



ปีการศึกษา 2530

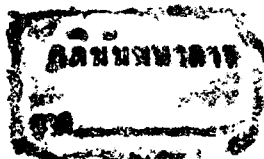
เครื่องควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครโปรเซสเซอร์
ระบบออนไลน์

โดย

วิวัฒน์ เปล่งศรีสกุล
เอกมัย สิริจรรย์วัตร
อภิวัฒน์ ลัมสุรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร



ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2530

เรื่อง เครื่องควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ระบบออนไลน์

ผู้จัดทำ

1. นายวิวัฒน์ เปล่งศรีสกุล 296117

2. นายเอกมัย ศิริจริยวัตร 296126

3. นายอภิรักษ์ ลิ้มสุรัตน์ 296129



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายวิทยา ทิพย์สุวรรณภร)



เครื่องควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ระบบซอฟต์แวร์

นายวิวัฒน์ เปล่งศรีสกุล

นายเอกมัย ศิริจริยวัตร

นายอภิรักษ์ ลัมสุรัตน์

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

นายวิทยา ทิพย์สุวรรณพร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

วิธีการวัดและควบคุมอุณหภูมิ ใช้หลักการแปลงอุณหภูมิที่วัดได้เป็นแรงดันไฟฟ้า แล้วนำแรงดันไฟฟ้านี้แปลงเป็นสัญญาณความถี่ จากนั้นนำสัญญาณความถี่มาอมูเลตขึ้นกับคลื่นพาห์แบบเฟส - มอูเลต เข้าไปในสายไฟฟ้ากระแสสลับที่ติดตั้งภายในอาคาร ซึ่งยาวจนถึงศูนย์กลางควบคุมหรือห้องควบคุม ต่อมาที่ศูนย์กลางควบคุมจะทำการเฟสดีมอูเลตเอาคลื่นพาห์ออก แล้วแปลงสัญญาณ - ความถี่กลับเป็นแรงดันไฟฟ้า จากนั้นนำแรงดันไฟฟ้าแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อส่งเข้าตาต้าบัสของซีพียู ให้ทำการประมวลผลและเปรียบเทียบกับข้อมูลที่กำหนดไว้ในโปรแกรมว่า ให้เปิดหรือปิดเครื่องปรับอากาศในขณะนั้น โดยจะมีการส่งค่าอุณหภูมิให้ซีพียูตรวจสอบทุกๆ 5 นาที แต่ละห้องเราสามารถกำหนดเวลาเปิด/ปิดได้โดยอิสระ และยังกำหนดระดับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 10-45 องศาเซลเซียส

Hot line Microprocessor-base temperature controller

Mr. Wiphat Plengsrisakul

Mr. Ekkamai Sirijariyawat

Mr. Apiniun Limsurat

Department of Industrial Instrumentation Technology

Mr. Wittaya Tipsuwannaporn

Advisor

Academy year 1987

ABSTRACT

Measuring and control the temperature method. Principle for use with converted the temperature to voltage signal, and converted the voltage signal to frequency signal. After that bring the frequency signal to modulations within phase modulated carrier wave and transmitted in the alternating current line. Which this AC. line it is installed indoor building for electrical equipment. This A.C. line it longish to the center control room. At center control room will be demodulations the frequency signal, and converted the frequency signal to voltage signal. After that converted the voltage signal to digital signal and send to data bus of CPU. Which the CPU will be processing and compared data with data in monitor program. When it finish compared, the CPU will send signal feed back to "ON" or "OFF" the aircondition. Which the temperature measured and transmitted for CPU. processing and compared every 5 minute. Besides We can set time program for "ON" / "OFF" everyday, Set temperature range 10-45 C and you can expand system from 8 to 64 point maximum.

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ.....	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบเฟสล็อกคัลป.....	6
บทที่ 3	ทฤษฎีและหลักมอดูเลชั่น.....	12
✓ บทที่ 4	การเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่ และ.....	21
	การเปลี่ยนความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า.....	22
✓ บทที่ 5	การเปลี่ยนสัญญาณนาฬิกาเป็นสัญญาณดิจิทัล และ.....	24
	การเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณนาฬิกา	29
✓ บทที่ 6	คุณสมบัติอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ	32
✓ บทที่ 7	คุณสมบัติอุปกรณ์ออฟโตคัปเปิลอร์.....	38
บทที่ 8	คุณสมบัติของ พอร์ท 8251 และ	47
	คุณสมบัติของ Z80-CTC	52
บทที่ 9	ไมโครโปรเซสเซอร์	57
✓ บทที่ 10	การทดลองและผลการทดลอง.....	69
บทที่ 11	การใช้งานและส่วนของโปรแกรม	82
บทที่ 12	การเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงกราฟฟิค.....	117
บทที่ 13	วิจารณ์และสรุป.....	151
	ภาคผนวก	
	กิตติกรรมประกาศ	
	อ้างอิง	

บทที่ 1

บทนำ

เรื่องควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ระบบฮอตไลน์

1.1 ระบบฮอตไลน์เป็นเช่นไร

ระบบฮอตไลน์ คือ การส่งข้อมูลที่ใช้เพื่อการควบคุมอุณหภูมิจากห้องต่างๆ ไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ ศูนย์กลางควบคุม โดยข้อมูลนั้นถูกส่งเข้าไปในสายตัวนำไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งติดตั้งภายในอาคารสำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป

1.2 แล้วข้อมูลนั้นจะส่งเข้าไปในสายตัวนำไฟฟ้าได้อย่างไร

จากไดอะแกรม พิจารณาที่ภาค T/V จะประกอบด้วยอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและวงจรแปลงอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิตลอดเวลา จากนั้นส่งค่าแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ภาค V/F ซึ่งภาคนี้จะประกอบด้วยวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ไฟฟ้า ฉะนั้นสัญญาณความถี่ไฟฟ้าก็จะมีค่าระดับหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาตามอุณหภูมิ คอมนำสัญญาณความถี่ไฟฟ้าเข้าสู่ภาค MOD ภาคนี้จะประกอบด้วยวงจรที่ทำหน้าที่มอดูเลตความถี่ แล้วส่งผ่านเข้าไปในสายตัวนำไฟฟ้ากระแสสลับ 50 เฮิรตซ์ เช่นสายเตาเสียบอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ติดตั้งภายในอาคาร เป็นระบบวงจรเดียวกันจนถึงห้องควบคุม

ที่ห้องควบคุมจะประกอบด้วยวงจรขยายสัญญาณและวงจรมอดูเลตความถี่ คือ ภาค AMP และภาค DBM เมื่อทำการมอดูเลตสัญญาณความถี่ได้แล้ว ก็นำผ่านภาค AMP อีกครั้งเพื่อขยายสัญญาณให้ถึงระดับที่ถูกต้อง จากนั้นส่งเข้าภาคไอโซเลชัน (ISOLATION) เพื่อทำหน้าที่ลดสัญญาณที่รบกวนออก จากนั้นจึงส่งเข้าภาค F/V ซึ่งประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นสัญญาณอนาล็อกผ่านเข้าภาค ADC ซึ่งเป็นตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต จากนั้นสัญญาณดิจิทัลนี้จะถูกต่อเข้ากับสายอ่านข้อมูล (Data Bus) ของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อซีพียู (CPU) ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้รับข้อมูลแล้ว ก็จะนำไปประมวลผลและเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บไว้ในโปรแกรม โดยเปรียบเทียบว่าอุณหภูมิที่วัดได้ต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรมหรือไม่ เมื่อประมวลผลเสร็จก็จะส่งสัญญาณดิจิทัลออกมาค่าหนึ่ง ส่งไปยังภาค DAC เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกและขยายสัญญาณให้มามีระดับสูงพอ ส่งผ่านไปยังภาค V/F เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณความถี่ และส่งเข้าตัวมัลติเพล็กซ์ (Demultiplex) โดยซีพียูจะสั่งว่าให้ตัวมัลติเพล็กซ์ส่งสัญญาณความถี่ทั้งกล่าวออกทางแชนแนลใด สมมุติว่าออกทางแชนแนลใด ก็จะถูกทำการมอดูเลตเข้าไปในสายตัวนำไฟฟ้ากระแสสลับนี้ ซึ่งเป็นสายตัวนำเดียวกันตลอด ฉะนั้นขณะนี้ทางห้องที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยวงจรมอดูเลต ก็จะทำการมอดูเลตสัญญาณความถี่ แล้วส่งเข้าภาค PLL ซึ่งทำหน้าที่ซึ่งโครโนสกับสัญญาณความถี่ที่นำเข้าไปใช้

ซึ่งทำหน้าที่ซึ่งใครในสื่กับสัญญาณความถี่ที่ DEM ป้อนมาให้ หากสัญญาณตรงกับตัวมันก็จะล๊อคเฟส และส่งสัญญาณเอาต์พุตออกไปควบคุมภาคไครฟ์(DRIVE) โดยภาคไครฟ์จะประกบด้วยตัวไอโซเลชัน(Isolation) และตัวไตรแอค(TRIAC) เพื่อทำหน้าที่เปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ

รายละเอียดของการควบคุมเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ มีดังนี้ จะเห็นว่าที่ห้องซึ่งเราทำการวัดอุณหภูมิ-จะประกบด้วยวงจรเฟสล๊อคคู่ จำนวน 5 ชุด ได้แก่

เฟสล๊อคชุดที่ 1 จะล๊อคเมื่อมีสัญญาณความถี่ 1 กิโลเฮิรท์ ส่งมาจากซีพียู หลังจากล๊อคแล้วก็ส่งสัญญาณให้วงจรแลตช์(LATCH) และส่งนาฬิกาสวิตซ์ทำงานให้ปีทวงจร เพื่อส่งสัญญาณความถี่จากการอ่านอุณหภูมิ ไปยังห้องศูนย์กลางควบคุม ให้ซีพียูทำการประมวลผลถึงที่กล่าวมาแล้ว

เฟสล๊อคชุดที่ 2 จะล๊อคเมื่อมีสัญญาณความถี่ 2 กิโลเฮิรท์ ส่งมาจากซีพียู เมื่อล๊อคแล้วก็ส่งสัญญาณให้วงจรแลตช์ทำการสั่งภาคไครฟ์ที่ประกบด้วยไตรแอค ให้จ่ายกระแสไฟฟ้าเมนแก่ระบบเครื่องปรับอากาศและพัดลม มอเตอร์คอมเพรสเซอร์(Motor Compressor)ยังไม่ทำงาน

เฟสล๊อคชุดที่ 3 จะล๊อคเมื่อมีสัญญาณความถี่ 2.5 กิโลเฮิรท์ ส่งมาจากซีพียู เมื่อล๊อคแล้วก็จะส่งสัญญาณไปเคลียร์(CLEAR) วงจรแลตช์ เพื่อทำการสั่งปิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเมนแก่ระบบทั้งหมดของเครื่องปรับอากาศและพัดลม

เฟสล๊อคชุดที่ 4 จะล๊อคเมื่อมีสัญญาณความถี่ 3 กิโลเฮิรท์ ส่งมาจากซีพียู เมื่อล๊อคแล้วก็จะทำการส่งสัญญาณไปแลตช์และขับภาคไครฟ์ทำงานรับกระแสไฟฟ้าจากภาคเมนมาจ่ายให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์

เฟสล๊อคชุดที่ 5 จะล๊อคเมื่อมีสัญญาณความถี่ 3.5 กิโลเฮิรท์ ส่งมาจากซีพียู เมื่อล๊อคแล้วก็จะส่งสัญญาณไปเคลียร์วงจรแลตช์ เพื่อทำการปิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเฉพาะมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

ลักษณะการควบคุมเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นแรก ซีพียูจะส่งความถี่มา 1 กิโลเฮิรท์มาให้เฟสล๊อคชุดที่ 1 ทำการบิตสวิตซ์-อนาล็อคเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิว่าอยู่ในระดับใด เมื่อซีพียูทำการประมวลผลเสร็จแล้ว สมมุติปรากฏว่าอุณหภูมิที่อ่านได้สูงกว่าที่กำหนด ซีพียูก็จะส่งความถี่ 2 กิโลเฮิรท์ มาให้เฟสล๊อคชุดที่ 2 เพื่อให้ภาคไครฟ์จ่ายกระแสไฟฟ้าเมนและพัดลม หลังจากนั้นสักครู่ก็ส่งสัญญาณความถี่ 3 กิโลเฮิรท์ มาให้เฟสล๊อคชุดที่ 4 เพื่อให้ภาคไครฟ์ชุดที่ 2 ทำงานโดยรับกระแสไฟฟ้าจากภาคจ่ายกระแสไฟฟ้าเมนมาจ่ายให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงาน ขณะนี้เครื่องปรับอากาศก็ทำงานอย่างสมบูรณ์ อุณหภูมิภายในห้องก็จะลดลงเป็นลำดับ ในระหว่างนี้ซีพียูจะมีการส่งสัญญาณความถี่ 1 กิโลเฮิรท์ มาให้กับเฟสล๊อคชุดที่ 1 ทำการบิตสวิตซ์อนาล็อคและอ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 5 นาที เพื่อนำไปประมวลผลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเปรียบเทียบกับข้อมูลในโปรแกรมว่าอุณหภูมิลดต่ำกว่าที่กำหนดหรือยัง เมื่อใดที่อ่านได้ต่ำกว่ากำหนด ก็จะส่งสัญญาณความถี่ 3.5 กิโลเฮิรตซ์ มาให้เฟสล็คคูลูปชุดที่ 5 ทำการส่งภาคโคโรนาให้หยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าแก่ออเตอร์คอมเพรสเซอร์ แต่ระหว่างนี้พัดลมที่เป็นตัวเป่าไอเย็นออกจากเครื่องปรับอากาศยังคงทำงานเช่นเดิมตลอดเวลา ซึ่งขณะนี้อุณหภูมิอาจจะค่อยๆกลับสูงขึ้นช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของห้องนั้น เช่น อาจมีผู้ใช้ห้องนั้นมาก อุณหภูมิก็อาจจะกลับสูงขึ้นเร็ว ซึ่งซีทียูจะส่งสัญญาณความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ มาที่เฟสล็คคูลูปชุดที่ 1 ทุก 5 นาที เพื่ออ่านอุณหภูมิไปประมวลผลและเปรียบเทียบ และเมื่ออ่านได้ว่าอุณหภูมิสูงกว่ากำหนดแล้วก็จะส่งสัญญาณความถี่ 3 กิโลเฮิรตซ์ มาให้เฟสล็คคูลูปชุดที่ 4 อีกครั้งเพื่อส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแก่ออเตอร์คอมเพรสเซอร์ อุณหภูมิห้องก็จะเริ่มลดลงตามลำดับเหมือนตอนต้น จะเห็นว่ามีลักษณะการทำงานเช่นนี้ตลอดเวลาที่มีโปรแกรมสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศ และเมื่อถึงเวลาที่กำหนดให้ปิดเครื่องปรับอากาศ ซีทียูก็จะส่งสัญญาณความถี่ 3.5 กิโลเฮิรตซ์ ให้เฟสล็คคูลูปชุดที่ 5 ปิดภาคจ่ายกระแสไฟฟ้าแก่ออเตอร์คอมเพรสเซอร์ และส่งสัญญาณความถี่ 2.5 กิโลเฮิรตซ์ ตามมาให้เฟสล็คคูลูปชุดที่ 3 เพื่อสั่งหยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้าทั้งหมดแก่ระบบเครื่องปรับอากาศรวมทั้งพัดลม หลังจากนั้นก็จะไม่มีการตรวจสอบอุณหภูมิห้องนี้อีกต่อไป จนกว่าจะถึงเวลาใหม่ที่กำหนดไว้ในโปรแกรมว่าให้เปิดเครื่องปรับอากาศห้องนี้อีกครั้ง ก็จะมีการทำงานเช่นเดิมดังที่กล่าวมาข้างต้น

โครงการนั้นนอกจากรักษาระดับอุณหภูมิแล้ว ยังสามารถโปรแกรมเวลาให้เปิดเครื่องปรับอากาศตามเวลาที่ต้องการใช้ และปิดเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติเมื่อถึงเวลาเลิกใช้ห้องนั้นๆ

ความสามารถในโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ ของแต่ละห้องได้ถึง 4 ครั้งต่อ 1 วัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น จะยกตัวอย่างข้อมูลที่เรายกกำหนดเข้าไปในโปรแกรม ดังแสดงในตารางที่ 1.1

วันจันทร์ ห้องที่	ระดับอุณหภูมิ °C		ช่วงเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ 4 ช่วง/วัน							
	ต่ำสุด	สูงสุด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด
1	20	25	08.00	09.30	10.00	12.00	13.00	15.00	15.30	17.00
2	22	28	08.00	12.00	13.00	17.00	-	-	-	-
3	15	20	09.00	11.45	12.45	15.30	18.00	21.00	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังบุคคลภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลในตาราง 1.1 พิจารณาห้องที่ 1 กำหนดระดับอุณหภูมิไว้ต่ำสุด 20 องศาเซลเซียส และสูงสุด 25 องศาเซลเซียส และกำหนดเวลาเปิด-ปิด 4 ช่วง ช่วงแรกเปิด 08.00 จนถึง เวลา 09.30 น. ซึ่งมีความหมายว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวจะทำการตรวจสอบอุณหภูมิให้อยู่ในระดับ 20-25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ก็จะสั่งปิดเครื่องปรับอากาศ หากอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ก็จะสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเปิด-ปิดก็ครั้งก็แล้วแต่-อุณหภูมิที่วัดได้ จนกระทั่งถึงเวลา 09.30 น. ซีพียูก็จะสั่งปิดเครื่องปรับอากาศทันที และจะไม่มีมาตรวจสอบอุณหภูมิอีกต่อไปเช่นกัน ซึ่งเครื่องปรับอากาศจะหยุดทำงานจนถึงเวลา 10.00 น. ซีพียูก็จะสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศอีกครั้ง และเริ่มตรวจสอบระดับอุณหภูมิค่าเดิมคือ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นเช่นนี้ตลอดไปจนถึงเวลา 12.00 น. ก็จะสั่งปิดเครื่องปรับอากาศ หลังจากนั้นซีพียูก็จะทำการตรวจสอบโปรแกรมเองเองดังแสดงในตารางที่ 1.1 ฉะนั้นห้องที่ 2 ก็จะมีการทำงานลักษณะเดียวกันที่ระดับอุณหภูมิและช่วงเวลาเปิด-ปิดเท่านั้น ข้อมูลในตาราง 1.1 นี้เป็นข้อมูลใช้เฉพาะ 1 วันเท่านั้น ซึ่งแต่ละวันสามารถกำหนดระดับอุณหภูมิต่างกันไป และสามารถกำหนดเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศได้ต่างกันโดยอิสระตลอด 7 วันในหนึ่งสัปดาห์ เมื่อซีพียูทำการตรวจสอบจนครบ 7 วันก็จะกลับมาเริ่มตรวจสอบโปรแกรมของวันแรกอีกเช่นเดิม

โครงการนี้สามารถกำหนดระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 10-45 องศาเซลเซียส กำหนดเวลาเปิดและเวลาปิดของแต่ละห้องเฉลี่ยได้ 4 โปรแกรม กำหนดเวลาเปิด-ปิดได้ทุกวันตลอดสัปดาห์ สามารถขยายระบบจาก 8 ห้องเป็น 64 ห้อง หรือนำไปใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมก็ได้ สามารถต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (ไอบีเอ็ม) เพื่อใช้เพิ่มสมรรถภาพในการควบคุมอุณหภูมิโดยแสดงผลเป็นกราฟฟิกและยังใช้ป้อนข้อมูลต่างๆผ่านทางไอบีเอ็มได้ด้วย นอกจากการใช้โปรแกรมให้เครื่องทำงานโดยอัตโนมัติแล้ว เรายังสามารถเปิด-ปิดแบบควบคุมด้วยมือก็ได้โดยไม่ขึ้นกับเวลาที่เซตไว้แต่จะรักษอุณหภูมิยังคงเป็นไปตามที่เซตไว้ในโปรแกรม

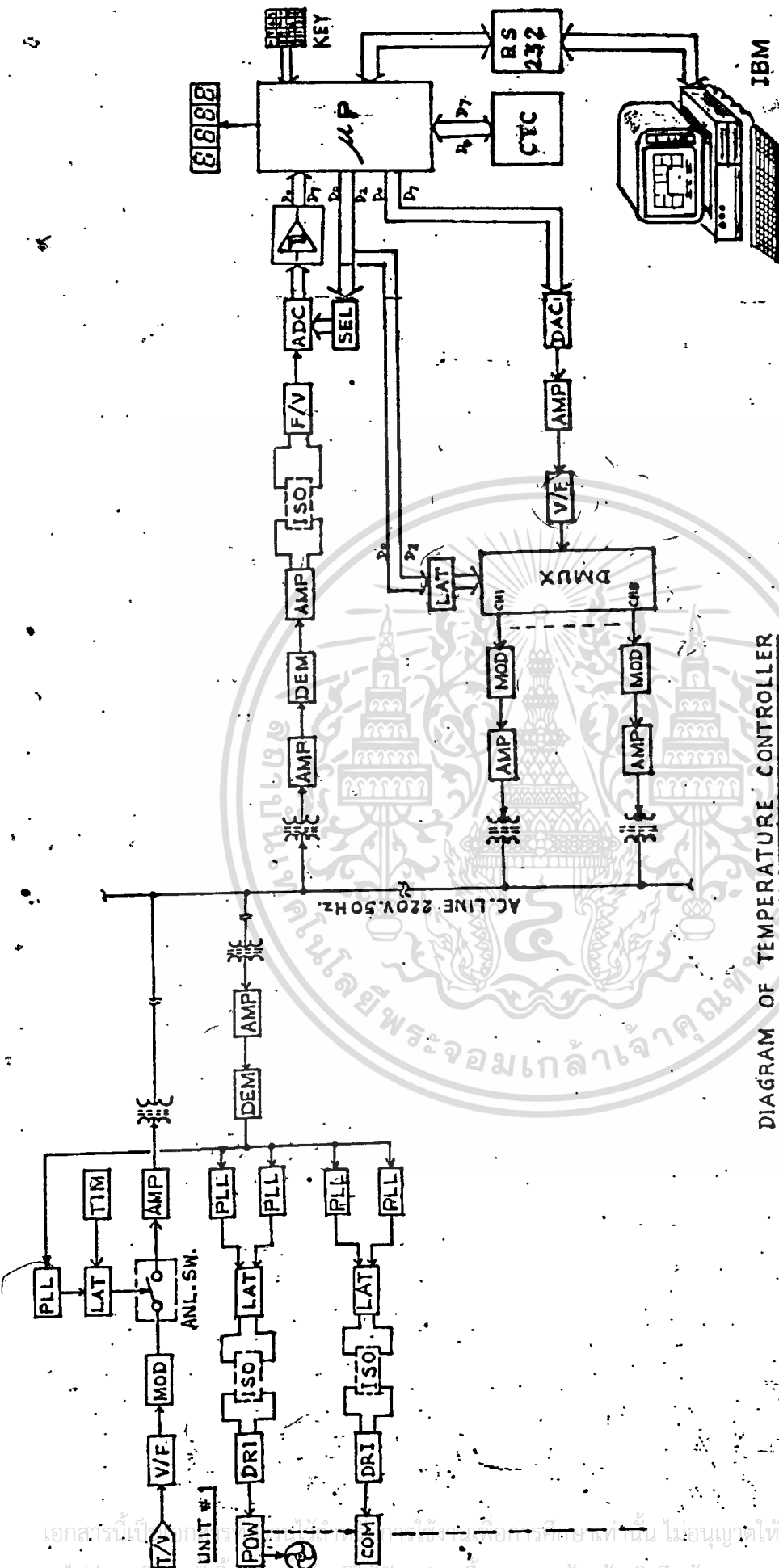


DIAGRAM OF TEMPERATURE CONTROLLER

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

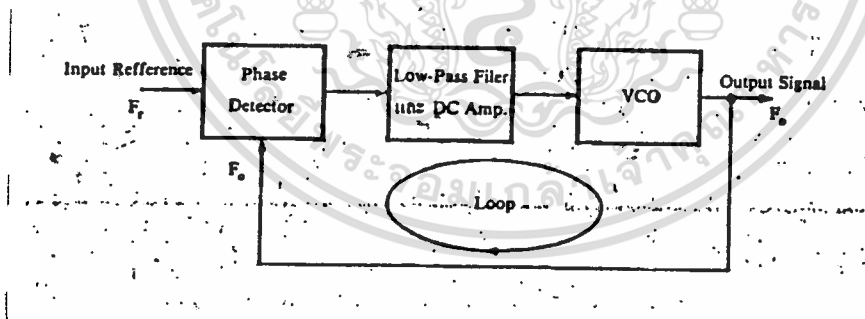
ทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบเฟสล็อกคูล

2.1 กล่าวนำ

เฟสล็อกคูล (Phase Locked Loop) หรือ PLL คือ ระบบควบคุมสัญญาณแบบป้อนกลับอย่างหนึ่ง ซึ่งเราสามารถเลือกความถี่ได้ด้วยการซึ่งโครโนสกับสัญญาณความถี่อื่นพุท จากหลักการดังกล่าว เราสามารถนำ PLL มาใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในงานด้านเครื่องมือวัด หรือนำไปใช้ในงานระบบการสื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งในปัจจุบันวงจรเฟสล็อกคูลสามารถสร้างขึ้นได้ในรูปของโมโนลิทิกไอซี ทำให้มีราคาถูกลงมากแล้งใช้งานได้สะดวกไม่ยุ่งยาก

2.2 หลักการทำงานของระบบเฟสล็อกคูล

ส่วนประกอบที่สำคัญในวงจร PLL คือ วงจรเทียบเฟส (Phase Detector) วงจร Low-Pass Filter และ Amplifier และวงจร Voltage-Control Oscillator (หรือ VCO) ในรูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของวงจร PLL อย่างง่าย ๆ โดยสัญญาณจากความถี่มาตรฐาน (Reference Frequency = F_r) จะป้อนเข้าสู่วงจรเทียบเฟส ซึ่งจะทำการเทียบเฟสของสัญญาณมาตรฐาน กับสัญญาณที่ป้อนกลับจากภาคเอาต์พุต (F_o) จากนั้นผลของมุมเฟสที่แตกต่างกันของสัญญาณทั้งสองจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกระแสไฟฟ้าตรง ที่ไปบังคับวงจร VCO ให้ผลิตความถี่ออกมาทางด้านเอาต์พุตต่อไป



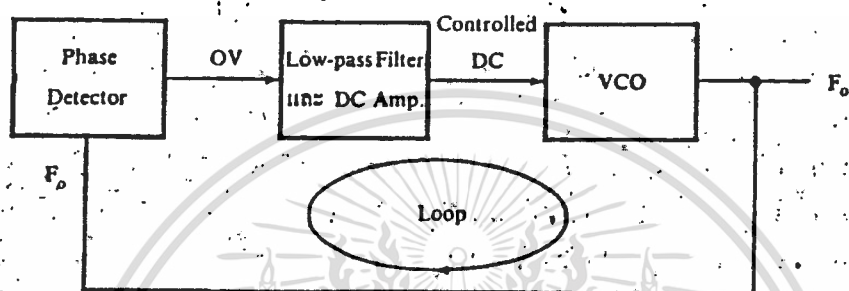
รูป 2.1 แสดงวงจร PLL อย่างง่าย

ซึ่งวงจร VCO จะผลิตความถี่เท่ากับความถี่มาตรฐานความถี่เปรียบเทียบ

ในกรณีที่ไม่มีค่าความถี่ F_r ค่าของมุมเฟสที่ออกมาจากวงจรเทียบเฟสจะเท่ากับศูนย์ และจะทำให้วงจร VCO ผลิตความถี่ F_o ออกมาตามปกติตามรูปที่ 2.2

ถ้ามี F_R เข้ามายังวงจร เทียบเฟสตามรูป 2.1 ในครั้งแรก ความถี่ F_R ยังไม่เท่ากับความถี่ F_o ดังนั้นจะเกิดระดับแรงดันที่ไม่มีการคลาคลั่น (Error Voltage) ออกจากวงจรเทียบเฟสตามรูปที่ 2.3

จากนั้น Error Voltage จะถูกส่งผ่านวงจร LPF และจะถูกแปลงเป็นกระแสไปตรงโดยวงจร DC-Amp และสัญญาณ DC ที่ได้จะไปบังคับให้วงจร VCO ผลิตความถี่ F_o ออกมาใหม่ตามรูปที่ 2.3

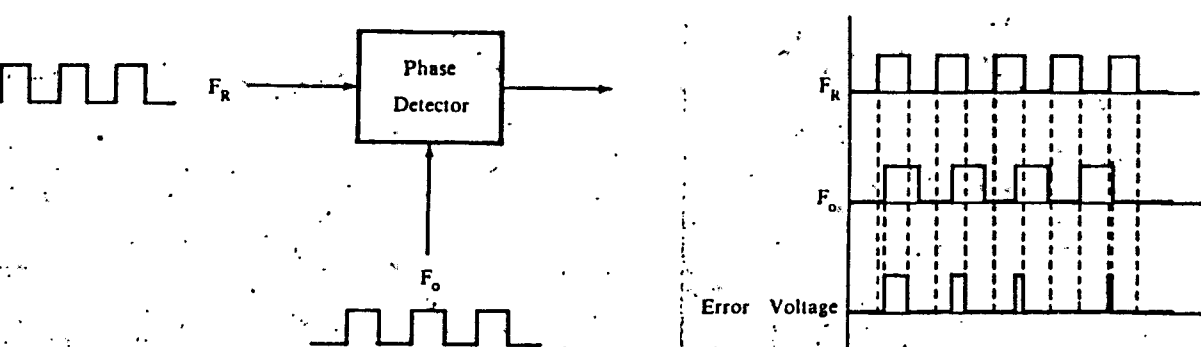


รูปที่ 2.2 เมื่อ $F = 0$

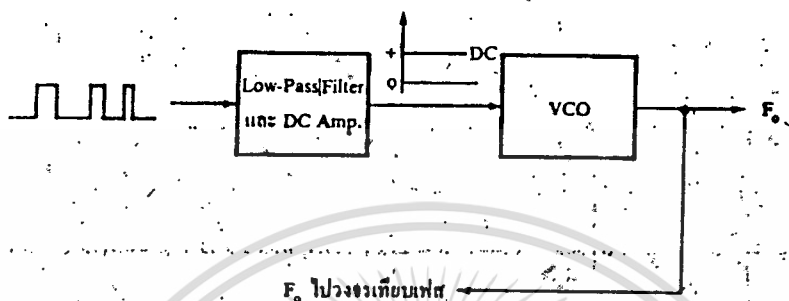
จะส่งผลให้เกิดระดับแรงดันเท่ากับศูนย์ไหลออกจากวงจรเทียบเฟส

ถ้า F_o ที่ผลิตขึ้นมาใหม่ยังมีความถี่ไม่เท่ากับ F_R จะเกิด Error Voltage เปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ และแน่นอนระดับแรงดันไฟตรงหรือ DC ที่ป้อนไปยัง VCO ก็จะเปลี่ยนแปลงซึ่งทำให้ F_o เปลี่ยนแปลงความถี่ไป อาจจะมากขึ้นหรือน้อยลง จนกว่า F_o เท่ากับ F_R Error Voltage ที่ได้จะคงที่ในระดับหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟตรงไปทำให้ VCO ผลิต F_o ที่ได้คงที่โดยส่ง F_o มาเทียบกับ F_R ตลอดเวลาและทำให้ VCO ผลิตความถี่ $F_o = F_R$ ออกมาตลอดไปจนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง F_R ใหม่ กรณีเช่นนี้เราเรียกว่าความถี่ใน Loop จะถูก Locked เมื่อ $F_o = F_R$ แล้วยังมี Error Voltage อยู่ค่าตอบก็คือ เวลาในการกำหนดสัญญาณไม่เท่ากันกล่าวคือ ช่วงเวลาที่ F_o ป้อนกลับมายังวงจรเทียบเฟส ถึงแม้ว่าจะมีความถี่เท่ากับค่ามาตรฐาน แต่เวลาไม่เท่ากันตามรูปที่ 2.6

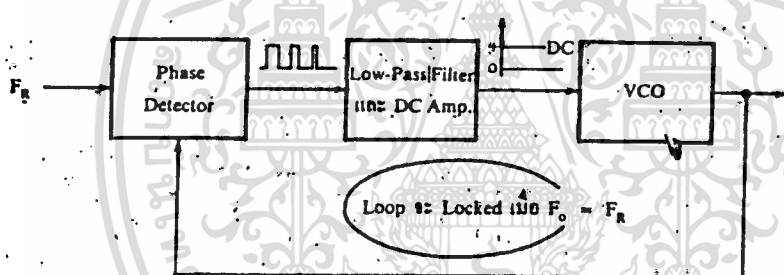
ผลที่ได้ทางเอาต์พุตของวงจรเทียบเฟส จะเป็นผลทางเฟสของ F_R และ F_o เมื่อความถี่ $F_o = F_R$ จากนั้นจะถูกทำให้เป็นกระแสไฟตรงได้ง่าย ๆ โดยการนำคอนเทนเซอร์มาต่อลงกราวด์ เพื่อทำหน้าที่เก็บประจุ (charge) และคายประจุ (Discharge) และเปลี่ยนเป็นกระแสไฟตรงได้ตามรูปที่ 2.7



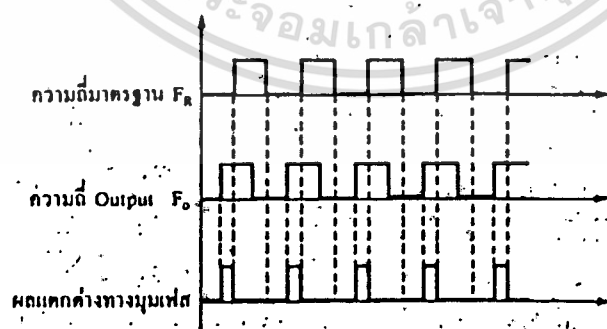
รูปที่ 2.3 แสดงถึงผลของ Error Voltage เมื่อ F_R ไม่เท่ากับ F_O



รูปที่ 2.4 กระแสไฟตรงจาก DC Amp จะไปบังคับให้ VCO ผลิตความถี่ F_O ใหม่ และป้อนกลับไปยังวงจรเฟสล็อกอีกครั้งหนึ่ง



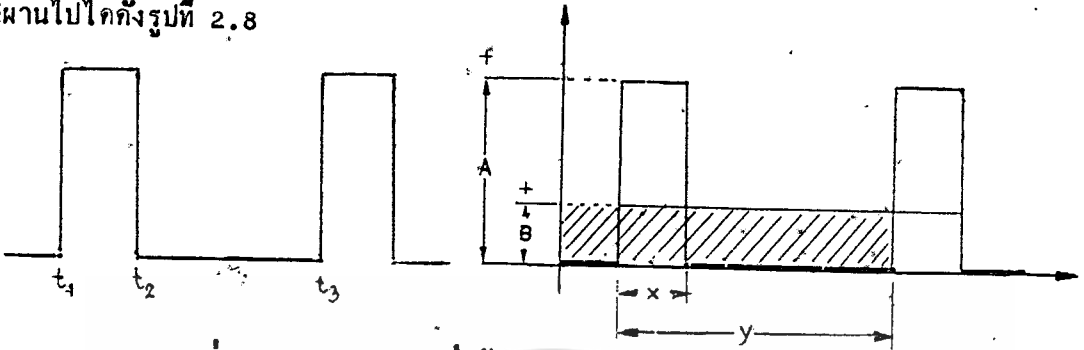
รูปที่ 2.5 แสดงการ Locked ของวงจร PLL เมื่อ $F_O = F_R$



รูปที่ 2.6 แสดงผลต่างทางมุมเฟสระหว่าง F_O และ F_R เมื่อความถี่ของ $F_O = F_R$

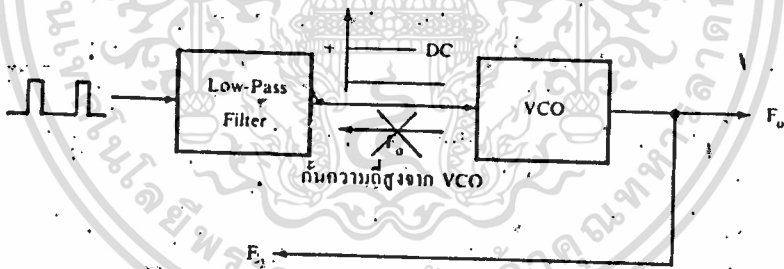


วงจร LPF จะทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณที่มีความถี่สูงจากวงจรผลิตความถี่ หรือ VCO ไหลย้อนกลับมายังวงจรเทียบเฟสได้ แต่จะยอมให้ความถี่ต่ำซึ่งเป็นสัญญาณทางคานเอาท์ของวงจรเทียบเฟสผ่านไปได้ดังรูปที่ 2.8

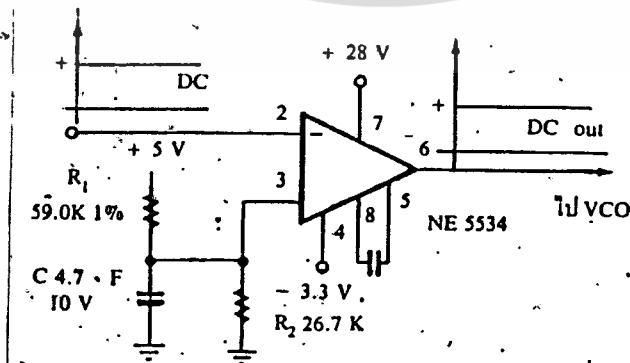


รูป 2.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการเทียบเฟสแล้ว และเปลี่ยนเป็นกระแสไฟตรงเพื่อไปควบคุมการทำงานของวงจร VCO

บางครั้งกระแสไฟตรงที่ได้จากรูปที่ 2.7 อาจจะนำไปขยายสัญญาณไฟตรงโดยใช้ออปแอมป์ทำหน้าที่เป็นวงจร Comparator เทียบระดับกับแรงดันกระแสไฟตรงที่ได้จากรูปที่ 2.7 กับระดับแรงดันมาตรฐานทางอินพุตทั้งสองของออปแอมป์ เพื่อเปลี่ยนเป็น DC ทางเอาท์พุทอีกครั้งหนึ่งก่อนป้อนไปยังวงจร VCO ก็ได้ ตามรูปที่ 2.9



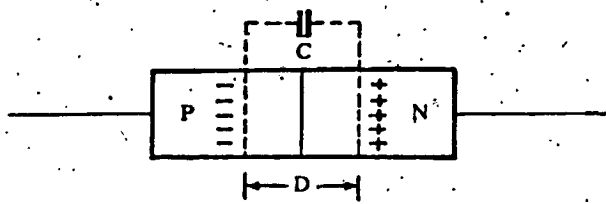
รูปที่ 2.8 แสดงหน้าที่ของวงจร LPF ซึ่งกันความถี่ F_0 จาก VCO และยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้



รูปที่ 2.9 แสดงการใช้ออปแอมป์ เบอร์ 5534 เป็น DC Amp เพื่อขยายระดับไฟตรงที่ได้จากรูป 2.7 ให้สูงขึ้น แล้วแต่วงจรที่ออกแบบไว้ และสัญญาณไฟตรงจากรูปที่ 2.7 จะถูกป้อนเข้ามาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

024724

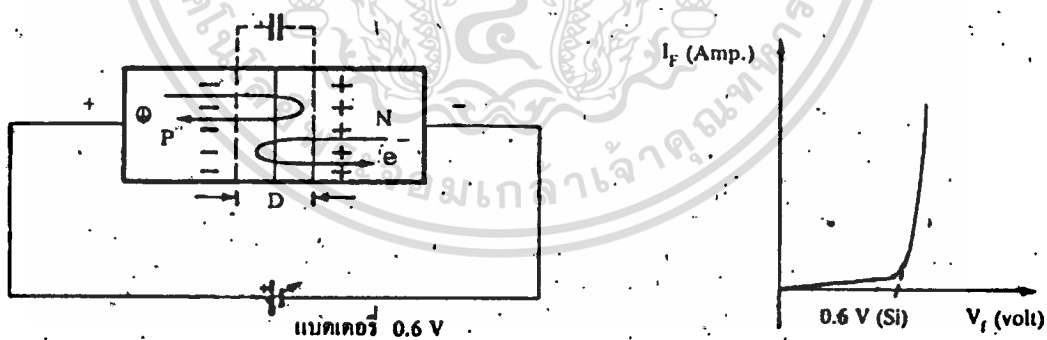
มายังขา 2 เพื่อเทียบกับระดับมาตรฐานที่ขา 3 และสัญญาณที่ขา 6 ออกไปยังวงจร VCO ต่อไป โดยออปแอมป์ทำหน้าที่เป็น Comparator หรือเรียกอีกแบบหนึ่งว่าเป็นวงจรขยายสัญญาณกระแสไฟ ปรนเอง



รูปที่ 2.10 แสดงค่าคาปาซิแตนซ์เสมือนระหว่างรอยต่อของไดโอดหรือวาเรคเตอร์

วงจร VCO อาศัยหลักการทำงานโดยจะผลิตความถี่ตามระดับแรงดัน กระแสไฟตรง ที่เข้ามายังขาขาทำงาน และกระแสไฟตรงนั้นจะได้อากการเปรียบเทียบเฟสของ F_o และ F_x ซึ่งถูกให้เฟสเป็น DC แล้ว ตามรูปที่ 2.7 หรือ รูปที่ 2.9 นั้นเอง ทำให้วงจร VCO ถึงผลิตความถี่ตามระดับแรงดัน DC ได้เป็นสิ่งที่น่าสนใจ หลักการทำงานของวงจร VCO ส่วนประกอบที่สำคัญนี้คือ "วาเรคเตอร์" (Varactor Vary Capacitor) นั้นเอง

ถ้าเราพิจารณาหลักการทำงานของไดโอดธรรมดา ในสภาวะที่ไม่มีกระแสให้



รูปที่ 2.11 ถ้าแรงดันจากแบตเตอรี่น้อยกว่า 0.6 แรงดันดังกล่าวไม่เพียงพอที่จะดันให้โฮล หรืออิเล็กตรอน ทะลุผ่านกัฟเฟิลชั้นได้ แต่จะทำให้ระยะห่างของย่านที่เพิ่มขึ้น น้อยลงและค่า C มากขึ้น

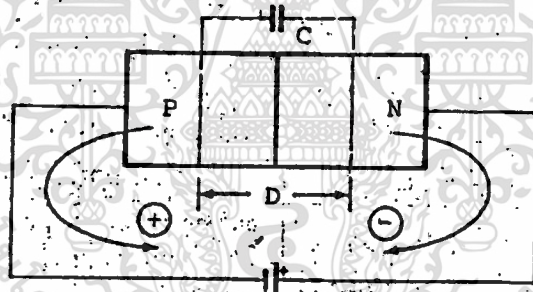
ไบอัสหรือแรงดันกับไดโอด ผลจากการ Recombination ทั้งของสารชนิด P และ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

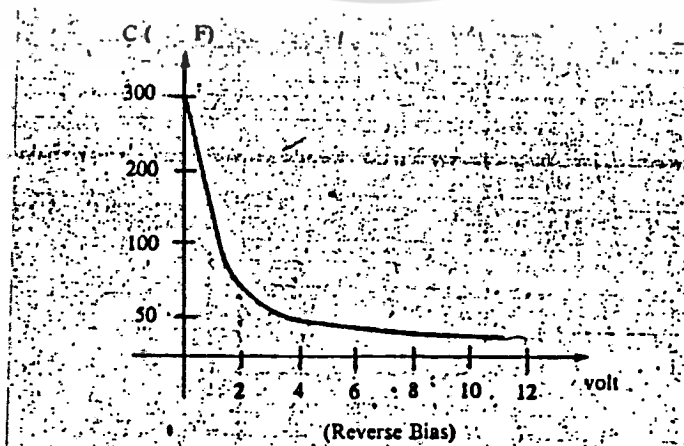
ตรงบริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำทั้งสอง จะทำให้รอยต่อเกิดเขตทางห้ามชน และขนาดของความกว้างของย่านกึ่งนำที่เพิ่มขึ้น นี้นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของสารที่เติมเข้าไปนอกจากนี้บริเวณดังกล่าวจะแสดงคุณลักษณะคล้ายกับสนามไฟฟ้า ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ว่าคล้ายกับเป็นตัวเก็บประจุ

สมมุติว่าถ้าเราให้ DC Bias กับไดโอดแบบ Forward Bias แล้วย่านกึ่งนำที่เพิ่มขึ้นจะแคบลง ซึ่งจะทำให้ค่าความจุมากขึ้น จนกระทั่งแรงดันมากกว่า 0.6 V กระแสไฟฟ้าจะสามารถไหลผ่านรอยต่อของไดโอดได้เลย ตามรูปที่ 2.11

ในขณะที่เราให้แรงดันกับไดโอดหรือวาล์วแรงดันแบบ Reverse Bias ช่วงระหว่างของย่านกึ่งนำที่เพิ่มขึ้นจะกว้างขึ้น และค่าความจุน้อยลง แต่ถ้าให้ Reverse Bias มากเกินไปกับไดโอด จะทำให้รอยต่อของไดโอดทะลุเข้าสู่สภาวะพังทลายหรือ Break Down ก็จะเห็นว่าผลจากการให้ไบอัสหรือ แรงดันไดโอดจะส่งผลค่าความจุเปลี่ยนขึ้นได้ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันที่ให้กับไดโอดหรือวาล์วแรงดัน



รูปที่ 2.12 แสดงการให้ Reverse Bias แก่ไดโอดจะทำให้ย่านกึ่งนำที่เพิ่มขึ้นกว้างขึ้น และค่า C จะน้อยลง



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 2.13 แสดงค่าความจุแปรผันตามแรงดันแบบ Reverse Bias ที่ให้กับไดโอด หรือวาล์วแรงดัน จะเห็นว่าแรงดันมากขึ้นค่าความจุน้อยลง

ทฤษฎีและหลักการมอดูเลชัน

3.1 การมอดูเลชันสัญญาณเสียงแบบ FM กับวงจร VCO ซึ่งหลักการทำงานอย่างง่าย ๆ จะกล่าวถึงหลักการของ FM คือ การที่ทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์แปรเปลี่ยนไปตามระดับแรงดันและความถี่ของสัญญาณเสียงนั่นเอง โดยแยกหลักการทำงานดังนี้

ระดับแรงดันของสัญญาณเสียงหรือ Amplitued จะทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์ย้ายเบนหรือเปลี่ยนแปลงจากความถี่เดิมไปมากหรือน้อยแค่ไหนซึ่งเราเรียกว่าเกิดการ Deviation

ถ้า Amplitued ของสัญญาณเสียงมาก จะทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์ย้ายเบน หรือ Deviated ไปจากเดิมมากขึ้น และตรงกันข้าม ถ้า Amplitued ของสัญญาณเสียงต่ำจะทำให้เกิดความถี่ของพาห์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเล็กน้อย

ความถี่ของสัญญาณเสียง จะส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงทางความถี่ของคลื่นพาห์เร็วหรือช้าตามความถี่ของสัญญาณเสียง ซึ่งเรียกว่า Rate of Freq. Deviation

โดยทั่วไปการย้ายเบนของทางความถี่ของคลื่นพาห์หรือ Freq. Deviation ห้ามเกิน $\pm 5 \text{ KHz}$ เพราะจะทำให้เกิดการรบกวนกับความถี่ข้างเคียงเกิดขึ้น และขอบเขตการส่งสัญญาณจะเกินช่องแถบความถี่หรือ Band width (Bw) ที่กำหนดให้ตามกฎหมายของกรมไปรษณีย์

การหาช่องแถบความถี่ของการส่งระบบ FM จำเป็นต้องคำนวณโดยใช้ Bessel Function ประกอบ เพื่อหาจำนวนของแถบความถี่ข้างเคียง (Side Bands) โดยในขั้นแรกต้องหา Modulation Index ก่อน

$$\text{โดย MOD. Index} = \frac{\text{ความถี่ที่คลื่นพาห์ย้ายเบนไป}}{\text{ความถี่ของสัญญาณเสียง}} \\ = \frac{\text{Frequency Deviation}}{\text{Modulation Freq. (AF)}}$$

เมื่อได้ MOD. Index ให้นำไปเปรียบเทียบกับตารางเพื่อหาจำนวนไซด์แบนด์ในแต่ละค่าของความถี่คลื่นพาห์ และจะได้ค่าแถบความถี่โดยนำจำนวนไซด์แบนด์คูณกับความถี่ของสัญญาณเสียง

MOD. Index	จำนวนไซเคิลเบนในแต่ละ ความถี่ของคลื่นพาห์	แถบความถี่ (F = ความถี่ของคลื่นเสียง)
.5	2	4 * F
1.0	3	6 * F
2.0	4	8 * F
3.0	6	12 * F
4.0	7	14 * F
5.0	8	16 * F
6.0	9	18 * F
7.0	11	22 * F
8.0	12	24 * F
9.0	13	26 * F
10.0	14	28 * F
11.0	15	30 * F
12.0	16	32 * F
13.0	17	34 * F
14.0	18	36 * F
15.0	19	38 * F

ตัวอย่างเช่น ถ้านำสัญญาณเสียงความถี่ 5 KHz ไปทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์เบนไปจากเดิม 10 KHz (ขึ้นอยู่กับ Amplitude ของสัญญาณเสียง) จงหา MOD. Index จำนวน "ไซเคิลเบน" และแถบความถี่

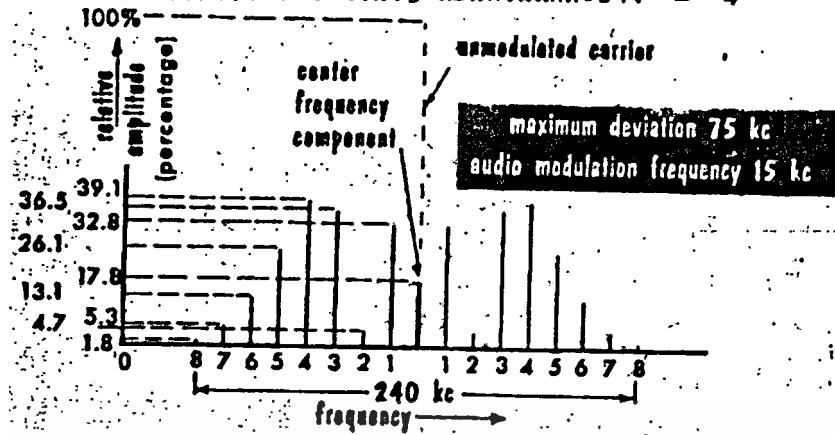
วิธีทำ

$$\text{MOD. Index} = \frac{\text{Freq. Deviation}}{\text{MOD. Index}}$$

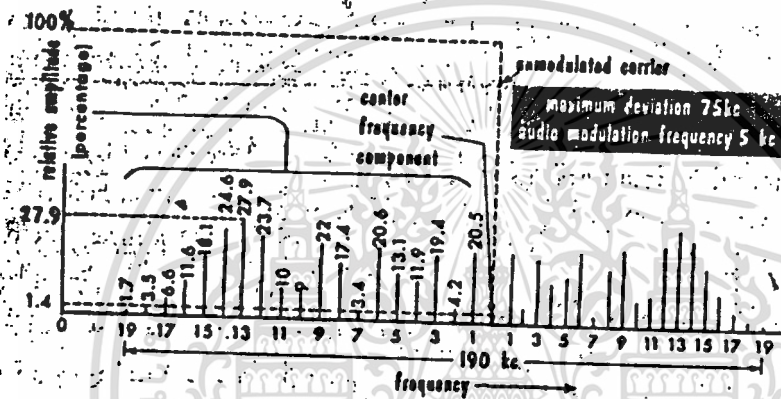
$$= \frac{10 \text{ KHz}}{5 \text{ KHz}} = 2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางจะได้จำนวนไซด์แบนด์ในแต่ละข้าง = 4



รูปที่ 3.4



รูปที่ 3.5

รูปที่ 3.4 แสดงค่า Freq. Deviation 75 KHz และความถี่ของสัญญาณเสียง 15 KHz

ได้ MOD. Index = 5, จำนวนไซด์แบนด์ = 8 และ

$$\begin{aligned} BW &= 16 * F \\ &= 16 * 15 \\ &= 240 \text{ KHz} \end{aligned}$$

รูปที่ 3.5 แสดงค่า Freq. Deviation 75 KHz และความถี่ของสัญญาณเสียง 5 KHz

จะได้ MOD. Index = 15 จำนวนไซด์แบนด์ = 19 และ

$$\begin{aligned} BW &= 38 * F \\ &= 38 * 5 \\ &= 190 \text{ KHz} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นแถบความถี่ในการส่งสัญญาณขึ้นอยู่กับ MOD. Index และแน่นอนต้องขึ้นอยู่กับตัวแปร คือ

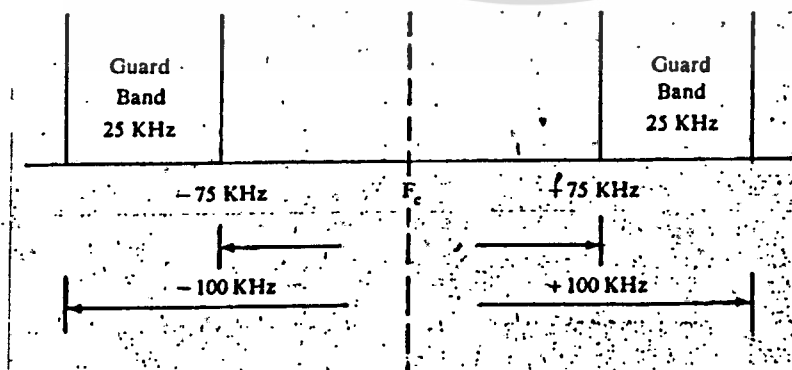
1. Amplitued ของสัญญาณเสียง
2. ความถี่ของสัญญาณเสียง

เพราะ Amplitued ของสัญญาณเสียง จะทำให้เกิด Freq. Deviation มากขึ้นเป็นผลให้ MOD. Index มากขึ้นและ BW กว้างขึ้น หรือในทางกลับกัน แต่ถ้ามความถี่ของสัญญาณเสียงนั้น ถ้ามากขึ้น MOD. Index จะลดลง BW ก็จะแคบลงหรือในทางกลับกัน

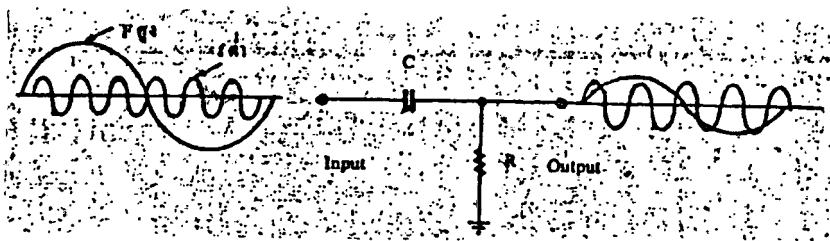
อย่างไรก็ตาม การกำหนด BW ยังขึ้นอยู่กับว่าถ้าใช้แค่แบนด์วิดท์สุดท้ายมีขนาดต่ำกว่า 1% ของ Unmodulated Carrier หรือขนาด Amplitude ของคลื่นพาห์ ในขณะที่ยังไม่ถูก MOD: แล้ว สามารถตัดทิ้งไปได้

โดยทั่วไปกำหนดให้ BW ของการส่งสัญญาณแบบ FM ของสถานีส่งไม่เกิน 200 KHz รวมทั้ง Guard Band ด้วย 25 KHz

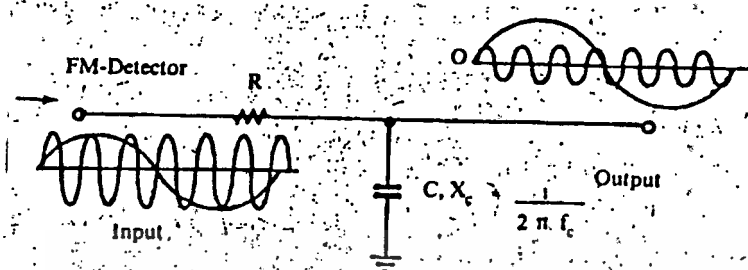
เนื่องจากว่าค่า Freq. Deviation ขึ้นอยู่กับความถี่และ Amplitude ของสัญญาณเสียง จะทำให้ยุ่งยากในการ MOD. สัญญาณ เพราะจะเปลืองพลังงานในส่ง และโดยทั่วไปความถี่ของสัญญาณเสียงจะแปรผันโดยตรงกับ Amplitued กล่าวคือ ถ้าความถี่ต่ำ Amplitude จะสูง ตรงกันข้ามกับความถี่สูง คือ จะมี Amplitude ต่ำ ดังนั้นในการส่งสัญญาณแบบ FM จะมีวงจรที่ทำให้มีระดับ Amplitude ทั้งของความถี่ต่ำและความถี่สูงใกล้เคียงกัน เพื่อให้ง่ายต่อการ MOD. และเราเรียกว่าวงจร " Pre-Emphasis " โดยใช้อัตราส่วนของตัวเก็บประจุช่วย เพราะมันมีค่าความต้านทานของตัวเองแปรผันกับความถี่ของสัญญาณเสียงใด ๆ



รูปที่ 3.6



รูปที่ 3.7



รูปที่ 3.8

ถ้าเราป้อนความถี่ต่ำผ่านเข้าไปทางอินพุต ค่า x_c จะมากขึ้นทำให้ขนาด Amplitude ลดลง ส่วนความถี่สูงจะผ่านคอนเดนเซอร์ไปทางเอาต์พุตได้มากขึ้นเพราะถูกต้านด้วย x_c น้อยกว่าความถี่ต่ำ และจะทำให้ขนาดของ Amplitude ของความถี่ต่ำและความถี่สูงใกล้เคียงกัน คือนำไป MOD. แบบ FM คือไปเราจะเรียกวางจรนี้ว่าวงจร Pre-Emphasis

แต่วางจรนี้มีลักษณะธรรมชาติ ทั้งนั้นในเครื่องรับหลังจากภาคแยกสัญญาณเสียงออกจากคลื่นพาห์หรือ Detector แล้วจะมีวงจรนำรูปสัญญาณให้กลับเข้าสู่ธรรมชาติของเสียงตามเดิม คือความถี่ต่ำจะมี Amplitude สูง แต่ความถี่สูง Amplitude สูง แต่ความถี่สูง Amplitude สูง แต่ความถี่สูง Amplitude ต่ำ ก่อนนำไปขยาย และเรียกวางจรนี้ว่าวงจร DE-Emphasis ตามรูปที่ 3.8

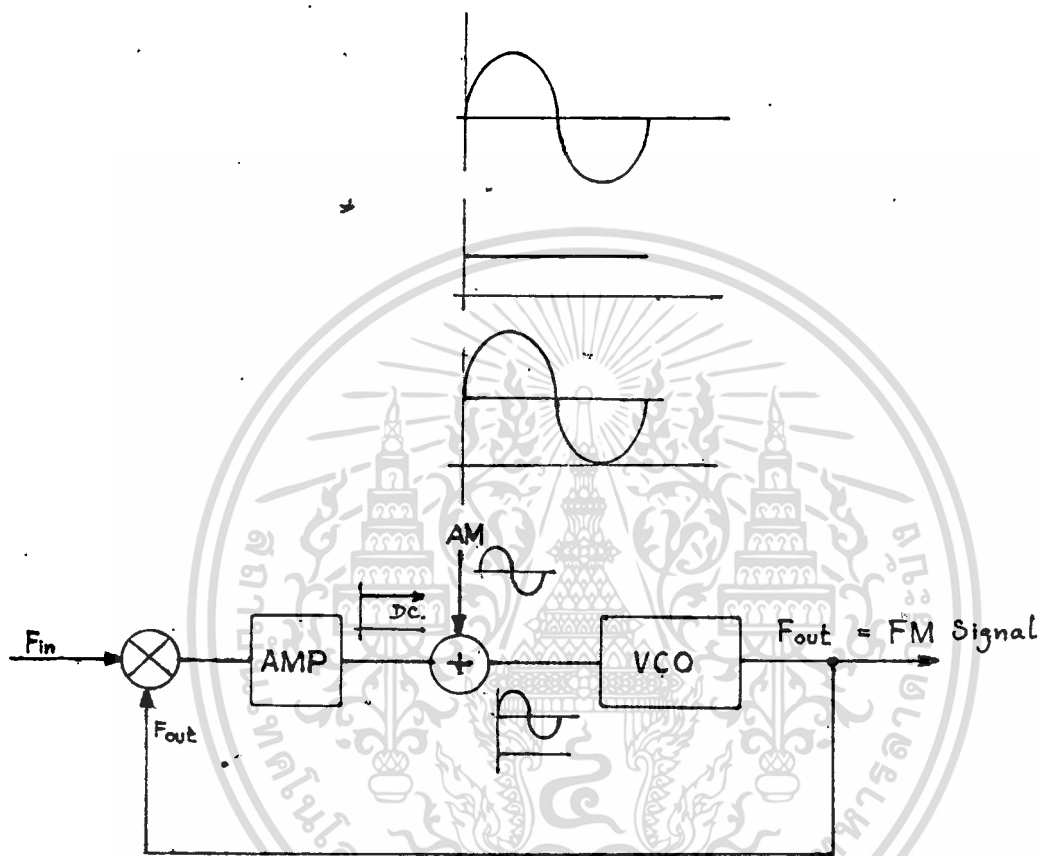
วงจร DE-Emphasis ก็เป็นวงจร RC Filter เช่นเดียวกัน แต่ตัวเก็บประจุจะต่อลงดิน ทั้งนั้นเมื่อความถี่สูงผ่านมาจะถูกกรองลงกราวด์มากขึ้นทำให้ Amplitude ออกไปทางข้างเอาต์พุตต่ำลง ส่วนความถี่ตรงกันข้าม

โดยทั่วไปวงจร DE-Emphasis จะอยู่หลังภาค FM-Detector ในระบบ FM-Mono Detector แต่ถ้าเป็น FM-Stereo จะอยู่หลังภาคมัลติเพล็กซ์เตอร์ หรือภาคแยกสัญญาณเสียงข้างซ้ายข้างขวา

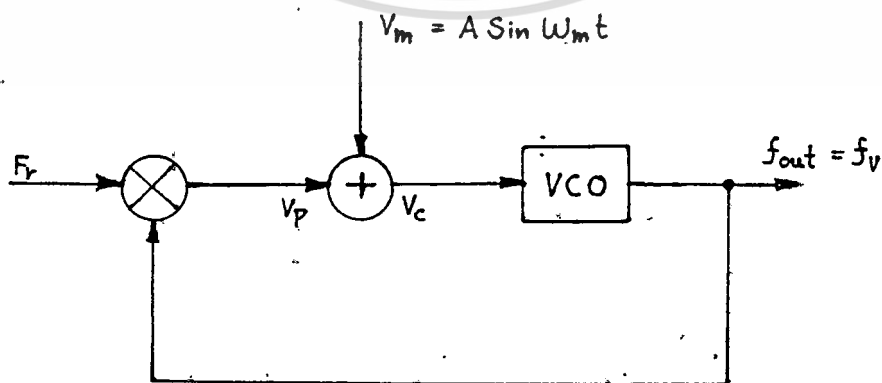
3.2 การ MOD สัญญาณเสียงกับวงจร VCO

โดยทั่วไปจากที่ได้อธิบายมาแล้วคือ วงจร VCO สามารถเปลี่ยนแปลงความถี่ตามระดับ DC ที่ป้อนเข้ามาหา มันและแสดงว่า VCO สามารถเปลี่ยนความถี่ตามระดับแรงดัน DC ที่ป้อนให้กับ VCO ในขณะเดียวกัน ถ้าเรานำสัญญาณเสียงรวมตัวกับ DC ที่ป้อนเข้าหาวงจร VCO สัญญาณเสียงจะถูกยกระกับตามระดับ DC ไม่ว่าการณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเรานำสัญญาณผลระหว่าง AF และ DC บ้อนไปยังวงจร VCO จะเห็นว่าระดับแรงดันควบคุมการถี่ความถี่ของ VCO หรือ DC นั้นเปลี่ยนแปลงตาม Amplitude และความถี่ของสัญญาณเสียงซึ่งทำให้ความถี่ของวงจร vco เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียงได้ ซึ่งเป็นหลักการ MOD. สัญญาณแบบ FM นั้นเอง



รูปที่ 3.9



รูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเรามาพิจารณาสมการทางคณิตศาสตร์ตามบล็อกโคแอสโมแกรมของรูปที่ 3.9 จะเห็นว่า

$$\begin{aligned} V_c &= V_p + V_m \\ &= \text{แรงดัน DC} + \text{แรงดัน AF} \end{aligned} \quad (1)$$

แต่

$$\begin{aligned} F_v &= F_{out} \\ &= F_o + K_v V_c \end{aligned}$$

จากสมการ (2) ใ้ข้อธิบายว่า f_v = Variable Freq. หรือความถี่ทางเอาต์พุต ที่เปลี่ยนแปลงไปทางเอาต์พุตแบบ FM นั้นขึ้นอยู่กับความถี่ทางเอาต์พุตที่คงที่ f_o บวกกับค่าคงที่ที่เปลี่ยนแปลงหรือ K_v ซึ่งคูณกับแรงดัน V_c ที่ป้อนเข้าไปยัง VCO

ถ้าเราสังเกตการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน DC ที่ได้จากกรเทียบเฟสซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเฟสของ f_r และ f_v จะได้ว่า

$$\frac{d V_p}{dt} = 2 K_p (f_r - f_v)$$

และ K_p คือค่าคงที่ในการเทียบเฟส

แต่ถ้าเมื่อ $f_o = f_r$ ซึ่งหมายความว่าวงจร PLL จะ Locked การหาค่าของ V_c โดยใช้สมการ Differential จะเป็น

$$\frac{d V_c}{dt} = 2 K_p K_v V_c = \frac{d V_m}{dt} \quad (4)$$

จะใ้ค่า V_c เป็น $V_c = A \exp(-2 K_p K_v t) + \frac{a \cdot W}{\text{SQR}[W_m^2 + (2 K_p K_v)^2]} \sin(W_m t + \phi)$

และ $\phi = \tan^{-1} \left(\frac{2 K_p K_v}{W_m} \right)$

= มุมเฟสหรือความถี่ที่เปลี่ยนแปลงในการ MOD.. แบบ FM or PM สมการต่าง ๆ

เหล่านี้เป็นการป้อนสัญญาณเสียงรูปไซน์ซึ่ง $V_m = A \sin W_m t$ ในภาวะการ MOD สัญญาณทั่วไป ค่าเทอมแรกคือ $A \exp(-2 K_p K_v t)$ สามารถตัดทิ้งได้เพราะอยู่ในรูปยกกำลังลบของ exp และนำค่า V_c ไปแทนในสมการ (2) จะใ้ค่า

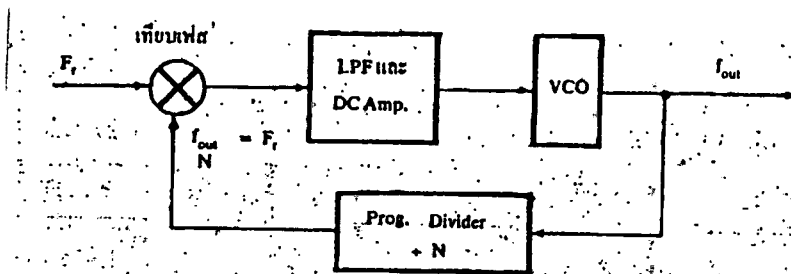
$$f_v = \frac{a K_v W_m}{\text{SQR}[W_m^2 + (2 K_p K_v)^2]} \sin(W_m t + \phi) + f_o \quad (5)$$

ซึ่งถ้า W หรือความถี่ของสัญญาณเสียงมีค่าน้อยกว่า $2 K_p K_v$ มาก ๆ

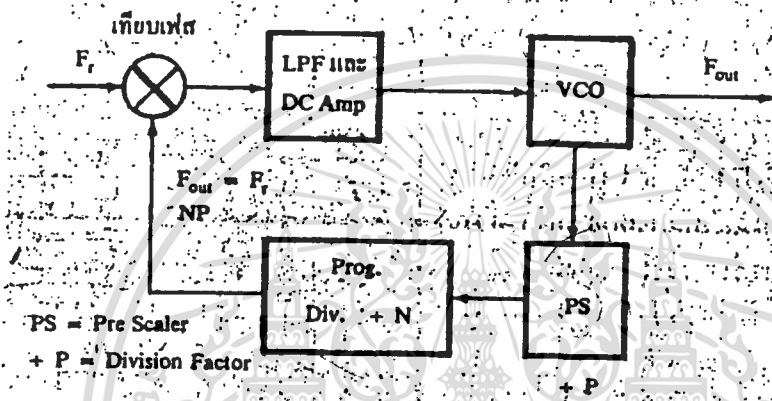
จะใ้ค่า $f_v = - \frac{a W_m}{2 K_p} \cos W_m t$ (6)

แต่ถ้า W มากกว่า $2 K_p K_v$ มาก ๆ จะใ้ค่า $f_v = a K_v \sin W_m t$ (7)

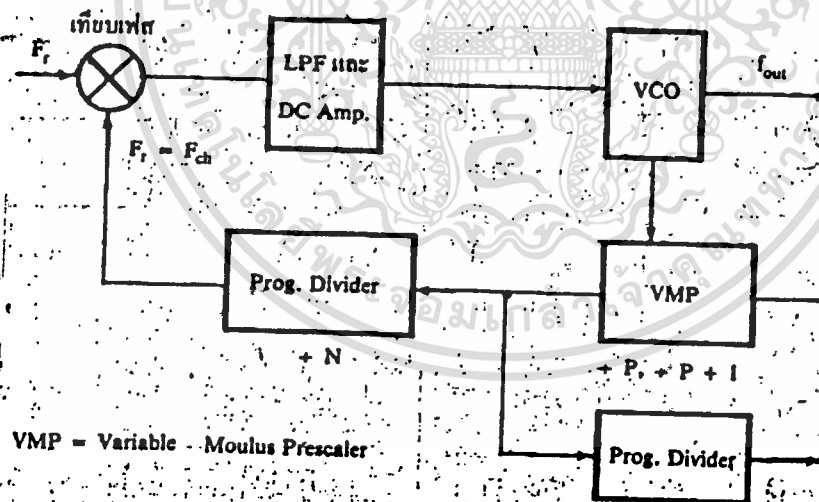
ซึ่งจาก (7) จะใ้ใช้งานสำหรับในกรณีของ Phase Modulator (PM) ส่วนสมการ (6) ใ้ใช้งาน



รูปที่ 3.11

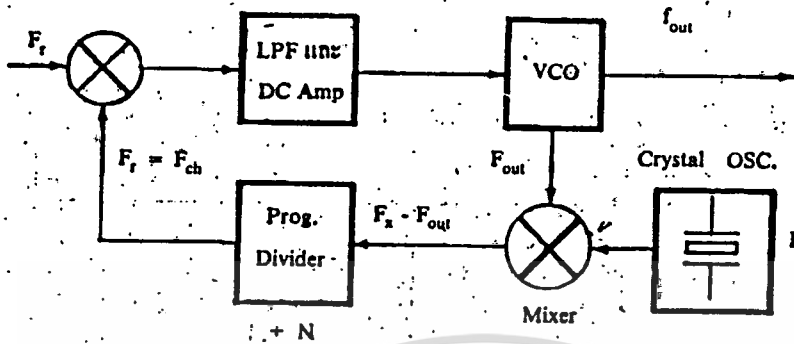


รูปที่ 3.12



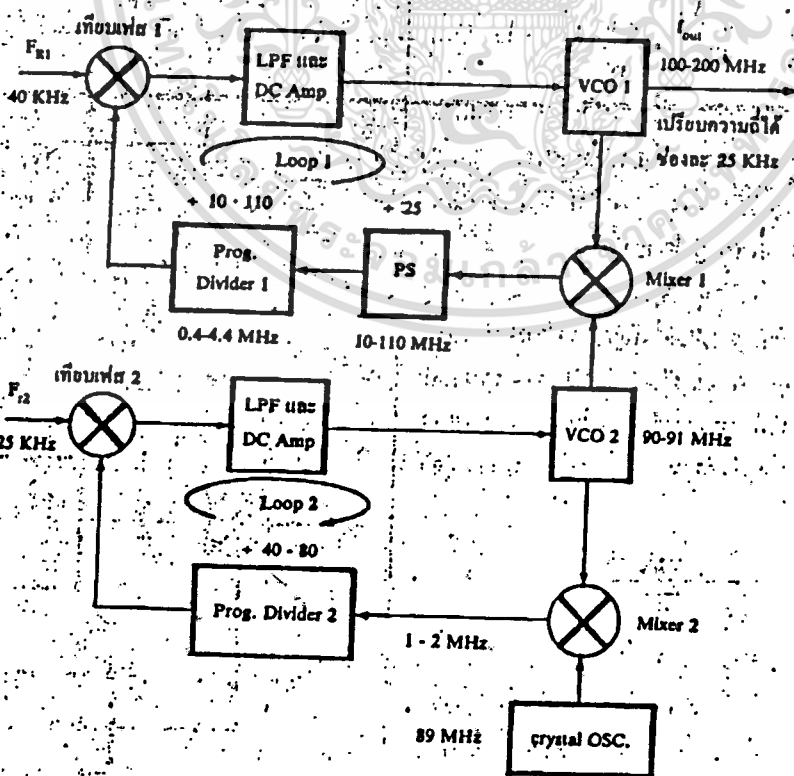
รูปที่ 3.13

ซึ่งจาก (7) จะใช้งานสำหรับในกรณีของ Phase Modulator (PM) ส่วนสมการ (6) ใช้งานในระบบ FM



รูปที่ 3.14

โดยทั่วไปการควบคุมให้ค่าคงที่ในการเปลี่ยนแปลงหรือ K_V ให้มีค่าคงที่นั้นยาก เนื่องจากค่า Modulation Sensitivity ของ VCO ส่วน K_p หรือค่าคงที่ในการเทียบเฟสจะคงที่มากถ้าใช้วงเทียบเฟสแบบ Digital ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันมากโดยทั่วไปการ MOD สัญญาณกับวงจร vco นิยมใช้หลักการของ PM ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับ FM นั่นเอง และนิยมการใช้สัญญาณเสียงในการ MOD ระหว่าง 0.2 ถึง 3 KHz นั่นเอง และค่า K_V, K_p อยู่ระหว่าง 10 ถึง 30 KHz



รูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร PLL สามารถแบ่งลักษณะการทำงานได้อีกหลายแบบ แต่โดยทั่วไปจะแบ่งการทำงานออกเป็นดังนี้

1. วงจร PLL หนึ่ง Loop หรือ One Loop freq. synthesizer
2. วงจร PLL โดยใช้การกำหนดให้หารด้วยจำนวน P ซึ่งคงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้ด้วยวงจร Prog. Divider (หาร N) ที่เปลี่ยนแปลงได้เพื่อกำหนดย่านความถี่ในการทำงาน
3. วงจร PLL โดยใช้วงจร VCO เข้าช่วยเพื่อตรวจสอบการหารจำนวนคู่หรือคี่ และสามารถเปลี่ยนความถี่ได้โดยใช้ Prog. Divider 2 ชุด เพื่อกำหนดย่านความถี่ในการทำงาน จะทำให้ความถี่ของย่านการทำงานตรงกับความถี่ของวงเปรียบเทียบ ($F_{CH} = F_r$)
4. วงจร PLL โดยใช้วงจรมิกเซอร์เข้าช่วย เพื่อลดขนาดความถี่ของ F_{out} และให้ง่ายประหยัดในการใช้วงจร Prog. Divider ดังที่ได้อธิบายมาแล้ว
5. วงจร PLL 2 Loop เพื่อผลิตความถี่ 100–200 MHz สามารถปรับค่าแต่ละช่วงความถี่หรือเซนแนลได้เซนแนลละ 25 KHz



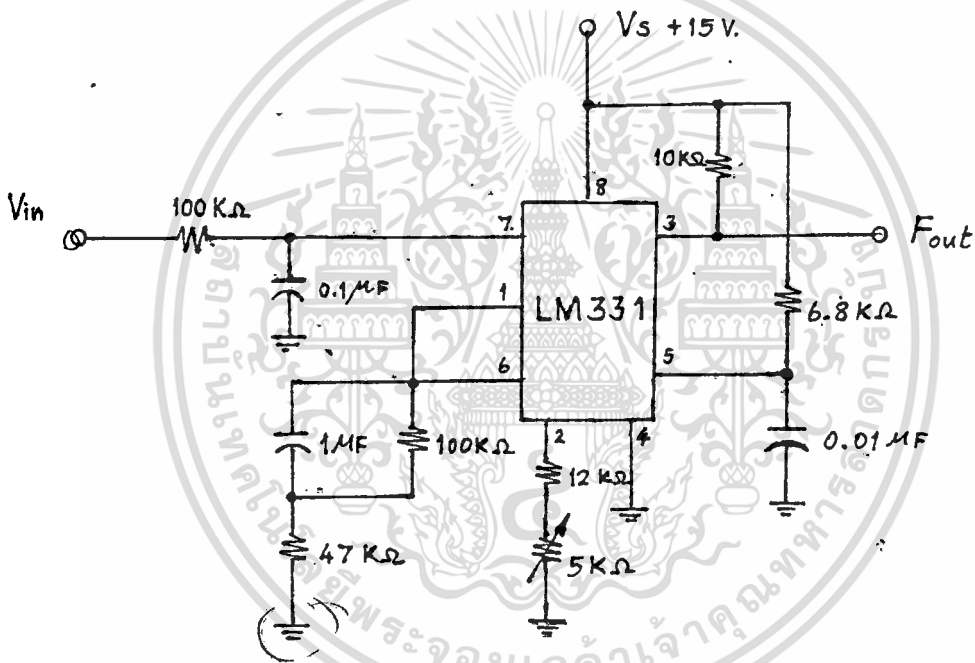
บทที่ 4

การเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่ และ

การเปลี่ยนความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

4.1 การเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่

เป็นวงจรที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกในรูปของ Voltage ให้เป็นสัญญาณ Digital ในรูปของความถี่ซึ่งความถี่ output จะเปลี่ยนแปลงตาม input voltage ถ้า input voltage มีค่าสูงขึ้นความถี่ output จะเปลี่ยนแปลงตาม input Voltage ก็จะสูงขึ้นไปด้วย เราสามารถนำเอาคุณสมบัติของ V-to-F นี้ไปใช้งานได้กว้างขวาง เช่น เราสามารถเปลี่ยนสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้เป็นสัญญาณความถี่เพื่อแสดงผลในรูปของตัวเลขดิจิทัลได้



รูปที่ 4.1 วงจรทำงานของ V-to-F

จากรูปวงจรที่ 4.1 เป็นวงจรทำงานของ V-to-F ที่ขา 2 จะมีความต้านทานเกือกราว 5K ต่ออนุกรมกับความต้านทาน 12K ค่าความต้านทาน 5K ที่ต่อไว้สำหรับปรับความถี่ของ output ในขณะที่ V_{in} คงที่ที่ค่าหนึ่ง ค่า R_s นี้เราเรียกว่า gain adjust

เมื่อเราป้อน V_{in} เข้าที่ขา 7 ซึ่งเป็น input comparator สำหรับเปรียบเทียบค่า Threshold ที่ขา 6 ถ้าค่า Threshold ต่ำกว่า input ของ comparator จะเป็น 1 ซึ่งจะ set ให้ output ของ R-S flip flop เป็น 1 ด้วยทำให้ Q_3 on output ที่ขา 3 จะเป็น low and Q_1 จะ off ซึ่งทำให้ R_1C_1 constant เริ่ม charge จนกระทั่งถึงสองในสามของ V_{cc}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้ time comparator มี output เป็น 0 ซึ่งเป็นการ reset ให้กับ R-S flip flop Q_3 ก็จะถูก off จะทำให้ output ที่ขา 3 เป็น high และ Q_1 จะเป็น on ซึ่งเป็นการ discharge C_t

ส่วน precision current reflector จะเป็นตัวจ่ายกระแสที่คงที่ออกที่ขา 1 ทำให้ C_L charge แบบ linear การที่กระแสคงที่ที่เกิดจากวงจรของ current pump โดยที่ขา 2 จะถูกรักษาระดับของ Voltage ให้คงที่ 1.9 โวลต์ตลอดถ้า voltage เปลี่ยนแปลงไปจาก 1.9 volt มันจะถูก feedback กลับไปเข้าที่ขา base ของ Q_2 ซึ่ง Q_2 นี้จะเป็นตัวควบคุมกระแสที่ไหลผ่าน R_s คงที่ซึ่งจะมีผลทำให้กระแสที่ไหลออกที่ขา 1 คงที่ด้วย

ส่วน current switch นั้นจะถูกควบคุมโดย R-S flip flop เช่นกันซึ่งจะส่งผลให้ C_L เกิดการ charge and discharge โดยเราจะใช้ความสัมพันธ์ของ V_{in} กับความถี่ output ดังนี้

$$F_{out} = \frac{V_{in} * R_s}{2.9 V * R_L * R_t C_t}$$

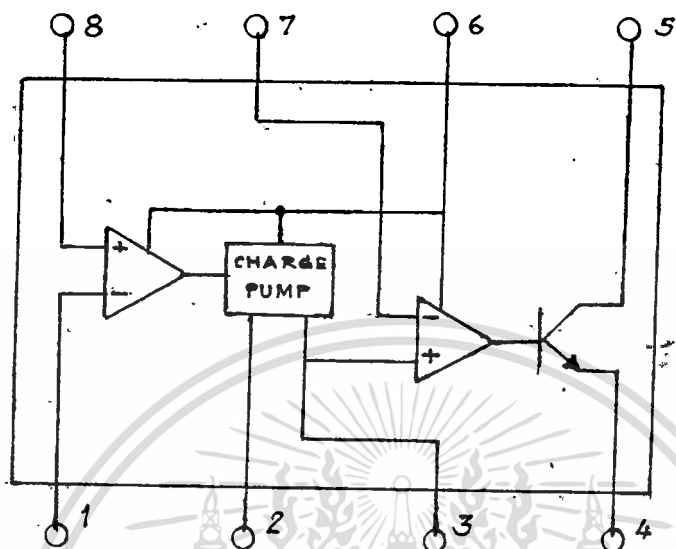
4.2 การเปลี่ยนความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Frequency to Voltage)

เป็นวงจรสำหรับเปลี่ยนความถี่เป็น Voltage ซึ่งเราสามารถนำหลักการนี้ไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้เช่น ใช้วัดความเร็วรอบ หรือ ใช้ควบคุมมอเตอร์ในการเปิดปิด

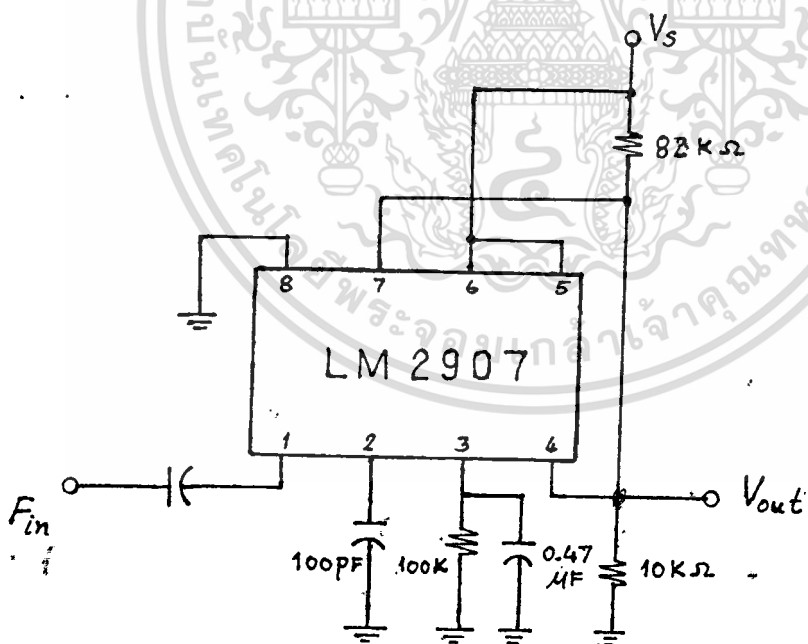
การทำงานของ F-to-V นั้นเราป้อนความถี่ input เข้าที่ขา 1 ซึ่งจะผ่าน op-amp ภายในตัว F-to-V เพื่อขยายสัญญาณแล้วส่งเข้าไปยังวงจร charge pump ในวงจรนี้จะสามารถเปลี่ยนจาก ac ให้เป็น dc โดยที่ C ที่อยู่ขา 2 จะเป็นตัว filter ส่วนที่ขา 3 จะมี R กับ C ต่ออยู่ซึ่งจะเป็นตัวจำกัด Ripple และ output ที่ได้ออกมาเป็น dc จะส่งไปยัง op-amp ซึ่ง op-amp จะเป็นตัวควบคุมการ on ของทรานซิสเตอร์ output อีกทีหนึ่ง ซึ่ง output ที่ได้จากขา 4 จะถูก feedback กลับไปเข้าที่ขา 7 อีกทีหนึ่ง ซึ่งเราจะหา V_{out} ได้จากสูตรต่อไปนี้

$$V_{out} = V_{cc} * f_{in} * C_1 * R_1 * K$$

โดยที่ $K = 1$



รูปที่ 4.2 วงจรการทำงานของ F-to-V



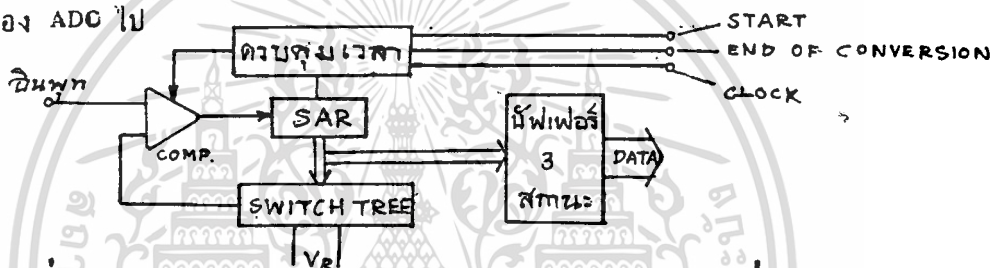
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และ
การเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

5.1 การเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog To Digital Conversion)

แบบชักเชสซีฟ แอ็พพร็อกซิเมชัน (Successive Approximation)

เทคนิคของชักเชสซีฟ แอ็พพร็อกซิเมชัน เป็นวิธีที่ใช้กันมากในการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ใช้หลักการเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อกที่อินพุตซึ่งไม่ทราบค่ากับเอาต์พุตจากชุด D/A คอนเวอร์เตอร์ที่อยู่ภายในโมดูลสัญญาณดิจิทัลอินพุตเป็นอนาล็อก มีค่าเท่ากับแรงดันอนาล็อกทางอินพุต แล่งกำเนิดสัญญาณควบคุมภายในจะจัดการดิจิทัลอินพุตของ DAC ให้กลายเป็นดิจิทัลเอาต์พุตของ ADC ไป



รูปที่ 5.1 แล่งบล็อกไดอาแกรมของ ชักเชสซีฟ แอ็พพร็อกซิเมชัน

ADC นี้มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ คอมพาราทอร์, และ SAE (SUCCESSIVE APPROXIMATION REGISTER) กระบวนการเริ่มแรกคือ การเคียร์ข้อมูลเริ่มต้นเป็นศูนย์ หลัก MSB ของ DAC (ซึ่งมีเอาต์พุตเป็นครึ่งหนึ่งของค่า Full Scale) จะถูกทำให้เป็น 1 ถ้าเอาต์พุต (ของ DAC) ยังน้อยกว่าอนาล็อก (ของ ADC) หลักต่อมาจะถูกทำให้เป็น 1 เรื่อยๆ จนกระทั่งเอาต์พุตของ DAC มากกว่าอนาล็อกอินพุต ซึ่งหลักใดที่ทำให้เอาต์พุตมากกว่าอินพุตหลักนั้นจะถูกทำให้เป็นศูนย์ แล้วจึงทำกระบวนการแบบเดิมจนถึง LSB

5.1.1 ข้อดีของ ชักเชสซีฟ แอ็พพร็อกซิเมชัน

1. ความเร็วสูง
2. เรสโวลูชันสูง
3. มีคอนเวอร์ชันไทม์ (Conversion Time) สูง ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดันอินพุต
4. การเปลี่ยนแปลงเอาต์พุตแต่ละครั้งไม่ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงก่อนหน้านี้ เพราะก่อนจะเริ่มการเปลี่ยนทุกครั้งจะมีการ เคียร์เอาต์พุตเป็นศูนย์เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าในรูปแบบใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ข้อจำกัด

1. ถ้าอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการคอนเวอร์ชันแล้วก็จติคอลเอาท์พุทจะตามอินพุทไม่ทัน
 2. สำหรับอินพุตที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจำเป็นต้องมีวงจรแซมเปิ้ลและโฮลด์ (Sample & Hold) ช่วยด้วย
 3. ความเที่ยงตรงและความรวดเร็วเบื้องต้นจะขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติของ DAC ถ้า DAC เป็นแบบ นอนโมโนโทนิค (Nonmonotonic) แล้วอาจให้รหัสเอาท์พุทที่มีผิดพลาดได้
- ตัวเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล มีประโยชน์ในการอินเทอร์เฟซสัญญาณอนาล็อกกับวงจรดิจิทัลหรือคอมพิวเตอร์ สิ่งที่ต้องพิจารณา คือ ความเที่ยงตรงและความเร็วที่ต้องการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งแบบที่เหมาะสมในการนำมาใช้งานคือ แบบซัคเซสซีฟแอฟหรือคิเมชัน, อินทีเกรติงและแบบพาราแรล (เพลซ)

ไอ.ซี. เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเบอร์ DAC 0809

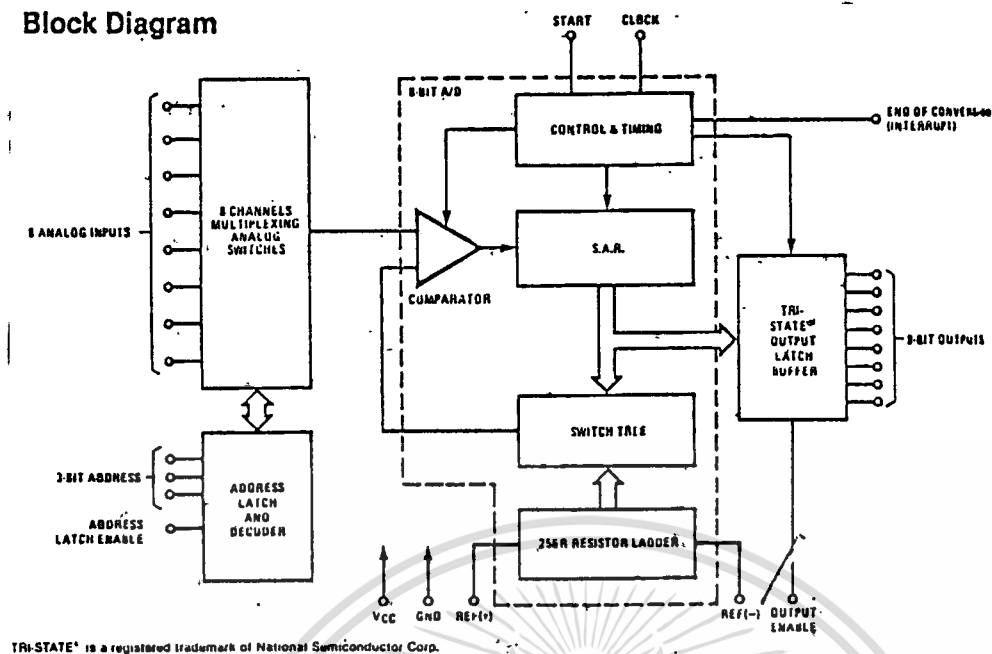
5.1.3 รายละเอียดทั่วไป

อุปกรณ์ทำตัวแอคควิสิชัน (Data Acquisition) เบอร์ DAC 0809 เป็นอุปกรณ์ประเภทโมโนลิธิคแบบซีมอส (Monolithic CMS) ที่เป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ 8 บิต ที่มีมัลติเพล็กซ์เซอร์แบบ 8 ช่อง (8 Channel multiplexer) และไมโครโปรเซสเซอร์ คอมแพททิเบิล คอนโทรล ลอจิก (Microprocessor Compatible Control Logic) รวมอยู่ในชิพเดียวกัน โดยส่วนที่เป็น A/D คอนเวอร์เตอร์นั้นใช้หลักการคอนเวอร์ชัน แบบซัคเซสซีฟ แอฟหรือคิเมชัน ซึ่งประกอบด้วย ตัวเปรียบเทียบแบบไฮอิมพีแดนซ์, 256 รีซิสเตอร์ (Hi-impedance, 256 resistor) โวลท์เทจดิไวเดอร์กับอนาล็อกสวิตช์ทรี (Analog Switch Tree) และ ซัคเซสซีฟ แอฟหรือคิเมชัน รีจิสเตอร์ สำหรับมัลติเพล็กซ์เซอร์ แบบ 8 ช่อง นั้นสามารถเลือกสัญญาณอินพุตแบบอนาล็อก อันใดอันหนึ่งใน 8 สัญญาณได้โดยตรงเพื่อมาทำการเปลี่ยนให้เป็นดิจิทัล

ADC เบอร์นี้ไม่จำเป็นต้องมีการปรับ ซีโร่ และ ฟูลสเกล (Zero and Full Scale) ภายนอกเลย และสามารถที่จะอินเทอร์เฟสกับไมโครโปรเซสเซอร์ได้ง่าย โดยวงจรแลทซ์, ดีโค้ด มัลติเพล็กซ์เซอร์ (Latch, decoder multiplexer) และวงจรแลทซ์ ทางเอาท์พุทซึ่งเป็นแบบไตรสเทท (Tri-State)

ADC 0809 ถูกออกแบบให้มีความสามารถสูงสุดรวบรวมข้อดีของเทคนิคการคอนเวอร์ชันหลายๆแบบ จึงมีความเร็วสูง, ความเที่ยงตรงสูง, ผลทางอุณหภูมิต่ำ และกินไฟต่ำด้วย ซึ่งข้อดีเหล่านี้ทำให้เหมาะที่จะนำไปใช้งานด้าน โปรเซส (Process) และแมชชีนคอนโทรล (Machine Control) ต่างๆ รวมทั้งการใช้งานด้าน อีเล็กทรอนิกส์ อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



รูป 5.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของ ADC 0809

5.1.4 รายละเอียดการทำงาน

มัลติเพล็กซ์เซอร์

ภายใน ADC 0809 จะมีวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ แบบ 8 ช่องทำหน้าที่ รับเอา สัญญาณอินพุตแบบอนาล็อก 8 สัญญาณ ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน เข้ามาทำการเลือกที่ละช่องโดยวงจรแอสเครส ทีโคคเตอร์(Address Decoder) เพื่อเอาสัญญาณไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล ดังแสดงใน ตารางที่ 5.1

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

ตารางที่ 5.1 แสดงสภาวะทางอินพุตของแอสเครสไลน์ในการเลือกช่อง

คอนเวอร์เตอร์

หัวใจการทำงานของระบบแปลงสัญญาณคือ คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งถูกออกแบบให้มีความเร็ว, ความเที่ยงตรง และความสามารถในการแปลงสัญญาณเข้าได้ ตลอดย่านกว้างของอุณหภูมิ

คอนเวอร์เตอร์ แบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- 1) 256 เลตเตอร์ เน็ทเวอร์ค (Ladder Network)
- 2) ซักเซสซีฟ แอพพร็อกซิเมชัน รีจิสเตอร์ (Successive Approximation Register)
- 3) คอมพาราเตอร์

256 เลตเตอร์ เน็ทเวอร์ค จะต่างจากเน็ทเวอร์คแบบ R/2R เลตเตอร์ทั่วไป เพราะว่าโมโนโทนิคิตี (Monotonicity) ภายในชิปนั้นได้รับการรับรองว่าให้รหัสดิจิทัลที่ไม่ผิดพลาด โมโนโทนิคิตี คือส่วนที่สำคัญในระบบ การคุมที่มีการป้อนกลับแบบลูปปิด ความสัมพันธ์แบบนอนโมโนโทนิค นั้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการออสซิลเลเตอร์ ในระบบได้ ดังนั้น 256R เน็ทเวอร์ค จึงไม่ทำให้เกิดโหลดวาริเอชัน (Load Variation) บนสัญญาณแรงดันอ้างอิง

ตัวต้านทานที่อยู่กลางสุดและบนสุดของเลตเตอร์ เน็ทเวอร์ค ในรูปที่ 5.3 นั้นจะมีค่าไม่เท่ากันกับตัวต้านทานส่วนที่เหลือในเน็ทเวอร์ค ซึ่งความแตกต่างอันนี้ทำให้เอาท์พุทชาแรคเตอร์ริสติก สมมาตรกันระหว่างจุดซีโรและฟูลสเกลของทรานส์เฟอร์ เคิร์ฟ (Transfer Curve)

ซักเซสซีฟ แอพพร็อกซิเมชัน รีจิสเตอร์ จะถูกรีเซ็ตที่ขอบบวก (Positive Edge) ของสตาร์ทคอนเวอร์ชันพัลส์ (Start Conversion Pulse: SC) และจะเริ่มการคอนเวอร์ชันที่ขอบล่างของสตาร์ท คอนเวอร์ชัน ชวนการคอนเวอร์ชัน จะถูกอินเทอร์รัพท์ทุกครั้งที่ได้รับสตาร์ทคอนเวอร์ชันพัลส์

การคอนเวอร์ชัน แบบต่อเนื่องอาจทำได้โดยการต่อขา EOC เข้ากับขา SC ซึ่งในโมดนี้ พัลส์ SC จากภายนอก จะถูกนำมาใช้หลังจากเพาเวอร์อัพแล้ว EOC จะเป็น "0" ระหว่างคล็อกพัลส์สูงที่ 0 และหลังจากขอบขึ้นของพัลส์ SC

ส่วนที่สำคัญที่สุดของ A/D คอนเวอร์เตอร์ คือ คอมพาราเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนท้ายสุดที่จะตอบสนองกับความเที่ยงตรงของ คอนเวอร์เตอร์ทั้งหมด นั้นกล่าวรวมถึง คอมพาราเตอร์คิฟที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อรีพีเทอริบิลิตี (Repeatability) ของอุปกรณ์ จึงเลือกใช้คอมพาราเตอร์แบบชอปเปอร์-สแตบิลไลซ์ คอมพาราเตอร์ (Chopper-Stabilized Comparator) ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด

ซอฟต์แวร์-สแตบิลไลซ์ คอมพาราเตอร์ จะทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟ ดี.ซี. ให้เป็น เอ.ซี. แล้วส่งผ่านสัญญาณนี้ไปยัง เอ.ซี. แอมป์ลิฟายซึ่งมีอัตราขยายสูงและมีการเก็บระดับ ดี.ซี. ไว้ด้วย เทคนิคอันนี้จะจำกัด ครีฟ คอมโพเนนต์(Drift Componen)ของแอมป์ลิฟายได้ เนื่องจากครีฟ เป็นส่วนประกอบของ ดี.ซี. ที่ไม่สามารถผ่าน เอ.ซี.แอมป์ลิฟายได้ จึงทำให้ คอนเวอร์เตอร์ ทั้งหมดไม่ว่าที่อุณหภูมิ,และต่อลงเทอมครีฟ(Long Term Drift)และต่อความคลาดเคลื่อนทางอินพุท

ADC 0809 ถูกออกแบบให้เป็นทาค้าแวลูสชันซิสเต็ม (DAS)ที่สมบูรณ์แบบสำหรับระบบการคอนเวอร์ชันแบบเรโซเมตริก(Ratiometric)ตัวแปรทางฟิสิกส์จะถูกวัดให้เป็นสัดส่วนของค่าพูลส์เกลซึ่งไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กับ แอบโซลูทสแตนดาร์ด(Absolute Standard)แรงดันที่เข้าไปยัง ADC 0809 จะถูกกำหนดโดยสมการ

$$V_{in}/(V_{fs}-V_z) = D_x/(D_{max}-D_{min})$$

V_{in} = แรงดันอินพุทที่ป้อนแก่ ADC 0809

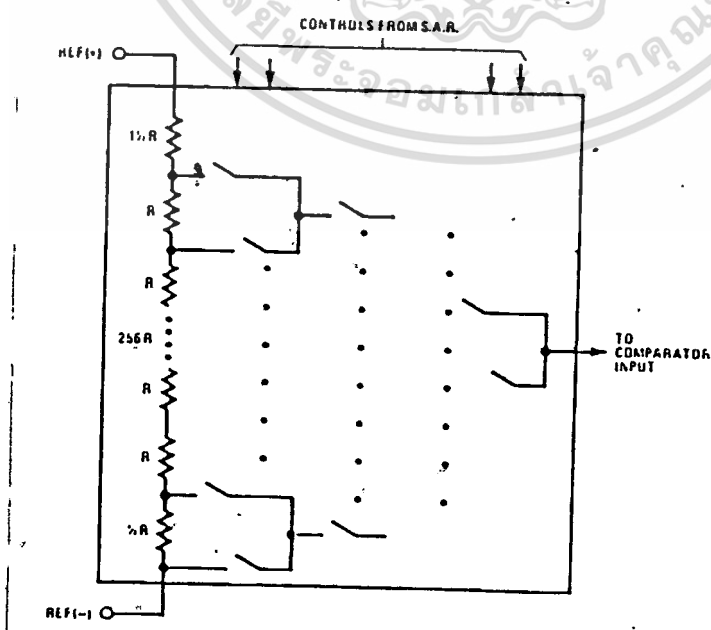
V_{fs} = แรงดันพูลส์เกลของ ADC 0809

V_z = แรงดันซีโรวูของ ADC 0809

D_x = ค่าข้อมูลทางดิจิทัลที่แปลงได้ของ ADC 0809

D_{max} = ค่าข้อมูลดิจิทัลสูงสุดที่สามารถจะแปลงได้ของ ADC 0809

D_{min} = ค่าข้อมูลดิจิทัลต่ำสุดที่สามารถจะแปลงได้ของ ADC 0809



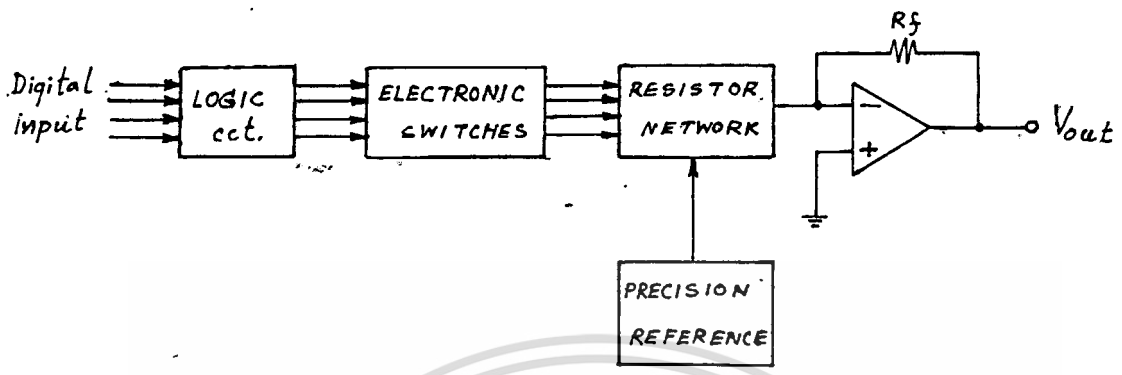
รูปที่ 5.3

แสดงรีซีตเตอร์และสวิตช์ที่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog Conversion)

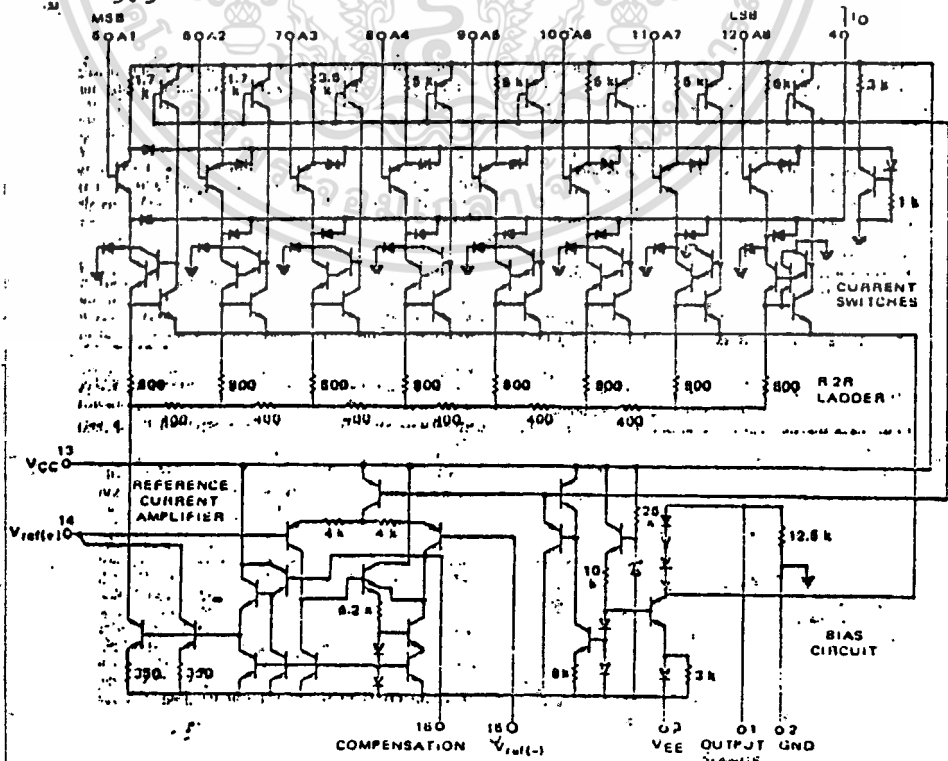
เมื่อต้องการแปลงสัญญาณอนาล็อกที่เป็นรหัสเลขไบนารีออกมาเป็นสัญญาณอนาล็อกที่มีขนาดสอดคล้องกับสัญญาณอนาล็อกทั้งกล่าว เราอาจใช้บล็อกโอะแกรมพื้นฐานดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงบล็อกโอะแกรมพื้นฐานการเปลี่ยนดิจิทัลเป็นอนาล็อก

วงจรลอจิกเซอริท จะทำหน้าที่ควบคุมสวิตช์เลือกกระแสกับโวลต์เตจหรือกระแสจากปริซิชั่นเรเฟอเรนซ์ (Precision Reference) ให้สอดคล้องกับสัญญาณอนาล็อกที่เป็นดิจิทัล เพื่อป้อนให้กับวงจรซีสเตอร์เน็ตเวอร์ค ได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณอนาล็อก

จากบล็อกโอะแกรม สามารถเปลี่ยนมาใช้ ไอ.ซี. เพียงตัวเดียวเบอร์ MC 1408 ซึ่งมีวงจรภายในดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แสดงวงจรภายในของไอ.ซี. เบอร์ MC 1408

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC. 1408 ประกอบด้วย วงจรขยายกระแสอ้างอิง และ R-2R แลคเกอร์ พร้อมทั้ง - สวิตช์กระแสความเร็วสูงทั้ง 8 ตัว การทำงานของสวิตช์เป็นแบบอินเวอร์ตติ้ง (Non Inverting) ทั้งนี้ค่าสภาวะสูงสุดของอินพุตในการนำกระแสจะเป็นตัวกำหนดกระแสเอาต์พุตรวม กระแสที่ใช้สวิตช์ ความเร็วสูง และเทอร์มินเนชัน แอมป์ปิลิฟาย จะประกอบด้วยแอสกีฟโฟลคเกน (

) ที่มีเกนเท่ากับ 1 คือแบบป้อนกลับ เทอร์มินเนชันแอมป์ปิลิฟาย (Termination Amplifier) จะยึดถือค่าพาราคิติก คาพาซิแตนซ์ (Parasitic Capacitance) ของแลคเกอร์ที่โวลต์คงที่ในขณะ สวิตช์ ทำให้เกิดโลว์อิมพีแดนซ์ (Low Impedance) ทุกชั่ว ในขณะที่ทุกขาของแลคเกอร์มีโวลต์ - เท่ากัน

R-2R LADDER แบ่งกระแสอ้างอิงออกเป็น Binary-related ซึ่งเป็นส่วนจ่าย กระแสแก่สวิตช์ กระแสนี้จะไหลลงกราวด์และค่ากระแสเอาต์พุตสูงสุดคือ 255/256 ของกระแส อ้างอิง (1.992 มิลลิแอมป์ สำหรับกระแสอ้างอิงคือ 2 มิลลิแอมป์)

ย่านแรงดันเอาต์พุต (Output Voltage Range)

แรงดันเอาต์พุต จะอยู่ในช่วง -0.55 ถึง +0.4 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับกระแสที่ใช้ในการสวิตช์ หากกระแสสวิตช์ที่ใช้ในการเทิร์นออฟ (turn off) ค่าแรงดัน - บวกที่ชั่วเอาต์พุตจะเทิร์นออน (turn on) ไปโวลต์เอาต์พุต

การต่อทรานซิสเตอร์แบบคาร์ลิ่งตัน เป็นวงจรพื้นฐานต่อผ่านไดโอดไปยังโฟลค เมื่อขา 1 ลงกราวด์ แรงดันลบนี้จะรักษาระดับการจ่ายกระแสค่าๆ ให่วงจรคาร์ลิ่งตันเกิดอิมพัลส์ - ระดับกระแสเอาต์พุตลง แรงดันเอาต์พุตเป็นลบของ เอ็ม.ซี. 1408 อาจจะขยายถึง -5.0 โวลต์ โดยเปิดวงจรที่ขา (1) แรงดันลบที่จ่ายให้ต้องมากกว่า -10 โวลต์ เมื่อใช้ค่ากระแสเต็มสเกล 1.992 มิลลิแอมป์ และความต้านทานโหลด 2.5 กิโลโห์ม ระหว่างเอาต์พุตกับกราวด์ จะรักษาระดับแรง - ดันเอาต์พุต 256 ระดับ ระหว่าง 0 ถึง -4.98 โวลต์ หากปล่อยขา (1) ปล่อยจะไม่มีผลต่อความเร็ว หรือกำลังสูญเสีย แม้ค่าความต้านทานโหลดที่เลือกใช้ในการเปลี่ยนเวลาสวิตช์ จะขึ้นกับแรงดัน - สวิตซ์ ค่าของโหลดมากถึง 500 โอห์มไม่มีผลใดๆ ทั้งสิ้น หากต้องการแรงดัน 0 ถึง -5 โวลต์ ต้อง - จ่ายแรงดันระหว่าง -5 ถึง -10 โวลต์ เข้าที่ขา (1)

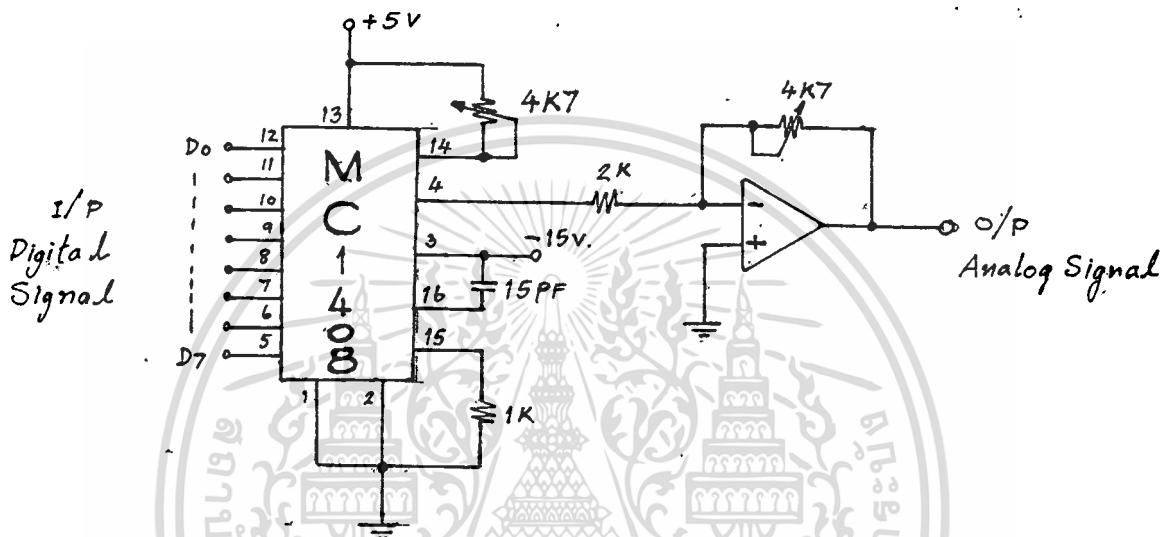
ย่านกระแสเอาต์พุต (Output Current Range)

กระแสเอาต์พุตสูงสุด 4.2 มิลลิแอมป์ อาจใช้สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันลบที่มากกว่า -8 โวลต์ ขึ้นกับแรงดันตกคร่อมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งความต้านทาน 350 โอห์ม ในวงจรขยายกระแสอ้างอิง

ความแม่นยำ(Accuracy)

ความแม่นยำแท้จริงที่วัดได้แต่ละระดับกระแสเอาต์พุต ขึ้นอยู่กับค่าเคอร์เร็นท์ดริฟต์-
(Current Drift) เต็มสเกล MC 1408/MC 1508 รับรองความแม่นยำ $\pm 0.5 \text{ LSB}$ ที่ 25 องศา
เซลเซียส ที่กระแสเอาต์พุตเต็มสเกล 1.992 มิลลิแอมป์

ตัวอย่างวงจรใช้งานเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก ดังรูปที่ 5.6 ซึ่งอนาล็อก
เอาต์พุตออกจากขา(4)แล้วมีศักย์เป็นลบ จึงนำมาผ่านวงจรอินเวอร์ตติ้งแอมป์ฟลาย โคไซ -
โอ.ซี.ฮอปแอมป์ 741 ก็จะได้อินพุตอนาล็อกเอาต์พุตออกเป็นบวก



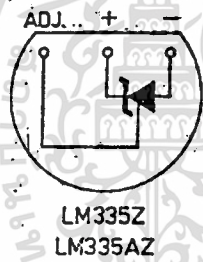
รูปที่ 5.6 แสดงการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกที่เป็นลบให้เป็นบวก

คุณสมบัติอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ

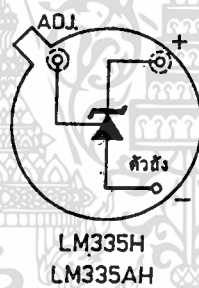
6.1 กล่าวนำ

มีวิธีการอยู่หลายวิธีในการวัดอุณหภูมิ เช่น การใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท แต่ก็มีข้อเสียอยู่คือ อ่านค่าอุณหภูมิได้ยาก และใช้วัดอุณหภูมิที่จุดห่างออกไปไม่ได้ หรือเทอร์โมมิเตอร์แบบหน้าปัดกลม ที่ใช้หลักการขยายตัวของโลหะต่างชนิดกันมาขดให้เป็นรูปก้นหอยนั้น สามารถใช้ได้สะดวก เหมาะสำหรับแขวนตามฝาผนัง แต่ก็มีข้อจำกัดทางด้านความเที่ยงตรงอยู่มาก ส่วนเทอร์โมมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น จะแสดงค่าอุณหภูมิออกมาเป็นตัวเลขอย่างเที่ยงตรง ถึงแม้จะทำการปรับค่าแล้วแต่ก็มีราคาสูงพอสมควร

ในเนื้อเรื่องนี้จะได้อธิบายถึงการใช้อุปกรณ์ชนิดพิเศษ ซึ่งได้พัฒนาโดยบริษัท เนชั่นแนล เซมิคอนดักเตอร์ ในการวัดอุณหภูมิได้อย่างเที่ยงตรง ลักษณะเอาต์พุตเป็นแรงดันสามารถป้อนเข้าสู่ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ เพื่อที่จะได้แสดงค่าอุณหภูมิออกมาเป็นตัวเลขได้



(ก)



(ข)

รูปที่ 6.1 (ก) ลักษณะรูปร่างและการต่อขาของ LM 335Z ในตัวถังพลาสติกแบบ TO-92 และรูป (ข) เป็นของ LM 335 ในตัวถังโลหะแบบ TO-46 เมื่อมองจากด้านล่าง LM335

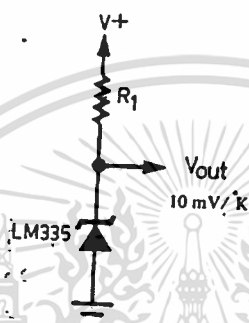
ไอซีเบอร์ LM 335 เป็นวงจรรณีเทรท เซอร์คิตซึ่งใช้ทำเป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ สำหรับใช้ในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ 0 องศาจนถึง บวก 100 องศาเซนส์เซียส โดยให้ผลีตออกมาอยู่ในตัวถังพลาสติกสี่ขา ซึ่งมีลักษณะการต่อขาทั้งรูปที่ 6.1 ก. และในตัวถังโลหะแบบ TO-46 ซึ่งมีลักษณะการต่อขาทั้งรูปที่ 6.1 ข.

LM 335 เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกเช่นเดียวกับไอซีเบอร์ LM 235 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาใช้งานอย่างเดียวกันในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ -25 องศา จนถึง บวก 100 องศาเซนส์เซียส ส่วนเบอร์ LM 135 ออกแบบมาสำหรับ ใช้ในทางทหาร โดยใช้งานได้ในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ -35 องศา จนถึง 150 องศา โดยที่ไอซี 2 เบอร์หลังนี้ มีค่าความคลาดเคลื่อนจากรายละเอียดทางเทคนิคน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ LM 335 ส่วนตัวห้อยท้าย " A" ตามหลังเช่น LM 335 A หมายความว่าทำการผลิตโดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับรายละเอียดทางเทคนิคมากกว่า อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ที่มีราคาถูกอย่างเบอร์ LM 335 ก็สามารถใช้ได้ทั้งในวงจรที่ใช้เบอร์ LM 335 A

โดยพื้นฐานแล้ว LM 335 ก็ทำงานเช่นเดียวกับซีเนอร์ไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 6.2 แรงดันพ่วงหลาย ซึ่งหมายถึงแรงดันเอาต์พุตจากวงจรนี้จะแปรโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยมีค่าเท่ากับ 10 มิลลิโวลต์ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลวิน ในย่านอุณหภูมิที่ออกแบบมาให้ใช้งาน



รูปที่ 6.2 วงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM 335

ค่าของตัวต้านทาน R_1 ในรูปที่ 6.2 จะเป็นตัวกำหนดค่าของกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ตัวนี้ แต่เนื่องจากค่าโหนดมีที่เด่นชัดที่กระแส 1 มิลลิแอมป์ จะมีค่าโดยปกติ 0.6 โอห์ม อุปกรณ์ตัวนี้จึงสามารถทำงานได้ในย่านกระแสตั้งแต่ 400 ไมโครแอมป์จนถึง 5 มิลลิแอมป์ โดยเสมือนว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวมันเลย ข้อที่น่าสังเกตก็คือค่ากระแสฟอร์เวิร์ดหรือกระแสรีเวิร์สสูงสุด ซึ่งไหลผ่านอุปกรณ์ตัวนี้อย่างปลอดภัย (แม้ว่าจะเป็นชั่วขณะ) ควรจะเป็น 10 มิลลิแอมป์ ถ้ากระแสสูงกว่านี้จะทำให้เกิดความเสียหายต่อไอซี

ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และที่กระแสรีเวิร์ส 1 มิลลิแอมป์ แรงดันเอาต์พุต จากวงจรในรูปที่ 6.2 จะมีค่าตามที่ออกแบบไว้เท่ากับ 2.98 โวลต์ (จาก $(273+25) \times 10^{-3}$) โดยมีข้อจำกัดทางแรงดันต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 2.92 โวลต์และ 3.04 โวลต์ตามลำดับ ค่าของ R_1 ที่ใช้สามารถคำนวณได้จากกระแสที่ไหลผ่านไอซีตัวนี้เท่ากับ 1 มิลลิแอมป์ โดยใช้สมการ

$$R_1 = \frac{V - V_{out}}{0.001}$$

โดยที่ V คือ แรงดันไฟเลี้ยงวงจรและ V_{out} คือแรงดันเอาต์พุตของไอซีนี้ ซึ่งค่า R_1 นี้ จะมีค่าประมาณ $(V-3)$ กิโลโอห์ม

2. เอาต์พุตที่เป็นเชิงเส้น

ประโยชน์ที่สำคัญของไอซี LM335 นี้ก็คือ จะให้เอาต์พุตที่เป็นเชิงเส้นซึ่งไม่เหมือนกับเอาต์พุตที่ได้จากตัวตรวจจับอุณหภูมิส่วนใหญ่ซึ่งเอาต์พุตจะไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ ซึ่งที่จริงแล้วถ้าเรานำเอาค่าแรงดันเอาต์พุตมาเขียนเป็นกราฟระหว่างค่าแรงดันกับอุณหภูมิตลอดย่านการทำงานของไอซีตัวนี้เมื่อลากเส้นกราฟไปตัดแกนอุณหภูมิที่ศูนย์องศาสัมบูรณ์ ค่าแรงดันเอาต์พุตที่อ่านได้จากกราฟจะเป็นศูนย์โวลต์เลยทีเดียว

แม้ว่าเอาต์พุตของ LM 335 จากวงจรในรูปที่ 6.2 จะอยู่ในข้อจำกัดที่กำหนดมาเราก็ควรจะมีการต่อขาสำหรับปรับแต่งความถูกต้องซึ่งมีอยู่ด้วย โดยการต่อตัวต้านทานปรับค่าได้เพียงตัวเดียวคือ LM 335 ทั้งแสดงในรูปที่ 6.3 ในการใช้งานให้ปรับค่า VR_1 ให้เอาต์พุตเท่ากับ 2.982 โวลต์ เมื่ออยู่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะให้เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้น ตลอดย่านอุณหภูมิใช้งาน

การปรับความถูกต้องของอุณหภูมิเพียงครั้งเดียว จะให้ความถูกต้องตลอดย่านอุณหภูมิที่ใช้งานนั้นก็เนื่องมาจากเอาต์พุตจะแปรผันโดยตรงอย่างเที่ยงตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยเอาต์พุตจะลดลงเป็นศูนย์โวลต์ที่อุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์ ดังนั้นการปรับค่าความลดชันที่อุณหภูมิค่าหนึ่งให้ถูกต้องจะทำให้เกิดความถูกต้องตลอดย่านอุณหภูมิ ซึ่งการปรับความถูกต้องจะทำให้ง่ายกว่าพวกอุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น ทั้งเช่นเทอร์โมคัปเปิล เป็นต้น

ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัว

เช่นเดียวกับระบบตรวจจับอุณหภูมิใด ๆ ก็ตาม ความร้อนใด ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ที่ตรวจจับจะมีผลต่อค่าอุณหภูมิของตัวมัน ตลอดจนค่าแรงดันเอาต์พุตที่เกิดขึ้น สำหรับ LM 335 นั้นควรจะให้ทำงานที่กระแสต่ำสุดซึ่งเพียงพอที่จะให้วงจรภายในไอซีทำงานได้ เมื่อคำนวณค่าของ R_1 จะยอมให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ค่อนข้างมากกับไอซี สำหรับที่กระแสเอาต์พุตใด ๆ โดยกระแสประมาณ 400 ไมโครแอมป์ จะเป็นกระแสต่ำสุดที่ไอซีนีจะทำงานได้เป็นปกติ

ถ้าตัวตรวจจับถูกใช้ในสถานที่ซึ่งค่าความต้านทานทางอุณหภูมิต่อสิ่งแวดล้อมนั้นคงที่ ค่าความผิดพลาดจากความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวเองสามารถที่จะปรับให้ถูกต้องได้ ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์นี้ทำงานด้วยกระแสต่ำที่โดยไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์จะแปรผันโดยตรงกับแรงดันซีเนอร์และอุณหภูมิสัมบูรณ์ ดังนั้นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากความร้อนในตัวเอง จะแปรผันโดยตรงกับค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ และความเป็นเชิงเส้นของสเกลอุณหภูมิที่รักษาไว้

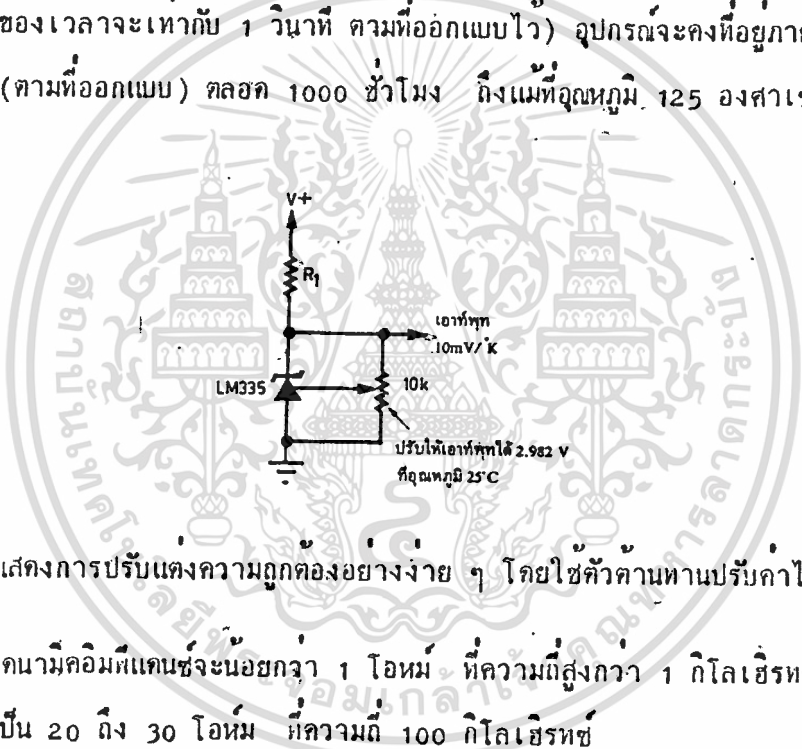
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แม้ว่าการแก้ไขทั้งนี้ ยังไม่หมดความจำเป็นก็ตาม แต่จำเป็นต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 คุณสมบัติเฉพาะตัว

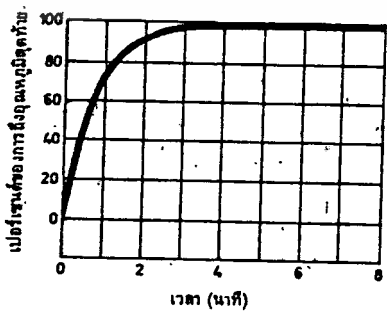
ในวงจรทั่ว ๆ ไปของ LM 335 ซึ่งไม่ได้ปรับค่าความถูกต้องไว้ ให้ทำงานที่กระแส 1 มิลลิแอมป์ ค่าความผิดพลาดเนื่องจากอุณหภูมิจะเท่ากับ 2 องศาเซลเซียส (สูงสุด 9 องศาเซลเซียส) ตลอดย่านการทำงาน เมื่อได้มีการปรับค่าความถูกต้องไว้ ค่าความผิดพลาดที่อุณหภูมิจำกัดไว้เป็น 2 องศาเซลเซียส ความไม่เป็นเชิงเส้นที่ค่ากระแส 1 มิลลิแอมป์จะเท่ากับ 0.3 องศาเซลเซียสตลอดย่าน

ในอากาศอุปกรณ์ตัวนี้ต้องใช้เวลาประมาณ 3 นาที ที่จะมีค่าอุณหภูมิถึงอุณหภูมิสุดท้าย หลังจากอุณหภูมิสุดท้าย หลังจากอุณหภูมิได้เปลี่ยนไป (ในรูปที่ 6.4) ค่าคงที่ของเวลาจะมีค่าตามที่ออกแบบไว้เท่ากับ 80 วินาทีในน้ำมันที่ความหนืดที่เคลื่อนที่ ค่าอุณหภูมิสุดท้ายจะถึงภายในเวลาประมาณ 3 วินาที (ค่าคงที่ของเวลาจะเท่ากับ 1 วินาที ตามที่ออกแบบไว้) อุปกรณ์จะคงที่อยู่ที่ภายในช่วง 0.2 องศาเซลเซียส (ตามที่ออกแบบ) ตลอด 1000 ชั่วโมง ถึงแม้ว่าอุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส



รูปที่ 6.3 แสดงการปรับแต่งความถูกต้องอย่างง่าย ๆ โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เพียงตัวเดียว

ค่าไดนามิกอิมพีแดนซ์จะน้อยกว่า 1 โอห์ม ที่ความถี่สูงกว่า 1 กิโลเฮิรตซ์ (ตามที่ออกแบบ) แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 20 ถึง 30 โอห์ม ที่ความถี่ 100 กิโลเฮิรตซ์



รูปที่ 6.4 เวลาการตอบสนองของ LM 335 ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

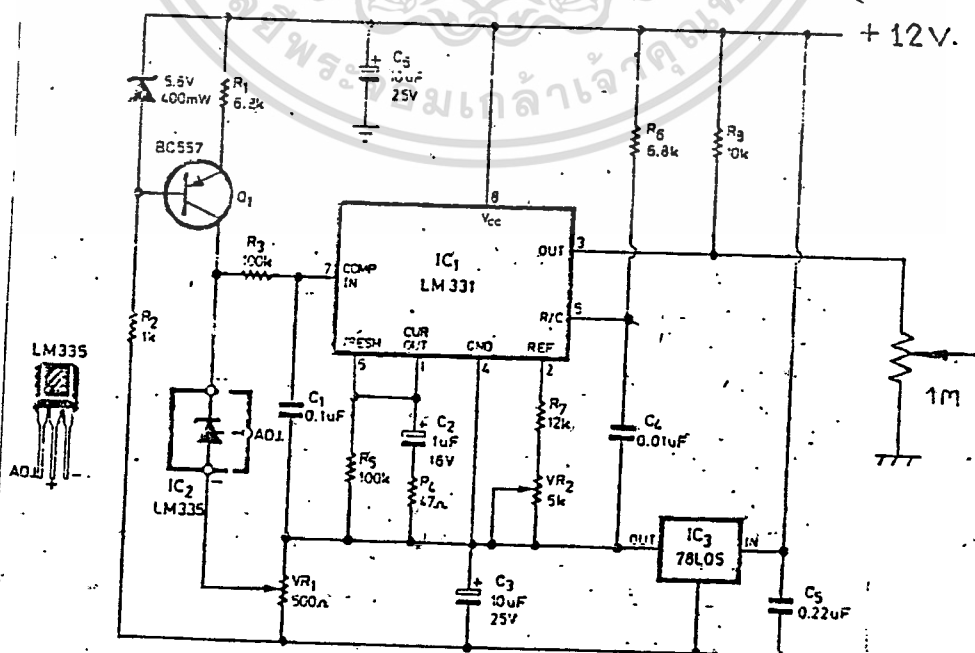
6.5 การประยุกต์ใช้งาน

บางครั้งเราอาจต้องการสร้างเครื่องวัดค่าอุณหภูมิออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัลหรืออาจนำไปใช้เป็นสัญญาณอินพุตเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหรือเป็นข้อมูลสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้วงจรอนาล็อกดิจิทัลคอนเวอร์เตอร์

วงจรนี้สามารถเปลี่ยนข้อมูลของอุณหภูมิเป็นค่าความถูกต้องในการแปลงสัญญาณสูงพอสมควร โดยที่วงจรนี้จะให้ค่าลิมิตประสิทธิผลเป็น 10 เซิร์ตซ์/องศาเซลเซียส โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3 เซิร์ตซ์ ตลอดช่วงอุณหภูมิจาก 5 ถึง 100 องศาเซลเซียส วงจรนี้เลือกใช้ตัววัดอุณหภูมิเป็นเซ็นเซอร์ไดโอดเทียม ซึ่งเป็นแบบที่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิรอบ ๆ ตัวมัน ไอซีเซ็นเซอร์ตัวนี้จะอยู่ในตัวถังแบบพลาสติก ส่วนขา ADJ ของไอซีตัวนี้ไม่ได้นำมาใช้ ค่าแรงดันที่ตกคร่อมเซ็นเซอร์ไดโอดจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์หน่วยเป็นองศาเคลวิน ทั้งสมการต่อไปนี้คือ

$$V_{LM335} = 10 \cdot T \text{ (mV)}$$

ดังนั้นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ค่าแรงดันที่ตกคร่อมจะมีค่าเท่ากับ 2 โวลต์ การเปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็นค่าความถี่ทำให้การแปลงข้อมูลสามารถให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปของหน่วยองศาเซลเซียส ค่าแรงดันอินพุต 2.73 โวลต์ สามารถหักล้างออกโดยการใช้อำนาจต้านเท่ากัน แต่เป็นค่าแรงดันลบจากภาคจ่ายไฟ เรามีเทคนิคเล็กน้อยมาแก้ปัญหานี้ได้ เร็วกว่าเลเซอร์ 5 โวลต์ คือ IC₃ ทำหน้าที่เป็นตัวจัดค่าแรงดันลิมิตเป็นระดับกราวด์ให้กับ IC₁ ค่าแรงดันที่อินพุตออฟเซตสามารถจัดโดยการปรับตัวคานทาน VR₁ อีกขั้วหนึ่งของ LM 335 จะถูกต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดกระแสซึ่งควบคุมโดย Q₁



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ รูปที่ 6.5 แสดงวงจร เปลี่ยนอุณหภูมิเป็นค่าความถี่

เอาที่พุดจาก LM331 เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมที่สวิตช์จากแรงดัน 5 โวลต์ (GND ของไอซี 1) และค่าแรงดันไฟเลี้ยงจากภาคจ่ายไฟ ทำให้เราสามารถสร้างแรงดันลัมพันต์ให้เท่ากับ 0 โวลต์ได้

การปรับแต่งวงจรนี้สามารถทำได้โดยการใช้ส่วนผสมของน้ำแข็งและน้ำ ซึ่งมีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จุ่มไอซี 2 ลงในสารผสมดังกล่าว ปรับตัวความต้านทาน VR_1 จนกระทั่งแรงดันที่ขาบวกของไอซี 2 และขา 4 ของไอซี 1 มีค่าเป็น 0 โวลต์ หลังจากนั้นให้ปรับจุดกึ่งกลางของสเกลโดยใช้น้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยการเปรียบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ที่เชื่อถือได้ (หรืออาจปรับที่ช่วงอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์สามารถอ่านค่าได้เที่ยงตรงที่ช่วงอุณหภูมินี้) ปรับตัวความต้านทาน VR_2 ให้ค่าความถี่จากเครื่องนับความถี่อ่านได้ 370 เฮิรตซ์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ค่าความถี่ที่ออกมาทางเอาต์พุตมีความสัมพันธ์อย่างถูกต้องกับอุณหภูมิต่าง ๆ มากที่สุด

ตัวความต้านทาน R_5 ถึง R_7 จึงควรเลือกใช้แบบเมทัลฟิล์ม และตัวเก็บประจุ C_4 ควรเลือกใช้แบบโพลีคาร์บอเนต ส่วน VR_1 และ VR_2 ควรใช้แบบเคอร์เมตเซลิคอลล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติอุปกรณ์ออฟโตคัปเปิลอร์

7.1 แนะนำ

อุปกรณ์คัปปลิงคือ ตัวเก็บประจุใช้การเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณส่งผ่านเป็นแบบที่ใช้งานที่สุดแต่การแยกส่วนหรือไอโซเลชัน (isolation) ค่าเหมาะสำหรับงานแรงดันต่ำทั่ว ๆ ไป สำหรับหม้อแปลงซึ่งใช้เส้นแรงแม่เหล็กเป็นตัวกลาง มีการไอโซเลชันดี แต่การออกแบบสร้างให้ได้อุปกรณ์ที่ต้องการทำได้ยาก และเมื่อใช้งานความถี่ต่ำ ๆ จะมีขนาดเทอะทะน้ำหนักมาก ต่อมาเมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้แสงเป็นตัวกลางขึ้นมาจนถึงปัจจุบันทำให้ได้ออฟโตคัปเปิลอร์ที่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการอาทิ

1. การไอโซเลชันสูงมาก
2. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอินพุต และเอาต์พุตเป็นเชิงเส้นดี
3. สามารถใช้ร่วมกับทรานซิสเตอร์, ออปแอมป์ หรือวงจรลอจิกได้
4. ความเร็วสูง (ใช้คัปปลิงสัญญาณความถี่สูงได้)
5. อายุการใช้งานยาวนาน
6. ทนต่อการกระทบกระเทือนได้ดี
7. อัตราการส่งผ่านกระแสสูง

ด้วยเหตุนี้ทำให้อุปกรณ์ออฟโตคัปเปิลอร์ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง

ออฟโตคัปเปิลอร์ใช้ลำแสงอินฟราเรด (หรือแสงที่มองเห็น) เป็นตัวกลางส่งผ่านสัญญาณจากวงจรส่วนหนึ่ง ไปยังวงจรอีกส่วนหนึ่งโดยไม่ต้องมีการเชื่อมโยงทางไฟฟ้า (เช่น กราวด์ร่วม) ถึงกันเลย บางครั้งจะเรียกอุปกรณ์พวกนี้ว่าโฟตอนคัปเปิลอร์ หรือออฟโตไดโอดเลเซอร์

ส่วนประกอบของออฟโตคัปเปิลอร์จะแบ่งสองส่วน ส่วนหนึ่งจะเป็นตัวกำเนิดแสงอินฟราเรดซึ่งสามารถใช้สัญญาณใด ๆ ควบคุมความเข้มของแสง (โดยหารควบคุมกระแสที่ผ่านตัวมัน) เป็นส่วนอินพุต อีกส่วนหนึ่งเป็นตัวตรวจจับหรือรับแสงเพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามความเข้มแสงที่ได้รับได้เป็นส่วนของตัวส่งจะเป็นหลอดไฟไส้ทั้งสุญญากาศ ซึ่งนอกจากจะต้องการการบำรุงรักษาและระมัดระวังในการใช้เพื่อป้องกันไม่ให้ไส้หลอดชากแล้ว ในขณะที่ใช้งานยังทำให้เกิดอุณหภูมิสูงอีกด้วยต่อมาหลอดไส้ดังกล่าวก็ถูกแทนที่โดยไดโอดเปล่งแสงหรือแอล.อี.ดี. แบบแกลเลียมอาร์เซไนด์ ซึ่งให้กำเนิดแสงใกล้ย่านอินฟราเรด

ในส่วนของตัวรับในปัจจุบันทำจากสารซิลิกอนที่ทำงานไ้รวดเร็วกว่าแบบเดิมที่ใช้แคด

เมียมซิลิโคท หรือแคดเมียมซิลิโคท ตัวตรวจจับแบบซิลิกอนดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของระโยชน์ด้านการค้าเอาไว้สำหรับใช้กับเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์สีและเครื่องรับสัญญาณวิทยุโทรทัศน์สี

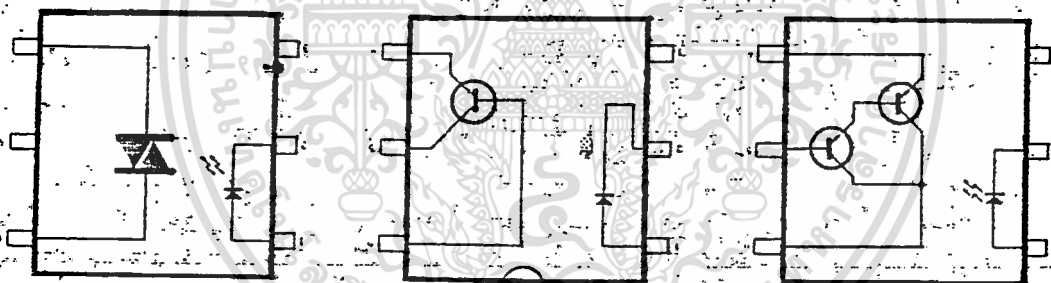
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟโตทรานซิสเตอร์, โฟโตคาร์ลิงตัน, ออฟโตทริกเกอร์, ไตรแอค หรือ FET ก็ได้เช่นกัน

ออฟโตคัปเปิลอร์ที่มีวางจำหน่ายจะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวส่งและตัวรับมากมายหลายชนิดแตกต่างกันออกไปในที่นี้จะยกตัวอย่าง เช่น เบอร์ 4N26, 4N28 และ MCT21 ซึ่งเอาท์พุทเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ตัวเดียว เบอร์ 4N33 ตัวรับเป็นโฟโตคาร์ลิงตัน เบอร์ 6N139 เป็นแบบ Split - Darlington ซึ่งไวต่อการสนองตอบมาก เบอร์ MCT6 เป็นออฟโตคัปเปิลอร์ในตัวเดียวกันและแบบ MOC 3020 ที่เอาท์พุทเป็นไตรแอคที่สามารถใช้ควบคุมไฟสลับ 220V ได้เลย ออฟโตคัปเปิลอร์เบอร์ดังกล่าวที่ยกมาบางแบบยังไม่มีจำหน่ายในเมืองไทย แต่ก็เชื่อว่าคงมีการสั่งเข้ามาจำหน่ายในไม่ช้า

7.2 รูปร่างภายนอก

ออฟโตคัปเปิลอร์ ส่วนใหญ่ที่มีจำหน่ายจะบรรจุอยู่ในตัวถังแบบดินตะขาบหรือ Dual in line สติคแบบไอซีทั่วไป แต่ก็มีบ้างเหมือนกันที่บรรจุลงในตัวถังโลหะกลมแบบ TO-9 ในแบบดินตะขาบ ส่วนของตัวส่งและตัวรับจะแยกออกทางซีกขาคนละข้างดังรูปที่ 5.1 ทั้งนี้เพื่อทำให้การไอโซเลชั่นระหว่างอินพุทและเอาท์พุทได้มากที่สุด



รูปที่ 7.1 ออฟโตคัปเปิลอร์แบบตัวถังดินตะขาบ

ข้อมูลคุณสมบัติ เฉพาะของออฟโตคัปเปิลอร์แต่ละเบอร์ที่บริษัทผู้ผลิตบอกมามีมากมายหลายอย่างทั้งที่อยู่ในรูปของกราฟและตัวเลข อย่างไรก็ตามข้อมูลที่มักจำเป็นและใช้มากในการออกแบบใช้งานได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 แต่เนื่องจากต้องการเพียงเพื่อการเปรียบเทียบ จึงไม่ได้ระบุเงื่อนไขการทดสอบของผู้ผลิตมาด้วย จากตารางจะเห็นว่าเบอร์ MOC -3020 จะมีข้อแตกต่างออกต่างหากจากเบอร์อื่น ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าในส่วนเอาท์พุทของมันเป็นไตรแอค ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าคุณสมบัติของมันย่อมต่างจากเบอร์อื่น ๆ ที่ใช้ทรานซิสเตอร์และคาร์ลิงตัน

7.3 การเลือกใช้งาน

ในฐานะพิเศษเช่นการควบคุมแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ผ่านโหลด ควรเลือกเบอร์พิเศษเช่น MOC -3020 เป็นดีที่สุด ซึ่งเบอร์นี้จะกล่าวแยกออกมาต่างหากภายหลังและกรณีที่ต้องการใช้งานจริงที่ต้องใช้ออฟโตคัปเปิลอร์สองชุดก็อาจใช้เบอร์ MCF -6 ซึ่งมีออฟโตคัปเปิลอร์ในสองชุดในตัว

ดังเดียวกัน เอาท์พุทเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ธรรมดา ตัวดังเป็นแบบคินตะขาว 16 ขา นอกจากนี้ ยังมีผู้ผลิตแบบสี่ขาคือในตัวดังเดียวกันออกจำหน่ายด้วยเช่นกัน แต่จะไม่นำมากล่าวในที่นี้

คราวนี้มาลองดูการเลือกใช้นิกเกีย ๗ ข้าง ส่วนใหญ่จะใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นเอาท์พุท ซึ่งอาจเป็นทรานซิสเตอร์ตัวเดียวหรือต่อแบบคารลิงตันก็ได้ โดยทั่วไปในงานที่ต้องการ ความเร็วในการสวิตซ์สูง ๆ จะนิยมใช้นิกเกียโฟโตทรานซิสเตอร์ตัวเดียวทั้งนี้เนื่องมาจากมันสามารถ ไลต์แอสัญญาณอินพุทสูงถึง 100 กิโลเฮิร์ต ดูตารางที่ 1

Device type	4N26	4N28	MCT2	MCT6 (dual)	4N33	6N139	MOC-3020
Output device	Phototransistor(s)			Darlington		Triac	
GTR (%) Min.	20	10	-	5	400	-	-
Typ	50	30	-	50	500	-	-
Isolation (kV) (Min.)	1.5	0.5	1.5	(0.5 between channels)	1.5	3	7.5 (max. 5 sec)
Isolation resistance (Typ.) (ohm)	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹²	-
Isolation capacitance at 1MHz (pF)	1.3	1.3	0.5	0.5	0.8	0.6	-
Max. emitter current (mA)	80	80	60	60 per emitter	80	20	50
Typ. emitter voltage at 50mA	1.2	1.2	-	-	1.2	1.5 (at 1.6mA)	-
Max. reverse input voltage (V)	3	3	3	3	5	5	3
Input capacitance (pF)	150	150	250	-	150	-	-
Max. power (mW) Total	250	250	250	400	250	-	300
Input	150	150	200	100	150	35	-
Output	150	150	200	150	150	100	-
Output transistor:							
3V _{CEO} (Min)	30	30	85	85	30	-	-
8V _{CEO} (Min)	70	70	165	-	50	-	-
8V _{CEO} (Min)	7	7	14	13	5	-	-
I _{FE} (Typ.)	250	250	60	-	5000	-	-
I _{CEO} (mA) (Typ.)	50	100	50	-	100	1000	-
V _{CE(SAT)} (Typ.)	0.2	0.2	0.24	0.24	1.0	-	-
Typ. I _C for I _F = 10mA	5	3	-	-	-	-	-
Typ. bandwidth (kHz)	300	300	150	150	30	-	-

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบออปโตคัปเปิลส์แบบต่าง ๆ

หากโฟโตคาร์ลิงตันจะให้อัตราขยายสูงกว่าแค่แบบคิววิท (หรือความถี่สูงสุดที่ใช้งาน ได้) จะต่ำกว่าพวกโฟโตทรานซิสเตอร์ในระดับสัญญาณที่เท่ากัน ราคาจำหน่ายของออปโตคัปเปิลส์ แบบใช้โฟโตคาร์ลิงตันจะสูงกว่าแบบใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

ความปกติของออปโตคัปเปิลส์แบบตัวเดียวเขาเซสของโฟโตทรานซิสเตอร์ จะแยกออกที่ ขาของตัวดัง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงให้เหมาะกับความต้องการ เช่นสามารถทำให้สนอง ตอบความถี่ได้เพิ่มขึ้นโดยการลดอัตราขยายลง ออปโตคัปเปิลส์แบบใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ จะทำงาน ที่ความถี่สูงเมื่อเอาท์พุทเป็นโฟโตไดโอดโดยเอาขาเบสและคอลเล็คเตอร์ต่อเข้าด้วยกัน แต่ก็จะทำให้ อัตราขยายลดลงไปมากทีเดียว กล่าวคือถ้าต้องการให้กระแสเอาท์พุทไหลเพียงเล็กน้อยก็ต้องให้กระแส อินพุทมีค่าสูง ๆ ค่าตัวอย่างในกรณีคือมีอัตราส่วนของการส่งผ่านสัญญาณในรูปกระแส (Current transfer ratio) ค่าเพียง 0.1%

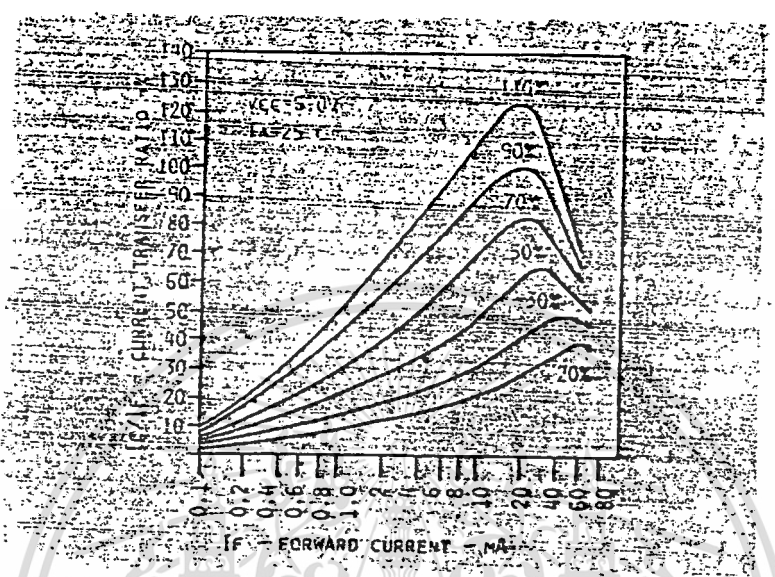
จากตารางที่ 1 จะสังเกตว่าออฟโตคัปเปอเรเตอร์แบบที่ใช้โฟโตคาร์ลิงตัน นอกจากมีข้อจำกัดในด้านความเร็วใช้งานแล้ว ยังมีแรงดันอิ่มตัวของเอาต์พุต ($V_{CE} (SAT)$) สูงกว่าแบบโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งคุณสมบัตินี้จะต้องนำไปพิจารณาในงานด้านสวิตซ์ซึ่ง คราวนี้ลองมาทำความเข้าใจคุณสมบัติต่าง ๆ ที่แสดงในตารางที่ 1 เราไม่จำเป็นต้องพิจารณาลักษณะทางแสงภายในตั้งแต่ประการใด ออฟโตคัปเปอเรเตอร์ส่วนใหญ่จะอยู่ในตังถังปิดมิดชิดตลอด แต่ก็บางแบบที่ทำช่องว่างไว้ระหว่างตัวส่งตัวรับ โดยให้แสงวิ่งผ่านอากาศภายนอก มักเรียกชื่ออุปกรณ์ทั้งกล่าวว่าออฟโตอินเทอร์รัพเตอร์ (opto-interrubter) ช่องว่างที่จัดไว้เพื่อให้สามารถใช้วัสดุทึบแสงมาเปิด ปิดแสงหรือควบคุมเวลาในการจุดระเบิดเครื่องยนต์ เป็นต้น

คุณสมบัติสำคัญประการหนึ่งของออฟโตคัปเปอเรเตอร์คือ อัตราส่วนของการส่งผ่านกระแส (Current transfer ratio, c.t.r.) เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสเอาต์พุตต่อกระแสอินพุตภายใต้เงื่อนไขการทดสอบของผู้ผลิต ปกติจะบอกในรูปของเปอร์เซ็นต์ซึ่งเราอาจจะเรียกว่าเป็นอัตราขยายของมันก็ได้ แต่สังเกตว่าออฟโตคัปเปอเรเตอร์ที่เอาต์พุตเป็นไตรแอดจะมีค่า c.t.t. ปรากฏอยู่ด้วย

จากตารางที่ 1 ค่าตัวอย่างของอัตราขยาย (c.t.r.) ของออฟโตคัปเปอเรเตอร์ที่ใช้โฟโตทรานซิสเตอร์จะอยู่ในช่วง 50% ซึ่งหมายความว่ากระแสคอลเลคเตอร์เอาต์พุตจะประมาณครึ่งหนึ่งของกระแสทางด้านอินพุตที่ผ่าน แอล.อี.ดี. แต่โดยทั่วไปค่าอัตราขยายกระแสต่ำสุดที่ระบุมาจะต่ำกว่าค่าตัวอย่างที่ยกมาในออฟโตคัปเปอเรเตอร์แต่ละชนิดเดียว ออฟโตคัปเปอเรเตอร์ที่ออกแบบอย่างพิเศษจะใช้ท่อนำแสงสี่เหลี่ยม เป็นตัวกลางส่งผ่านโฟตอนจากตัวส่งไปยังตัวรับ ซึ่งทำให้หลีกเลี่ยงการสูญเสียของพลังงานสัญญาณไปไม่ทัน ผลก็คือ ทำให้อัตราส่วนของการส่งผ่าน (c.t.r.) ลดลงไปบ้าง แต่ก็ไม่สามารถจะพาให้แนวโน้มไปในกรณีที่มีความแตกต่างระหว่างอินพุตและเอาต์พุตที่สูงมากกกว่า

ข้อบกพร่องประการหนึ่งของออฟโตคัปเปอเรเตอร์คือ ค่าอัตราขยายกระแสของมันจะไม่คงที่แต่จะแปรตามกระแสผ่านไดโอดอินพุต และอุณหภูมิของตัวมันในรูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างการแปรปรวนของอัตราขยายของออฟโตคัปเปอเรเตอร์เบอร์ MCT2. (เอาต์พุตเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์) ซึ่งขึ้นอยู่กับกระแสอินพุต เส้นกราฟแต่ละเส้น ๆ เป็นของ MCT-2 แต่ละตัวที่มีอัตราขยายของโฟโตทรานซิสเตอร์, ประสิทธิภาพของตัวส่งและประสิทธิภาพของการคัปเปอเรเตอร์ต่างกัน จำนวนเปอร์เซ็นต์ที่ปรากฏบนเส้นกราฟเทียบกับกระแสอินพุต 10 มิลลิแอมป์

ตัวอย่างการแปรปรวนของค่าอัตราขยายกระแสต่ออุณหภูมิเช่นเบอร์ 4N26 หรือ 4N28 จะสามารถเปลี่ยนไปได้ในช่วง 2.5 ระหว่างอุณหภูมิใช้งานต่ำสุดและสูงสุดในขณะที่แบบใช้โฟโตการลิ่งตันสามารถแปรปรวนไปเกือบ 2 เท่าของค่าดังกล่าวในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งค่าดังกล่าวนี้ค่านี้จึงดีสำหรับการใช้งาน



รูปที่ 7.2 แสดงการแปรปรวนของอัตราขยายกระแส IC/IF

ของออฟโตคัปเปลอร์ตามกระแสอินพุต

7.4 การแยกส่วน (Isolation)

การแยกส่วนหรือไอโซเลชันระหว่างเอาต์พุตและอินพุตของออฟโตคัปเปลอร์มักจะบอกมาในรูปของความต้านทานสูงที่สุดระหว่างอินพุตเอาต์พุต หมายถึงว่าจะสามารถไอโซเลตได้ว่าออฟโตคัปเปลอร์ที่ใช้ทั่ว ๆ ไป จะมีการแยกส่วน อยู่ในช่วง 500-8,000 โวลท์ ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์นั้น ๆ แต่ก็มีบางเบอร์ที่ออกแบบเป็นพิเศษให้ใช้ที่สูงกว่านี้หรือถ้าบอกในรูปของความต้านทานก็อาจสูงถึง $10^{11} - 10^{12}$ โอห์มแม้ว่าจะถูกค่อนข้างสูงมาก แต่ถ้าให้ตกต่ำสูง เป็นกิโลโวลท์คร่อมตัวมันจะทำให้เกิดกระแสไหลจากอินพุตไปยังเอาต์พุตได้ถึง 100 นาโนแอมป์ ซึ่งนับว่าสูงทีเดียวเมื่อเทียบกับกระแสเอาต์พุตของออฟโตคัปเปลอร์ที่มีอัตราขยายสูง ๆ เมื่อมีกระแสอินพุตไหลผ่านค่ากว่า 1 - มิลลิแอมป์

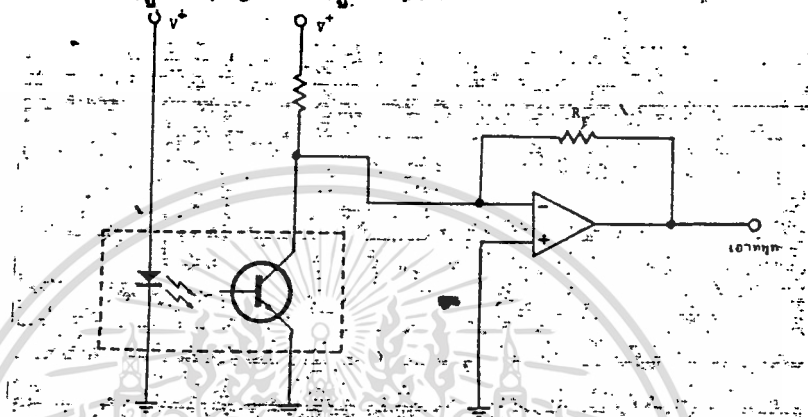
ในกรณีออฟโตคัปเปลอร์เสียหาย จากการใช้แรงดันตกคร่อมตัวมันเกินกำหนดที่สังเกตได้ คือ จะเกิดลัดวงจรระหว่างตัวส่งและตัวรับ ปัญหาดังกล่าวอาจทำให้ลดลงได้ด้วยการใส่ตัวต้านทานจำกัดกระแส หรืออุปกรณ์ป้องกันอื่นทั้งทางค่านเอาต์พุตและอินพุต

ค่าสแตตีสติกส์ค่าพาซีแต้นระหว่างเอาต์พุตและอินพุตของออฟโตคัปเปลอร์จะมีค่าอยู่ราว ๆ 1 PF (ดูตามตารางที่ 1) ซึ่งอาจมีปัญหาหรือไม่เป็นที่ต้องการในการนำไปใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูง ๆ อีกทั้งก็ไม่มีเหตุผลที่ชัดเจนนัก และต้องยอมรับว่าค่าเหล่านี้เป็นค่าที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณ

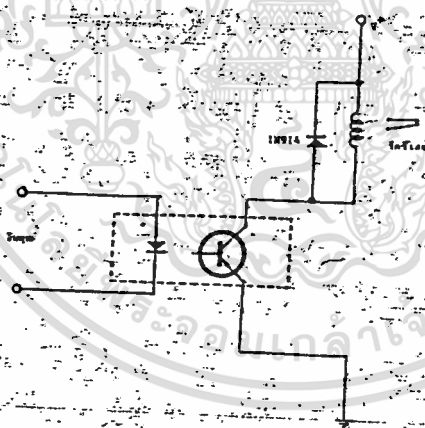
เร็วสูงโดยเฉพาะเมื่อโหลดเป็นพวกคอยล์หรืออินดักทีฟโหลด

7.5 การประยุกต์ใช้งาน

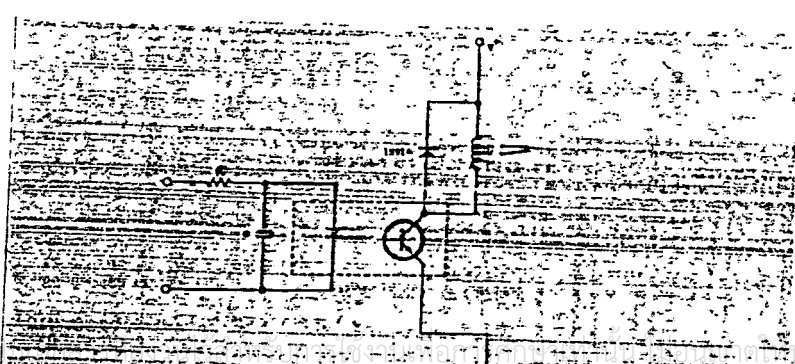
คุณสมบัติของออฟโตคัปเปิลอร์สามารถนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ที่เป็นแบบลิเนียร์โหมด และสวิตชิ่งโหมด เช่นเดียวกับทรานซิสเตอร์ธรรมดาในแบบลิเนียร์โหมด ตัวอย่างการออฟโตคัป-เปิลอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้แสดงดังรูปที่ 7.3 จนถึงรูปที่ 7.14



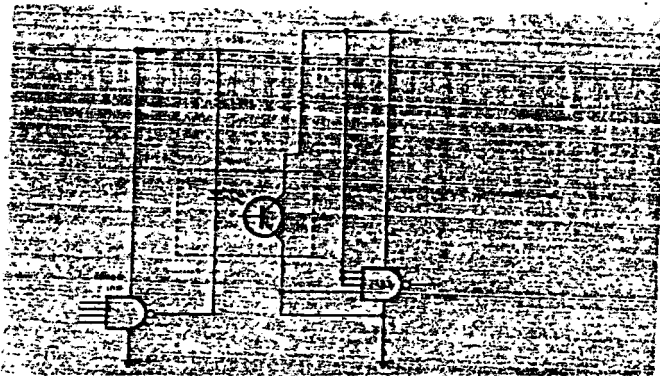
รูปที่ 7.3 การเพิ่มความเร็วของออฟโตคัปเปิลอร์โดยใช้ออปแอมป์



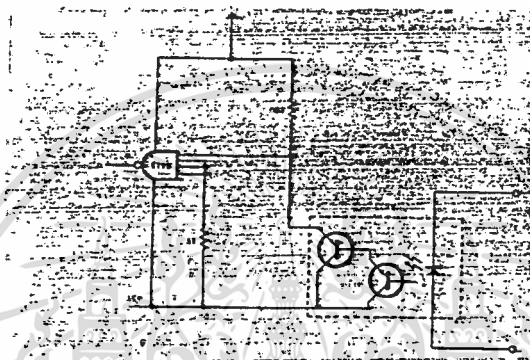
รูปที่ 7.4 วงจรควบคุมรีเลย์



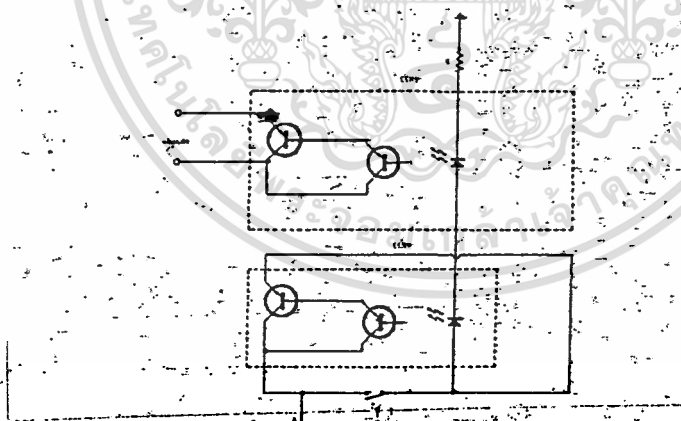
เอกสารนี้... นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



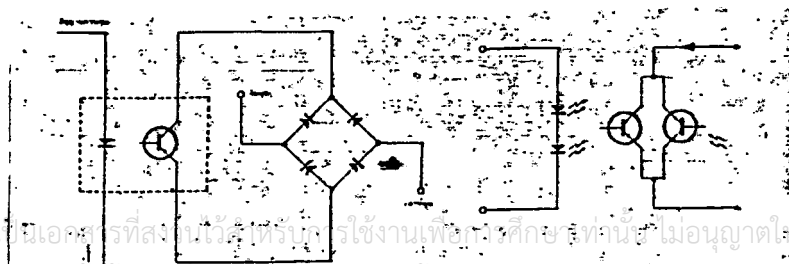
รูปที่ 7.6 การไอโซเลทวงจรลอจิกด้วยออปโตคัปเปิลอร์



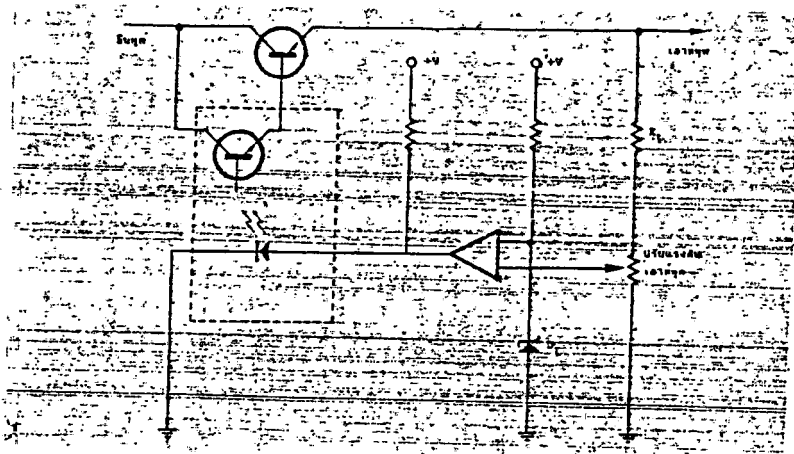
รูปที่ 7.7 วงจรควบคุมขั้วหม้อไอน้ำด้วยทรานซิสเตอร์ 4N33



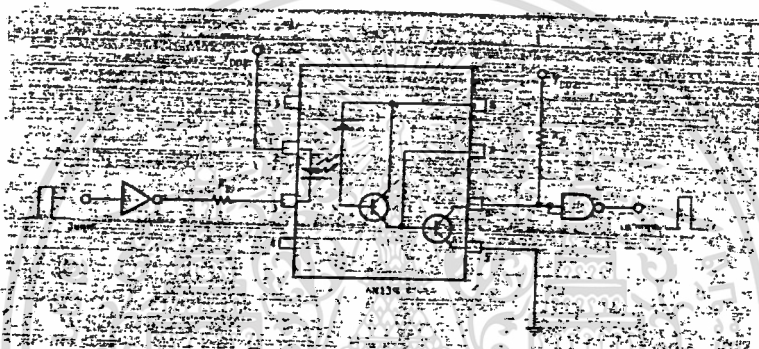
รูปที่ 7.8 วงจรแลตซ์ใช้ 4N33 สองตัว



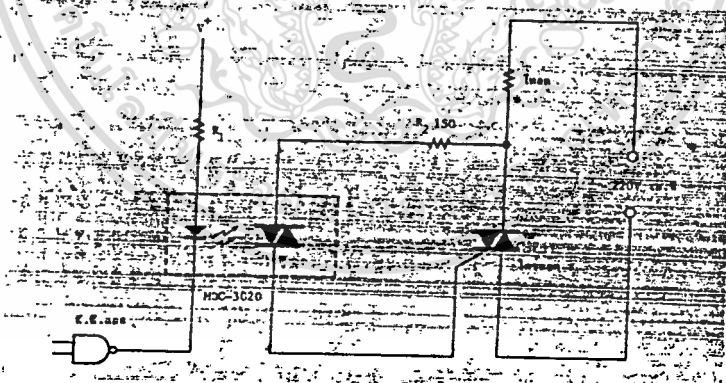
รูปที่ 7.9 การควบคุมกระแสเอาต์พุตสองทิศทาง



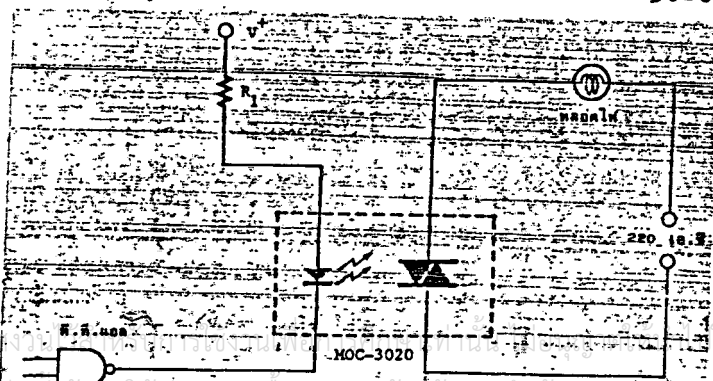
รูปที่ 7.10 การใช้ฟोटอทรานซิสเตอร์ในวงจรแรงดัน



รูปที่ 7.11 วงจร ที่.ที.แอล อินเตอร์เฟสความเร็วสูงใช้ 6N139

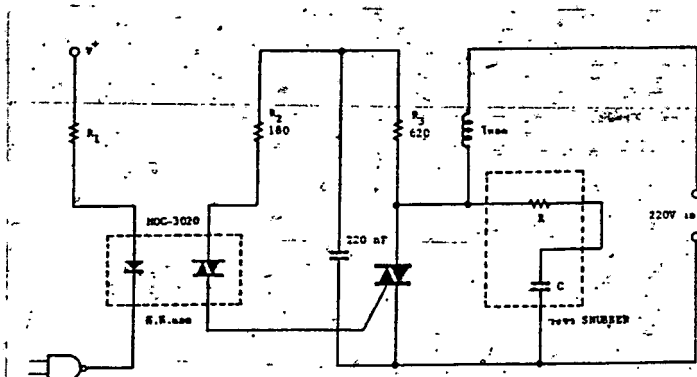


รูปที่ 7.12 ควบคุมกำลังไฟผ่านหลอดตัวต้านทานผ่าน MOC -3020



รูปที่ 7.13 การควบคุมหลอดไฟด้วย ที่.ที.แอล ผ่าน MOC -3020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น... และการนำออกไปใช้



รูปที่ 7.14 การควบคุมโวลต์แบบอินคัลทิฟด้วย MOC -3020

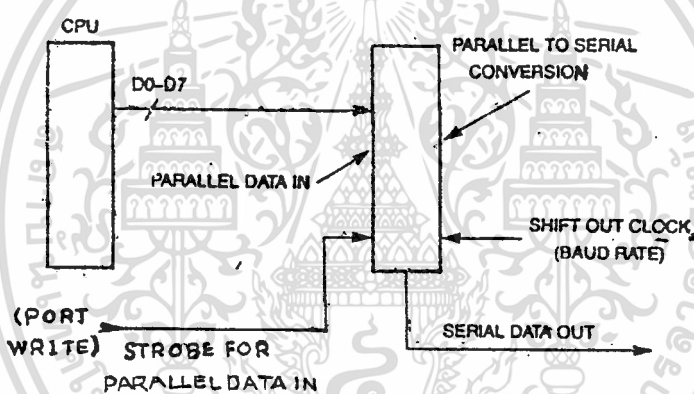


8.1 การเปลี่ยนข้อมูลจากแบบขนานเป็นข้อมูลแบบอนุกรม

ในการรับส่งข้อมูลในระยะทางไกลๆ จำเป็นจะต้องใช้การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม หลักการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลนั้นมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำการเก็บข้อมูลแบบขนาน จำนวน 8 บิตไว้ในชิพรีจิสเตอร์
2. เลื่อนข้อมูลทั้ง 8 บิตออกไปให้กับอุปกรณ์รับข้อมูลทีละบิต โดยส่งออกด้วยอัตราเดียวกันที่กำหนดไว้

ลักษณะการทำงานแสดงดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการเปลี่ยนข้อมูลจากขนานเป็นอนุกรม

8.2 หลักการเบื้องต้นของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม สรุปลงเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

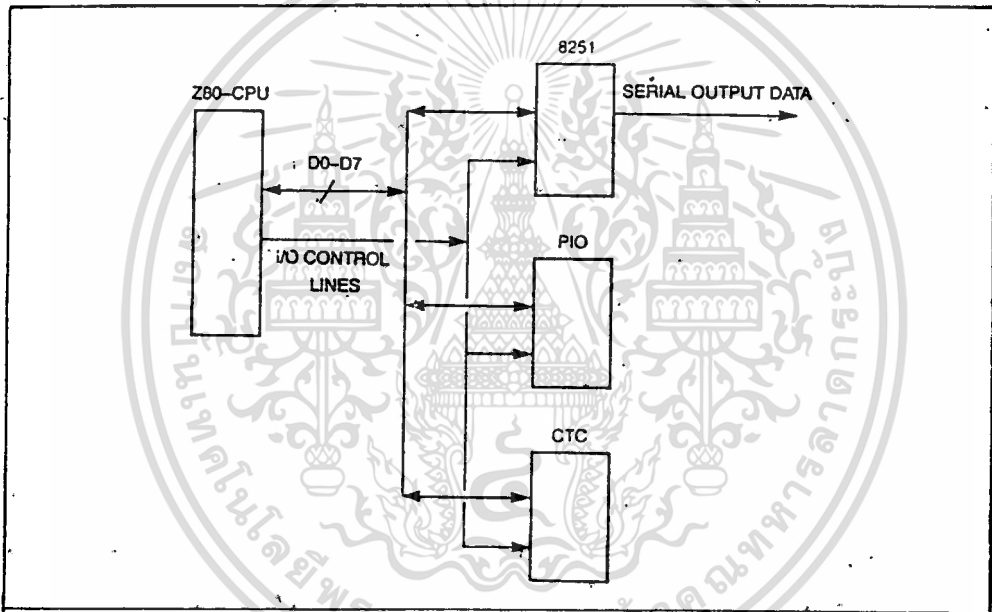
1. ข้อมูลแบบขนานจะถูกเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลแบบอนุกรม
2. ข้อมูลจะถูกส่งออกไปด้วยบอด์เรต (BAUD RATE) คงที่ค่าหนึ่ง เช่น 1200 ก็คือ เป็นการส่งข้อมูล 1200 บิต/ 1 วินาที หรือคือใช้ความถี่ 1200 เฮิรตซ์
3. ข้อมูลจะถูกส่งออกไปทีละบิต D_0 เป็นบิตแรก D_7 เป็นบิตสุดท้าย
4. ขณะที่ยังไม่มีคำสั่งส่งข้อมูล สายส่งจะมีสถานะลอจิกไคลอจิกหนึ่ง เรียกว่า "MARKING"
5. อุปกรณ์ส่งข้อมูลจะเพิ่มข้อมูลหน้าบิต D_0 อีก 1 บิต เรียกว่า "START BIT" บิตนี้จะตรงกันข้ามกับลอจิกมาร์คิง (MARKING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เพื่อใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

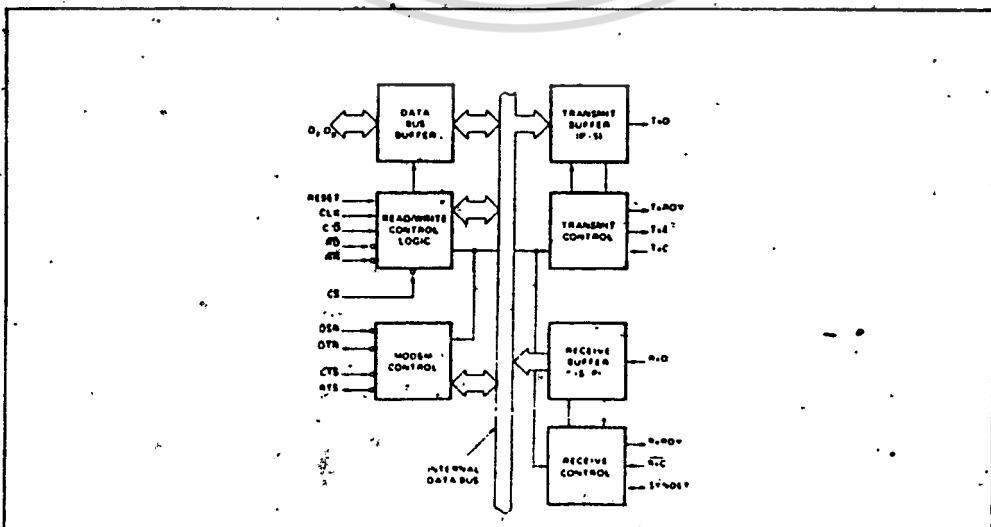
ใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลที่เครื่องรับ

7. บิตสุดท้ายที่ถูกเพิ่มเข้าไปหลัง PARITY BIT เรียกว่า STOP BIT ซึ่งอาจจะมีจำนวน 1, 1.5 หรือ 2 บิตก็ได้ เป็นลอจิกเดียวกับลอจิกของ MARKING

จากรูปที่ 8.2 จะเห็นว่าเราสามารถที่จะนำ 8251 ไป เชื่อมต่อกับ Z80 ในลักษณะเดียวกับ CHIP SUPPORT โบอร์ดอื่น ๆ ของ Z80 เช่น PIO หรือ CTC และในรูปที่ 8.3 จะแสดงถึง บล็อกไดอะแกรมของ 8251 สำหรับส่วนแรกที่จะกล่าวถึงก็คือ DATA BUS BUFFER ซึ่งส่วนนี้ 8251 จะใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง 8251 กับบัสข้อมูลของ Z80 ส่วนต่อไปก็คือ READ/WRITE CONTROL LOGIC ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมการรับส่งข้อมูลภายในของ 8251 ให้เป็นไปอย่างถูกต้อง



รูปที่ 8.2 การใช้งาน 8251 ร่วมกับ CHIP SUPPORT ของ Z80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ต้นฉบับเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีก้ารนำไปใช้

รูปที่ 8.3 บล็อกไดอะแกรมของ 8251

8.3 การจักรเรียงขาและหน้าที่

8251 เป็นไอซีขนาด 28 ขา ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 8.4 สามารถที่แบ่งขาของ 8251 ออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ดังนี้คือ

8.3.1 กลุ่มที่ใช้ในการติดต่อกับ

1.1 DO-D7 : ติดต่อกับ DATA BUS ของ CPU โดยตรงในการรับส่งข้อมูลและคำสั่งต่าง ๆ

1.2 RESET : 8251 จะถูกรีเซ็ตเมื่อขานี้ได้รับลอจิก "1" อาจต่อมาจากขาของ 80 ผ่านอินเวอร์ตเตอร์ก็ได้

1.3 CLK (CLOCK) : ใช้ในการควบคุมช่วงการทำงานภายในของ 8251 ขานี้ไม่เกี่ยวข้องกับอัตราความเร็วรับส่งข้อมูล

1.4 RD : เมื่อขานี้ได้รับลอจิก "0" 8251 จะทำการส่งข้อมูลแบบขนานออกมาที่ค่าต่ำบัส ส่งให้กับซีพียู

1.5 WR : เมื่อขานี้ได้รับลอจิก "0" 8251 จะทำการรับข้อมูลแบบขนานจากค่าต่ำบัส - ของระบบ

1.6 C/D (CONTROL/DATA) : ขานี้ถ้าได้รับลอจิก "1" ก็แสดงว่า ซีพียู ต้องการติดต่อกับคอนโทรลเลอร์

1.7 CS (CHIP SELECT) : ขานี้ถ้าได้รับลอจิก "0" ก็จะเป็นการอีนาเบิล 8251 สัญญาที่ขานี้ได้มาจากการถอดรหัสพอร์ทแอดเดรส

8.3.2 กลุ่มที่ใช้ในการส่งข้อมูล

2.1 TxD (TRANSMIT DATA OUTPUT) : เป็นขาที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปตามสายส่ง

2.2 TxC (TRANSMIT BAUD RATE CLOCK) : เป็นขาที่ใช้ในการส่งสัญญาณคล็อกในการส่งข้อมูล ซึ่งก็คือ บอกระต นั้นเอง ปกติแล้วจะต้องช้ากว่าสัญญาณคล็อกของระบบไม่น้อยกว่า 30 เท่า

2.3 TxDY : ขานี้ใช้ในการทำให้ ซีพียู ทราบว่า 8251 พร้อมที่จะรับข้อมูลจาก ซีพียู ขานี้ใช้ในการขออินเตอร์รัทท์ก็ได้

2.4 TXEMPTY : ขานี้ใช้ในการแสดงว่าข้อมูลที่ ซีพียู ส่งให้กับ 8251 นั้นได้ถูกส่งออกไปให้กับอุปกรณ์อื่นๆหมดแล้ว 8251 จะทำให้ขานี้เป็น "1"

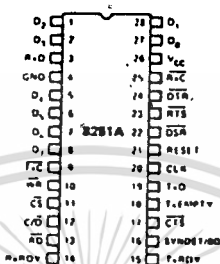
8.3.3 กลุ่มที่ใช้ในการรับข้อมูล

3.1 RxD : ใช้ในการรับข้อมูลแบบอนุกรมจากสายส่ง

3.2 RxC : เป็นขาที่ใช้ในการรับสัญญาณคล็อกในการรับข้อมูลโดยต่อเข้ากับ TxC โดยตรง

3.3 RxRDY ใช้ในการแสดงว่า 8251 พร้อมทั้งจะส่งข้อมูลให้กับ ซีพียู ขานี้อาจจะใช้ในการขออินเทอร์รัพท์ได้

3.4 SYNDET ขานี้จะใช้ในการรับข้อมูลแบบ SYNCHRONOUS เท่านั้น เมื่อขานี้ถูกโปรแกรมเป็นเอาต์พุตนั้น ขานี้จะให้ลอจิก "1" เมื่อ 8251 สามารถที่จะตรวจจับ SYNC CHARACTER ได้ และจะให้ลอจิก "0"



รูปที่ 8.4 แสดงการจักระยะของ 8251

8.4 การเชื่อมต่อระหว่าง 8251 กับ 80

รูปที่ 8.5 จะแสดงถึงวิธีการเชื่อมต่อ 8251 กับ Z 80 จากรูปอธิบายไว้ดังนี้

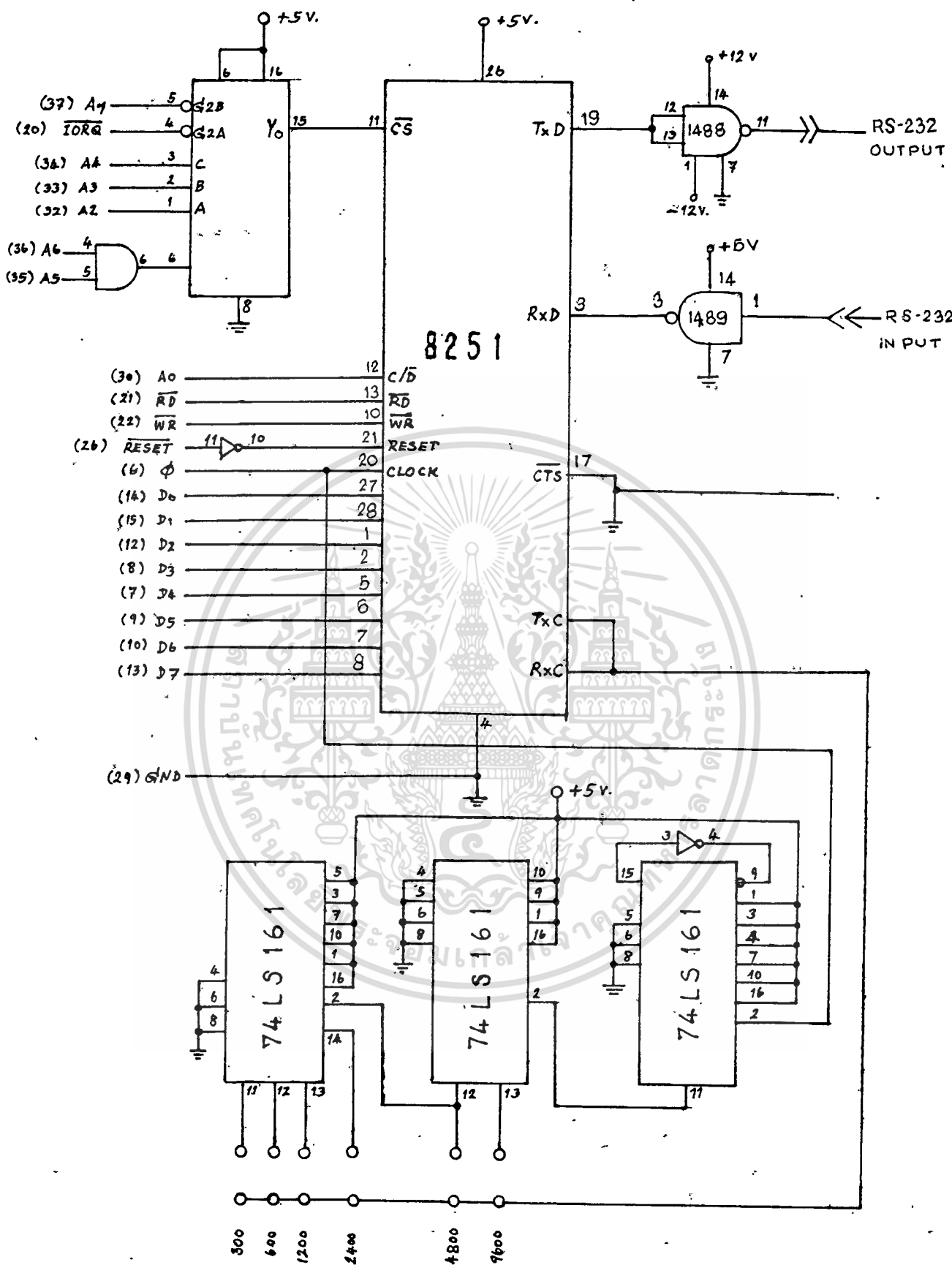
ขา CS ของ 8251 ได้จากการถอยรหัสแอดเดรส A1-A7 ของ Z80 ส่วนขา A0 ของ Z80 จะต่อเข้ากับขา C/D ของ 8251 โดยตรง

สำหรับขา RD และ WR ของ 8251 นั้นจะต่อเข้ากับ RD และ WR ของ Z 80 ขา RESET ของ Z80 ต่อผ่านอินเวอร์เตอร์ เข้ากับขารีเซ็ตของ 8251 ส่วนขาคล็อกของ 8251 ถูกต่อเข้ากับสัญญาณคล็อกของระบบโดยตรง

คล็อกที่ใช้ในการกำหนดบิตเรท นั้นจะต้องน้อยกว่า 30 เท่าของความถี่ของคล็อกที่ใช้ในระบบ

8.5 การเชื่อมต่อกับสายส่งข้อมูล

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม นิยมใช้ในการรับส่งข้อมูลในระยะทางไกล ระดับสัญญาณที่ใช้ในวงจร (5) โวลต์ นั้นไม่สามารถที่จะส่งไปได้ไกลนัก จึงต้องทำการเปลี่ยนระดับแรงดันของสัญญาณใหม่เพื่อให้สามารถส่งได้ไกลขึ้น จึงนิยมใช้มาตรฐาน RS-232 ซึ่งจะใช้ระดับแรงดันในสายส่งประมาณ +/-12 โวลต์ อุปกรณ์ที่ใช้ก็คือ ไอซี เบอร์ MC 1488 เป็นตัวเปลี่ยนระดับของสัญญาณจาก ที่ทีแอล ไปเป็น RS-232 และ MC 1489 ซึ่งเป็นตัวเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก RS-232 ไปเป็น ที่ทีแอล ส่วนขา CTS จะถูกต่อกับลอจิก "0" ทั่วๆ ไป เราใช้สายส่งเพียง 3 เส้น คือ TxD, RxD และ GND เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 8.5

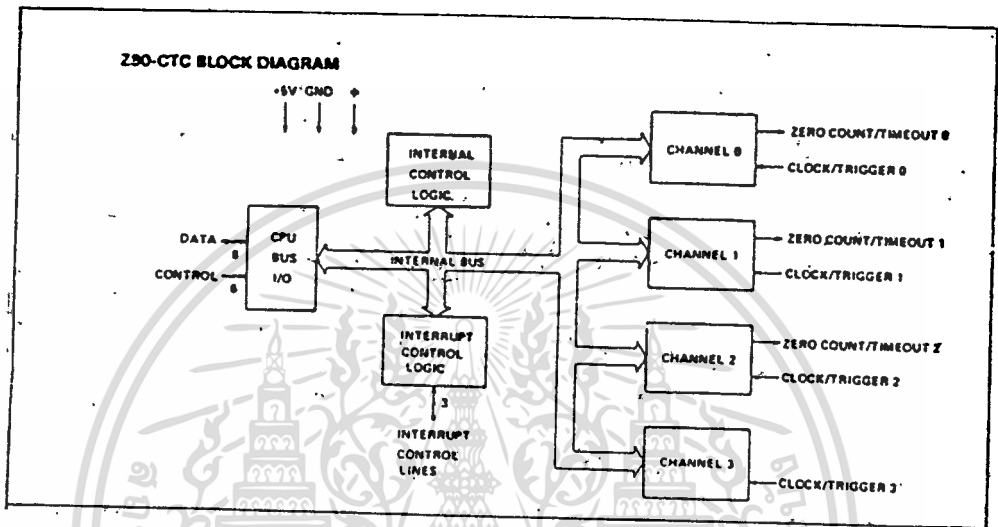


รูปที่ 8.5 แสดงการเชื่อมต่อ 8251 กับ Z-80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.6 คุณสมบัติของ ไอ.ซี. วงจรนับ/ตั้งเวลาที่อินเทอร์เฟสกับ Z-80 (Z-80 COUNTER-TIMER CHIP)

วงจรมีความสามารถควบคุมได้โดยการโปรแกรมเป็นชิปที่มีความสำคัญมากชิปหนึ่งภายในไมโครโปรเซสเซอร์ 4 ชุคแยกกัน สามารถทำงานได้ทั้งเป็นวงจรมานับหรือวงจรตั้งเวลา ทั้งแสดงในรูปแบบที่ 8.6



รูปที่ 8.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Z-80-CTC ซึ่งประกอบด้วยคอนโทรลเลอร์ที่มีลักษณะคล้ายๆกัน 4 แชนแนล

วงจรมีแต่ละจุดเรียกว่า แชนแนล มีรีจิสเตอร์ทั้งหมด 3 ตัว ยกเว้นแชนแนล 0 มีอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์รีจิสเตอร์ เพิ่มอีก 1 ตัว

8.7 อินเทอร์รัพท์เวกเตอร์รีจิสเตอร์ (Interrupt Vector Register)

เป็นรีจิสเตอร์เก็บค่าอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ของซีทีซี (CTC) การทำงานทั้ง 4 แชนแนลไม่ว่าตั้งเวลาหรือวงจรมานับ เมื่อหมดเวลาที่ตั้งไว้หรือถึงจำนวนนับที่ตั้งไว้ ซีทีซี จะส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์ (INT=0) ไปซีพียู เมื่อซีพียูตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ ซีทีซี จะส่งอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ขนาด 8 บิตไปให้ซีพียู ทั้งแสดงในรูปแบบที่ 8.6

รีจิสเตอร์ควบคุมขนาด 8 บิต จะเก็บค่าส่งจากซีพียู ที่จะสั่งให้แต่ละแชนแนลทำหน้าที่อะไร โดยรายละเอียดแต่ละบิตมีความหมายดังนี้

บิต 0 (D0) หากเป็น 1 แสดงว่า WORD นี้เป็น CONTROL WORD

บิต 1 (D1) CHANNEL RESET INPUT หากมีลอจิก 1 จะทำให้การนับหรือ

แสดงฐานเวลาของแชนแนลนั้นๆหยุดลง โดยทุกบิตใน CHANNEL REGISTER เปลี่ยนแปลง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเซนเนลนั้น จะเป็นปกติเมื่อโหลดค่า Time Constant เข้าไปใน Time Constant Register

บิต 2 (D₂) ถ้าบิตนี้มีลอจิก 1 จะบอกซีทีซี.ให้รู้ว่า WORD ที่ตามมา เป็นค่าของ Time Constant Register ของเซนเนลนั้น

บิต 3 (D₃) ใช้ในโหมด Timer เท่านั้น ถ้าเป็นลอจิก 1 แสดงว่าสัญญาณทริกเกอร์ จากภายนอก(External Trigger)เป็นตัวกระตุ้นให้ Timer เริ่มทำงาน ถ้าเป็น 0 ไทม์เมอร์จะทำงานทันทีที่มีการโหลด

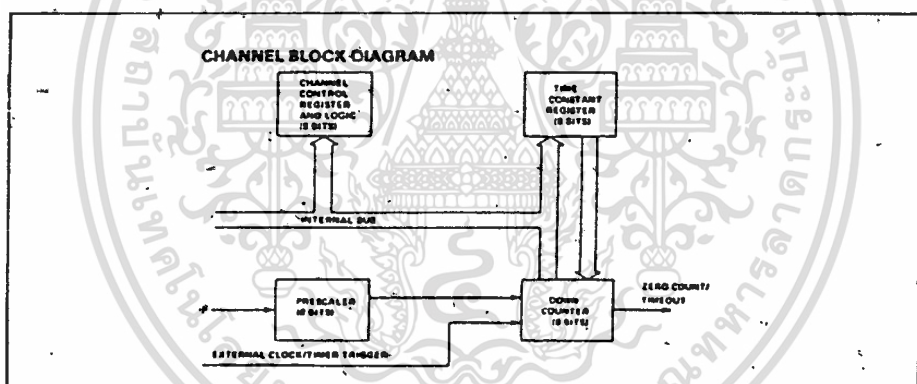
บิต 4 (D₄) กำหนดข้อบ่งชี้สัญญาณว่าขอบไหนเป็นขอบแอคทีฟ(Active)

ไทม์เมอร์โหมด: D₄=1 ให้ไทม์เมอร์เริ่มขอบขาขึ้น ของสัญญาณทริกเกอร์

: D₄=0 ให้ไทม์เมอร์เริ่มขอบขาลง ของสัญญาณทริกเกอร์

เคาน์เตอร์โหมด: D₄=1 ให้เคาน์เตอร์นับสัญญาณจากภายนอกที่ขอบขาขึ้น

: D₄=0 ให้เคาน์เตอร์นับสัญญาณจากภายนอกที่ขอบขาลง



รูปที่ 8.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างภายในเคาน์เตอร์

บิต 5 (D₅) ใช้ในโหมดโหมดเท่านั้น ถ้าบิตนี้เป็น 1 คล็อกจะถูกเริ่มหารด้วย 256 หากเป็น 0 จะถูกหารด้วย 16

บิต 6 (D₆) ถ้าบิตนี้เป็น 1 เซนเนลนี้จะถูกเลือกในโหมดเคาน์เตอร์แบบนับลง สัญญาณคล็อกป้อนเข้ามาทางขา CLK/TRG ของเซนเนลนั้น ถ้าเป็น 0 จะถูกเลือกในโหมดไทม์เมอร์ โดยคล็อกถูกหารด้วยค่าเริ่มต้น(PRESCALE FACTOR 16 or 256)จนกว่าค่าไทม์คอนสแตนท์

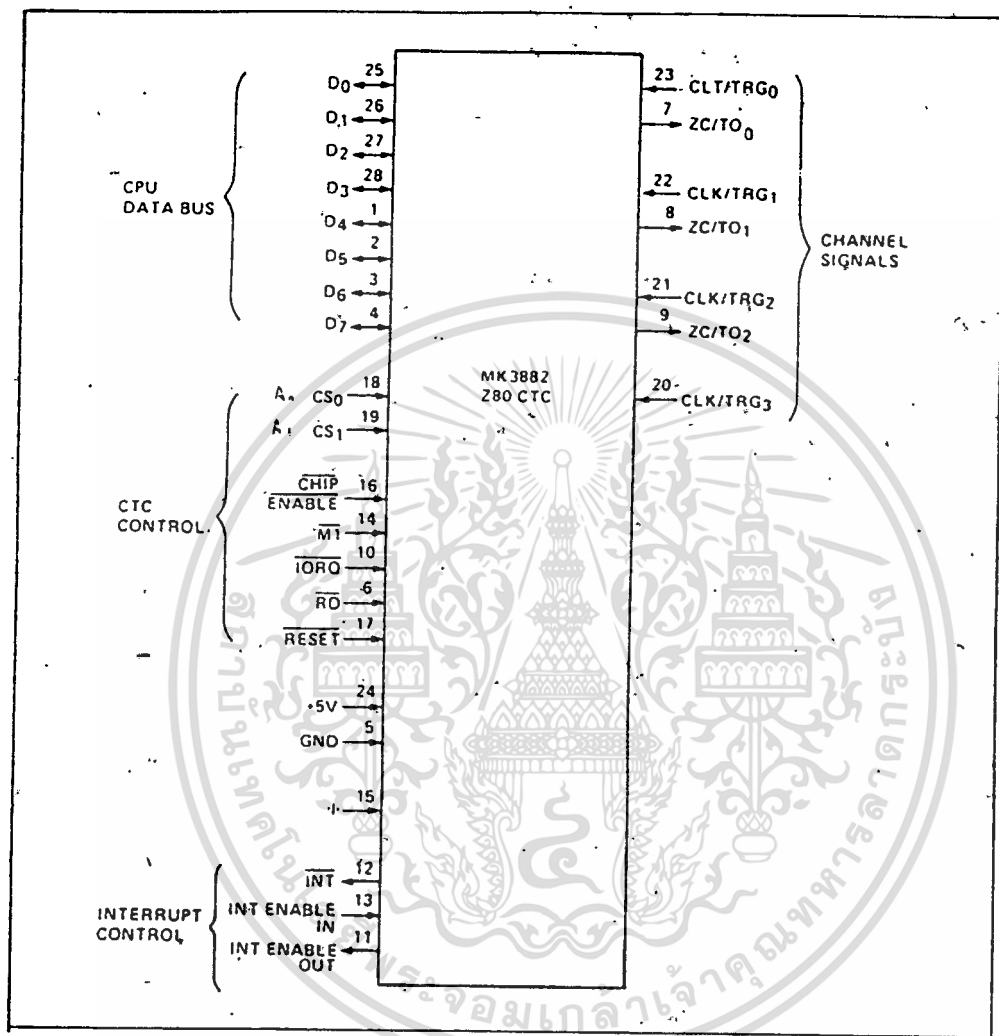
บิต 7 (D₇) บิตนี้ใช้ในการอินเทอร์รัพท์ ถ้าเป็นลอจิก 1 ให้เคาน์เตอร์นับลงจนถึง 0 แล้วทำการขออินเทอร์รัพท์ ถ้าบิตนี้เป็น 0 จะไม่มีการอินเทอร์รัพท์

รีจิสเตอร์เก็บค่าคงตัวเวลา ขนาด 8 บิต เก็บฐานเวลาที่ใช้ในการจับเวลา

และค่าจำนวนนับสูงสุดที่ตั้งไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนับด้วยหลัง ขนาด 8 บิต เริ่มจากตัวเลขในรีจิสเตอร์ค่าคงตัวเวลา นับถอยหลังท้ายความถี่ของสัญญาณที่เลือกในโปรแกรมจนเป็น 0 แล้วเริ่มรอบใหม่จนกว่าโปรแกรมจะสั่งให้หยุดทำ



รูปที่ 8.8 แสดงการจัดขาของ Z80-CTC

8.8 ขาสัญญาณต่างๆ ของ ซีทีซี.

D0-D7 : เป็นขาส่ง, รับข้อมูลระหว่างซีทีซี. กับ Z-80 ซีพียู โดย D0 เป็นบิตที่มีนัยสำคัญต่ำ

CS1, CS0 เป็นขาที่ใช้เลือกแชนแนล 0 ถึง 3 โดย CS1; CS0 ต่อเข้ากับขาแอส

เทรอส A₁ และ A₀

CS1	CS0	ACTIVE CGABBER.
0	0	0
0	1	1
1	0	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น 3 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{CE}$: ขาซีพินาเบิลอินพุต , Z-80 ซีพียูเลือกใช้ซีทีซี. โดยขานี้เป็นตัวกำหนด โดยให้ มีลอจิกเป็น "0" (แอคทีฟโลว์) ซึ่งได้จากการถอดรหัสค่าแอดเดรส เอ.7-เอ.2 ของ Z-80 บัสแอดเดรส

CLOCK : เป็นขาที่ใช้สำหรับป้อนสัญญาณคล็อก ซึ่งเป็นสัญญาณเดียวกันกับที่ป้อนให้ กับ Z-80 ซีพียู

$\overline{INT}$: เป็นขาสัญญาณของอินเตอร์รัพท์ เอาท์พุทเป็นแบบโอเพนไดรเวอร์ จึงสามารถ ทွဲกับ $\overline{INT}$ OUTPUT ขาอื่นๆในระบบของเราได้

$\overline{RESET}$: ถ้าเป็นลอจิก "0" จะทำให้ซีทีซีถูกเซ็ต ทุกแชนแนลจะหยุดหมด บิตทุกบิต ที่ใช้ในการอินเตอร์รัพท์ในคอนโทรลเลอร์จะถูกรีเซ็ต ซีทีซี จะไม่สามารถอินเตอร์รัพท์ จากระบบอื่นได้

CLK/TRG3-CLK/TRG0 : เป็นขาอินพุทที่ใช้รับสัญญาณทริกเกอร์และจากคล็อก - ภายนอก

ZC/TOZ-ZC/TO0 : เป็นขาซีโรเคาน์/ไทม์เอาท์ ที่ใช้เป็นเอาท์พุท (แอคทีฟไฮ)

8.9 การต่อ CTC เข้ากับ Z-80

สิ่งแรกที่จะต้องทำในการต่อซีทีซี กับบัสข้อมูลของ Z-80 คือต้องต่อบัสข้อมูล D0-D7 ของ Z-80 เข้ากับ D0-D7 ของซีทีซี. เพื่อทำให้ข้อมูลสามารถผ่านเข้าออกระหว่าง Z-80 กับ ซีทีซี. ได้ เส้นแอดเดรส A0 และ A1 ของ Z-80 จะต่อเข้ากับขาอินพุท CS0 และ CS 1 ตามลำดับ ส่วน A2-A7 ก็ต่อเข้ากับวงจรถอดรหัส (74 LS38) เพื่อนำค่าที่ได้จากการถอดรหัสมาป้อนให้ขา $\overline{CE}$ (ซีพินาเบิล) ซึ่งจากวงจรในรูปที่ 8.10 ค่าที่ได้เป็น 64H, 65H, 66H, 67H

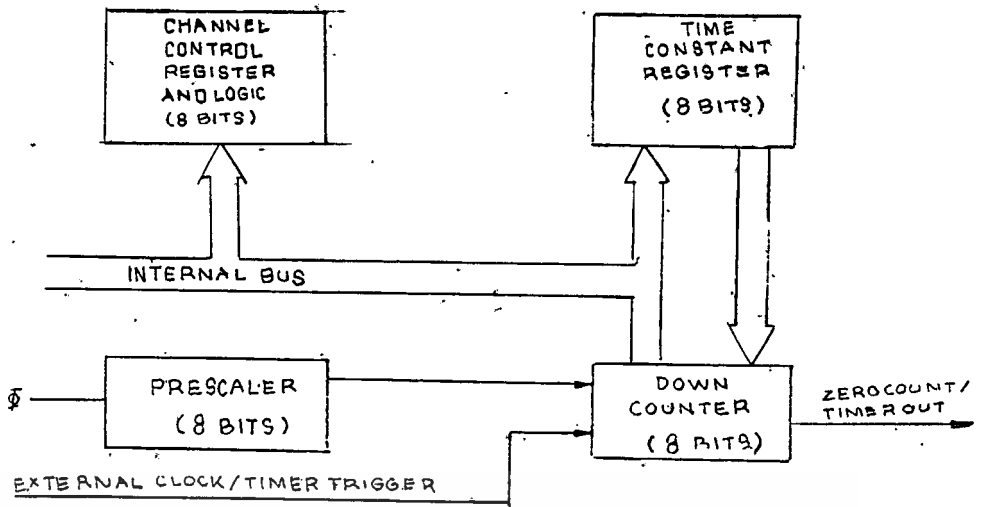
M1, IORQ และ RD สัญญาณทั้งหมดนี้เป็นอินพุทของซีทีซี. ที่ได้จากขาเอาท์พุทของ Z-80 ส่วนขาคล็อกอินพุท (ขา 15) ของซีทีซี. จะต่อกับขาคล็อกของ Z-80 ที่สำคัญคือ ความถี่คล็อกที่ป้อนให้จะต้องไม่เกิน 2.3 เมกกะเฮิรตซ์

8.10 การทำงานของ ซีทีซี. ในเคาน์เตอร์ไทม์

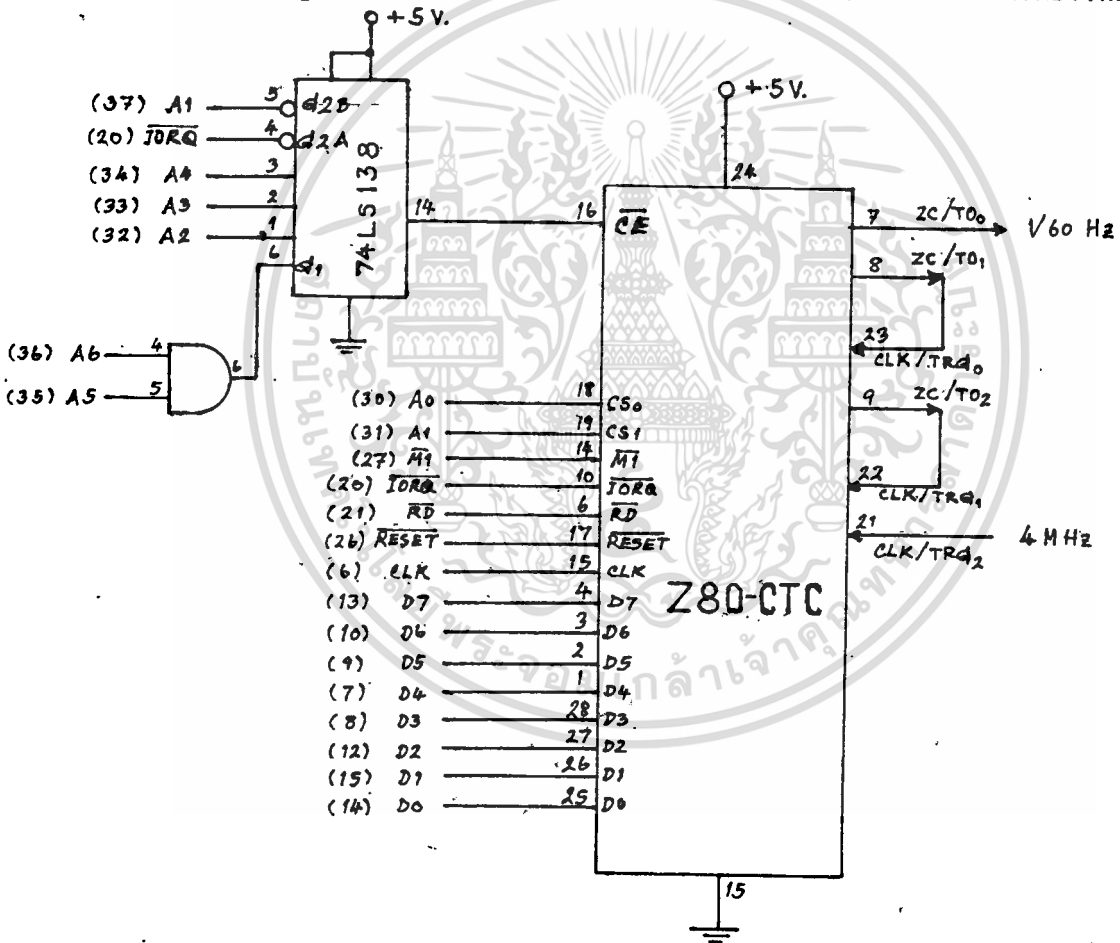
เคาน์เตอร์ใน ซีทีซี. เป็นเคาน์เตอร์ที่มีการนับแบบนับลง เราจะต้องทำการโปรแกรมค่าใหม่คอนสแตนท์ให้กับไทม์คอนสแตนท์รีจิสเตอร์ก่อน คำนี้อยู่ในรูปของเลขไบนารี ใช้เป็นค่าเริ่มต้นการนับของเคาน์เตอร์ เมื่อนับจนถึง 00H ขา ZC/TO จะมีลอจิก "1" ถ้ายอมให้เกิด อินเตอร์รัพท์ ซีทีซี. จะสร้างสัญญาณของอินเตอร์รัพท์ไป Z-80 ค่าย แล้วค่าใหม่คอนสแตนท์ในรีจิสเตอร์ จะถูกโหลดเข้าไปใหม่โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHANNEL-TIMER MODE



รูปที่ 8.9 แสดงบล็อกโทอะแกรมในการใช้ Z-80-CTC ในโหมดเทอร์โมค.



รูปที่ 8.10 แสดงวงจรการต่อ CTC กับ Z-80 ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครโปรเซสเซอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นเสมือนหัวใจสำคัญของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งปัจจุบันมีไมโครโปรเซสเซอร์มากมายหลายเบอร์ แต่ละเบอร์อาจมีรายละเอียดและขีดความสามารถที่แตกต่างกันอยู่บ้าง

Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นเบอร์ที่ถูกเลือกใช้ในระบบของเรา ซึ่ง Z-80 มีวิวัฒนาการมาจากไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080 ทั้งระบบทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทำให้ขีดความสามารถในการทำงานได้สูงกว่าเบอร์ 8080 และในปัจจุบัน Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์ ก็เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต เบอร์หนึ่งที่ยังคงเป็นที่นิยมใช้กันอยู่

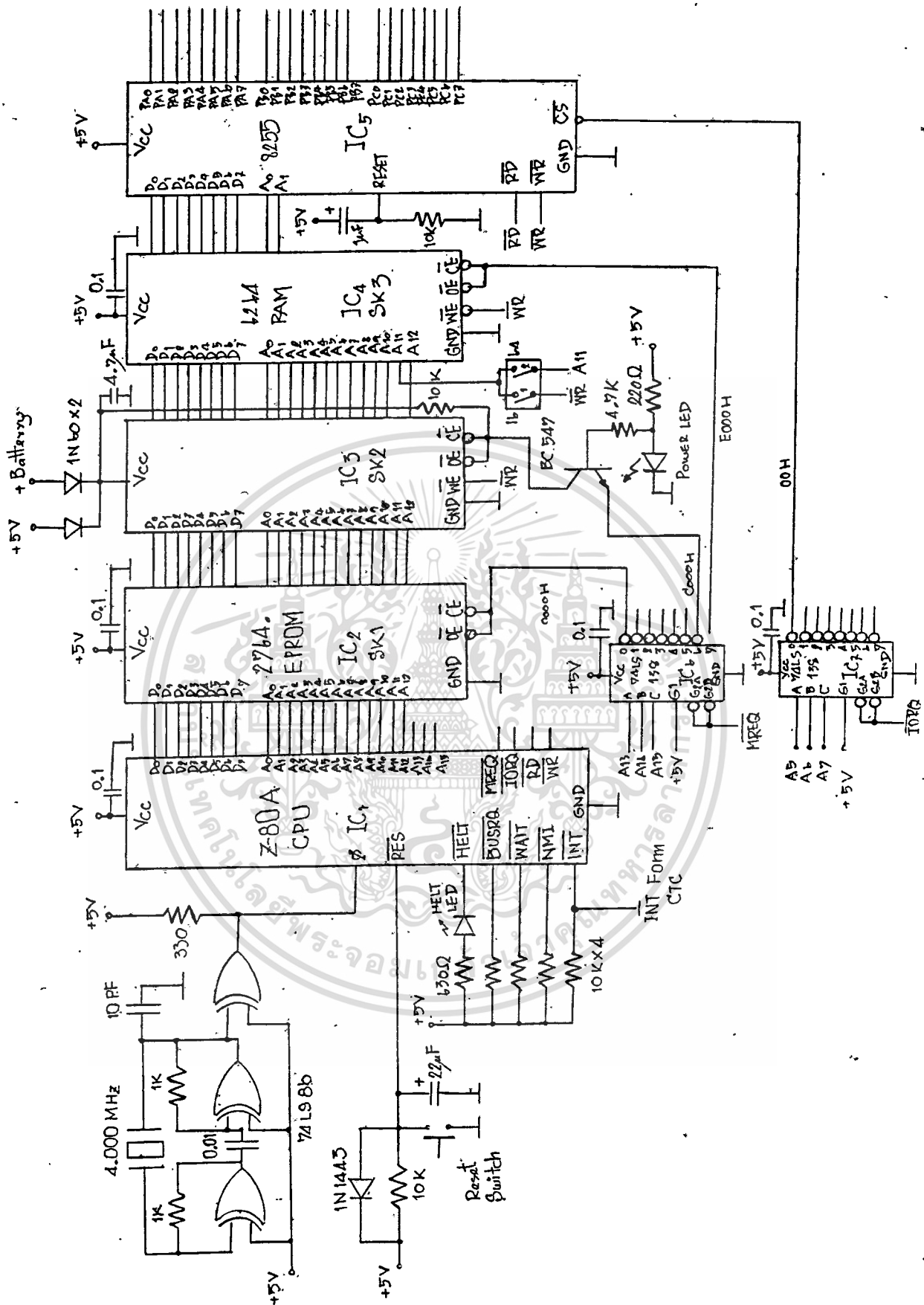
9.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

เนื่องจากต้องการให้งานของหน่วยควบคุม(Control Unit) มีขนาดเล็กและกะทัดรัดรวมทั้งราคาถูก เราจึงเลือกใช้พอร์ตเบอร์ 8255 ทำงานร่วมกับ Z-80A ซึ่งพอร์ตเบอร์ 8255 เป็นเบอร์ที่มีพอร์ต 3 พอร์ต แต่ละพอร์ตสามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตได้ นอกจากนี้พอร์ตเบอร์ 8255 ถูกออกแบบมาให้ใช้กับ Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์ จึงไม่เป็นการยากที่จะศึกษาระบบฮาร์ดแวร์ นอกจากนี้วงจรของหน่วยควบคุมยังถูกออกแบบให้ติดต่อกับหน่วยความจำซึ่งมีขนาดถึง 16 เคไบต์ โดยที่ซอกเก็ต 2 เป็นแรมเบอร์ 6264 ขนาด 8 เคไบต์ซึ่งจะสามารถเก็บคือข้อมูลหรือโปรแกรมได้ ถ้าต่อเบตเตอร์ , ส่วนซอกเก็ต 3 ใช้กับแรมเบอร์ 6116 ขนาด 2 เค หรือแรมเบอร์ 6264 โดยเลือกได้จากชิปสวิตช์ ตัวที่ 1,2 ซึ่งจะ ON ตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น ส่วนซอกเก็ต 1 นั้นใช้กับรอมเบอร์ 2732 ขนาด 2 เค หรือเบอร์ 2764 ขนาด 8 เค ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของโปรแกรมมอนิเตอร์ของระบบ

ไอ.ซี.6 และ ไอ.ซี.7 เป็นไอ.ซี.เบอร์ 74LS138 ไอ.ซี.6 ใช้เป็นตัวดีโคดให้กับหน่วยความจำ ส่วนที่ใช้กับโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดเอาต์พุตและค่าอุณหภูมิที่กำหนดของแต่ละห้อง ไอ.ซี.7 ใช้เป็นตัวดีโคดในการเลือกพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

สัญญาณนาฬิกา(CLOCK)ใช้ไอ.ซี.เบอร์ 74LS6 กำเนิดสัญญาณร่วมกับ XTAL ขนาด 4 เมกกะเฮิรตซ์ เพื่อป้อนให้กับ Z-80 และสัญญาณนาฬิกาจะถูกป้อนให้กับ CTC เพื่อใช้เป็นฐานเวลาเพื่อใช้ในการกำเนิดความถี่ขนาด 1/60 เฮิรตซ์ ที่ใช้ในการอินเทอร์รัพท์ในโหมดใหม่ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในเรื่องโครงสร้างทางซอฟต์แวร์

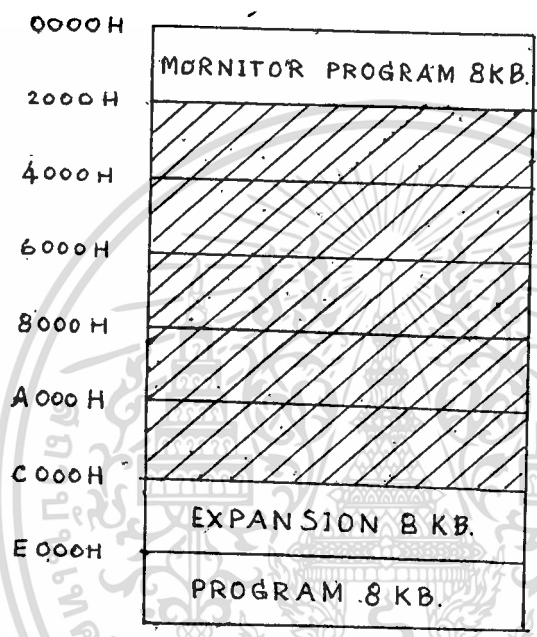
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.2. การจัดหน่วยความจำและพอร์ท

ส่วนมอนิเตอร์โปรแกรม จะเริ่มที่ตำแหน่ง 0000 H ถึง 1FFFFH มีขนาด 8 เค และอินเตอร์พรีทเซอร์วิสเราวทีน จะอยู่ที่ 1000 H ส่วนโปรแกรมที่ใช้เก็บโปรแกรมเวลาเปิด ปิดเอาท์พุท และค่าอนุกรมค่าสุดและสูงสุดของแต่ละห้อง เริ่มที่ตำแหน่ง E000H ถึง FFFFFH ส่วนที่ใช้ในการขยายหน่วยความจำ ที่ใช้เก็บโปรแกรมมีขนาด 8 เคไบต์ เริ่มที่ตำแหน่ง C 000 H ถึง .DFFFFH



รูปที่ 9.2 แสดงการจัดตำแหน่งหน่วยความจำ

ระบบพอร์ท จะทำการโค้ดไว้ทั้งหมด 8 ช่อง และจะสามารถเลือกเบอร์ได้ 7 ตำแหน่ง โดยการจับสายบนแผ่นปรีนท์ ซึ่งมีเบอร์เอร์ท ดังนี้

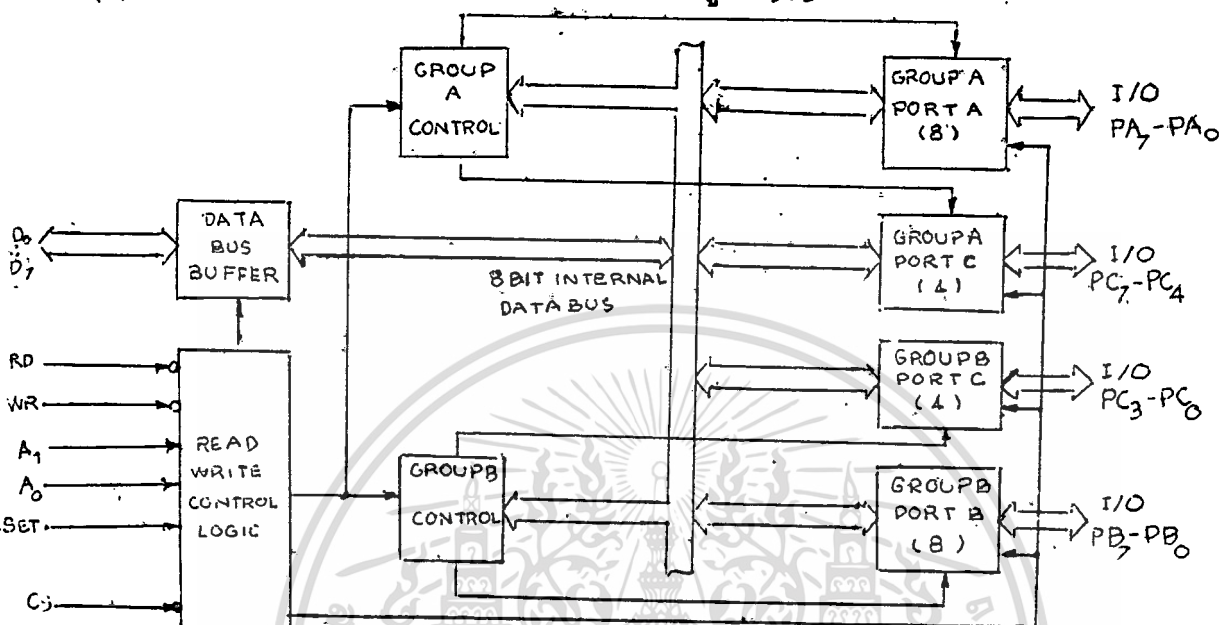
ตำแหน่ง	เบอร์พอร์ท
0	00-1F..... (เลือก 8255)
1	20-3F
2	40-5F
3	60-7F
4	80-9F
5	A0-BF
6	C0-DF
7	E0-FF

ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.3 ส่วนอินพุตและเอาต์พุต

อุปกรณ์ซึ่งช่วยติดต่อกับระบบภายนอกของไมโครโปรเซสเซอร์ ใช้พอร์ทเบอร์ - 8255 PPIA ซึ่ง 8255 เป็นอุปกรณ์ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ - อื่นๆ รวมทั้ง Z-80 ด้วย ซึ่งบล็อกไดอะแกรมแสดงดังรูปที่ 9.3



รูปที่ 9.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ 8255

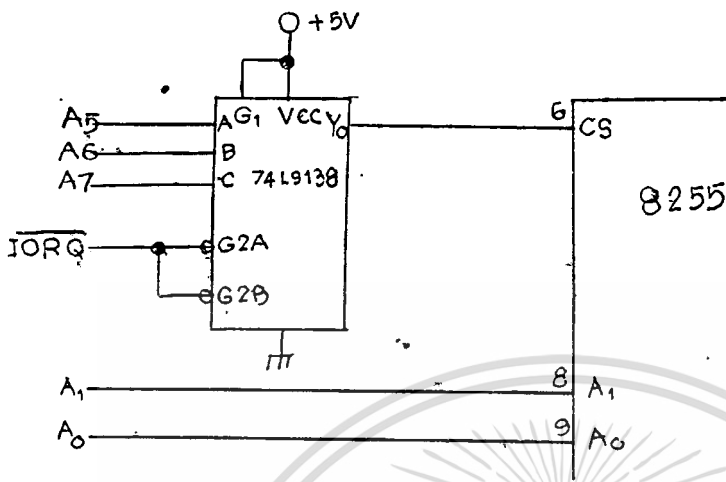
9.3.1 หน้าที่ของแต่ละบล็อกดังนี้

บล็อกกลุ่มแรกที่เราจะพูดถึง คือ จำนวน 4 บล็อกที่อยู่ทางขวาของรูป ซึ่งจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ โดยมีสาย PA₀ ถึง PA₇, PB₀ ถึง PB₇ และ PC₀ ถึง PC₇ เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 ซึ่งสายสัญญาณเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 อิน/เอาต์พุต ได้แก่พอร์ท A, พอร์ท B, และพอร์ท C ซึ่งพอร์ทเหล่านี้แต่ละพอร์ทสามารถเป็นได้ทั้งพอร์ทอินพุตและพอร์ทเอาต์พุต บล็อกกลุ่มถัดมา คือ GROUP A CONTROL และ GROUP B CONTROL ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานทั้ง 3 พอร์ท จากรูปจะเห็นว่าพอร์ท นี้จะประกอบด้วยพอร์ทขนาด 4 บิต 2 พอร์ท กลุ่มหนึ่งควบคุมด้วย GROUP A CONTROL และอีกกลุ่มควบคุมด้วย GROUP B CONTROL บล็อกกลุ่มสุดท้าย คือ DATA BUS BUFFER และ READ/WRITE CONTROL LOGIC ซึ่งบล็อกเหล่านี้จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับ ซีพียู DATA BUS BUFFER นี้จะเป็นบัฟเฟอร์ให้กับบัสข้อมูลของ ซีพียู ส่วน READ/WRITE CONTROL LOGIC จะเป็นส่วนที่ควบคุมให้ข้อมูลเข้าหรือออกจากรีจิสเตอร์ภายในให้ถูกต้องและในเวลาที่เหมาะสม

9.4 การต่อ 8255 เข้ากับ Z-80

ในการต่อ 8255 เข้ากับระบบของ Z-80 นั้น สัญญาณต่างๆที่เกิดขึ้นจะเหมือนกับ - เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า ขบวนการติดต่อกับ I/O โดยจะต้องเอาสัญญาณ A₀-A₇ จาก Z-80 มาถอดรหัส เพื่อสร้างสัญญาณ -

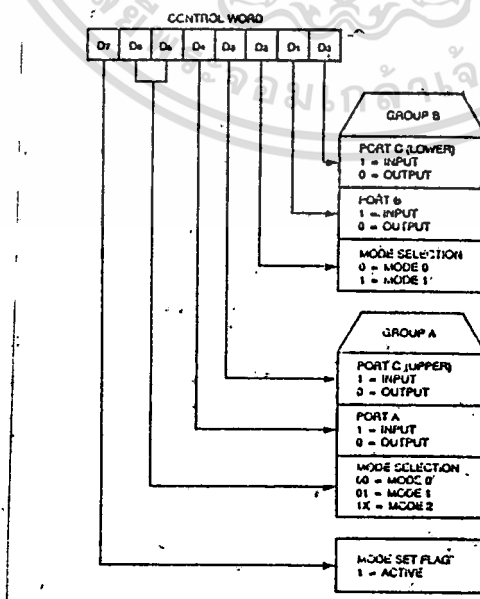
เพื่อสร้างสัญญาณเลือกพอร์ท แต่เนื่องจาก 8255 มีขาแอดเดรสอินพุตอยู่แล้ว 2 ขา คือ A₀ และ A₁ ซึ่งโดยปกติแล้วขา A₀, A₁ นี้จะต่อเข้าโดยตรงกับ A₀, A₁ ของ Z-80 ซึ่งในโครงงานนี้ เราให้ 8255 มีพอร์ทแอดเดรสอยู่ที่ 00H, 01, 02H และ 03H ซึ่งแสดงไว้ที่รูปที่ 9.4



รูปที่ 9.4 แสดงการต่อครอสส์เพื่อเลือกพอร์ท 8255

9.5 8255 READ และ WRITE REGISTER

ขณะนี้เราทำการต่อ 8255 เข้ากับระบบของ Z-80 แล้ว ต่อไปเราจะต้องเลือกโหมดการทำงานให้แก่ 8255 ซึ่งการโปรแกรมให้อยู่ในโหมดต่างๆได้ดังต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 9.5 แสดงรายละเอียดและบิตของรีจิสเตอร์ควบคุมของ 8255

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255 สามารถเซตโหมดการทำงานได้ 3 โหมด คือ

1. โหมด 0 ในโหมดนี้ พอร์ตของ 8255 เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตก็ได้
2. โหมด 1 เป็นการทำงานในลักษณะของการแฮนด์เชค (HANDSHAKE) โดย พอร์ต A และพอร์ต B จะเป็นพอร์ตข้อมูล ส่วนพอร์ต C นี้จะถูกใช้เป็นสัญญาณแฮนด์เชค โดย 4 บิตบนจะเป็นสัญญาณแฮนด์เชคให้กับพอร์ต A และ 4 บิตล่างให้กับพอร์ต B

3. โหมด 2 เป็นการใช้งานในลักษณะที่ให้พอร์ต A เป็นพอร์ตข้อมูลแบบ 2 ทาง
ในการใช้งาน 8255 ในโครงงานนี้ เราเซตโหมดของ 8255 ให้อยู่ในโหมด 0 ซึ่งใช้เพื่อเพียงคัสเพลย์และรับคีย์จากผู้ใช้ ซึ่งมีคำสั่งควบคุมที่สั่งให้ 8255 ทำงานในโหมด 0 นี้
ได้แก่

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	1	0	0	1

ซึ่งหมายถึง เป็นคำสั่งควบคุม (CONTROL WORD) ให้อยู่ในโหมด 0
พอร์ต A และพอร์ต B เป็นพอร์ตเอาต์พุต ส่วนพอร์ต C ให้ 4 บิตล่างเป็นพอร์ตอินพุต และ 4 บิตบนเป็นพอร์ตเอาต์พุต

คำสั่งควบคุมนี้จะกำหนดให้พอร์ตทั้ง 3 ของ 8255 ทำงานอยู่ในโหมด 0 คำสั่งของ $Z-80$ ที่จะเซตให้ 8255 อยู่ในลักษณะดังกล่าวได้แก่

LD A, 89
OUT (03), A

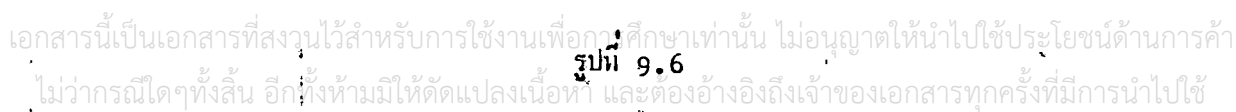
เมื่อ $Z-80$ ทำการเอ็กคิว (EXECUTE) คำสั่งข้างต้นแล้ว 8255 จะถูกเซตให้พอร์ตทั้ง 3 เป็นตามที่ต้องการ

9.6 การใช้งาน 8255

พอร์ต A จะถูกต่อกับ 7-เซ็คเมนต์ เพื่อทำการแสดงค่าในโหมดต่างๆ ซึ่งใช้ 74LS44 เป็นบัฟเฟอร์ และใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 557 ช่วยขับ 7-เซ็คเมนต์ให้สว่าง พอร์ต A นอกจากต่อกับ 7-เซ็คเมนต์แล้ว ยังต่อกับแอล.อี.ดี. ที่ใช้แสดงโหมดการทำงาน, วัน, สภาวะ

ส่วนพอร์ต B 3 บิตแรกจะถูกต่อเข้ากับ 74LS38 เพื่อทำการเลือก 7 เซ็คเมนต์ และแอล.อี.ดี. และยังใช้เป็นแนวคอลัมน์ (COLUMN) ของคีย์บอร์ดด้วยคือ Y1-Y4 ส่วน 3 บิตถัดมา คือ บิต 3, 4 และ 5 ต่อเข้ากับ 74LS138 อีกตัวเพื่อใช้เลือก 74LS73 ให้ทำงาน ซึ่งเราออกแบบให้สามารถแสดงสภาวะของเอาต์พุตได้ 64 จุก บิต 7 นั้นเราใช้เลือก 74LS38 ว่าต้องการคิกค็อกกับตัวไหน ถ้าต้องการคิกค็อกกับตัวแรกเพื่อสแกนคีย์หรือแสดงผลแล้ว บิต 7 นี้จะต้องเป็น 0

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แต่ถ้าต้องการติดต่อกับตัวที่สองเพื่อแสดงสถานะของเอาต์พุต บิต 7 ก็จะต้องเป็น "1"

ส่วนพอร์ท C 4 บิตแรก ซึ่งเป็นพอร์ทอินพุตจะต่อเข้ากับแถวโรว (ROW) ของคีย์บอร์ด เพื่ออ่านค่าที่กดเข้ามา และทั้ง 4 บิตของพอร์ท ที่ต่อเข้ากับแถวโรวจะต้องต่อความต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์มกับไฟบวกไว้ (pull up) เพื่อใช้ในการตรวจสอบการกดคีย์ ซึ่งส่วนของวงจรแสดงทั้งรูปที่ 9.6

9.7 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์

ระบบควบคุมเมื่อขาดซอฟต์แวร์ไป ก็เปรียบเสมือนรถไม่มีน้ำมัน ฉะนั้นซอฟต์แวร์ก็เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่ง ในระบบควบคุมบนคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเราสามารถแบ่งโหมดการทำงานของซอฟต์แวร์ได้เป็น 5 โหมดใหญ่ๆ ดังนี้

1. โหมดตั้งเวลา (SET TIME MODE)

เมื่อเริ่มเปิดเครื่อง จะเข้าสู่โหมดตั้งเวลาทันทีเพื่อให้ตั้งเวลา ซึ่งมีไฟลว์ชาร์ตทั้งรูป จากไฟลว์ชาร์ตการทำงานของโหมดตั้งเวลานี้ เมื่อเริ่มเปิดเครื่องก่อนเข้าสู่โหมดตั้งเวลา จะทำการเซตค่าต่างๆให้อยู่ในสถานะเริ่มแรก เช่น พอร์ทต่างๆของ 8255, ค่าเว็ทเตอร์อินเตอร์รัพต์ เป็นต้น จากนั้นก็เข้าสู่โหมดตั้งเวลาซึ่งในโหมดตั้งเวลานี้ใช้ระบบ 24 ชั่วโมง โดยเริ่มจาก 00:00 ถึง 23:59 น. ซึ่งในโปรแกรมจะทำการเซตค่าเวลาที่เรานับให้ ไม่ให้เกินค่าความเป็นจริง ส่วนค่าของวัน เริ่มจาก 1-7 แทนวันอาทิตย์ถึงวันวันเสาร์ เมื่อทำการโปรแกรมชั่วโมง นาทีและวันจนถูกต้องก็ให้เข้าสู่โหมดเวลา ค่าเวลาและวันที่เรที่ตั้งไว้ก็จะถูกนำไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำ นาฬิกา ก็จะเริ่มเดิน โหมดตั้งเวลาก็หมดหน้าที่จนกว่าจะมีการเซตใหม่

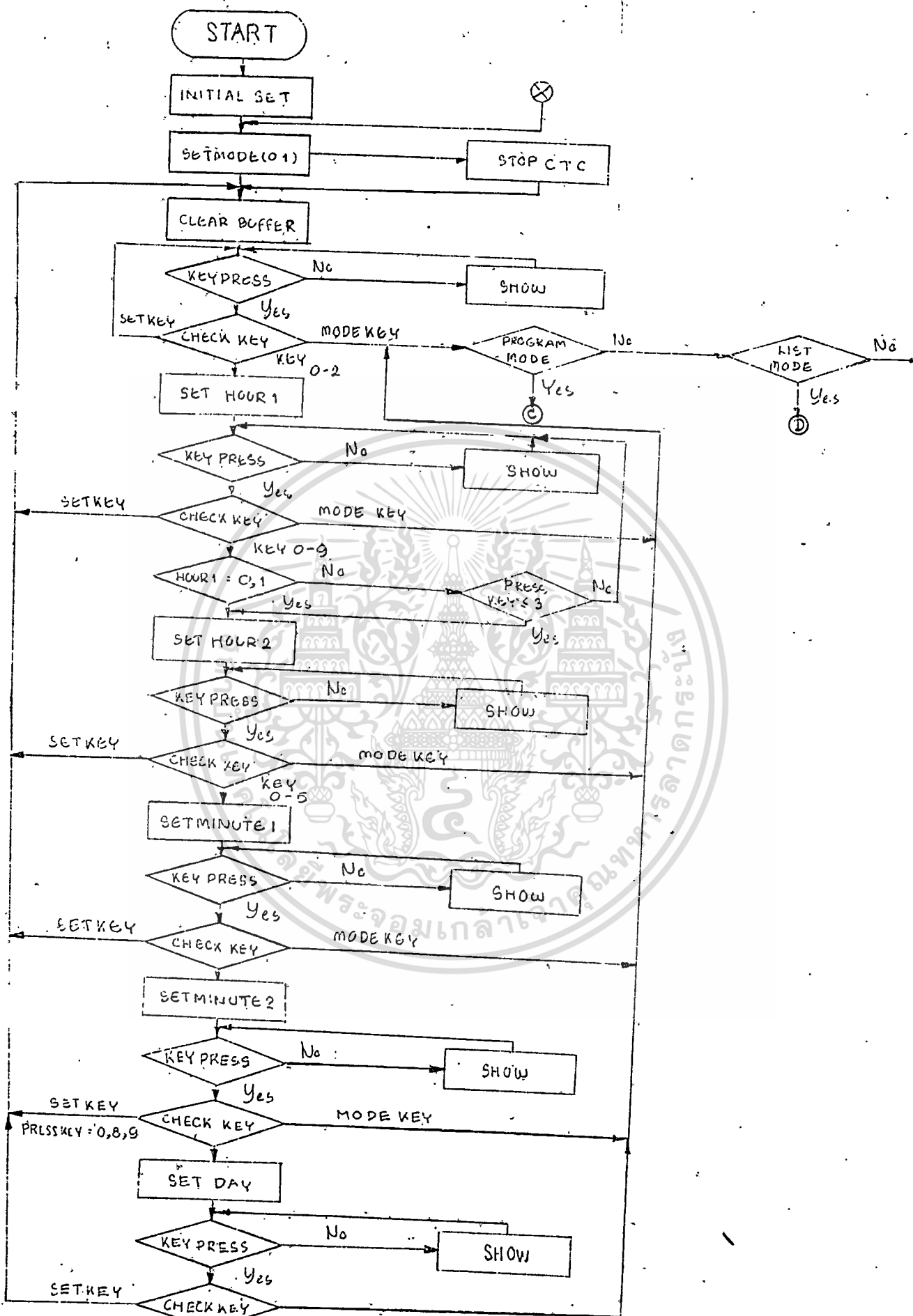
2. โหมดโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดเอาต์พุต (PROGRAM MODE)

ในโหมดนี้มีการทำงานคล้ายกับโหมดตั้งเวลา ซึ่งจะต่างกันที่ในโหมดโปรแกรมนี้นี้ จะเพิ่มค่าสถานะของเอาต์พุตคือเปิดหรือปิดและช่องเอาต์พุตที่ต้องการโปรแกรม ซึ่งมีไฟลว์ชาร์ตทั้งรูป

เมื่อเข้าสู่โหมดโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดเอาต์พุต จะทำการเซตค่าชั่วโมงหลักแรก ถ้าเป็น 9 จะแสดงว่าผู้ใช้ต้องการที่จะลบโปรแกรมทั้งหมด ถ้าเป็น 0-2 แสดงว่าต้องการตั้งโปรแกรมเวลา

การโปรแกรมเวลาโดยเริ่มจากชั่วโมง, นาที, และวัน โดยใช้ซอฟต์แวร์ร่วมกันกับโหมดตั้งเวลา จากนั้นก็จะเซตสถานะเอาต์พุต โดยเซตคีย์ที่ผู้ใช้กด ถ้ากดคีย์ "0" แสดงว่าต้องการโปรแกรมให้เอาต์พุตหยุดทำงาน (OFF) ถ้าเป็น "1" แสดงว่าต้องการโปรแกรมให้เอาต์พุตเริ่มทำงาน (ON)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SET MODE

เมื่อได้สถานะที่ผู้ใช้กดคีย์แล้ว ต่อไปที่ทำการเช็คคีย์ที่ใช้แทนช่องเอาต์พุต โดยเอาต์พุตทั้งหมดมี 8 ช่องเอาต์พุต ใช้คีย์ "1" แทนช่องเอาต์พุตที่ 1, คีย์ "2" แทนช่องเอาต์พุตที่ 2 ตามลำดับจนถึง 8 ช่อง เมื่อผู้ใช้ป้อนช่องเอาต์พุตเสร็จ โปรแกรมจะรอรับค่าชั่วโมงหลักแรกใหม่ วนกลับไปเรื่อยๆ จนได้โปรแกรมที่ต้องการ เมื่อผู้ใช้กดคีย์โปรแกรมอีกครั้ง โปรแกรมจะทำการเช็คค่าวัน, เวลา, สถานะ ช่องว่าครบหรือไม่ ถ้าครบและถูกต้องก็จะเก็บโปรแกรมลงหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่ว่าง และแสดงเวลาเป็น 00:00 และช่องเอาต์พุตเป็น 0 แสดงว่าพร้อมรับโปรแกรมใหม่

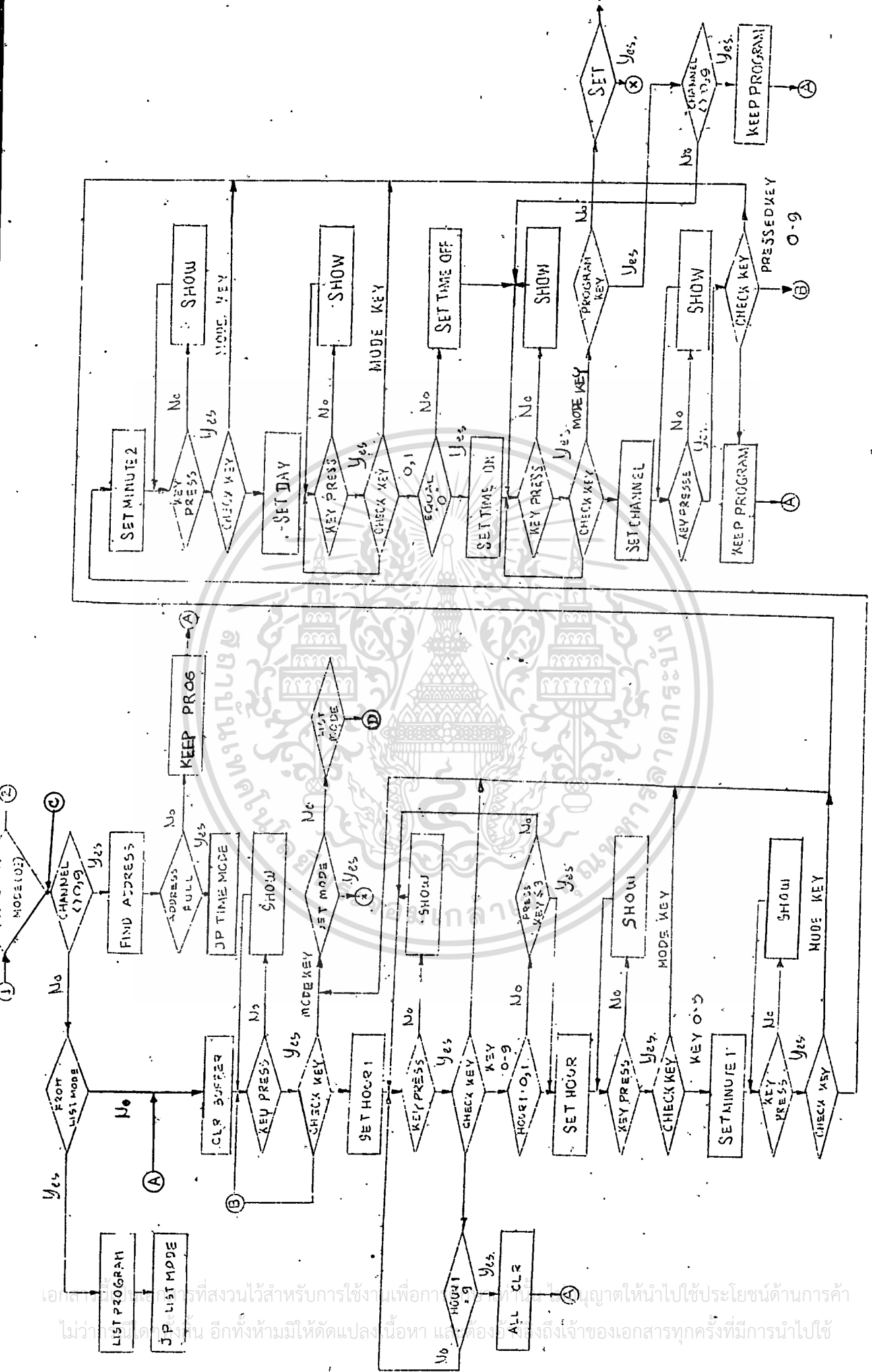
ถ้าในหน่วยความจำเต็มจะแสดงคำว่า " FULL " ที่จอแสดงผลประมาณ 2 นาที แล้วก็จะเข้าสู่โหมดเวลาโดยอัตโนมัติ โปรแกรมจะมีขนาด 8 ไบท์ ในการเก็บโปรแกรมในหน่วยความจำนั้น เราจะเปลี่ยนค่าชั่วโมง, นาที เป็นฐาน 16 ซึ่งทำให้ประหยัดหน่วยความจำลง ลักษณะของโปรแกรมที่เก็บลงในหน่วยความจำมีลักษณะดังนี้

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
DAY	---	DAY	HO	UR	---	---	---
X	X	MINUTE	---	---	---	---	---
ON/OFF	PRO	X	X	X	CHANEL		

"0" ไม่มีโปรแกรม
 "1" มีโปรแกรม
 "0" เอาต์พุต "ON"
 "1" เอาต์พุต "OFF"

แอดเรสแรกเราเก็บค่าวันและชั่วโมงไว้ ซึ่งชั่วโมงถูกเปลี่ยนให้เป็นฐาน 16 แล้วเราจะใช้ทั้งหมด 5 บิต = $2^5 = 32$ ชั่วโมง เราใช้เพียง 23 ชั่วโมงเท่านั้น ส่วนแอดเรสถัดมาเราเก็บค่านาที ซึ่งเก็บไว้ในรูป 36 ไคเท่ากับ $2^6 = 64$ นาที ซึ่งเราใช้เพียง 59 นาที ส่วนแอดเรสสุดท้ายนี้ ใช้ประโยชน์ในการเช็คหาตำแหน่งว่างในหน่วยความจำ เพื่อที่จะนำโปรแกรมที่ผู้ใช้โปรแกรมเวลาใหม่ลงไปเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3. โหมดแสดงโปรแกรม (LIST MODE)

ในโหมดนี้ใช้สำหรับอ่านโปรแกรมในแต่ละห้อง ที่ผู้ใช้ได้ป้อนเข้าไปแล้ว ซึ่งแบ่งเป็น

3.1 แสดงโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดเอาต์พุตของแต่ละห้อง

3.2 แสดงอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดและสูงที่สุด ของแต่ละห้อง

ซึ่งในโหมดนี้ จะมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในโฟลว์ชาร์ต เมื่อเข้าสู่โหมดนี้ จะทำการเช็คคีย์ที่แทนด้วยช่องเอาต์พุตที่ต้องการแสดงค่าออกมา ซึ่งคีย์ที่กดจะอยู่ในช่วง 1-8 แทนช่องเอาต์พุตช่องที่ 1-8 เมื่อได้ค่าช่องเอาต์พุตที่ผู้ใช้กดแล้ว ก็จะไปดูประวัติคีย์ที่แทนช่องเอาต์พุตใหม่ จนกระทั่งผู้ใช้ได้ช่องเอาต์พุตที่ต้องการลิสต์ จากนั้นผู้ใช้กดคีย์โปรแกรมหรือคีย์อุณหภูมิ ซึ่งเมื่อกดคีย์ "PROG" ก็จะเข้าสู่โหมดโปรแกรม ในโหมดโปรแกรมนี้นี้ จะมีซอฟต์แวร์คอยเช็คค่าที่มาจากโมดลิสต์เพื่อลิสต์โปรแกรมเปิด-ปิดเอาต์พุตของช่องนั้น เมื่อลิสต์ค่าในช่องนั้นจนหมด ก็จะกลับเข้าสู่โหมดลิสต์เหมือนเดิม เมื่อกดคีย์ "TEMP" ก็จะเข้าสู่โหมดอุณหภูมิ ซึ่งในโหมดนี้ก็มีซอฟต์แวร์ คอยเช็คค่าที่ส่งมาจากโมดลิสต์เหมือนในโหมดโปรแกรม เมื่อแสดงค่าอุณหภูมิค่าต่ำ-สูงที่สุดแล้ว ก็จะกลับเข้าสู่โหมดลิสต์ดังเดิม เพื่อให้ผู้ใช้เรียกดูค่าโปรแกรมหรืออุณหภูมิห้องอื่นต่อไป

4. โหมดเวลา (TIME MODE)

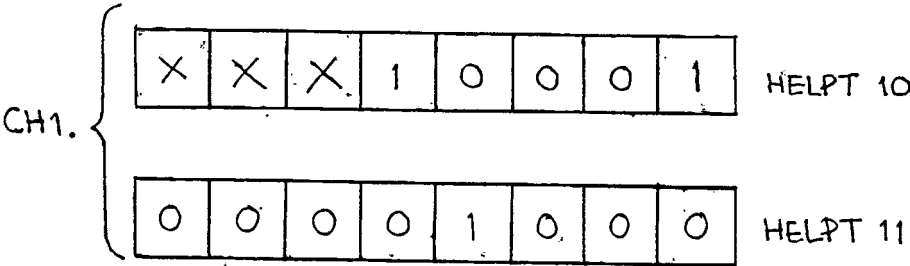
เมื่อผู้ใช้ไม่ต้องการที่จะป้อนโปรแกรมอีกแล้ว ในคีย์ใหม่ ก็จะเข้าสู่โหมดเวลา ซึ่งในโหมดนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดย่อยดังนี้

4.1 ON/OFF เอาต์พุตโดยใช้โปรแกรม

ทำงานในโหมดนาฬิกา คือแสดงเวลาและวันโดยจะเพิ่มค่าเวลาขึ้น 1 นาที โดยใช้การอินเตอร์รัทท์ที่ส่งมาจาก ซีทีซี. ซึ่งมีความถี่เท่ากับ 1/60 เฮิรตซ์ เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัทท์ส่งมาจาก ซีทีซี. ให้แก่ Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการเพิ่มค่าเวลาขึ้น 1 นาที จากนั้นจะทำการเช็คเวลาในขณะนั้นกับเวลาในโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดเอาต์พุต ถ้าช่องเอาต์พุตใดมีเวลาตรงกับเวลาขณะนั้น มอนิเตอร์โปรแกรมจะส่งให้ออน/ออฟช่องเอาต์พุตช่องนั้น ตามที่ผู้ใช้ได้โปรแกรมไว้ก่อนหน้านี้

เมื่อทำการเช็คจนครบ 8 ช่องเอาต์พุต ก็จะมาทำการเช็คดูว่าห้องใดบ้างที่ช่องเอาต์พุตใดออนไปแล้ว และยังอยู่ในช่วงให้ออนอยู่แล้วจะทำการส่งค่าไปให้เกท(GATE) ห้องนั้นๆ ปิด และซีทีซีจะอ่านค่าเข้ามาทำการประมวลผล และส่งสัญญาณไปออน/ออฟที่มอดูเลเตอร์คอมพิวเตอร์ตามที่ประมวลผลได้ ถ้าเวลาตรงกันก็จะทำการออน/ออฟเอาต์พุตช่องนั้นตามโปรแกรม เมื่อออน-เอาต์พุตช่องนั้นแล้วก็จะทำการเช็คค่าตำแหน่งในหน่วยความจำที่ช่วยในการตรวจสอบว่า ขณะนี้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

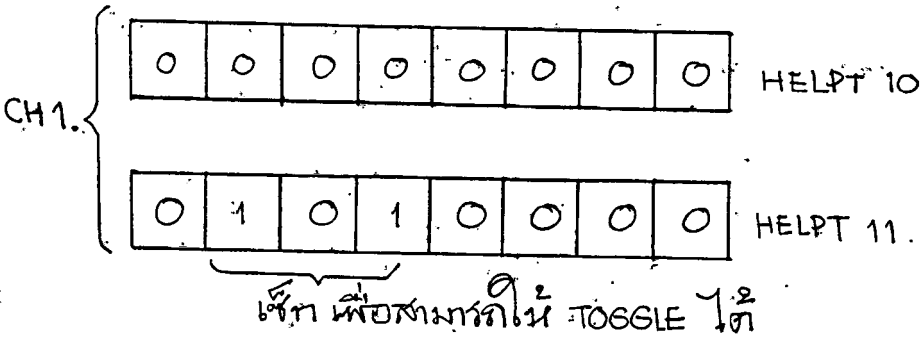
ขณะนี้ช่องเอาต์พุตทั้งข้างบนอยู่ หรือออพอยู่ สมมุติเอาต์พุตช่องนั้นนอน ตำแหน่งในหน่วยความจำที่ช่วยในการตรวจสอบคือ HELPT 10, HELPT 11 จะถูกเซ็ทให้อยู่ในสภาวะ ดังนี้



BIT 4 ของ HELPT 10 จะถูกเซ็ทให้เป็น "1" แสดงว่า Compressor "ON"
 BIT 3 ของ HELPT 11 จะถูกเซ็ทให้เป็น "1" แสดงต้องให้ต่อนานภูมิ
 BIT 7 ของ HELPT 11 จะถูกเซ็ทให้เป็น "0" แสดงถึง AUTO MODE

เมื่อเวลาผ่านไปอีก นาที ซีพียูจะมาเช็คที่ HELPT 10 ว่า เอาต์พุตช่องใดที่จะ
 ต้องการเพิ่มเวลา ถ้า HELPT 10 มีค่าของช่องเอาต์พุตนั้นอยู่ จะทำการเซ็ทค่าใน HELPT 11
 ต่อไป โดยจะเซ็ทค่า บิต 0,1,2 ของ HELPT 11 มีค่าเท่ากับ 101 ซึ่งก็คือผ่านไปแล้ว 5 นาที-
 หรือยัง ถ้ายังไม่ครบก็จะทำการเพิ่มค่าขึ้น แต่ถ้าเท่ากับ 101 หรือผ่านไปแล้ว 5 นาที ก็จะทำการ
 ส่งค่าตัวหนึ่งออกไปที่พอร์ท ซึ่งค่าตัวนั้นจะถูกแปลงเป็นแรงดันค่าหนึ่ง แล้วถูกมอดูเลทส่งออกไป
 เอาต์พุตช่องนั้นเมื่อรับค่าตัวนี้ไปก็จะทำการส่งค่าอุณหภูมิกลับมาให้ซีพียูจะทำการประมวลผล ถ้า-
 ปรากฏสูงกว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ผู้ใช้กำหนดไว้ ซีพียูก็จะสั่งให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ออนต่อไป แต่
 ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ผู้ใช้ตั้งไว้ ซีพียูก็จะส่งค่าคำสั่งให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ออฟ
 และทำการรีเซ็ทค่าบิต 4 ของ HELPT 10

ถ้าเอาต์พุตช่องนั้นถูกโปรแกรมให้ออพบ้าง HELPT 10 และ HELPT 11 จะถูกเซ็ทดังนี้



บิตทุกบิตของ HELPT 10 จะถูกรีเซ็ต และบิต 3 ของ HELPT 11 จะถูกรีเซ็ตเช่นกัน ส่วนบิต 4 และบิต 6 จะถูกเซ็ตให้เป็น "1" ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้ Toggle ได้ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

การที่ซอฟต์แวร์เขียนให้ตรวจสอบอุณหภูมิห้องทุก 5 นาที ก็เพื่อป้องกันการเปิดปิดของคอมพิวเตอร์เร็วเกินไปซึ่งมอเตอร์คอมพิวเตอร์ควรจะเปิดปิดติดต่อกันได้เร็วที่สุดเมื่อมอเตอร์คอมพิวเตอร์ออฟไปแล้วอย่างน้อย 5 นาที ทั้งนี้เพื่อรอให้ความดันในระบบเครื่องปรับอากาศ อยู่ในสภาวะที่สมดุลเสียก่อน อีกอย่างคืออุณหภูมิของห้องเปลี่ยนแปลช้า เราถูกออกแบบให้ตรวจสอบอุณหภูมิทุก ๆ 5 นาที ขณะที่เครื่องปรับอากาศทำงาน

4.2 ON/OFF เอาท์พุทโดยใช้ Toggle หรือ Manual Mode

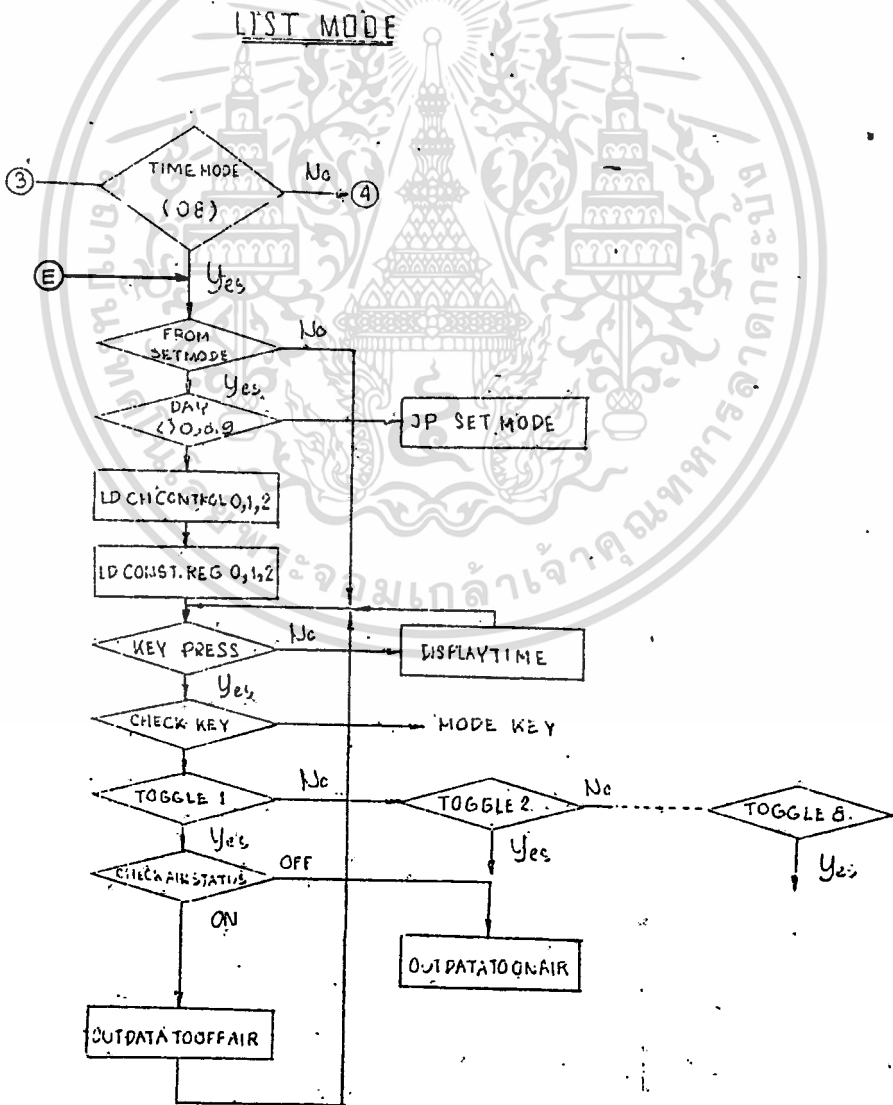
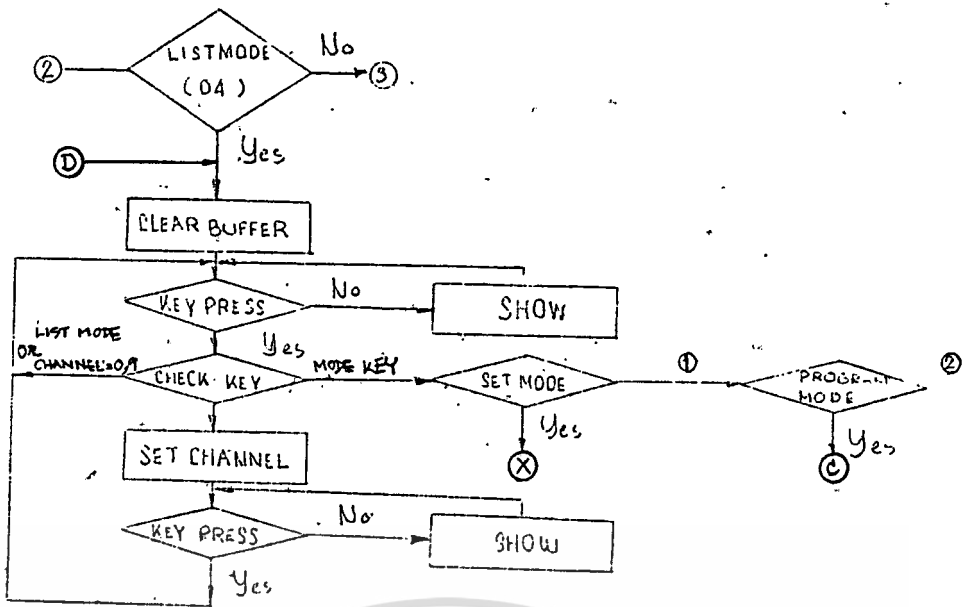
ขณะที่อยู่ในโหมดใหม่นี้ นอกจากจะแสดงวันและเวลาแล้ว ยังสแกนดีบอร์ตด้วย ทั้งนี้เพราะว่ามอนิเตอร์โปรแกรมได้ถูกเขียนขึ้นเพื่อให้สามารถที่จะออฟหรือออนเอาท์พุทได้ทันที แต่ก็ยังมีข้อแม้ก็คือ ในช่วงที่เครื่องปรับอากาศออฟอยู่ จะทำการ Toggle ให้อนทันทีหลังจากที่ออฟไปแล้วไม่ได้ ต้องผ่านไปแล้ว 5 นาที เช่นกัน ส่วนการ Toggle ให้ออฟนั้นจะทำได้ทันที

การที่ทอกเกิล (Toggle) จากออฟไปเป็นอนนั้น ค่าของ HELPT 10, HELPT 11 จะเซ็ตให้มีค่าดังนี้

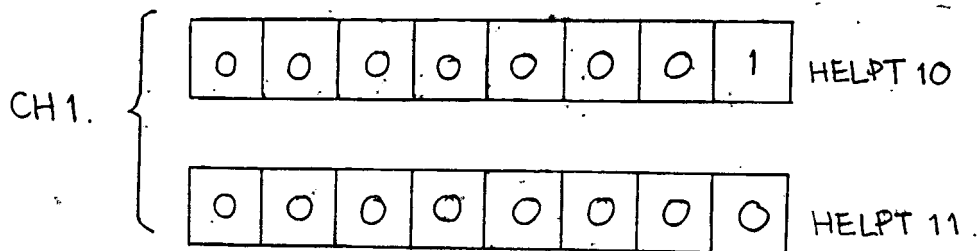
CH1.	{	X	X	X	1	0	0	0	1	HELPT 10
		1	0	0	0	1	0	0	0	HELPT 11

ที่ HELPT 10 จะถูกเซ็ตกับ ON ด้วยโปรแกรม ส่วน HELPT 11 นั้นที่บิต 3 นอกจากจะถูกเซ็ตแล้วบิต 7 ยังถูกเซ็ตอีก ทั้งนี้เพื่อให้รู้ว่าเป็นการอนด้วยทอกเกิล จึงไม่ต้องทำการออฟเครื่องปรับอากาศด้วยโปรแกรม จะออฟได้ก็โดยที่อุณหภูมิลดลงถึงเกณฑ์ที่กำหนด

การ ON ด้วยทอกเกิลจะยังมีการตรวจสอบอุณหภูมิของห้องนั้นทุก 5 นาที เช่นเดียวกับการ ON ด้วยโปรแกรม ส่วนการที่ทอกเกิลด้วยออฟนั้น ค่าของ HELPT 10 และ HELPT 11 จะถูกเซ็ตบิตต่าง ๆ ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง TIME MODE เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

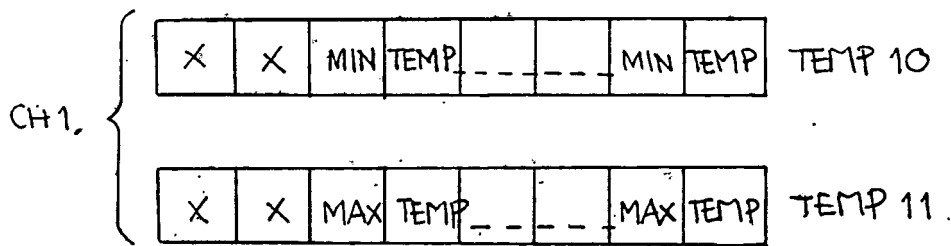


HELPT 10 จะถูกเซตให้มีความเท่ากับช่องเอาต์พุต และใน HELPT 11 จะถูกรีเซตให้เป็น "0" หมก ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที โปรแกรมจะเขียนให้เซตบิต 3 ของ HELPT 11 ว่าบนหรือออฟอยู่ ถ้าออฟก็จะทำการตรวจสอบบิต 4,5,6 ว่ามีความเท่ากับ 101 หรือไม่ ซึ่งถ้าไม่พิจารณาบิต 0,1,2,3 แล้วก็จะดูเหมือน ซึ่งก็คือออฟไป 5 นาที หรือยัง ถ้ายังจะทำการเพิ่ม จนกระทั่งเวลาผ่านไป 5 นาที บิต 4,5,6 ก็จะเท่ากับ 101 ซึ่งขณะนี้เราสามารถที่จะถือโอกาสให้เอาต์พุตตอนได้ เมื่อถือโอกาสก็จะแสดง วัน, เวลาปกติต่อไป

5. โหมดอุณหภูมิ (TEMPERATURE MODE)

เป็นโหมดที่ใช้ป้อนอุณหภูมิค่าสุดและสูงสุดในแต่ละช่องเอาต์พุต ซึ่งผู้ใช้จะต้องเข้าสู่โหมด "TEMP" โดยการกดคีย์ "TEMP" เมื่อเข้าสู่โหมดอุณหภูมิโปรแกรมจะเริ่มเซตคีย์ที่ผู้ใช้กดครั้งแรกเป็นคีย์ที่ใช้แทนช่องเอาต์พุต 1-8 เมื่อได้ช่องเอาต์พุตที่ต้องการแล้ว มอนิเตอร์โปรแกรมจะสั่งให้แอล.อี.ที. ที่ใช้แสดงค่าต่ำสุดสว่าง ซึ่งเป็นการบอกผู้ใช้ให้รู้ว่าค่าที่จะป้อนต่อไปเป็นค่าอุณหภูมิค่าสุด ซึ่งอยู่ระหว่าง 10-45 องศาเซลเซียส ถ้าผู้ใช้ป้อนผิดเครื่องจะไม่ยอมรับค่านั้นเมื่อได้ค่าอุณหภูมิค่าสุดครบสองหลัก แอล.อี.ที. ที่ใช้แสดงค่าต่ำสุดจะดับและแอล.อี.ที. ที่ใช้แสดงค่าสูงสุดกับสว่างแทน ผู้ใช้จะต้องป้อนค่าอุณหภูมิสูงสุดให้สูงกว่าหรืออย่างน้อยต้องเท่ากับค่าอุณหภูมิค่าสุดเพราะจึงจะรับค่า ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 10-45 องศาเซลเซียสเช่นกัน

ในการเก็บค่าอุณหภูมิ ก็จะเปลี่ยนเป็นฐาน 16 เช่นเกี่ยวกับในโหมดโปรแกรม ซึ่งมีลักษณะการเก็บในหน่วยความจำดังนี้



ขนาดโปรแกรมอุณหภูมินี้ใช้หน่วยความจำขนาด 2 กิโลไบต์

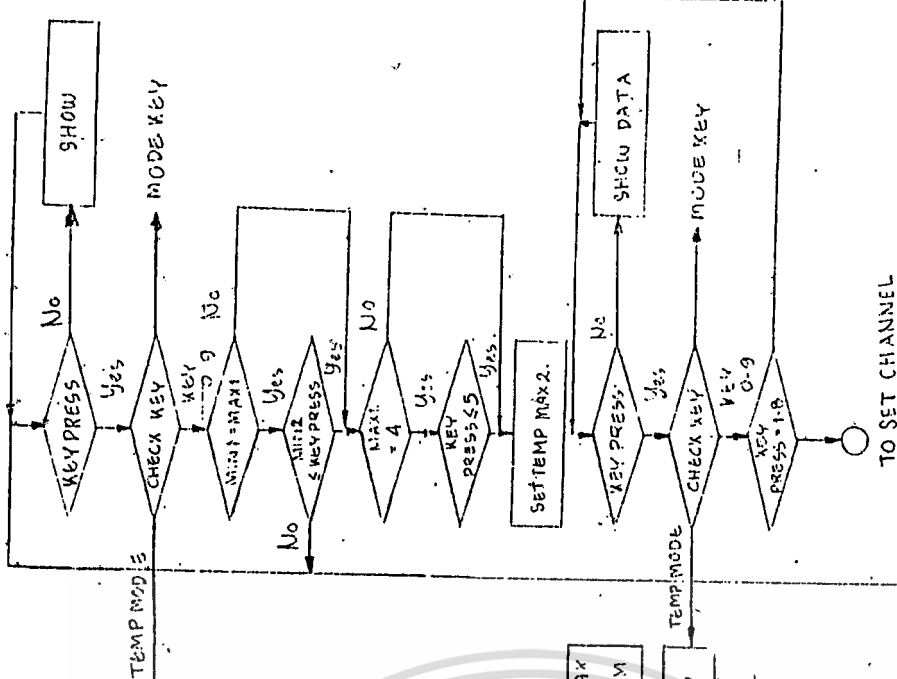
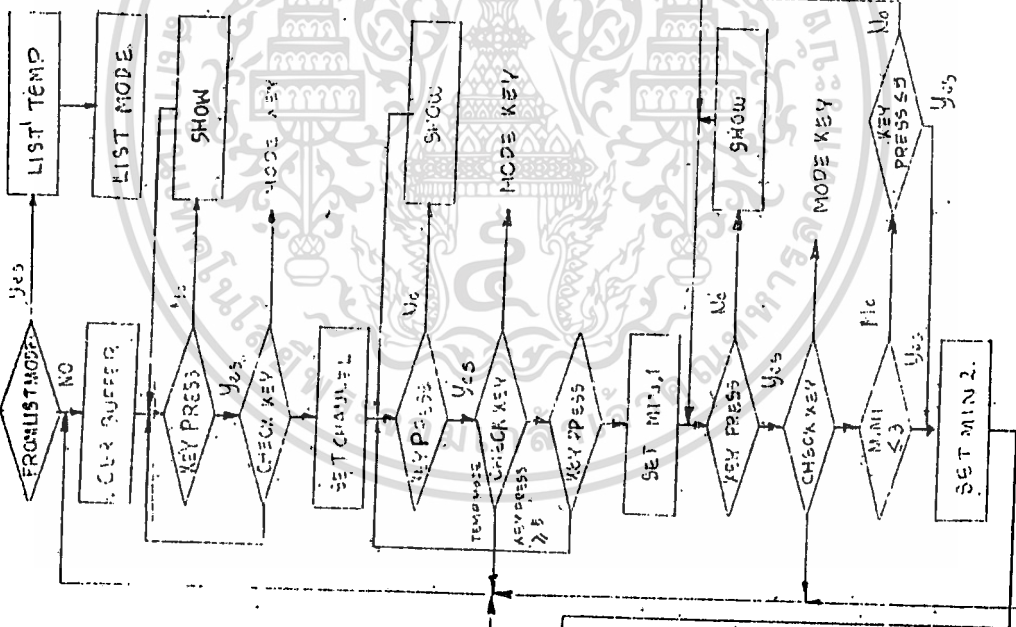
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMP MODE
(10H)

④

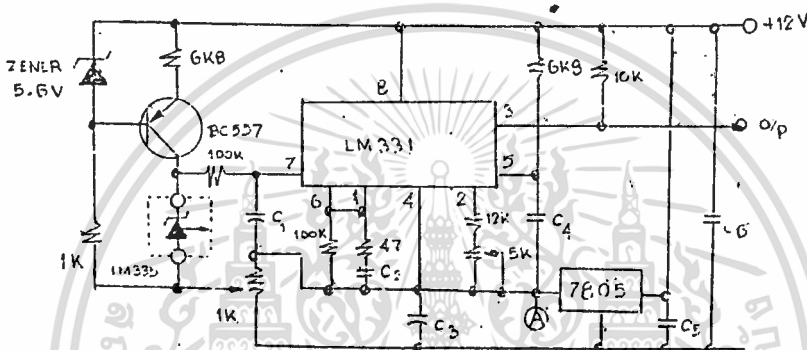
⑤



การทดลอง และ ผลการทดลอง

ในการทดลองเราแบ่งการทดลองออกเป็นภาคๆ และจะทำการทดลองจนได้เอาท์พุทของภาคนั้นๆตามที่ต้องการจนครบทุกภาค จากนั้นก็จะนำแต่ละภาคมาต่อรวมกันจนเป็นวงจรที่สมบูรณ์ แล้วทำการทดลองเพื่อปรับให้ค่าอินพุทและเอาท์พุทของวงจรแต่ละภาคได้ค่าที่เหมาะสมกับภาคที่ต่อรวมกันอยู่ เมื่อได้ค่าที่เหมาะสม วงจรทั้งหมดก็สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

10.1 การทดลองภาค T/V และภาค V/F



รูปที่ 10.1 แสดงวงจรภาค T/V และภาค V/F

จากวงจรเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป แรงดันที่ตกคร่อมไอซี 335 ก็จะเปลี่ยนไปด้วย แรงดันที่ตกคร่อมนี้เป็นแรงดันอินพุทของภาค V/F จะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ และถ้าแรงดันอินพุทของภาค V/F สูงขึ้น ความถี่เอาท์พุทของภาคนี้อาจจะมีค่ามากขึ้น ฉะนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความถี่เอาท์พุทของภาคนี้อาจจะสูงขึ้น ซึ่งเราได้ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความถี่เอาท์พุทคือ ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศาเซลเซียส จะทำให้ความถี่เอาท์พุทเปลี่ยนแปลงไป 10 เฮิรตซ์ เราสามารถปรับแต่ง VR_1 และ VR_2 เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ตามต้องการ

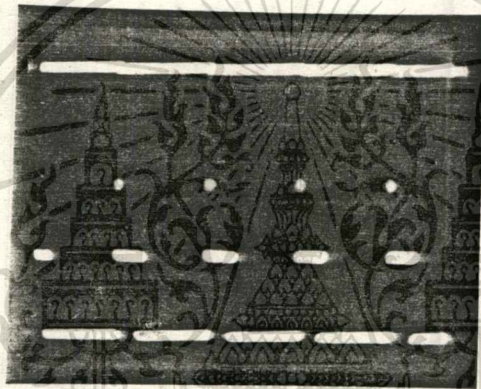
10.2 การทดลองภาค MOD

ภาคนี้คือ ภาคมอดูเลชั่น ซึ่งทำการมอดูเลชั่นความถี่ที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิ สัญญาณอินพุทที่เราจะมอดูเลชั่นอยู่ในลักษณะที่เป็นพัลส์ไคเคิล (Duty Cycle) หรือไมก็ต้อองเกือบจะเป็นลักษณะพัลส์ไคเคิล จึงจะสามารถมอดูเลชั่นกับคลื่นพาห้ที่เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square wave) ได้ ดังนั้นเราจึงนำเอาท์พุทของภาค V/F ผ่านการปรับพัลส์ไคเคิลโดยผ่านไอ.ซี. 555 ซึ่งมีวงจรทั้งรูปที่ 10.2 และมีรูปคลื่นดังรูปที่ 10.3

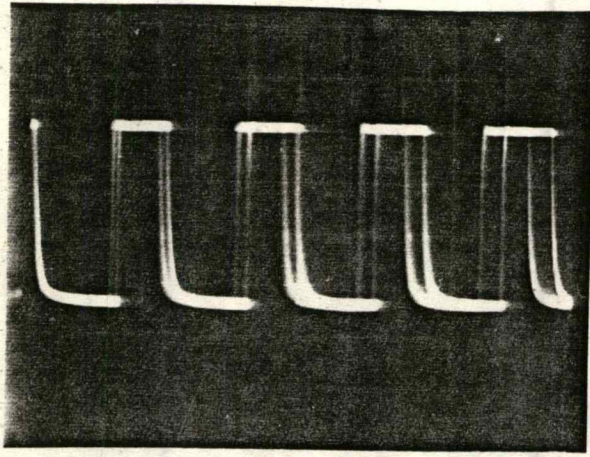
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.2



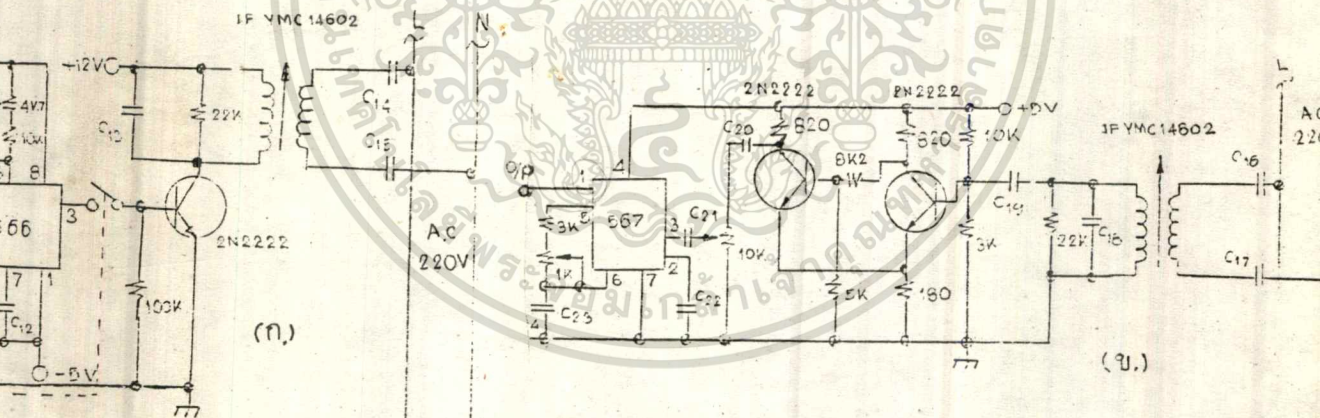
-70-



รูปที่ 10.5 แสดงรูปคลื่นพาห์เมื่อมอดูเลตแล้ว

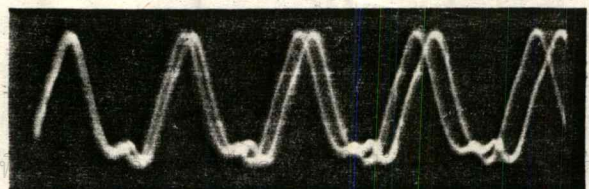
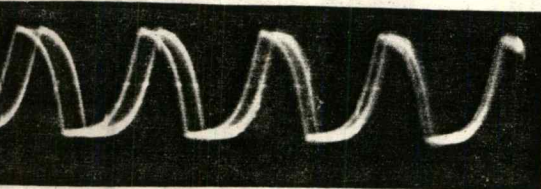
10.3 การทดลองภาค DEM

ภาคนี้คือ ภาคที่มอดูเลชั่น โดยทำการทดลองร่วมกับภาคมอดูเลต ทั้งนี้เพื่อจะทราบว่า สัญญาณที่ถูกที่มอดูเลชั่นนี้ จะยังคงมีลักษณะเหมือนอินพุตที่ถูกมอดูเลชั่นหรือไม่ จากการทดลอง เรา ได้วัดสัญญาณที่ขาคอลเล็กเตอร์ของวงจรมอดูเลตเทียบกับวงจรที่มอดูเลต ดังแสดงในรูปที่ 10.6



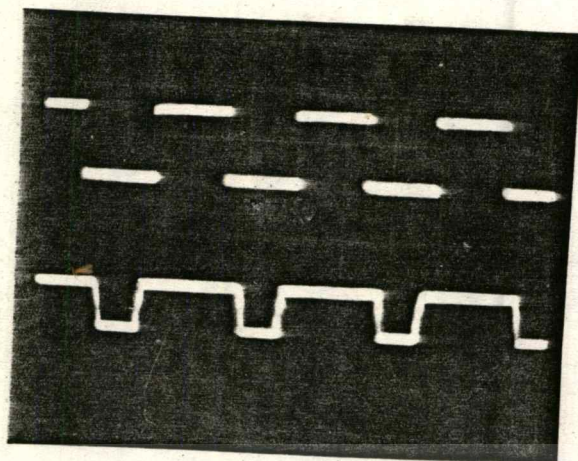
รูปที่ 10.6 แสดงวงจร (ก) ภาคมอดูเลชั่น (ข) ภาคที่มอดูเลชั่น

สัญญาณอินพุตที่ป้อนให้ภาคมอดูเลชั่น จะต้องถูกปรับให้มีขนาดที่เหมาะสม จึงจะได้ เอาท์พุทที่ภาคที่มอดูเลชั่นในลักษณะที่ใกล้เคียงกับอินพุตในภาคมอดูเลชั่น ดังแสดงในรูปที่ 10.7



ไม่ที่รื้อได้อีกทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องนำขึ้นทูลเกล้าฯ ถวาย และต้องนำขึ้นทูลเกล้าฯ ถวาย และต้องนำขึ้นทูลเกล้าฯ ถวาย

สัญญาณอินพุทภาค
มอดูเลชัน



สัญญาณเอาต์พุทภาค
มอดูเลชัน

รูปที่ 10. 7 แสดงภาพรูปคลื่นจากการมอดูเลชัน

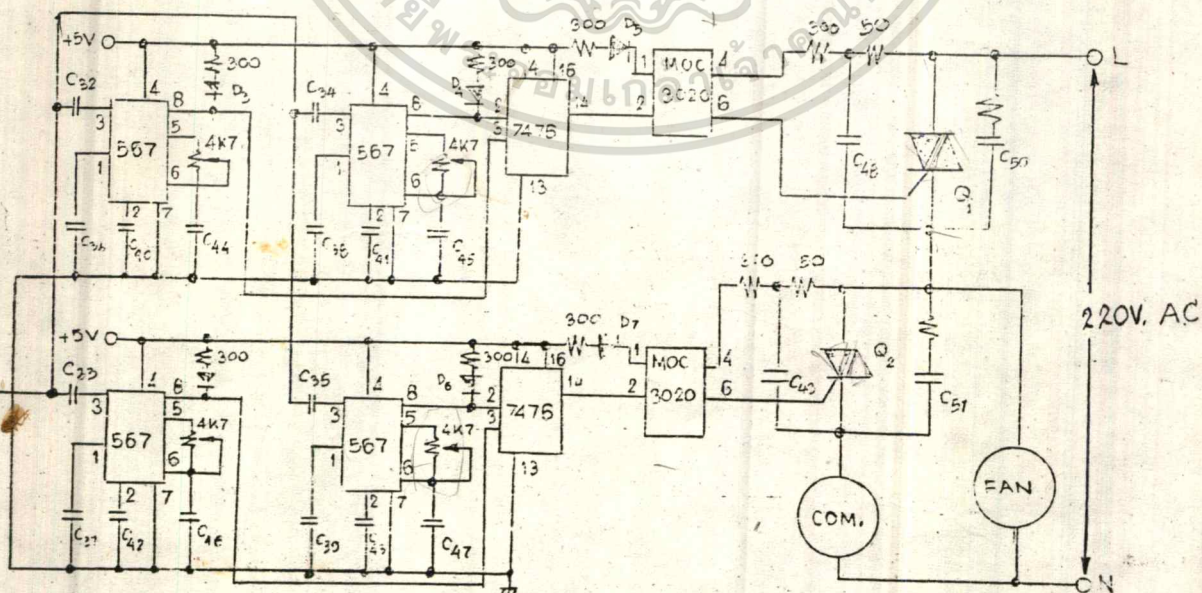
10.4 การทดลองภาค PLL

ภาคนี้คือ ภาคเฟสล็อกคัลบ ความต้านทานปรับค่าที่ต่อระหว่างขา 5 และ 6 ของไอ.ซี เบอร์ 567 ใช้สำหรับปรับค่าความถี่ที่ต้องการให้ล็อกที่ความถี่ต่างๆ ซึ่งค่าความต้านทานนี้มีความสัมพันธ์กับความถี่และค่าความจุไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ที่ขา 6 ดังนั้นคือ

$$F_L = 1.1/RC$$

ซึ่งค่าความต้านทานนี้จำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องเลือกค่าให้เหมาะสมกับความถี่ที่ต้องการให้วงจรเฟสล็อกคัลบทำการล็อกเฟส ส่วนของวงจรเฟสล็อกคัลบและส่วนวงจรขับโหลด แสดงดังรูปที่-

10.8

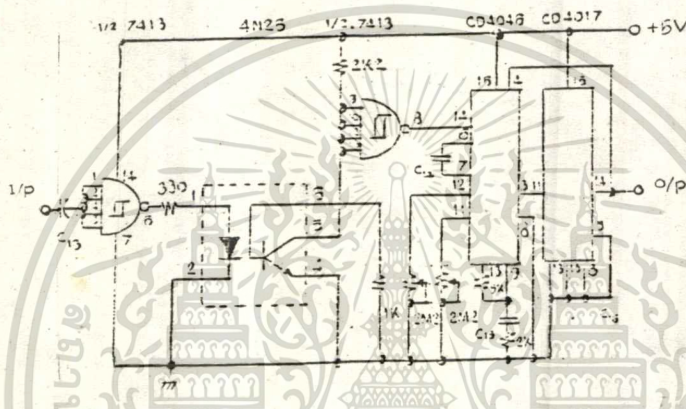


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

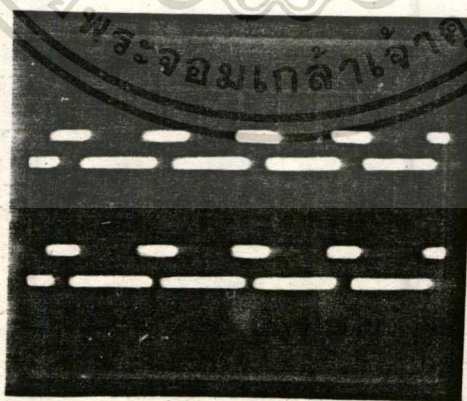
การทดลองที่ผ่านมาทั้งหมด เป็นส่วนที่ใช้ติดตั้งห้องที่ต้องการวัดหรือควบคุมอุณหภูมิ
แต่ก็มีบางภาคเช่น ภาคมอดูเลชัน, ติมอดูเลชัน ที่ต้องการใช้ในส่วนของวงจรที่ติดตั้งห้องควบคุม
อุณหภูมิกลาง

10.5 การทดลองภาค ISO

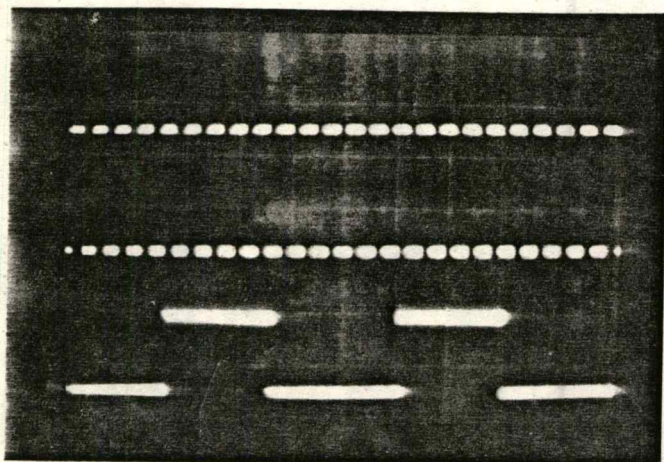
ภาคนี้คือภาคไอโซเลชัน หัวหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนที่มากับสัญญาณที่ถูกกีดมอดแล้ว ซึ่ง-
จะทำการทดลองร่วมกับวงจรผลิตหลายค่าความถี่ต่ำ ดังวงจรรูปที่ 10.9



รูปที่ 10.9 แสดงวงจรลดสัญญาณรบกวนที่มากับสัญญาณที่ถูกกีดมอดแล้ว



รูปที่ 10.10 แสดงภาพรูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุตของวงจรไอโซเลชัน

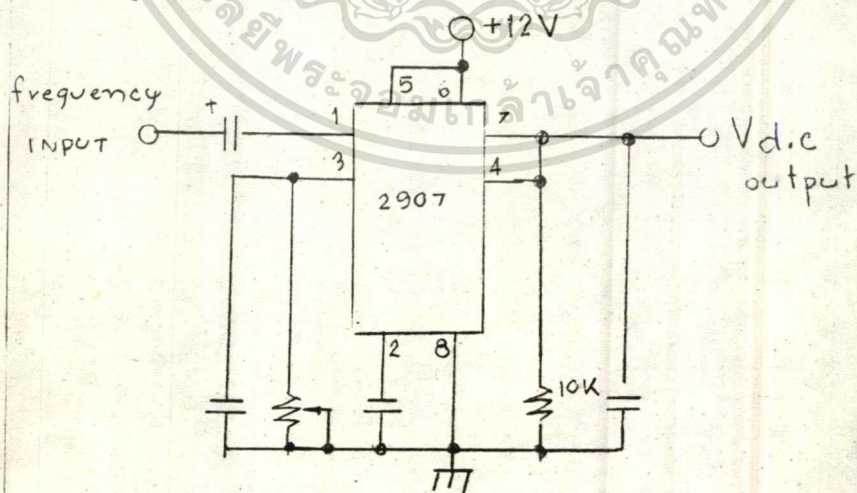


รูปที่ 10.11 แสดงภาพรูปคลื่นก่อนมัลติพลายก์และหลังมัลติพลายก์

เหตุที่ต้องทำการมัลติพลายก์ซ้ำเท่า ๆ ก็เพราะเราต้องการให้ช่วงสแปน (SPAN) สูงขึ้น เป็นการเปลี่ยนแปลง ของเวลาเซลล์เซ็ส คือการเปลี่ยนแปลง 100 เซ็ทซ์ ซึ่งจะทำให้ค่าผิดพลาดน้อยลง

10.6 การทดลองภาค F/V

ภาคนี้คือ ภาคเปลี่ยนความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า ความสัมพันธ์ความถี่อินพุตกับแรงดันเอาต์พุต คือ 1 กิโลเฮิรตซ์/ 1 โวลต์ เช่นความถี่อินพุตเป็น 2.5 กิโลเฮิรตซ์ จะได้แรงดันเอาต์พุตเป็น 2.5 โวลต์ เราสามารถปรับความต้านทานที่คอดที่ขา 3 ของไอ.ซี.เบอร์ 2907 เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตที่ต้องการ ดังวงจรในรูปที่ 10.12

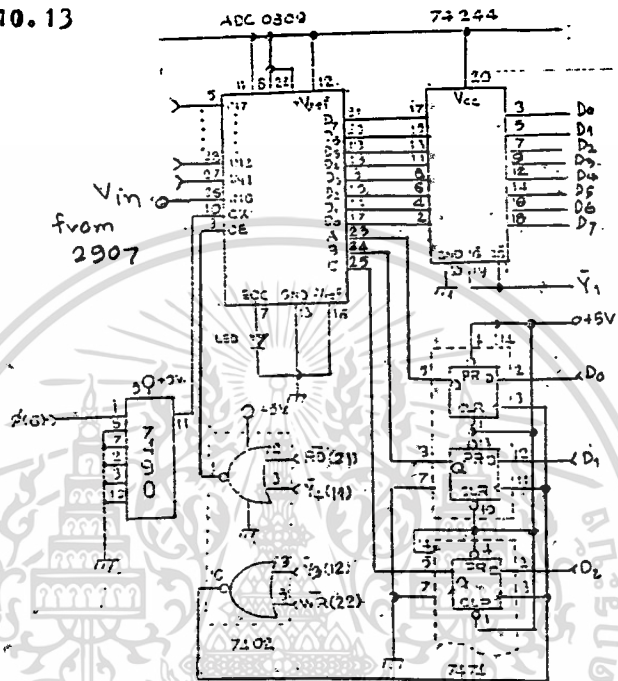


รูปที่ 10.12 แสดงวงจรเปลี่ยนความถี่เป็นแรงดัน

10.7 การทดลองภาค ADC

ภาคนี้คือ ภาคเปลี่ยนสัญญาณนาฬิกาเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต เพื่อจะไต่ต่อกับ Z-80 สัญญาณคล็อกที่ขา CK ของ ADC 0809 เราได้จากการนำเอาสัญญาณคล็อกของระบบซึ่งมีความถี่ 4 เมกะเฮิรตซ์ มาหาร 5 ด้วย 74LS90 ให้เป็นเหลือ 800 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งส่วนช่องวงจรแสดงดังรูปที่ 10.13

ADC 0809 74244



รูปที่ 10.13 แสดงวงจรเปลี่ยนอนาล็อกเป็นดิจิทัล

74-LS 74 ซาเลอกอนฟุทของ ADC 0809 นั้นถูกต่อกับเอาต์พุทของ ดีฟลิปฟล็อป เบอร์ 74-LS 74 ซึ่งจะให้อินพุทเข้านั้น ก็ขึ้นอยู่กับ Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์.

ในการทดลองเราจะต่อเอาหัวพุทซึ่งผ่านบัฟเฟอร์เบอร์ 74US244 เข้าลอจิกเทรน-
เนอร์ เพื่อหาค่าอินพุตและเอาพุต ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 10.1

ANALOG INPUT (V _{d.c})	DIGITAL OUTPUT
0.00	00H
0.02	01H
0.04	02H
0.06	03H
0.08	04H
"	"
4.97	FDH
4.99	FEH
5.00	FFH

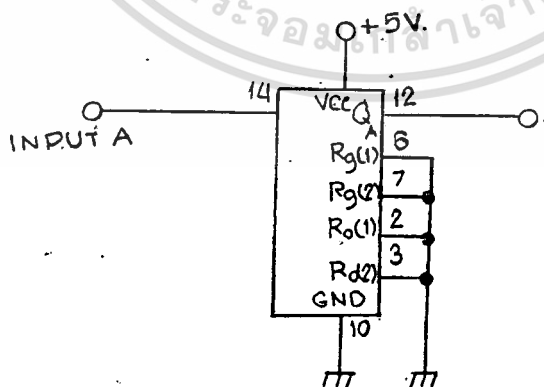
ค่าในตารางที่ 10.1 ใช้ในการเขียนมอนิเตอร์โปรแกรมในส่วนของการเทียบอุณหภูมิ
เบิก/บิกมอเทอร์คอมเพรสเซอร์

10.8 การทดลองภาค DAC

คือภาคเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนาล็อก เราจะต้องทดลองร่วมกับภาค V/F
ทั้งนี้เพื่อจัดทำตารางความสัมพันธ์ของสัญญาณดิจิทัลที่เป็นอินพุตของไอ.ซี. เบอร์ 1408 ซึ่งทำหน้าที่
เปลี่ยนดิจิทัลเป็นอนาล็อก เพื่อเป็นอินพุตของภาค V/F กับสัญญาณความถี่ซึ่งเป็นเอาต์พุตของภาค V/F
ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการเขียนมอนิเตอร์โปรแกรม ซีพียูจะให้ถึงการควบคุมให้ถูกต้อง ซึ่งความนับพันต์
ดังกล่าวให้ค่าต่างๆดังตารางที่ 10.2

DIGITAL INPUT	ANALOG OUTPUT (Vd.c)
00H	0.00
01H	0.02
02H	0.04
03H	0.05
04H	0.07
"	"
FDH	4.96
FEH	4.98
FFH	5.00

ทั้งนี้ให้กล่าวมาแล้วว่าเอาต์พุตที่ออกจากไอ.ซี. เบอร์ 331 จะไม่เป็นควิตี้ไเซลล์
จึงต้องปรับแต่งให้มีลักษณะควิตี้ไเซลล์ก่อนที่ป้อนเป็นอินพุตของภาคคอมพิวเตอร์ต่อไป โดยการใช้ไอ.ซี.
74LS 90 ทางรูป 10.2 เราจะได้รูปคลื่นลักษณะควิตี้ไเซลล์ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 10.14



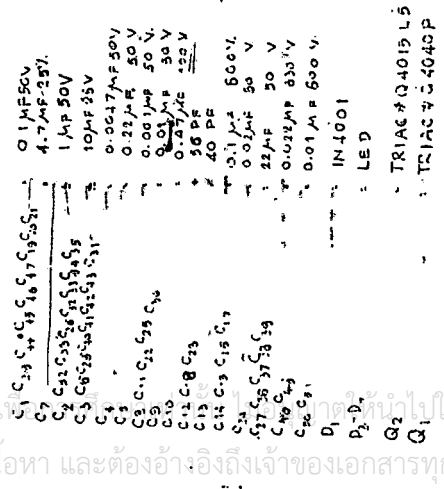
รูปที่ 10.14 แสดงวงจรปรับควิตี้ไเซลล์

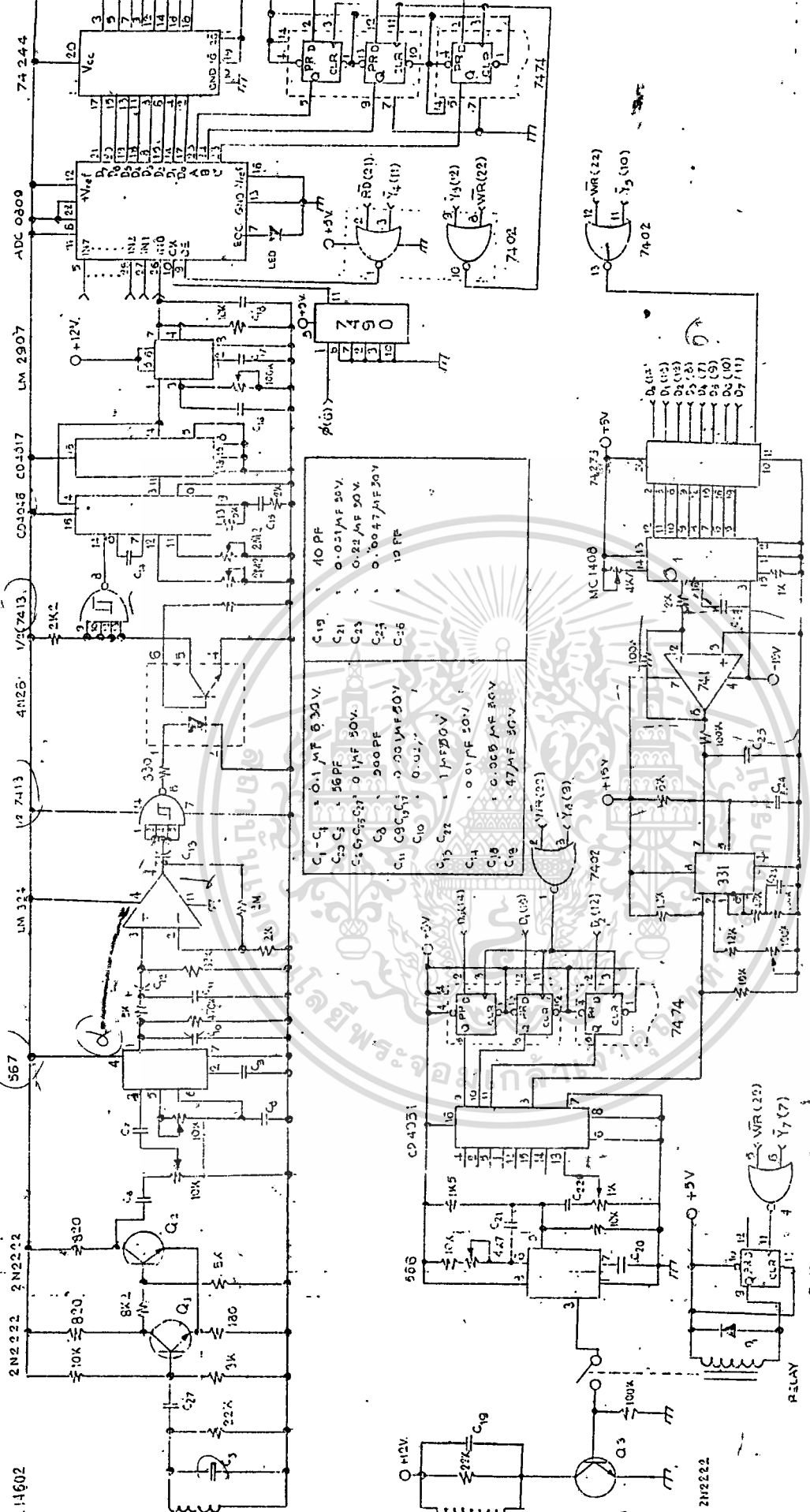
เพื่อนำข้อมูลนั้นไปแสดงบนจอภาพ ถ้าปรากฏมีข้อมูลแสดงบนจอก็แสดงว่าซีพียูส่งข้อมูลได้ ในทำ
นองเดียวกันก็ลองให้ซีพียูเป็นฝ่ายข้อมูลที่ส่งมาจากไมโครคอมพิวเตอร์บ้าง วงจรรูปที่ 10.18
ถ้าผลการทดลองได้ตามที่กล่าวไว้ เราก็สามารถที่จะใช้โครงงานนี้ควบคุมอุณหภูมิได้

.....



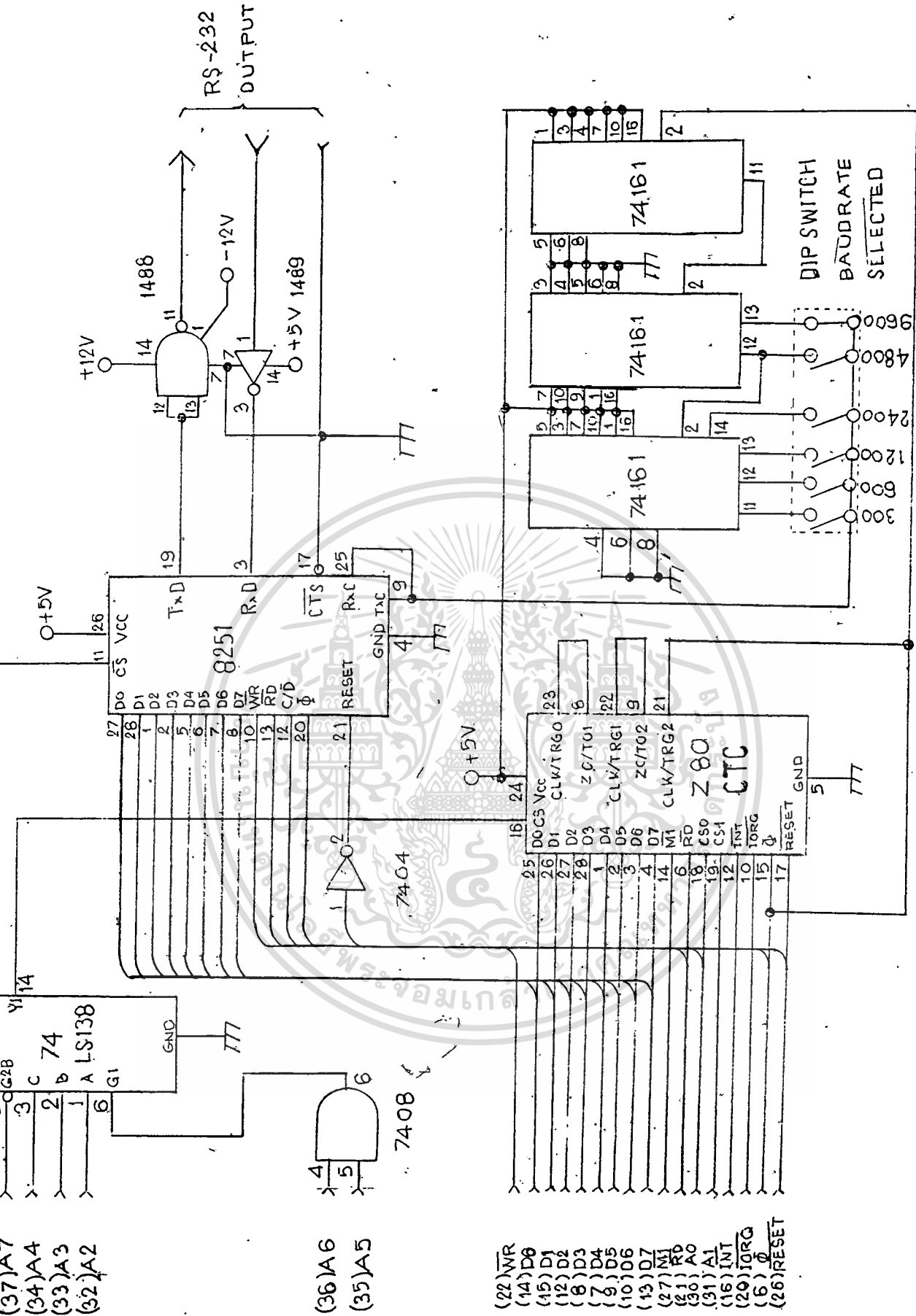
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





XR 9 - XL 16
 516 ๒๓ - 916 128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่...
 ไม่ว่าการใด...
 20V.
 10Hz



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานและส่วนของโปรแกรม

การใช้งาน

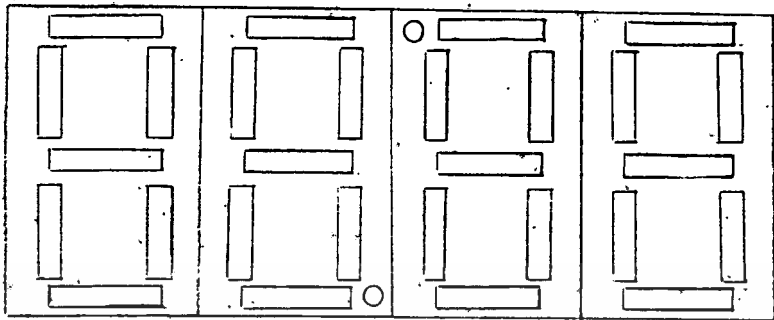
โหมด Set Time ทำการตั้งเวลานาฬิกาโดยตัวเลขจะแสดง 00:00 ขึ้นตอน - ในการตั้งเวลามีดังนี้

1. กดตั้งชั่วโมงก่อนโดยกดเลข 00-23 ตามเวลาชั่วโมงในระบบ 24 ชั่วโมง ตัวเลขที่กดจะไปปรากฏที่ตัวแสดงผล 2 หลักหน้า
2. กดตั้งนาฬิกาโดยกดเลข 2 หลัก 00-59 ตามเวลานาฬิกา ตัวเลขที่กดจะไปปรากฏที่ 2 หลักท้าย
3. กดตั้งวันด้วยเลข 1-7 โดยกดเลข 1 จะหมายถึงวันอาทิตย์, เลข 2 หมายถึงวันจันทร์.....เลข 7 หมายถึงวันเสาร์ ซึ่งจะแสดงด้วย LED 7 ตัวแทนประจำวันแต่ละวัน เมื่อตั้งชั่วโมง, นาทีและวันเสร็จ เราสามารถที่จะแก้ไขเวลาที่ตั้งไปแล้วใหม่ ได้ โดยกดคีย์ "SET" ใหม่ ตัวแสดงผล (DISPLAY) จะแสดงเวลาเป็น 00:00 และ LED ที่แสดงวันจะดับ แสดงว่าเราสามารถตั้งเวลาใหม่ได้ โดยมีขั้นตอนในการตั้งเวลาเหมือนเดิม เมื่อได้เวลาและวันตามที่ต้องการแล้ว กดคีย์ "TIME" นาฬิกาจะเริ่มเดินทันที เป็นอันว่าเรียบร้อยสำหรับการตั้งเวลานาฬิกา จากนั้นเราสามารถที่จะเข้าสู่โหมด "PROGRAM" ได้ โดยกดคีย์ "PROGRAM" เครื่องจะเข้าสู่โหมดโปรแกรมทันที ไทยจะแสดงตัวเลข 00:00 และ LED ที่แสดงโหมดจะสว่าง

การโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดของเครื่องปรับอากาศ มีขั้นตอนดังนี้

1. กดตั้งชั่วโมง, นาทีและวัน ที่ต้องการโปรแกรมเหมือนขั้นตอนเซต TIME ตัวเลขแสดงผลจะแสดงเวลาและวัน ตามที่กดเช่นกัน
2. ป้อนสภาวะโดยกดคีย์ "1" จะแสดงว่าต้องการให้เครื่องปรับอากาศเริ่มทำงาน LED แสดงสภาวะ ON จะสว่างขึ้น แต่กดคีย์ "0" จะแสดงว่าต้องการให้เครื่องปรับอากาศเลิกทำงาน ในทางตรงกัน LED แสดงสภาวะ OFF ก็จะมีแสงแทน เมื่อได้สภาวะที่ต้องการแล้วเราก็จะกดช่องเอาต์พุตที่ต้องการด้วยเลข 1-8 ซึ่งเอาต์พุตจะแสดงด้วย 7 Segment
3. เมื่อได้โปรแกรมตามที่ต้องการแล้ว กดคีย์ "PROGRAM" 1 ครั้งเป็นอันว่าขณะนี้โปรแกรมได้ถูกเก็บไว้เรียบร้อยแล้ว จะแสดงตัวเลข 00:00 อีกครั้ง แสดงว่าพร้อมจะรับการโปรแกรมใหม่ ถ้าต้องการโปรแกรมต่อไปอีกให้ซ้ำตามข้อ 1 ถึง 3 ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเฉพาะรายบุคคลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1 CH2 CH3 CH4 CH5 CH6 CH7 CH8

SUN MON TUE WED THU FRI SAT

MIN.

TEMP

MAX

AC

ON

OFF

SET

LIST

PROG

TIME

SET

PROG

LIST

TIME

8

9/AC

CLR

TEMP

4

5

6

7

0

1

2

3

แสดงภาพทิสเพลย์หน้าปัดและคีย์บอร์ดชุดคอนโทรลยูนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโปรแกรมค่าอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด มีขั้นตอนดังนี้

เมื่อทำการโปรแกรมเวลาเสร็จ ให้ทำการกำหนดอุณหภูมิของเอาต์พุตช่องนั้นๆ โดยเข้าสู่โหมด "Temperature" โดยกดคีย์ "TEMP" เครื่องจะเข้าสู่โหมดอุณหภูมิทันที โดยจะแสดงตัวเลข 00:00 และ LED แสดงโหมดจะสว่าง มีขั้นตอนการป้อน ดังนี้

1. เลือกช่องที่ต้องการตั้งค่าอุณหภูมิด้วยเลข 1-8 ซึ่งจะแสดงด้วย 7 Segment ตัวเดียวกันกับที่ใช้ในโหมดโปรแกรม

2. เมื่อป้อนช่องเสร็จ LED ที่ใช้แสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุด(MIN) จะสว่างแสดงว่าค่าที่จะป้อนต่อไปเป็นค่าต่ำสุดของอุณหภูมิที่เราต้องการตั้ง ซึ่งค่าอุณหภูมิต่ำสุดจะแสดงผล 2 หลัก - หน้า ที่ตัวแสดงผล

3. เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิต่ำสุดเสร็จ LED ที่แสดงค่า MIN จะดับไปและ LED ที่แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด(MAX)จะสว่างแทน แสดงว่าค่าที่จะให้ป้อนต่อไปเป็นค่าอุณหภูมิสูงสุด โดยตัวเลขที่กดเข้าไปจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลักท้าย

4. เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิสูงสุดเสร็จ LED ที่แสดงค่า MAX จะดับไป แสดงว่าขณะนี้โปรแกรมป้อนค่าอุณหภูมิเรียบร้อยแล้วให้กดคีย์ "TEMP" อีกครั้ง ค่า MIN และ MAX ในช่องเก็มนั้นจะถูกแทนที่ด้วยค่าใหม่ที่ป้อนหลังสุด ตัวเลขจะแสดง 00:00 แสดงว่าเสร็จสิ้นการตั้ง - อุณหภูมิห้องนั้นแล้ว

เมื่อทำการโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศและโปรแกรมตั้งอุณหภูมิห้องเสร็จแล้ว เราสามารถที่จะทำการตรวจสอบดูโปรแกรมเหล่านั้นได้ โดยเข้าสู่โหมด "LIST" ที่ให้กดคีย์ "LIST" ตัวเลขแสดงผลจะปรากฏเป็น 00:00 และ LED ที่แสดงโหมดนี้ก็จะสว่าง มีขั้นตอนการใช้งานคือ ป้อนเอาต์พุตช่องที่ต้องการตรวจสอบดู ซึ่งแบ่งเป็น

1. ตรวจสอบดูโปรแกรมเวลาในช่องนั้นๆ
2. ตรวจสอบดูค่าอุณหภูมิที่เรากำหนด (MIN/MAX) ในช่องนั้นๆ

การตรวจสอบดูโปรแกรมเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ โดยการกดคีย์ "PROG"

หลังจากป้อนช่องเอาต์พุตไปแล้ว เครื่องจะทำการแสดงเวลาเปิด-ปิดของช่องเอาต์พุตนั้นทั้งหมด โดยแสดงทีละโปรแกรมเรื่อยไปจนหมด ซึ่งจะแสดงแต่ละโปรแกรมนานเป็นเวลาประมาณ 2 นาที

ถ้าผลการตรวจสอบโปรแกรมเวลาต่างๆแล้ว ปรากฏว่ามีบางโปรแกรมที่ผิดและต้องการแก้ไข เราสามารถแก้ไขได้โดย

1. กดคีย์ "PROG"

2. กดคีย์เลือกชั่วโมง, นาที, วัน และช่องเอาต์พุต (เพียง 1 ครั้ง) ที่โปรแกรมผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดคีย์ "CLR" เป็นอันว่าไคลบโปรแกรมที่ผิดไปแล้ว

4. ถ้าต้องการแก้ไขใหม่ก็ให้กดโปรแกรมใหม่ตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว

ถ้าโปรแกรมต่างๆ ที่ได้โปรแกรมไปแล้วผิดทั้งหมด หรือต้องการแก้ไขโปรแกรมใหม่ทั้งหมด ให้ทำดังนี้ กดคีย์ "AC" หรือคีย์ "9" ที่ตัวแสดงผลจะปรากฏเลข 9 ที่หลักแรก พร้อมกับให้ใช้แสงถึงโหมด "All Clear" จะสว่างและตามด้วยการกดคีย์ "PROG" อีกครั้ง

การตรวจสอบค่าอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ในช่องเอาต์พุต โดยการกดคีย์ "TEMP" หลังจากที่ย้อนช่องเอาต์พุตไปแล้วในโหมด "LIST" เครื่องจะทำการแสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ตัวเลข 2 หลักแรก และค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ตัวเลข 2 หลักหลัง ของช่องเอาต์พุตนานประมาณ 2 วินาที

ถ้าผลการตรวจสอบโปรแกรมอุณหภูมิของช่องเอาต์พุต ปรากฏว่าผิดและต้องการแก้ไข สามารถย้อนค่าใหม่ได้โดยเข้าสู่โหมด "TEMP" ได้เลย และทำการโปรแกรมใหม่ให้ตามที่กล่าวมาแล้ว แต่ถ้าต้องการลบค่าอุณหภูมิของทุกช่องเอาต์พุต ทำได้ดังนี้ เข้าสู่โหมด "Temp" และกดคีย์ " /9" ตัวเลขแสดงช่องจะเป็นเลข 9 พร้อมกับ LED ที่แสดงโหมด "All Clear" สว่างและกดคีย์ "TEMP" อีกครั้ง ค่าอุณหภูมิของทุกช่องเอาต์พุตจะถูกลบหมด

เมื่อให้ทำการโปรแกรมหรือเปลี่ยนค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ให้กดคีย์ "TIME" LED ที่แสดงถึงโหมดเวลาจะสว่าง และเครื่องจะแสดงเวลาและวัน ซึ่งเป็นเสมือนนาฬิกา

เมื่ออยู่ในโหมด "TIME" เราสามารถที่จะปิด-เปิด เอาต์พุตแบบฉุกเฉินได้ด้วยการกดคีย์เลข 1-8 เลือกช่องเอาต์พุตที่ต้องการ ซึ่งจะทำงานในลักษณะ Toggle คือ เมื่อกดไป 1 ครั้ง เอาต์พุตที่ ON จะเป็น OFF หรือเอาต์พุตที่ OFF จะเป็น ON และถ้ากดอีกครั้งก็จะกลับเป็นสภาวะเดิม

แต่เมื่อเอาต์พุต ON อยู่เราสามารถ Toggle ให้ OFF ได้ทันที แต่เมื่อ Toggle ให้กลับเป็น ON นั้น จะกระทำได้อีกต่อเมื่อผ่านการ Toggle ให้ OFF ไปแล้ว 5 นาที ทั้งนี้เป็นเพราะว่า เมื่อจะทำการ ON ให้เครื่องปรับอากาศทำงานใหม่นั้น เราควรจะต้องรอให้ความดันของน้ำยาในระบบอยู่ในสภาพสมดุลเสียก่อน จึงทำการเปิด

เมื่อต้องการเปลี่ยนโหมดอื่น ก็สามารถกดคีย์เปลี่ยนโหมดได้ทันที

```

*****
*
*   Program Monitor For Microprocessor
*   ..Temperature Controller..
*
*   Programmer : Mr.Wiphat Plengsrisakul
*               : Mr.Ekkamai Sirijariyawat
*               : Mr.Abinun Liasurat
*   Advisor    : Mr.Vitaya Tiosuwannaporn
*   Section    : Industrial Instrument
*   Department : Industrial Instrumentation
*               Technology
*   Faculty    : Engineering
*
*   King Mongkut's Institute Of
*   Technology-Ladkrabang...KMUTL
*
*****

```

```

*****
*   Port Of 8255
*
*****
*   PORTA: EQU 00H
*   PORTB: EQU 01H
*   PORTC: EQU 02H
*   PORTD: EQU 03H
*
*****
*   Port Used To Send & receive Data
*
*****
*   PORTB: EQU 000H
*   PORTC: EQU 000H
*   PORTD: EQU 000H
*   DATA: EQU 00H
*   PORTA: EQU 00H
*
*****
*   Port Of 8251
*
*****
*   PORTD: EQU 00H
*   PORTC: EQU 01H
*
*****
*   Port Of DTC
*   Channel 0 = 004H
*   Channel 1 = 00H
*   Channel 2 = 00H
*
*****
*   PORTL: EQU 04H
*   PORTM: EQU 05H
*   PORTN: EQU 06H
*
*****
*   Channel Control For DTC
*
*****
*   DATA1: EQU 005H
*   DATA2: EQU 00H
*   DATA3: EQU 00H
*   DATA4: EQU 003H
*   DATA5: EQU 00H
*   DATA6: EQU 00H
*
*****
*   Constant Register For DTC
*
*****
*   CONST1: EQU 00H
*   CONST2: EQU 00H
*   CONST3: EQU 00H
*
*****
*   Data Send To On/Off Air.
*
*****
*   PWON1: EQU 22H
*   PWOFF1: EQU 25H
*   PWON2: EQU 2EH
*   PWOFF2: EQU 31H
*   CNON1: EQU 1EH
*   CNOFF1: EQU 1CH
*   CMON2: EQU 37H

```

```

CMOFF2: EQU 3DH
;*****
;*      Data Send To Open/Close Gate      *
;*****
GATE1: EQU 2EH
GATE2: EQU 43H
;*****
;*      Buffer Display                      *
;*****
BUFMODE: EQU OFF00H
BUFHR1: EQU OFF01H
BUFHR2: EQU OFF02H
BUFMIN1: EQU OFF03H
BUFMIN2: EQU OFF04H
BUFDAY: EQU OFF05H
BUFN F: EQU OFF06H
BUFCRAN: EQU OFF07H
;*****
;*      Keep Pressed Key                  *
;*****
MODE: EQU OFF10H
HOUR1: EQU OFF11H
HOUR2: EQU OFF12H
MINUTE1: EQU OFF13H
MINUTE2: EQU OFF14H
KEEPDAY: EQU OFF15H
ON OFF: EQU OFF16H
CHANNEL: EQU OFF17H
;*****
;*      Help Address                      *
;*****
RELEASE: EQU OFF09H
CHECK: EQU OFF0AH
PRESE: EQU OFF0BH
ZERO: EQU OFF0CH
TEMP1: EQU OFF0DH
MODE: EQU OFF10H
SETC2: EQU OFF11H
SETC0E: EQU OFF12H
TEMPSET: EQU OFF13H
OUTDAY: EQU OFF14H
OUTMIN: EQU OFF15H
OUTCHAN: EQU OFF16H
XTEMP: EQU OFF20H
KEEPDAY: EQU OFF22H
KEEPMIN: EQU OFF21H
TEMPDAY: EQU OFF23H
CURVE: EQU OFF25H
MON01: EQU OFF26H
MON02: EQU OFF27H
MON03: EQU OFF28H
MON04: EQU OFF29H
START: EQU 0E000H
START2: EQU 0E002H
FINA: EQU 0E077H
OVER: EQU 0E098H
HELPT10: EQU OFF30H
HELPT11: EQU OFF31H
HELPT20: EQU OFF32H
HELPT21: EQU OFF33H
ATEMP: EQU 04H
FULLED: EQU OFFH
BEGIN: EQU 018H
AMOUNT: EQU 002EH
;*****
;*      Keep Min & Max-Temperature      *
;*****
TEMP10: EQU OFD40H
TEMP11: EQU OFD41H
TEMP20: EQU OFD42H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TEMP21: EQU 0FD43H
;*****
;*      Interrupt Register & Vector      *;
;*****
HADDR: EQU 010H
LADDR: EQU 00H
;*****
;*      Character Send To IBM          *;
;*****
CHAR1: EQU 26H      ;ASCII '26' = &
CHAR2: EQU 2AH      ;ASCII '2A' = *
CHAR3: EQU 3FH      ;ASCII '3F' = ?
CHAR4: EQU 23H      ;ASCII '23' = #
CHAR5: EQU 21H      ;ASCII '21' = !
;*****
;*****
Initial: Set Port Of 8255
; Load The Interrupt Register
; Set Interrupt Into Mode 2
; Enable Interrupt
; Load The Interrupt Vector
; Set Another Into Initial State
;*****
LDS 0000H
LD A,37H      ;Set Port Of 8255
OUT (PORT0),A
LD A,HADDR
LD 1A
LD 2
LD A,LADDR
LD 1A
OUT (PORT0),A      ;Interrupt Vector To ITC CH0
LD A,00H
LD (PORT0H),A
CALL INT
;*****
;*
;*      SET MODE
;*
; In This Mode The No.Mode Is 01
; Used To Set : Time
; 1.000000
; Display Buffer : Address FF00 - FF07
;*****
SET: LD A,DATA0
OUT (PORT0),A      ;Timer Of Ch2 Stop
LD A,DATA0
OUT (PORT1),A      ;Counter Of Ch1 Stop
LD A,DATA4
OUT (PORT1),A      ;Counter Of Ch0 Stop
SET30: LD A,01H
LD (MODE),A      ;Set No.Mode = 01
SET1: CALL CLE
LD 05,HEUR1
SET2: CALL ECAND
CALL FIND
SET3: LD L,A      ;Reg'L Have Key Press
LD H,BEGIN
SET6: LD A,2
CP 11H
JP Z,HR1
CP 12H
JP Z,HR2
CP 13H
JP Z,MIN1
CP 14H
JP Z,MIN2
LD (TEMPSET),A
LD A,(KMGCE)
CP 10H
JP Z,SET4
LD A,(TEMPSET)

```

```

CP 15H
JP Z, DAY
LD (TEMPSET), A
LD A, (KMODE)
CP 01H
JP Z, SET4
LD A, (TEMPSET)
CP 16H
JP Z, ONOFF
CP 17H
JP Z, CH1
LD DE, HOUR1
LD SET3
LD DE, HOUR1
JP SET5
*****
; Keep Hour:Minute
; Between 00:00 to 23:59
; Keep Day
; Sunday: Saturday = '1', '7'
*****
HR1: LD A, L
CP 07H
JP NC, HR11
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFHR1), A
LD A, 00H
LD (BUFM1), A
LD DE
LD SET2
CP 07H
JP NZ, SET2
LD A, (KMODE)
CP 01H
JP Z, SET2
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFM1), A
LD A, 10H
LD (BUFM1), A
LD SET2
LD A, (HOUR1)
LD 07H
JP NC, HR20
LD A, L
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFM2), A
LD DE
JP SET2
HR20: LD A, L
CP 04H
JP NC, SET2
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFM2), A
LD DE
JP SET2
MIN1: LD A, L
CP 06H
JP NC, SET2
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFM1), A
LD DE
JP SET2
MIN2: LD A, L
LD (DE), A
LD A, (HL)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LD (BUFMIN2),A
INC DE
JP SET2
DAY: LD A,L
CP 00H
JP Z,SET2
CP 08H
JP NC,SET2
CP 01H
JP Z,DAY1
CP 02H
JP Z,DAY2
CP 03H
JP Z,DAY3
CP 04H
JP Z,DAY4
CP 05H
JP Z,DAY5
CP 06H
JP Z,DAY6
JP DAY7
LD A,01H
LD (DE),A
LD (BUFDAY),A
INC DE
JP SET2
DAY2: LD A,02H
LD (DE),A
LD (BUFDAY),A
INC DE
JP SET2
DAY3: LD A,03H
LD (DE),A
LD (BUFDAY),A
INC DE
JP SET2
DAY4: LD A,04H
LD (DE),A
LD (BUFDAY),A
INC DE
JP SET2
DAY5: LD A,05H
LD (DE),A
LD (BUFDAY),A
INC DE
JP SET2
DAY6: LD A,06H
LD (DE),A
LD (BUFDAY),A
INC DE
JP SET2
DAY7: LD A,07H
LD (DE),A
LD (BUFDAY),A
INC DE
JP SET2

```

```

;*****
;*      Keep Status & Channel      *;
;*      Used For Program Mode     *;
;*      Status : On:Off = '1':'0' *;
;*      Channel : '1' And '2'     *;
;*****
ONOFF: LD A,L
CP 00H
JP Z,OFF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CP 01H
JP Z,ON
JP SET2
OFF: LD A,40H
LD (DE),A
LD A,02H
LD (BUFN_F),A
INC DE
JP SET2
ON: LD A,000H
LD (DE),A
LD A,01H
LD (BUFN_F),A
INC DE
JP SET2
CH1: LD A,1
CP 00H
JP Z,SET2
CP 03H
JP NC,SET2
LD (DE),A
LD A,(HL)
LD (BUFCHAM),A
LD DE,HCUR1
JP SET2

```

```

*****
; Set Temperature
; used for Temperature mode
; Channel : 1 And 2
; Minimum Temperature : 10°C
; Maximum Temperature : 45°C
*****

```

```

TEMPX: CALL CLE
LD DE,CHANNEL
TEMP1: CALL SCAND
CALL FIND
LD A,1
LD H,BEGIN
LD I,1
JP Z,TEM1
JP 12H
JP Z,TEM2
JP 13H
JP Z,TEM3
JP 14H
JP Z,TEM4
JP 15H
JP Z,TEM5

```

```

TEMP1: LD A,1
CP 00H
JP Z,TEM12
CP 03H
JP NC,TEM12
LD (DE),A
LD A,(HL)
LD (SUFHR1),A
INC DE
JP TEM12

```

```

TEMP2: LD A,(HCUR1)
CP 01H
JP Z,TEM55
CP 04H
JP NC,TEM21
LD A,1
LD (DE),A
LD A,(HL)
LD (SUFHR2),A
LD A,06H
LD (SUFN_F),A
INC DE

```

```

TEM21: JP TM12
LD A,L
CP 06H
JP NC, TM12
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFHR2), A
LD A, 06H
LD (BUFN_F), A
INC DE
JP TM12
TEM55: LD A,L
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFHR2), A
LD A, 06H
LD (BUFN_F), A
INC DE
JP TM12
TEM3: LD A, (HOUR1)
LD B,A
LD A,L
CP B
JP NC, TEM30
JP TM12
TEM30: LD A,L
CP 05H
JP NC, TM12
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFMIN1), A
INC DE
JP TM12
TEM4: LD A, (HOUR1)
LD B,A
LD A, (MINUTE1)
CP B
JP NC, TEM60
JP TM12
TEM90: CP B
JR Z, TEM90
JP TEM40
TEM90: LD A, (HOUR2)
LD B,A
LD A,L
CP B
JR NC, TEM40
JP TM12
TEM40: LD A, (MINUTE1)
CP 04H
JP NC, TEM41
LD A,L
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFMIN2), A
LD A, 00H
LD (BUFN_F), A
LD DE, CHANNEL
JP TM12
TEM41: LD A,L
CP 06H
JP NC, TM12
LD (DE), A
LD A, (HL)
LD (BUFMIN2), A
LD A, 00H
LD (BUFN_F), A
LD DE, CHANNEL
JP TM12
TEM5: LD A,L

```

7441:

In This Mode The No.Mode Is '02'
Keep In Address : E000 - E047
Amount : 28 Program

PROT:

LOF1:

```

LD (HL),A
INC HL
LD (HL),A
INC HL
PUSH HL
DEC BC
LD HL,0000H
XOR A
SEC HL,BC
POP HL
JR NZ,L0P1
LD A,00H
LD (BUFH_F),A
JP SET1

```

```

*****;*****;*****;*****;*****;
*
* LIST MODE
*
* In This Mode The No.Mode Is '04'
* Used For List : Program
* : Min & Max Temperature
*
*****;*****;*****;*****;*****;

```

```

LIST: LD A,04H
LD (KMODE),A
LIST0: CALL CLE
LIST8: LD BC,CHANNEL
LIST1: CALL SHOW
CALL SCAND
CALL FIND
LD L,A
LD H,BEGIN
LIST2: LD A,E
CP 17H
JR Z,LIST3
JP LIST8
LIST3: LD A,L
CP 00H
JR Z,LIST1
CP 03H
JR NC,LIST1
LD (DE),A
LD A,(HL)
LD (BUFCHAN),A
JP LIST1

```

```

*****;*****;*****;*****;*****;
* List : Program
*
*****;*****;*****;*****;*****;

```

```

LST: LD HL,CHANNEL
LD A,(HL)
LD (TEMPLT),A ;SELECT KEY
LD A,(KMODE)
CP 10H
JP Z,LTP ;TO DISP TEMP
LD A,04H
LD (KMODE),A
LD HL,START2
LST2: BIT 6,(HL)
JR NZ,LST3
LST4: INC HL
INC HL
INC HL
PUSH HL
LD BC,FINAL
XOR A
SBC HL,BC
POP HL
JR NZ,LST2
JP LIST0
LST3: PUSH HL
LD A,(TEMPLT)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PUSH DE
LD E,A
LD A,(HL)
AND 07H
CP E
POP DE
JP NZ,TR3
LD (CHANNEL),A
XOR A
BIT 7,(HL)
JR Z,TRI
SET 0,A
JP TAS
TRI: SET 1,A
TR3: LD (BUFN_F),A
      DEC HL
      LD E,(HL)
      DEC HL
      LD D,(HL)
      CALL TIME6
      CALL DISP
      JP SHOWLT
TR2: POP HL
      CALL FIND
      JP LST4
TR3: POP HL
      JP LST4
SHOWLT: LD D,FULLD
FU1: LD BC,0800H
      LD HL,BUFMODE
FU2: LD A,C
      OUT (PORTB),A
      LD A,(HL)
      OUT (PORTA),A
      CALL DELAY1
      INC C
      INC HL
      DJNZ FU2
      DEC D
      JR NZ,FU1
LTCN: LD BC,0401H
LTCN1: LD A,C
      OUT (PORTB),A
      CALL DELAY1
      IN A,(PORTC)
      AND 0FH
      CP 0FH
      JP NZ,TR2
      INC C
      DJNZ LTCN1
      POP HL
      JP LST4

```

```

*****;
; List : Temperature ;
*****;
LTP: LD A,(TEMPLT)
      CP 0FH
      JP Z,TEMP
      LD A,04H
      LD (KMODE),A
      LD A,(TEMPLT)
      CALL GO
      LD E,(HL)
      DEC HL
      LD D,(HL)
      CALL TIME6
      CALL DISP
      LD A,(BUFHR1)
      CP 00H
      JP Z,LIST
      LD A,00H
      LD (BUFDAY),A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOD: LD D,FULLD
      CALL SHOWY
      DEC D
      CALL DELAY1
      JR NZ,MOD
      JP LIST0
;*****
;* Clear Mode
;*****
      Used To Clear : Program
;*****
      Used To Clear : Min & Max Temperature
;*****
CLR: LD A,(XMODE)
      BIT 0,A
      CP NZ,SET1
      BIT 2,A
      JP NZ,LIST
      BIT 3,A
      CP NZ,TIME
      BIT 4,A
      JP NZ,CL
;*****
;* Clear : Program
;*****
COMP: CALL DTCN
      LD HL,START
      LD BC,OVER
      LD A,(OUTDAY)
      CP (HL)
      JR Z,LO1
      INC HL
CONP1: INC HL
CONP2: INC HL
      PUSH HL
      XOR A
      SEC HL,BC
      RCF HL
      JR NZ,COMP
      JP PROS
LO1: LD A,(OUTMIN)
      INC HL
      CP (HL)
      JR NZ,COMP1
      INC HL
      LD A,(OUTCHAN)
      CP (HL)
      JR NZ,COMP2
      XOR A
      DEC HL
      DEC HL
      LD (HL),A
      INC HL
      LD (HL),A
      INC HL
      LD (HL),A
      INC HL
      LD (HL),A
      JP LIST
;*****
;* Clear : Min & Max Temperature
;*****
CL: CALL CLRT
      JP TEMPIX
CLRT: LD HL,CHANNEL
      LD A,(HL)
      CALL GO
      LD A,00H
      LD (HL),A
      DEC HL
      LD (HL),A
      RET
;*****
;* Used To Chang Code
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TIMES: LD DE, (COMPMIN)
TIME6: LD A, E
        LD (HETODE), A
        CALL HTCD
        XOR A
        SRR
        LD (MINUTE2), A
        LD A, (HL)
        LD (MINUTE1), A
        LD A, D
        AND, IFH
        LD (HETODE), A
        CALL HTCD
        XOR A
        SRR
        LD (HOUR2), A
        LD A, (HL)
        LD (HOUR1), A
        LD A, E
        AND, OESH
        LD B, OESH
        SRR A
        DONT ACD
        LD (KEEPDAY), A
        LD A, (KXODE)
        BIT 2, A
        JR NZ, OTP
        CALL DISP
        RET
OTP: RET
;*****
;#          Set Initial Bits
;#*****
INIT1: LD B, 02H
        LD HL, RELPT11
        LD A, 50H
INIT1: LD (HL), A
        INC HL
        INC HL
        DONT INIT1
        RET
;*****
;#          Display
;#          Used To Change Hexadecimal
;#          To SevenSegment Code
;#*****
DISP: LD B, 04H
DISP1: PUSH DE
        LD DE, HOUR1
        LD HL, BUFHRI
DISP2: PUSH HL
        LD H, BEGIN
        LD A, (DE)
        LD L, A
        LD A, (HL)
        POP HL
        LD (HL), A
        INC HL
        INC DE
        DONT DISP2
        LD DE, CHANNEL
        LD HL, BUFCHAN
        PUSH HL
        LD H, BEGIN
        LD A, (DE)
        LD L, A
        LD A, (HL)
        POP HL
        LD (HL), A
        LD A, (KEEPDAY)
        CALL CHANG

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

POP DE
RET
CHANG: CP 01H
JP Z,DY1
CP 02H
JP Z,DY2
CP 03H
JP Z,DY3
CP 04H
JP Z,DY4
CP 05H
JP Z,DY5
CP 06H
JP Z,DY6
CP 07H
DY1: LD A,01H
LD (BUFDAY),A
RET
DY2: LD A,02H
LD (BUFDAY),A
RET
DY3: LD A,03H
LD (BUFDAY),A
RET
DY4: LD A,04H
LD (BUFDAY),A
RET
DY5: LD A,05H
LD (BUFDAY),A
RET
DY6: LD A,06H
LD (BUFDAY),A
RET
DY7: LD A,07H
LD (BUFDAY),A
RET

```

```

*****
*      Used To Chang Hour/Minute In      *
*      Hexadecimal To SevenSegment Code  *
*****

```

```

XX: LD C,(HL)
LD A,00H
LD (ZERO),A
LD HL,ZERO
LD A,C
RLC
LD (PREDE),A
LD A,(HL)
LD H,EE51H
LD L,A
LD A,(HL)
LD (BUFR2),A
LD A,(PREDE)
LD B,04H
BRL2: SRL A
DZM2 BRL2
LD L,A
LD A,(HL)
LD (BUFR1),A
POP HL
INC HL
PUSH HL
LD A,(HL)
AND 3FH
LD (HETODE),A
CALL HTOD
LD A,(HL)
LD (PREDE),A
LD A,00H
LD (ZERO),A

```

```

LD HL,ZERO
LD A,(PREDE)
RLD
LD (PREDE),A
LD A,(AL)
LD H,BEGIN
LD L,A
LD A,(HL)
LD (SUFMIN2),A
LD A,(PREDE)
LD E,04H
SRL3: SRL A
      DGNZ SRL3
      LD L,A
      LD A,(HL)
      LD (SUFMIN1),A
      RET

```

```

*****
*      Used To Scand Key & Display      *
*****

```

```

SCAL: LD BC,0401H
SHG1: LD A,C
      OUT (PORTB),A
      IN A,(PORTC)
      CALL DELAY1
      AND CFH
      CP CFH
      JR NZ,CU
      INC C
SHG1: DJNZ SHG1
      RET
CU:   PUSH BC
      LD C,A
      CALL DELAY1
      IN A,(PORTC)
      AND OFH
      CP C
      POP BC
      JR Z,CU1
      JP SHG1
CU1:  LD (RELEASE),A
      CALL SHGW
      IN A,(PORTC)
      CALL DELAY
      AND OFH
      CP OFH
      JR NZ,CU2
      CALL ASD
      RET

```

```

*****
*      TEMP MODE      *
*****

```

```

*      In This Mode The No.Mode Is '10'
*      Min & Max Temperature Keep In
*      Address : F040 - F043
*****

```

```

TEMP: LD A,(KMODE)
      CP 04H
      JP Z,TP
      CP 10H
      JP Z,TEMP12
      LD A,10H
      LD (KMODE),A
      JP TEMPXX
TP:   LD A,10H
      LD (KMODE),A
      JP LST
TEMP12: LD A,(CHANNEL)
        CP 09H
        JP Z,ACLRT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CP 00H
JP Z,TEMPXX
CP 03H
JP NC,TEMPXX
LD A,(CHANNEL)
CP 00H
JP Z,TEMPXX
CALL CLRT
CALL DTISM
CALL ASCXX
JP TEMPXX

```

```

*****
* All Clear Min & Max Temperature
*
*****

```

```

ACLAT:  XOR A
        LD HL,TEMP1C
        LD B,ATEMP-
ACT:    LD (HL),A
        INC HL
        DJNZ ACT
        JP TEMPXX

```

```

*****
* Load To Sand New Min & Max Temperature
* From Microprocessor Z-80 To IEM
*
*****

```

```

DTISM:  LD A,CHAR1
        OUT (PORTDT),A
DTISM1: IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR Z,DTISM1
        CALL DELAY0
        LD A,(CHANNEL)
        OUT (PORTDT),A
DTISM4: IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR Z,DTISM4
        CALL DELAY0
        LD HL,HOUR1
        LD B,00H
DTISM2: LD A,(HL)
        OUT (PORTDT),A
DTISM3: IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR Z,DTISM3
        INC HL
        CALL DELAY0
        DJNZ DTISM2
        SET

```

TIME MODE

```

*****
* In This Mode The No.Mode Is '03'
* Divide Into 3 Section :
* 1 : Clock...Show Time
* 2 : On/Off Air Condition By Program
* 3 : On/Off Air Condition By Toggle
*
*****

```

```

TIME:   LD A,(KMODE)
        BIT 0,A
        JR NZ,TIME1
        LD A,00H
        LD (KMODE),A
        LD (BUFMODE),A
        CALL CLE
TIME3:-  CALL SCANDT
        CALL FIND
        CP 00H
        JR Z,TIME3
        CP 03H
        JR NC,TIME3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกานำไปใช้

```

CP 01H
JR Z,TOG1
CP 02H
JP Z,TOG2
JP TIMES
TIME1: LD A,(KEEPCAY)
CP 00H
JP Z,SET
LD A,DATA1
OUT (PORTL),A
LD A,CONST1
OUT (PORTL),A
LD A,DATA2
OUT (PORTM),A
LD A,CONST2
OUT (PORTM),A
LD A,DATA3
OUT (PORTN),A
LD A,CONST3
OUT (PORTN),A
LD A,02H
LD (MODE),A
LD (BUFENCODE),A
CALL D70H
LD A,(OUTENV)
LD B,A
LD A,(OUTMIN)
LD E,A
LD (CCXPMIN),DE
JP TIMES
;*****
;* Toggle In Time Mode
;*****
TOG1: LD A,(HELPT11)
BIT 7,A
JP NZ,TOG11
AND 50H
CP 50H
JR Z,TOG12
JP TIMES
TOG11: LD A,01H
LD (HELPT10),A
LD A,80H
LD (HELPT11),A
LD A,79H
LD (BUFCHAN),A
LD A,CXOFF1
CALL SEND
CALL DELAY4
LD A,CXOFF1
CALL SEND
LD A,01H
LD (MCN04),A
CALL OUTPRO
LD A,(TOSHOW)
RES 0,A
LD (TOSHOW),A
CALL SHOWOUT
JP TIMES
TOG12: LD A,11H
LD (HELPT10),A
LD A,83H
LD (HELPT11),A
LD A,79H
LD (BUFCHAN),A
LD A,CXON1
CALL SEND
CALL DELAY4
LD A,CXON1
CALL SEND
;*****
;* Load The Channel Control
;* Of Channel 0,1,2 And Load
;* The Constant Register Of
;* Channel 0,1,2 Then CTC
;* Begin Count Now.
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LD A,(TOSHOW)
SET A,A
LD (TOSHOW),A
CALL SHOWOUT
JP TIME3
TCG2: LD A,(HELPT21)
      BIT 3,A
      JR NZ,TCG21
      AND 50H
      CP 50H
      JR Z,TCG22
      JP TIME3
TCG21: LD A,02H
      LD (HELPT20),A
      LD A,80H
      LD (HELPT21),A
      LD A,24H
      LD (BUFCHAN),A
      LD A,CN0FF2
      CALL SEND
      CALL DELAY4
      LD A,PW0FF2
      CALL SEND
      LD A,02H
      LD (MONO4),A
      CALL OUTPRO
      LD A,(TOSHOW)
      RES 1,A
      LC (TOSHOW),A
      CALL SHOWOUT
      JP TIME3
TCG22: LD A,12H
      LD (HELPT20),A
      LD A,80H
      LD (HELPT21),A
      LD A,24H
      LD (BUFCHAN),A
      LD A,PW0N2
      CALL SEND
      CALL DELAY4
      LD A,CN0N2
      CALL SEND
      LD A,(HELPT20)
      SET 1,A
      LD (HELPT20),A
      LD A,(TOSHOW)
      SET 1,A
      LD (TOSHOW),A
      CALL SHOWOUT
      JP TIME3
QUIT: LD (RELEASE),A
QUIT1: CALL DELAY
      IN A,(PORTCY)
      AND 0FH
      CP 0FH
      JR NZ,QUIT1
      CALL FIND
      RET

```

```

;*****;
;*          Delay Time          *;
;*****;
DELAY:  PUSH AF
        PUSH DE
        LD DE,9FFFH
DELAY2:  DEC DE
        LD A,D
        OR E
        JR NZ,DELAY2
        POP DE
        POP AF
        RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DELAY4:  PUSH AF
        PUSH BC
        PUSH DE
        PUSH HL
        LD DE,5FFFH
DELAY5:  DEC DE
        LD A,D
        OR E
        JR NZ,DELAY5
        POP HL
        POP DE
        POP BC
        POP AF
        RET
DELAY0:  PUSH DE
        LD DE,3FFFH
DELAY05: DEC DE
        LD A,D
        OR E
        JR NZ,DELAY05
        POP DE
        RET
DELAY1:  PUSH AF
        PUSH DE
        XOR A
        DEC A
        JR NZ,DELAY3
        POP DE
        POP AF
        RET
;*****
; *      Used To Show Status Of Air Condition      *
; *      In Channel 1 And Channel 2                *
;*****
SHOWOUT: LD A,8CH
        OUT (PORTB),A
        LD A,(TOSHOW)
        OUT (PORTA),A
        LD A,00H
        OUT (PORTB),A
        RET
;*****
; *      Used To Send Data Pass In AC Line To      *
; *      The Room With Require To Control          *
;*****
SEND:   PUSH DE
        PUSH HL
        OUT (PORTG),A
        LD A,00H
        OUT (PORTH),A
        CALL DELAY1
        LD A,01H
        OUT (PORTI),A
        LD D,0FFH
SEND1:  CALL SHOWY
        DEC D
        JR NZ,SEND1
        LD A,00H
        OUT (PORTI),A
        POP HL
        POP DE
        RET
;*****
; *      Used To Read Data                          *
; *      From The Room Which Controlled             *
;*****
RECR1:  LD A,00H
        OUT (PORTJ),A
        IN A,(PORTK)
        LD D,000H
RECR1:  CALL SHOWY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DEC D
JR NZ,RECR1
IN A,(PORTK)
RET
*****
*      Used To Send Data To Tell IBM Which
*      Now Out Of Program
*
*****
OUTPR0: LD A,CHAR5
        OUT (PORTDT),A
CPR01:  IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR NZ,CPR01
        CALL DELAY0
        LD A,(MEM03)
        OUT (PORTDT),A
JPR02:  IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR NZ,JPR02
        CALL DELAY0
        RET
*****
*      Used To Send Temperature
*      From MicroProcessor Z-80 To IBM
*
*****
TOIEM1: PUSH DE
        PUSH HL
        PUSH BC
        LD A,CHAR2
        OUT (PORTDT),A
TOIEM1: IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR Z,TOIEM1
        CALL DELAY0
        LD HL,TOIEM1
        LD B,TOIEM1
        LD A,HL
        OUT (PORTDT),A
TOIEM3: IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR Z,TOIEM3
        CALL DELAY0
        LD HL,TOIEM2
        LD B,TOIEM2
        LD A,HL
        OUT (PORTDT),A
TOIEM3: IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR Z,TOIEM3
        CALL DELAY0
        LD HL,TOIEM2
        LD B,TOIEM2
        LD A,HL
        OUT (PORTDT),A
TOIEM4: IN A,(PORTCR)
        BIT 0,A
        JR Z,TOIEM4
        CALL DELAY0
        POP BC
        POP HL
        POP DE
        RET
O0:     JR 01H
        JR Z,T01
        LD HL,TEMP21
        RET
T01:    LD HL,TEMP11
        RET
*****
*      Used To Chang hexadecimal To Decimal
*
*****
HTCD:  LD HL,HEX02E
        XOR A
        RLD
        LD B,A
        XOR A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CON1:
CON2:

Find Entry Address

```

CHK1:      LD HL,START2
CHK1:      BIT 4,(HL)
           JR Z, TOP
           INC HL
           INC HL
           INC HL
           PUSH HL
           LD BC,FINAL
           XOR A
           SEC HL,BC
           POP HL
           JR NZ,CHK1
           CALL FULL
           CALL CLE
           JP SURE
TOP:        RET
SURE:      POP HL
           JP TIME
FULL:      LD B,OFFH
FULL1:     LD BC,0401H
           LD HL,FULL,PAT
FULL2:     LD A,C
           OUT (PORTB),A
           LD A,(HL)
           OUT (PORTA),A
           CALL DELAY1
           INC C
           INC HL
           DJNZ FULL2
           DEC D
           JR NZ,FULL1
           SET

```

Use To Chang Decimal To Hexadecimal

```

DTCH:    LD B,04H
          LD HL,HOUR!
          LD A,(HL)
SHF1:    SLA A
          DJNZ SHF1
          INC HL
          OR (HL)
          LD (DETOHE),A
          CALL DTCH1
          LD A,(KEEFDAY)
          LD B,05H
SHF2:    SLA A
          DJNZ SHF2
          OR (HL)
          LD (OUTDAY),A
          LD B,04H

```

```

LD HL,MINUTE1
LD A,(HL)
SHF3: SLA A
DJNZ SHF3
INC HL
OR (HL)
LD (DETCHE),A
CALL DTOH1
LD A,(HL)
LD (OUTMIN),A
LD A,(CHANNEL)
LD HL,BUFN_F
BIT 0,(HL)
JR Z,FOI
SET 7,A
JR PC11
FOI: RES 7,A
FOI1: SET 8,A
LD (DUTCHAN),A
RET
DTOH1: LD A,80H
LD (DETCDS),A
LD HL,DETCHE
HEX1: SRL (HL)
INC HL
RR (HL)
JR Z,HEX4
DEC HL
BIT 3,(HL)
JR Z,HEX2
LD A,(HL)
SUB 03H
LD (HL),A
HEX2: BIT 7,(HL)
JR Z,HEX3
LD A,(HL)
SUB 30H
LD (HL),A
HEX3: JR NC,HEX1
HEX4: RET
;*****
;*      Used to Clear Buffer Display      *
;*****
CLE: LD HL,MODE
LD B,03H
LD A,00H
CLE1: LD (HL),A
INC HL
DJNZ CLE1
LD HL,BUFMODE
LD A,(KMODE)
LD (HL),A
INC HL
LD B,04H
LD A,40H
CLE2: LD (HL),A
INC HL
DJNZ CLE2
LD B,02H
LD A,00H
CLE3: LD (HL),A
INC HL
DJNZ CLE3
LD A,40H
LD (HL),A
RET
;*****
;*      Used To Chang Temperature Value  *
;*      To Hexadecimal                    *
;*****
CHTEM: PUSH HL
LD B,00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LD C,3BH
CP C
JR NC,CTM
LD A,0AH
POP HL
RET
CTM: INC C
      INC C
      INC C
      INC C
      INC C
      INC B
      CP C
      JR NC,CTM1
LD A,0AH
CTM2: INC A
      DJNZ CTM2
      POP HL
      RET
CTM1: PUSH AF
      PUSH BC
      LD A,B
      CP 24H
      POP BC
      POP AF
      JR NZ,CTM
      LD A,2BH
      POP HL
      RET
*****
*      Used To scand Key & Display      *
*      Used In : Bat Mode              *
*      : Program Mode                  *
*****
SCAND: LD BC,0401H
SHOW1: LD A,C
      OUT (PORTB),A
      CALL DELAY1
      IN A,(PORTC)
      AND 0FH
      CP 0FH
      JR NZ,SHOUT
SHOW4: INC C
      DJNZ SHOW1
      IN A,(PORTC)
      BIT 1,A
      JP NZ,TEST
      LD BC,0B00H
      LD HL,BUFMODE
SHOW2: LD A,C
      OUT (PORTB),A
      LD A,(HL)
      OUT (PORTA),A
      CALL DELAY1
      INC HL
      INC C
      DJNZ SHOW2
      LD A,0FFH
      OUT (PORTA),A
      IN A,(PORTC)
      BIT 1,A
      JP NZ,TEST
      JP SCAND
SHOUT: PUSH BC
      LD C,A
      CALL DELAY1
      IN A,(PORTC)
      AND 0FH
      CP C
      POP BC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JR Z,SHOUT1
JP SHOW6
SHOUT1: LD (RELEASE),A
SHOUT2: CALL SHOW
        CALL DELAY
        IN A,(PORTC)
        AND CFH
        CP 0FH
        JR NZ,SHOUT2
        RET
TEST:  IN A,(PORTD) ;*****
        CP CHAS3      ; * Check Character From IEM *
        JP Z,TEST1    ; * If Equal Char3 Then IEM *
        CP CHA4      ; * Send The New Min & Max *
        JP Z,TEST4    ; * Temperature, If Equal *
        JP SCAND      ; * Char4 Then IEM Send The *
TEST4: LD HL,HOURL    ; * New Program *****
        LD B,07H
TEST2: IN A,(PORTC)
        BIT 1,A
        JR Z,TEST2
        IN A,(PORTD)
        LD (HL),A
        INC HL
        DJNZ TEST2
        CALL ASCII
        LD A,(ON OFF)
        CP 00H
        JR Z,TER1
        LD A,00CH
        LD (ON OFF),A
        LD A,07H
        LD (BUFN F),A
        JP TER2
TER1:  LD A,40H
        LD (ON OFF),A
        LD A,02H
        LD (BUFN F),A
TER2:  CALL BTOR
        CALL CHK
        EX DE,HL
        LD HL,OUTCHAN
        LD BC,0003H
        LDDR
        JP SCAND
TEST1: IN A,(PORTC)
        BIT 1,A
        JR Z,TEST1
        IN A,(PORTD)
        LD (CHANNEL),A
        LD HL,HOURL
        LD B,04H
TEST3: IN A,(PORTC)
        BIT 1,A
        JR Z,TEST3
        IN A,(PORTD)
        LD (HL),A
        INC HL
        DJNZ TEST3
        CALL ASCII
        CALL ASCXX
        JP SCAND
;*****
;* Used To Chang ASCII Code To Hexadecimal *
;*****
ASCII: LD HL,HOURL
        LD B,07H
ASC00: LD A,(HL)
        AND 0FH
        LD (HL),A
        INC HL
        DJNZ ASC00

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

      RET
;*****
;*      Used To Save New Program Which From IBM      *
;*****
ASCXX: LD A,00H
      LD (KEEPDAY),A
      CALL DTCH
      LD A,(CHANNEL)
      CALL DS
      LD A,(CUTMIN)
      LD (HL),A
      DEC HL
      LD A,(CUTDAY)
      LD (PL),A
      RET
;*****
;*      Used To scand Key & Display Time      *
;*      Used In Time Mode      *
;*****
SCANDT: LD BC,0401H
SHOWT1: LD A,C
      OUT (PORTB),A
      CALL DELAY1
      IN A,(PORTC)
      AND 0FH
      CP 0FH
      JR NZ,SHOUTT
SHOWT1: INC C
      DJNZ SHOWT1
      IN A,(PORTC)
      BIT 1,A
      JP NZ,TESTT
      CALL TIMES5
      LD A,OFFH
      LD (BUFCHAN),A
      LD BC,0600H
      LD HL,BUFMODE
SHOUT2: LD A,C
      OUT (PORTB),A
      LD A,(HL)
      OUT (PORTA),A
      CALL DELAY1
      INC HL
      INC C
      DJNZ SHOWT2
      LD A,OFFH
      OUT (PORTA),A
      IN A,(PORTC)
      BIT 1,A
      JP NZ,TESTT
      JP SCANDT
SHOUTT: PUSH BC
      LD C,A
      CALL DELAY1
      IN A,(PORTC)
      AND 0FH
      CP C
      POP BC
      JR Z,SHOUTT1
      JP SHOWT1
SHOUTT1: LD (RELEASE),A
SHOUTT2: CALL SHOW
      CALL DELAY
      IN A,(PORTC)
      AND 0FH
      CP 0FH
      JR NZ,SHOUTT2
      RET
TESTT: IN A,(PORTDT)
      CP CHAR3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JP Z,TEST1
CP CHAR4
JP Z,TESTT4
JP SCANDT
TESTT4: LD HL,4C0R1
LD B,07H
TESTT2: IN A,(PORTC)
BIT 1,A
JR Z,TESTT2
IN A,(PORTD)
LD (HL),A
INC HL
DJNZ TESTT2
CALL ASCII
LD A,(CN-0FF)
CP 00H
JR Z,TERY1
LD A,0C0H
LD (CN-0FF),A
LD A,07H
LD (BUFN_F),A
CP TERY2
TERY1: LD A,40H
LD (CN-0FF),A
LD A,02H
LD (EUFN_F),A
TERY2: CALL DTCH
CALL CHK
EX DE,HL
LD HL,OUTCHAN
LD BC,0003H
LDOR
CP SCANDT
TESTT1: IN A,(PORTC)
BIT 1,A
JR Z,TESTT1
IN A,(PORTD)
LD (CHANNEL),A
LD HL,4C0R1
LD B,04H
TESTT3: IN A,(PORTC)
BIT 1,A
JR Z,TESTT3
IN A,(PORTD)
LD (HL),A
INC HL
DJNZ TESTT3
CALL ASCII
CALL ASCXX
JP SCANDT
SHOW: PUSH DE
PUSH BC
PUSH HL
LD BC,0503H
LD HL,BUFMODE
SHOW4: LD A,C
OUT (PORTS),A
LD A,(HL)
OUT (PORTA),A
CALL DELAY1
INC HL
INC C
DJNZ SHOW4
LD A,OFFH
OUT (PORTA),A
POP HL
POP BC
POP DE
RET
SHOWY: PUSH DE
PUSH BC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PUSH HL
LD BC,0800H
LD HL,BUFMODE
SHOWY4: LD A,C
OUT (PORTB),A
LD A,(HL)
OUT (PORTA),A
CALL DELAY1
INC HL
INC C
DJNZ SHOWY4
LD A,OFFH
OUT (PORTA),A
POP HL
POP BC
POP DE
RET

```

```

;*****
;#      Used To Find Keypressed
;*****

```

```

FIND: LD A,(RELEASE)
      CP 07H      ;CHECK ROW
      JP Z,FD1
      CP 08H
      JP Z,FD2
      CP 03H
      JP Z,FD3
      CP 0EH
      JP Z,FD4
FD1: LD A,C      ;CHECK COLUMN
      CP 01H
      JP Z,FD10
      CP 02H
      JP Z,FD11
      CP 03H
      JP Z,FD12
      CP 04H
      JP Z,FD13
FD2: LD A,C
      CP 01H
      JP Z,FD20
      CP 02H
      JP Z,FD21
      CP 03H
      JP Z,FD22
      CP 04H
      JP Z,FD23
FD3: LD A,C
      CP 01H
      JP Z,FD30
      CP 02H
      JP Z,FD31
      CP 03H
      JP Z,CLR
      CP 04H
      JP Z,TEMP
FD4: LD A,C
      CP 01H
      JP Z,SET
      CP 02H
      JP Z,PROG
      CP 03H
      JP Z,LIST
      CP 04H
      JP Z,TIME
FD10: LD A,00H
      RET
FD11: LD A,01H
      RET
FD12: LD A,02H
      RET
FD13: LD A,03H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

      RET
FD20: LD A,04H
      RET
FD21: LD A,05H
      RET
FD22: LD A,06H
      RET
FD23: LD A,07H
      RET
FD30: LD A,08H
      RET
FD31: LD A,09H
      RET
;*****
;*      INTERRUPT SERVICE ROUTINE      *
;*****
      ORG 01000H
      DEFW INT
INT:   PUSH AF
      PUSH BC
      PUSH DE
      PUSH HL
      LD DE,(CCMPMIN)
      INC E
      LD A,E
      CP 3CH
      JR NZ,LOPT
      LD E,00H
      INC D
      LD A,D
      AND 1FH
      CP 18H
      JR NZ,LOPT
      LD B,02H
      LD HL,HELF11
INLO:  LD A,(HL)
      AND 3BH
      CP 3BH
      JR NZ,INLO1
INLO2: INC HL
      INC HL
      JP FOX
INLO1: DEC HL
      LD A,00H
      LD (HL),A
      INC HL
      LD A,30H
      LD (HL),A
      JP INLO2
FOX:   LD A,D
      OR 1FH
      INC A
      LD D,A
      CP 00H
      JR NZ,LOPT
      LD D,20H
LOPT:  LD (CCMPMIN),DE
      CALL TIMES
      LD DE,(CCMPMIN)
      LD HL,START
      LD BC,AMOUNT
CPARE: LD A,D
      CPI
      JP FO,CUTINT
      JR Z,CPARE1
      INC HL
      INC HL
      JP CPARE
CPARE1: LD A,E
      CP (HL)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        JR Z,MAKE
        INC HL
CPARE2: INC HL
        JP CPARE
MAKE:   INC HL
        LD A,(HL)
        AND 0FH
        CF 01H
        JP Z,OUT1
        CP 02H
        JP Z,OUT2
        JP CPARE2
OUT1:   LD A,(HELPT11)
        BIT 7,A
        JR Z,OUT10
        BIT 3,A
        JR Z,OUT10
        JP CPARE2
OUT10:  LD A,(HL)
        BIT 7,A
        JR NZ,ONPDW1
        LD A,00H
        LD (HELPT10),A
        LD A,50H
        LD (HELPT11),A
        LD A,79H
        LD (BUFCAN),A
        LD A,CMOFF1
        CALL SEND
        CALL DELAY4
        LD A,FMOFF1
        CALL SEND
        LD A,01H
        LD (XCN04),A
        CALL OUTPRO
        LD A,(TOSHOW)
        RES 0,A
        LD (TOSHOW),A
        CALL SHOWGUT
        JP CPARE2
ONPDW1: LD A,11H
        LD (HELPT10),A
        LD A,00H
        LD (HELPT11),A
        LD A,79H
        LD (BUFCAN),A
        LD A,FMON1
        CALL SEND
        CALL DELAY4
        LD A,CXON1
        CALL SEND
        CALL DELAY4
        LD A,(TOSHOW)
        SET 0,A
        LD (TOSHOW),A
        CALL SHOWGUT
        JP CPARE2
OUT2:   LD A,(HELPT21)
        BIT 7,A
        JR Z,OUT20
        BIT 3,A
        JR Z,OUT20
        JP CPARE2
OUT20:  LD A,(HL)
        BIT 7,A
        JR NZ,ONPDW2
        LD A,00H
        LD (HELPT20),A
        LD A,50H
        LD (HELPT21),A
        LD A,24H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        LD (BUFCHAN),A
        LD A,CMOFF2
        CALL SEND
        CALL DELAY4
        LD A,FMOFF2
        CALL SEND
        LD A,02H
        LD (MONO4),A
        CALL OUTPRD
        LD A,(TOSHOW)
        RES 1,A
        LD (TCSHOW),A
        CALL SHOWOUT
        JP CPARE2
CNPCN2: LD A,12H
        LD (HELPT20),A
        LD A,20H
        LD (HELPT21),A
        LD A,24H
        LD (BUFCHAN),A
        LD A,FWON2
        CALL SEND
        CALL DELAY4
        LD A,CXON2
        CALL SEND
        LD A,(TOSHOW)
        SET 1,A
        LD (TCSHOW),A
        CALL SHOWOUT
        JP CPARE2
OUTINT: LD HL,HELPT10
        LD A,(HL)
        AND 0FH
        CP 01H
        JP Z,OUTIN1
OUTI2:  INC HL
        INC HL
        LD A,(HL)
        AND 0FH
        CP 02H
        JP Z,OUTIN2
        JP TIME8
OUTIN1: LD A,(HELPT11)
        BIT 7,A
        JR Z,OUTIN11
        BIT 3,A
        JR NZ,OUTIN11
        AND 50H
        CP 50H
        JR Z,OUTI2
        LD A,(HELPT11)
        AND 0FH
        LD E,A
        LD A,(HELPT11)
        OR 0FH
        INC A
        AND 70H
        OR E
        LD (HELPT11),A
        JP OUTI2
OUTIN11: LD A,(HELPT11)
        AND 05H
        CP 05H
        JR Z,OUTIN10
        LD A,(HELPT11)
        INC A
        LD (HELPT11),A
        JP OUTI2
OUTIN10: LD A,(HELPT11)
        AND 0F0H
        LD (HELPT11),A

```

```

;PASS = 5 Min
;SET BIT4,5,6
;EQUIL '0' AND
;KEEP IN REG E
;INCREET DATA IN
;BIT4,5,6 AND
;CLR ANATHER BIT='0'
;KEEP BIT4,5,6
;INTD ADDR FF31

```

```

;IF=5 THEN CHECK TEMP
;ELSE INCREET DATA

```

```

;SEND DATA TO CHECK TEMPL
;SET BIT0,1,2='0'
;AND SEND DATA TO

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LD A,79H
LD (BUFCHAN),A
LD A,GATE1 ;CLOSE AND READ
CALL SEND ;TEMP INTO CPU
CALL DELAY4
CALL RECRI
CALL CHTEM
LD C,A
LD (MONO3),A
LD A,(HELPT10)
BIT 4,A
JR Z,RF100
LD A,01H
JP RF200
RF100: LD A,00H
RF200: LD (MONO2),A
LD A,01H
LD (MONO1),A
CALL TOISM ;SEND TEMP TO IBM
LD A,(HELPT10)
BIT 4,A
JR Z,TIN10 ;BIT3='0'=OFF JP TO MAX
LD A,(TEMP10) ;ADDR KEEP TEMP MIN
CP C ;REG C HAVE TEMP'C
JP NC,OUT12
LD A,79H
LD (BUFCHAN),A
LD A,CMOFF1 ;NOW ROOMTEMP IS
CALL SEND ;LOW AT SET POINT
LD A,(HELPT10)
RES 4,A
LD (HELPT10),A
CP OUT12
TIN10: LD A,(TEMP11) ;ADDR KEEP TEMP MAX
INC A
CP C
JR NC,TIN11
JP OUT12
TIN11: LD A,79H
LD (BUFCHAN),A
LD A,CMON1
CALL SEND
LD A,(HELPT10)
SET 4,A
LD (HELPT10),A
JP OUT12
OUTIN2: LD A,(HELPT21)
BIT 7,A
JR Z,OUTIN21
BIT 3,A
JR NZ,OUTIN21
AND 50H
CP 50H
JP Z,TIMES
LD A,(HELPT21)
AND 0FH
LD E,A
LD A,(HELPT21)
OR 0FH
INC A
AND 70H
OR E
LD (HELPT21),A
JP TIMES
OUTIN21: LD A,(HELPT21)
AND 05H
CP 05H
JR Z,OUTIN20
LD A,(HELPT21)
INC A
LD (HELPT21),A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

OUTIN20: JP TIME8
LD A,(HELP21)
AND 0F8H
LD (HELP21),A
LD A,24H
LD (BUFCHAN),A
LD A,GATE2
CALL SEND
CALL DELAY4
CALL RECRI
CALL CHTEM
LD C,A
LD (MON03),A
LD A,(HELP20)
BIT 4,A
JR Z,RF1
LD A,01H
JP RF2
RF1: LD A,00H
RF2: LD (MON02),A
LD A,02H
LD (MON01),A
CALL TOISM ;SEND TEMP TO 16M
LD A,(HELP20)
BIT 4,A
JR Z,TIN20
LD A,(TEMP20)
DP C
JP NC,TIME8
LD A,24H
LD (BUFCHAN),A
LD A,CMOFF2
CALL SEND
LD A,(HELP20)
RES 4,A
LD (HELP20),A
JP TIME8
TIN20: LD A,(TEMP21)
CNC A
DP C
JR NC,TIN21
JP TIME8
TIN21: LD A,24H
LD (BUFCHAN),A
LD A,CMON2
CALL SEND
LD A,(HELP20)
SET 4,A
LD (HELP20),A
TIME8: POP HL
POP DE
POP EC
POP AF
EI
RTTI

```

```

ORG 01B00H
DEFB 40H
DEFB 79H
DEFB 24H
DEFB 30H
DEFB 19H
DEFB 12H
DEFB 02H
DEFB 78H
DEFB 00H
DEFB 16H
ORG 01B0AH
DEFB 8EH
DEFB 0C1H
DEFB 0C7H
DEFB 0C7H
END

```

FULL_PAT:

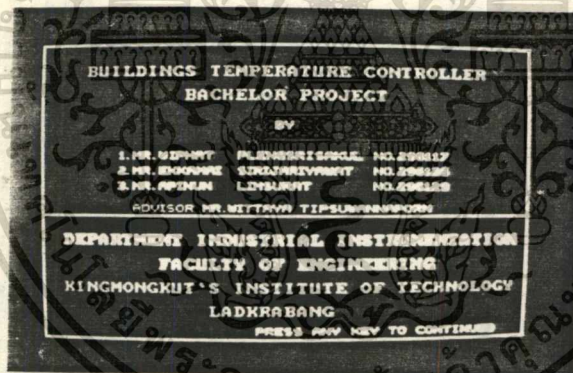
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงกราฟฟิค

เครื่องควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ระบบออนไลน์นี้ สามารถเชื่อมต่อกับ - เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงกราฟฟิค โดยการส่งข้อมูลแบบ RS-232 ซึ่งจะแสดงสถานะของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แต่ละจุดที่ถูกควบคุม รวมทั้งค่าอุณหภูมิของแต่ละจุดขณะนั้น และค่าอุณหภูมิค่าสุด/สูงสุดของทุกห้องที่เราโปรแกรมไว้ นอกจากนี้ยังสามารถโปรแกรมเวลาเปิด/ปิดเครื่องปรับอากาศ, โปรแกรมค่าอุณหภูมิค่าสุด/สูงสุดของแต่ละห้องได้ โดยผ่านทางคีย์บอร์ดของไมโครคอมพิวเตอร์ให้ ทำให้ใช้งานได้สะดวกเร็ว

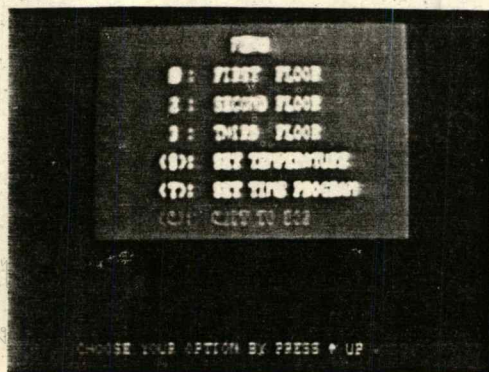
ซอฟต์แวร์ที่ใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เขียนด้วยภาษาปาสคาล ซึ่งมีไฟล์ชาร์ทแสดงดังรูปที่ 12.1

จากไฟล์ชาร์ทเมื่อเริ่มต้น บนมอนิเตอร์ของไมโครคอมพิวเตอร์จะแสดง TITLE ซึ่งเป็นส่วนที่บอกถึงชื่อโครงการ, โปรแกรมเมอร์, ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา, ชื่อภาควิชา, และชื่อสถาบัน ดังแสดงในรูปที่ 12.2



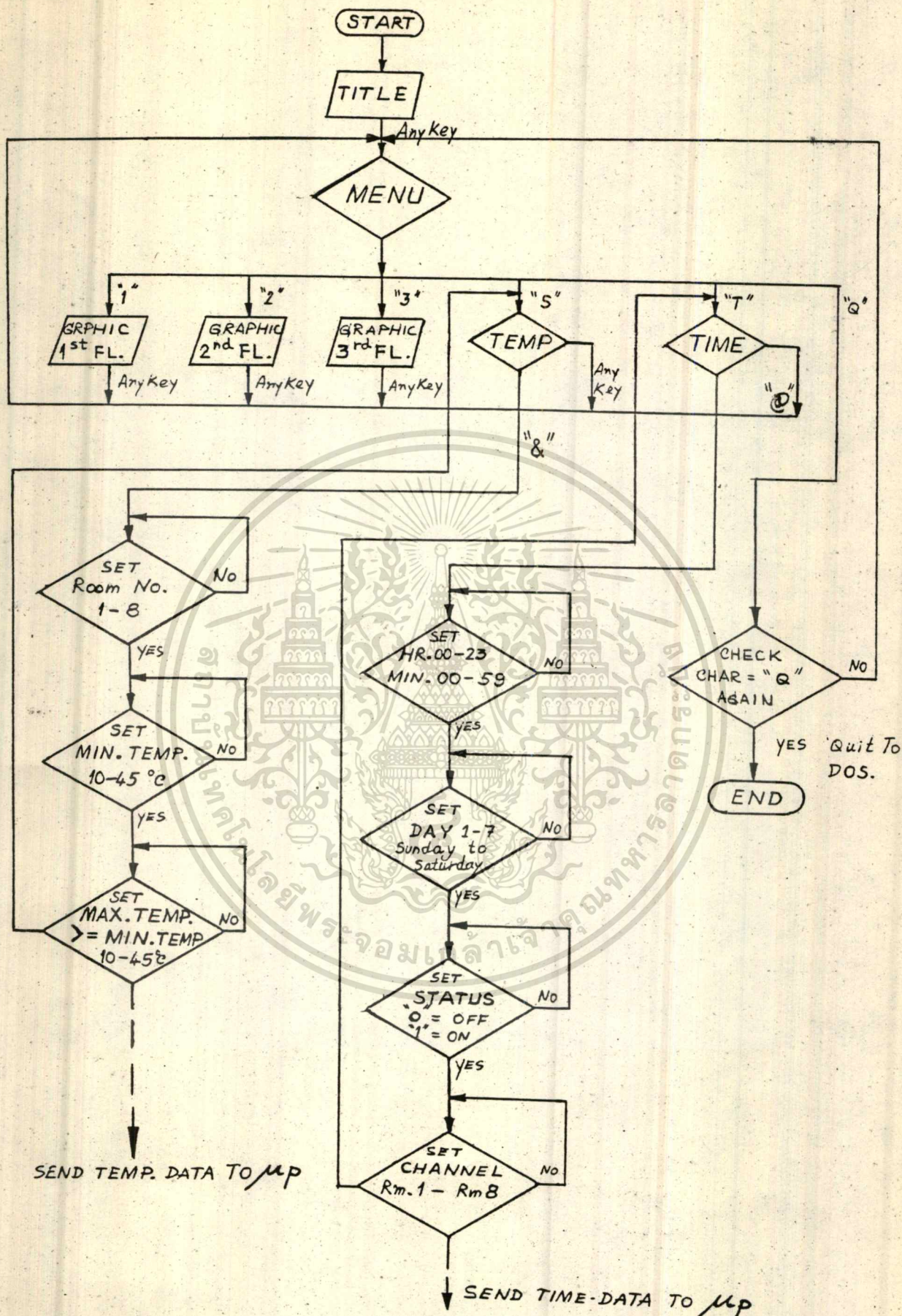
รูปที่ 12.2 แสดงรายละเอียดของโครงการ

ในขณะที่แสดง TITLE อยู่บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับคีย์และค่าที่ส่งมาจากคอนโทรลยูนิทหรือไมโครโปรเซสเซอร์ตลอดเวลา และเมื่อผู้ใช้กดคีย์ใดๆ ก็จะทำให้เข้าสู่โหมดแสดงเมนู ดังแสดงในรูปที่ 12.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง

อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ใช้ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



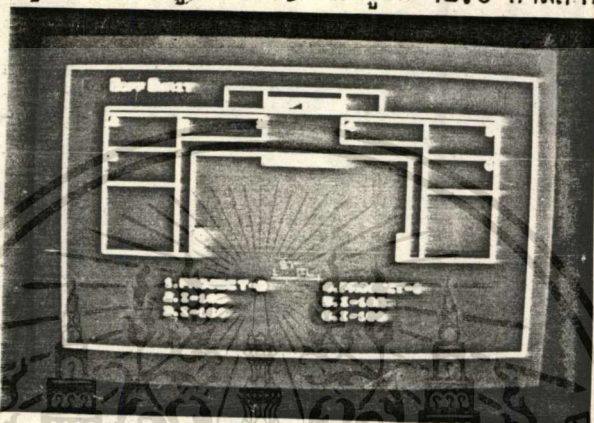
FLOWCHART TURBO PASCAL
GRAPHIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

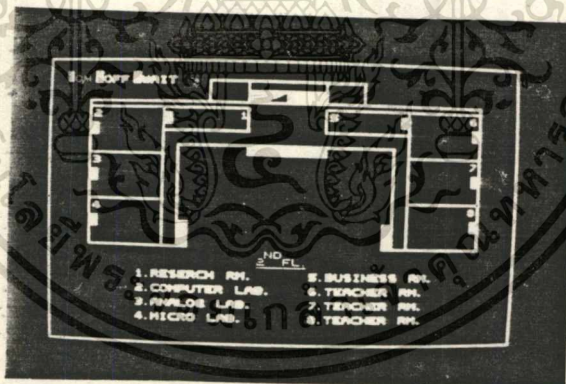
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฉมนี้ จะแสดงรายละเอียดให้เลือก 6 รายการ โดยใช้แอร์โรคีย์ในการเลือก รายการ เคอร์เซอร์จะกระพริบและเลื่อนตามหัวข้อย่อยรายการที่เรากดแอร์โรคีย์ แต่ละรายการมีรายละเอียดแสดงดังนี้

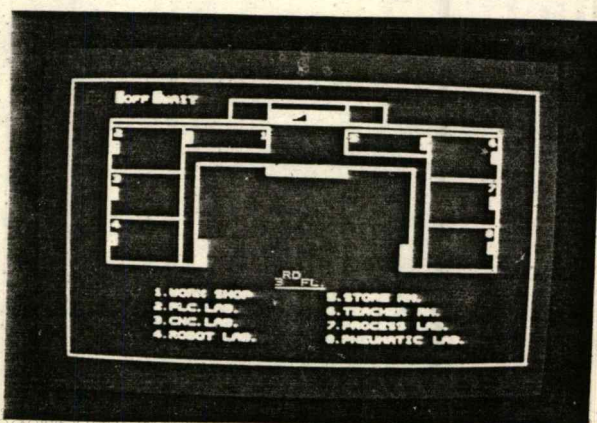
เลือกรายการ (1), (2), (3) จะแสดงภาพแปลนอาคารภาควิชาเทคโนโลยีการควบคุม ทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยรายการ (1) จะแสดงแปลนชั้น 1 ,รายการ (2) จะแสดงแปลนชั้น 2,รายการ (3) จะ - แสดงแปลนชั้น 3 ดังแสดงรูปที่ 12.4 รูปที่ 12.5 และรูปที่ 12.6 ตามลำดับ



รูปที่ 12.4 แสดงภาพแปลนอาคาร ชั้นที่ 1



รูปที่ 12.5 แสดงภาพแปลนอาคาร ชั้นที่ 2



รูปที่ 12.6 แสดงภาพแปลนอาคาร ชั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแปลนแต่ละชั้นจะแสดงห้องต่างๆพร้อมชื่อห้อง, แสดงระดับอุณหภูมิของแต่ละห้อง, พร้อมทั้งแสดงสถานะของเครื่องปรับอากาศว่า เปิดหรือปิดมอเตอร์คอมเพรสเซอร์อยู่ โดยแทนด้วยสัญลักษณ์บ็อกซ์ต่างๆ ลักษณะบ็อกซ์เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแสดงไว้ในทุกห้อง ซึ่งมีสี่แทนสถานะ 3 สี่ ดังนี้ สี่เหลี่ยม แสดงว่า เครื่องปรับอากาศห้องนั้นยังไม่ถูกควบคุม หรือไม่รู้สถานะของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

สี่เหลี่ยม แสดงว่า เครื่องปรับอากาศห้องนั้นถูกควบคุมให้ทำงานแล้ว โดยพัดลมเป่าลมเย็นทำงานตลอด แคมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ในขณะนั้นออฟอยู่

สี่เหลี่ยม แสดงว่า เครื่องปรับอากาศห้องนั้นถูกควบคุมอยู่ ทั้งพัดลมและมอเตอร์คอมเพรสเซอร์อยู่ในสถานะออนอยู่

ถ้าเลือกรายการ (S) จะแสดงค่าอุณหภูมิค่าสุด/สูงที่สุดของแต่ละห้อง ที่ผู้ใช้ได้โปรแกรมไว้แล้ว, แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้แต่ละห้อง, และแสดงสถานะของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ว่า ออน/ออฟ ซึ่งในขณะทีแสดงรายการอยู่นี้ ถ้าต้องการตั้งค่าอุณหภูมิค่าสุด/สูงที่สุดใหม่ ก็ทำได้ โดยการกดคีย์ "&" กลางของจอภาพจะปรากฏคำว่า "Room No" หมายความว่าให้ผู้ใช้ป้อนเลขห้องที่ต้องการเปลี่ยนค่า เครื่องจะรับเฉพาะคีย์หมายเลข 1-8 เท่านั้น แทนห้อง 1 ถึงห้อง 8 เมื่อป้อนหมายเลขห้องแล้ว จะปรากฏค่าใหม่คือคำว่า "Min Temp" หมายความว่าให้ป้อนค่าอุณหภูมิค่าสุดค่าใหม่ โดยป้อนค่าระหว่าง 10-45 องศาเซลเซียสเท่านั้น เมื่อป้อนเสร็จจะปรากฏค่าใหม่อีก คือคำว่า "Max Temp" หมายความว่าให้ป้อนค่าอุณหภูมิสูงที่สุดค่าใหม่ ระหว่าง 10-45 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกัน เมื่อป้อนค่าใหม่ทั้งสองมาเสร็จเรียบร้อยแล้ว เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งค่าค่านี้ไปให้ -80 บนคอนโทรลยูนิต ซึ่ง -80 จะทำการเปลี่ยนจากแอสกีโคด (ASCII code) ไปเป็นเลขฐาน 16 แล้วเก็บค่าใหม่นี้แทนค่าเดิมลงในหน่วยความจำ

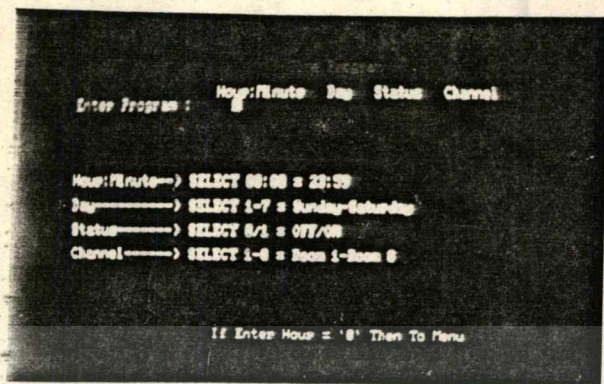
ส่วนบนไมโครคอมพิวเตอร์เอง เมื่อส่งค่าไปให้คอนโทรลยูนิตแล้ว ก็จะเปลี่ยนค่าอุณหภูมิค่าสุด/สูงที่สุดที่แสดงบนจอภาพทันที เป็นอันเสร็จสิ้นการเซ็ค่าใหม่และพร้อมจะรับการเซ็ ค่าใหม่อีกไม่ว่าจะเป็นห้องเดิมหรือห้องอื่นๆ แต่ถ้ากดคีย์ อีกครั้งภาพบนจอจะกลับสู่เมนู

ถ้าเลือกรายการ (S) นี้จะแสดงดังรูปที่ 12.7

SECOND FLOOR			
Room No.	Min Temp.	Max Temp.	Measured Temp.
1	24.00	28.00	
2	20.00	25.00	
3	40.00	40.00	
4	20.00	22.00	
5	40.00	44.00	
6	10.00	22.00	
7	15.00	20.00	
8	22.00	22.00	
Set Temp. Press (B)			

รูปที่ 12.7 แสดงภาพในโมดเซ็อุณหภูมิใหม่

ถ้าเลือกรายการ (T) จะปรากฏรายการให้เซ็โปรแกรมเวลาเปิด/ปิดเครื่องปรับอากาศของแต่ละห้อง บนจอภาพจะแสดงดังรูปที่ 12.8



รูปที่ 12.8 แสดงภาพในโหมดเซ็เวลาเปิด/ปิด

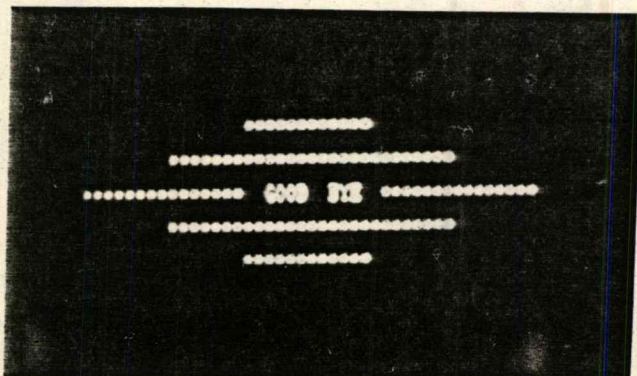
การโปรแกรมเวลาเปิด/ปิด จะมีวิธีการเซ็ข้อมูลเช่นเดียวกับการเซ็ค่าผ่านคีย์บอร์ดของคอนโทรลยูนิต โดยเริ่มจากเซ็เวลา, วัน, สถานะ, และห้องที่ต้องการโปรแกรม

เมื่อทำการเซ็ค่าจนครบแล้ว เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลเหล่านี้ไปให้คอนโทรลยูนิตเช่นเดียวกัน ถ้าต้องการออกจากโหมดนี้ ก็โดยการกดคีย์ " " เมื่อเคอร์เซอร์อยู่ที่ตำแหน่งชั่วโมงหลักแรก ก็จะเข้าสู่เมนูทันที

ถ้าเลือกรายการ (Q) จะหมายถึงผู้ใช้ต้องการออกจากกราฟฟิค ฟังก์ชันนี้จะเพราะต้องการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในท น อื่นๆหรือต้องการปิดเครื่องเมื่อเป็นเวลาตอนกลางคืน ก็ให้กดคีย์ "Q" ที่คอนลางขอเมนูจะปรากฏข้อความดังนี้

PRESS "Q" AGAIN IF QUIT

ถ้าผู้ใช้กดคีย์ "Q" อีกครั้ง โปรแกรมจะออกจากกราฟฟิคกลับเข้าสู่ " DOS" ของระบบทันที โดยก่อนจะออกจากโปรแกรม เครื่องจะทำการบันทึกค่าอุณหภูมิค่าสุด/สูงสุดของทุกห้องไว้บนแผ่นดิสเก็ต(DISKETTE) แล้วแสดงภาพบนจอภาพดังรูปที่ 12.9



รูปที่ 12.9 แสดงภาพเมื่อออกจากโปรแกรมเข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

(*****
{*
{*          PROGRAM TURBO GRAPHIC          *}
{*
{*          BACHELOR THESIS                  *}
{*
{*          BUILDING TEMPERATURE CONTROLLER  *}
{*
{*          Programme. : Mr.Wijhat Plengsriakul  *}
{*
{*                      : Mr.Ekkamat Sirirajiyawan  *}
{*
{*                      : Mr.Apisit Limsurat        *}
{*
{*          Adviser    : Mr.Vitaya Tiptanwongpran  *}
{*
{*          Section    : Industrial Instrumentation *}
{*
{*          Department : Industrial Instrumentation  *}
{*                      Technology                  *}
{*
{*          Faculty    : Engineering                *}
{*
{*          KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  *}
{*
{*                      LADKRAEANG                  *}
{*
{*                      BANGKOK THAILAND            *}
{*
{*****

```

PROGRAM BUILDING_TEMPERATURE_CONTROLLER ;

(*I GRAPH.P)

CONST

```

A:array[0..7] of byte=(#88,#88,#f8,#88,#70,#00,#00,#00);
B:array[0..7] of byte=(#78,#88,#78,#88,#78,#00,#00,#00);
C:array[0..7] of byte=(#f0,#08,#08,#08,#f0,#00,#00,#00);
D:array[0..7] of byte=(#78,#88,#88,#88,#78,#00,#00,#00);
E:array[0..7] of byte=(#f8,#08,#78,#08,#f8,#00,#00,#00);
F:array[0..7] of byte=(#08,#08,#78,#08,#f8,#00,#00,#00);
G:array[0..7] of byte=(#f0,#88,#88,#08,#f0,#00,#00,#00);
H:array[0..7] of byte=(#88,#88,#f8,#88,#88,#00,#00,#00);
I:array[0..7] of byte=(#70,#20,#20,#20,#70,#00,#00,#00);
J:array[0..7] of byte=(#70,#48,#48,#40,#80,#00,#00,#00);
K:array[0..7] of byte=(#88,#48,#38,#48,#88,#00,#00,#00);
L:array[0..7] of byte=(#f8,#00,#08,#08,#08,#00,#00,#00);
M:array[0..7] of byte=(#88,#88,#88,#88,#88,#00,#00,#00);
N:array[0..7] of byte=(#88,#88,#88,#88,#88,#00,#00,#00);
O:array[0..7] of byte=(#70,#88,#88,#88,#70,#00,#00,#00);
P:array[0..7] of byte=(#08,#08,#f8,#88,#78,#00,#00,#00);
Q:array[0..7] of byte=(#b0,#88,#88,#88,#70,#00,#00,#00);
R:array[0..7] of byte=(#88,#48,#78,#88,#78,#00,#00,#00);
S:array[0..7] of byte=(#70,#80,#70,#08,#70,#00,#00,#00);
T:array[0..7] of byte=(#20,#20,#20,#20,#f8,#00,#00,#00);
U:array[0..7] of byte=(#70,#88,#88,#88,#88,#00,#00,#00);
V:array[0..7] of byte=(#20,#50,#88,#88,#88,#00,#00,#00);
W:array[0..7] of byte=(#50,#a8,#a8,#a8,#88,#00,#00,#00);
X:array[0..7] of byte=(#88,#50,#20,#50,#88,#00,#00,#00);
Y:array[0..7] of byte=(#20,#20,#70,#88,#88,#00,#00,#00);
Z:array[0..7] of byte=(#f8,#10,#20,#40,#f8,#00,#00,#00);
one:array[0..7] of byte=(#70,#20,#20,#30,#20,#00,#00,#00);
two:array[0..7] of byte=(#f8,#08,#70,#80,#70,#00,#00,#00);
three:array[0..7] of byte=(#78,#80,#70,#80,#78,#00,#00,#00);
four:array[0..7] of byte=(#40,#f8,#48,#50,#60,#00,#00,#00);
five:array[0..7] of byte=(#78,#80,#78,#08,#f8,#00,#00,#00);
six:array[0..7] of byte=(#70,#88,#78,#08,#70,#00,#00,#00);
seven:array[0..7] of byte=(#10,#20,#40,#80,#f0,#00,#00,#00);
eight:array[0..7] of byte=(#70,#88,#70,#88,#70,#00,#00,#00);
nine:array[0..7] of byte=(#70,#80,#f0,#88,#70,#00,#00,#00);
zero:array[0..7] of byte=(#70,#98,#a8,#c8,#70,#00,#00,#00);
ARROW:array[0..7] of byte=(#10,#30,#70,#f8,#f8,#70,#30,#10);
Add:array[0..7] of byte=(#00,#20,#70,#20,#00,#00,#00,#00);
Sub:array[0..7] of byte=(#00,#00,#f0,#00,#00,#00,#00,#00);
Eq:array[0..7] of byte=(#00,#00,#f0,#f0,#00,#00,#00,#00);
Deg:array[0..7] of byte=(#00,#00,#00,#60,#60,#00,#00,#00);
Point:array[0..7] of byte=(#10,#00,#00,#00,#00,#00,#00,#00);
clear:array[0..7] of byte=(#fc,#fc,#fc,#fc,#fc,#00,#00,#00);
BOX:array[0..7] of byte=(#f8,#f8,#f8,#f8,#f8,#f8,#f8,#f8);
RX_BUFFER = #3F8;TX_BUFFER = #3F8;
LCR = #3FB;MCR = #3FE;LSR = #3FD;MCR = #3FC;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TYPE reg = record
  case integer of
    1 : (AX,BX,CX,DX,BP,SI,DI,ES,FI +DS : integer );
    2 : (AL,AH,EL,EH,CL,CH,DH : byte );
  end;
  keep = array[1..2003] of char;
  filesavet = file of keep;

VAR  recieve_1,recieve_2,num,www,ttt,sss,lll,answer,
  send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4 : byte;
  data:keep;
  symb,sym,stop,ccc,ddd: char;
  LOGIC,jjj:byte;
  register : reg ;
  tempfi:filesavet;
  send:array[1..10] of byte;

FUNCTION created(var somfi:filesavet):boolean;
BEGIN
  {#I--}reset(somfi);{#I+}
  created := IOresult=0;
END;

PROCEDURE SetCursor(Top,Bottom: Byte );
BEGIN
  register.AX := $0100 ;
  register.CH := top ;
  register.CL := bottom ;
  intr($10,Register);
END;

PROCEDURE display(num_1,num_2,num_3,num_4,num_5:integer);
BEGIN
  pattern(clear);fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,0);
  case ccc of
    '0':begin pattern(zero);
           fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
    '1':begin pattern(one);
           fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
    '2':begin pattern(two);
           fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
    '3':begin pattern(three);
           fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
    '4':begin pattern(four);
           fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
    '5':begin pattern(five);
           fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
    '6':begin pattern(six);
           fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
    '7':begin pattern(seven);
           fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
  end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'8':begin pattern(eight);
      fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
'9':begin pattern(nine);
      fillpattern(num_1,num_2,num_3,num_4,3);end;
end;
pattern(clear);fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,0);
case ddd of
'0':begin pattern(zero);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'1':begin pattern(one);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'2':begin pattern(two);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'3':begin pattern(three);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'4':begin pattern(four);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'5':begin pattern(five);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'6':begin pattern(six);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'7':begin pattern(seven);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'8':begin pattern(eight);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
'9':begin pattern(nine);
      fillpattern(num_3,num_2,num_5,num_4,3);end;
end;
END;

```

```

PROCEDURE compare(sen_1,sen_2,sen_3,com_1,com_2,com_3,com_4:byte);
BEGIN
  if data[sen_1]='0' then con:=0;
begin
  if data[sen_2] = data[com_1] then
begin
  if data[sen_3] >= data[com_2] then sss:=2
  else sss:=1
end;
  if data[sen_2] > data[com_1] then sss:=2;
  if data[sen_2] < data[com_1] then sss:=1;
end
else
begin
  if data[sen_2] = data[com_3] then
begin
  if data[sen_3] <= data[com_4] then sss:=1
  else sss:=2
end;
  if data[sen_2] < data[com_3] then sss:=1;
  if data[sen_2] > data[com_3] then sss:=2;
end;
  ccc:=data[sen_2];
  ddd:=data[sen_3];
END;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PROCEDURE room(rm2,rm3,rm4:byte);
BEGIN
  num:=rm3;
  Repeat
    repeat
      recieve_2 := port[1sr3];
    until (recieve_2 and $01) = $01 ;
    recieve_1 := port[rx_buffer];
    if recieve_1 in [$00,$01] then
begin
      recieve_1:=recieve_1+$30;
      data[num] := chr(recieve_1);
    end
  else begin
    lll:=recieve_1;
    recieve_1:=recieve_1 shr $04;
    recieve_1:=recieve_1+$30;
    lll:=lll and $0F;
    lll:=lll+$30;
    data[num]:=chr(recieve_1);
    data[num+1]:=chr(lll);
    end;
    num:=num+1;
  Until num=rm4;
  send_1:=,rm3;send_2:= rm3+1;send_3:= rm3+2;
  comp_1:= rm2;comp_2:= rm2+1;comp_3:= rm2+2;comp_4:= rm2+3;
  compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
END;

```

```

PROCEDURE receive;
BEGIN
  jjj := 1;
  num := 1;
  repeat
    recieve_2 := port[1sr3];
  until (recieve_2 and $01)=$01;
  recieve_1 := port[rx_buffer];
  recieve_1 := recieve_1+$30;
  data[num] := chr(recieve_1);
  case data[num] OF
    '1':ROOM(59,2,4);
    '2':ROOM(62,5,7);
    '3':ROOM(66,8,10);
    '4':ROOM(70,11,13);
    '5':ROOM(74,14,16);
    '6':ROOM(78,17,19);
    '7':ROOM(82,20,22);
    '8':ROOM(86,23,25);
  end;
END;

```

```

PROCEDURE outp(opt1:byte);
BEGIN
  data[opt1]:=' ';data[opt1+1]:=' ';
END;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PROCEDURE outpro;
BEGIN
    num := 1;
    repeat
        receive_2 := portf1s-1;
        until (receive_2 and $01) = $01;
        receive_1 := receive_1+$30;
        data[num] := chr(receive_1);
        case data[num] of
            '1':outp(3);
            '2':outp(6);
            '3':outp(9);
            '4':outp(12);
            '5':outp(15);
            '6':outp(18);
            '7':outp(21);
            '8':outp(24);
        end;
    end;
END;

```

```

PROCEDURE sett(point_1,point_2,b,l);
BEGIN
    num := point_1;
    repeat
        repeat
            receive_2 := portf1s-1;
            until (receive_2 and $01) = $01;
            receive_1 := portf1s_buffer1;
            receive_1 := receive_1+$30;
            data[num] := chr(receive_1);
            num := num+1;
        until num=point_2;
    end;
END;

```

```

PROCEDURE setpoint;
BEGIN
    num := 1;
    repeat
        receive_2 := portf1s-1;
        until (receive_2 and $01) = $01;
        receive_1 := portf1s_buffer1;
        receive_1 := receive_1+$30;
        data[num] := chr(receive_1);
        case data[num] of
            '1':sett(58,62);
            '2':sett(62,66);
            '3':sett(66,70);
            '4':sett(70,74);
            '5':sett(74,78);
            '6':sett(78,82);
            '7':sett(82,86);
            '8':sett(86,90);
        end;
    end;
END;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PROCEDURE TITLE;
BEGIN
    GRAPHCOLORMODE; GRAF#BACKGROUND(0); PALETTE(2);
    DRAW(1,1,319,1,1); DRAW(319,1,319,199,1);
    DRAW(319,199,1,199,1); DRAW(1,199,1,1,1);
    DRAW(1,115,319,115,1);
    SOUND(500); DELAY(200); NOSOUND;
    GOTOXY(5,3); WRITE('BUILDINGS TEMPERATURE CONTROLLER');
    GOTOXY(13,5); WRITE('BACHELOR PROJECT'); TEXTCOLOR(3);
    GOTOXY(3,17); WRITE('DEPARTMENT INDUSTRIAL INSTRUMENTATION');
    GOTOXY(11,19); WRITE('FACULTY OF ENGINEERING');
    TEXTCOLOR(2);
    GOTOXY(3,21); WRITE('KINGMONBKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY');
    GOTOXY(15,23); WRITE('LADKRAEANG');
    (BY)
    PATTERN(B); FILLPATTERN(150,50,157,57,1);
    PATTERN(Y); FILLPATTERN(156,50,163,57,1);
    (1.MR.WIPHAT PLENGSRISAKUL NO.296117)
    PATTERN(ONE); FILLPATTERN(50,70,57,77,1);
    PATTERN(POINT); FILLPATTERN(55,70,62,77,1);
    PATTERN(M); FILLPATTERN(60,70,67,77,3);
    PATTERN(R); FILLPATTERN(66,70,73,77,3);
    PATTERN(POINT); FILLPATTERN(72,70,79,77,3);
    PATTERN(W); FILLPATTERN(77,70,84,77,3);
    PATTERN(I); FILLPATTERN(83,70,90,77,3);
    PATTERN(P); FILLPATTERN(88,70,95,77,3);
    PATTERN(H); FILLPATTERN(94,70,101,77,3);
    PATTERN(A); FILLPATTERN(100,70,107,77,3);
    PATTERN(T); FILLPATTERN(106,70,113,77,3);
    PATTERN(P); FILLPATTERN(112,70,119,77,3);
    PATTERN(L); FILLPATTERN(118,70,125,77,3);
    PATTERN(E); FILLPATTERN(124,70,131,77,3);
    PATTERN(N); FILLPATTERN(130,70,137,77,3);
    PATTERN(G); FILLPATTERN(136,70,143,77,3);
    PATTERN(S); FILLPATTERN(142,70,149,77,3);
    PATTERN(R); FILLPATTERN(148,70,155,77,3);
    PATTERN(I); FILLPATTERN(154,70,161,77,3);
    PATTERN(S); FILLPATTERN(160,70,167,77,3);
    PATTERN(A); FILLPATTERN(166,70,173,77,3);
    PATTERN(K); FILLPATTERN(172,70,179,77,3);
    PATTERN(U); FILLPATTERN(178,70,185,77,3);
    PATTERN(L); FILLPATTERN(184,70,191,77,3);
    PATTERN(N); FILLPATTERN(190,70,197,77,3);
    PATTERN(O); FILLPATTERN(196,70,203,77,3);
    PATTERN(POINT); FILLPATTERN(202,70,209,77,3);
    PATTERN(TWO); FILLPATTERN(208,70,215,77,3);
    PATTERN(NIGH); FILLPATTERN(214,70,221,77,3);
    PATTERN(SIX); FILLPATTERN(220,70,227,77,3);
    PATTERN(ONE); FILLPATTERN(226,70,233,77,3);
    PATTERN(ONE); FILLPATTERN(232,70,239,77,3);
    PATTERN(ONE); FILLPATTERN(238,70,245,77,3);
    PATTERN(ONE); FILLPATTERN(244,70,251,77,3);
    PATTERN(ONE); FILLPATTERN(250,70,257,77,3);
    PATTERN(SEVEN); FILLPATTERN(256,70,263,77,3);
    (2.MR.EKKAMAI SIRIJAPIYAWAT NO.296126)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PATTERN(TWO); FILLPATTERN(50,80,57,97,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(55,80,62,97,1);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(60,80,67,97,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(66,80,73,97,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(72,80,79,97,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(77,80,84,97,3);
 PATTERN(K); FILLPATTERN(83,80,90,97,3);
 PATTERN(K); FILLPATTERN(89,80,96,97,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(95,80,102,97,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(101,80,108,97,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(107,80,114,97,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(112,80,119,97,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(127,80,134,97,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(132,80,139,97,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(137,80,144,97,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(143,80,150,97,3);
 PATTERN(J); FILLPATTERN(147,80,154,97,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(153,80,160,97,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(159,80,166,97,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(164,80,171,97,3);
 PATTERN(Y); FILLPATTERN(169,80,176,97,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(175,80,182,97,3);
 PATTERN(W); FILLPATTERN(181,80,188,97,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(187,80,194,97,3);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(193,80,200,97,3);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(212,80,219,97,1);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(219,80,226,97,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(223,80,230,97,1);
 PATTERN(TWO); FILLPATTERN(227,80,234,97,3);
 PATTERN(NIGH); FILLPATTERN(233,80,240,97,3);
 PATTERN(SIX); FILLPATTERN(239,80,246,97,3);
 PATTERN(ONE); FILLPATTERN(244,80,251,97,3);
 PATTERN(TWO); FILLPATTERN(249,80,256,97,3);
 PATTERN(SIX); FILLPATTERN(255,80,262,97,3);
 (3. MR. APINUN LIMSURAT NO. 296129)
 PATTERN(THREE); FILLPATTERN(50,90,57,97,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(55,90,62,97,1);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(60,90,67,97,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(66,90,73,97,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(72,90,79,97,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(77,90,84,97,3);
 PATTERN(P); FILLPATTERN(83,90,90,97,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(88,90,95,97,3);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(93,90,100,97,3);
 PATTERN(U); FILLPATTERN(99,90,106,97,3);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(105,90,112,97,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(127,90,134,97,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(132,90,139,97,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(137,90,144,97,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(143,90,150,97,3);
 PATTERN(U); FILLPATTERN(149,90,156,97,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(155,90,162,97,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(161,90,168,97,3);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(167,90,174,97,3);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PATTERN(N); FILLPATTERN(212,90,219,97,1);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(218,90,225,97,1);
 PATTERN(PJOINT); FILLPATTERN(223,90,230,97,1);
 PATTERN(TWO); FILLPATTERN(227,90,231,97,3);
 PATTERN(NIGH); FILLPATTERN(233,90,240,97,3);
 PATTERN(SIX); FILLPATTERN(239,90,246,97,3);
 PATTERN(ONE); FILLPATTERN(244,90,251,97,3);
 PATTERN(TWO); FILLPATTERN(249,90,256,97,3);
 PATTERN(NIGH); FILLPATTERN(253,90,262,97,3);
 {ADVISOR}
 PATTERN(A); FILLPATTERN(60,105,67,112,2);
 PATTERN(D); FILLPATTERN(66,105,73,112,2);
 PATTERN(V); FILLPATTERN(72,105,79,112,2);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(77,105,84,112,2);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(82,105,89,112,2);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(88,105,95,112,2);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(94,105,101,112,2);
 {MR.WITTAYA PISUWANPORN}
 PATTERN(M); FILLPATTERN(105,105,112,112,1);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(111,105,118,112,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(117,105,124,112,1);
 PATTERN(W); FILLPATTERN(121,105,128,112,1);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(126,105,133,112,1);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(131,105,138,112,1);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(137,105,144,112,1);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(143,105,150,112,1);
 PATTERN(Y); FILLPATTERN(149,105,156,112,1);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(155,105,162,112,1);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(166,105,173,112,1);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(172,105,179,112,1);
 PATTERN(P); FILLPATTERN(178,105,185,112,1);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(184,105,191,112,1);
 PATTERN(U); FILLPATTERN(190,105,197,112,1);
 PATTERN(W); FILLPATTERN(196,105,203,112,1);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(202,105,209,112,1);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(208,105,215,112,1);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(214,105,221,112,1);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(220,105,227,112,1);
 PATTERN(P); FILLPATTERN(226,105,233,112,1);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(232,105,239,112,1);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(238,105,245,112,1);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(244,105,251,112,1);
 {PRESS ANY KEY TO CONTINUED}
 PATTERN(P); FILLPATTERN(139,188,146,195,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(145,188,152,195,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(151,188,158,195,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(157,188,164,195,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(163,188,170,195,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(175,198,182,195,3);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(181,188,188,195,3);
 PATTERN(Y); FILLPATTERN(187,188,195,195,3);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PATTERN(K);FILLPATTERN(200,188,207,195,3);
PATTERN(E);FILLPATTERN(206,188,213,195,3);
PATTERN(Y);FILLPATTERN(212,188,219,195,3);
PATTERN(T);FILLPATTERN(224,188,231,195,3);
PATTERN(O);FILLPATTERN(230,188,237,195,3);
PATTERN(C);FILLPATTERN(242,188,249,195,3);
PATTERN(O);FILLPATTERN(248,188,255,195,3);
PATTERN(N);FILLPATTERN(254,188,261,195,3);
PATTERN(T);FILLPATTERN(260,188,267,195,3);
PATTERN(I);FILLPATTERN(266,188,273,195,3);
PATTERN(N);FILLPATTERN(272,188,279,195,3);
PATTERN(U);FILLPATTERN(278,188,285,195,3);
PATTERN(E);FILLPATTERN(284,188,291,195,3);
PATTERN(D);FILLPATTERN(290,188,297,195,3);
repeat
    num:=1;
repeat
    recieve_2 := port[157];
until ((recieve_2 and $01) = $01) or (keypressed);
    recieve_1 := port[158];
    data[num] := chr(recieve_1);
    if data[num]='*' then receive;
    if data[num]='&' then setpoint;
    if data[num]='!' then outpro;
until keypressed;
END;

```

```

PROCEDURE Displaymenu;
VAR TabColor,cntTabcolor,axis_Y :byte;
    kil:char;
BEGIN
    clrscr;
    textbackground(lightgreen);textcolor(lightmagenta);
    gotoxy(22,2);
    write(' ');
    gotoxy(22,3);
    write(' ');
    gotoxy(22,4);
    writeln(' ');
    textcolor(14);
    gotoxy(22,5);
    writeln(' ');
    gotoxy(22,6);
    writeln(' ');
    gotoxy(22,7);
    writeln(' ');
    gotoxy(22,8);
    writeln(' ');
    gotoxy(22,9);
    writeln(' ');
    gotoxy(22,10);
    writeln(' ');
    gotoxy(22,11);
    textcolor(white);
    writeln(' ');
    <S>: SET TEMPERATURE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(22,12);
  writeln('');
gotoxy(22,13);
  writeln('          <T>:  SET TIME PROGRAM');
gotoxy(22,14);
  writeln('');
gotoxy(22,15);
  writeln('');
  textcolor(lightred);
  writeln('          <Q>:  QUIT TO DOS');
gotoxy(22,16);
  writeln('');
  textbackground(blue);
gotoxy(0,25);
  TabColor := 0; cntTabColor := 1;
for TabColor:= 0 to 77 do
begin
  cntTabColor := cntTabColor+1;
  gotoxy(cntTabColor,25) write(' ');
end;
  textcolor(13); gotoxy(20,25);
write('CHOOSE YOUR OPTION BY PRESS');
  textcolor(10);
write('      ',chr(24),' UP');
  textcolor(12);
write('      ',chr(25),' DOWN');
  textcolor(14); textbackground(black);
  LOGIC := LOGIC+0; if LOGIC <> 0 then
begin
  axis_Y := LOGIC;
  gotoxy(30,axis_Y+5);
end
  else gotoxy(30,3);
SetCursor(0,6); sound(1000); delay(200); nosound;
repeat
  num := 1;
  repeat
    repeat
      recieve_2 := port[1sr];
    until ((recieve_2 and $C1) = $01) or (keypressed);
    recieve_1 := PORT[rx_buffer];
data[num] := chr(recieve_1);
    if data[num]='*' then receive;
    if data[num]='&' then setpoint;
    if data[num]='!' then outpro;
  until keypressed;
read(kbd,kil);
  if kil=#72 then
  begin{main1} axis_Y:=wherey;
  if axis_Y=15 then gotoxy(30,13)
  else if axis_Y=13 then gotoxy(30,11)
  else if axis_Y=11 then gotoxy(30,9)
  else if axis_Y=9 then gotoxy(30,7)
  else if axis_Y=7 then gotoxy(30,5);
  end;
  if kil=#80 then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin(main2) axis_Y:=wherey;
if axis_Y=5 then gotoxy(30,7)
else if axis_Y=7 then gotoxy(30,9)
else if axis_Y=9 then gotoxy(30,11)
else if axis_Y=11 then gotoxy(30,13)
else if axis_Y=13 then gotoxy(30,15);
end;
if kil=#13 then
begin axis_Y:=wherey;
if axis_Y=5 then begin symb:='1'; LOGIC:=0; end
else if axis_Y=7 then begin symb:='2'; LOGIC:=2; end
else if axis_Y=9 then begin symb:='3'; LOGIC:=4; end
else if axis_Y=11 then begin LOGIC:=6; symb:='5'; end
else if axis_Y=13 then begin LOGIC:=8; symb:='7'; end
else if axis_Y=15 then begin LOGIC:=10; symb:='9'; end;
end;
until kil = #13 ;
TEXTBACKGROUND(0);
END;

```

```

PROCEDURE FIRST_FL;
VAR JJ,II : INTEGER;
BEGIN CLRSCR;
FOR II:=1 TO 100
FOR JJ:=-3000 TO 3000 DO
SOUND(JJ);NOSOUND;
GRAPHCOLORMODE; GRAPHBACKGROUND(5); Palette(2);
DRAW(1,1,319,1,1); DRAW(319,1,319,199,1);
DRAW(319,199,1,199,1); DRAW(1,199,1,1,1);
DRAW(110,15,210,15,3); DRAW(30,30,290,30,3);
DRAW(90,60,230,60,3); DRAW(30,130,90,130,3);
DRAW(230,130,290,130,3); DRAW(110,15,110,30,3);
DRAW(210,15,210,30,3); DRAW(30,30,30,130,3);
DRAW(90,60,90,130,3); DRAW(230,60,230,130,3);
DRAW(290,30,290,130,3); DRAW(135,15,135,30,3);
DRAW(135,15,135,30,3); DRAW(135,34,135,50,3);
DRAW(135,34,135,50,3); DRAW(80,34,80,130,3);
DRAW(240,34,240,130,3); DRAW(30,34,135,34,3);
DRAW(135,34,290,34,3); DRAW(80,50,135,50,3);
DRAW(135,50,240,50,3); DRAW(30,58,80,58,3);
DRAW(30,82,80,82,3); DRAW(240,58,290,58,3);
DRAW(240,82,290,82,3); DRAW(135,22,135,22,3);
DRAW(160,22,142,30,3); DRAW(160,24,135,24,3);
DRAW(160,26,135,26,3); DRAW(160,28,135,28,3);
DRAW(135,24,135,24,3); DRAW(135,26,135,26,3);
DRAW(135,28,135,28,3); DRAW(135,62,135,62,3);
DRAW(135,64,135,64,3); DRAW(135,66,135,66,3);
DRAW(90,113,96,113,3); DRAW(90,130,96,130,3);
DRAW(224,113,230,113,3); DRAW(224,130,230,130,3);
DRAW(160,22,160,30,3); DRAW(135,60,135,66,3);
DRAW(135,60,135,66,3); DRAW(92,113,92,130,3);
DRAW(94,113,94,130,3); DRAW(96,113,96,130,3);
DRAW(224,113,224,130,3); DRAW(226,113,226,130,3);
DRAW(228,113,228,130,3); PATTERN(ONE);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

FILLPATTERN(127,34,134,41,1);
PATTERN(TWO); FILLPATTERN(30,34,37,41,1);
PATTERN(THREE); FILLPATTERN(30,58,37,65,1);
PATTERN(FOUR); FILLPATTERN(185,34,192,41,1);
PATTERN(FIVE); FILLPATTERN(280,34,287,41,1);
PATTERN(SIX); FILLPATTERN(280,58,287,65,1);
PATTERN(ONE); FILLPATTERN(140,135,147,142,2);
PATTERN(Z); FILLPATTERN(145,130,152,137,2);
PATTERN(T); FILLPATTERN(151,130,158,137,2);
PATTERN(F); FILLPATTERN(157,135,164,142,2);
PATTERN(L); FILLPATTERN(163,135,170,142,2);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(169,135,176,142,2);
DRAW(143,144,174,144,2);
PATTERN(ONE); FILLPATTERN(70,145,77,152,1);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(76,145,83,152,1);
PATTERN(P); FILLPATTERN(81,145,88,152,3);
PATTERN(R); FILLPATTERN(87,145,94,152,3);
PATTERN(Q); FILLPATTERN(93,145,100,152,3);
PATTERN(J); FILLPATTERN(99,145,106,152,3);
PATTERN(E); FILLPATTERN(105,145,112,152,3);
PATTERN(C); FILLPATTERN(111,145,118,152,3);
PATTERN(T); FILLPATTERN(117,145,124,152,3);
PATTERN(SUB); FILLPATTERN(125,145,132,152,3);
PATTERN(TWO); FILLPATTERN(131,145,138,152,3);
PATTERN(FOUR); FILLPATTERN(174,145,181,152,1);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,145,187,152,1);
PATTERN(P); FILLPATTERN(185,145,192,152,3);
PATTERN(R); FILLPATTERN(191,145,198,152,3);
PATTERN(Q); FILLPATTERN(197,145,204,152,3);
PATTERN(J); FILLPATTERN(203,145,210,152,3);
PATTERN(E); FILLPATTERN(207,145,214,152,3);
PATTERN(C); FILLPATTERN(215,145,222,152,3);
PATTERN(T); FILLPATTERN(221,145,228,152,3);
PATTERN(SUB); FILLPATTERN(227,145,234,152,3);
PATTERN(ONE); FILLPATTERN(233,145,240,152,3);
PATTERN(TWO); FILLPATTERN(70,155,77,162,1);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(76,155,83,162,1);
PATTERN(I); FILLPATTERN(81,155,88,162,3);
PATTERN(SUB); FILLPATTERN(87,155,94,162,3);
PATTERN(ONE); FILLPATTERN(93,155,100,162,3);
PATTERN(ZERO); FILLPATTERN(99,155,106,162,3);
PATTERN(THREE); FILLPATTERN(105,155,112,162,3);
PATTERN(FIVE); FILLPATTERN(174,155,181,162,1);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,155,187,162,1);
PATTERN(I); FILLPATTERN(185,155,192,162,3);
PATTERN(SUB); FILLPATTERN(191,155,198,162,3);
PATTERN(ONE); FILLPATTERN(197,155,204,162,3);
PATTERN(ZERO); FILLPATTERN(203,155,210,162,3);
PATTERN(TWO); FILLPATTERN(209,155,216,162,3);
PATTERN(THREE); FILLPATTERN(70,165,77,172,1);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(76,165,83,172,1);
PATTERN(I); FILLPATTERN(81,165,88,172,3);
PATTERN(SUB); FILLPATTERN(87,165,94,172,3);
PATTERN(ONE); FILLPATTERN(93,165,100,172,3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PATTERN(ZERO); FILLPATTERN(99,165,106,172,3);
PATTERN(FOUR); FILLPATTERN(105,165,112,172,3);
PATTERN(SIX); FILLPATTERN(174,165,181,172,1);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,165,187,172,1);
PATTERN(I); FILLPATTERN(185,165,192,172,3);
PATTERN(SUB); FILLPATTERN(191,165,198,172,3);
PATTERN(ONE); FILLPATTERN(197,165,204,172,3);
PATTERN(ZERO); FILLPATTERN(203,165,210,172,3);
PATTERN(ONE); FILLPATTERN(209,165,216,172,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(10,10,17,17,2);
PATTERN(O); FILLPATTERN(16,10,23,17,2);
PATTERN(N); FILLPATTERN(22,10,29,17,2);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(30,10,37,17,1);
PATTERN(O); FILLPATTERN(36,10,43,17,1);
PATTERN(F); FILLPATTERN(42,10,49,17,1);
PATTERN(F); FILLPATTERN(48,10,55,17,1);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(56,10,63,17,3);
PATTERN(W); FILLPATTERN(62,10,69,17,3);
PATTERN(A); FILLPATTERN(68,10,75,17,3);
PATTERN(I); FILLPATTERN(74,10,81,17,3);
PATTERN(T); FILLPATTERN(80,10,87,17,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(78,38,85,45,3);
cpeat
  num:=1;
  repeat
    receive_2:=port[10];
  until ((receive_2 and $01) = $01) or (keypressed);
  receive_1:=PORT[rx_buffer];
  data[num]:=chr(receive_1);
  if data[num]='*' then receive;
  if data[num]='%' then setpoint;
  if data[num]='!' then output;
  until keypressed;
END ;

```

```

PROCEDURE letter;
BEGIN
  if (data[3] <> ' ') and (data[6] <> ' ') then
  begin
    send_1:=2; send_2:=3; send_3:=4;
    comp_1:=26; comp_2:=27; comp_3:=28; comp_4:=29;
    compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
    display(90,38,77,45,104);
    if sss=1 then
    begin
      PATTERN(BOX); FILLPATTERN(78,38,85,45,1);
    end else
    begin
      PATTERN(BOX); FILLPATTERN(78,38,85,45,2);
    end; end;
    if (data[6] <> ' ') and (data[7] <> ' ') then
    begin
      send_1:=5; send_2:=6; send_3:=7;
      comp_1:=30; comp_2:=31; comp_3:=32; comp_4:=33;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
display(40,46,47,53,54);
if sss=1 then
begin
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,46,35,53,1);
end else
begin
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,46,35,53,2);
end; end;
if (data[9] <> ' ') and (data[10] <> ' ') then
begin
send_1:=8; send_2:=9; send_3:=10;
comp_1:=34; comp_2:=35; comp_3:=36; comp_4:=37;
compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
display(40,78,47,65,34);
if sss=1 then
begin
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,78,35,65,1);
end else
begin
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,78,35,65,2);
end; end;
if (data[12] <> ' ') and (data[13] <> ' ') then
begin
send_1:=11; send_2:=12; send_3:=13;
comp_1:=38; comp_2:=39; comp_3:=40; comp_4:=41;
compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
display(40,110,47,117,54);
if sss=1 then
begin
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,110,35,117,1);
end else
begin
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,110,35,117,2);
end; end;
if (data[15] <> ' ') and (data[16] <> ' ') then
begin
send_1:=14; send_2:=15; send_3:=16;
comp_1:=42; comp_2:=43; comp_3:=44; comp_4:=45;
compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
display(213,38,220,45,227);
if sss=1 then
begin
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(232,38,239,45,1);
end else
begin
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(232,38,239,45,2);
end; end;
if (data[18] <> ' ') and (data[19] <> ' ') then
begin
send_1:=17; send_2:=18; send_3:=19;
comp_1:=46; comp_2:=47; comp_3:=48; comp_4:=49;
compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
display(263,46,270,53,277);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if sss=1 then
begin
  PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,46,289,53,1);
end else
begin
  PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,46,289,53,2);
end; end;
if (data[21] <> ' ') and (data[22] <> ' ') then
begin
  send_1:=20; send_2:=21; send_3:=22;
  comp_1:=50; comp_2:=51; comp_3:=52; comp_4:=53;
  compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
  display(263,78,270,85,277);
if sss=1 then
begin
  PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,78,289,85,1);
end else
begin
  PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,78,289,85,2);
end; end;
if (data[24] <> ' ') and (data[25] <> ' ') then
begin
  send_1:=23; send_2:=24; send_3:=25;
  comp_1:=54; comp_2:=55; comp_3:=56; comp_4:=57;
  compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
  display(263,110,270,117,277);
if sss=1 then
begin
  PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,110,289,117,1);
end else
begin
  PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,110,289,117,2);
end; end;
END;

```

```

PROCEDURE SECOND_FL;
VAR LL,MM : INTEGER;
BEGIN CLRSCR;
FOR LL := 1 TO 2 DO
FOR MM := 3000 TO 6000 DO
SOUND(MM); NOSOUND;
GRAPHCOLORMODE; GRAPHBACKGROUND(0); palette(2);
DRAW(1,1,319,1,1); DRAW(319,1,319,199,1);
DRAW(319,199,1,199,1); DRAW(1,199,1,1,1);
DRAW(110,15,210,15,3); DRAW(30,30,290,30,3);
DRAW(90,60,230,60,3); DRAW(30,130,90,130,3);
DRAW(230,130,290,130,3); DRAW(110,15,110,30,3);
DRAW(210,15,210,30,3); DRAW(30,30,30,130,3);
DRAW(90,60,90,130,3); DRAW(230,60,230,130,3);
DRAW(290,30,290,130,3); DRAW(135,15,135,30,3);
DRAW(185,15,185,30,3); DRAW(135,34,135,50,3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRAW (185,34,185,50,3); DRAW (80,34,80,130,3);
 DRAW (240,34,240,130,3); DRAW (30,34,135,34,3);
 DRAW (185,34,290,34,3); DRAW (80,50,135,50,3);
 DRAW (185,50,240,50,3); DRAW (30,66,80,66,3);
 DRAW (30,98,80,98,3); DRAW (240,66,290,66,3);
 DRAW (240,98,290,98,3); DRAW (135,22,185,22,3);
 DRAW (160,22,142,30,3); DRAW (160,24,185,24,3);
 DRAW (160,26,185,26,3); DRAW (160,28,185,28,3);
 DRAW (135,24,156,24,3); DRAW (135,26,152,26,3);
 DRAW (135,28,148,28,3); DRAW (135,52,185,52,3);
 DRAW (135,64,185,64,3); DRAW (135,66,185,66,3);
 DRAW (90,113,94,113,3); DRAW (90,130,94,130,3);
 DRAW (224,113,230,113,3); DRAW (224,130,230,130,3);
 DRAW (160,22,160,30,3); DRAW (135,60,135,66,3);
 DRAW (185,60,185,66,3); DRAW (92,17,92,130,3);
 DRAW (94,113,94,130,3); DRAW (96,113,96,130,3);
 DRAW (224,113,224,130,3); DRAW (226,113,226,130,3);
 DRAW (228,113,228,130,3);

PATTERN(ONE); FILLPATTERN(127,34,134,41,1);
 PATTERN(TWO); FILLPATTERN(30,34,37,41,1);
 PATTERN(THREE); FILLPATTERN(30,66,37,73,1);
 PATTERN(FOUR); FILLPATTERN(30,98,37,105,1);
 PATTERN(FIVE); FILLPATTERN(185,34,192,41,1);
 PATTERN(SIX); FILLPATTERN(280,34,287,41,1);
 PATTERN(SEVEN); FILLPATTERN(280,66,287,73,1);
 PATTERN(EIGHT); FILLPATTERN(280,98,287,105,1);
 PATTERN(TWO); FILLPATTERN(140,133,147,142,2);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(145,130,152,137,2);
 PATTERN(D); FILLPATTERN(181,130,188,137,2);
 PATTERN(F); FILLPATTERN(157,133,164,142,2);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(143,137,170,142,2);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(169,135,176,142,2);
 DRAW(143,144,174,144,2);

PATTERN(ONE); FILLPATTERN(60,145,67,152,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(66,145,73,152,1);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(71,145,78,152,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(77,145,84,152,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(83,145,90,152,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(89,145,96,152,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(95,145,102,152,3);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(101,145,108,152,3);
 PATTERN(H); FILLPATTERN(107,145,114,152,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(121,145,128,152,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(127,145,134,152,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(133,145,140,152,3);
 PATTERN(FIVE); FILLPATTERN(174,145,181,152,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,145,187,152,1);
 PATTERN(B); FILLPATTERN(185,145,192,152,3);
 PATTERN(U); FILLPATTERN(191,145,198,152,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(197,145,204,152,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(203,145,210,152,3);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(209,145,216,152,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(215,145,222,152,3);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PATTERN(S); FILLPATTERN(221,145,228,152,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(227,145,234,152,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(241,145,248,152,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(247,145,254,152,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(253,145,260,152,3);
 PATTERN(TWO); FILLPATTERN(60,155,67,162,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(66,155,73,162,1);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(71,155,78,162,3);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(77,155,84,162,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(83,155,90,162,3);
 PATTERN(P); FILLPATTERN(89,155,96,162,3);
 PATTERN(U); FILLPATTERN(95,155,102,162,3);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(101,155,108,162,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(107,155,114,162,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(113,155,120,162,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(127,155,134,162,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(133,155,140,162,3);
 PATTERN(B); FILLPATTERN(139,155,146,162,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(145,155,152,162,3);
 PATTERN(SIX); FILLPATTERN(171,155,181,162,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,155,187,162,1);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(185,155,192,162,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(191,155,198,162,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(197,155,204,162,3);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(203,155,210,162,3);
 PATTERN(H); FILLPATTERN(209,155,216,162,3);
 PATTERN'E); FILLPATTERN(215,155,222,162,3);
 PATTERN(P); FILLPATTERN(221,155,228,162,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(235,155,242,162,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(241,155,248,162,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(247,155,254,162,3);
 PATTERN(THREE); FILLPATTERN(60,165,67,172,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(66,165,73,172,1);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(71,165,78,172,3);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(77,165,84,172,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(83,165,90,172,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(89,165,96,172,3);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(95,165,102,172,3);
 PATTERN(G); FILLPATTERN(101,165,108,172,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(115,165,122,172,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(121,165,128,172,3);
 PATTERN(B); FILLPATTERN(127,165,134,172,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(133,165,140,172,3);
 PATTERN(SEVEN); FILLPATTERN(171,165,181,172,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,165,187,172,1);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(185,165,192,172,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(191,165,198,172,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(197,165,204,172,3);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(203,165,210,172,3);
 PATTERN(H); FILLPATTERN(209,165,216,172,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(215,165,222,172,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(221,165,228,172,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(235,165,242,172,3);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PATTERN(M); FILLPATTERN(241,165,248,172,3);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(247,165,254,172,3);
PATTERN(FOUR); FILLPATTERN(60,175,67,182,1);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(66,175,73,182,1);
PATTERN(M); FILLPATTERN(71,175,78,182,3);
PATTERN(I); FILLPATTERN(77,175,84,182,3);
PATTERN(C); FILLPATTERN(83,175,90,182,3);
PATTERN(R); FILLPATTERN(89,175,96,182,3);
PATTERN(O); FILLPATTERN(95,175,102,182,3);
PATTERN(L); FILLPATTERN(109,175,116,182,3);
PATTERN(A); FILLPATTERN(115,175,122,182,3);
PATTERN(B); FILLPATTERN(121,175,128,182,3);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(127,175,134,182,3);
PATTERN(EIGHT); FILLPATTERN(174,175,181,182,1);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,175,187,182,1);
PATTERN(T); FILLPATTERN(195,175,192,182,3);
PATTERN(E); FILLPATTERN(191,175,198,182,3);
PATTERN(A); FILLPATTERN(197,175,204,182,3);
PATTERN(C); FILLPATTERN(203,175,210,182,3);
PATTERN(H); FILLPATTERN(209,175,216,182,3);
PATTERN(E); FILLPATTERN(215,175,222,182,3);
PATTERN(R); FILLPATTERN(221,175,228,182,3);
PATTERN(R); FILLPATTERN(235,175,242,182,3);
PATTERN(Y); FILLPATTERN(241,175,248,182,3);
PATTERN(POINT); FILLPATTERN(247,175,254,182,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(10,10,17,17,2);
PATTERN(D); FILLPATTERN(16,10,23,17,2);
PATTERN(N); FILLPATTERN(22,10,29,17,2);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(30,10,37,17,1);
PATTERN(D); FILLPATTERN(36,10,43,17,1);
PATTERN(F); FILLPATTERN(42,10,49,17,1);
PATTERN(F); FILLPATTERN(46,10,53,17,1);
PATTERN(F); FILLPATTERN(48,10,55,17,1);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(56,10,63,17,3);
PATTERN(W); FILLPATTERN(62,10,69,17,3);
PATTERN(A); FILLPATTERN(68,10,75,17,3);
PATTERN(I); FILLPATTERN(74,10,81,17,3);
PATTERN(T); FILLPATTERN(90,10,97,17,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(78,38,85,45,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,46,35,53,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(29,79,35,85,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,110,35,117,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(232,38,239,45,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,46,289,53,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,76,289,85,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,110,289,117,3);
repeat
  num:=1;if jjj<>0 then letter;
  repeat
    recieve_2 := port[lsr];
    until ((recieve_2 and $01) = $01) or (keypressed);
    recieve_1 := PORT[rx_buffer];
    data[num] := chr(recieve_1);
    IF DATA[num]='*' THEN
      begin RECEIVE;letter;end;
    if data[num]='&' then setpoint;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทเอกชน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if data[num]='!' then outpro;
until keypressed;
END ;

```

```

PROCEDURE THIRD_FL;
VAR PP,QQ : INTEGER;

```

```

BEGIN CLRSCR;

```

```

FOR PP := 1 TO 3 DO

```

```

FOR QQ := 3000 TO 5000 DO

```

```

SOUND(QQ); NOSOUND;

```

```

GRAPHICLORMODE; GRAPHBACKGOUND(1); palette(2);

```

```

DRAW (1,1,317,1,1); DRAW (317,1,317,179,1);

```

```

DRAW (317,179,1,179,1); DRAW (1,179,1,1,1);

```

```

DRAW (110,15,210,15,3); DRAW (30,30,290,30,3);

```

```

DRAW (90,60,230,60,3); DRAW (30,130,90,130,3);

```

```

DRAW (230,130,290,130,3); DRAW (110,15,110,30,3);

```

```

DRAW (210,15,210,30,3); DRAW (30,30,30,130,3);

```

```

DRAW (90,60,90,130,3); DRAW (230,60,230,130,3);

```

```

DRAW (290,30,290,130,3); DRAW (135,15,135,30,3);

```

```

DRAW (165,15,165,30,3); DRAW (135,34,135,50,3);

```

```

DRAW (135,34,165,50,3); DRAW (80,34,80,130,3);

```

```

DRAW (240,34,240,130,3); DRAW (30,34,135,34,3);

```

```

DRAW (165,34,290,34,3); DRAW (80,50,135,50,3);

```

```

DRAW (165,50,240,50,3); DRAW (30,66,80,66,3);

```

```

DRAW (30,98,80,98,3); DRAW (240,66,290,66,3);

```

```

DRAW (240,98,290,98,3); DRAW (135,22,165,22,3);

```

```

DRAW (160,22,142,30,3); DRAW (160,24,165,24,3);

```

```

DRAW (160,26,165,26,3); DRAW (160,28,165,28,3);

```

```

DRAW (135,24,166,24,3); DRAW (135,26,162,26,3);

```

```

DRAW (135,28,148,28,3); DRAW (135,62,165,62,3);

```

```

DRAW (135,64,165,64,3); DRAW (135,66,163,66,3);

```

```

DRAW (90,113,96,113,3); DRAW (90,130,96,130,3);

```

```

DRAW (224,113,230,113,3); DRAW (224,130,230,130,3);

```

```

DRAW (130,22,160,30,3); DRAW (135,60,135,66,3);

```

```

DRAW (165,60,165,66,3); DRAW (90,113,92,130,3);

```

```

DRAW (94,113,94,130,3); DRAW (96,113,96,130,3);

```

```

DRAW (224,113,224,130,3); DRAW (226,113,226,130,3);

```

```

DRAW (220,113,228,130,3);

```

```

PATTERN(ONE); FILLPATTERN(127,34,134,41,1);

```

```

PATTERN(TWO); FILLPATTERN(30,34,37,41,1);

```

```

PATTERN(THREE); FILLPATTERN(30,66,37,73,1);

```

```

PATTERN(FOUR); FILLPATTERN(30,98,37,105,1);

```

```

PATTERN(FIVE); FILLPATTERN(165,34,192,41,1);

```

```

PATTERN(SIX); FILLPATTERN(290,34,287,41,1);

```

```

PATTERN(SEVEN); FILLPATTERN(280,66,287,73,1);

```

```

PATTERN(EIGHT); FILLPATTERN(280,98,287,105,1);

```

```

PATTERN(THREE); FILLPATTERN(140,135,147,142,2);

```

```

PATTERN(R); FILLPATTERN(145,130,152,137,2);

```

```

PATTERN(D); FILLPATTERN(151,130,158,137,2);

```

```

PATTERN(F); FILLPATTERN(157,135,164,142,2);

```

```

PATTERN(L); FILLPATTERN(163,135,170,142,2);

```

```

PATTERN(POINT); FILLPATTERN(169,135,176,142,2);

```

```

DRAW(143,144,174,144,2);

```

```

PATTERN(ONE); FILLPATTERN(60,145,67,152,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PATTERN(POINT); FILLPATTERN(66,145,73,152,1);
 PATTERN(W); FILLPATTERN(71,145,78,152,3);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(77,145,84,152,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(83,145,90,152,3);
 PATTERN(K); FILLPATTERN(89,145,96,152,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(101,145,108,152,3);
 PATTERN(H); FILLPATTERN(107,145,114,152,3);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(113,145,120,152,3);
 PATTERN(P); FILLPATTERN(119,145,126,152,3);
 PATTERN(FIVE); FILLPATTERN(171,145,181,152,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,145,187,152,1);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(193,145,192,152,3);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(191,145,198,152,3);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(197,145,204,152,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(203,145,210,152,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(209,145,216,152,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(221,145,222,152,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(227,145,234,152,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(233,145,240,152,3);
 PATTERN(TWO); FILLPATTERN(60,155,67,162,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(66,155,73,162,1);
 PATTERN(F); FILLPATTERN(71,155,78,162,3);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(77,155,84,162,3);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(83,155,90,162,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(89,155,96,162,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(95,155,102,162,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(101,155,108,162,3);
 PATTERN(B); FILLPATTERN(107,155,114,162,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(113,155,120,162,3);
 PATTERN(SIX); FILLPATTERN(174,155,181,162,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,155,187,162,1);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(185,155,192,162,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(191,155,198,162,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(197,155,204,162,3);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(203,155,210,162,3);
 PATTERN(H); FILLPATTERN(209,155,216,162,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(215,155,222,162,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(221,155,228,162,3);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(233,155,242,162,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(241,155,248,162,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(247,155,253,162,3);
 PATTERN(THREE); FILLPATTERN(60,165,67,172,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(66,165,73,172,1);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(71,165,78,172,3);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(77,165,84,172,3);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(83,165,90,172,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(89,165,96,172,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(95,165,102,172,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(101,165,108,172,3);
 PATTERN(B); FILLPATTERN(107,165,114,172,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(113,165,120,172,3);
 PATTERN(SEVEN); FILLPATTERN(174,165,181,172,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,165,187,172,1);
 PATTERN(P); FILLPATTERN(185,165,192,172,3);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PATTERN(R); FILLPATTERN(191,165,198,172,3);
 PATTERN(D); FILLPATTERN(197,165,204,172,3);
 PATTERN(C); FILLPATTERN(203,165,210,172,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(209,165,216,172,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(215,165,222,172,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(221,165,228,172,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(235,165,242,172,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(241,165,248,172,3);
 PATTERN(B); FILLPATTERN(247,165,254,172,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(253,165,260,172,3);
 PATTERN(FOUR); FILLPATTERN(60,175,67,182,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(66,175,73,182,1);
 PATTERN(R); FILLPATTERN(71,175,78,182,3);
 PATTERN(G); FILLPATTERN(77,175,84,182,3);
 PATTERN(S); FILLPATTERN(83,175,90,182,3);
 PATTERN(D); FILLPATTERN(89,175,96,182,3);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(95,175,102,182,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(107,175,114,182,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(113,175,120,182,3);
 PATTERN(B); FILLPATTERN(114,175,126,182,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(123,175,132,182,3);
 PATTERN(EIGHT); FILLPATTERN(174,175,181,182,1);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(180,175,187,182,1);
 PATTERN(F); FILLPATTERN(185,175,192,182,1);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(191,175,198,182,3);
 PATTERN(E); FILLPATTERN(197,175,204,182,3);
 PATTERN(U); FILLPATTERN(203,175,210,182,3);
 PATTERN(M); FILLPATTERN(209,175,216,182,3);
 PATTERN(V); FILLPATTERN(215,175,222,182,3);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(221,175,228,182,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(227,175,234,182,3);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(233,175,240,182,3);
 PATTERN(L); FILLPATTERN(247,175,254,182,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(253,175,260,182,3);
 PATTERN(B); FILLPATTERN(259,175,266,182,3);
 PATTERN(POINT); FILLPATTERN(265,175,272,182,3);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(10,10,17,17,2);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(15,10,23,17,2);
 PATTERN(N); FILLPATTERN(22,10,29,17,2);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(30,10,37,17,1);
 PATTERN(O); FILLPATTERN(36,10,43,17,1);
 PATTERN(F); FILLPATTERN(42,10,49,17,1);
 PATTERN(F); FILLPATTERN(48,10,55,17,1);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(56,10,63,17,3);
 PATTERN(W); FILLPATTERN(62,10,69,17,3);
 PATTERN(A); FILLPATTERN(68,10,75,17,3);
 PATTERN(I); FILLPATTERN(74,10,81,17,3);
 PATTERN(T); FILLPATTERN(80,10,87,17,3);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(76,38,85,45,3);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,46,35,53,3);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,73,35,85,3);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(28,110,35,117,3);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(232,38,239,45,3);
 PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,46,289,53,3);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,78,289,85,3);
PATTERN(BOX); FILLPATTERN(282,110,289,117,3);
repeat
    num:=1;
    repeat
        recieve_2 := portiler1;
        until ((recieve_2 and $01) = $01) or (keypressed);
        recieve_1 := PORTERx_buffer1;
        data[num] := chr(recieve_1);
        IF DATA[num] = ' ' THEN 'RECEIVE';
        i data[num] = & then setpoint;
        if data[num]=' ' then output;
    until keypressed;
END;

PROCEDURE new(new_1, new_2,new_3,new_4,new_5,byte);
BEGIN
    textcolor(yellow); write(data[1]); gotoxy(33,25);
    textcolor(lightcyan);write('Min temp: '); textcolor(yellow);
    REPEAT
        gotoxy(42,25);read(kbd,data[new_1]);
    UNTIL data[new_1] in ['1','2','3','4'];
    write(data[new_1]);
    REPEAT
        gotoxy(43,25);read(kbd,data[new_2]);
    UNTIL data[new_2] = '5';
    begin if data[new_1] = '1' then
        repeat
            gotoxy(43,25);read(kbd,data[new_1]);
            until data[new_2] in ['1','2','3','4','5','6'];
        UNTIL data[new_2] in ['1','2','3','4','5','6','7','8','9'];
        write(data[new_2]); textcolor(lightcyan);
        write('Max temp: '); textcolor(yellow);
    REPEAT
        gotoxy(55,25);read(kbd,data[new_3]);
    IF data[new_1] = '4' then
        begin
            IF data [new_3] < '4' then
                begin
                    repeat
                        gotoxy(55,25);read(kbd,data[new_3]);
                    until data[new_3] = '4';end;
                end
            else
                begin
                    IF data[new_3]<data[new_1] then
                        begin repeat
                            gotoxy(55,25);read(kbd,data[new_3]);
                            until data[new_3] >= data[new_1];end;end;
                        UNTIL data[new_3] in ['1','2','3','4'];
                        write(data[new_3]);
                    REPEAT
                        gotoxy(56,25);read(kbd,data[new_4]);
                    IF data[new_1] = data[new_3] then
                        begin if data[new_4] < data[new_2] then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
  repeat
    gotoxy(56,25);read(kbd,data[new_4]);
    until data[new_4] >= data[new_2];
  end;
end;
IF data[new_3] = '4' then
begin if data[new_4] > '5' then
begin
  repeat
    gotoxy(56,25);read(kbd,data[new_4]);
    until (data[new_4] <= '5') and (data[new_4] >= data[new_2]);
  end;
end;
IF (data[new_1] = '4') and (data[new_2]='5') then
  repeat
    gotoxy(56,25);read(kbd,data[new_4]);
    until data[new_4] = '5';
  UNTIL data[new_4]in['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'];
  write(data[new_4]);
  send[6]:=ord(data[90]);
  portw [incr1] := $02;
  portw [tx_buffer]:= send[6];delay(100);
  send[5]:=ord(data[11]);
  portw [incr1]:= $02;
  portw [tx_buffer]:= send[5];delay(100);
  for www:=1 to 4 do
  begin
    send[www]:=ord(data[new_5+www]);
    portw [incr2] := $02;
    portw [tx_buffer]:= send[www];delay(100);
  end;
END;
PROCEDURE nowset;
BEGIN
  setcursor(6,7);
  repeat
    gotoxy(22,25);textcolor(lightgreen);write('Room No:');
    read(kbd,data[11]);
    case data[11] of
      '1': new(58,59,60,61,57);
      '2': new(62,63,64,65,61);
      '3': new(66,67,68,69,65);
      '4': new(70,71,72,73,69);
      '5': new(74,75,76,77,73);
      '6': new(78,79,80,81,77);
      '7': new(82,83,84,85,81);
      '8': new(86,87,88,89,85);
    end;
  until data[11]in['1','2','3','4','5','6','7','8'];
END;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROCEDURE show;

BEGIN

textcolor(yellow);

if (data[3] <> ' ') and (data[4] <> ' ') then

begin

gotoxy(30,7);write(data[3],data[4],'.00');

send_1:=2;send_2:=3;send_3:=4;

(comp_1:=26;comp_2:=27;comp_3:=28;comp_4:=27;)

comp_1:=58;comp_2:=59;comp_3:=60;comp_4:=61;

compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);

gotoxy(68,7);

if SSS=1 then begin textcolor(lightgreen); write('Off')end

else begin textcolor(lightred+blink);write('On ');end;

end; textcolor(yellow);

if (data[6] <> ' ') and (data[7] <> ' ') then

begin

gotoxy(50,9);write(data[6],data[7],'.00');

send_1:=5;send_2:=6; send_3:=7;

(comp_1:=30;comp_2:=31;comp_3:=32;comp_4:=33;)

comp_1:=62;comp_2:=63;comp_3:=64;comp_4:=65;

compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);

gotoxy(68,9);

if SSS=1 then begin textcolor(lightgreen); write('Off')end

else begin textcolor(lightred+blink);write('On ');end;

end; textcolor(yellow);

if (data[9] <> ' ') and (data[10] <> ' ') then

begin

gotoxy(50,11);write(data[9],data[10],'.00');

send_1:=8;send_2:=9;send_3:=10;

comp_1:=34;comp_2:=35;comp_3:=36;comp_4:=37;

compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);

gotoxy(68,11);

if SSS=1 then begin textcolor(lightgreen); write('Off')end

else begin textcolor(lightred+blink);write('On ');end;

end; textcolor(yellow);

if (data[12] <> ' ') and (data[13] <> ' ') then

begin

gotoxy(30,13);write(data[12],data[13],'.00');

send_1:=11;send_2:=12;send_3:=13;

comp_1:=38;comp_2:=39;comp_3:=40;comp_4:=41;

compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);

gotoxy(68,13);

if SSS=1 then begin textcolor(lightgreen); write('Off')end

else begin textcolor(lightred+blink);write('On ');end;

end; textcolor(yellow);

if (data[15] <> ' ') and (data[16] <> ' ') then

begin

gotoxy(50,15);write(data[15],data[16],'.00');

send_1:=14;send_2:=15;send_3:=16;

comp_1:=42;comp_2:=43;comp_3:=44;comp_4:=45;

compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);

gotoxy(68,15);

if SSS=1 then begin textcolor(lightgreen); write('Off')end

else begin textcolor(lightred+blink);write('On ');end;

end; textcolor(yellow);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (data[18] <> ' ') and (data[19] <> ' ') then
begin
gotoxy(50,17);write(data[18],data[19],'.00');
send_1:=17;send_2:=18;send_3:=19;
comp_1:=46;comp_2:=47;comp_3:=48;comp_4:=49;
compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
gotoxy(68,17);
if SSS=1 then begin textcolor(lightgreen); write('Off')end
else begin textcolor(lightred+blink);write('On ');end;
end; textcolor(yellow);
if (data[21] <> ' ') and (data[22] <> ' ') then
begin
gotoxy(50,19);write(data[21],data[22],'.00');
send_1:=20;send_2:=21;send_3:=22;
comp_1:=50;comp_2:=51;comp_3:=52;comp_4:=53;
compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
gotoxy(68,19);
if SSS=1 then begin textcolor(lightgreen); write('Off')end
else begin textcolor(lightred+blink);write('On ');end;
end; textcolor(yellow);
if (data[24] <> ' ') and (data[25] <> ' ') then
begin
gotoxy(50,21);write(data[24],data[25],'.00');
send_1:=23;send_2:=24;send_3:=25;
comp_1:=54;comp_2:=55;comp_3:=56;comp_4:=57;
compare(send_1,send_2,send_3,comp_1,comp_2,comp_3,comp_4);
gotoxy(68,21);
if SSS=1 then begin textcolor(lightgreen); write('Off')end
else begin textcolor(lightred+blink);write('On ');end;
end;
END;

```

PROCEDURE Settemp;

```

BEGIN
clrscr;textcolor(WHITE);GOTOXY(32,2);
write('SECOND FLOOR');textcolor(lightgreen);
gotoxy(5,5);write('Room No. ');textcolor(lightcyan);
gotoxy(18,5);write('Min. Temp. ');
gotoxy(32,5);write('Max. Temp. ');textcolor(lightmagenta);
gotoxy(46,5);write('Measured Temp. ');textcolor(lightred);
gotoxy(64,5);write('Comp. Status');
repeat
repeat if jjj<>0 then show;
textcolor(yellow);
gotoxy(8,7);write('1');
gotoxy(20,7);write(data[58],data[59],'.00');
gotoxy(34,7);write(data[60],data[61],'.00');
gotoxy(8,9);write('2');
gotoxy(20,9);write(data[62],data[63],'.00');
gotoxy(34,9);write(data[64],data[65],'.00');
gotoxy(8,11);write('3');
gotoxy(20,11);write(data[66],data[67],'.00');
gotoxy(34,11);write(data[68],data[69],'.00');
gotoxy(8,13);write('4');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(20,13);write(data[76],data[77],'.00');
gotoxy(34,13);write(data[72],data[73],'.00');
gotoxy(8,15);write('5');
gotoxy(20,15);write(data[74],data[75],'.00');
gotoxy(34,15);write(data[76],data[77],'.00');
gotoxy(8,17);write('6');
gotoxy(20,17);write(data[78],data[79],'.00');
gotoxy(34,17);write(data[80],data[81],'.00');
gotoxy(8,19);write('7');
gotoxy(20,19);write(data[82],data[83],'.00');
gotoxy(34,19);write(data[84],data[85],'.00');
gotoxy(8,21);write('8');
gotoxy(20,21);write(data[86],data[87],'.00');
gotoxy(34,21);write(data[88],data[89],'.00');
gotoxy(28,23);setcursor(0,7);textcolor(lightgreen);
write('Set Temp. Press <8> ');gotoxy(45,23);

```

```

num:=1;

```

```

repeat

```

```

    receive_2 := port[1];

```

```

until ((receive_2 and $01) = $01) or (keypressed);

```

```

    receive_1 := PORT[rx_buffer];

```

```

    data[num] := chr(receive_1);

```

```

    IF DATA[num]='*' THEN

```

```

        begin RECEIVE;show;end;

```

```

        if data[num]='&' then setpoint;

```

```

        if data[num]='!' then outpro;

```

```

    until keypressed;

```

```

    read(kbd,symb);if symb = '&' then newsat;

```

```

    until symb<> '&';

```

```

END;

```

```

PROCEDURE settime;

```

```

BEGIN

```

```

    clrscr;

```

```

    gotoxy(35,3);textcolor(lightred+blink);

```

```

    write('Time Program ');textcolor(yellow);gotoxy(26,5);

```

```

    write('Hour:Minute Day Status Channel');

```

```

    textcolor(lightcyan);gotoxy(1,12);

```

```

    writeln('Hour:Minute--> SELECT 00:00 - 23:59 ');

```

```

    WRITELN;

```

```

    writeln('Day-----> SELECT 1-7 = Sunday-Saturday ');

```

```

    WRITELN;

```

```

    writeln('Status-----> SELECT 0/1 = OFF/ON ');

```

```

    WRITELN;

```

```

    writeln('Channel-----> SELECT 1-8 = Room 1-Room 8 ');

```

```

    gotoxy(26,25);textcolor(lightmagenta);

```

```

    write('If Enter Hour = '@ Then To Menu ');

```

```

    repeat

```

```

        gotoxy(5,6);textcolor(lightgreen);

```

```

        write('Enter Program ');

```

```

        read(kbd,data[91]); if data[91]in['0','1','2'] then

```

```

        begin gotoxy(28,6); write(data[91]); if data[91]='2' then

```

```

        begin repeat gotoxy(29,6);read(kbd,data[92]);

```

```

            until data[92]in['0','1','2','3'];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write(data[92]);write(':'); end
else begin repeat gotoxy(29,6); read(kbd,data[92]);
until data[92]in['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'];
write(data[92]);write(':');end;
repeat
gotoxy(31,6);read(kbd,data[93]);
until data[93]in['0','1','2','3','4','5'];write(data[93]);
repeat
gotoxy(32,6);read(kbd,data[94]);
until data[94]in['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'];
write(data[94]);
repeat
gotoxy(41,6); read(kbd,data[95]);
until data[95] in['1','2','3','4','5','6','7'];
write(data[95]);
repeat
gotoxy(48,6);read(kbd,data[96]);
until data[96]in['0','1']; write(data[96]);
repeat
gotoxy(58,6);read(kbd,data[97]); {CHN}
until data[97]in['1','2','3','4','5','6','7','8'];
write(data[97]);
send[61]:=ord(data[100]);
portw [mcrl] := $02;
portw [tx_buffer]:= send[61];delay(100);
if www=1 to 7 do
begin
send[www]:=ord(data[90+www]);
portw [mcrl] := $02;
portw [tx_buffer]:= send[www];delay(100);
end; end;
until data[91] = 'Q';
END;

```

```

PROCEDURE quit(var an:char);
VAR SS,TT : INTEGER;
BEGIN

```

```

setcurscr(0,7);
gotoxy(19,20);
textcolor(12);
SOUND(1000);DELAY(100);NOSOUND;
write(' PRESS (Q) AGAIN QUIT FORM THIS PROGRAM ');
gotoxy(27,20);textcolor(14);
read(kbd,an);
if upcase(an)='Q' then
begin
begin
reset(tempfi);
write(tempfi,data);
close(tempfi);
end;
clrscr;gotoxy(1,6);TEXTCOLOR(13);
FOR SS := 1 TO 3 DO
FOR TT := 500 TO 5000 DO
SOUND(TT); NOSOUND;

```

writeln;
writeln(เอกสารที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

writeln;
writeln('*****');
writeln;
writeln('*****');
writeln;
writeln('*****');
writeln;
writeln('*****');
gotoxy(35,11);
texcolor(14);
writeln('GOOD BYE');gotoxy(1,24);
en;
END;

```

```

BEGIN
  ASSIGN (TempFi, 'Temp.dta');
  IF NOT CREATED (TempFi) THEN
    begin
      REWRITE (TempFi);
      CLOSE (TempFi);
    end;
  reset(tempfi);
  while not eof(tempfi) do
    read(tempfi,data);
  PORT [LCR] := #20;
  PORTW [CF2] := #00;
  PORTW [CF9] := #00;
  PORTW [LCR] := #11;
  PORTW [CF2] := #00;
  PORTW [LCR] := #00;
  LOGIC := 0; j := 0;
  for www := 2 to 25 do
    begin
      data[www] := ' ';
    end;
  data[90] := '?'; data[100] := '#';
  TITLE;
  REPEAT
    DisplayMENU;
  CASE UPCASE (SYMB) OF
    '1' : FIRST_FL;
    '2' : SECOND_FL;
    '3' : THIRD_FL;
    '8' : settemp;
    '' : settime;
    '2' : quit(symb);
  END;
  UNTIL UPCASE (SYMB) = 'Q';
  setcursor(6,7);
end.
END.

```

(PERFECT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์และสรุป

จากการทดลอง ภาคที่มีปัญหามากที่สุดคือภาคมอดูเลชั่นและภาคคีมอดูเลชั่น ซึ่ง 2 ภาคนี้เป็นภาคที่บทบาทสำคัญมากในโครงการนี้ ผู้จัดทำต้องใช้เวลาทดลองและแก้ไขปรับปรุงวงจร เพื่อให้มีประสิทธิภาพจนถึงประมาณ 2 เดือน ซึ่งผลที่ได้ก็น่าพอใจ

ส่วนการทดลองภาคอื่นๆ ไม่มีปัญหามากนักแต่เมื่อนำแต่ละภาคมาต่อรวมกัน ปัญหาที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสัญญาณไม่เหมาะสมกัน ซึ่งปัญหานี้เราแก้ได้ล่วงหน้าแล้ว จึงออกแบบให้แต่ละภาคสามารถปรับแต่งสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตให้เหมาะสมกันได้

จากการทดลองวงจรทั้งระบบ สามารถใช้งานได้ดีแต่ถ้าในกรณีที่มี Surge Voltage ขนาดใหญ่และเกิดติดต่อกันเป็นเวลานานๆ จะทำให้เกิดการรบกวนสัญญาณที่ถูกมอดูเลตใน A.C. LINE เสียรูปไป และเป็นผลให้ภาคคีมอดูเลตไม่สามารถที่จะคีมอดสัญญาณที่ถูกส่งได้และทำให้ไม่สามารถที่จะควบคุมระบบผ่าน A.C. LINE ได้ ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดย การส่งสัญญาณมอดในสายส่ง โดยเฉพาะเช่น สายโคแอกเซียล (COAXIAL) ซึ่งจะไม่เกี่ยวข้องกับ A.C. LINE ก็จะสามารถควบคุมระบบนี้ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2907, LM2917 Frequency to Voltage Converter

General Description

The LM2907, LM2917 series are monolithic frequency to voltage converters with a high gain op amp/comparator designed to operate a relay, lamp, or other load when the input frequency reaches or exceeds a selected rate. The tachometer uses a charge pump technique and offers frequency doubling for low ripple, full input protection in two versions (LM2907-8, LM2917-8) and its output swings to ground for a zero frequency input.

Advantages

- Output swings to ground for zero frequency input
- Easy to use; $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$
- Only one RC network provides frequency doubling
- Zener regulator on chip allows accurate and stable frequency to voltage or current conversion, (LM2917)

Features

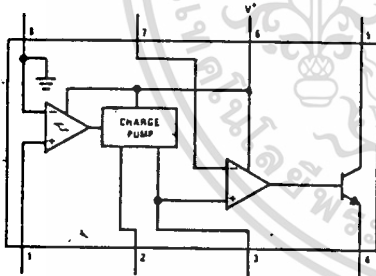
- Ground referenced tachometer input interfaces directly with variable reluctance magnetic pickups
- Op amp/comparator has floating transistor output
- 50 mA sink or source to operate relays, solenoids, meters, or LEDs

- Frequency doubling for low ripple
- Tachometer has built-in hysteresis with either differential input or ground referenced input
- Built-in zener on LM2917
- $\pm 0.3\%$ linearity typical
- Ground referenced tachometer is fully protected from damage due to swings above V_{CC} and below ground

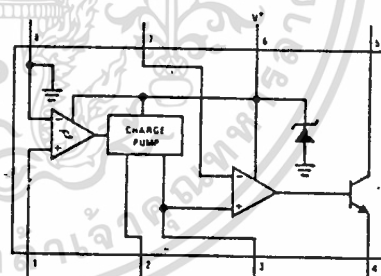
Applications

- Over/under speed sensing
- Frequency to voltage conversion (tachometer)
- Speedometers
- Breaker point dwell meters
- Hand-held tachometer
- Speed governors
- Cruise control
- Automotive door lock control
- Clutch control
- Horn control
- Touch or sound switches

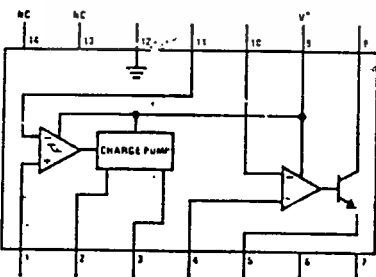
Block and Connection Diagrams Dual-In-Line Packages, Top Views



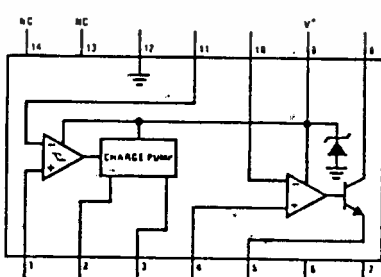
Order Number LM2907N-8
See NS Package N08B



Order Number LM2917N-8
See NS Package N08B



Order Number LM2907J
See NS Package J14A
Order Number LM2907N
See NS Package N14A



Order Number LM2917J
See NS Package J14A
Order Number LM2917N
See NS Package N14A

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage	28V	Input Voltage Range	
Supply Current (Zener Options)	25 mA	Tachometer LM2907-8, LM2917-8	±23V
Collector Voltage	28V	LM2907, LM2917	0.0V to +28V
Differential Input Voltage		Op Amp/Comparator	0.0V to +28V
Tachometer	28V	Power Dissipation	500 mW
Op Amp/Comparator	28V	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
		Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
		Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Electrical Characteristics $V_{CC} = 12 V_{DC}$, $T_A = 25^\circ C$, see test circuit

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TACHOMETER					
Input Thresholds	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p} @ 1 \text{ kHz (Note 2)}$	±10	±15	±40	mV
Hysteresis	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p} @ 1 \text{ kHz (Note 2)}$		30		mV
Offset Voltage	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p} @ 1 \text{ kHz (Note 2)}$				
LM2907/LM2917			3.5	10	mV
LM2907-8/LM2917-8			5	15	mV
Input Bias Current	$V_{IN} = \pm 50 \text{ mV}_{DC}$		0.1	1	μA
V_{OH} Pin 2	$V_{IN} = +125 \text{ mV}_{DC}$ (Note 3)		8.3		V
V_{OL}	$V_{IN} = -125 \text{ mV}_{DC}$ (Note 3)		2.3		V
Output Current; I_2, I_3	$V_2 = V_3 = 6.0V$ (Note 4)	140	180	240	μA
Leakage Current; I_3	$I_2 = 0, V_3 = 0$			0.1	μA
Gain Constant, K	(Note 3)	0.9	1.0	1.1	
Linearity	$f_{IN} = 1 \text{ kHz}, 5 \text{ kHz}, 10 \text{ kHz}$, (Note 5)	-1.0	0.3	+1.0	%
OP AMP COMPARATOR					
V_{OS}	$V_{IN} = 6.0V$		3	10	mV
I_{BIAS}	$V_{IN} = 6.0V$		50	500	nA
Input Common-Mode Voltage		0		$V_{CC} - 1.5V$	V
Voltage Gain			200		V/mV
Output Sink Current	$V_C = 1.0$	40	50		mA
Output Source Current	$V_E = V_{CC} - 2.0$		10		mA
Saturation Voltage	$I_{SINK} = 5 \text{ mA}$		0.1	0.5	V
	$I_{SINK} = 20 \text{ mA}$			1.0	V
	$I_{SINK} = 50 \text{ mA}$		1.0	1.5	V
ZENER REGULATOR					
Regulator Voltage	$R_{DROP} = 470\Omega$		7.56		V
Series Resistance			10.5	15	Ω
Temperature Stability			+1		mV/°C
TOTAL SUPPLY CURRENT					
			3.8	6	mA

Note 1: For operation in ambient temperatures above $25^\circ C$, the device must be derated based on a $150^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $175^\circ C/W$ junction to ambient for package 22 and 16 or a thermal resistance of $187^\circ C/W$ junction to ambient for package 20.

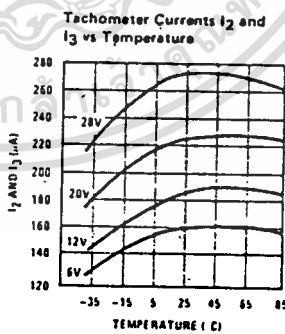
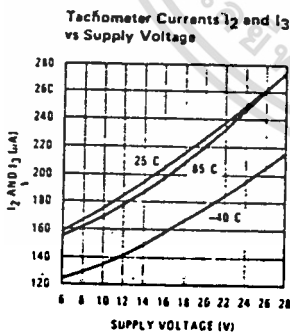
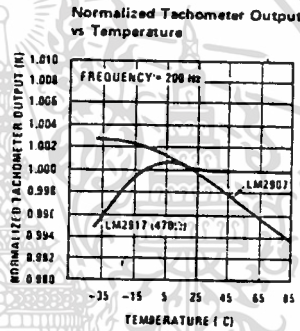
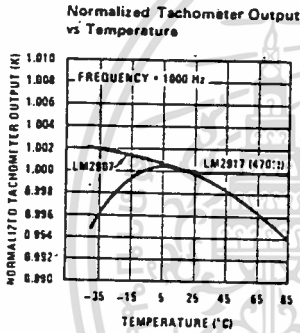
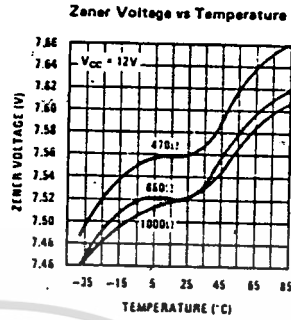
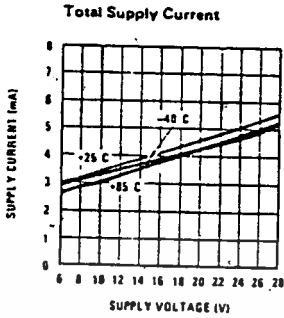
Note 2: Hysteresis is the sum $+V_{TH} - (-V_{TH})$, offset voltage is their difference. See test circuit.

Note 3: V_{OH} is equal to $3/4 \times V_{CC} - 1 V_{BE}$, V_{OL} is equal to $1/4 \times V_{CC} - 1 V_{BE}$ therefore $V_{OH} - V_{OL} = V_{CC}/2$. The difference, $V_{OH} - V_{OL}$, and the mirror gain, I_2/I_3 , are the two factors that cause the tachometer gain constant to vary from 1.0.

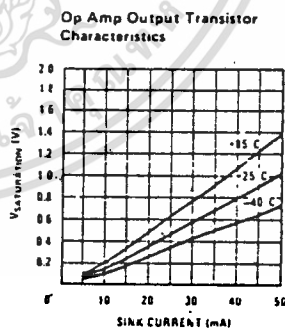
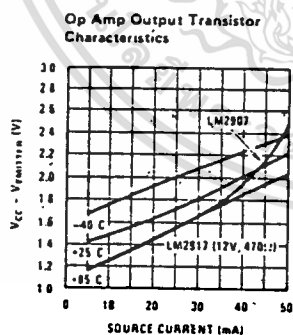
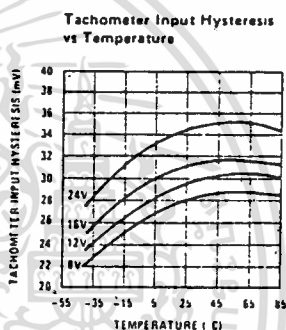
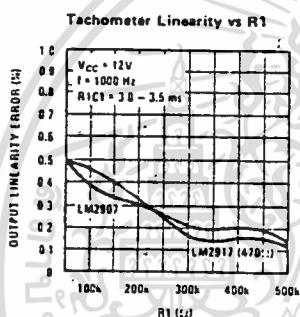
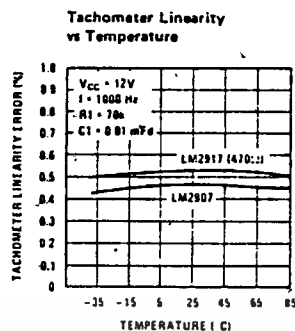
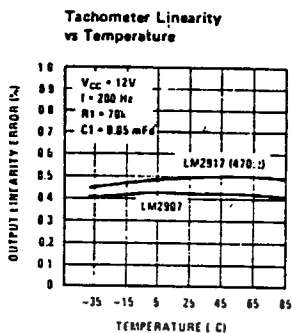
Note 4: Be sure when choosing the time constant $R1 \times C1$ that $R1$ is such that the maximum anticipated output voltage at pin 3 can be reached with $I_3 \times R1$. The maximum value for $R1$ is limited by the output resistance of pin 3 which is greater than $10 k\Omega$ typically.

Note 5: Nonlinearity is defined as the deviation of V_{OUT} (@ pin 3) for $f_{IN} = 5 \text{ kHz}$ from a straight line defined by the V_{OUT} @ 1 kHz and V_{OUT} @ 10 kHz . $C1 = 1000 \text{ pF}$, $R1 = 68k$ and $C2 = 0.22 \text{ mF}$.

Typical Performance Characteristics



Typical Performance Characteristics (Continued)



General Description (Continued)

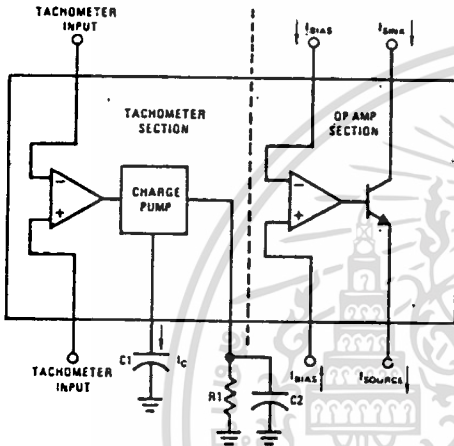
The op amp/comparator is fully compatible with the tachometer and has a floating transistor as its output. This feature allows either a ground or supply referred load of up to 50 mA. The collector may be taken above V_{CC} up to a maximum V_{CE} of 28V.

The two basic configurations offered include an 8-pin device with a *ground referenced tachometer* input and an internal connection between the tachometer output and the op amp non-inverting input. This version is well suited for single speed or frequency switching or fully buffered frequency to voltage conversion applications.

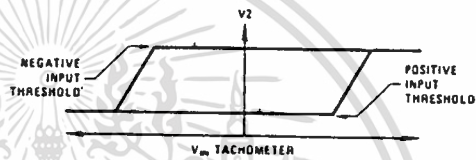
The more versatile configurations provide differential tachometer input and uncommitted op amp inputs. With this version the tachometer input may be floated and the op amp becomes suitable for active filter conditioning of the tachometer output.

Both of these configurations are available with an active shunt regulator connected across the power leads. The regulator clamps the supply such that stable frequency to voltage and frequency to current operations are possible with any supply voltage and a suitable resistor.

Test Circuit and Waveform



Tachometer Input Threshold Measurement



Applications Information

The LM2907 series of tachometer circuits is designed for minimum external part count applications and maximum versatility. In order to fully exploit its features and advantages let's examine its theory of operation. The first stage of operation is a differential amplifier driving a positive feedback flip-flop circuit. The input threshold voltage is the amount of differential input voltage at which the output of this stage changes state. Two options (LM2907-8, LM2917-8) have one input internally grounded so that an input signal must swing above and below ground and exceed the input thresholds to produce an output. This is offered specifically for magnetic variable reluctance pickups which typically provide a single-ended ac output. This single input is also fully protected against voltage swings to $\pm 28V$, which are easily attained with these types of pickups.

The differential input options (LM2907, LM2917) give the user the option of setting his own input switching level and still have the hysteresis around that level for excellent noise rejection in any application. Of course in order to allow the inputs to attain common-mode voltages above ground, input protection is removed

and neither input should be taken outside the limits of the supply voltage being used. It is very important that an input not go below ground without some resistance in its lead to limit the current that will then flow in the epi-substrate diode.

Following the input stage is the charge pump where the input frequency is converted to a dc voltage. To do this requires one timing capacitor, one output resistor, and an integrating or filter capacitor. When the input stage changes state (due to a suitable zero crossing or differential voltage on the input) the timing capacitor is either charged or discharged linearly between two voltages whose difference is $V_{CC}/2$. Then in one half cycle of the input frequency or a time equal to $1/2 f_{IN}$ the change in charge on the timing capacitor is equal to $V_{CC}/2 \times C1$. The average amount of current pumped into or out of the capacitor then is:

$$\frac{\Delta Q}{T} = I_{C(AVG)} = C1 \times \frac{V_{CC}}{2} \times (2f_{IN}) = V_{CC} \times f_{IN} \times C1$$

The output circuit mirrors this current very accurately into the load resistor $R1$, connected to ground, such that if the pulses of current are integrated with a filter

Applications Information (Continued)

capacitor, then, $V_o = i_c \times R1$, and the total conversion equation becomes:

$$V_o = V_{CC} \times f_{IN} \times C1 \times R1 \times K$$

Where K is the gain constant—typically 1.0.

The size of C2 is dependent only on the amount of ripple voltage allowable and the required response time.

CHOOSING R1 AND C1

There are some limitations on the choice of R1 and C1 which should be considered for optimum performance. The timing capacitor also provides internal compensation for the charge pump and should be kept larger than 100 pF for very accurate operation. Smaller values can cause an error current on R1, especially at low temperatures. Several considerations must be met when choosing R1. The output current at pin 3 is internally fixed and therefore $V_o/R1$ must be less than or equal to this value. If R1 is too large, it can become a significant fraction of the output impedance at pin 3 which degrades linearity. Also output ripple voltage must be considered and the size of C2 is affected by R1. An expression that describes the ripple content on pin 3 for a single R1C2 combination is:

$$V_{RIPPLE} = \frac{V_{CC}}{2} \times \frac{C1}{C2} \times \left(1 - \frac{V_{CC} \times f_{IN} \times C1}{I_2} \right) \text{ pk-pk}$$

It appears R1 can be chosen independent of ripple,

however response time, or the time it takes V_{OUT} to stabilize at a new voltage increases as the size of C2 increases so a compromise between ripple, response time, and linearity must be chosen carefully.

As a final consideration, the maximum attainable input frequency is determined by V_{CC} , C1 and I_2 :

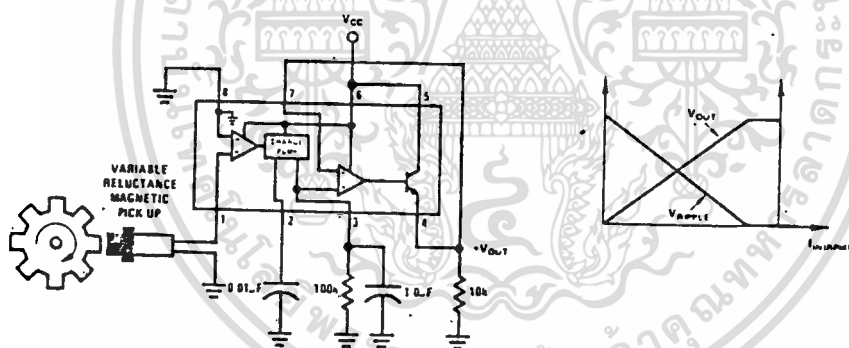
$$f_{MAX} = \frac{I_2}{C1 \times V_{CC}}$$

USING ZENER REGULATED OPTIONS (LM2917)

For those applications where an output voltage or current must be obtained independent of supply voltage variations, the LM2917 is offered. The most important consideration in choosing a dropping resistor from the unregulated supply to the device is that the tachometer and op amp circuitry alone require about 3 mA at the voltage level provided by the zener. At low supply voltages there must be some current flowing in the resistor above the 3 mA circuit current to operate the regulator. As an example, if the raw supply varies from 9 to 16V, a resistance of 470Ω will minimize the zener voltage variation to 160 mV. If the resistance goes under 400Ω or over 600Ω the zener variation quickly rises above 200 mV for the same input variation.

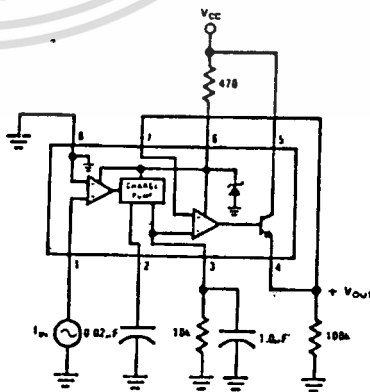
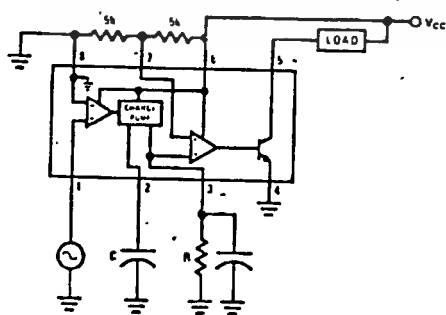
Typical Applications

Minimum Component Tachometer

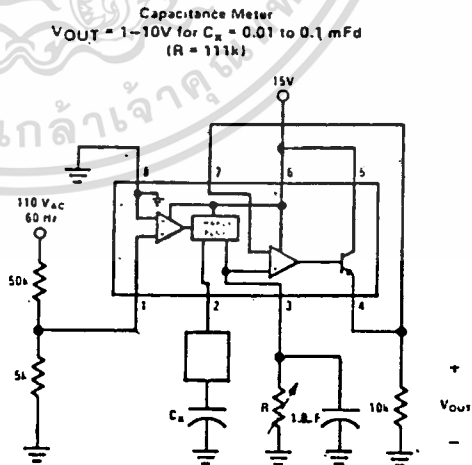
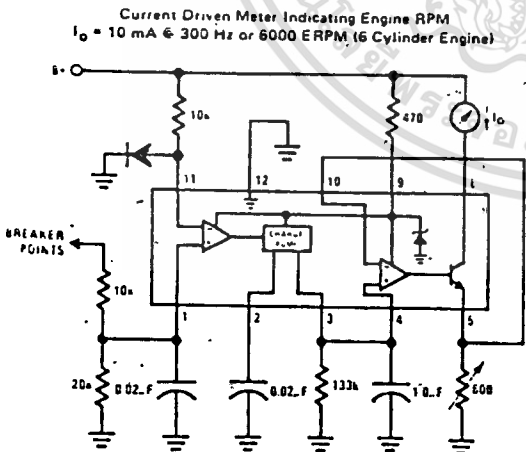
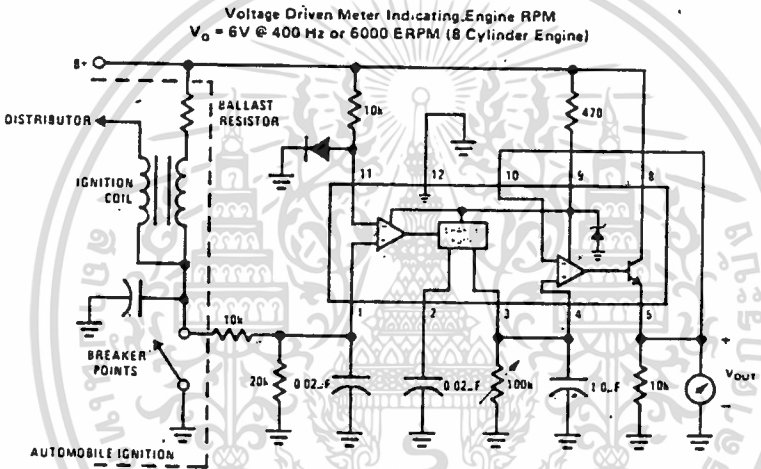
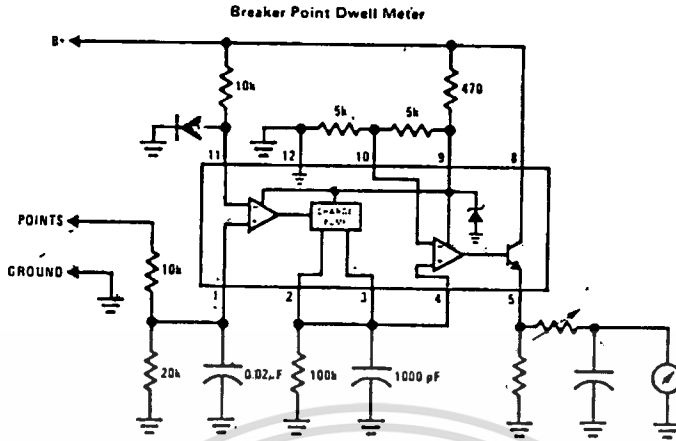


Zener Regulated Frequency to Voltage Converter

"Speed Switch" Load is Energized When $f_{IN} \geq \frac{1}{2RC}$

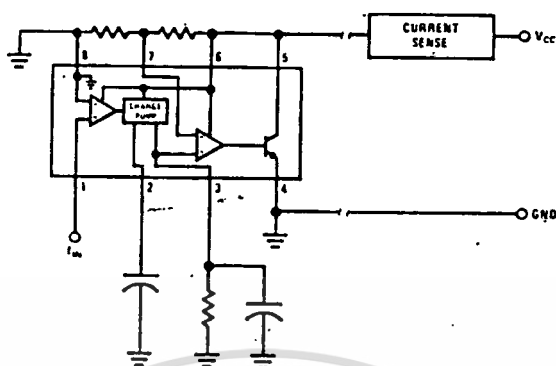


Typical Applications (Continued)

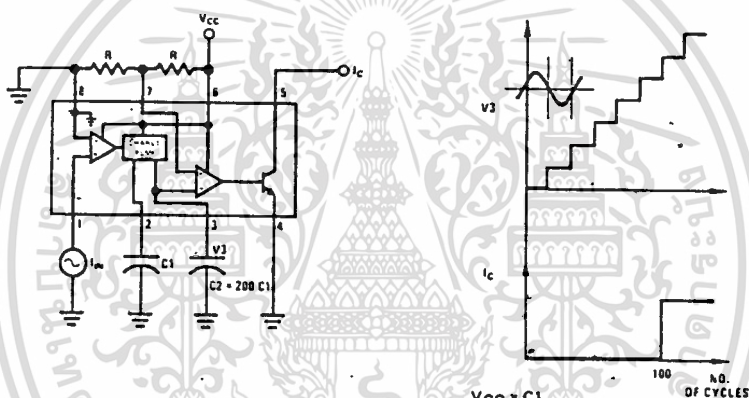


Typical Applications (Continued)

Two-Wire Remote Speed Switch



100 Cycle Delay Switch



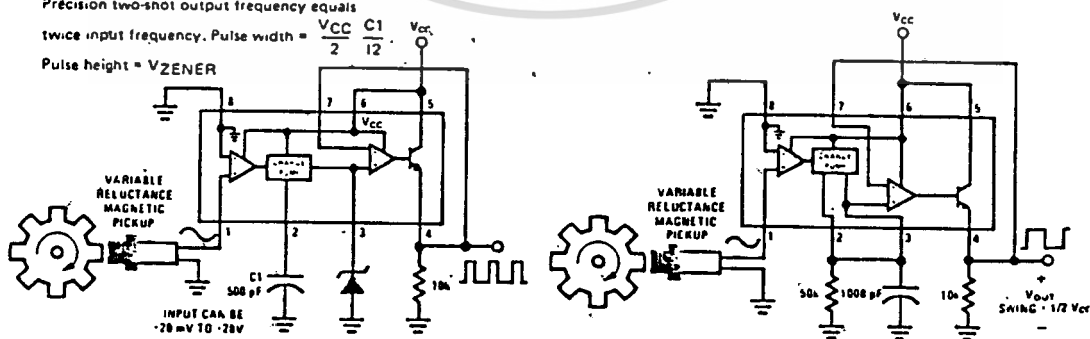
V3 steps up in voltage by the amount $\frac{V_{CC} \times C1}{C2}$ for each complete input cycle (2 zero crossings)
 Example:
 If $C2 = 200 C1$ after 100 consecutive input cycles,
 $V3 = 1/2 V_{CC}$

Variable Reluctance Magnetic Pickup Buffer Circuits

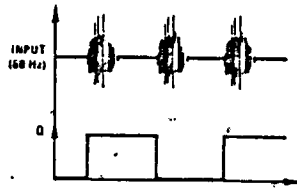
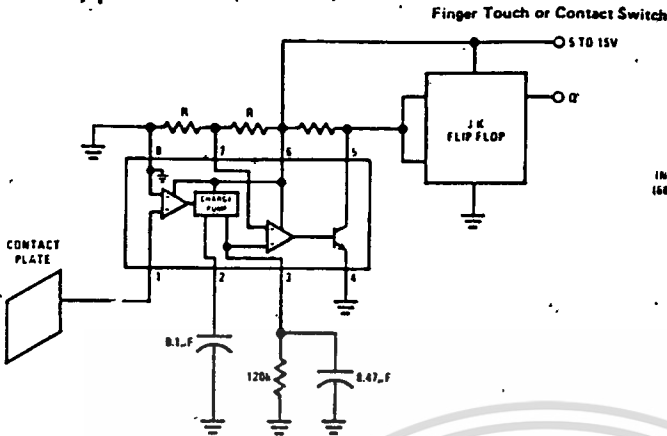
Precision two-shot output frequency equals

twice input frequency. Pulse width = $\frac{V_{CC}}{2} \frac{C1}{12}$

Pulse height = V_{ZENER}

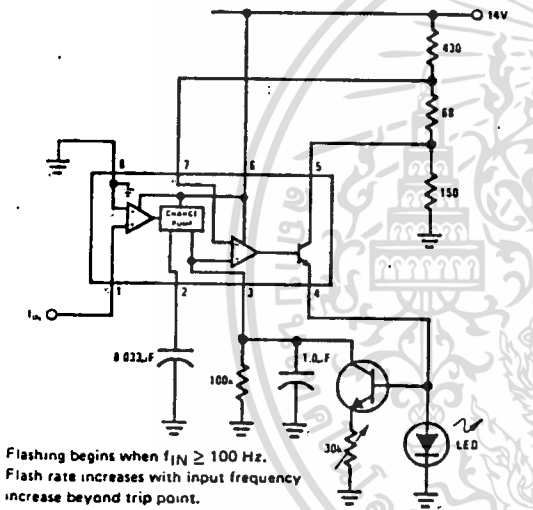


Typical Applications (Continued)



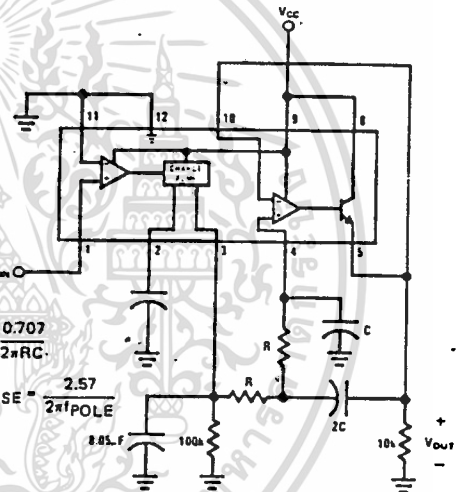
Flashing LED Indicates Overspeed

Frequency to Voltage Converter with 2 Poles Butterworth Filter to Reduce Ripple

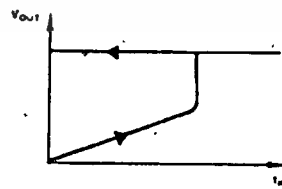
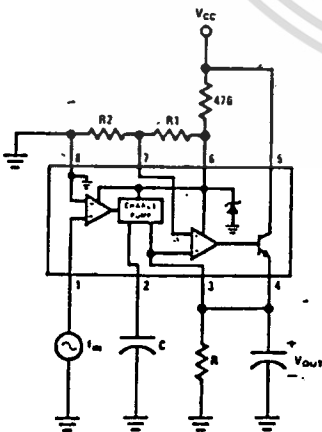


$$f_{POLE} = \frac{0.707}{2\pi RC}$$

$$f_{RESPONSE} = \frac{2.57}{2\pi f_{POLE}}$$



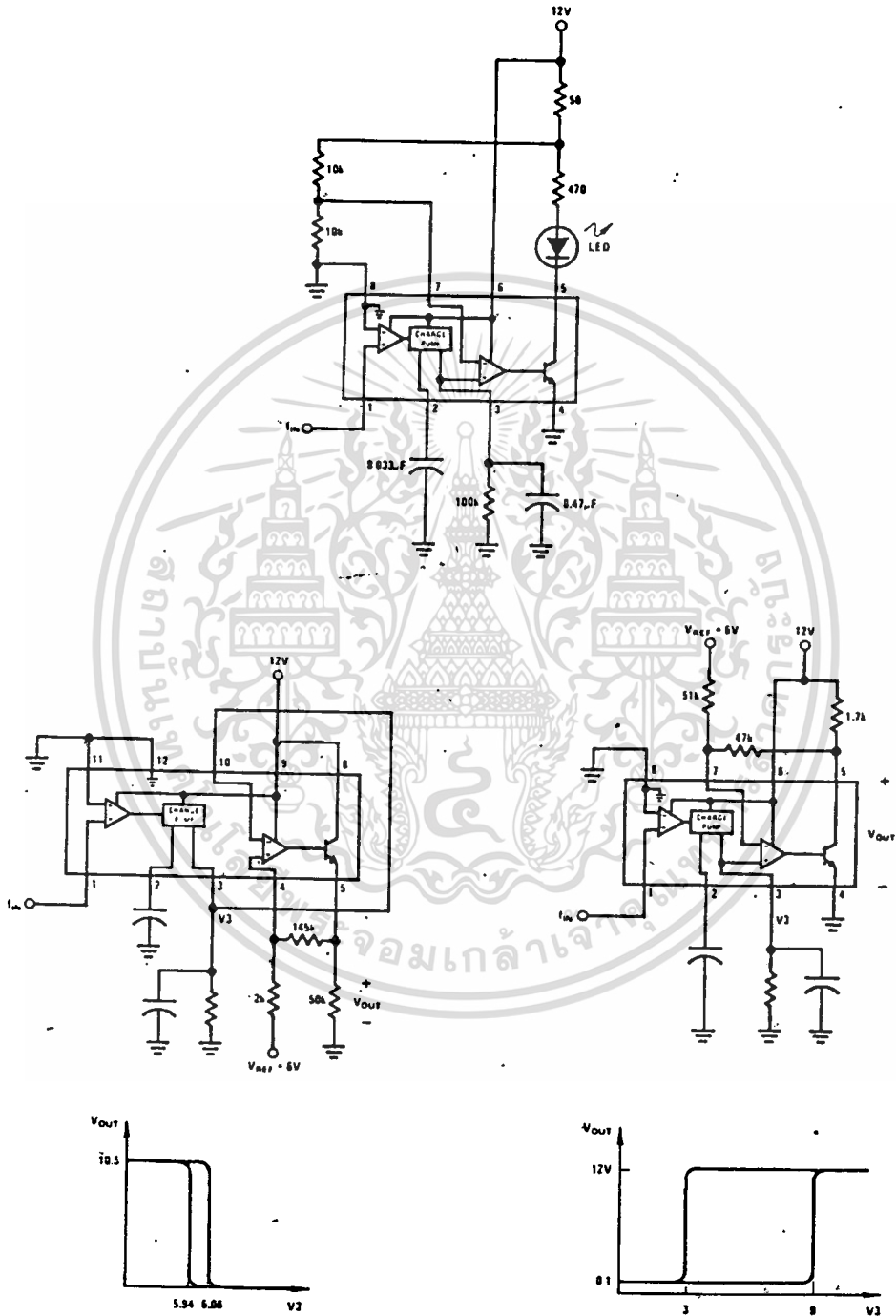
Overspeed Latch



Output latches when
 $f_{IN} = \frac{R2}{R1 + R2} \frac{1}{RC}$
Reset by removing VCC.

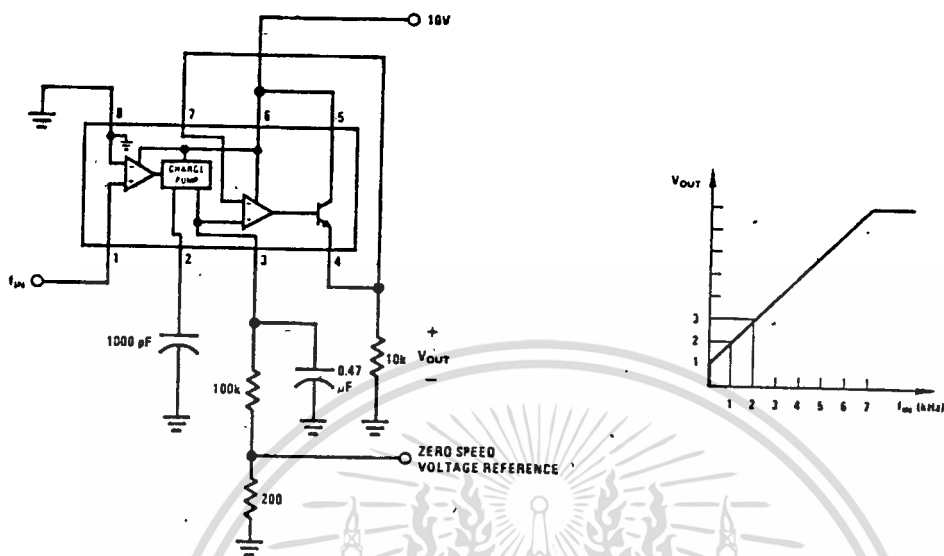
Typical Applications (Continued)

Some Frequency Switch Applications May Require Hysteresis in the Comparator Function Which Can Be Implemented in Several Ways:

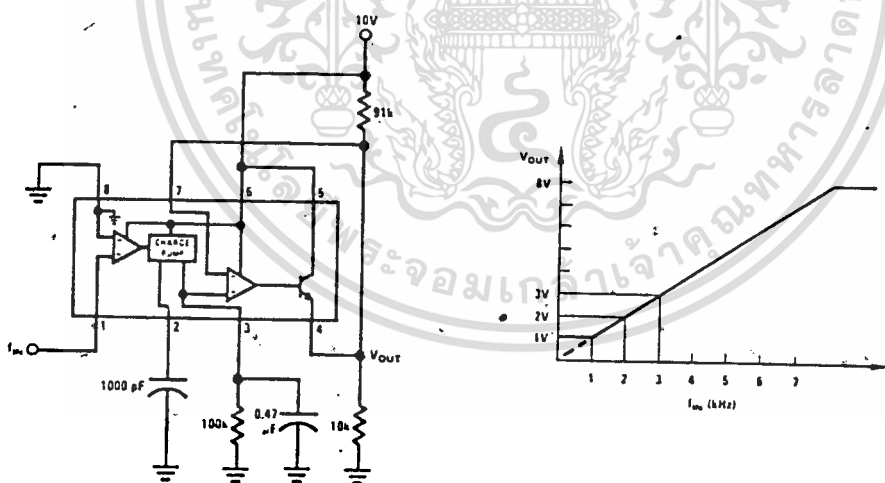


Typical Applications (Continued)

Changing the Output Voltage for an Input Frequency of Zero

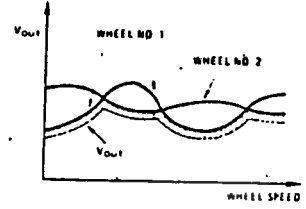
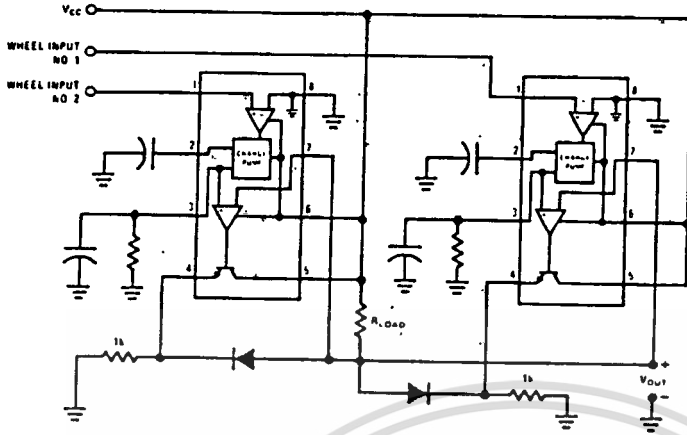


Changing Tachometer Gain Curve or Clamping the Minimum Output Voltage



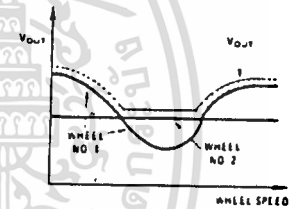
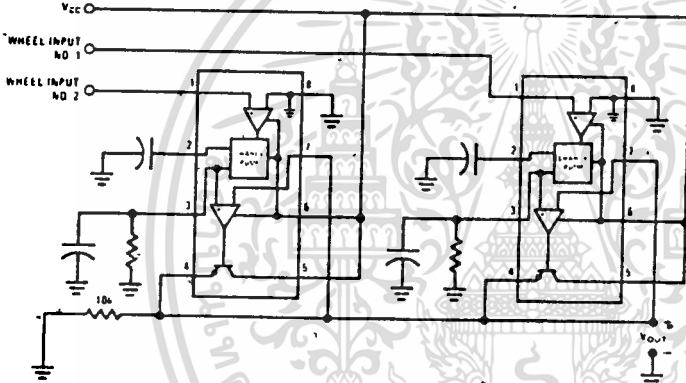
Anti-Skid Circuit Functions

"Select-Low" Circuit



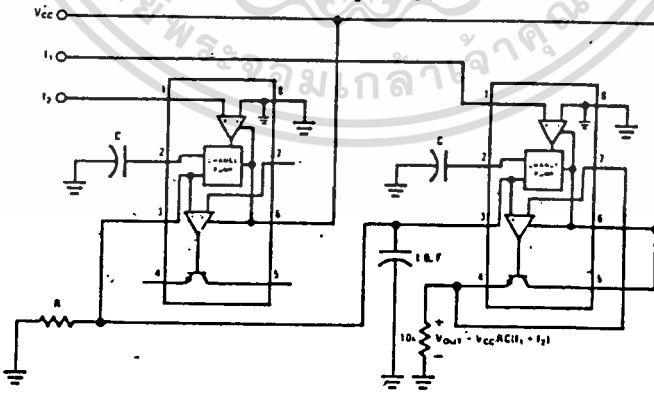
V_{OUT} is proportional to the lower of the two input wheel speeds.

"Select-High" Circuit

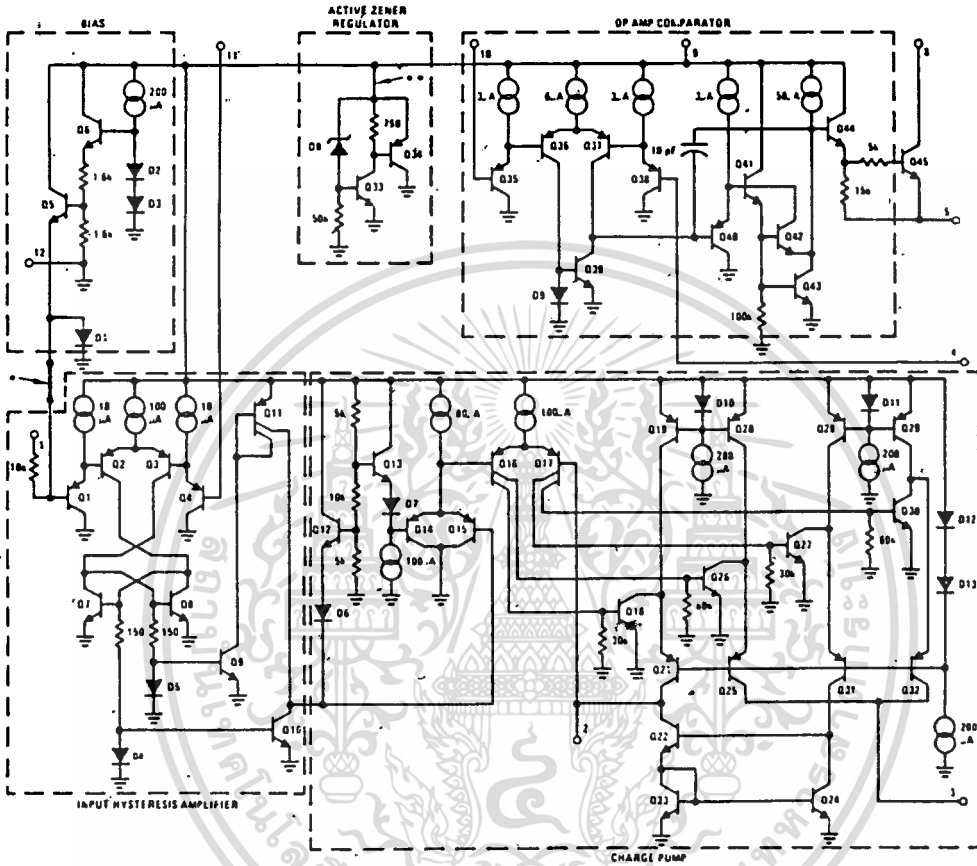


V_{OUT} is proportional to the higher of the two input wheel speeds.

"Select-Average" Circuit



Equivalent Schematic Diagram



• **Note:** This connection made on LM2907-6 and LM2917-8 only.

• **Note:** This connection made on LM2917 and LM2917-8 only.



**National
Semiconductor**

Industrial Blocks

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at $+10 \text{ mV}/^\circ\text{K}$. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of $400 \mu\text{A}$ to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

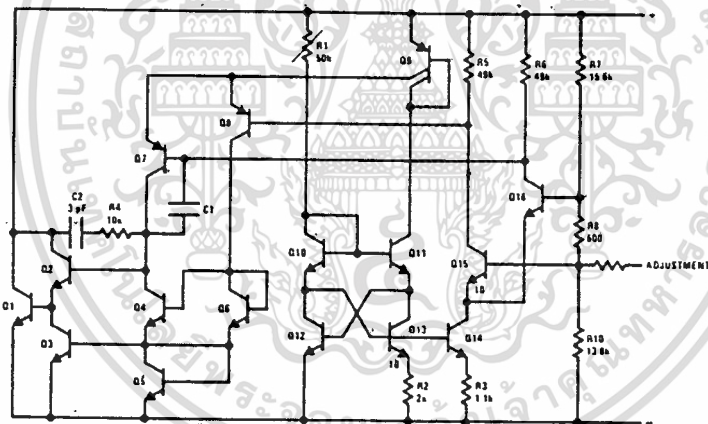
The LM135 operates over a -55°C to $+150^\circ\text{C}$ temperature range while the LM235 operates over a -40°C

to $+125^\circ\text{C}$ temperature range. The LM335 operates from -40°C to $+100^\circ\text{C}$. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

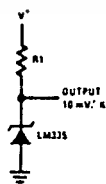
- Directly calibrated in $^\circ\text{Kelvin}$
- 1°C initial accuracy available
- Operates from $400 \mu\text{A}$ to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

Schematic Diagram

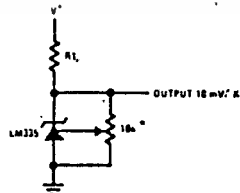


Typical Applications

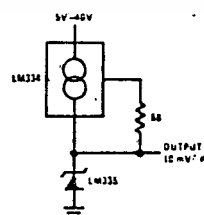
Basic Temperature Sensor



Calibrated Sensor



Wide Operating Supply



Absolute Maximum Ratings

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	
TO-46 Package	-60°C to +180°C
TO-92 Package	-60°C to +150°C
Specified Operating Temperature Range	
Continuous	Intermittent (Note 2)
LM135, LM135A	-55°C to +150°C
LM235, LM235A	-40°C to +125°C
LM335, LM335A	-40°C to +100°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Temperature Accuracy LM135/LM235, LM135A/LM235A (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	LM135A/LM235A			LM135/LM235			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$	2.97	2.98	2.99	2.95	2.98	3.01	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	3	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} < T_C < T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		1.3	2.7		2	5	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} < T_C < T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1		0.5	1.5	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	0.5		0.3	1	°C

Temperature Accuracy LM335, LM335A (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	LM335A			LM335			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$		1	3		2	6	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} < T_C < T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		2	5		4	9	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} < T_C < T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	2	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1.5		0.3	1.5	°C

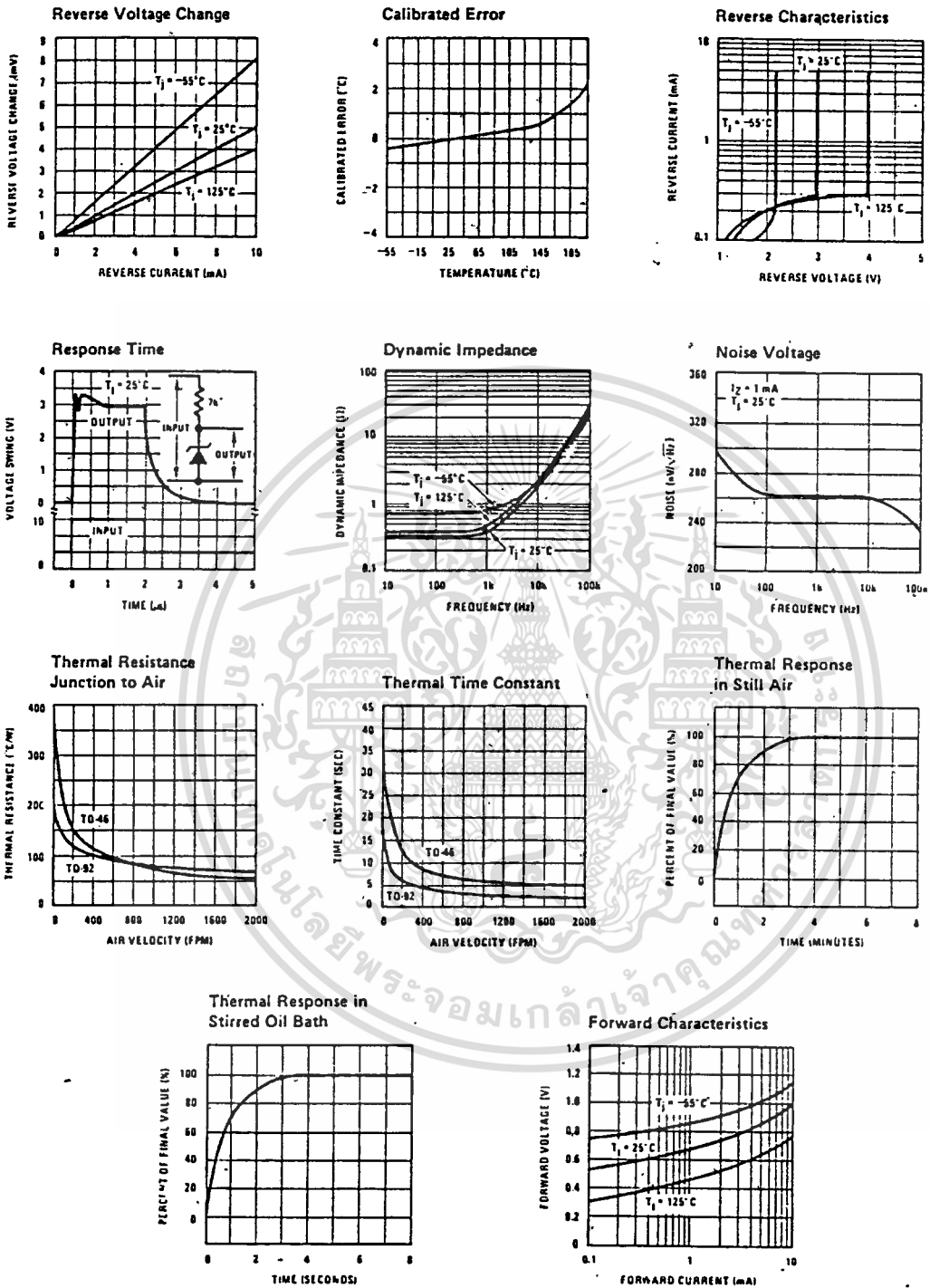
Electrical Characteristics (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Operating Output Voltage	$400\text{ }\mu\text{A} < I_R < 5\text{ mA}$		2.5	10		3	14	mV
Change with Current	At Constant Temperature							
Dynamic Impedance	$I_R = 1\text{ mA}$		0.5			0.6		Ω
Output Voltage Temperature Drift			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft./Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	$T_C = 125^\circ\text{C}$		0.2			0.2		°C/hr

Note 1: Accuracy measurements are made in a well-stirred oil bath. For other conditions, self heating must be considered.

Note 2: Continuous operation at these temperatures for 10,000 hours for H package and 5,000 hours for Z package may decrease life expectancy of the device.

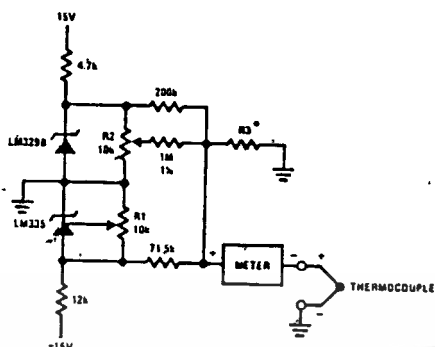
Typical Performance Characteristics



Typical Applications (Continued)

THERMOCOUPLE COLD JUNCTION COMPENSATION

Compensation for Grounded Thermocouple



*Select R3 for proper thermocouple type

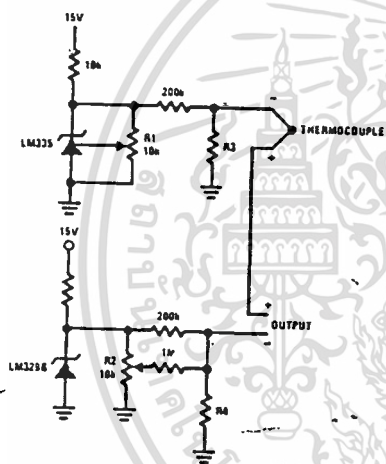
THERMO- COUPLE	R ₃	SEEBECK COEFFICIENT
J	377Ω	52.3 μV/°C
T	308Ω	42.8 μV/°C
K	293Ω	40.8 μV/°C
S	45.8Ω	6.4 μV/°C

Adjustments: Compensates for both sensor and resistor tolerances

1. Short LM329B,
2. Adjust R1 for Seebeck Coefficient times ambient temperature (in degrees K) across R3
3. Short LM335 and adjust R2 for voltage across R3 corresponding to thermocouple type

J	14.32 mV	K	11.17 mV
T	11.79 mV	S	1.768 mV

Single Power Supply Cold Junction Compensation



* Select R3 and R4 for thermocouple type

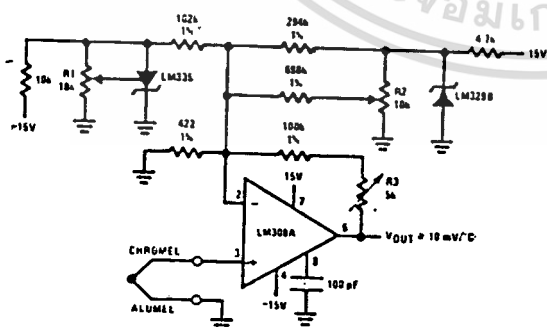
THERMO- COUPLE	R3	R4	SEEBECK COEFFICIENT
J	1.05K	385Ω	52.3 μV/°C
T	856Ω	315Ω	42.8 μV/°C
K	816Ω	300Ω	40.8 μV/°C
S	128Ω	46.3Ω	6.4 μV/°C

Adjustments:

1. Adjust R1 for the voltage across R3 equal to the Seebeck Coefficient times ambient temperature in degrees Kelvin
2. Adjust R2 for voltage across R4 corresponding to thermocouple

J	14.32 mV	K	11.17 mV
T	11.79 mV	S	1.768 mV

Centigrade Calibrated Thermocouple Thermometer



Terminate thermocouple reference junction in close proximity to LM335.

Adjustments:

1. Apply signal in place of thermocouple and adjust R3 for a gain of 245.7.
2. Short non-inverting input of LM308A and output of LM329B to ground.
3. Adjust R1 so that $V_{OUT} = 2.982V @ 25^{\circ}C$.
4. Remove short across LM329B and adjust R2 so that $V_{OUT} = 246\text{ mV} @ 25^{\circ}C$.
5. Remove short across thermocouple.

Definition of Terms

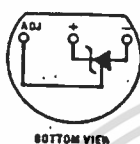
Operating Output Voltage: The voltage appearing across the positive and negative terminals of the device at specified conditions of operating temperature and current.

Uncalibrated Temperature Error: The error between the operating output voltage at $10 \text{ mV}/^\circ\text{K}$ and case temperature at specified conditions of current and case temperature.

Calibrated Temperature Error: The error between operating output voltage and case temperature at $10 \text{ mV}/^\circ\text{K}$ over a temperature range at a specified operating current with the 25°C error adjusted to zero.

Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package



Order Number LM335Z
or LM335AZ
See NS Package Z03A

TO-46
Metal Can Package*



* Case is connected to negative pin

Order Number LM135H,
LM235H, LM335H, LM135AH,
LM235AH or LM335AH
See NS Package H03H

LM131A/LM131, LM231A/LM231, LM331A/LM331 Precision Voltage-to-Frequency Converters

General Description

The LM131/LM231/LM331 family of voltage-to-frequency converters are ideally suited for use in simple low-cost circuits for analog-to-digital conversion, precision frequency-to-voltage conversion, long-term integration, linear frequency modulation or demodulation, and many other functions. The output when used as a voltage-to-frequency converter is a pulse train at a frequency precisely proportional to the applied input voltage. Thus, it provides all the inherent advantages of the voltage-to-frequency conversion techniques, and is easy to apply in all standard voltage-to-frequency converter applications. Further, the LM131A/LM231A/LM331A attains a new high level of accuracy versus temperature which could only be attained with expensive voltage-to-frequency modules. Additionally the LM131 is ideally suited for use in digital systems at low power supply voltages and can provide low-cost analog-to-digital conversion in microprocessor-controlled systems. And, the frequency from a battery powered voltage-to-frequency converter can be easily channeled through a simple photoisolator to provide isolation against high common mode levels.

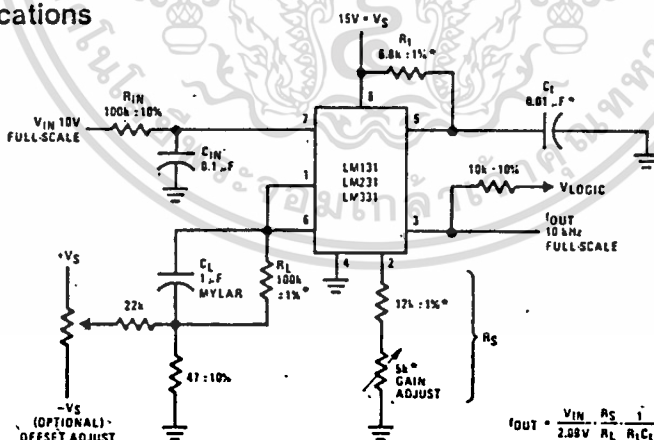
The LM131/LM231/LM331 utilizes a new temperature-compensated band-gap reference circuit, to provide excellent accuracy over the full operating temperature range, at power supplies as low as 4.0V. The precision timer circuit has low bias currents without degrading

the quick response necessary for 100 kHz voltage-to-frequency conversion. And the output is capable of driving 3 TTL loads, or a high voltage output up to 40V, yet is short-circuit-proof against V_{CC} .

Features

- Guaranteed linearity 0.01% max
- Improved performance in existing voltage-to-frequency conversion applications
- Split or single supply operation
- Operates on single 5V supply
- Pulse output compatible with all logic forms
- Excellent temperature stability, ± 50 ppm/ $^{\circ}$ C max
- Low power dissipation, 15 mW typical at 5V
- Wide dynamic range, 100 dB min at 10 kHz full scale frequency
- Wide range of full scale frequency, 1 Hz to 100 kHz
- Low cost

Typical Applications



*Use stable components with low temperature coefficients. See Typical Applications section.

FIGURE 1. Simple Stand-Alone Voltage-to-Frequency Converter
with $\pm 0.03\%$ Typical Linearity ($f = 10$ Hz to 11 kHz)

Absolute Maximum Ratings

	LM131A/LM131	LM231A/LM231	LM331A/LM331
Supply Voltage	40V	40V	40V
Output Short Circuit to Ground	Continuous	Continuous	Continuous
Output Short Circuit to V_{CC}	Continuous	Continuous	Continuous
Input Voltage	$-0.2V$ to $+V_S$	$-0.2V$ to $+V_S$	$-0.2V$ to $+V_S$
Operating Ambient Temperature Range	T_{MIN} T_{MAX} $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	T_{MIN} T_{MAX} $-25^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	T_{MIN} T_{MAX} $0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$
Power Dissipation (P_D at $25^{\circ}C$) and Thermal Resistance (θ_{jA})			
(H Package) P_D	670 mW	570 mW	570 mW
θ_{jA}	$150^{\circ}C/W$	$150^{\circ}C/W$	$150^{\circ}C/W$
(N Package) P_D		500 mW	500 mW
θ_{jA}		$155^{\circ}C/W$	$155^{\circ}C/W$

Electrical Characteristics $T_A = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified. (Note 1)

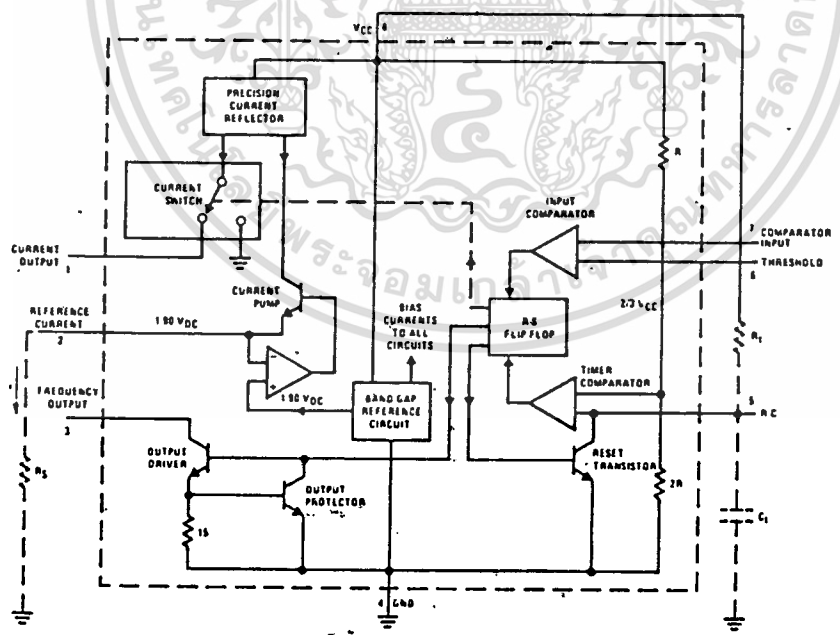
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
VFC Non-Linearity (Note 2)	$4.5V \leq V_S \leq 20V$		± 0.003	± 0.01	% Full-Scale
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 0.006	± 0.02	% Full-Scale
In Circuit of Figure 1	$V_S = 15V$, $f = 10$ Hz to 11 kHz		± 0.024	± 0.14	% Full-Scale
Conversion Accuracy Scale Factor (Gain)	$V_{IN} = -10V$, $R_S = 14$ k Ω				% Full-Scale
LM131, LM131A, LM231, LM231A		0.95	1.00	1.05	kHz/V
LM331, LM331A		0.90	1.00	1.10	kHz/V
Temperature Stability of Gain	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$, $4.5V \leq V_S \leq 20V$				ppm/ $^{\circ}C$
LM131/LM231/LM331			± 30	± 150	ppm/ $^{\circ}C$
LM131A/LM231A/LM331A			± 20	± 50	ppm/ $^{\circ}C$
Change of Gain with V_S	$4.5V \leq V_S \leq 10V$		0.01	0.1	%/V
	$10V \leq V_S \leq 40V$		0.006	0.06	%/V
Rated Full-Scale Frequency	$V_{IN} = +10V$	10.0			kHz
Overrange (Beyond Full-Scale) Frequency	$V_{IN} = -11V$	10			%
INPUT COMPARATOR					
Offset Voltage			± 3	± 10	mV
LM131/LM231/LM331	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 4	± 14	mV
LM131A/LM231A/LM331A	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 3	± 10	mV
Bias Current			-80	-300	nA
Offset Current			± 8	± 100	nA
Common-Mode Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	-0.2		$V_{CC}-2.0$	V
TIMER					
Timer Threshold Voltage, Pin 5		0.63	0.667	0.70	V
Input Bias Current, Pin 5	$V_S = 15V$				nA
All Devices	$0V \leq V_{PIN 5} \leq 9.9V$		± 10	± 100	nA
LM131/LM231/LM331	$V_{PIN 5} = 10V$		200	1000	nA
LM131A/LM231A/LM331A	$V_{PIN 5} = 10V$		200	500	nA
V_{SAT} PIN 5 (Reset)	$I = 5$ nA		0.22	0.5	V

Electrical Characteristics (Continued) $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CURRENT SOURCE (Pin 1)					
Output Current LM131, LM131A, LM231, LM231A LM331, LM331A	$R_S = 14\text{ k}\Omega$, $V_{PIN\ 1} = 0$	126 116	135 136	144 156	μA μA
Change with Voltage	$0\text{V} \leq V_{PIN\ 1} \leq 10\text{V}$		0.2	1.0	μA
Current Source OFF Leakage LM131, LM131A LM231, LM231A, LM331, LM331A All Devices	$T_A = T_{MAX}$		0.01 0.02 2.0	1.0 10.0 50.0	nA nA nA
Operating Range of Current (Typical)			(10 to 500)		μA
REFERENCE VOLTAGE (Pin 2)					
LM131, LM131A, LM231, LM231A LM331, LM331A		1.76 1.70	1.89 1.89	2.02 2.08	V _{DC} V _{DC}
Stability vs Temperature			± 60		ppm/ $^\circ\text{C}$
Stability vs Time, 1000 Hours			± 0.1		%
LOGIC OUTPUT (Pin 3)					
V _{SAT}	$I = 5\text{ mA}$ $I = 3.2\text{ mA}$ (2 TTL Loads), $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		0.15 0.10	0.50 0.40	V V
OFF Leakage			± 0.05	1.0	μA
SUPPLY CURRENT					
LM131, LM131A, LM231, LM231A LM331, LM331A	$V_S = 5\text{V}$ $V_S = 40\text{V}$ $V_S = 5\text{V}$ $V_S = 40\text{V}$	2.0 2.5 1.5 2.0	3.0 4.0 3.0 4.0	4.0 6.0 6.0 8.0	mA mA mA mA

Note 1: All specifications apply in the circuit of Figure 3, with $4.0\text{V} \leq V_S \leq 40\text{V}$, unless otherwise noted.
Note 2: Nonlinearity is defined as the deviation of I_{OUT} from $V_{IN} \times (10\text{ kHz}/-10\text{ V}_{DC})$ when the circuit has been trimmed for zero error at 10 Hz and at 10 kHz, over the frequency range 1 Hz to 11 kHz. For the timing capacitor, C_T , use NPO ceramic, Teflon[®], or polystyrene.

Functional Block Diagrams

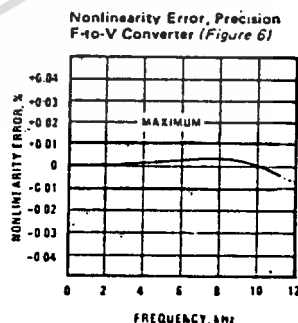
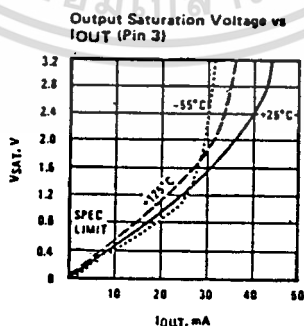
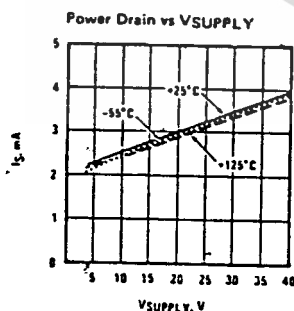
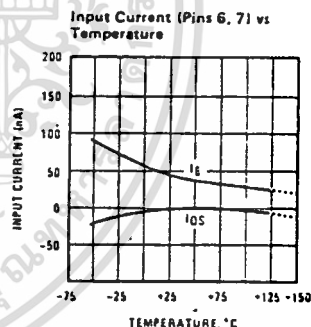
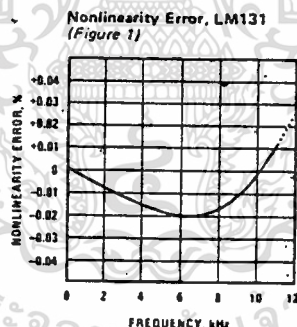
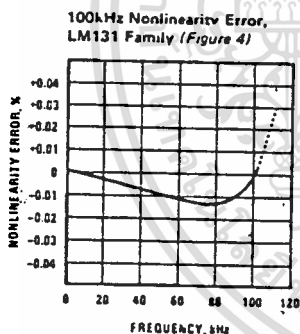
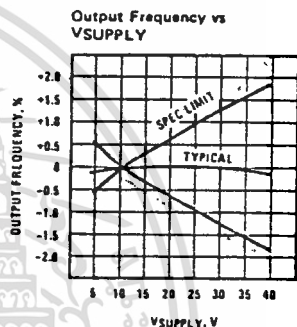
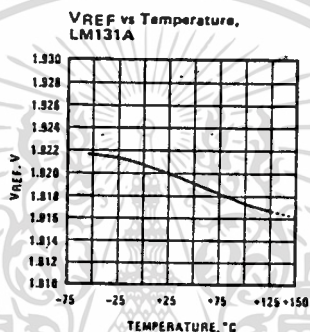
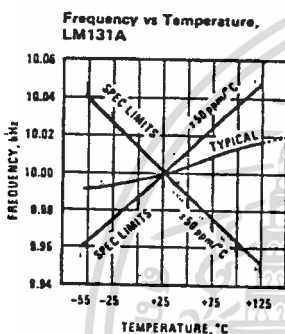
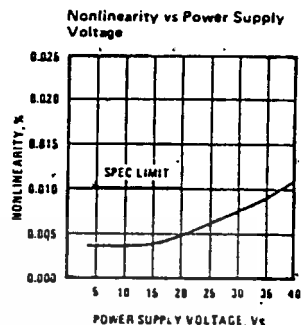
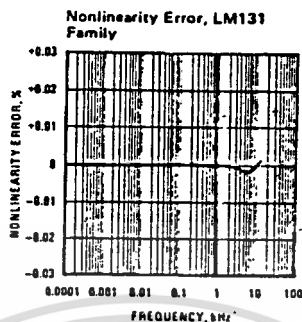
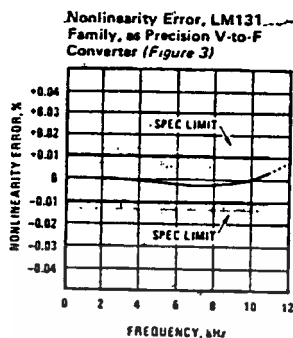


*Registered trademark of DuPont

FIGURE 1a
8-253

Typical Performance Characteristics

(All electrical characteristics apply for the circuit of Figure 3, unless otherwise noted.)



Typical Applications (Continued)

PRINCIPLES OF OPERATION OF A SIMPLIFIED VOLTAGE-TO-FREQUENCY CONVERTER

The LM131 is a monolithic circuit designed for accuracy and versatile operation when applied as a voltage-to-frequency (V-to-F) converter or as a frequency-to-voltage (F-to-V) converter. A simplified block diagram of the LM131 is shown in Figure 2 and consists of a switched current source, input comparator, and 1-shot timer.

The operation of these blocks is best understood by going through the operating cycle of the basic V-to-F converter, Figure 2, which consists of the simplified block diagram of the LM131 and the various resistors and capacitors connected to it.

The voltage comparator compares a positive input voltage, V_1 , at pin 7 to the voltage, V_x , at pin 6. If V_1 is greater, the comparator will trigger the 1-shot timer. The output of the timer will turn ON both the frequency output transistor and the switched current source for a period $t = 1.1 R_T C_T$. During this period, the current i will flow out of the switched current source and provide a fixed amount of charge, $Q = i \times t$, into the capacitor, C_L . This will normally charge V_x up to a higher level than V_1 . At the end of the timing period, the current i will turn OFF, and the timer will reset itself.

Now there is no current flowing from pin 1, and the capacitor C_L will be gradually discharged by R_L until V_x falls to the level of V_1 . Then the comparator will trigger the timer and start another cycle.

The current flowing into C_L is exactly $I_{AVE} = i \times (1.1 \times R_T C_T) \times f$, and the current flowing out of C_L is exactly $V_x / R_L \cong V_{IN} / R_L$. If V_{IN} is doubled, the frequency will double to maintain this balance. Even a simple V-to-F converter can provide a frequency precisely proportional to its input voltage over a wide range of frequencies.

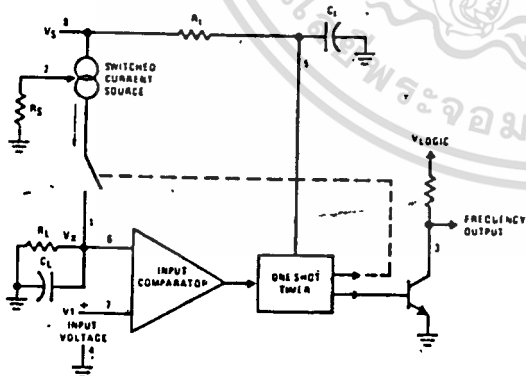


FIGURE 2. Simplified Block Diagram of Stand-Alone Voltage-to-Frequency Converter Showing LM131 and External Components

DETAIL OF OPERATION, FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM (FIGURE 1a)

The block diagram shows a band gap reference which provides a stable 1.9 VDC output. This 1.9 VDC is well regulated over a V_S range of 3.9V to 40V. It also has a flat, low temperature coefficient, and typically changes less than 1/2% over a 100°C temperature change.

The current pump circuit forces the voltage at pin 2 to be at 1.9V, and causes a current $i = 1.90V/R_S$ to flow. For $R_S = 14k$, $i = 135 \mu A$. The precision current reflector provides a current equal to i to the current switch. The current switch switches the current to pin 1 or to ground depending on the state of the R_S flip-flop.

The timing function consists of an R_S flip-flop, and a timer comparator connected to the external $R_T C_T$ network. When the input comparator detects a voltage at pin 7 higher than pin 6, it sets the R_S flip-flop which turns ON the current switch and the output driver transistor. When the voltage at pin 5 rises to 2/3 V_{CC} , the timer comparator causes the R_S flip-flop to reset. The reset transistor is then turned ON and the current switch is turned OFF.

However, if the input comparator still detects pin 7 higher than pin 6 when pin 5 crosses 2/3 V_{CC} , the flip-flop will not be reset, and the current at pin 1 will continue to flow, in its attempt to make the voltage at pin 6 higher than pin 7. This condition will usually apply under start-up conditions or in the case of an overload voltage at signal input. It should be noted that during this sort of overload, the output frequency will be 0; as soon as the signal is restored to the working range, the output frequency will be resumed.

The output driver transistor acts to saturate pin 3 with an ON resistance of about 50Ω. In case of overvoltage, the output current is actively limited to less than 50 mA.

The voltage at pin 2 is regulated at 1.90 VDC for all values of i between 10 μA to 500 μA . It can be used as a voltage reference for other components, but care must be taken to ensure that current is not taken from it which could reduce the accuracy of the converter.

PRINCIPLES OF OPERATION OF BASIC VOLTAGE-TO-FREQUENCY CONVERTER (FIGURE 1)

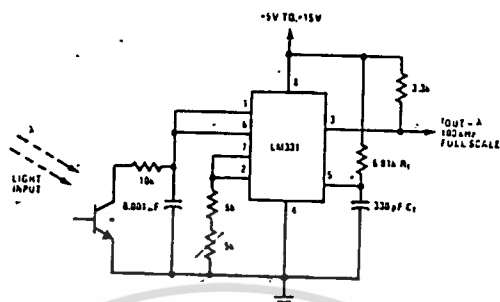
The simple stand-alone V-to-F converter shown in Figure 1 includes all the basic circuitry of Figure 2 plus a few components for improved performance.

A resistor, $R_{IN} = 100 k\Omega \pm 10\%$, has been added in the path to pin 7, so that the bias current at pin 7 (−80 nA typical) will cancel the effect of the bias current at pin 6 and help provide minimum frequency offset.

The resistance R_S at pin 2 is made up of a 12 kΩ fixed resistor plus a 5 kΩ (cermet, preferably) gain adjust rheostat. The function of this adjustment is to trim out the gain tolerance of the LM131, and the tolerance of R_T , R_L and C_T . For best results, all the components

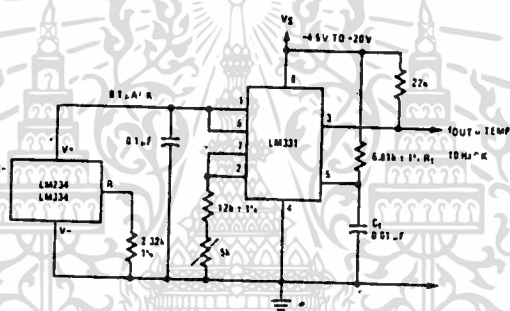
Typical Applications (Continued)

Light Intensity to Frequency Converter

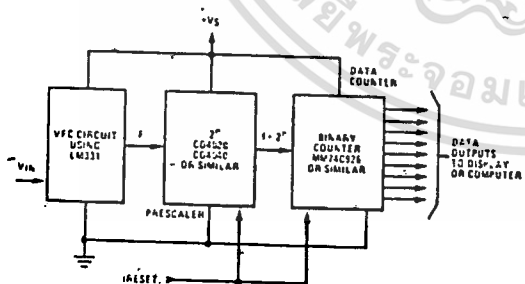


*L14F-1, L14G-1 or L14H-1, photo transistor (General Electric Co.) or similar

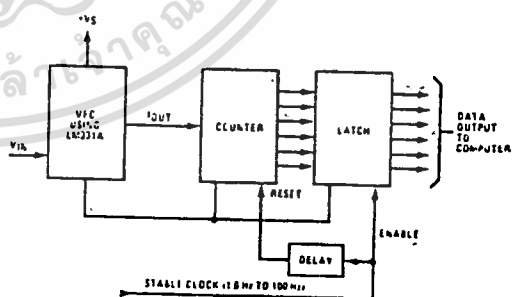
Temperature to Frequency Converter



Long-Term Digital Integrator Using VFC

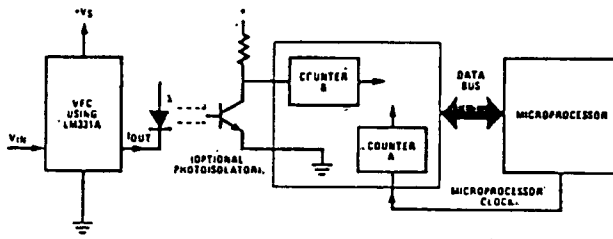


Basic Analog-to-Digital Converter Using Voltage-to-Frequency Converter

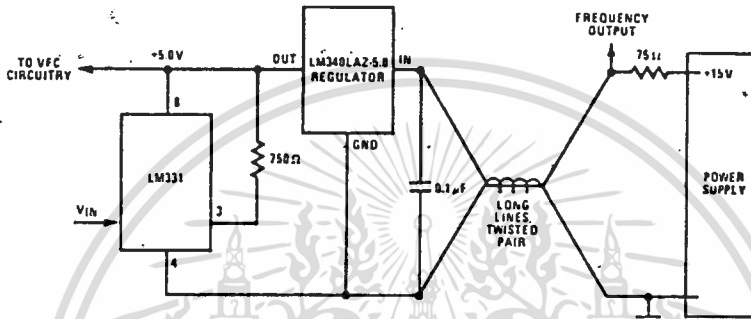


Typical Applications (Continued)

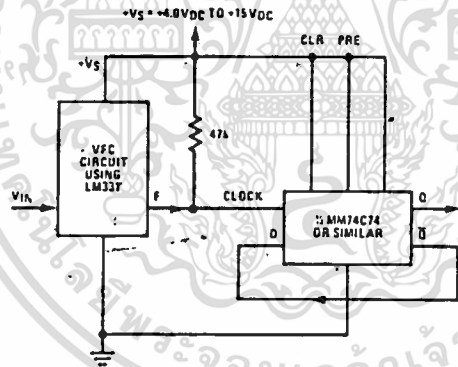
Analog-to-Digital Converter with Microprocessor



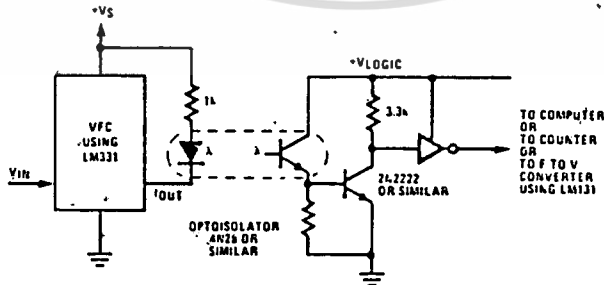
Remote Voltage-to-Frequency Converter with 2-Wire Transmitter and Receiver



Voltage-to-Frequency Converter with Square-Wave Output Using ±2 Flip-Flop

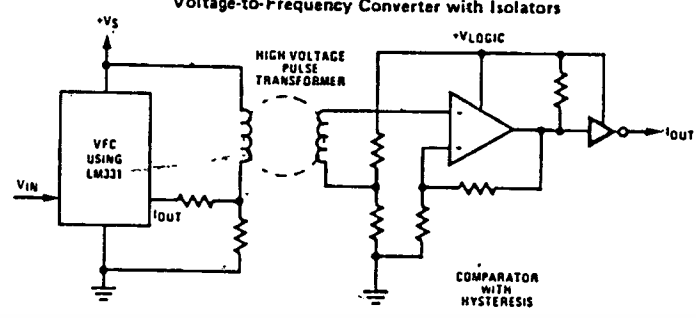


Voltage-to-Frequency Converter with Isolators

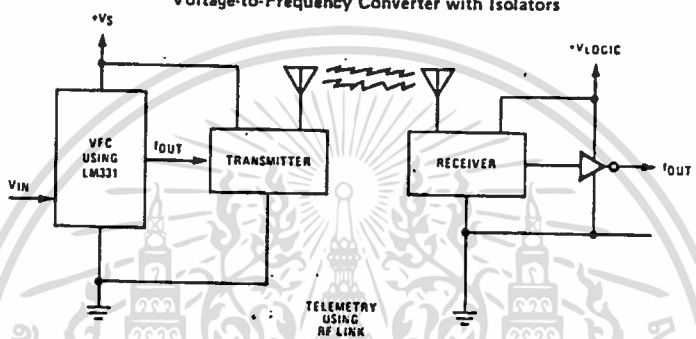


Typical Applications (Continued)

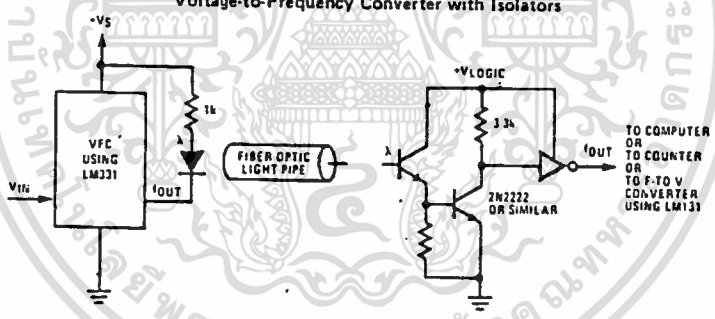
Voltage-to-Frequency Converter with Isolators



Voltage-to-Frequency Converter with Isolators

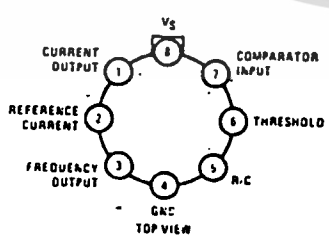


Voltage-to-Frequency Converter with Isolators



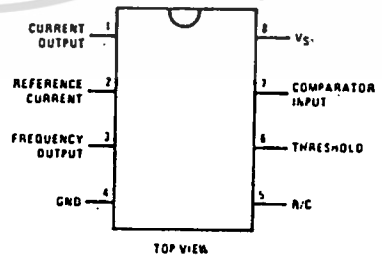
Connection Diagrams

Metal Can Package



Order Number LM131AH, LM131H, LM231AH,
LM231H, LM331AH or LM331H
See NS Package H08C

Dual In-Line Package



Order Number LM231AN, LM231N, LM331AN,
or LM331N
See NS Package N08B

LM131A/LM131,
LM231A/LM231, LM331A/LM331



LM566/LM566C Voltage Controlled Oscillator

General Description

The LM566/LM566C are general purpose voltage controlled oscillators which may be used to generate square and triangular waves; the frequency of which is a very linear function of a control voltage. The frequency is also a function of an external resistor and capacitor.

The LM566 is specified for operation over the -55°C to +125°C military temperature range. The LM566C is specified for operation over the 0°C to +70°C temperature range.

Features

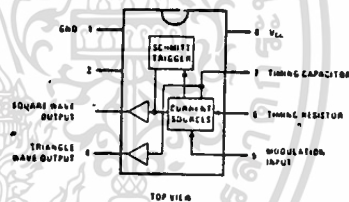
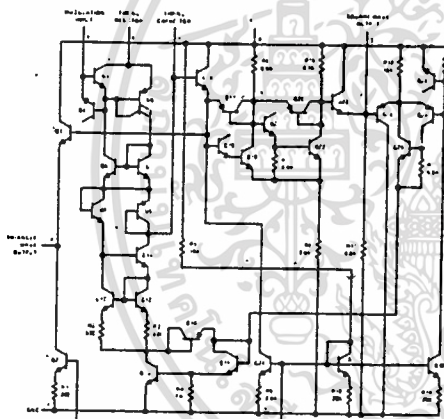
- Wide supply voltage range: 10 to 24 volts
- Very linear modulation characteristics

- High temperature stability
- Excellent supply voltage rejection
- 10 to 1 frequency range with fixed capacitor
- Frequency programmable by means of current, voltage, resistor or capacitor.

Applications

- FM modulation
- Signal generation
- Function generation
- Frequency shift keying
- Tone generation

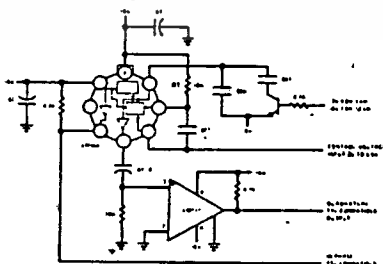
Schematic and Connection Diagrams



Order Number LM566CN
See NS Package N08B

Typical Application

1 kHz and 10 kHz TTL Compatible
Voltage Controlled Oscillator



Applications Information

The LM566 may be operated from either a single supply as shown in this test circuit, or from a split (±) power supply. When operating from a split supply, the square wave output (pin 4) is TTL compatible (2 mA current sink) with the addition of a 4.7 kΩ resistor from pin 3 to ground.

A .001 μF capacitor is connected between pins 5 and 6 to prevent parasitic oscillations that may occur during VCO switching.

$$f_o = \frac{2(V^+ - V_S)}{R_1 C_1 V^+}$$

where

$$2K < R_1 < 20K$$

and V_S is voltage between pin 5 and pin 1

Absolute Maximum Ratings

Power Supply Voltage	26V
Power Dissipation (Note 1)	300 mW
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
LM566	0°C to 70°C
LM566C	300°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	

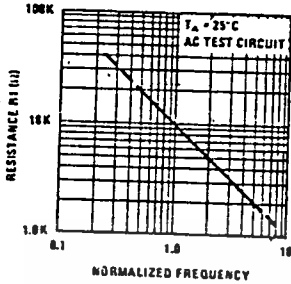
Electrical Characteristics $V_{CC} = 12V$, $T_A = 25^\circ C$, AC Test Circuit

PARAMETER	CONDITIONS	LM566			LM566C			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Maximum Operating Frequency	$R_O = 2k$ $C_O = 2.7 pF$		1			1		MHz
Input Voltage Range Pin 5		$3/4 V_{CC}$		V_{CC}	$3/4 V_{CC}$		V_{CC}	
Average Temperature Coefficient of Operating Frequency			100			200		ppm/°C
Supply Voltage Rejection	10-20V		0.1	1		0.1	2	%/V
Input Impedance Pin 5		0.5	1		0.5	1		MΩ
VCO Sensitivity	For Pin 5, From 8-10V, $f_O = 10 kHz$	6.4	6.6	6.8	6.0	6.6	7.2	kHz/V
FM Distortion	±10% Deviation		0.2	0.75		0.2	1.5	%
Maximum Sweep Rate		800	1		500	1		MHz
Sweep Range			10:1			10:1		
Output Impedance								
Pin 3			50			50		Ω
Pin 4			50			50		Ω
Square Wave Output Level	$R_{L1} = 10k$	5.0	5.4		5.0	5.4		Vp-p
Triangle Wave Output Level	$R_{L2} = 10k$	2.0	2.4		2.0	2.4		Vp-p
Square Wave Duty Cycle		45	50	55	40	50	60	%
Square Wave Rise Time			20			20		ns
Square Wave Fall Time			50			50		ns
Triangle Wave Linearity	±1V Segment at 1/2 VCC		0.2	0.75		0.5	1	%

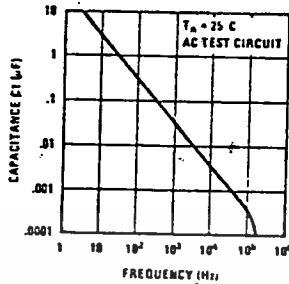
Note 1: The maximum junction temperature of the LM566 is 150°C, while that of the LM566C is 100°C. For operating at elevated junction temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W. The thermal resistance of the dual-in-line package is 100°C/W.

Typical Performance Characteristics

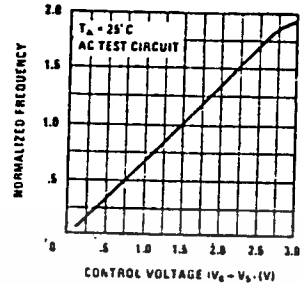
Operating Frequency as a Function of Timing Resistor



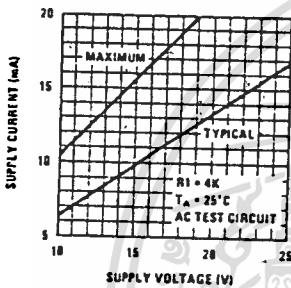
Operating Frequency as a Function of Timing Capacitor



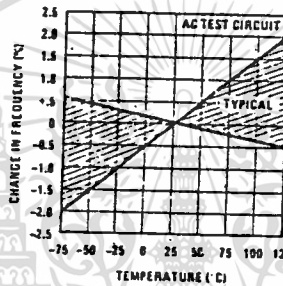
Normalized Frequency as a Function of Control Voltage



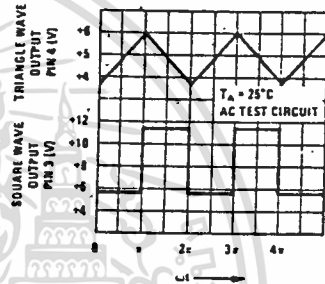
Power Supply Current



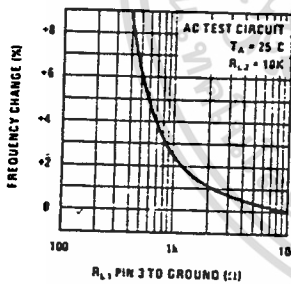
Temperature Stability



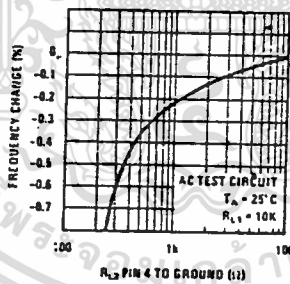
VCO Waveforms



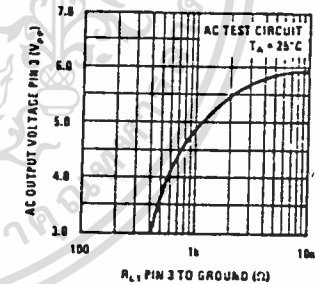
Frequency Stability vs Load Resistance (Square Wave Output)



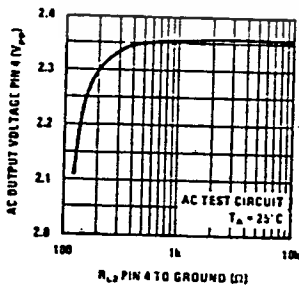
Frequency Stability vs Load Impedance (Triangle Output)



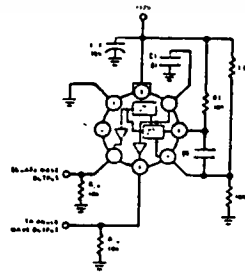
Square Wave Output Characteristics



Triangle Wave Output Characteristics



AC Test Circuit





LM567/LM567C Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%

- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency.
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band.FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

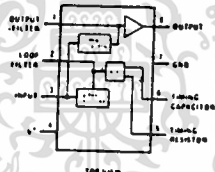
Schematic and Connection Diagrams

Metal Can Package

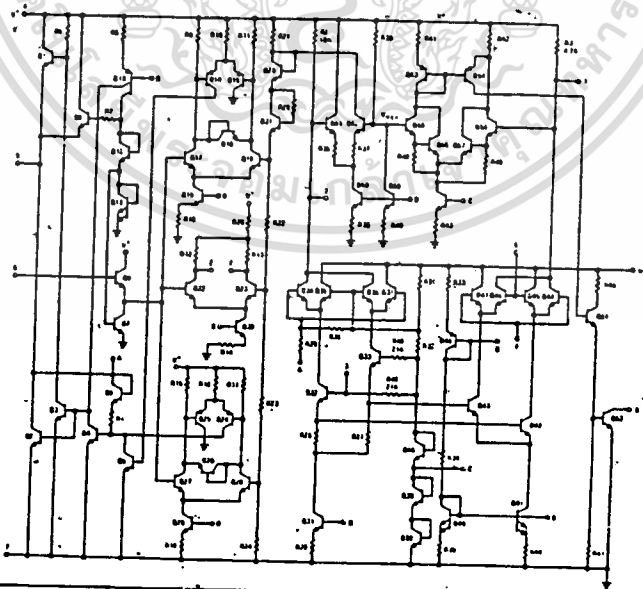


Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package H08C

Dual-In-Line Package



Order Number LM567CN
See NS Package N08B



Absolute Maximum Ratings

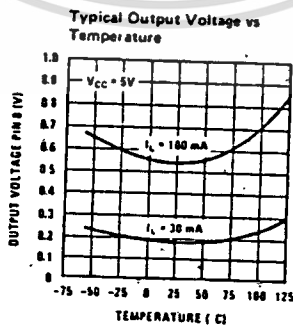
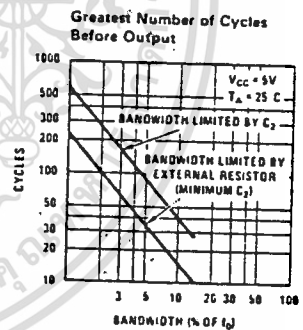
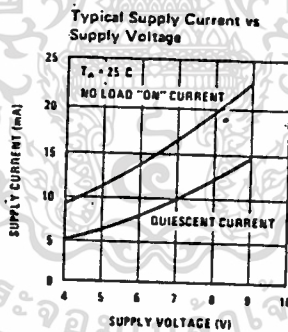
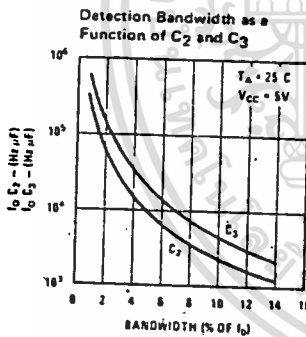
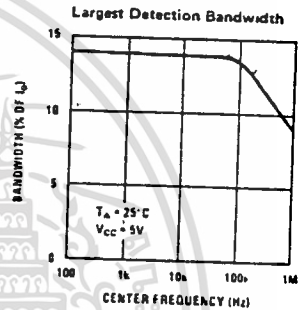
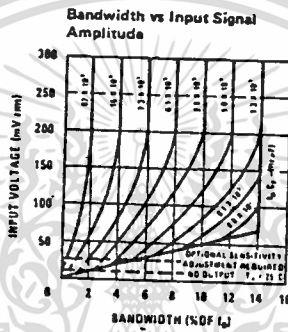
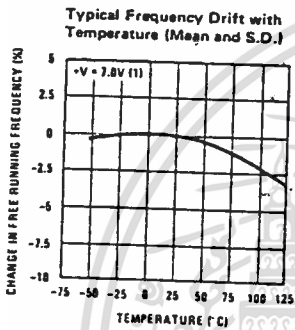
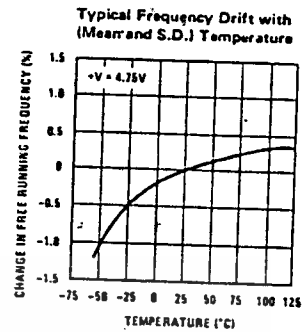
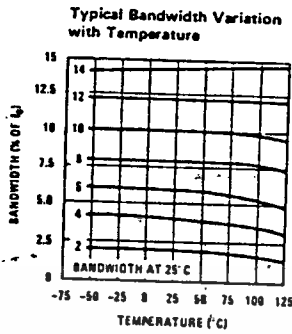
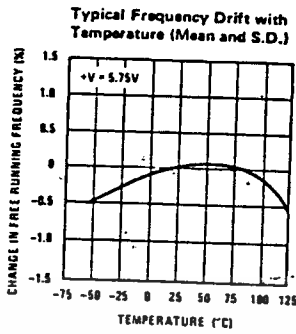
Supply Voltage Pin	10V
Power Dissipation (Note 1)	300 mW
V_B	15V
V_3	-10V
V_3	$V_B \pm 0.5V$
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Electrical Characteristics (AC Test Circuit, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_C = 5V$)

PARAMETERS	CONDITIONS	LM567			LM567C/LM567CN			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current	$R_L = 20k$							
Quiescent			6	8		7	10	mA
Power Supply Current	$R_L = 20k$							
Activated			11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20	22	15	20	25	k Ω
Smallest Detectable Input Voltage	$I_L = 100\text{ mA}$, $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	$I_C = 100\text{ mA}$, $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	$B_n = 140\text{ kHz}$		-6			-6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			± 0.1	0.25		± 0.1	0.5	%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75V - 6.75V		± 1	± 2		± 1	± 5	%/V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability	$0 < T_A < 70$		35 ± 60			35 ± 60		ppm/°C
	$-55 < T_A < +125$		35 ± 140			35 ± 140		ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V - 6.75V		0.5	1.0		0.4	2.0	%/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			$f_o/20$			$f_o/20$		
Output Leakage Current	$V_B = 15V$		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	$e_i = 25\text{ mV}$, $I_B = 30\text{ mA}$, $e_i = 25\text{ mV}$, $I_B = 100\text{ mA}$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

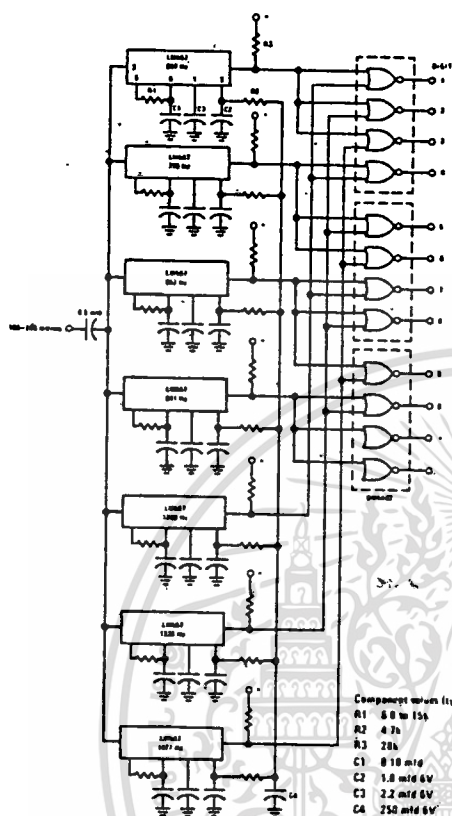
Note 1: The maximum junction temperature of the LM567 is 150°C, while that of the LM567C and LM567CN is 100°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 187°C/W, junction to ambient.

Typical Performance Characteristics

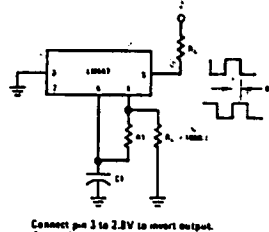


Typical Applications

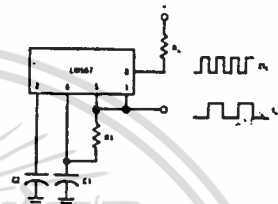
Touch-Tone Decoder



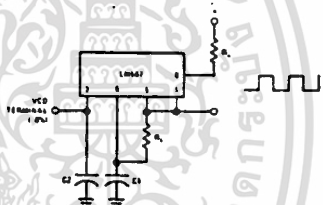
Oscillator with Quadrature Output



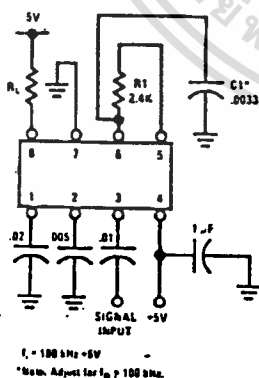
Oscillator with Double Frequency Output



Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



AC Test Circuit



Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_0 \approx \frac{1}{1.1 R_1 C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{I_0 C_2}} \text{ in \% of } f_0$$

Where:

V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200 \text{ mV}$

C_2 = Capacitance at Pin 2 (μF)



MOTOROLA

OPTICALLY ISOLATED TRIAC DRIVERS

These devices consist of gallium-arsenide infrared-emitting diodes, optically coupled to silicon bilateral switches. They are designed for applications requiring isolated triac triggering.

- UL Recognized File Number E54915
- Output Driver Designed for 220 Vac Line
- VISO Isolation Voltage of 7500 V. Peak
- Standard 6-Pin Plastic DIP

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INFRARED EMITTING DIODE MAXIMUM RATINGS			
Reverse Voltage	V_R	3.0	Volts
Forward Current - Continuous	I_F	50	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Triac Driver Derate above 25°C	P_D	100	mW
		1.33	mW/ $^\circ\text{C}$

OUTPUT DRIVER MAXIMUM RATINGS

Off-State Output Terminal Voltage	V_{ORM}	400	Volts
On-State RMS Current (Full Cycle, 50 to 60 Hz) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 70^\circ\text{C}$	$I_T(\text{RMS})$	100 50	mA mA
Peak Nonrepetitive Surge Current (PW = 10 ms, DC = 10%)	I_{TSM}	1.2	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	300	mW
		4.0	mW/ $^\circ\text{C}$

TOTAL DEVICE MAXIMUM RATINGS

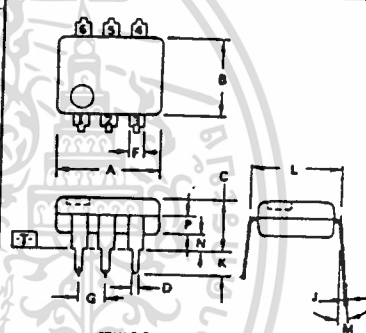
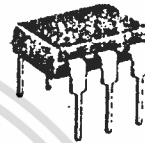
Isolation Surge Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 5 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	330	mW
		4.4	mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range	T_A	-40 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 s)	-	260	$^\circ\text{C}$

(1) Isolation Surge Voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating.

MOC3020
MOC3021
MOC3022
MOC3023

OPTO
COUPLER/ISOLATOR
PHOTO TRIAC DRIVER
OUTPUT

400 VOLTS



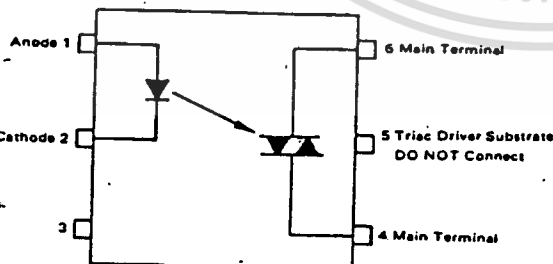
STYLE B:
PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE
6. MAIN TERMINAL

NOTES:

1. DIMENSIONS A AND B ARE DATUMS.
2. $\square$ IS SEATING PLANE.
3. POSITIGAL TOLERANCES FOR LEADS:
 $\oplus 0.13 (0.005\text{IN})$ T A B C D
4. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS
WHEN FORMED PARALLEL.
5. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER
ANSI Y14.5, 1973.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.13	8.89	0.320	0.350
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	2.92	3.08	0.115	0.120
D	0.41	0.51	0.016	0.020
E	1.02	1.28	0.040	0.070
F	2.54 BSC		0.100 BSC	
G	0.20	0.30	0.008	0.012
H	2.54	3.01	0.100	0.150
I	7.62 BSC		0.300 BSC	
J	0.0	1.50	0.0	1.50
K	0.38	2.54	0.015	0.100
L	1.27	2.03	0.050	0.080

CASE 730A-01



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOC3020, MOC3021, MOC3022, MOC3023

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
LED CHARACTERISTICS					
Reverse Leakage Current (V _R = 3.0 V)	I _R	-	0.05	100	μA
Forward Voltage (I _F = 10 mA)	V _F	-	1.2	1.5	Volts
DETECTOR CHARACTERISTICS (I _F = 0 unless otherwise noted)					
Peak Blocking Current, Either Direction (Rated V _{DRM} , Note 1)	I _{DRM}	-	10	100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction (I _{TM} = 100 mA Peak)	V _{TM}	-	2.5	3.0	Volts
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage, T _A = 85°C	dv/dt	-	12	-	V/μs
COUPLED CHARACTERISTICS					
LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = 3.0 V, Note 2)	I _{FT}	-	15	30	mA
MOC3020		-	8.0	15	
MOC3021		-	-	10	
MOC3022		-	-	5.0	
MOC3023		-	-	-	
Holding Current, Either Direction	I _H	-	100	-	μA

- Note 1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT}.

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS
T_A = 25°C

FIGURE 1 - ON-STATE CHARACTERISTICS

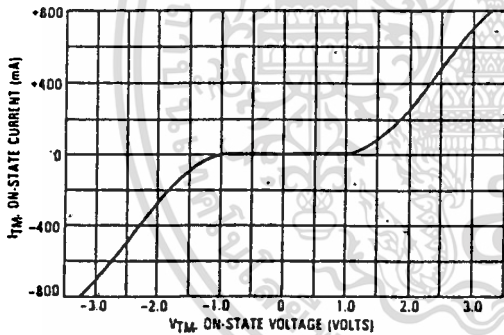


FIGURE 2 - TRIGGER CURRENT versus TEMPERATURE

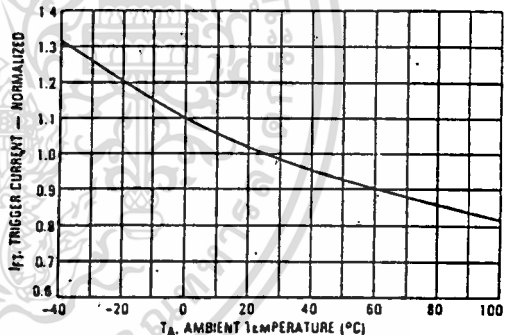
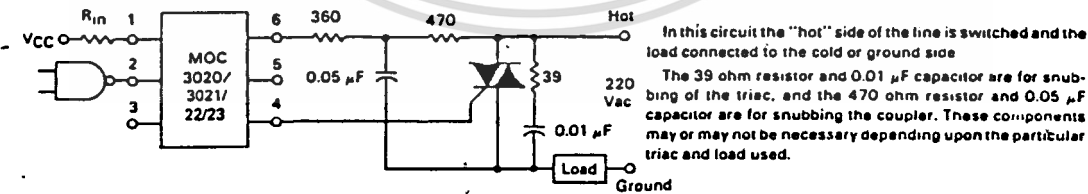


FIGURE 3 - TYPICAL APPLICATION CIRCUIT



Additional information on the use of optically coupled triac drivers is available in Application Note AN-780A.

In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or ground side.
The 39 ohm resistor and 0.01 μF capacitor are for snubbing of the triac, and the 470 ohm resistor and 0.05 μF capacitor are for snubbing the coupler. These components may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.



A to D, D to A

ADC0808, ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters With 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

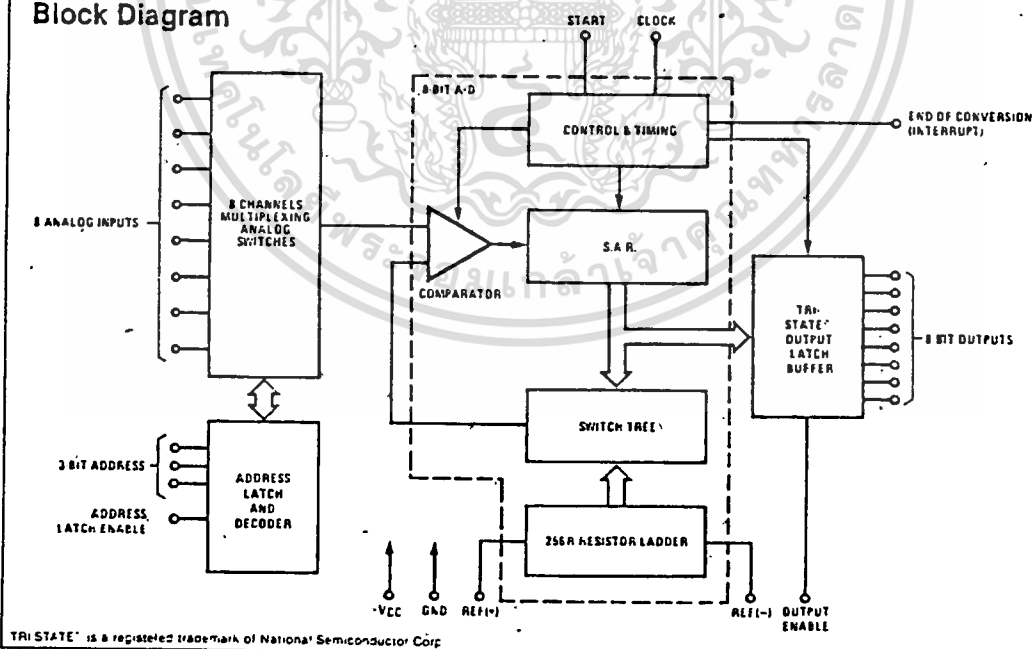
The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE[®] outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

Features

- Resolution — 8-bits
- Total unadjusted error — $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100 μ s
- Single supply — 5 V_{DC}
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- 8-channel multiplexer with latched control logic
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Outputs meet T²L voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- Temperature range — -40°C to +85°C or -55°C to +125°C
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE[®] output

Block Diagram



3/5.2

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 and 2)

Supply Voltage (V _{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin Except Control Inputs	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	-0.3V to +15V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at T _A = 25°C	875 mW
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Operating Ratings (Notes 1 and 2)

Temperature Range (Note 1)	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX} -55°C ≤ T _A ≤ +125°C
ADC0808CJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN	-40°C ≤ T _A ≤ +85°C
Range of V _{CC} (Note 1)	4.5V _{DC} to 6.0V _{DC}

Electrical Characteristics

Converter Specifications: V_{CC} = 5V_{DC} = V_{REF(+)}, V_{REF(-)} = GND, T_{MIN} ≤ T_A ≤ T_{MAX} and f_{CLK} = 640 kHz unless otherwise stated.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0808					
Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C T _{MIN} to T _{MAX}			± 1/2 ± 3/4	LSB LSB
ADC0809					
Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C T _{MIN} to T _{MAX}			± 1 ± 1 1/4	LSB LSB
Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 4; V _{I(+)} or V _{I(-)})	GND-0.10		V _{CC} +0.10	V _{DC}
V _{REF(+)} Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V _{CC}	V _{CC} +0.1	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$ Voltage, Center of Ladder		V _{CC} /2-0.1	V _{CC} /2	V _{CC} /2+0.1	V
V _{REF(-)} Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
Comparator Input Current	Measured at Ref(-) f _C = 640 kHz, (Note 6)	-2	± 0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V ≤ V_{CC} ≤ 5.5V, -55°C ≤ T_A ≤ +125°C unless otherwise noted
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN 4.75V ≤ V_{CC} ≤ 8.25V, -40°C ≤ T_A ≤ +85°C unless otherwise noted.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER					
I _{OFF(+)}	OFF Channel Leakage Current V _{CC} = 5V, V _{IN} = 5V, T _A = 25°C T _{MIN} to T _{MAX}		10	200 1.0	nA μA
I _{OFF(-)}	OFF Channel Leakage Current V _{CC} = 5V, V _{IN} = 0, T _A = 25°C T _{MIN} to T _{MAX}	-200 -1.0	-10		nA μA
CONTROL INPUTS					
V _{IN(1)}	Logical "1" Input Voltage		V _{CC} -1.5		V
V _{IN(0)}	Logical "0" Input Voltage			1.5	V
I _{IN(1)}	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	V _{IN} = 15V		1.0	μA
I _{IN(0)}	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	V _{IN} = 0	-1.0		μA
I _{CC}	Supply Current f _{CLK} = 640 kHz		0.3	3.0	mA

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ $4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$, $-55^{\circ}C \leq T_A \leq +125^{\circ}C$ unless otherwise noted
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25V$, $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$ unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)					
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$	$V_{CC}-0.4$		V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
$V_{OUT(EO)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O = 1.2 \text{ mA}$		0.45	V
I_{OUT}	TRI-STATE ³ Output Current	$V_O = 5V$ $V_O = 0$	-3	3	μA μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications: $V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V$, $V_{REF(-)} = GND$, $t_r = t_f = 20 \text{ ns}$ and $T_A = 25^{\circ}C$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t_s	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
t_H	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S = 0\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	μs
t_{HL}, t_{HO}	OE Control to Q Logic State	$C_L = 50 \text{ pF}$, $R_L = 10k$ (Figure 8)		125	250	ns
t_{HL}, t_{OH}	OE Control to Hi-Z	$C_L = 10 \text{ pF}$, $R_L = 10k$ (Figure 8)		125	250	ns
t_c	Conversion Time	$I_c = 640 \text{ kHz}$, (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	μs
f_c	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t_{EOC}	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		$8 + 2 \mu s$	Clock Periods
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C_{OUT}	TRI-STATE ³ Output Capacitance	At TRI-STATE ³ Outputs, (Note 12)		10	15	pF

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which the life of the device may be impaired.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC} .

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 3. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example, 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Functional Description

Multiplexer: The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table I shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE I

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed

to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached $+1/2$ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

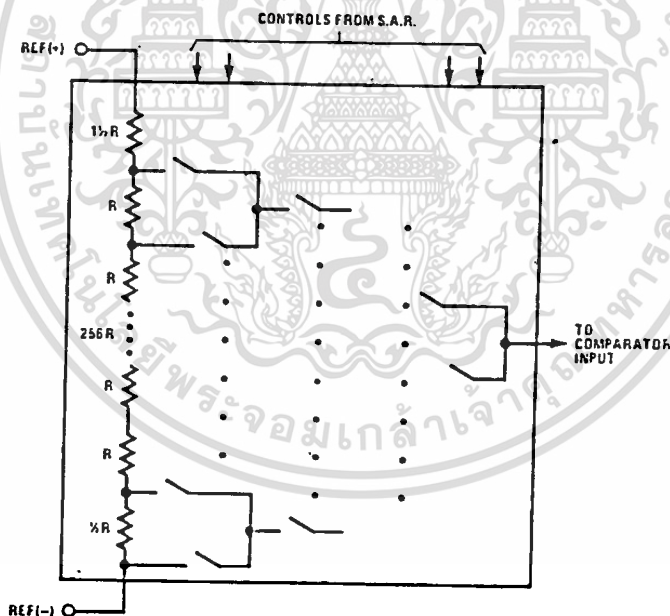


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

Functional Description (Continued)

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the

comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

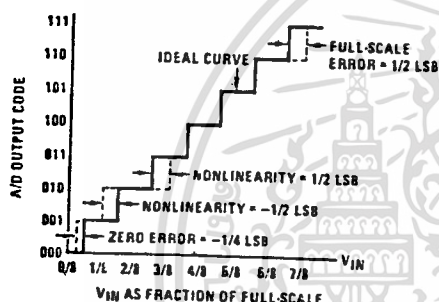


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

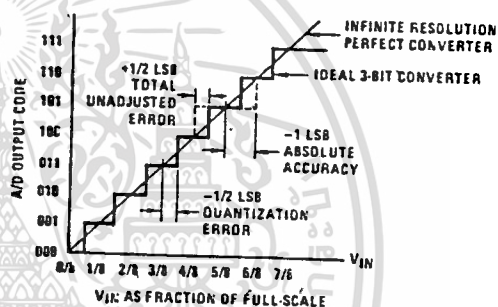


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

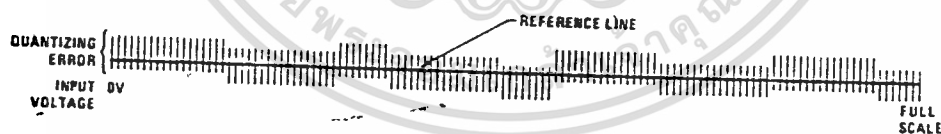
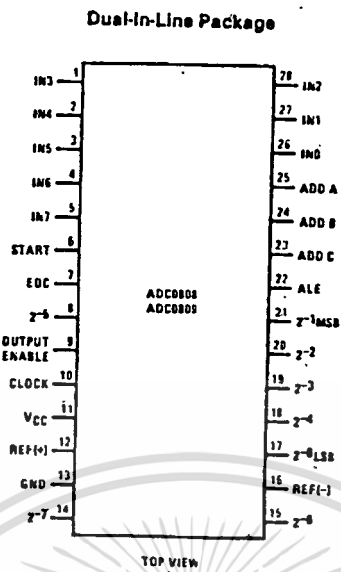


FIGURE 4. Typical Error Curve

Connection Diagram



Timing Diagram

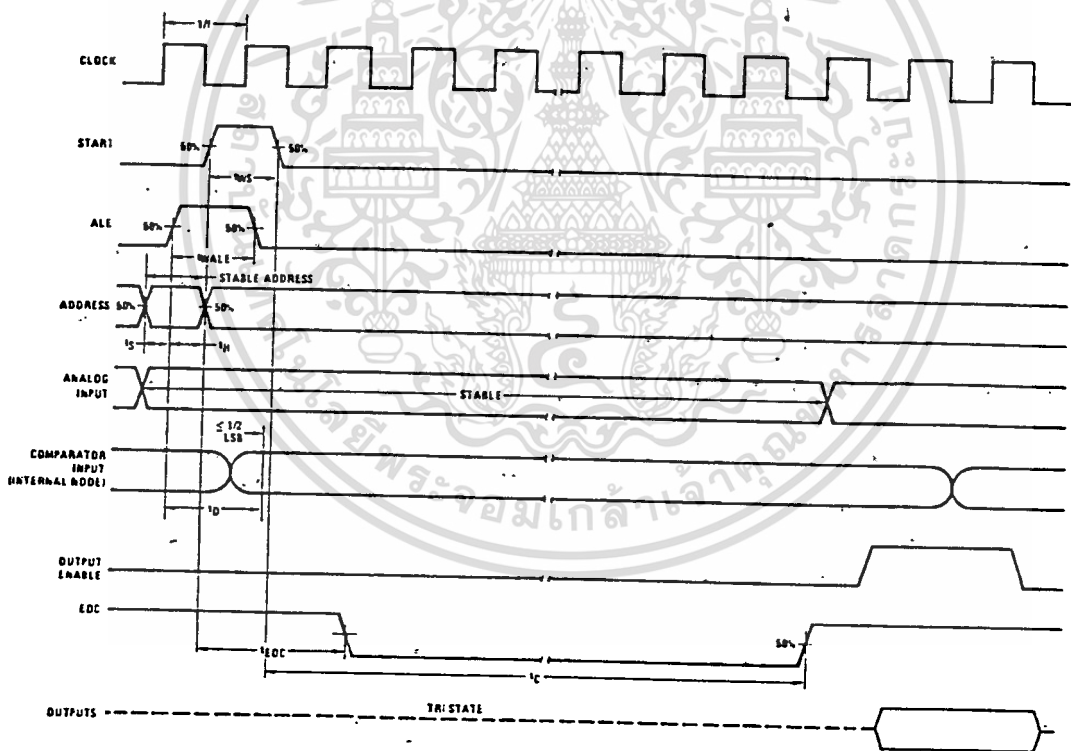


FIGURE 5

Typical Performance Characteristics

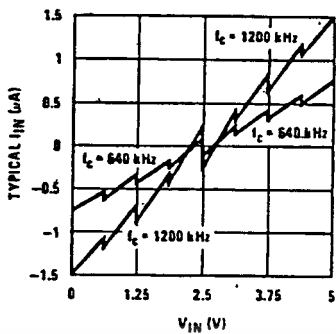


FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN} ($V_{CC} = V_{REF} = 5V$)

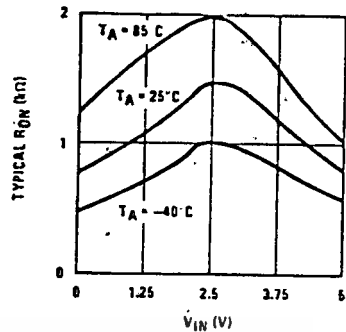


FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN} ($V_{CC} = V_{REF} = 5V$)

TRI-STATE® Test Circuits and Timing Diagrams

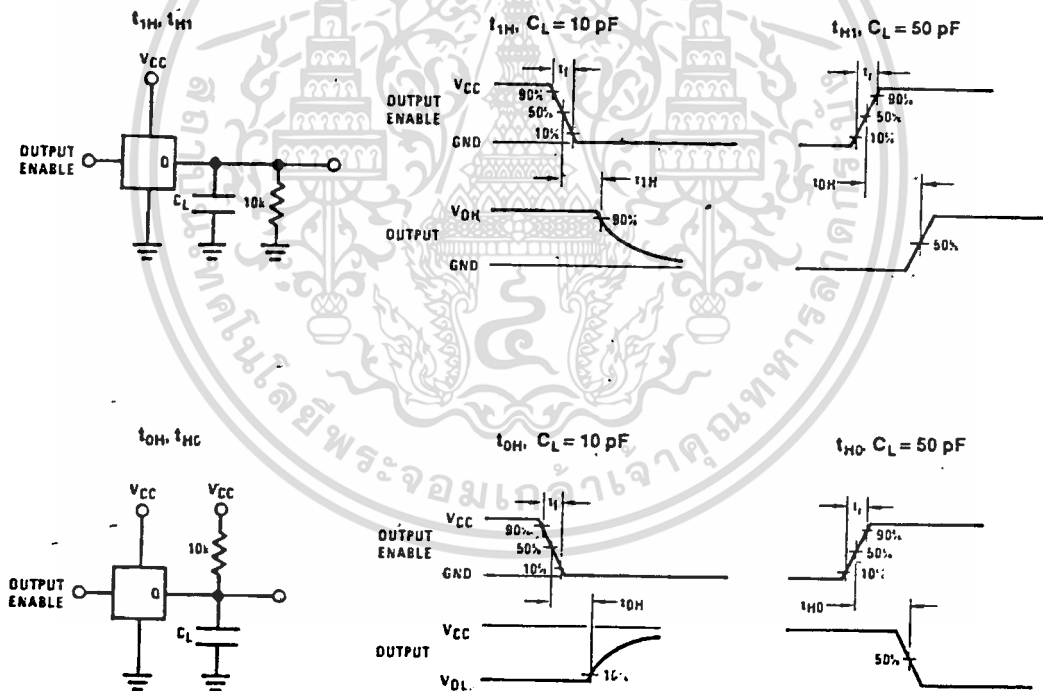


FIGURE 8

Applications Information

OPERATION

1.0 Ratiometric Conversion

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{FS} - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

V_{IN} = Input voltage into the ADC0808

V_{FS} = Full-scale voltage

V_Z = Zero voltage

D_X = Data point being measured

D_{MAX} = Maximum data limit

D_{MIN} = Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 9).

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 Resistor Ladder Limitations

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected input 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(-), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

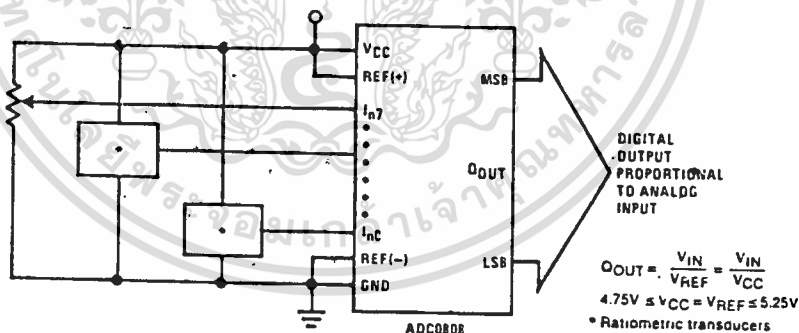


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

Applications Information (Continued)

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM351 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 μ F output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed V_{CC} and ground, respectively, but they can be symmetrically less than V_{CC} and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about $V_{CC}/2$ since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

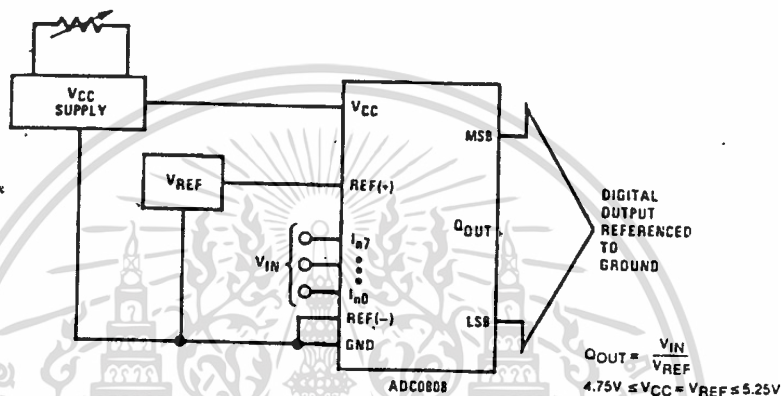


FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply

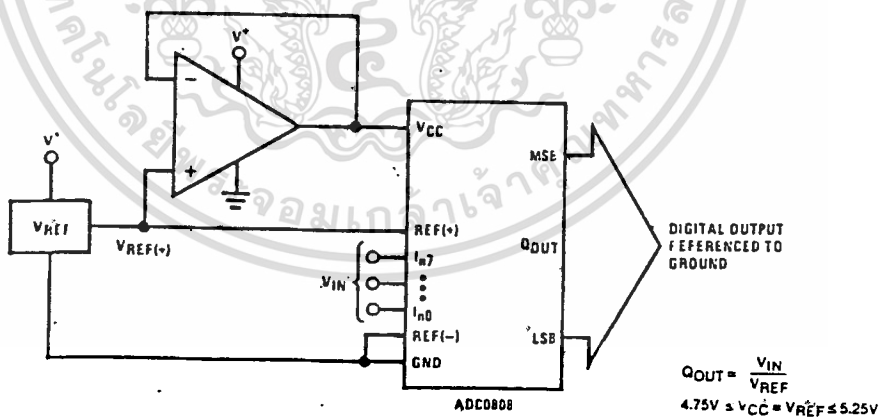


FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply

Applications Information (Continued)

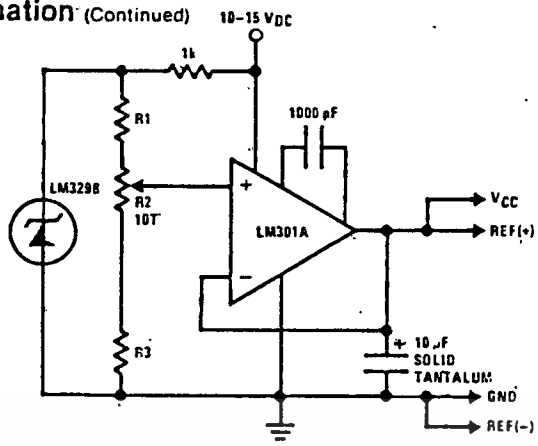


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

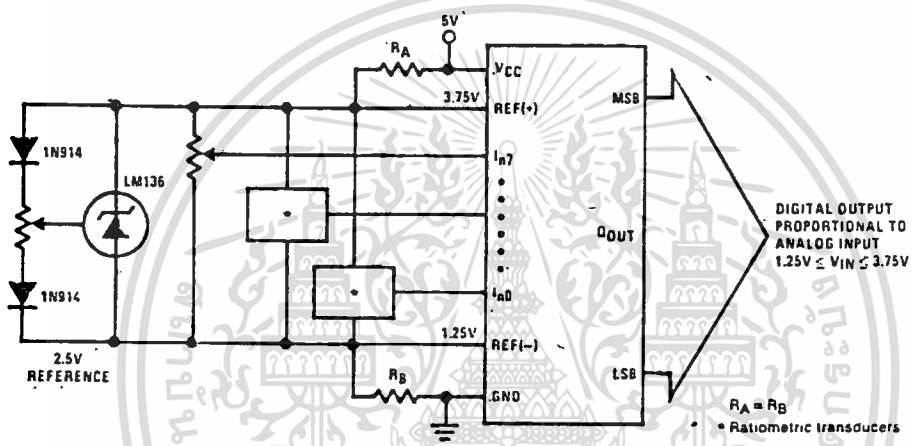


FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

3.0 Converter Equations

The transition between adjacent codes N and N + 1 is given by:

$$V_{IN} = \left[(V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right] + V_{REF(-)} \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} = \left[(V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right] + V_{REF(-)} \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

where: V_{IN} = Voltage at comparator input

$V_{REF(+)}$ = Voltage at $REF(+)$

$V_{REF(-)}$ = Voltage at $REF(-)$

V_{TUE} = Total unadjusted error voltage (typically $V_{REF(+)} \div 512$)

4.0 Analog Comparator Inputs

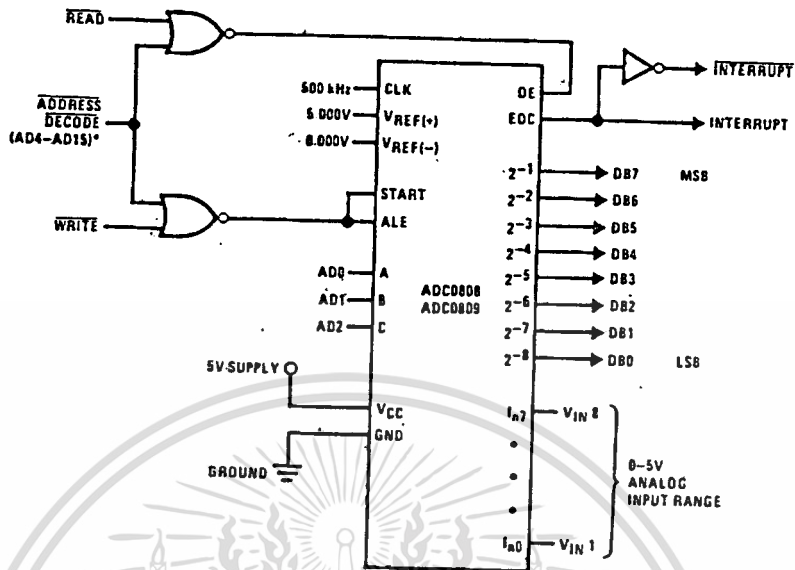
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with V_{IN} as shown in Figure 6.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

Typical Application



* Address latches needed for 8085 and SC/MP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA $\rightarrow$ 2-R/W	VMA $\rightarrow$ 2-R/W	IRQA or IROB (Thru PIA)

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		-40°C to +85°C		-55°C to +125°C
Error	$\pm 1/2$ Bit Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	± 1 Bit Unadjusted	ADC0809CCN		
Package Outline		N28A Molded DIP	J28A Hérmetic DIP	J28A Hérmetic DIP



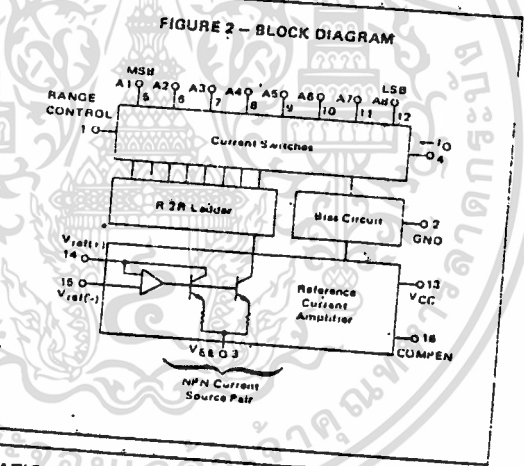
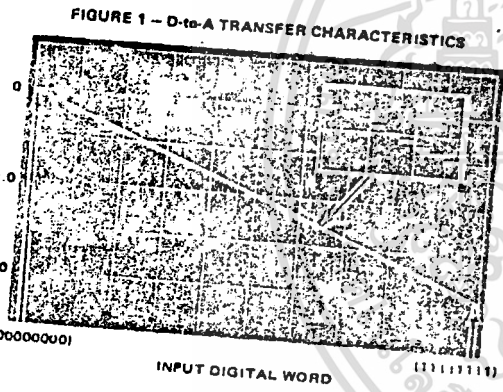
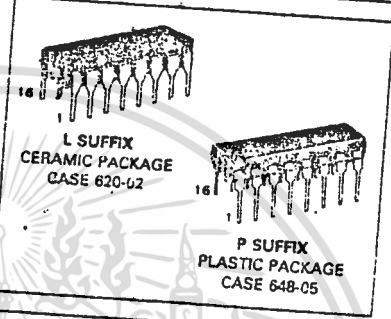
**MC1408
MC1508**

**Specifications and Applications
Information**

**EIGHT-BIT MULTIPLYING
DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER**

**SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT**

- designed for use where the output current is a linear product of an eight-bit digital word and an analog input voltage.
- Eight-Bit Accuracy Available in Both Temperature Ranges
Relative Accuracy: $\pm 0.19\%$ Error maximum
(MC1408L8, MC1408P8, MC1508L8)
- Seven and Six-Bit Accuracy Available with MC1408 Designated by 7 or 6 Suffix after Package Suffix
- Fast Settling Time - 300 ns typical
- Noninverting Digital Inputs are MTTL and CMOS Compatible
- Output Voltage Swing - $+0.4$ V to -5.0 V
- High-Speed Multiplying Input
Slew Rate 4.0 mA/ μ s
- Standard Supply Voltages: $+5.0$ V and -5.0 V to -15 V



- TYPICAL APPLICATIONS**
- Tracking A-to-D Converters
 - Successive Approximation A-to-D Converters
 - 2 1/2 Digit Panel Meters and DVM's
 - Waveform Synthesis
 - Sample and Hold
 - Peak Detector
 - Programmable Gain and Attenuation
 - CRT Character Generation
 - Audio Digitizing and Decoding
 - Programmable Power Supplies
 - Analog-Digital Multiplication
 - Digital-Digital Multiplication
 - Analog-Digital Division
 - Digital Addition and Subtraction
 - Speech Compression and Expansion
 - Stepping Motor Drive

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

6-35

PHI **เอส-อีซี ซี.อี. จำกัด**
บริษัท เอสอีซี ซี.อี. จำกัด
164 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กทม.101
โทร. 02-171-1000, 02-171-2211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC} V_{EE}	+5.5 -16.5	Vdc
Digital Input Voltage	V_5 thru V_{12}	0 to +5.5	Vdc
Applied Output Voltage	V_O	+0.5, -5.2	Vdc
Reference Current	I_{14}	-5.0	mA
Reference Amplifier Inputs	V_{14}, V_{15}	V_{CC}, V_{EE}	Vdc
Operating Temperature Range MC1508 MC1408 Series	T_A	-55 to +125 0 to +75	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +5.0\text{ Vdc}$, $V_{EE} = -15\text{ Vdc}$, $V_{ref} = 2.0\text{ mA}$, MC1508LB: $T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$. MC1408L Series: $T_A = 0$ to $+75^\circ\text{C}$ unless otherwise noted. All digital inputs at high logic level.)

Characteristic	Figure	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Relative Accuracy (Error relative to full scale I_O) MC1508LB, MC1408LB, MC1408PB MC1408P7, MC1408L7, See Note 1 MC1408P6, MC1408L6, See Note 1	4	E_r	-	-	± 0.19 ± 0.39 ± 0.78	%
Settling Time to within $\pm 1/2$ LSB (includes t_{PLH}) ($T_A = +25^\circ\text{C}$) See Note 2	5	t_S	-	300	-	ns
Propagation Delay Time $T_A = +25^\circ\text{C}$	5	t_{PLH}, t_{PHL}	-	30	100	ns
Output Full Scale Current Drift		TC_{IO}	-	-20	-	PPM/ $^\circ\text{C}$
Digital Input Logic Levels (MSB) High Level, Logic "1" Low Level, Logic "0"	3	V_{IH} V_{IL}	2.0 -	- -	- 0.8	Vdc
Digital Input Current (MSB) High Level, $V_{IH} = 5.0\text{ V}$ Low Level, $V_{IL} = 0.8\text{ V}$	3	I_{IH} I_{IL}	- -	0 -0.4	0.04 -0.8	mA
Reference Input Bias Current (Pin 15)	3	I_{15}	-	-1.0	-5.0	μA
Output Current Range $V_{EE} = -5.0\text{ V}$ $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$	3	I_{OH}	0 0	2.0 2.0	-2.1 4.2	mA
Output Current $V_{ref} = 2.000\text{ V}$, $R_{14} = 1000\ \Omega$	3	I_O	1.9	1.99	2.1	mA
Output Current (All bits low)	3	$I_{O(min)}$	-	0	4.0	μA
Output Voltage Compliance ($E_r \leq 0.19\%$ at $T_A = +25^\circ\text{C}$) Pin 1 grounded Pin 1 open, V_{EE} below -10 V	3	V_O	-	-	-0.55, +0.4 -5.0, +0.4	Vdc
Reference Current Slew Rate	6	$SR\ I_{ref}$	-	4.0	-	mA/ μs
Output Current Power Supply Sensitivity		$PSRR(-)$	-	0.5	2.7	$\mu\text{A/V}$
Power Supply Current (All bits low)	3	I_{CC} I_{EE}	-	+13.5 -7.5	+22 -13	mA
Power Supply Voltage Range ($T_A = +25^\circ\text{C}$)	2	V_{CCR} V_{VEER}	+4.5 -4.5	+5.0 -15	+5.5 -16.5	Vdc
Power Dissipation All bits low $V_{EE} = -5.0\text{ Vdc}$ $V_{EE} = -15\text{ Vdc}$ All bits high $V_{EE} = -5.0\text{ Vdc}$ $V_{EE} = -15\text{ Vdc}$	3	P_D	-	105 190 90 160	170 305 -	mW

Note 1. All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated output current.
Note 2. All bits switched.

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

6-36



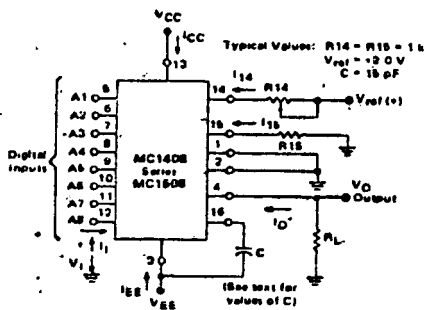
MC1408-DIGIT CO., LTD.
บริษัท ไมครอนาธิก จำกัด

144 ถนนรัชดาภิเษก แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10260

โทร. 2217040, 2214502, 2214557

TEST CIRCUITS

FIGURE 3 - NOTATION DEFINITIONS TEST CIRCUIT



V₁ and I₁ apply to inputs A1 thru A8

The resistor tied to pin 15 is to temperature compensate the bias current and may not be necessary for all applications.

$$I_D = K \left\{ \frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right\}$$

where $K \equiv \frac{V_{ref}}{R_{14}}$

and $A_N = "1"$ if A_N is at high level
 $A_N = "0"$ if A_N is at low level

FIGURE 4 - RELATIVE ACCURACY TEST CIRCUIT

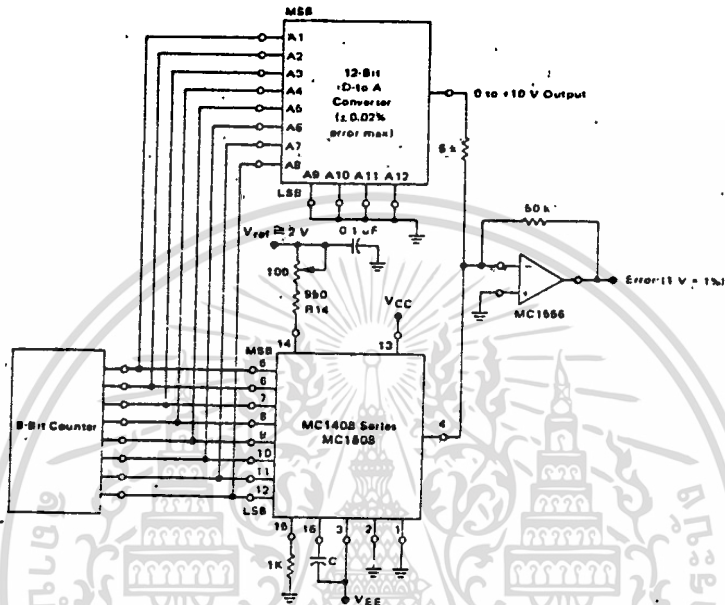


FIGURE 6 - TRANSIENT RESPONSE and SETTLING TIME



MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

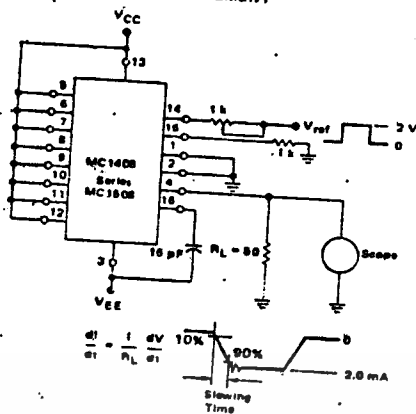
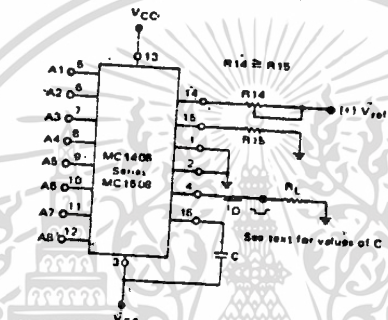
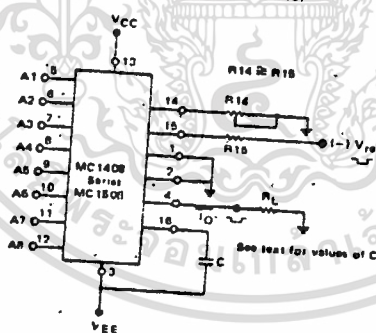
AD 6-37
AD-DIGIT CO., LTD.
บริษัท ดิจิตอล จำกัด

104 ถนนรัชฎาธิ์ แขวงพระโขนง กทม.10200

INQ. 2217040, 2219552, 2219557

TEST CIRCUITS (continued)

FIGURE 6 - REFERENCE CURRENT SLEW RATE MEASUREMENT

FIGURE 7 - POSITIVE V_{ref} FIGURE 8 - NEGATIVE V_{ref} 

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

6-38

MOTOROLA DIGIT CO., LTD.

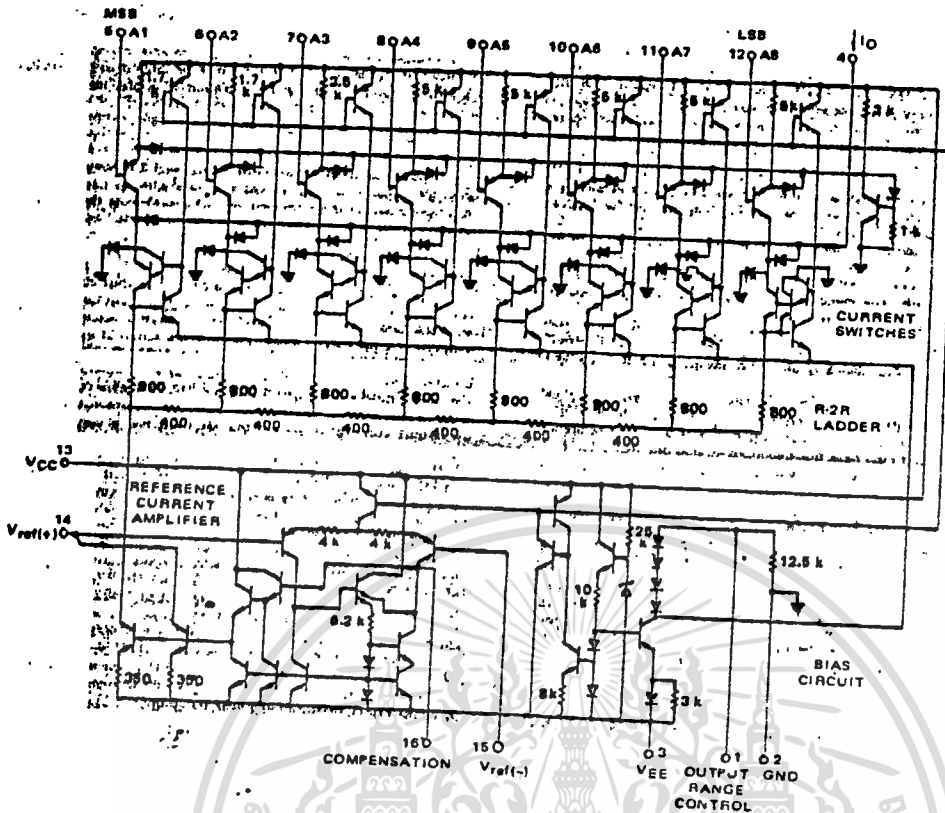
บริษัท ไดจิทัล คอร์ปอเรชั่น จำกัด

เลขที่ทะเบียนการค้า กพร.10200

40,2214592,2214557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 9 - MC1408, MC1508 SERIES EQUIVALENT
CIRCUIT SCHEMATIC
DIGITAL INPUTS



CIRCUIT DESCRIPTION

The MC1408 consists of a reference current amplifier, an R-2R ladder, and eight high-speed current switches. For many applications, only a reference resistor and reference voltage need be added.

The switches are noninverting in operation, therefore a high state on the input turns on the specified output current component. The switch uses current steering for high speed, and a termination amplifier consisting of an active load gain stage with unity gain feedback. The termination amplifier holds the parasitic capacitance of the ladder at a constant voltage during switching, and provides

a low impedance termination of equal voltage for all legs of the ladder.

The R-2R ladder divides the reference amplifier current into binarily-related components, which are fed to the switches. Note that there is always a remainder current which is equal to the least significant bit. This current is shunted to ground, and the maximum output current is 255/256 of the reference amplifier current, or 1.982 mA for a 2.0 mA reference amplifier current if the NPN current source pair is perfectly matched.

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

6-39



ANAL-DIGIT CO., LTD.

บริษัท แอนาโลจิก จำกัด

144 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10110

โทร.

02-145557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENERAL INFORMATION

Reference-Amplifier Drive and Compensation

The reference amplifier provides a voltage at pin 14 for converting the reference voltage to a current, and a turn-around circuit or current mirror for feeding the ladder. The reference amplifier input current, I_{14} , must always flow into pin 14 regardless of the setup method or reference voltage polarity.

Connections for a positive reference voltage are shown in Figure 7. The reference voltage source supplies the full current I_{14} . For bipolar reference signals, as in the multiplying mode, R_{15} can be tied to a negative voltage corresponding to the minimum input level. It is possible to eliminate R_{15} with only a small sacrifice in accuracy and temperature drift. Another method for bipolar inputs is shown in Figure 25.

The compensation capacitor value must be increased with increases in R_{14} to maintain proper phase margin; for R_{14} values of 1.0, 2.5 and 5.0 kilohms, minimum capacitor values are 15, 37, and 75 pF. The capacitor should be tied to VEE as this increases negative supply rejection.

A negative reference voltage may be used if R_{14} is grounded and the reference voltage is applied to R_{15} as shown in Figure 8. A high input impedance is the main advantage of this method. Compensation involves a capacitor to VEE on pin 16, using the values of the previous paragraph. The negative reference voltage must be at least 3.0 volts above the VEE supply. Bipolar input signals may be handled by connecting R_{14} to a positive reference voltage equal to the peak positive input level at pin 15.

When a dc reference voltage is used, capacitive bypass to ground is recommended. The 5.0-V logic supply is not recommended as a reference voltage. If a well regulated 5.0-V supply which drives logic is to be used as the reference, R_{14} should be decoupled by connecting it to +5.0 V through another resistor and bypassing the junction of the two resistors with 0.1 μ F to ground. For reference voltages greater than 5.0 V, a clamp diode is recommended between pin 14 and ground.

If pin 14 is driven by a high impedance such as a transistor current source, none of the above compensation methods apply and the amplifier must be heavily compensated, decreasing the overall bandwidth.

Output Voltage Range

The voltage on pin 4 is restricted to a range of -0.55 to +0.4 volts at +25°C, due to the current switching methods employed in the MC1408. When a current switch is turned "off", the positive voltage on the output terminal can turn "on" the output diode and increase the output current level. When a current switch is turned "on", the negative output voltage range is restricted. The base of the termination circuit Darlington transistor is one diode voltage below ground when pin 1 is grounded, so a negative voltage below the specified safe level will drive the low current device of the Darlington into saturation, decreasing the output current level.

The negative output voltage compliance of the MC1408 may be extended to -5.0 V volts by opening the circuit at pin 1. The negative supply voltage must be more negative than -10 volts. Using a full scale current of 1.992 mA and load resistor of 2.5 kilohms between pin 4 and ground will yield a voltage output of 256 levels between 0 and -4.980 volts. Floating pin 1 does not affect the converter speed or power dissipation. However, the value of the load resistor determines the switching time due to increased voltage swing. Values of R_L up to 500 ohms do not significantly affect performance, but a 2.5-kilohm load increases "worst case" settling time to 1.2 μ s (when all bits are switched on).

Refer to the subsequent text section on Settling Time for more details on output loading.

If a power supply value between -5.0 V and -10 V is desired, a voltage of between 0 and -5.0 V may be applied to pin 1. The value of this voltage will be the maximum allowable negative output swing.

Output Current Range

The output current maximum rating of 4.2 mA may be used only for negative supply voltages typically more negative than -8.0 volts, due to the increased voltage drop across the 350-ohm resistors in the reference current amplifier.

Accuracy

Absolute accuracy is the measure of each output current level with respect to its intended value, and is dependent upon relative accuracy and full scale current drift. Relative accuracy is the measure of each output current level as a fraction of the full scale current. The relative accuracy of the MC1408 is essentially constant with temperature due to the excellent temperature tracking of the monolithic resistor ladder. The reference current may drift with temperature, causing a change in the absolute accuracy of output current. However, the MC1408 has a very low full scale current drift with temperature.

The MC1408/MC1508 Series is guaranteed accurate to within $\pm 1/2$ LSB at +25°C at a full scale output current of 1.992 mA. This corresponds to a reference amplifier output current drive to the ladder network of 2.0 mA, with the loss of one LSB = 8.0 μ A which is the ladder remainder shunted to ground. The input current to pin 14 has a guaranteed value of between 1.9 and 2.1 mA, allowing some mismatch in the NPN current source pair. The accuracy test circuit is shown in Figure 4. The 12-bit converter is calibrated for a full scale output current of 1.992 mA. This is an optional step since the MC1408 accuracy is essentially the same between 1.5 and 2.5 mA. Then the MC1408 circuit's full scale current is trimmed to the same value with R_{14} so that a zero value appears at the error amplifier output. The counter is activated and the error band may be displayed on an oscilloscope, detected by comparators, or stored in a peak detector.

Two 8-bit D-to-A converters may not be used to construct a 16-bit accurate D-to-A converter. 16-bit accuracy implies a total error of $\pm 1/2$ of one part in 65,536, or $\pm 0.00076\%$, which is much more accurate than the $\pm 0.16\%$ specification provided by the MC1408x8.

Multiplying Accuracy

The MC1408 may be used in the multiplying mode with eight-bit accuracy when the reference current is varied over a range of 256:1. The major source of error is the bias current of the termination amplifier. Under "worst case" conditions, these eight amplifiers can contribute a total of 1.6 μ A extra current at the output terminal. If the reference current in the multiplying mode ranges from 18 μ A to 4.0 mA, the 1.6 μ A contributes an error of 0.1 LSB. This is well within eight-bit accuracy referenced to 4.0 mA.

A monotonic converter is one which supplies an increase in current for each increment in the binary word. Typically, the MC1408 is monotonic for all values of reference current above 0.9 mA. The recommended range for operation with a dc reference current is 0.5 to 4.0 mA.

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

6-40

มอที-ดีจีที ออ., LTD.

บริษัท มอเตอร์โรล จำกัด

เลขที่ แขวงพระนคร 102

7040, 2214, 592 2214-592

GENERAL INFORMATION (Continued)

Settling Time

The "worst case" switching condition occurs when all bits are switched "on", which corresponds to a low-to-high transition for all bits. This time is typically 300 ns for settling to within $\pm 1/2$ LSB, for 8-bit accuracy, and 200 ns to $1/2$ LSB for 7 and 6-bit accuracy. The turn off is typically under 100 ns. These times apply when $R_L \leq 500$ ohms and $C_0 \leq 25$ pF.

The slowest single switch is the least significant bit, which turns "on" and settles in 250 ns and turns "off" in 80 ns. In applications where the D-to-A converter functions in a positive-going ramp mode, the "worst case" switching condition does not occur, and a settling time of less than 300 ns may be realized. Bit A7 turns "on" in 200 ns and "off" in 80 ns, while bit A8 turns "on" in 150 ns and "off" in 80 ns.

The test circuit of Figure 5 requires a smaller voltage swing for the current switches due to internal voltage clamping in the MC1408. A 1.0-kilohm load resistor from pin 4 to ground gives a typical settling time of 400 ns. Thus, it is voltage swing and not the output RC time constant that determines settling time for most applications.

Extra care must be taken in board layout since this is usually the dominant factor in satisfactory test results when measuring settling time. Short leads, 100 μ F supply bypassing for low frequencies, and minimum scope lead length are all mandatory.

TYPICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = +5.0$ V, $V_{EE} = -15$ V, $T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

FIGURE 10 - LOGIC INPUT CURRENT versus INPUT VOLTAGE

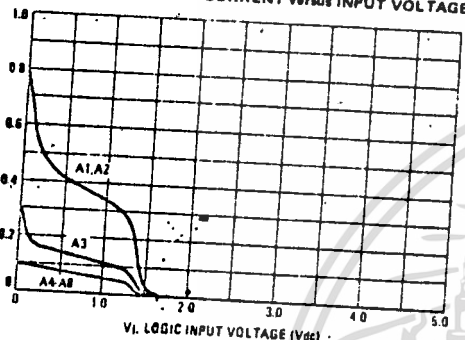


FIGURE 11 - TRANSFER CHARACTERISTIC versus TEMPERATURE
(A5 thru A8 thresholds lie within range for A1 thru A4)

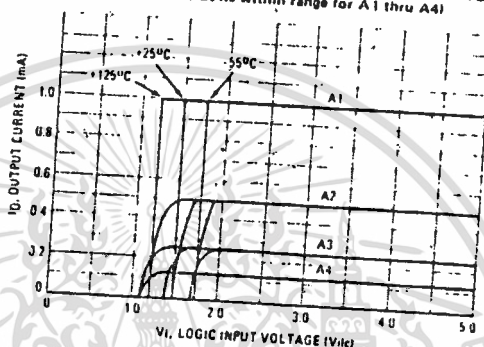


FIGURE 12 - OUTPUT CURRENT versus OUTPUT VOLTAGE
(See text for pin 4 restrictions)

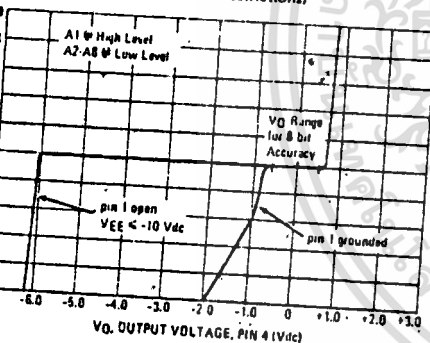
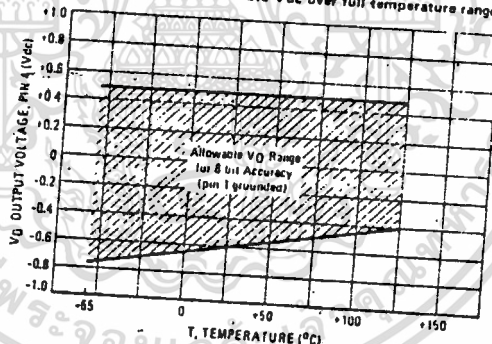


FIGURE 13 - OUTPUT VOLTAGE versus TEMPERATURE
(Negative range with pin 1 open is -5.0 Vdc over full temperature range)



MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

6-41



AD-ANALOG DEVICES, LTD.

บริษัท แอนาโลจิค จำกัด

144 ถนนรัชฎาภิบาล แขวงพระนครวดี เขต.10200

โทร. 2217040, 2214592, 2214557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)
($V_{CC} = +5.0$ V, $V_{EE} = -15$ V, $T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

FIGURE 14 - REFERENCE INPUT FREQUENCY RESPONSE

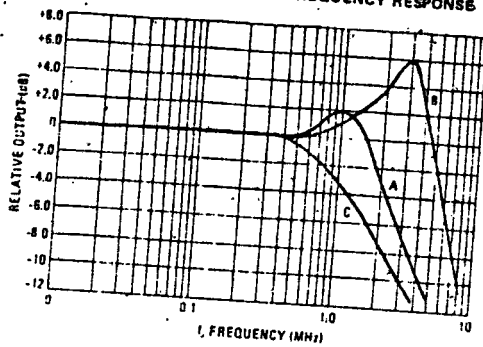


FIGURE 15 - TYPICAL POWER SUPPLY CURRENT versus TEMPERATURE (all bits low)

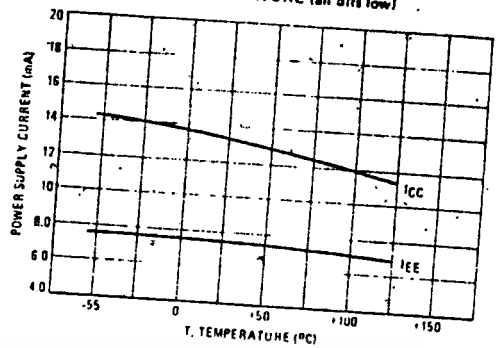
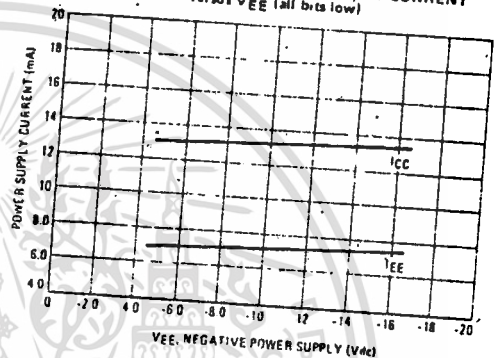


FIGURE 16 - TYPICAL POWER SUPPLY CURRENT versus V_{EE} (all bits low)



Unless otherwise specified:

$R_{14} = R_{15} = 1.0 \text{ k}\Omega$
 $C = 15 \text{ pF}$, pin 16 to V_{EE}
 $R_L = 50 \Omega$, pin 4 to GND

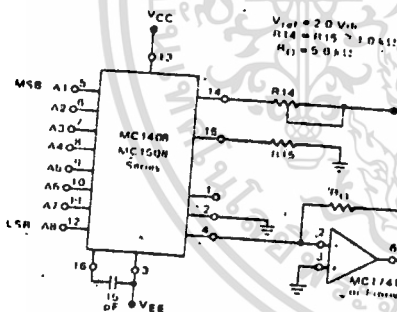
Curve A: Large Signal Bandwidth
Method of Figure 7
 $V_{ref} = 2.0$ V (p-p) offset 1.0 V above GND

Curve B: Small Signal Bandwidth
Method of Figure 7, $R_L = 250 \Omega$
 $V_{ref} = 50$ mV (p-p) offset 200 mV above GND

Curve C: Large and Small Signal Bandwidth
Method of Figure 7 (no op amp), $R_L = 50 \Omega$
 $R_S = 50 \Omega$
 $V_{ref} = 2.0$ V
 $V_S = 100$ mV (p-p) centered at 0 V

APPLICATIONS INFORMATION

FIGURE 17 - OUTPUT CURRENT TO VOLTAGE CONVERSION



Theoretical V_O

$$V_O = \frac{V_{ref}}{R_{14}} \left[\frac{A_1}{2} + \frac{A_7}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right]$$

Adjust V_{ref} , R_{14} or R_{15} so that V_O with all digital inputs at high level is equal to 9.951 volts

$$V_O = \frac{2 \text{ V}}{1.5} \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right]$$

$$= 10 \text{ V} \left[\frac{765}{256} \right] = 9.951 \text{ V}$$

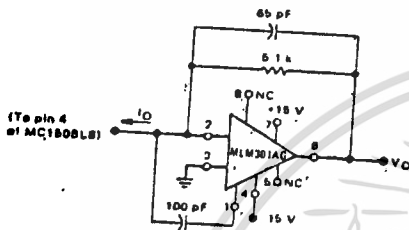
ติดต่อ-DIGIT CO., LTD.
บริษัท ไดจิตอล จำกัด
เลขที่ ๑๐๒/๒
๐๔๐, ๒๒๑-๕๕๕๒, ๕๕๑๑๕๗

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

APPLICATIONS INFORMATION (continued)

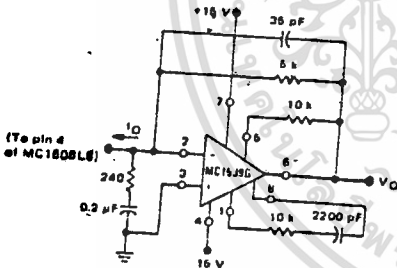
Voltage outputs of a larger magnitude are obtainable with this circuit which uses an external operational amplifier as a current-to-voltage converter. This configuration automatically keeps the output of the MC1408 at ground potential and the operational amplifier can generate a positive voltage limited only by its positive supply voltage. Frequency response and settling time are primarily determined by the characteristics of the operational amplifier. In addition, the operational amplifier must be compensated for unity gain, and in some cases overcompensation may be desirable. Note that this configuration results in a positive output voltage only; the magnitude of which is dependent on the digital input. The following circuit shows how the MLM301AG can be used in a feedforward mode resulting in a full scale settling time on the order of $2.0 \mu\text{s}$.

FIGURE 18



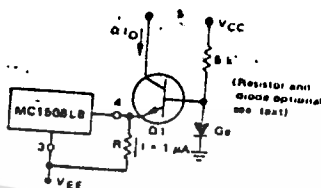
An alternative method is to use the MC1539G and input compensation. Response of this circuit is also on the order of $2.0 \mu\text{s}$. See Motorola Application Note AN-459 for more details on this concept.

FIGURE 19



The positive voltage range may be extended by cascading the output with a high beta common base transistor, Q1, as shown.

FIGURE 20 - EXTENDING POSITIVE VOLTAGE RANGE



The output voltage range for this circuit is 0 volts to $8V_{CEQ}$ of the transistor. If pin 1 is left open, the transistor base may be grounded, eliminating both the resistor and the diode. Variations in beta must be considered for wide temperature range applications. An inverted output waveform may be obtained by using a load resistor from a positive reference voltage to the collector of the transistor. Also, high-speed operation is possible with a large output voltage swing, because pin 4 is held at a constant voltage. The resistor (R) to VEE maintains the transistor emitter voltage when all bits are "off" and insures fast turn-on of the least significant bit.

Combined Output Amplifier and Voltage Reference

For many of its applications the MC1408 requires a reference voltage and an operational amplifier. Normally the operational amplifier is used as a current-to-voltage converter and its output need only go positive. With the popular MC1723G voltage regulator both of these functions are provided in a single package with the added bonus of up to 150 mA of output current. See Figure 21. The MC1723G uses both a positive and negative power supply. The reference voltage of the MC1723G is then developed with respect to the negative voltage and appears as a common-mode signal to the reference amplifier in the D-to-A converter. This allows use of its output amplifier as a classic current-to-voltage converter with the non-inverting input grounded.

Since $\pm 15 \text{ V}$ and $+5.0 \text{ V}$ are normally available in a combination digital-to-analog system, only the -5.0 V need be developed. A resistor divider is sufficiently accurate since the allowable range on pin 5 is from -2.0 to -8.0 volts. The $6.0 \text{ k}\Omega$ pull-down resistor on the amplifier output is necessary for fast negative transitions.

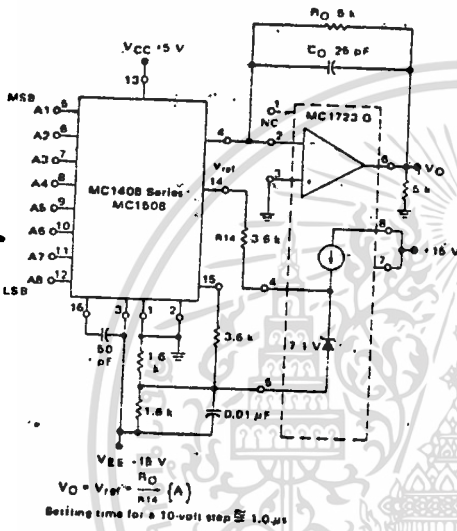
Full scale output may be increased to as much as 32 volts by increasing R_O and raising the $+15 \text{ V}$ supply voltage to 35 V maximum. The resistor divider should be altered to comply with the maximum limit of 40 volts across the MC1723G. C_O may be decreased to maintain the same $R_O C_O$ product if maximum speed is desired.

APPLICATIONS INFORMATION (continued)

Programmable Power Supply

The circuit of Figure 21 can be used as a digitally programmed power supply by the addition of thumbwheel switches and a BCD-to-binary converter. The output voltage can be scaled in several ways, including 0 to +25.5 volts in 0.1-volt increments, ± 0.05 volt; or 0 to 5.1 volts in 20 mV increments, ± 10 mV.

FIGURE 21 — COMBINED OUTPUT AMPLIFIER and VOLTAGE REFERENCE CIRCUIT



Bipolar or Negative Output Voltage

The circuit of Figure 22 is a variation from the standard voltage output circuit and will produce bipolar output signals. A positive current may be sourced into the summing node to offset the output voltage in the negative direction. For example, if approximately 1.0 mA is used a bipolar output signal results which may be described as a 8-bit "1's" complement offset binary. V_{ref} may be used as this auxiliary reference. Note that R_O has been doubled to 10 kilohms because of the anticipated 20 V(p-p) output range.

FIGURE 22 — BIPOLAR OR NEGATIVE OUTPUT VOLTAGE CIRCUIT

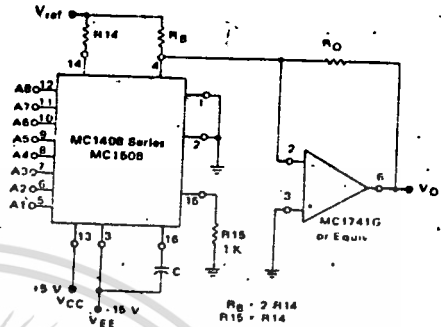
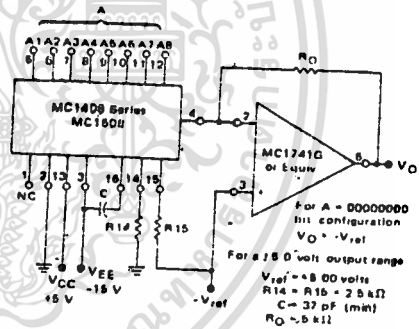


FIGURE 23 — BIPOLAR OR INVERTED NEGATIVE OUTPUT VOLTAGE CIRCUIT



Decrease R_O to 2.5 k Ω for a 0 to -5.0-volt output range. This application provides somewhat lower speed, as previously discussed in the Output Voltage Range section of the General Information.

Bipolar outputs may also be obtained by using a polarity switching circuit. The circuit of Figure 24 gives 8-bit magnitude plus a sign bit. In this configuration the operational amplifier is switched between a gain of +1.0 and -1.0. Although another operational amplifier is required, no more space is taken when a dual operational amplifier such as the MC1558G is used. The transistor should be selected for a very low saturation voltage and resistance.

From Output Op-Amp

$V_O = V_{OP} - V_{OP}$

$1/2$ MC155SG or equiv

$P = 1 \quad A_v = -1$
 $P = 0 \quad A_v = +1$

When used in the multiplying mode the MC140B can be applied as a digital attenuator. See Figure 25. One advantage of this technique is that if $R_S = 50$ ohms, no compensation capacitor is needed. The small and large signal bandwidths are now identical and are shown in Figure 14.

The best frequency response is obtained by not allowing I_{14} to reach zero. However, the high impedance node, pin 16, is clamped to prevent saturation and insure fast recovery when the current through R_{14} goes to zero. R_5 can be set for a ± 1.0 mA variation in relation to I_{14} . I_{14} can never be negative.

The output current is always unipolar. The quiescent dc output current level changes with the digital word which makes ac coupling necessary.

When $V_S = 0, 1.14 - 2.0 \text{ mA}$

$$V_D = \left[\frac{V_{ref}}{R_{14}} + \frac{V_S}{R_S} \right] (A) R_O$$

The MC1408 can be used to read out the status of BCD or binary registers or counters in a digital control system. The current output can be used to drive directly an analog panel meter. External meter shunts may be necessary if a meter of less than 20 mA full scale is used. Full scale calibration can be done by adjusting R14 or Vref.

[illegible]

The figure contains two circuit diagrams. Both diagrams use an MC1408 Series DAC and an MC1741G Op-Amp. The DACs have 8-bit inputs (A and B) and a common mode input (C). The op-amp is configured as a summing amplifier. In the top diagram, the DAC outputs are connected to the op-amp inputs, and the op-amp output is connected to the DAC common mode input. In the bottom diagram, the DAC outputs are connected to the op-amp inputs, and the op-amp output is connected to the DAC common mode input. The DACs are labeled MC1408 Series MC1408B and MC1408 Series MC1408A. The op-amp is labeled MC1741G or Equiv. The DAC inputs are labeled A and B. The op-amp inputs are labeled 1 and 2. The op-amp output is labeled 6. The DAC outputs are labeled 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. The DAC common mode input is labeled C. The DAC inputs are labeled A and B. The op-amp inputs are labeled 1 and 2. The op-amp output is labeled 6. The DAC outputs are labeled 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. The DAC common mode input is labeled C. The DAC inputs are labeled A and B. The op-amp inputs are labeled 1 and 2. The op-amp output is labeled 6. The DAC outputs are labeled 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. The DAC common mode input is labeled C.

Top Diagram: MC1408 Series MC1408B DAC. Inputs: A (pins 10, 11, 12), B (pins 7, 8, 9), C (pin 13). Op-Amp: MC1741G or Equiv. Inputs: 1 (pin 4), 2 (pin 7). Output: 6 (pin 6). Feedback: 6 (pin 6) to 1 (pin 4). Biasing: 1 (pin 1) to Vref 2 (pin 14) via R142, 15 (pin 15) to ground via R152. 2 (pin 2) to VEE (pin 3) via C, 3 (pin 3) to VCC (pin 13) via C. 4 (pin 4) to ground via 10k resistor. 5 (pin 5) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 6 (pin 6) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 7 (pin 7) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 8 (pin 8) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 9 (pin 9) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 10 (pin 10) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 11 (pin 11) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 12 (pin 12) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 13 (pin 13) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 14 (pin 14) to Vref 2 (pin 14) via R142. 15 (pin 15) to ground via R152.

Bottom Diagram: MC1408 Series MC1408A DAC. Inputs: A (pins 10, 11, 12), B (pins 7, 8, 9), C (pin 13). Op-Amp: MC1741G or Equiv. Inputs: 1 (pin 4), 2 (pin 7). Output: 6 (pin 6). Feedback: 6 (pin 6) to 1 (pin 4). Biasing: 1 (pin 1) to Vref 1 (pin 14) via R141, 15 (pin 15) to ground via R151. 2 (pin 2) to VEE (pin 3) via C, 3 (pin 3) to VCC (pin 13) via C. 4 (pin 4) to ground via 10k resistor. 5 (pin 5) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 6 (pin 6) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 7 (pin 7) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 8 (pin 8) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 9 (pin 9) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 10 (pin 10) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 11 (pin 11) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 12 (pin 12) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 13 (pin 13) to VCC (pin 13) via 10k resistor. 14 (pin 14) to Vref 1 (pin 14) via R141. 15 (pin 15) to ground via R151.

Equations:

$$10^*10_1-10_2 = \frac{V_{ref\ 1}}{R_{141}} (A) - \frac{V_{ref\ 2}}{R_{142}} (B) \quad 10^*2^{-18}$$

$$10^*10^*10_1$$

Labels:

- Digital Subtractor:
- Programmable Amplifier.
- Connect Digital inputs to A - B

$10 = 101 = 102 = \frac{V_{ref 1}}{R_{141}} \cdot \{A\} - \frac{V_{ref 2}}{R_{142}} \cdot \{B\}$
 $102 = -18$
 $18 = 10 = 101$

Digital Subtraction:

Programmable Amplifier:

Let $\frac{V_{ref 1}}{R_{141}} = -\frac{V_{ref 2}}{R_{142}}$

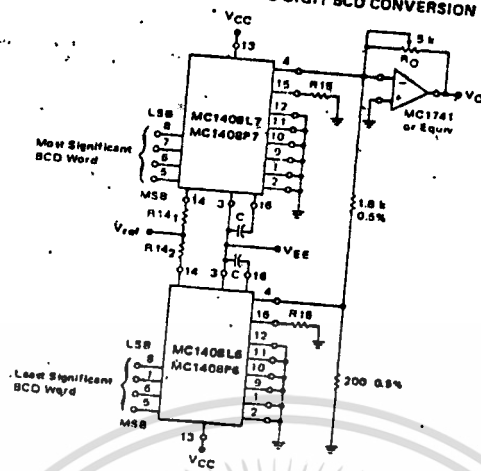
Connect Digital Inputs to A - B

$$V_O = \frac{V_{ref 1}}{R_{141}} \cdot \{A\} - \frac{V_{ref 2}}{R_{142}} \cdot \{B\}$$

$$V_O = \{A\} \left[\frac{V_{ref 1}}{R_{141}} - \frac{V_{ref 2}}{R_{142}} \right]$$

APPLICATIONS INFORMATION (continued).

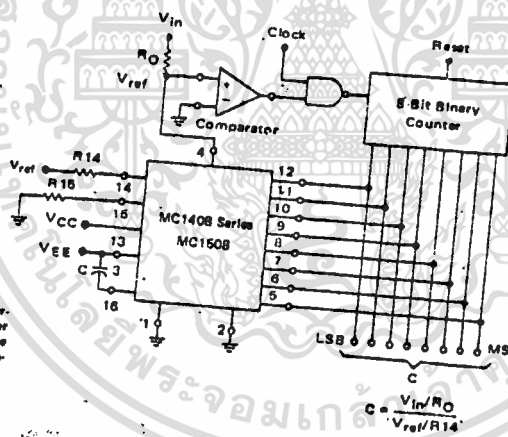
FIGURE 36 — TWO-DIGIT BCD CONVERSION



Two 8-bit, D-to-A converters can be used to build a two digit BCD D-to-A or A-to-D converter. If both outputs feed the virtual ground of an operational amplifier, 10:1 current scaling can be achieved with a resistive current divider. If current output is desired, the units may be operated at full scale current levels of

4.0 mA and 0.4 mA with the outputs connected to sum the currents. The error of the D-to-A converter handling the least significant bits will be scaled down by a factor of ten and thus an MC1408L6 may be used for the least significant word.

FIGURE 37 — DIGITAL QUOTIENT OF TWO ANALOG VARIABLES or ANALOG-TO-DIGITAL CONVERSION



The circuit shown is a simple counter-ramp converter. An UP/DOWN counter and dual threshold comparator can be used to provide faster operation and continuous conversion.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อ.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา
และขอขอบคุณ อ.วิริยะ กองรัตน์ ที่ให้คำแนะนำด้านทฤษฎีและปฏิบัติเพิ่มเติมและ
ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือทุกๆด้านรวมทั้งให้กำลังใจ จนโครงการนี้ได้
สำเร็จตามวัตถุประสงค์

.....
(นายวิวัฒน์ เปลงศรีสกุล)

.....
(นายเอกมัย ศิริจริยวัตร)

.....
(นายอภิรักษ์ ลุ่มสุรัตน์)

อ้างอิง

- ✱ 1. ประสิทธิ์ เทพรักษ์ , "ระบบสังเคราะห์ความถี่ และ เฟสล็อกกับการสื่อสารในปัจจุบัน", วารสารวิดิโอ-ออดิโอ, ฉบับที่ 104, หน้า 136-152, พ.ศ. 2529
2. ชัชวาล ไชติวารินทร์ , "LM 335 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ", วารสารเซมิคอนดักเตอร์, ฉบับที่ 61, หน้า 159-165, พ.ศ. 2527
3. กิตติพล จิตสกุล , "เทคนิคการใช้งานแอฟไดคัปเบลอร์", วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์เวิลด์, ฉบับที่ 81, หน้า 167-174, พ.ศ. 2526
4. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนาศนา , "เรียนรู้ภาษาปาสคาล", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 2, พ.ศ. 2529
- ✱ ✱ 5. Jacob Klapper and John T. Frankle , "Phase-locked and Frequency Feedback Systems Principle and Techniques", Academic Press, Inc. 111 Frfts Avenue, New York 10063, Copyright 1972
- ✱ 6. Henry Stark and Frang B. Luteur, "Modern Electrical Communication Theory and Systems" Princies-Hall, Inc., New Jersey G7632
- ✱ 7. Haward M. Berlin, "Design of Phase-Locked Loop Circuits, With Experiments", First Edition, Fourth Printing, 1972
8. William Bardem, Jr., "The Microcomputer Handbook", First Edition, Second Printing, 1979
9. Lance A. Levengthal, "Z80 Assembly Language Programming", McGraw-Hill, California, 1986
10. IBM Personal Computer, "Technical Reference", Revised Edition, April, 1983
11. "Turbo Pascal Version 3.0 Reference Manual", Borland International, Inc., 4585 Scotts Valley Drive Scotts Valley, CA 95066