ดส่วนจำนวนสามหลักครึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ซึ่งในตัวไอซีประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญคือ วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล วงจรถอดรหัสตัวเลขเจ็ดส่วน วงจรขับภาคแสดงผล (รายละเอียดของไอซีเบอร์ 7107 อยู่ที่ภาคผนวก ค



รูปที่ 2.11 แสดง ก. การต่อภาคแสดงผลเข้ากับเอาต์พุตของไอซีเบอร์ 7107

ข. ภาคแสดงผลที่เป็นแอลอีดีชนิดตัวเลขเจ็ดส่วน

ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้แสดงผลทางแอลอีดีชนิดตัวเลขเจ็ดส่วน แต่จะแสดงผลทางจอภาพคอมพิวเตอร์ จึงต้องดัดแปลงให้สัญญาณจากเอาต์พุตของไอซีเบอร์ 7107 (ซึ่งทำหน้าที่วัดความต่างศักย์) เข้าสู่คอมพิวเตอร์และทำการแปลความหมายเป็นตัวเลขที่วัดได้ด้วยโปรแกรม เอาต์พุตของไอซีเบอร์ 7107 นี้เดิมต่อเข้ากับแอลอีดีจำนวนสามหลักครึ่ง คือแสดงหลักหน่วย หลักสิบ หลักร้อย และหลักพันครึ่งหลักพร้อมทั้งเครื่องหมายบวก ลบ ขาที่เป็นเอาต์พุตแสดงหลักหน่วยของไอซีเบอร์ 7107 คือ A_1 - G_1 รวมทั้งหมดเจ็ดขา หลักสิบได้แก่ A_2 - G_2 หลักร้อยได้แก่ A_3 - G_3 และหลักพันครึ่งหลักได้แก่ AB_4 และ POL ดังรูปที่ 2.11 การต่อขาที่เป็นเอาต์พุตของไอซีเบอร์ 7107 นี้ ไม่ได้ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยตรง แต่จะต้องต่อเข้ากับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตซึ่งเป็นไอซีเบอร์ 8255 ที่มีพอร์ตรับส่งข้อมูลทั้งหมดสามพอร์ตคือ A, B, C แต่ละพอร์ตมีแปดขาดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าในไอซีเบอร์ 7107 ถ้ารวมหลักร้อยและหลักพันจะได้จำนวนสายสัญญาณ 8 สายพอดี การเชื่อมต่อระหว่างไอซีเบอร์ 7107 กับไอซีเบอร์ 8255 ทำได้ดังรูปที่ 2.13 ซึ่งอธิบายแต่ละหลักได้ดังนี้ หลักร้อยและหลักพันครึ่งหลักของไอซีเบอร์ 7107 คือขา A_3, B_3, C_3 E_3, F_3, G_3, AB_4 และ POL ต่อเข้ากับ PA_3, PA_4, PA_5, PA_0, PA_1, PA_2, PA_6 และ PA_7 ของไอซีเบอร์ 8255 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ขา D_3 ของไอซีเบอร์ 7107 นั้นไม่ได้ใช้เพราะถ้าใช้ทั้งหมดก็จะเกินแปดบิต ดังนั้นที่ขา D_0 - D_7 ของไอซีเบอร์ 8255 จะมี D_6 และ D_7 แสดงเลข 1 และเครื่องหมายบวกหรือลบ โดยถ้า D_6 เท่ากับ 0 หลักพันจะเป็น 1 และถ้า D_6 เท่ากับ 1 หลักพันจะเป็น 0 D_7 เท่ากับ 0 เครื่องหมายจะเป็นลบ D_7 เท่ากับ 1 เครื่องหมายจะเป็นบวก ความสัมพันธ์ของบิต D_7, D_6 กับหลักพันและเครื่องหมายรวมทั้งรหัสเลขฐานสิบแสดงในตารางที่ 2.1 สำหรับหลักสิบหลักหน่วยที่จะต่อเข้ากับพอร์ต B และ C ของไอซีเบอร์ 8255 นั้นจะเหมือนกับการต่อหลักร้อยเข้ากับพอร์ต A แต่จะต้องต่อเพียง 6 บิตเท่านั้น

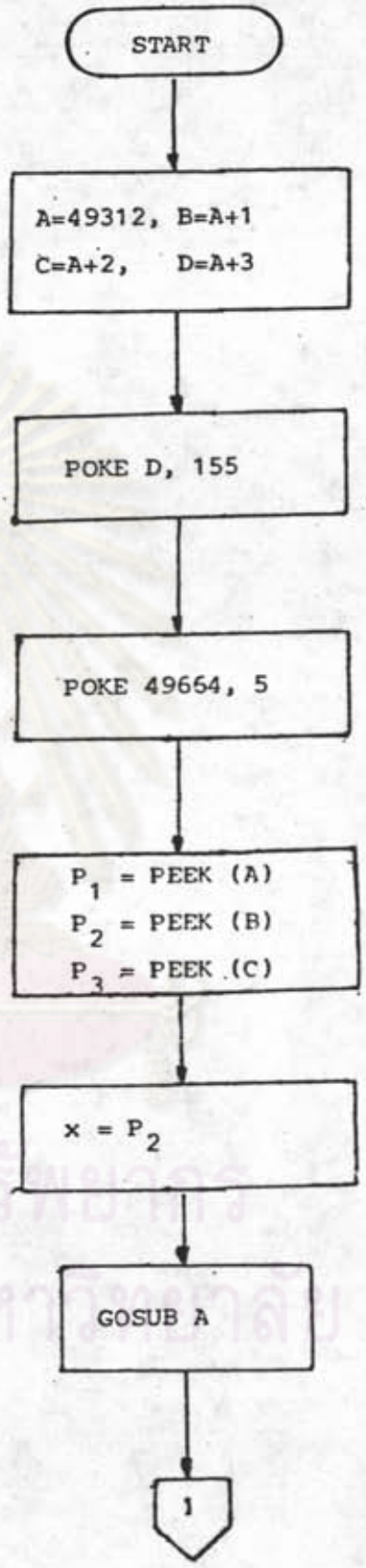
โดยในไอซีเบอร์ 7107 ไม่ใช้ D_1 และ D_2 ส่วนในไอซีเบอร์ 8255 ไม่ใช้ขา PB_6, PB_7 และ PC_6, PC_7 ทั้งนี้เพราะเป็นบิตแสดงหลักพันและเครื่องหมายรหัสเลขฐานสิบที่คอมพิวเตอร์อ่านจากพอร์ตทั้งสาม (ยกเว้นหลักพันและเครื่องหมาย) แสดงดังตารางที่ 2.2 ดังนั้นในโปรแกรมจะต้องทำการเทียบค่าตัวเลขฐานสิบเหล่านี้เป็นเลข 0-9 ซึ่งเป็นค่าจริง ๆ ที่ได้จากเอาต์พุตของไอซีเบอร์ 7107 การทำงานในส่วนการอ่านค่าความต่างศักย์ของคอมพิวเตอร์จากไอซีเบอร์ 7107 แสดงในแผนภาพรูปที่ 2.12 ก, ข ซึ่งได้แสดงเป็นผังงาน (flow chart) โดยละเอียด

ตารางที่ 2.1 แสดงเลขฐานสิบที่แทนหลักพันและเครื่องหมาย

D_6	D_7	หลักพัน	เครื่องหมาย	เลขรหัส
1	1	0	+	192
1	0	0	-	64
0	1	1	+	128
0	0	1	-	0

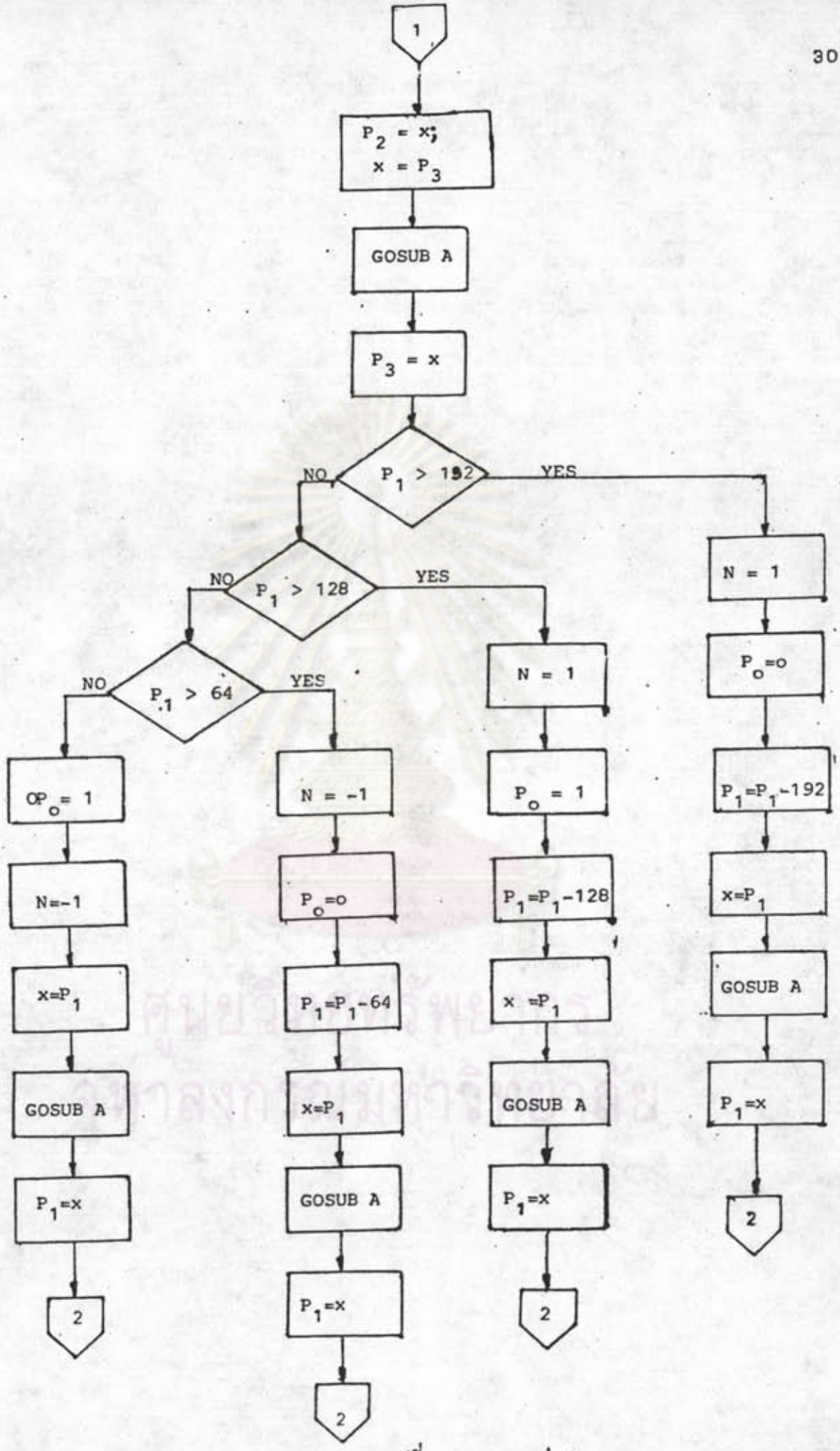
ตารางที่ 2.2 แสดงเลขฐานสิบจากเอาต์พุตของไอซีเบอร์ 7107

Segments	e	g	f	a	b	c	*	*	Decimal Code
Number / Data	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	
0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
1	1	1	1	1	0	0	0	0	15
2	0	0	1	0	0	1	0	0	36
3	1	0	1	0	0	0	0	0	5
4	1	0	0	1	0	0	0	0	9
5	1	0	0	0	1	0	0	0	17
6	0	0	0	0	1	0	0	0	16
7	1	1	1	0	0	0	0	0	7
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0	1

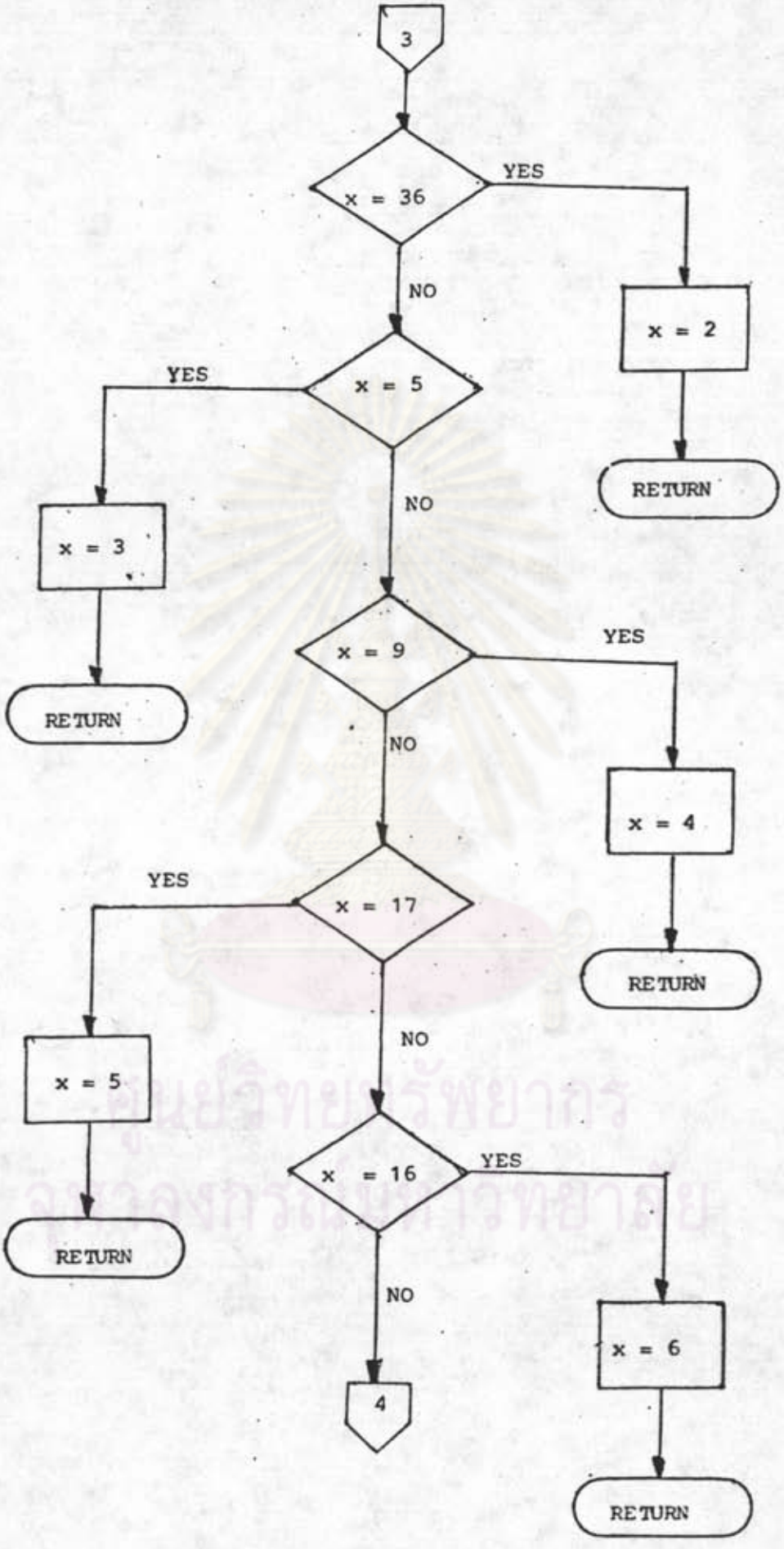


รูปที่ 2.12 แสดง ก. ผังงานโปรแกรมหลักในการวัดความต่างศักย์ 1 ค่า
ข. ผังงานโปรแกรมย่อย A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

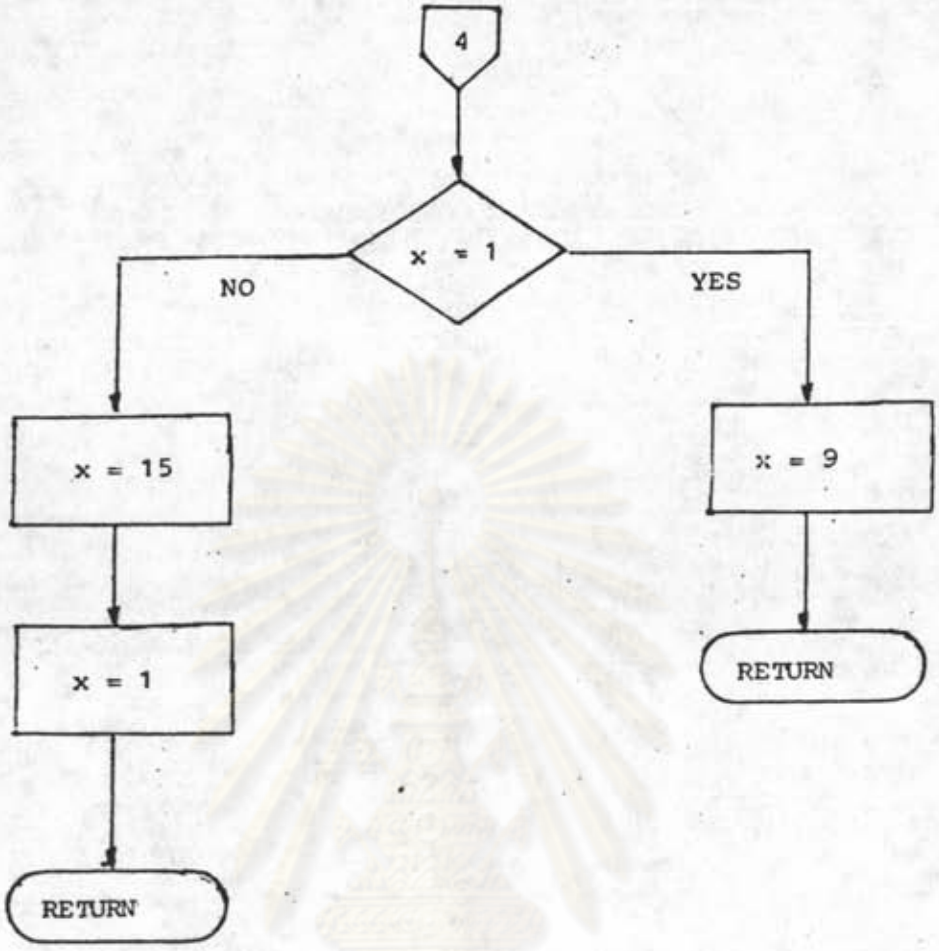

1
P2 = x;
x = P3
GOSUB A
P3 = x
P1 > 192
NO
YES
P1 > 128
NO
YES
P1 > 64
NO
YES
OPo= 1
N=-1
x=P1
GOSUB A
P1=x
2
N = -1
Po=o
P1=P1-64
x=P1
GOSUB A
P1=x
2
N = 1
Po = 1
P1=P1-128
x =P1
GOSUB A
P1=x
2
N = 1
Po=o
P1=P1-192
x=P1
GOSUB A
P1=x
2

รูปที่ 2.12 (ต่อ)



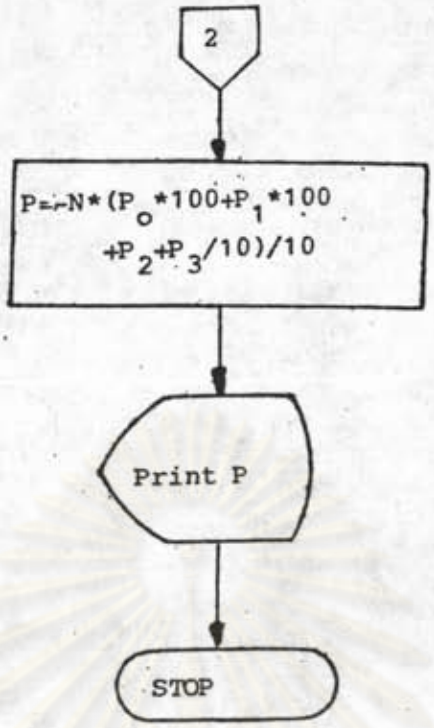
รูปที่ ๔.12(ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

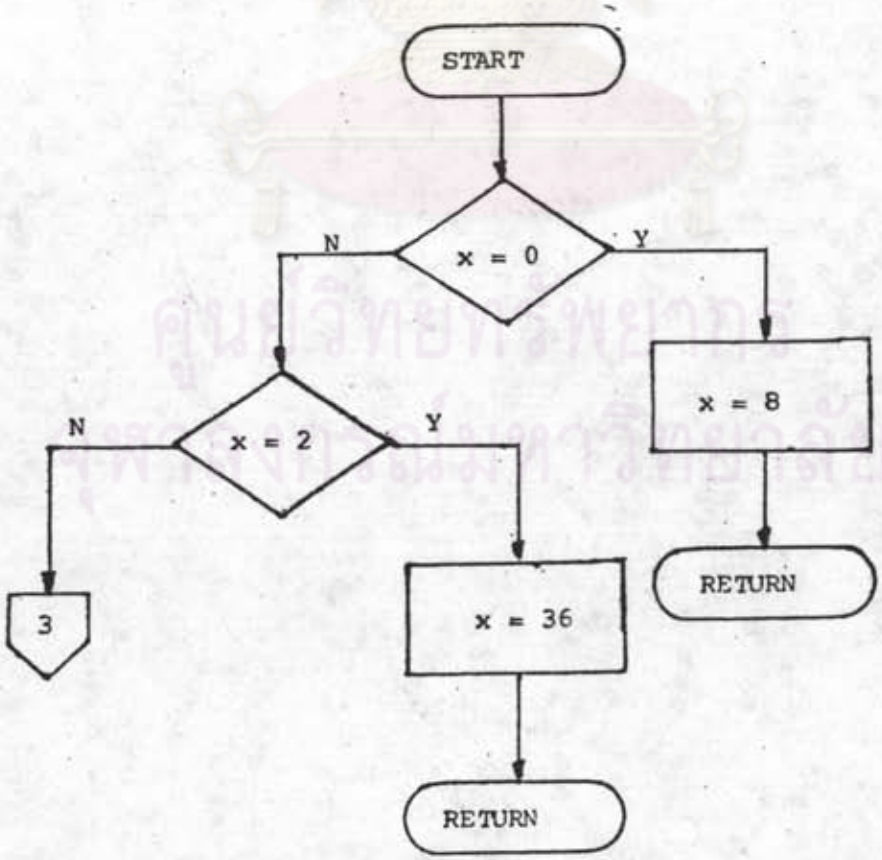


รูปที่ 2.12 (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

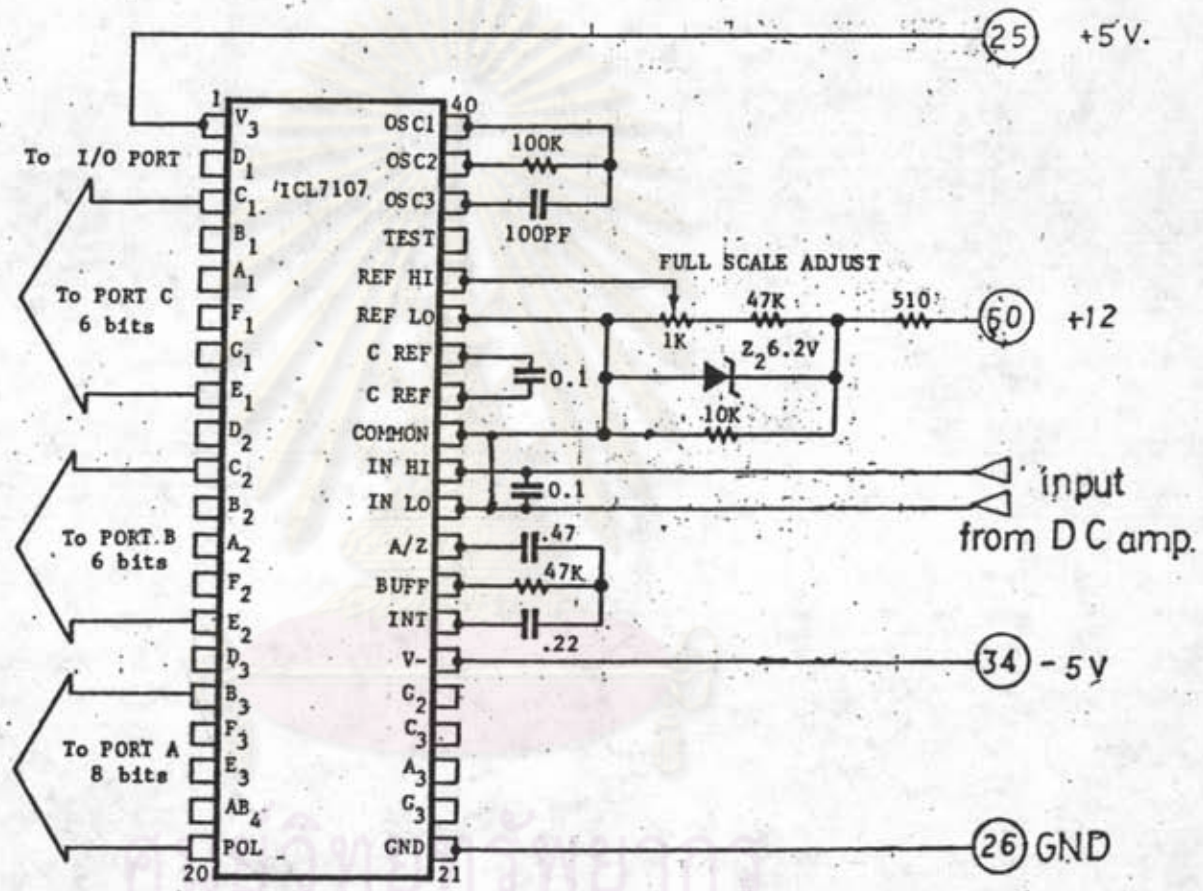

2
P=-N*(P0*100+P1*100
+P2+P3/10)/10
Print P
STOP

ข.


START
x = 0
N
Y
x = 2
N
Y
x = 8
3
x = 36
RETURN
RETURN

รูปที่ 2.12 (ต่อ)

การใช้งานไอซีเบอร์ 7107 นั้นจะต้องต่อขา OSC_1, OSC_2, OSC_3, + Ref, -Ref, input high, input low, auto zero, buffer และ integrator ดังรูปที่ 2.13

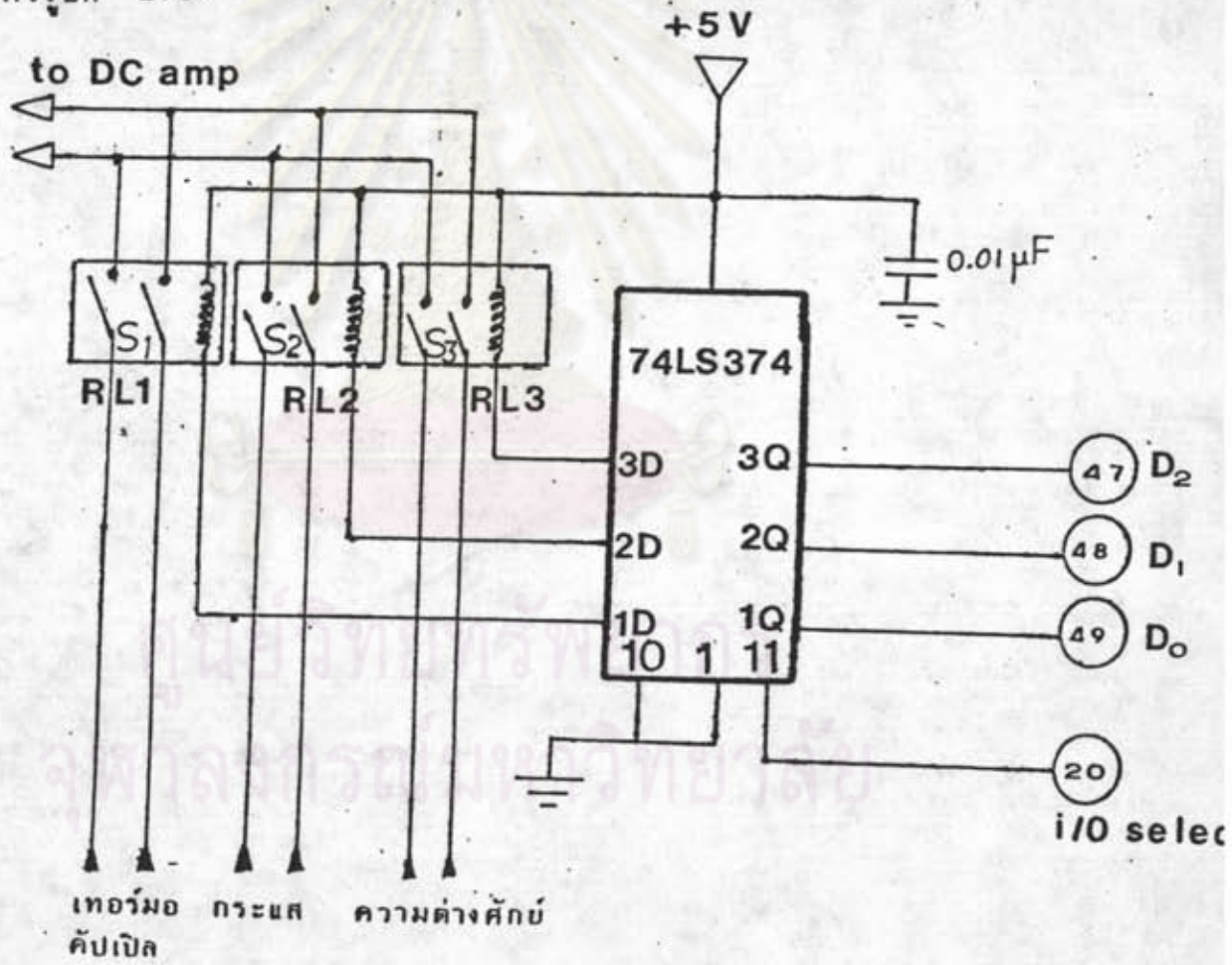


รูปที่ 2.13 แสดงการต่อขาต่าง ๆ ของไอซีเบอร์ 7107

จากรูปที่ 2.13 นี้ ภาคแสดงผลจะต่อเชื่อมกับพอร์ตอินพุตเอาต์พุต โดยหลักหน่วยและหลักสิบใช้เพียง 6 บิต ยกเว้น D_1 และ D_2 ตามลำดับ ส่วนหลักร้อยและหลักพันใช้ครบ 8 บิตโดยไม่ใช้ D_4

2.7 วงจรจัดลำดับการวัดความต่างศักย์

เนื่องจากจะต้องวัดความต่างศักย์ 3 ครั้งในเวลาใกล้เคียงกัน จึงต้องมีการจัดลำดับการวัดโดยในโปรแกรมจะมีคำสั่งที่ส่งสัญญาณผ่านสลอตออกไปซึ่งจะต้องผ่านพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ซึ่งจะใช้ไอซีเบอร์ 8255 ไม่ได้ เพราะว่าได้ใช้พอร์ตทั้งสามของไอซีนี้ไปหมดแล้ว โดยใช้เป็นพอร์ตอินพุตทั้งหมด จึงได้ใช้ไอซีเบอร์ 74LS374 เป็นตัวส่งสัญญาณไปทำให้วงจรสวิทช์ทำงาน ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงการต่อวงจรควบคุมการทำงานของสวิทช์

สวิทช์ที่ใช้เป็น reed relay ชนิดหน้าสัมผัสคู่ สัญญาณ D_0, D_1, D_2 มาจากคอมพิวเตอร์ ต่อเข้ากับขา 1Q 2Q และ 3Q ตามลำดับ สำหรับการต่อขา enable ของไอซีเบอร์ 74LS374 ต่อเข้ากับ I/O select ของสลอต รายละเอียดการทำงานของไอซีเบอร์ 74LS374 อยู่ในภาคผนวก ง.ซึ่งสัญญาณจาก I/O select ต้องเป็น 0 การที่จะเป็น 0 ได้นั้นจะต้องใช้คำสั่ง POKE address, ค่าของ $D_2D_1D_0$ ในเลขฐานสิบ, address จะเท่ากับ $Cnϕϕ โดยที่ n = หมายเลขสลอต +8 ในกรณีที่ค่าของ $D_2D_1D_0$ เท่ากับ 011 จะทำให้ขา 1Q 2Q และ 3Q มีสัญญาณเป็น 011 ด้วยมีผลทำให้สวิทช์ตัวที่ 1 (S_1) ปิด S_2, S_3 เปิด สัญญาณผ่าน S_1 ไปสู่วงจรขยายสัญญาณขึ้นสิบเท่าดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้ ลำดับการทำงานของสวิทช์นี้แสดงในตารางที่ 2.3

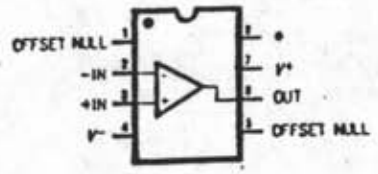
ตารางที่ 2.3 แสดงการทำงานของสวิทช์และสัญญาณต่าง ๆ

1Q	2Q	3Q	1D	2D	3D	S_1 (RL1)	S_2 (RL2)	S_3 (RL3)
0	1	1	0	1	1	ปิด	เปิด	เปิด
1	0	1	1	0	1	เปิด	ปิด	เปิด
1	1	0	1	1	0	เปิด	เปิด	ปิด

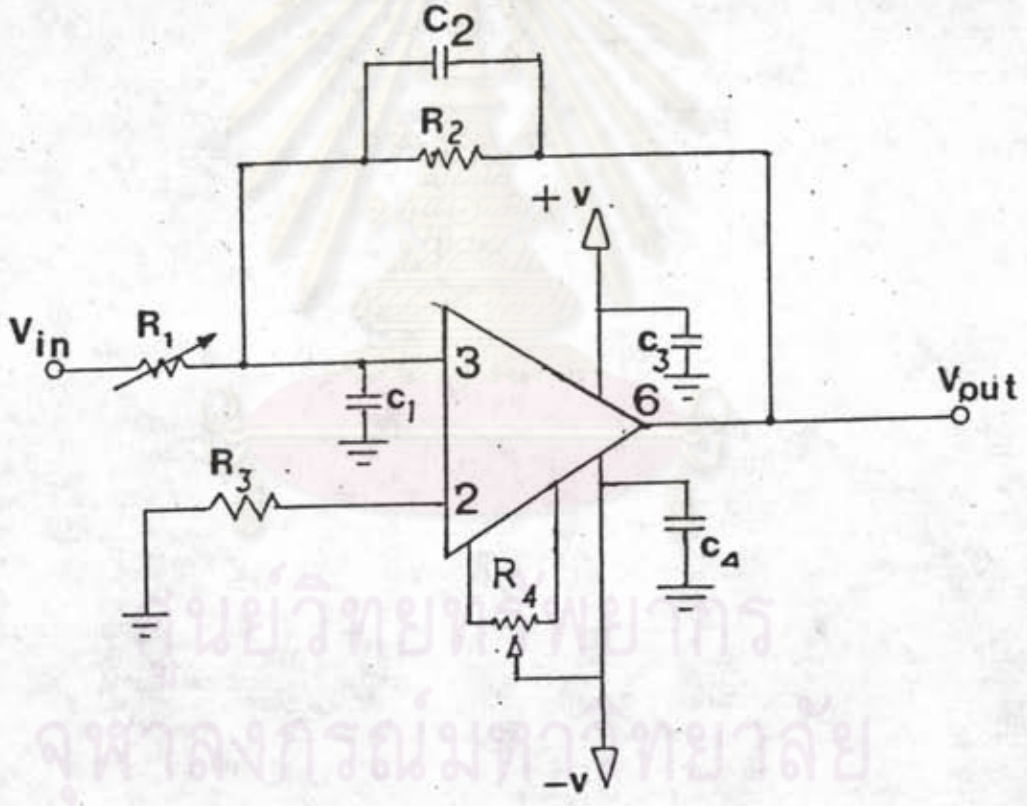
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.8 วงจรขยายสัญญาณ

เนื่องจากความละเอียดในการวัดความต่างศักย์ของไอซีเบอร์ 7107 นี้วัดได้ในช่วง 0-199.9 mV ซึ่งจะแสดงทศนิยมเพียงหนึ่งตำแหน่งเท่านั้น ทำให้การวัดความต่างศักย์ไม่ละเอียดพอที่จะใช้ในการทดลองครั้งนี้ ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนความต่างศักย์เพียง 0.04 mV ที่วัดได้จากเทอร์มอคัปเปิล จะหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 1 °C ถ้าหากใช้ข้อมูลที่มีทศนิยมเพียงหนึ่งตำแหน่งแล้วจะทำให้เกิดความผิดพลาดอย่างมากทีเดียว จึงได้แก้ไขปัญหานี้ด้วยการขยายสัญญาณที่ได้จากเครื่องมือวัดต่าง ๆ ก่อนจึงทำการวัดความต่างศักย์ไอซีเบอร์ 7107 การขยายสัญญาณจะขยายขึ้นเท่าใดก็ได้ แต่ในที่นี้จะขยายสิบเท่าเพื่อความสะดวกในการคำนวณ ตัวอย่างเช่น สมมุติว่าความต่างศักย์ที่จะวัดเป็น11.25 mV ไอซีเบอร์ 7107 จะวัดได้เป็น 11.2 mV แต่เมื่อผ่านการขยายสิบเท่าก่อนแล้วจึงให้ไอซีเบอร์ 7107 วัด จะวัดได้ 112.5 mV เมื่อหารด้วยสิบจะได้ 11.25 mV ตามความเป็นจริง ซึ่งการหารด้วยสิบจะกระทำในโปรแกรม วงจรขยายสัญญาณนี้ได้ใช้ไอซีเบอร์ 741 โดยต่อแบบกลับ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ก.ข. อัตราการขยายเป็นไปตามสมการ $V_{out} = -V_{in}(R_2/R_1)$ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ได้แก่ R_1 = 2kΩ (ปรับค่าได้), R_2 = 10 kΩ R_3 = 1 kΩ, R_4 = 10 kΩ (ปรับค่าได้), C_1 = 0.1 μF, C_2 = 0.01 μF, $C_3 = C_4$ = 0.1 μF, ±V = ±12 V.



ก



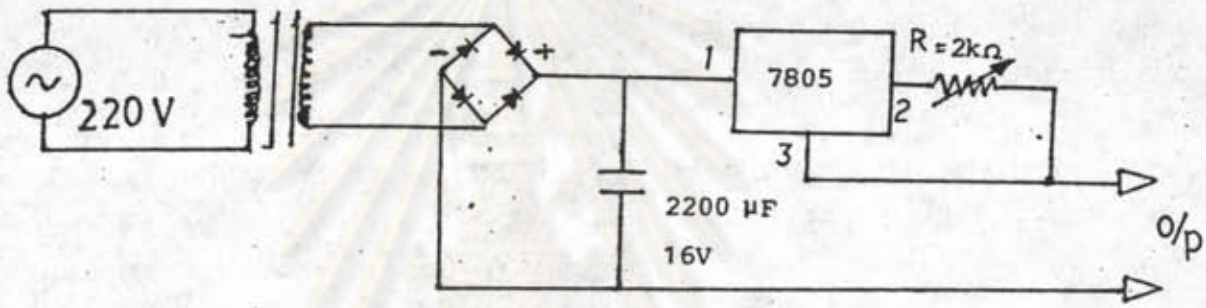
ข

รูปที่ 2.15 แสดง ก. การจัดขาไอซีเบอร์ 741
ข. วงจรขยายสัญญาณโดยใช้ไอซีเบอร์ 741
ต่อแบบกลับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.9 วงจรจ่ายกระแสคงที่ (current regulator circuit)

ในการทดลองวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ นั้นจะต้องป้อนกระแสเข้าออกระหว่างขั้วสองขั้วใด ๆ แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างสองขั้วที่เหลือ การป้อนกระแสได้ป้อนกระแสที่คงที่ประมาณ 10 mA ดังนั้นจึงสร้างแหล่งจ่ายกระแสที่คงที่ขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรจ่ายกระแสคงที่

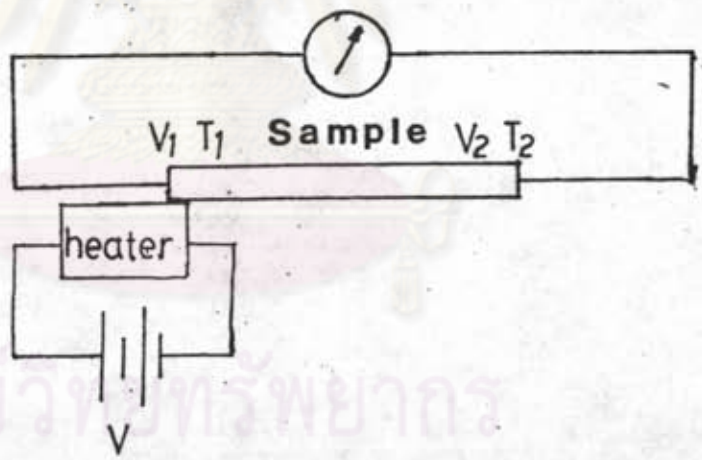
ตัวต้านทานปรับค่าได้ 2 kΩ ใช้สำหรับปรับค่ากระแสเอาต์พุตโดยที่

$$\text{กระแสเอาต์พุต} = \frac{\text{ความต่างศักย์เรกูเลเตอร์}}{R} \qquad (2.4)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.10 ภาชนะวางสารตัวอย่างสำหรับการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบค

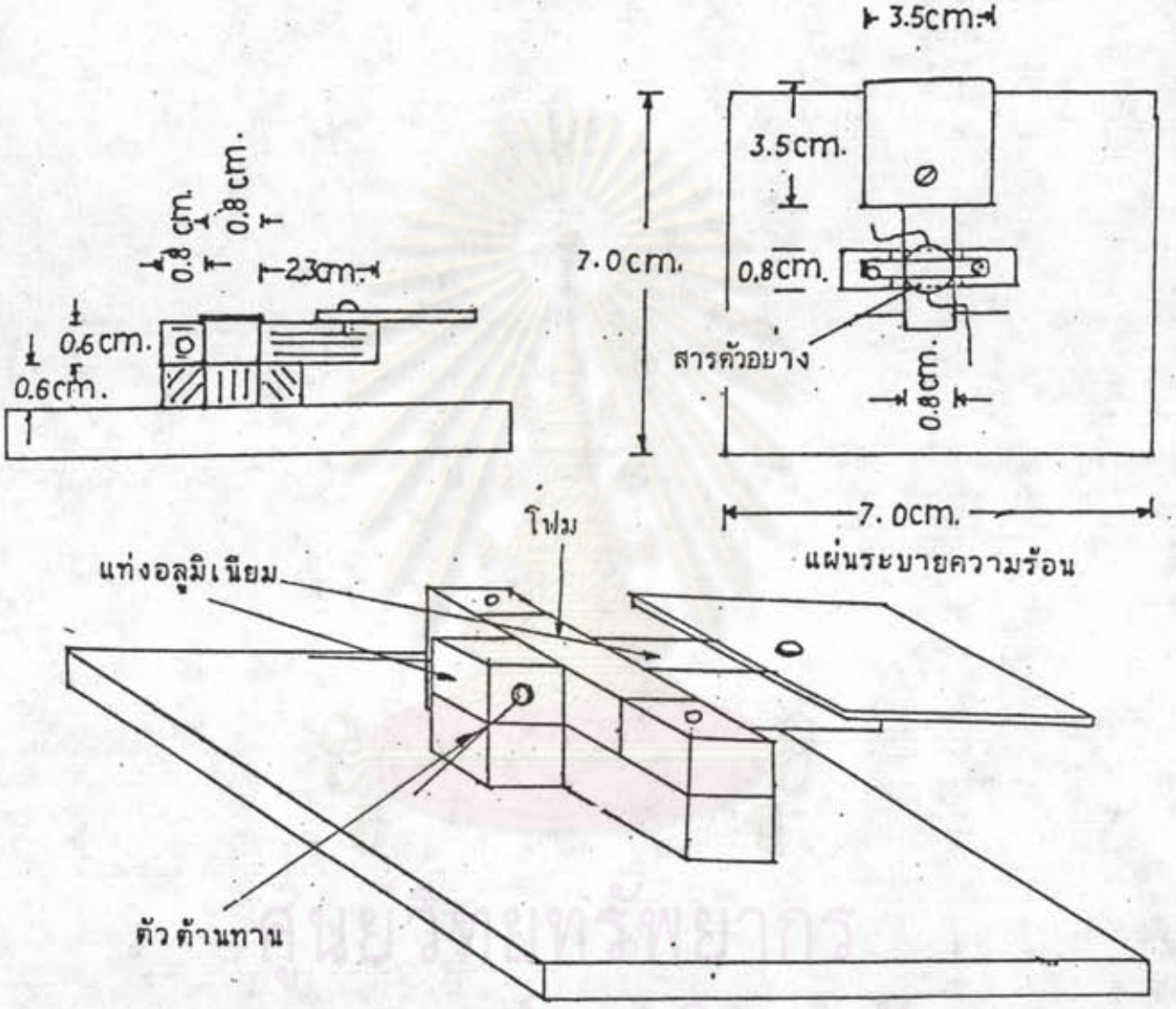
ในการทดลองในขั้นตอนนี้จะต้องสร้างที่วางสารตัวอย่างซึ่งจะต้องมีแหล่งให้ความร้อนประกอบติดอยู่กับที่วางสารตัวอย่างนี้ด้วย กระบวนการวัดในขั้นตอนนี้เป็นดังนี้คือ วัดความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดที่มีอุณหภูมิต่างกันดังแผนภาพรูปที่ 2.17 เนื่องจากความต่างศักย์ระหว่างจุดในพอลิเมอร์โรลมีค่าน้อยมาก จึงต้องใช้โพเทนชิออมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดซึ่งสามารถวัดความต่างศักย์ได้ละเอียดมาก ส่วนเครื่องมือวัดอุณหภูมิใช้เทอร์มอคัปเปิล



รูปที่ 2.17 แสดงการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบค

สำหรับอุปกรณ์ให้ความร้อนได้ใช้อลูมิเนียมซึ่งตัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมแล้วเจาะรูสำหรับสอดตัวต้านทานขนาด 10 โอห์ม 1/2 วัตต์ การให้ความร้อนทำได้โดยต่อตัวต้านทานนี้เข้ากับถ่านไฟฉายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 3.0 โวลต์ ซึ่งจะให้ความร้อนกระจายมาถึงสารตัวอย่างได้อย่างเพียงพอ ด้านตรงข้ามกับด้านที่ให้

ความร้อนนี้จะเป็นแท่งอลูมิเนียมที่ติดแผ่นระบายความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิด้านนี้คงที่ที่อุณหภูมิห้อง อุปกรณ์ส่วนนี้แสดงดังรูป 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงส่วนประกอบของภาชนะที่วางสารตัวอย่าง

ก. รูปหน้าตัดด้านข้าง

ข. ส่วนประกอบที่สำคัญ ด้านบน

ค. ภาชนะที่ทำเสร็จแล้ว