บทที่ ๓

การออกแบบวงจรดิจิทอลโวลท์มิเตอร์

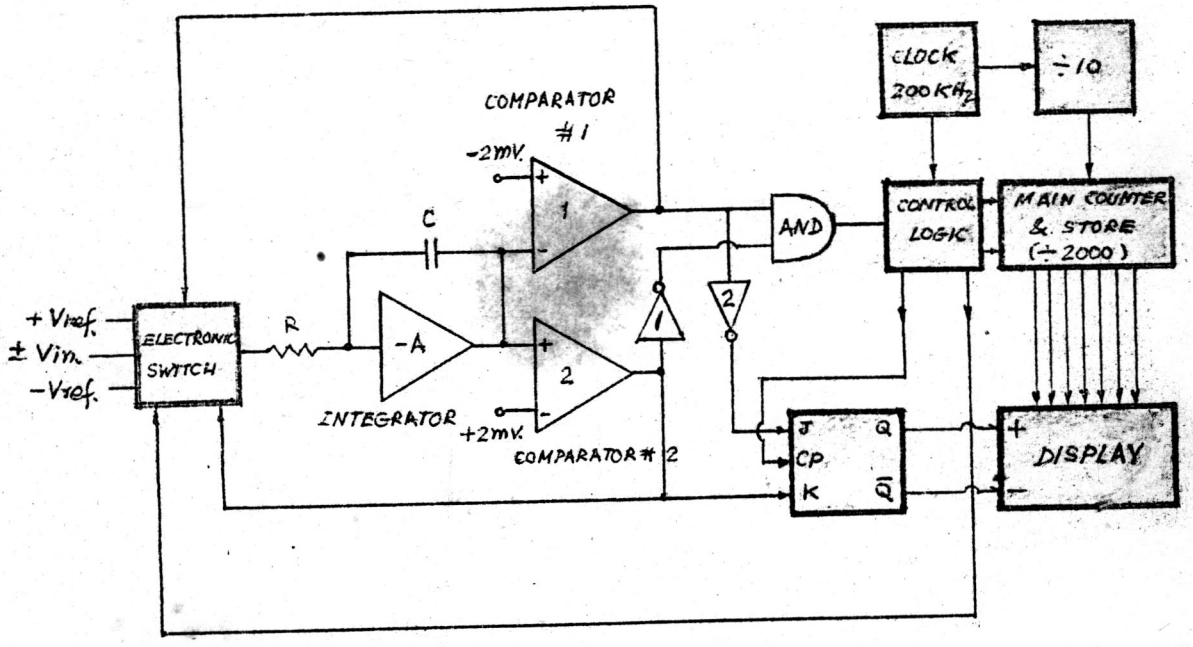
๓.๑ บทนำ

จากหลักการเบื้องต้นของดิจิทอลโวลท์มิเตอร์ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ ๒ ซึ่งสามารถทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เป็นบวกหรือลบได้อย่างเดียวเท่านั้น ทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้ ทั้งนี้เพราะต้องอาศัยค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงที่มีขั้ว (Polarity) ตรงกันข้ามกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการวัด

เพื่อขจัดปัญหาความไม่สะดวกดังกล่าว เราสามารถดัดแปลงวงจรให้สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ทุกขั้วทั้งบวกและลบได้ ด้วยการกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงเพิ่มขึ้นเป็น ๒ ขั้ว คือมีทั้งขั้วบวกและลบ ค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงทั้ง ๒ นี้จะต้องมีค่าเท่ากันและมีขั้วต่างกัน เพื่อที่จะสามารถคลายประจุได้ทั้งทางบวกและลบ ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า **Dual Polarity Input** เป็นผลทำให้นอกจากจะวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ทั้งขั้วบวกและลบแล้ว ยังสามารถแสดงให้ทราบด้วยว่าค่าแรงดันไฟฟ้านั้นมีศักย์เป็นบวกหรือลบได้อีกด้วย ดังจะได้กล่าวต่อไป.

๓.๒ การออกแบบวงจรดิจิทอลโวลท์มิเตอร์

การออกแบบวงจรของดิจิทอลโวลท์มิเตอร์นี้ จะต้องทราบการทำงานทั้งระบบอย่างละเอียดเสียก่อน ประกอบกับความคิดที่จะดัดแปลงให้วงจรนั้น ๆ เป็นไปตามแนวความคิดที่ได้วางไว้คือ เป็นดิจิทอลโวลท์มิเตอร์ที่สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีขั้วใด ๆ ก็ได้ และสามารถแสดงให้ทราบด้วยว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดนั้นมีศักย์เป็นบวกหรือลบ โดยการเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง Comparator และลอจิกเกท (Logic Gate) ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ ๓.๑



รูปที่ ๓.๑ แสดงวงจรดิจิทอลโวลท์มิเตอร์แบบ Dual Polarity Input

วงจรของดิจิทอลโวลท์มิเตอร์ที่แสดงไว้ในรูปที่ ๓.๒ นี้เรียกว่าวงจรดิจิทอลโวลท์ - มิเตอร์ Dual-Polarity Input ซึ่งมีระบบการทำงานในทำนองเดียวกับแบบ Single-Polarity Input ข้อแตกต่างก็คือ C จะสามารถเก็บประจุได้ทั้งทางบวกและลบ ตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการจะวัด ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงจึงจำเป็นต้องมีไว้ทั้งขั้วบวกและลบ ส่วน Comparator ที่เพิ่มนั้นจะเป็นส่วนหนึ่งในการบังคับอีเลคโทรนิคสวิทช์ และแสดงเครื่องหมาย +หรือ - ให้ตรงตามแรงดันไฟฟ้าที่วัด สำหรับการทำงานของวงจรดังแสดงในรูปที่ ๓.๑ นั้น มีดังนี้

ในสภาพปกติ C จะคลายประจุและ Vc จะมีค่าระหว่าง -2mV. และ + 2 mV. โดยมีสภาวะลอจิกที่ส่วนต่าง ๆ ของวงจรดังนี้

สภาวะลอจิกที่ Output ของ		สภาวะลอจิกที่ Input ของ Contral Logic	อีเลคโทรนิคสวิทช์เลือก
Comparator #1	Comparator#2		
1	0	1	Vin

ตารางที่ ๓.๑ แสดงสภาวะลอจิกของวงจรในสภาวะปกติ

เมื่อเริ่มทำการวัด ส่วนควบคุมลอจิกจะทำหน้าที่ควบคุมวงจรอีเลคโทรนิคสวิทช์ให้ต่อ R เข้ากับแรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ ± Vin, -Vref. หรือ + Vref. เข้ากับวงจร โดยที่ค่า

Vin	สภาวะลอจิกที่ Output ของ		สภาวะลอจิกที่ Input ของ Contral Logic	อีเลคโทรนิคสวิทช์เลือก
	Comparator#1	Comparator #2		
+	0	0	0	- Vref.
-	1	1	0	+ Vref.

ตารางที่ ๓.๒ แสดงสภาวะลอจิกของวงจรในขณะทำงาน

แรงดันไฟฟ้า Vin ถ้ามีค่าเป็นบวก C จะเก็บประจุในทางลบทำให้สภาวะลอจิกที่ Output ของ Comparator # 1 เป็น "0" ส่วน Output ของ Comparator # 2 นั้นยังคงมีสภาวะเป็น "0" ตามเดิม และในทำนองเดียวกันถ้า Vin มีค่าเป็นลบ C จะเก็บประจุในทางบวก ทำให้ Output ของ Comparator # 2 มีสภาวะลอจิกเป็น "1" ส่วน Output ของ Comparator # 1 นั้นยังคงมีสภาวะลอจิกเป็น "1" ตามเดิม มีผลทำให้สภาวะที่ Input ของส่วนควบคุมวงจรลอจิกเป็น "0" เช่นเดียวกัน และนำไปบังคับวงจรอีเลคโทรนิคสวิทช์ให้ต่อค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงค่าใดค่าหนึ่ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาวะของลอจิก

ที่ Output ของ Comparator ทั้งสองด้วย คือสภาวะลอจิกที่ Output ของ Comparator ทั้งสองเป็น "0" และ "1" ก็จะเลือก - Vref. และ + Vref. ตามลำดับ ดังได้แสดงในตารางที่ ๓.๒

อย่างไรก็ตามเพื่อป้องกันไม่ให้มีการเลือกแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงทั้งสองเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน โดยการจัดให้อีเลคโทรนิคสวิทช์มีสภาวะดังนี้คือ เมื่อสภาวะลอจิกที่ Output ของ Comparator ตัวใดตัวหนึ่งที่ยังคงเป็น "0" และ "1" ก็ให้เลือก + Vref. และ - Vref. ตามลำดับ และเมื่อต่อค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงเข้ากับ Integrator แล้ว C จะคลายประจุจนกระทั่งค่าแรงดันไฟฟ้าที่คกคร่อม C (V_c) มีค่าระหว่าง -2mV และ +2mV. แล้ว จะทำให้สภาวะลอจิกที่ Input ของส่วนควบคุมลอจิกเป็น "1" อีกครั้งหนึ่ง แล้วจะส่งระยะเวลา t2 จาก Main Counter ไปยังส่วนแสดงผล (Display Unit) ต่อจากนั้น Counter ก็จะถูก Reset และกลับสู่สภาพปกติพร้อมที่จะเริ่มทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าใหม่

จากรูปที่ ๓.๑ จะเห็นได้ว่า J-K Flip Flop มีไว้สำหรับส่วนที่ทำหน้าที่แสดงเครื่องหมาย + และ - ตามค่าแรงดันไฟฟ้า (Vin) ที่วัด โดยมีสภาวะลอจิกการทำงานของวงจรต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ ๓.๓ ขณะที่ สภาวะลอจิกที่ Output ของ Comparator ทั้งสองเป็น "0" (Vin มีค่าเป็น +) ที่ J และ K มีสภาวะลอจิกเป็น "1" และ "0" ตามลำดับ ทำให้ Q มีสภาวะ

Vin	สภาวะลอจิกที่ Output ของ		J-k Flip Flop				แสดง
	Comparator #1	Comparator #2	J	K	Q	$\bar{Q}$	เครื่องหมาย
+	0	0	1	0	1	0	+
-	1	1	0	1	0	1	-

ตารางที่ ๓.๓ แสดงสภาวะลอจิกของส่วนที่แสดงเครื่องหมาย + และ -

ลอจิกเป็น "1" ซึ่งมีผลทำให้หลอด LED ที่แสดงเครื่องหมาย + สว่างขึ้นในขณะที่มี Clock pulse และในทำนองเดียวกันเมื่อ Vin เป็นลบ สภาวะลอจิกที่ Output ของ Comparator ทั้งสองเป็น "1" J และ K จะมีสภาวะลอจิกเป็น "0" และ "1" ตามลำดับ ทำให้ $\bar{Q}$ มีสภาวะลอจิกเป็น "1" มีผลทำให้หลอดที่แสดงเครื่องหมาย - สว่างขึ้นเช่นเดียวกัน

สำหรับค่าระดับอ้างอิง (Reference Level) ที่กำหนดให้เป็น -2mV. และ -2 mV. ที่ป้อนให้ทาง Negative Input ของ Comparator # 1 และ # 2 ตามลำดับนั้น มีความจำเป็นก็เพื่อที่จะได้นำมาเป็นค่าที่กำหนดสภาวะการคลายประจุของ C ให้สมบูรณ์ และระดับอ้างอิงที่มีค่า 2mV. นี้ยังใช้แสดงเป็นค่าใกล้เคียงที่น้อยกว่า LSD (Least Significant Digit) อีกด้วย

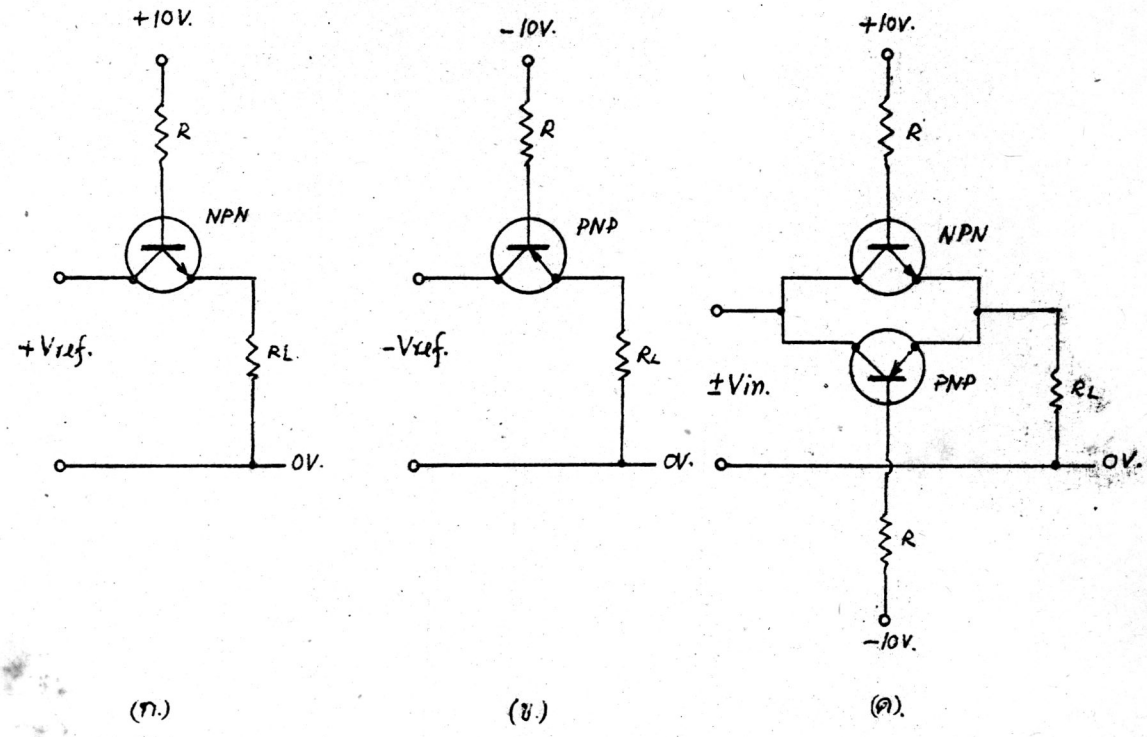
ดิจิทอลโวลท์มิเตอร์สามารถแบ่งการออกแบบวงจรออกเป็น ๒ ส่วนใหญ่ ๆ ได้คือ วงจรแอนาลอก (Analog Circuit) และ วงจรควบคุมและวงจรลอจิกต่าง ๆ (Control and Logic Circuit) ดังจะได้กล่าวในหัวข้อ ๓.๓ และ ๓.๔.

๓.๓ การออกแบบวงจรแอนาลอก

วงจรแอนาลอกทำหน้าที่เปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าให้เป็นเวลา พร้อมทั้งวงจรแสดงขั้ว + และ - โดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ ๒ และข้อ ๓.๒ การออกแบบของวงจรส่วนนี้สามารถแยกออกเป็นวงจรต่าง ๆ ได้ดังนี้ และนำมาประกอบขึ้นเป็นวงจรดังแสดงในรูป 3.5

๓.๓.๑ วงจรอีเลคโทรนิคสวิทช์

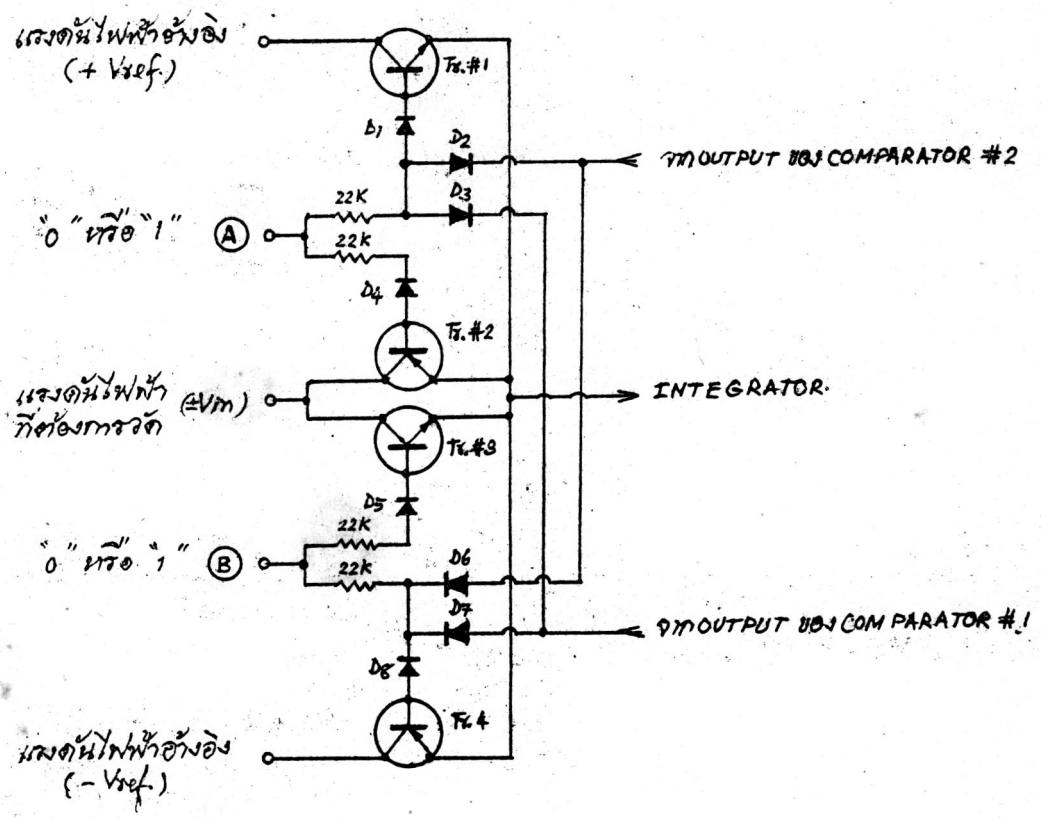
ด้วยหลักการของลอจิกในสภาวะต่าง ๆ ที่ได้แสดงในตารางที่ ๓.๑ และตารางที่ ๓.๒ สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ทรานซิสเตอร์ทั้ง ๒ แบบ คือ PNP และ NPN และต้องมีคุณสมบัติที่เป็น Complementary Pair กันด้วย สำหรับทำหน้าที่เป็นสวิทช์ให้แก่แรงดันไฟฟ้าที่เป็น - และ + ตามลำดับ.



รูปที่ ๓.๒ วงจรอีเลคโทรนิคสวิทช์เบื้องต้นสำหรับ

ก) +.Vref. ข) -Vref. และ ค) ± Vin

วงจรอีเลคโทรนิคสวิทช์เบื้องต้นที่แสดงในรูปที่ ๓.๒ (ก). (ข) และ (ค) ได้ออกแบบสำหรับเป็นสวิทช์ให้แก่ แรงดันไฟฟ้าที่เป็น บวก ลบ และทั้งบวกและลบตามลำดับ สำหรับรูปที่ ๓.๒(ค) นั้นใช้วงจรของ (ก) และ (ข) มาต่อร่วมกัน เพื่อทำหน้าที่สวิทช์ให้แก่แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการจะวัด (Vin) ที่มีค่าทั้ง + และ - ได้ ทรานซิสเตอร์ที่สามารถทำหน้าที่นี้ได้ดีจะต้องมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมระหว่าง Collector และ Emitter (Vce) ต่ำขณะทำงาน วงจรที่ต้องการและนำเอาไปใช้งานจริง ๆ สามารถออกแบบโดยใช้คุณสมบัติดังกล่าวของแต่ละวงจรมาประกอบเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ ๓.๓ โดยเพิ่ม Diode อีก ๔ ตัว ซึ่ง D1,D4, D5 และ D8 ทำหน้าที่ป้องกันการ Breakdown ของ Emitter-Base Jurction ของ Tr.# 1 ถึง Tr.# 4 ตามลำดับในขณะที่ทรานซิสเตอร์ทั้ง ๔ ไม่ทำงาน.



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรอีเลคโทรนิคสวิทช์

สภาวะลอจิกที่		สภาวะลอจิกของ		ทรานซิสเตอร์ "๑" = ทำงาน, "๐" = ไม่ทำงาน				จะต่อ		
(A)	(B)	Comparator#1	Comparator#2	#1	#2	#3	#4	Vin	-Vref.	+Vref.
0	1	1	0	0	1	1	0	V		
1	0	1	0	1	0	0	1		V	V

*ลอจิก "๑" = + ๑๐ โวลท์ และ ลอจิก "๐" = - ๑๐ โวลท์

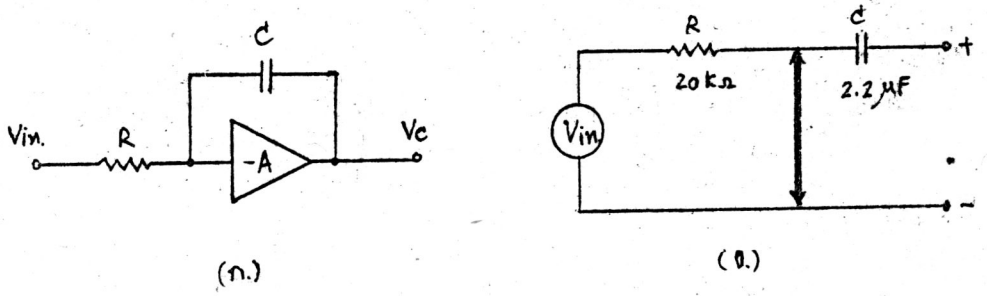
ตารางที่ ๓.๔ แสดงสภาวะลอจิกการทำงานของอีเลคโทรนิคสวิทช์

การทำงานของวงจรแอนาลอกสวิทช์หรืออีเลคโทรนิคสวิทช์ ที่แสดงในรูปที่ ๓.๓ นั้น มีดังนี้ (ดูตารางที่ ๓.๔ ประกอบ) เมื่อเริ่มทำการวัด(โดยต่อ Vin ให้กับ Integrator) สภาวะลอจิกที่ Output ของ Comparator #1 และ Comparator # 2 เป็น "1"และ"0" ตามลำดับ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ # 1 (Tr.#1) และ Tr.# 4 ไม่ทำงาน ส่วน Tr.# 2 และ Tr.#3 ทำงาน เมื่อสภาวะลอจิกที่ (A) และ (B) เปลี่ยนไปเป็น "1" และ "0" ตามลำดับ จะทำให้ Tr.# 1 และ Tr.# 4 ทำงาน ส่วน Tr.# 2 และ Tr.#3 จะไม่ทำงานและจะทำให้ + Vref. และ - Vref. เกิดสลับวงจรขึ้น

ถ้า Vin เป็น + Output ของ Comparator # 1 จะเป็น "๐" โดยที่ Comparator # 2 ยังไม่เปลี่ยน คือเป็น "0" เช่นเดิม จะทำให้ Tr.# 4 ทำงาน นั่นคือ จะต่อ - Vref. ให้กับ Integrator ในทำนองเดียวกันถ้า Vin เป็น - Output ของ Comparator # 2 เป็น "1" และ Comparator # 1 ยังคงเป็น "1" จะทำให้ Tr. #1 ทำงานและต่อ + Vref. ให้กับ Integrator ในเวลาเดียวกันลอจิกจาก Output ของ Comparator ทั้งสองก็จะป้องกันไม่ให้ Tr.# 4 ทำงาน

๓.๓.๒ <u>วงจร Integrator</u>

วงจรส่วนนี้เป็นหัวใจของวงจรแอนาลอก ที่ทำหน้าที่ประมวลผลด้วยการเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้า (Vin) ให้เป็นเวลา (Time) การออกแบบวงจรส่วนนี้ใช้ R,C, และ Operational Amplifier ดังแสดงในรูปที่ ๓.๔ โดยกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการเก็บประจุของ C เป็น 100 ms. $R = 20K\Omega$ และ $C = 2.2\ \mu F$. การคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า V_c และ Vin นั้น ใช้สมการที่ (๒.๑) ประกอบ



(ก.) (ข.)

รูปที่ ๓.๔ วงจร Integrator (ก) และ (ข) เป็นวงจรเปรียบเทียบทางไฟฟ้า

จากสมการที่ (๒.๑) $V_c = (1/RC)\int_0^{t_1} V_{in}.dt.$

$= (1/20 \times 10^3 \times 2.2 \times 10^{-6})\int_0^{t_1} V_{in}.dt$

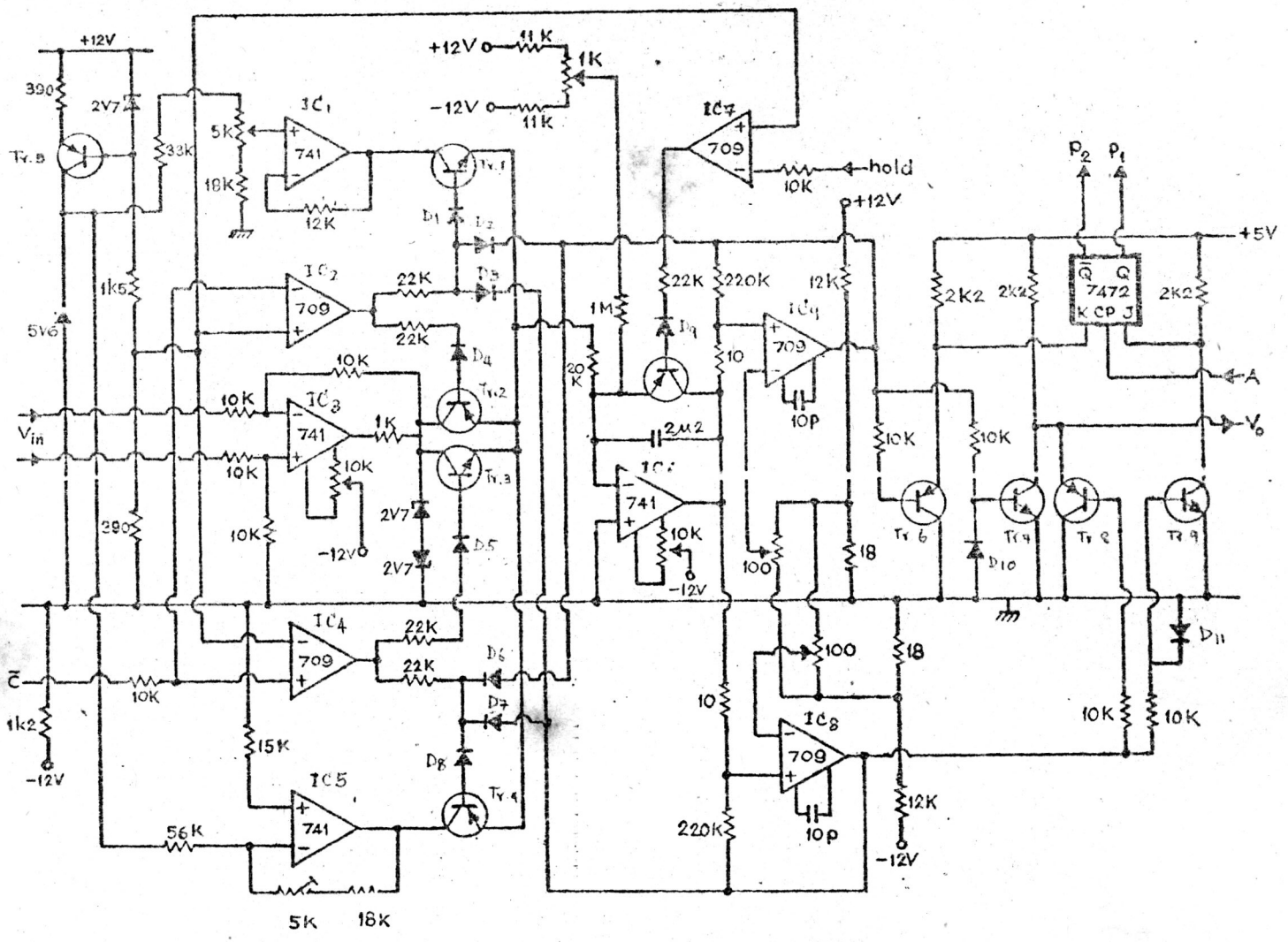
กำหนดให้ t_1= 100 ms. $V_c = (1/44 \times 10^{-3})$ (100 ms.) V_{in}

$= 2.27\ V_{in}$

และเมื่อกำหนดให้ V_c จะมีค่าได้สูงสุด ๕.๗ โวลท์

$\therefore V_{in} = 5.7/2.27 = 2.5$ โวลท์

นั่นคือค่าสูงสุดของ V_{in} จะต้องไม่เกิน ๒.๕ โวลท์ ซึ่งจะทำให้การอ่านค่าได้ดีที่สุด



รูปที่ ๓.๕ แสดงแผนภาพของวงจรลอจิก

๓.๔ การออกแบบวงจรควบคุมและลอจิก

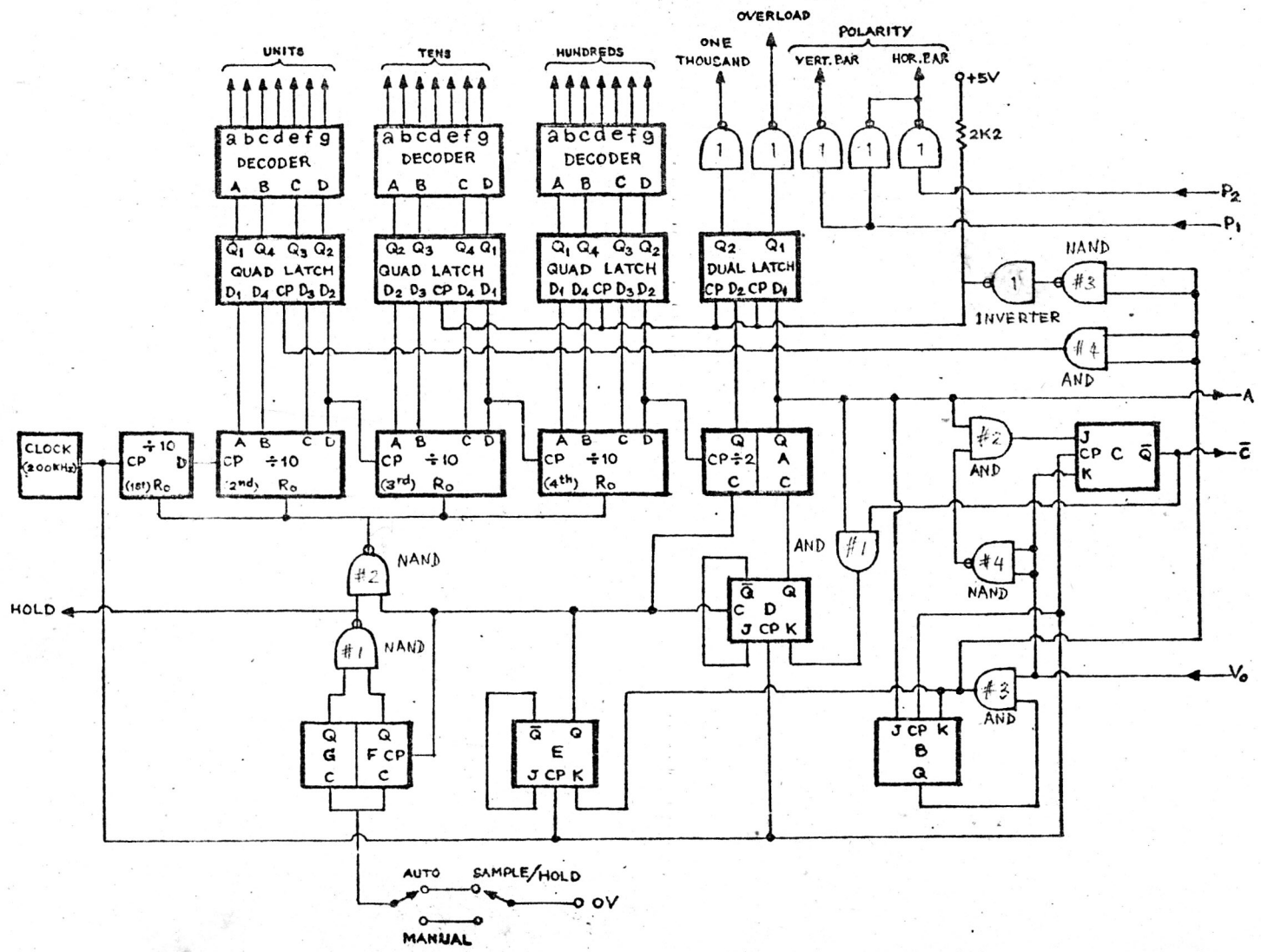
วงจรส่วนนี้ประกอบด้วยวงจร Clock วงจรควบคุมลอจิก วงจร Counter และวงจรแสดงผล (Display) ดังแสดงในรูปที่ ๓.๖ สำหรับรายละเอียดของ IC. แบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบวงจรส่วนนี้ดูได้จากภาคผนวก

๓.๔.๑ วงจรควบคุมลอจิก

วงจรควบคุมลอจิกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการออกแบบ ประกอบด้วย J-K Flip-Flop แบบ SN 7473 (Flip-Flop A,B,C,D,E,F และ G) AND เกทแบบ SN 7418 (๓ ตัว) NAND เกทแบบ SN 7400 (๔ตัว) และINVERTER แบบ SN 7418 (๑ ตัว) การทำงานของวงจรควบคุมลอจิกนี้ ดูตารางที่ ๓.๕ ประกอบ

Step	CP	A	V_C	B	$\bar{C}$	D	E	
0	0	0	1	0	1	1	1	$B_j = A$
1	?	0	0	0	1	1	1	$Bk = B.Vo$
2	0	1	0	0	1	1	1	$C_j = A.\bar{Vo}$
3	1	0	0	1	0	0	1	$Ck = Vo$
4	2	0	0	1	0	1	1	$\bar{D}j = D$
5	0	0	1	1	0	1	1	$Dk = A.\bar{C}$
6	1	0	1	0	1	0	0	$Ej = \bar{E}$
7	2	0	1	0	1	0	1	$Ek = B.Vo$
8	3	0	1	0	1	1	1	

ตารางที่ ๓.๕ แสดงสภาวะลอจิกของส่วนควบคุมลอจิกของวงจร



รูปที่ ๓.๖ แสดงแผนภาพของวงจร CONTROL และ DISPLAY LOGIC

Step 0 จะไม่มี Clock Pulse $\bar{C}$ และ V_c จะมีลอจิกเป็น"1" ถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการวัดมีค่ามากกว่า 0 V_c จะมีลอจิกเป็น "0" ส่วนลอจิกของ J-K Flip-Flop ตัวอื่น ๆ ก็จะมีลอจิกต่าง ๆ ดังแสดงใน Step ที่ 1 และ Counter ก็จะเริ่มนับในตอนท้ายของช่วงระยะเวลานี้ Main Counter จะนับจนถึง 2000 แต่ Output ของ A จะมีลอจิกเป็น "1" ดังแสดงใน Step ที่ 2 สำหรับ Step ที่ 3 . Output ของ B จะเปลี่ยนลอจิกจาก "0" เป็น"1" D จะเปลี่ยนจาก "1" เป็น "0" แล้วจะ Reset ให้ Output ของ A มีลอจิกเป็น "0" ส่วน $\bar{C}$ จะมีลอจิกเป็น "0" มีผลทำให้ Integrator ทำการเลือกค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงที่เหมาะสม การที่ A Reset เป็น "0" นั้นจะส่ง Pulse ไปให้ J-K Flip-Flop ที่ทำหน้าที่แสดงเครื่องหมายขั้วบวกลบที่แสดงในรูปที่ ๓.๕ และทำให้ P_1 & P_2 มีระดับลอจิกตาม Step ที่ 4 จะมี Clock Pulse เข้ามาใหม่ D จะถูก Reset ให้มีลอจิกเป็น "1" Main counter จะยังคงทำการนับต่อไปโดยไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลง จนกว่า V_c จะมีลอจิกเป็น "1" ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็น Step ที่จะบอกให้รู้ว่าสิ้นสุดการวัดแล้ว นั้นคือ C ของ Integrator ได้ทำการคลายประจุจนหมดแล้ว ดังแสดงใน Step ที่ 5 ในทันทีที่ V_c มีสภาวะลอจิกเป็น "1" Kinput ของ Flip - Flop B จะมีลอจิกเป็น "1" มีผลทำให้สภาวะลอจิกที่ Output ของ Main Counter และ Flip-Flop A ถูกส่งต่อไปยัง Decoder สำหรับ Step ที่ 6 ลอจิกที่ B เป็น "0" และBk จะเปลี่ยนจากลอจิก "1" เป็น "0" มีผลให้ Counter เป็น 0 และ $\bar{C}$ เปลี่ยนลอจิกไปเป็น "1" เพื่อทำการต่อ Vin ให้กับ Integrator ใหม่ Step ที่ 7 นี้จะมี Clock pulse # 2 เข้าไป Reset E ให้เป็น "1" เพื่อทำการปล่อยให้ Main Counter Decade Counter และ Flip - Flop เป็นอิสระเมื่อมี Clock pulse # 3 เข้ามา ก็จะไป Reset D ให้เป็น "1" ใน Step ที่ 8 ทำให้สภาวะลอจิกทั้งหมดกลับไปสู่สภาพปกติคือ พร้อมที่จะทำการเริ่มต้นวัดครั้งใหม่ต่อไป.

๓.๔.๒ วงจร COUNTER และแสดงผล

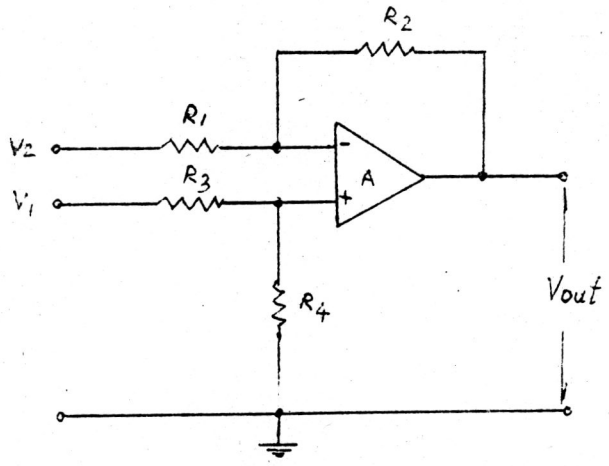
การออกแบบวงจรส่วนนี้ ดังแสดงในรูปที่ ๓.๖ ใช้ IC แบบ SN 7490 และ SN 7473 เนื่องจากค่า t1 ในสมการที่ (๒.๑) สามารถหาได้โดยความถี่ของ Clock Oscillator ที่สร้างขึ้น และหารด้วย ๑๐ และ ๒,๐๐๐ Counters การหารด้วย ๑๐ นั้น ก็เพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานของส่วนควบคุมวงจรลอจิกนั้น จะต้องเร็วกว่าอย่างน้อย ๑๐ เท่าของ Main Counter (คือหารด้วย ๒,๐๐๐ Counter) ซึ่งเมื่อเริ่มต้นของการทำงาน Counter ทั้ง ๒ นี้จะถูก Setให้เป็น 0 และได้จัดลอจิกให้มีสภาวะดังนี้คือ เมื่อ Main Counter ได้นับจนครบ ๒,๐๐๐ count (100 ms.) แล้วการเก็บประจุของ C ที่ Integrator ก็จะหยุด และทำการคลายประจุ (นั้นคือจะต่อแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงให้กับ Integrator) ดังนั้น Main counter จะนับจำนวนของ Clock pulses (ที่หารด้วย ๑๐) ที่ได้รับในช่วงเวลานี้จนกระทั่งเป็น ๐ โวลท์ ส่วน Comparator จะ detect ระดับของแรงดันไฟฟ้าและส่ง pulse ไปควบคุมลอจิก ต่อจากนั้นก็จะส่งข้อมูลต่าง ๆ จาก Main counter ไปยังส่วนแสดงผล ซึ่งส่วนแสดงผลนี้ได้ออกแบบโดยใช้ IC แบบ SN 7447 ทำหน้าที่เป็น Decoder/Driver ของ LED 7 segments ดังได้กล่าวในภาคผนวก.

๓.๕ การออกแบบวงจรปรับสัญญาณทางเข้า

วงจรส่วนนี้ใช้สำหรับปรับระดับสัญญาณหรือแรงดันไฟฟ้า Vin ให้เหมาะสมกับความต้องการของวงจรแอนาลอกที่สร้างขึ้น ได้ออกแบบโดยใช้วงจร Differential Amplifier ดังแสดงในรูปที่ ๓.๗

$$Vout = \frac{R2}{R1}(V_2 - V_1) \qquad (3.1)$$

(เมื่อ Vin = (V2 - V1), R1 = R3 และ R2 = R4)



รูปที่ ๓.๓ วงจร Differential Amplifier

ถ้ากำหนดให้ค่า $R_2 = R_4 = 10K\Omega$ และ Vout=๒ โวลท์ คงที่ สามารถหาค่า R_1 และ R_3 ได้โดยให้มีค่าเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของ Gain การขยายของวงจร เพื่อนำมาใช้กับการตั้งสเกลในระดับต่าง ๆ ได้ และในการออกแบบวงจรส่วนนี้ได้กำหนดให้ดิจิทอลโวลท์มิเตอร์นี้ สามารถวัดค่าแรงดันได้ตั้งแต่ ๒ ถึง ๒๐๐ โวลท์ จึงต้องคำนวนหาค่า R_1 และ R_3 ที่มีค่าเหมาะสมสำหรับวงจร ดังนี้.

จากสมการ (๓.๑) ได้

$$R_1 = \frac{R2\ (Vin)}{Vout} \qquad (3.2)$$

สเกล ๒ โวลท์สำหรับ Vin

$$R_1 = \frac{10K\Omega \times 2}{2} = 10\ K\Omega$$

นั้นคือจะต้องใช้ R_1 และ R_3 ให้มีค่า 10 $K\Omega$ สำหรับสเกล ๒ โวลท์

สเกล ๒๐ โวลท์สำหรับ Vin

$$R_1 = \frac{10\ K\Omega \times 20}{2} = 100\ K\Omega$$

นั้นคือจะต้องใช้ R_1 และ R_3 มีค่า 100 KΩสำหรับสเกล ๒๐ โวลท์

และสเกล ๒๐๐ โวลท์สำหรับ Vin

ค่า $R_1 = \frac{10\ K\Omega \times 200}{2} = 1000\ K\Omega$

และต้องใช้ R_1 & R_3 มีค่า 1 MΩ สำหรับสเกล ๒๐๐ โวลท์

ในทำนองเดียวกัน ถ้าต้องการให้สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่านี้ก็กระทำได้ด้วยการคำนวนดังกล่าว.