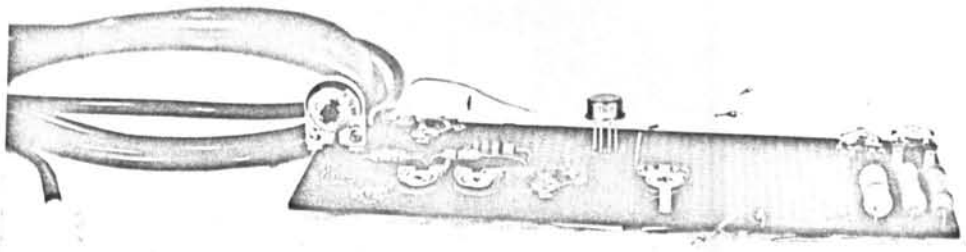
บทที่ 4

การสร้าง และการทดสอบ เครื่อง DIGITAL THERMOMETER

4.1 การสร้างวงจร BRIDGE AMPLIFIER

วงจร BRIDGE AMPLIFIER ที่แสดงในรูปที่ 5 ได้นำมาสร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงวงจร BRIDGE AMPLIFIER ที่สร้างขึ้น

ในรูปที่ 13 จะเห็นตัว TRANSISTOR ซึ่งทำหน้าที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ต่อด้วยสาย SHIELD ออกมา เพื่อสะดวกในการใช้วัดอุณหภูมิในที่ต่าง ๆ TRANSISTOR ที่ใช้นี้คือ 2N2222 ซึ่งได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังนี้ :-

อุณหภูมิ ° C	3	20	29	40	50	59	70	93
ความต้านทาน OHMS	14.0	13.5	13.0	12.8	12.3	11.9	11.5	11.1

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของ TRANSISTOR 2N2222

นำค่าที่ได้มา PLOT CURVE ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งได้ผลว่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงกลับกับอุณหภูมิ เป็น LINEAR FUNCTION ตามจุดประสงค์ที่ต้องการออกแบบ เมื่อได้สร้างวงจร BRIDGE AMPLIFIER เสร็จแล้วก่อนที่จะนำไปต่อเข้ากับวงจร ANALOG ก็ได้ทดสอบว่ามีคุณสมบัติตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ โดยการทดลอง SUPPLY VOLTAGE -15V. แล้วปรับให้ OUTPUT VOLTAGEมีค่า 0 V. เมื่อ TRANSISTOR มีอุณหภูมิ 0 ° C แล้วทดลองวัดค่า OUTPUT VOLTAGE ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยปรับให้กำลังขยายของ IC 741 มีค่าเท่ากับ 100mV / ° C โดยได้ผลการทดลองดังนี้:-

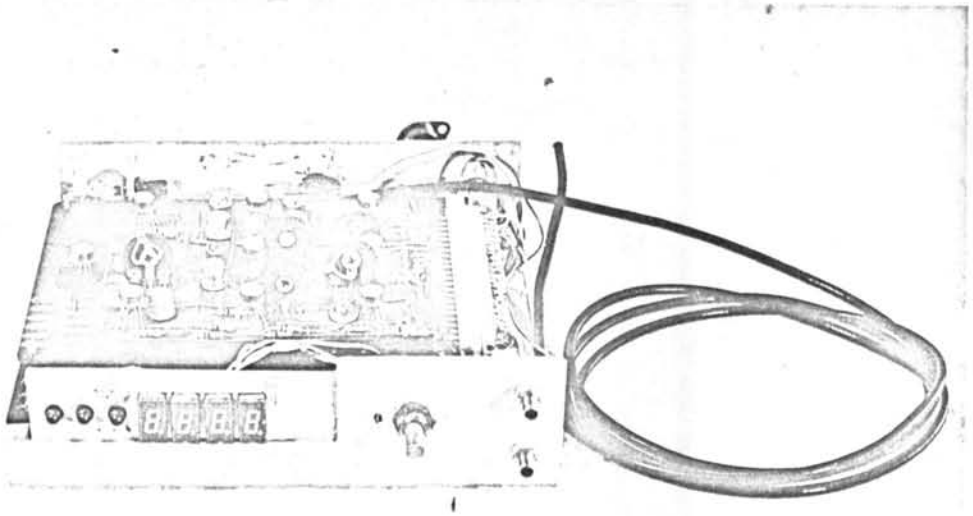
อุณหภูมิ ° C	2	20	31	50	71	79	99
OUTPUT VOLTAGE V.	0.3	2.0	3.0	4.9	7.0	8.0	10.0

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับ OUTPUT VOLTAGE

นำค่าที่ได้มา PLOT CURVE ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งได้ผลว่า OUTPUT VOLTAGE เปลี่ยนแปลงโดยตรงกับอุณหภูมิเป็น LINEAR FUNCTION ตามจุดประสงค์ที่ต้องการออกแบบ

4.2 การสร้างวงจร ANALOG

วงจร ANALOG ที่แสดงในรูปที่ 8 นั้น ได้ถูกนำมาสร้างขึ้นตามรูปที่ 14



รูป 14 แสดงวงจร ANALOG ที่ได้สร้างขึ้น

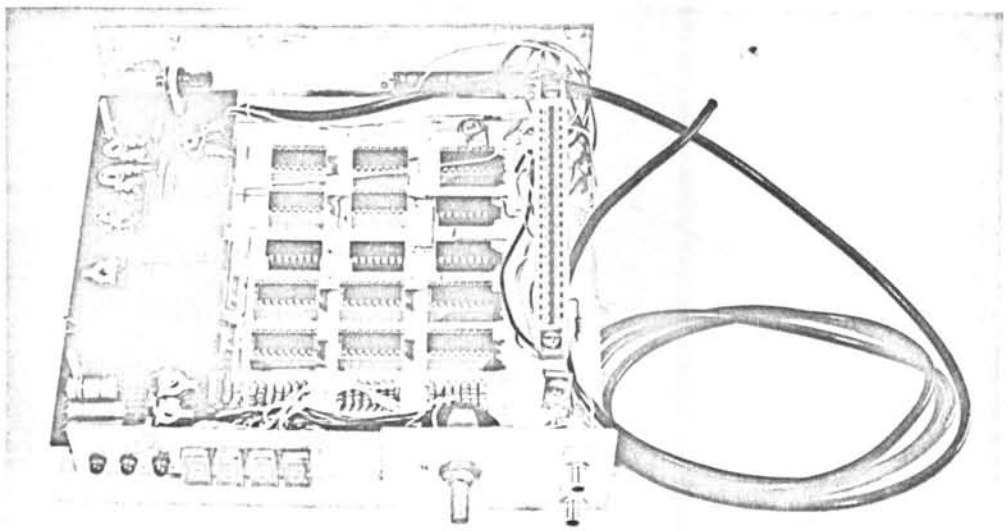
ก่อนที่นำวงจร ANALOG ไปต่อเข้ากับวงจรอื่น จำเป็นต้องตรวจสอบและปรับให้ได้ตามคุณสมบัติที่ออกแบบไว้ โดยการทดลอง SUPPLY VOLTAGE ทั้ง 3 ค่าคือ + 12V, -12V และ + 5V. และต่อ $\overline{C}$ และ HOLD เข้ากับ +5V. ไว้ชั่วคราว เมื่อตรวจ VOLTAGE ของ ZENER DIODE Z_2 OUTPUT VOLTAGE ของ IC_1 และ IC_5 ควรปรับให้ได้+5.6V + 2 V. และ - 2 V. ตามลำดับ VOLTAGE ที่ EMITTER ของ Tr #1 และ Tr # 1 ต้องปรับให้ได้เป็น 0 V. เมื่อ V_{in} ได้ SHORT ไว้ ปรับ REFERENCE-LEVEL ให้กับ IC_8 และ IC_9 โดยป้อน VOLTAGE ค่าน้อย ๆ ประมาณ -3mV. ให้กับส่วนที่เป็น OUTPUT ของ IC_6 แล้วปรับ OUTPUT ที่ COLLECTOR ของ Tr_3 เปลี่ยนจาก0 V.เป็น +5V. ในทำนองเดียวกันก็ปรับให้ OUTPUT ที่ EMITTER ของ Tr_6 เป็น +5V. เมื่อต่อ $\overline{C}$ ลง GROUND แล้ววัด VOLTAGE ซึ่งระหว่าง EMITTER

ของ Tr_1 และ Tr_4 ควรจะต้องได้ +2V. ต่อมาเมื่อป้อน +5V. เข้ากับ $\overline{C}$ ใหม่ โดยป้อน VOLTAGE ประมาณ -3mV เพื่อให้ COLLECTOR ของ Tr_9 ประมาณ +5V. แล้วควรอ่านค่า VOLTAGE ได้ประมาณ -2 V.

วงจร ANALOG ที่สร้างขึ้นสามารถทดลองจนได้คุณสมบัติต่าง ๆ เป็นที่น่าพอใจ

4.3 การสร้างวงจร CONTROL LOGIC

วงจร CONTROL LOGIC ที่แสดงในรูปที่ 11 ได้นำมาสร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ 15



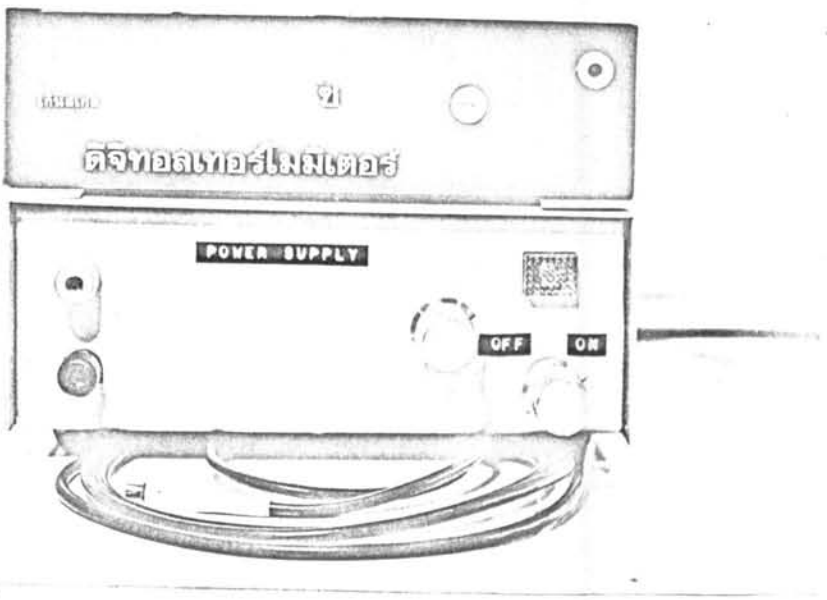
รูปที่ 15 แสดงวงจร CONTROL LOGIC ที่ได้สร้างขึ้น

ก่อนที่จะนำวงจร CONTROL LOGIC ไปต่อเข้ากับวงจรอื่น จำเป็นต้องตรวจสอบและปรับให้ได้คุณสมบัติตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยการ SUPPLY VOLTAGE +5V. ให้กับวงจร แล้วต่อ INPUT ของ AUTO - MANUAL SWITH ลง GROUND และ V_0 เข้ากับ +5V. เสร็จแล้วการทำงานของ CLOCK ÷ 10 COUNTER ทั้ง 4 และ ÷ 2 COUNTER ควรจะทำงานตามปกติ LOGIC ของ $\overline{C}$ ควรเป็น 1 คือ OUTPUT มีค่า +5V. หลอดแสดงตัวเลขควรเป็น 0 หมด เมื่อปลด SWITCH ออกจาก GROUND แล้ว COUNTER ทุกตัวจะ SET เป็น 0 หมดและหยุดนับ และ OUTPUT ที่ HOLD ควรมี LOGIC เป็น 0 เมื่อต่อ SWITCH ลง GROUND ใหม่ MAIN COUNTER ควรเริ่มต้นนับใหม่ แต่ถ้าต่อ V_0 ลง GROUND แล้ว FLIP FLOP # A ควรต้องทำงาน ÷ 2

วงจร CONTROL LOGIC ที่สร้างขึ้น สามารถทดลองจนได้คุณสมบัติต่าง ๆ เป็นที่น่าพอใจ

4.4 <u>การทดลองเครื่อง DIGITAL THERMOMETER ที่สร้างขึ้น</u>

เมื่อได้ทดสอบและปรับวงจรส่วนประกอบต่าง ๆ จนได้ผลตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ก็นำมาประกอบกันเข้าเป็นเครื่อง DIGITAL THERMOMETERดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 แสดงเครื่อง DIGITAL THERMOMETERที่สร้างขึ้น

เครื่อง DIGITAL THERMOMETER ที่สร้างขึ้นนี้สามารถแสดงตัวเลขได้ 3 หลัก และทศนิยมอีกหนึ่งหลัก พร้อมด้วยสัญญาณแสดงเครื่องหมาย +, - และ OVERFLOW นอกจากนี้ก็มีส่วน POWER SUPPLY สำหรับป้อนค่า VOLTAGE 4 ค่า คือ -15V, +12V, -12V และ +5V เครื่อง DIGITAL THERMOMETER นี้จึงสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ + 000.0 ถึง + 100.0 $^{\circ}$C ถ้าหากว่าอุณหภูมิเกินกว่า 200°C เครื่องหมาย OVERFLOW จะแสดงออก

และแต่ถ้าหากว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C เครื่องหมาย – จะแสดงออก ทั้งค่าอุณหภูมิที่เกิน 200°C และต่ำกว่า 0°C เครื่องDIGITAL THERMOMETERนี้จะไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน เพราะได้ออกแบบไว้ให้วัดค่าได้เพียง 0 – 100°C เท่านั้น

ผลการทดลองใช้เครื่อง DIGITAL THERMOMETER ที่สร้างขึ้นวัดอุณหภูมิต่าง ๆ โดยเทียบกับ THERMOMETER แบบปรอท ดังแสดงในตารางที่ 6

THERMOMETER ปรอท °C	DIGITAL THERMOMETER °C	ERROR
0.6	00.5	0.1
4.5	04.1	0.4
11.1	10.9	0.2
20.3	20.1	0.2
29.8	29.5	0.3
34.9	34.8	0.1
40.6	40.4	0.2
52.1	51.9	0.2
61.0	60.8	0.2
69.7	69.5	0.2
80.2	80.0	0.2
100.0	99.8	0.2

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดลองเครื่อง DIGITAL THERMOMETER เทียบกับ THERMOMETER ปรอท