บทที่ 3

การออกแบบ เครื่องวัดความเร็วลมที่ต่ำกว่า ความเร็ว เสียงชนิดตัว เลข

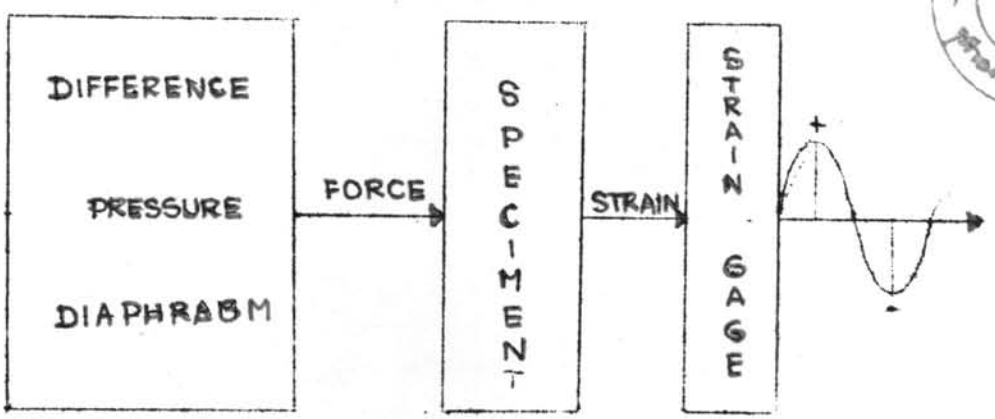
ผู้วิจัยได้ออกแบบส่วนประกอบต่างๆของ เครื่องวัดความเร็วลมที่ต่ำกว่าความเร็ว เสียงชนิดตัว เลขดังต่อไปนี้.-

3.1 ตัวกำหนดสัญญาณ เพื่อให้การวิจัยได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยจึงออกแบบตัวกำหนดสัญญาณภายใต้ข้อตกลง เบื้องต้น(Assumption) ดังนี้ คือ "ไม่คำนึงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิซึ่งมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของอากาศ และความดันของอากาศ"

หลักการในการออกแบบตัวกำหนดสัญญาณ

1. พยายามทำให้ เกิดความดันไดนามิคส์(Dynamics pressure) ซึ่ง เป็นผลต่างระหว่างความดันรวม(Total pressure) กับความดันสแตติคส์(Statics pressure)
2. แปลงค่าความดันไดนามิคส์ที่ได้ให้ เป็นค่าทางความต้านทานทางไฟฟ้า(เมื่อความแตกต่างมาก ค่าความต้านทานจะน้อย และ ความแตกต่างน้อยค่าความต้านทานจะมาก) โดยอาศัยคุณสมบัติของสเตรน เกจ(Strain Gage)
3. แปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่ได้ให้ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า แล้วนำไป เป็น อินพุทของอนาลอก เป็นดิจิตอลคอน เวอร์เตอร์ ต่อไป

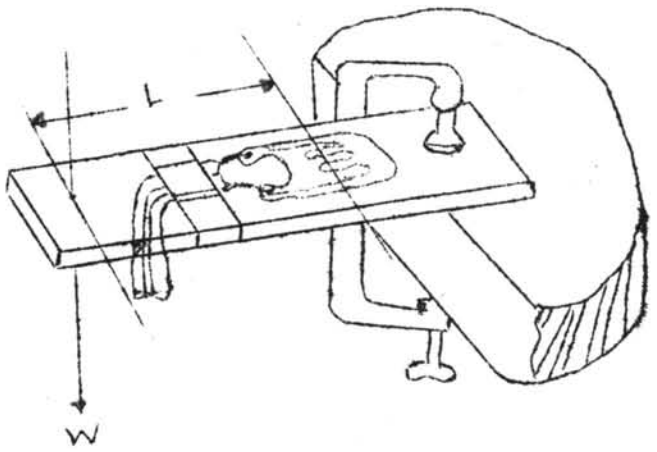
ตัวกำหนดสัญญาณที่ผู้วิจัยออกแบบสามารถ เขียน เป็นบล๊อคไดอะแกรมได้ตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงบล๊อคไดอะแกรมของตัวกำหนดสัญญาณ

ไดอะแฟรม เป็นตัวกลางในการแปลงความดันไดนามิคส์มา เป็นแรง แรงที่ เกิดขึ้นจะไปกระทำต่อแผ่น เหล็กสปริง (เพื่อให้สามารถคืนสู่สภาวะ เดิมได้) แผ่น เหล็กสปริงจะงอตามแรงที่มากระทำส เตรน เกจ (Dynamics Strain Gage Type ED-DY-250-BG-350 , resistance 350 $\pm$ 0.3 %) ที่ติดอยู่บนแผ่น เหล็กสปริงก็จะทำงานทำให้ เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าส่งผ่านไปยังบริดจ์แอมฟิฟาย เออร์ทำการขยายสัญญาณให้สูงขึ้นต่อไป แผ่น เหล็กสปริงที่นำมาใช้มีค่า Modulus เท่ากับ 7.702 $\times 10^6$ พี เอสไอ คุณสมบัติของแผ่น เหล็กสปริงแสดงอยู่ในภาคผนวกที่ 3

การคำนวณหาค่าของส เตรนที่ เกิดขึ้นบนแผ่นบีม(Beam) สามารถคำนวณได้ดังนี้.-



รูปที่ 3.2 แสดงการคำนวณค่าสเตรนที่เกิดขึ้นบนแผ่นบีม

$$\sigma = E\epsilon = Mc / I$$

$$\epsilon = Mc/EI = \frac{WLh / 2}{Ebh^3 / 12}$$

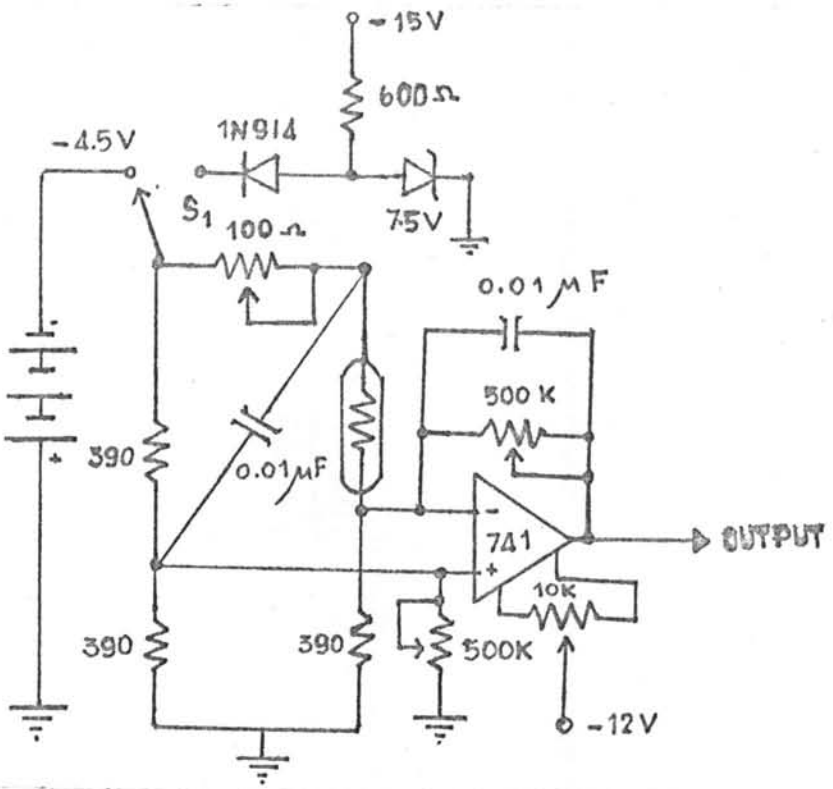
$$= \frac{6WL}{Ebh^2}$$

where

σ	=	stress	(PSI)
ϵ	=	strain	(μin/in)
E	=	modulus	(PSI)
M	=	applied moment = WL	(lb-in)
I	=	moment of inetia of rectangular beam	(in^4)
W	=	weight	(lbs)
L	=	length	(in)
h	=	thickness	(in)
b	=	width	(in)

Note : in = inch

3.2 บริดจ์แอมพิฟาย เออร์



รูปที่ 3.3 วงจรบริดจ์แอมพิฟาย เออร์

จากวงจรในรูปที่ 3.3 S_1 จะทำหน้าที่ เลือกแรงดันไฟฟ้าจาก Battery หรือจาก Power supply unit เข้าไปเลี้ยง Bridge เมื่อตัวกำหนดสัญญาณ เปลี่ยนค่าความต้านทานไป เพียง เล็กน้อย (m Ω) ค่าแรงดันที่จุด A และ B จะแตกต่างกัน 6.44 mV ต่อ μin/in

นำแรงดันไฟฟ้าที่จุด A และ B ป้อน เข้า -input และ + input ของ op. amp ที่มี R 560k เป็น feedback และลง ground กับ + input ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังภาคผนวกที่ 4

3.3 อนาลอก เป็นดิจิตอลคอน เวอร์ เตอร์

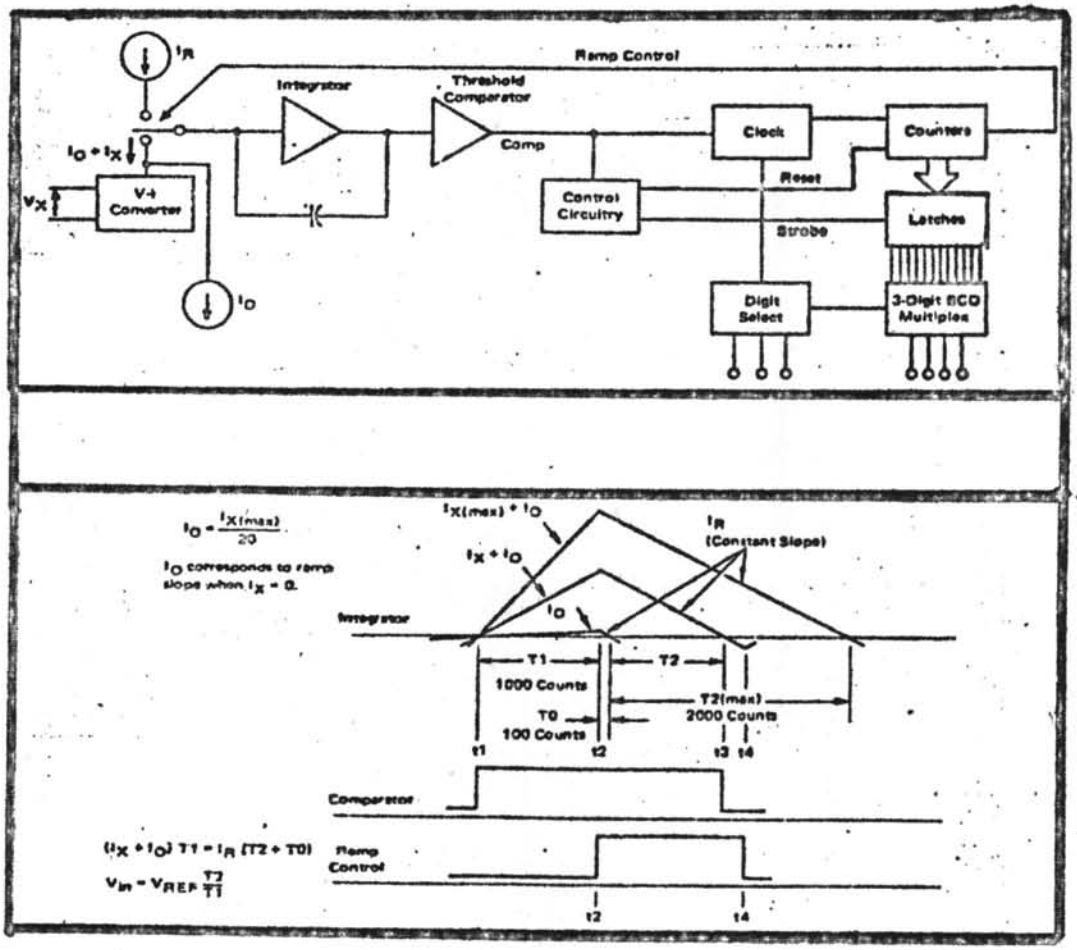
ผู้วิจัยได้เลือก Dual Slope Integration Technique มาใช้ในการสร้างอนาลอก เป็นดิจิตอลคอน เวอร์ เตอร์ ซึ่ง เป็นวิธีที่มีความ เชื่อถือได้ และมีค่าแห่งความถูกต้อง (Accuracy) สูง วงจรที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นวงจรที่ต่างประ เทศผลิตออกจำหน่ายและได้วิ เคราะห์วงจรแล้วมีรายการ ละ เอียดดังนี้

convertion type	:	Dual Slope
conversion speed	:	6 / second
input polarity	:	unipolar
input bi as	:	30 nano amps
input resistance	:	10 meg ohms
input type	:	single ended or differential
input overvoltagee	:	200 % of range
linearity	:	± 0.05 %
accurycy	:	0.05 %
CMRR	:	40 db
power supply	:	60mA @ 5VDC ∓ 10 %

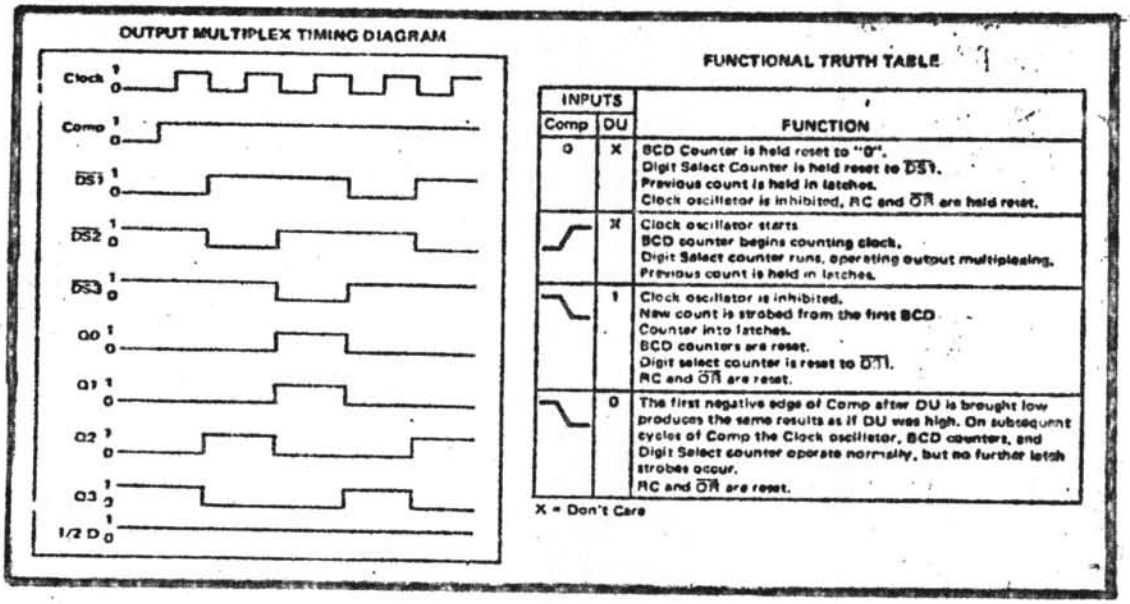
Output ของ Dual Slope Analog to Digital ละมี ความสัมพันธ์กับความถี่ของ Clock และค่าของ Capacitor ที่ใช้ทำหน้าที่ เป็นตัว Integrator Basic Block Diagram ของ Dual Slope แสดงดังรูปที่ 3.4

วงจรแสดงการทำงานของ Dual Slope Analog to Digital ซึ่งประกอบด้วย IC MC 1405 L, MC 14435 และ MC 14511CP แสดง อยู่ในรูปที่ 3.6 การทำงานของวงจรมีลักษณะการทำงานดังนี้.-

MC1405 L ทำหน้าที่ เป็น Analog Subsystem ซึ่งมีหน้าที่ เป็น



รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานของอนาลอก เป็นดิจิตอลคอน เวอร์ เตอร์



รูปที่ 3.5 แสดง Output Multiplex Timing Diagram

Amplifier, Reference, Switch, Comparator และ Integrator โดยมี C ที่ต่อครอมขาหมายเลข 6 และขาหมายเลข 7 เป็นตัว Integrator Comparator

$$CI = I_x(max) \frac{T_1}{\Delta V T}$$

where

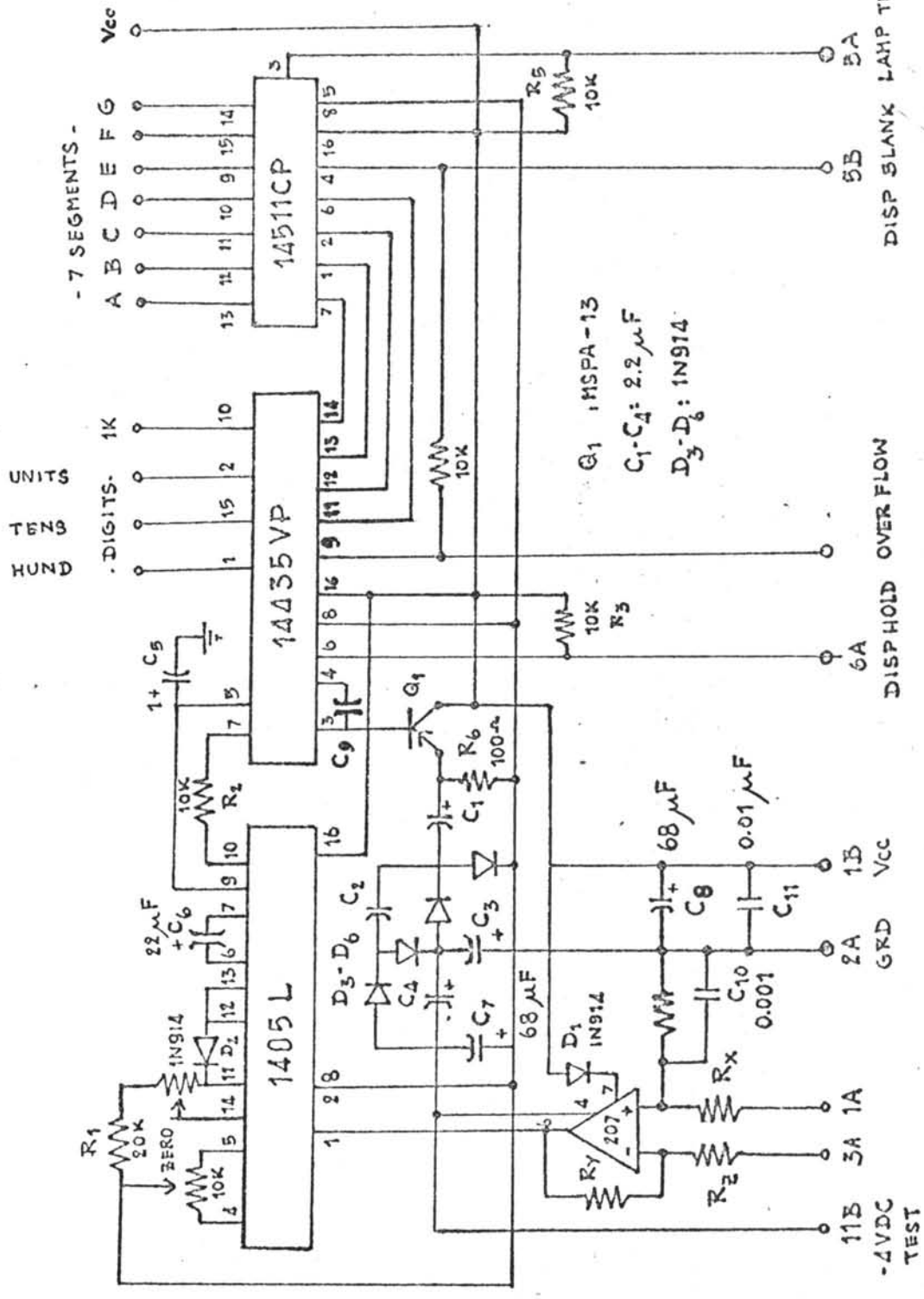
T_1 = Duration of Initial Ramp

= (No Counts)(Clock period)

V = Ramp Amplitude

= V (max) - V_{th}(T)

ส่วน MC 14435 VF จะทำหน้าที่เป็น Digital Subsystem โดยมีหน้าที่กำหนด Clock , Control Logic , Counter , Latch และ Multiplexer R_2 ที่ต่อครอมขาหมายเลข 10 ของ MC 1405 L กับขาหมายเลข 7 ของ MC 14435 VF ทำหน้าที่ Ramp Control และ C_5 ที่ต่อครอมขาหมายเลข 9 ของ MC 1405 L กับขาหมายเลข 5 ของ MC 14435 VF กับ Ground จะทำหน้าที่ Comparater Output Counter จะเริ่มทำงานเมื่อสัญญาณไฟฟ้าจาก Comparator Line มีค่าเป็น high หลังจากการนับ 1000 ได้ผ่านไปแล้ว RC Output จะเป็น high Integrator Input จะย้ายจาก Unknown Current ไปที่ Reference Current เมื่อ Integrator Output ต่ำกว่า Threshold Level สัญญาณใน Comparator Line ก็จะลดลงไปสู่ตำแหน่ง Low ซึ่งจะเป็นการแสดงค่า และสิ้นสุด Conversion Cycle ค่า BCD ที่ได้จาก Counter จะถูกนำไปเก็บที่ Latch Counter จะถูก Reset และ เป็นการเริ่ม Conversion Cycle ใหม่



รูปที่ 3.6 วงจรอนาลอก เป็นดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์

หลังจากสัญญาณบน RC line มีค่าสูงขึ้นในช่วง เวลา 100 pulses ต่อมาจะ เป็นการ Offset Analog Subsystem ค่า BCD ใน Latch Output จะถูก Multiplexedและได้ Output ออกมา เป็น 4 lines ด้วย ความถี่ของ System Clock C_9 ทำหน้าที่ในการกำหนดความถี่ของ Clock ซึ่งจะต่อขั้วลบกับขาหมาย เลข 3 และขั้วบวกกับขาหมาย เลข 4 ของ IC MC 14435 VP

Display Update Input (DU) ใช้ควบคุมอัตรา เร็วในการดิส เพลย์ Output ที่ Multiplex ได้ ถ้า DU input มีค่าสูง (High) System จะทำงานต่อไป เรื่อยๆจนกระทั่ง Output ใน Memory Latch จะถูก Multiplex ออกมา ถ้า DU Input มีค่าต่ำ (Low)หลังจากได้ทำการ Conversion ไปครั้งหนึ่งแล้ว Output ได้เข้าไปอยู่ใน Memory Latch การ Conversion ครั้งต่อๆไปจะถูก Block โดย Synchronizing DU Input ด้วย System Clock อัตรา เร็วในการดิส เพลย์ก็จะถูกควบคุม

ค่าของ BCD Output 3 Digits จะถูก Multiplex ออกมาจากขาหมาย เลข 11,12,13 และ 14 และจะมีค่า เป็น Low เมื่อ Output เป็น "0" ขณะที่ Digital Select Line อยู่ในตำแหน่ง High และกำลังจะลดลงไปตำแหน่งที่ Low เพื่อ เลือกตำแหน่ง Digit ที่เหมาะสม Half-Digit Output ที่ขาหมาย เลข 10 จะมีลอจิก เป็น "1" เมื่อ Input Voltage มากกว่า 1.0 โวลต์ และ เมื่อ Input Voltage มากกว่า

2.0 โวลต์ ขาหมายเลข 9 จะเป็น "0" หลังจากนับได้ 2100 ซึ่งอยู่ในช่วงของ Ramp Down ของ Conversion Cycle หรือนับมาทั้งหมด 3100 ขาหมายเลข 9 หรือ Orver Range ($\overline{OR}$) จะคงเดิมอยู่จนกระทั้ง Counter ถูก Reset และเริ่ม Conversion Cycle ใหม่จึงเปลี่ยนเป็น "1"

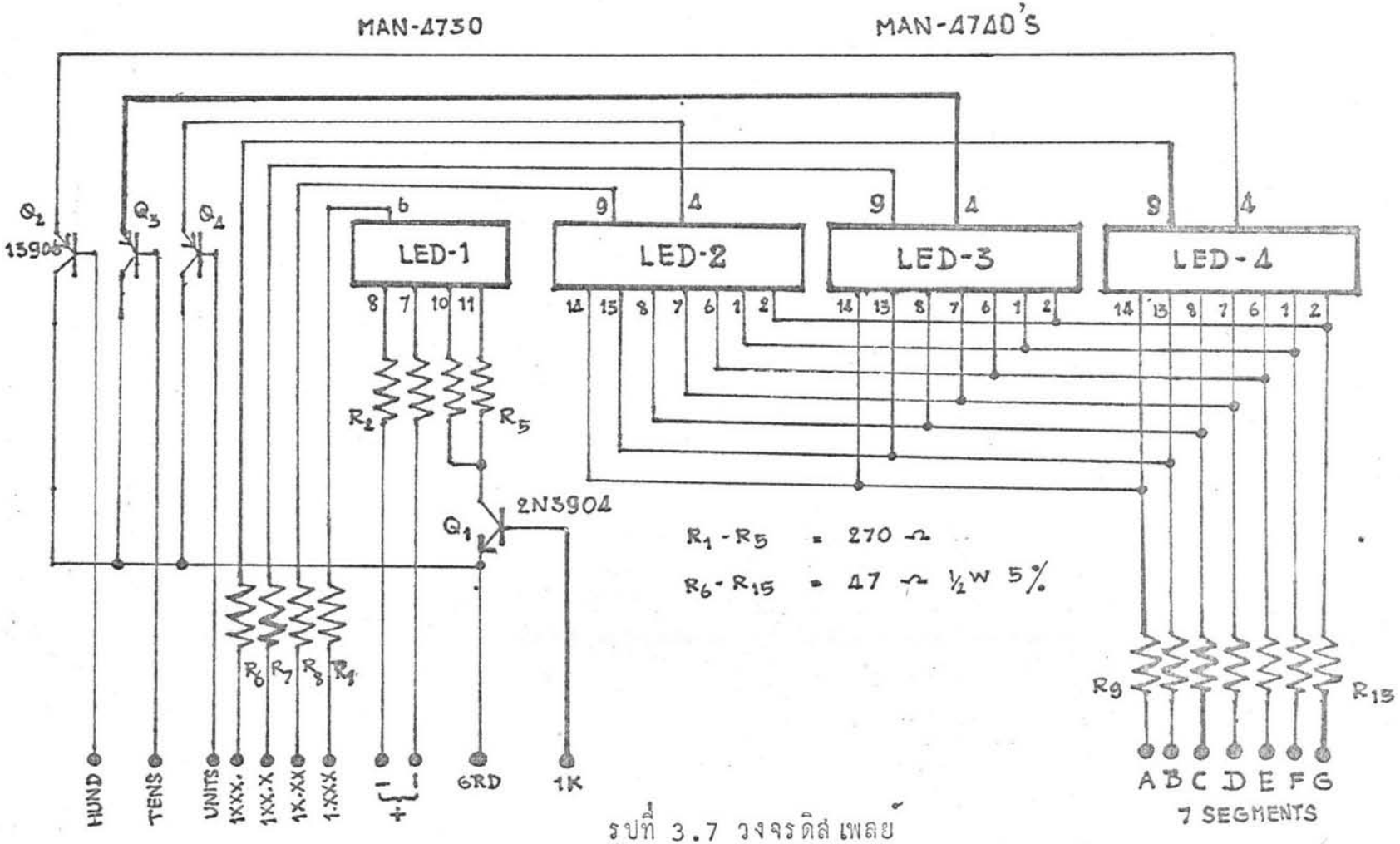
Up Ramp Voltage จะถูกสร้างขึ้นโดยการ chart ของ C_6 ด้วย Constant current ที่มีค่าพอเหมาะกับ Unknown input ในช่วงเวลา T_1 ที่ผ่านมาจะมีจำนวน Clock pulse ที่ Fixed สำหรับ IC MC 14435VP จะเท่ากับ 1000 Clock pulses Voltage Output ของ Integrator ณ จุดนี้จะพอเหมาะกับ Input Voltage พอดี หลังจากระยะเวลาที่ Fixed นี้ทิศทางของ Ramp จะกลับทางโดยการเชื่อม Input ของ C_6 ไปที่ Reference Current ซึ่งเป็นขั้วตรงกันข้ามกับ Input เดิม C_6 จะ Dischart จนกระทั่ง Output Voltage จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าของ Threshold ระยะเวลาก็จะเปลี่ยนไปเป็น T_2 ซึ่งสัมพันธ์กับ Unkown Input Voltage ซึ่งสามารถกำหนดได้ดังนี้.-

$$T_2 = T_1 \frac{V_x}{V_r}$$

where :

V_x = Unknown Voltage

V_r = Reference Voltage

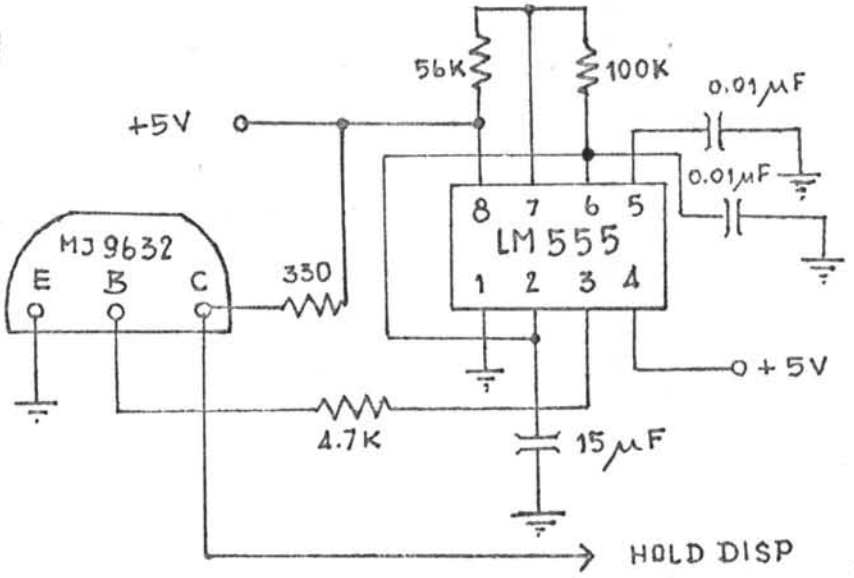


รูปที่ 3.7 วงจรดิส เพลย์

3.4 ดิส เพลย์ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แสดงผลออกมา เป็นตัว เลข โดยรับสัญญาณที่ได้จาก IC หมาย เลข MC 14511cp ซึ่งทำหน้าที่ decoder และ driver BCD ที่ได้จาก Digital Subsystem มา เป็น 7 segments แล้วผ่านความต้านทานขนาด 47 ohms $\frac{1}{4}$ W 5% ก่อน เข้าสู่หลอด LED ดังวงจรที่แสดงอยู่ในรูปที่ 3.7

3.5 การโฮลดิงดิส เพลย์

เพื่อให้สายตาของมนุษย์สามารถอ่าน Output หรือ Digital - Display ได้ทัน ผู้วิจัยจึงต้อง holding digital display ไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่งคือ ประมาณ 1 วินาที จึง เปลี่ยนค่า digital ครั้งหนึ่ง วงจรปรากฏดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรโฮลดิงดิส เพลย์