ปีการศึกษา 2533

เครื่องตรวจสอบสภาวะแรงดันภายในสาย

โดย

นาย ธำรงศักดิ์ จันทร์ตรี

นาย วรบูรณ์ ชมภูนิช

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ภากร พุดซ้งกาศ

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2533

เรื่อง เครื่องตรวจสอบสภาวะแรงดันภายในสาย

ผู้จัดทำ

นาย ธำรงศักดิ์ จันทร์ตรี
นาย วรบุรณ์ ชมภูนิช

.....(เกษม).....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ภาคร หุตะสังกาศ)

เลขหมู่ T 34111 ส6
เลขทะเบียน 027944
วัน, ปี 18 ก.ค. 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจสอบสภาวะแรงดันภายในสาย (POWER LINE MONITOR) เป็นอุปกรณ์ที่จะตรวจสอบสภาวะทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถแสดงค่าสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ซึ่งเครื่องมือวัดโดยทั่ว ๆ ไป ไม่สามารถแสดงผลได้ และสามารถตรวจสอบ แรงดันไฟฟ้าในสถานที่นั้น ๆ ในช่วงเวลาที่ต้องการ เพื่อเป็นหลักในการเลือกอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ต่อไป

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้ คงเป็นแนวทางที่ดีต่อผู้สนใจ ที่มีความคิดจะพัฒนาอุปณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ในประเทศของเราให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และช่วยลดต้นทุนทางธุรกิจ และราคา ในการเลือกระบบป้องกันทางไฟฟ้าที่ไม่เหมาะสม เพื่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีต่อไปในอนาคต

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	ปัญหาทางไฟฟ้าที่มาจากสายส่งกำลังและการแก้ไข....	1-1
บทที่ 2	หลักการทำงานของเครื่องตรวจสภาวะไฟฟ้า.....	2-1
บทที่ 3	หลักการสร้างและการออกแบบวงจร.....	3-1
บทที่ 4	การอินเตอร์เฟสแบบขนาน.....	4-1
บทที่ 5	ผลการทดลอง.....	5-1
บทที่ 6	บทสรุป,วิจารณ์ และแนวทางการพัฒนาในอนาคต.....	6-1
	ภาคผนวก.....	A-1
	-โปรแกรมการทำงาน.....	A-2
	-รายละเอียดอุปกรณ์.....	B-1
	กิตติกรรมประกาศ.....	C-1
	หนังสืออ้างอิง.....	C-2

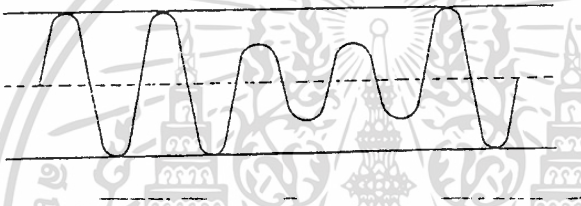
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ปัญหาทางไฟฟ้าที่มาจากสายส่งกำลัง และการแก้ไข

ถึงแม้ว่าผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าจะพยายามควบคุมการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า ความถี่คลื่นไฟฟ้า รวมทั้งสัญญาณแทรกซ้อน (HARMONIC DISTORTION) ต่าง ๆ แล้วก็ตามก็ไม่อาจยืนยันได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ส่งไปตามระบบสายส่งกำลังนั้น บริสุทธิ์ถูกต้องตามที่ต้องการได้ โดยทั่วไปปัญหาของไฟฟ้าที่มาจากสายส่งกำลัง จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ดังต่อไปนี้

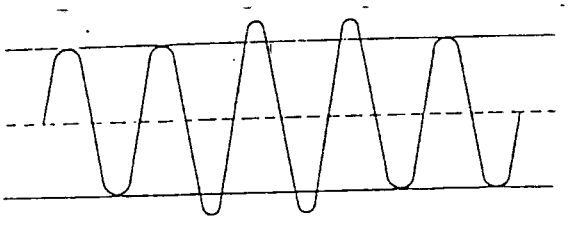
1. ปัญหาไฟตกชั่วขณะ (Voltage Dip or Sag)



จะเกิดเมื่อยชั่วขณะ(ไม่กี่Cycle) มักจะเกิดจากการใช้ Load ขนาดใหญ่ ที่ต้องการกำลังไฟฟ้า มากเกินขนาดที่สาย Main หรือหม้อแปลงไฟฟ้าจะจ่ายไฟให้ได้ เช่น การเปิดเครื่องปรับอากาศ จะใช้กระแสสูงอย่างมากโดยกระทันหัน ซึ่งเกินขีดความสามารถของระบบสายส่งย่อยจะจ่ายไฟได้ ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกลงต่ำอย่างกระทันหันในช่วงเวลาหนึ่ง หรือเกิดจากการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ขนาดใหญ่จะทำให้ไฟตกลงชั่วขณะ เหตุผลเดียวกัน

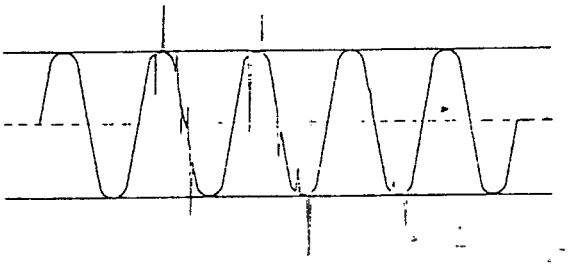
2. ปัญหาไฟเกินชั่วขณะ (Voltage Surge)

มักจะเกิดจาก การปิดเปิดสวิทช์ ของ Load ขนาดใหญ่ หรือเกิดจากการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเนื่องจากฟ้าผ่า ลงบนสายส่งกำลัง จะทำให้เกิดไฟฟ้าสูงชั่วขณะ เป็นหาที่รุนแรงพอสมควร ซึ่งอาจจะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ละเอียดอ่อนเสียหายได้ แม้จะมีฟิวส์ หรือ Circuit Breaker ป้องกันอยู่ แต่ก็จะยังมีช่วง



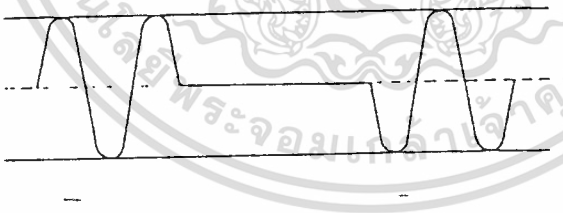
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาการ Trip ของระบบป้องกัน ที่อาจทำให้ระบบคอมพิวเตอร์หรือ อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ขัดข้อง ก่อนที่จะตัดวงจร ทำให้เครื่องเสีย และอายุการใช้งานของเครื่องสั้นลง



3. ปัญหาสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (Noise and Tranciet)

เป็นคลื่นรบกวนในระบบไฟฟ้าที่เรามักจะเห็นกันอยู่เสมอ ได้แก่พวก Noise และ Trancient Voltage ,Noise หมายถึงคลื่นรบกวนซึ่งโดยทั่วไปจะมีขนาดไม่ใหญ่นักและมีความถี่สูง ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง หรือเกิดเป็นระยะ มักจะเกิดจากการเหนี่ยวนำไฟฟ้าของสัญญาณความถี่สูงจากแหล่งต่าง ๆ เช่นสถานีกระจายเสียง สถานีโทรทัศน์ ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ การจุดระเบิดของหัวเทียน การเบิดเครื่องเบ่าผม ส่วน Trancient Voltage หมายถึงพวก Surge Voltage และ Spike Voltage อาจเกิดได้จากฟ้าผ่า การตัดต่อ Load บางชนิด เช่น การบิดเบิด สวิทช์เครื่องใช้ไฟฟ้า มอเตอร์ เครื่องเชื่อมโลหะ และอุปกรณ์อย่างอื่น

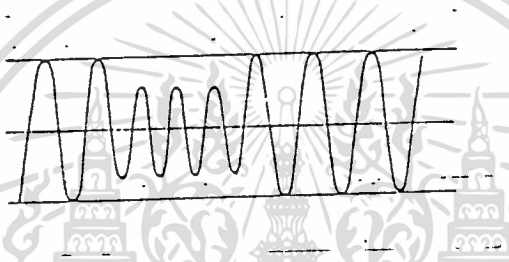


4. ปัญหาไฟดับหรือไฟกระพริบในเวลาสั้น ๆ (Short Interruption)

ลักษณะของไฟดับ มีอยู่ 2 ลักษณะ ต่อระบบคอมพิวเตอร์คือ ไฟกระพริบ คือการเกิดการขาดหาย ของไฟฟ้าในระยะสั้น ๆ เช่นการ Trip ของระบบ รีเลย์ ในการจ่ายของ สถานีจ่ายไฟฟ้า ซึ่งแม้จะเกิดเพียงช่วงระยะสั้นมาก เพียง 1 ถึง 2 ไซเคิล แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

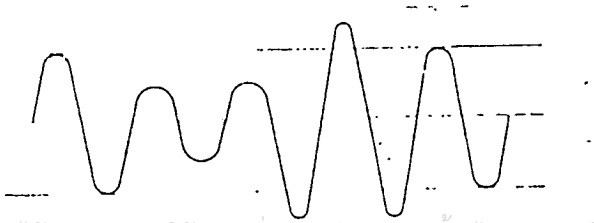
ความจำในระบบคอมพิวเตอร์จะถูกลบไป แม้ว่าการหยุดจ่ายไฟในลักษณะนี้ จะไม่ผลต่อความเสียหาย ของเครื่องนอกจาก เครื่องหยุดทำงาน และหน่วยความจำถูกลบ แต่ก็ทำให้เกิดความเสียหายของข้อมูล ซึ่งเป็นผลเสียต่อกิจการที่กำลังทำอยู่ และจากสถิติพบว่าการมาใหม่ของไฟฟ้า อาจสูงเกินกว่ากำหนด (คือเกิดการกระโชกของไฟฟ้า) จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ มีอายุการใช้งานสั้นลง ปัญหานี้มักเกิดจาก สาเหตุที่ผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าเกิดการลัดวงจรของวงจรที่ต่อกับสายส่งกำลังทำให้เกิดการขาดหายในช่วงเวลาสั้น ๆ จนกว่าอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร จะตัดวงจรนั้นออกจากสายส่งกำลังหรือเกิดจาก การหลวมหรือหลุดของจุดต่อเชื่อมสายต่าง ๆ ก่อนป้อนเข้าสู่เครื่องใช้ไฟฟ้า



5. ปัญหาไฟตกไฟเกินอย่างต่อเนื่อง (Under and Over Voltage)

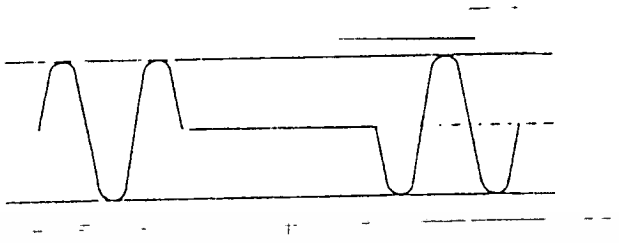
มักจะเกิดขึ้นได้ในเมืองและชนบทที่ห่างไกล สาเหตุมาจาก ผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าจำเป็นต้องลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระยะเวลาที่ปริมาณความต้องการกระแสไฟฟ้าจากผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหลายพร้อมกันอย่างกระทันหัน ในบางช่วงระยะเวลาของแต่ละวัน เช่น ช่วงหัวค่ำ เช้ามืด เป็นต้น เพื่อป้องกันการ Over Load ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผู้ผลิตไฟฟ้าจึงต้องลดการจ่ายไฟฟ้าลง จนกว่าภาวะการใช้ไฟฟ้า จะเข้าสู่ภาวะคงตัว ดังนั้นบางเวลา ผู้ใช้ไฟฟ้า อาจจะได้รับแรงดันไฟฟ้าลดลง และบางเวลาในวันเดียวกันนั้น อาจจะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น เพราะผู้ผลิตไฟฟ้าจะเพิ่มแรงดันไฟฟ้าเมื่อสภาวะการใช้ไฟฟ้าเข้าสู่สภาวะปกติโดยทั่วไปผู้ผลิตไฟฟ้า จะกำหนดการลดของแรงดัน ไม่เกิน -10 % ของแรงดันปกติ

แรงดันไฟตกมักจะเกิดจากการใช้พลังงานมากเกินไป เช่นมี โหลดมากจนเกินไปในแต่ละสถานที่ หรือขนาดของสายไฟเล็กไป โดยไฟจะตกลงประมาณ 15 % ของ



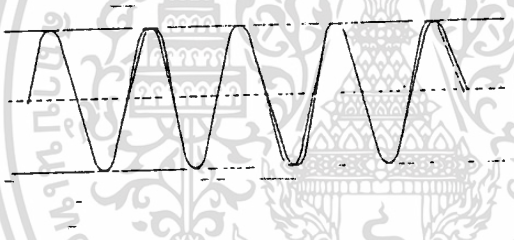
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันปกติและไฟเกิน อาจมาจากสาเหตุ มีโหลดลดน้อยลงในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งอาจก่อความเสียหายให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้



6. ปัญหาไฟดับ (Blackout)

มักจะเกิดจากมีความเสียหายเกิดขึ้นในระบบสายส่งกำลัง หรืออุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ ทำให้เกิดการขาดหายของไฟฟ้าเป็นระยะเวลานาน จนกว่าระบบสายส่งกำลัง จะถูกซ่อมแซมเข้าสู่สภาพการใช้งานเดิม



7. ปัญหาความถี่ผิดพลาด (Frequiency Error)

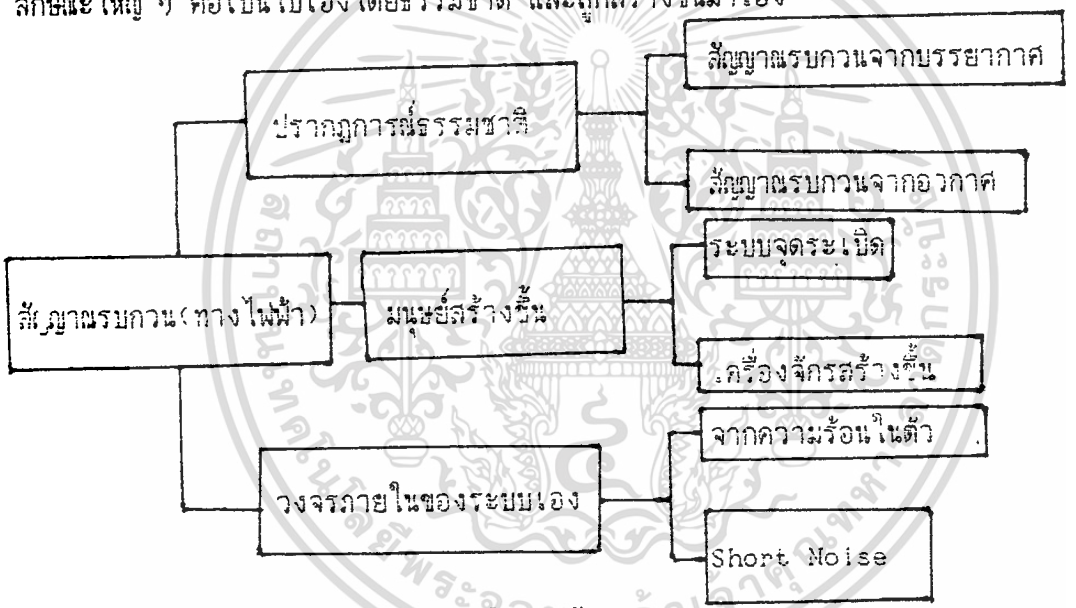
โดยส่วนใหญ่ความถี่ผิดพลาดมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก นอกจากระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า มีความถี่ไม่คงที่ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีขนาดเล็กไม่เหมาะสมกับโหลดที่เปลี่ยนแปลงและมีขนาดเล็กเกินไป จึงทำให้ได้ความถี่ไม่ถูกต้อง แต่อาจมีสาเหตุ จากการเปิดปิดเครื่องจักรขนาดใหญ่ในสายเดียวกัน ซึ่งเครื่องจักรขนาดใหญ่นี้กินกำลังไฟฟ้ามาก จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลง เนื่องจาก Trancient Variation หรือ อาจทำให้ระบบที่มีขนาดเล็กอยู่แล้วเกิดการออสซิสเลส ซึ่งอาจมีผลต่อคอมพิวเตอร์ ทำให้ข้อมูลเสียหาย เนื่องจากความถี่ไม่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวน (Noise or Interference Signal) โดยคำจำกัดความคือสัญญาณ ที่ไม่เป็นที่ต้องการ เพราะสามารถทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัด การอ่าน ในระบบข้อมูล และเกิดความผิดพลาดในสัญญาณ ที่เราต้องการบันทึก หรือนำไปใช้งาน เพราะว่าเราต้องการความแม่นยำ ถูกต้องของสัญญาณที่เราจะใช้งาน เราต้องการสัญญาณที่ปราศจากการรบกวนเสมอ

การกำหนดขอบเขตของสัญญาณการรบกวน เป็นการยากเพราะโดยปกติแล้วสัญญาณรบกวน มีอยู่ทั่วไปหมดเพราะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งลักษณะการเกิดของสัญญาณรบกวนมีอยู่ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือเป็นไปเองโดยธรรมชาติ และถูกสร้างขึ้นมาเอง



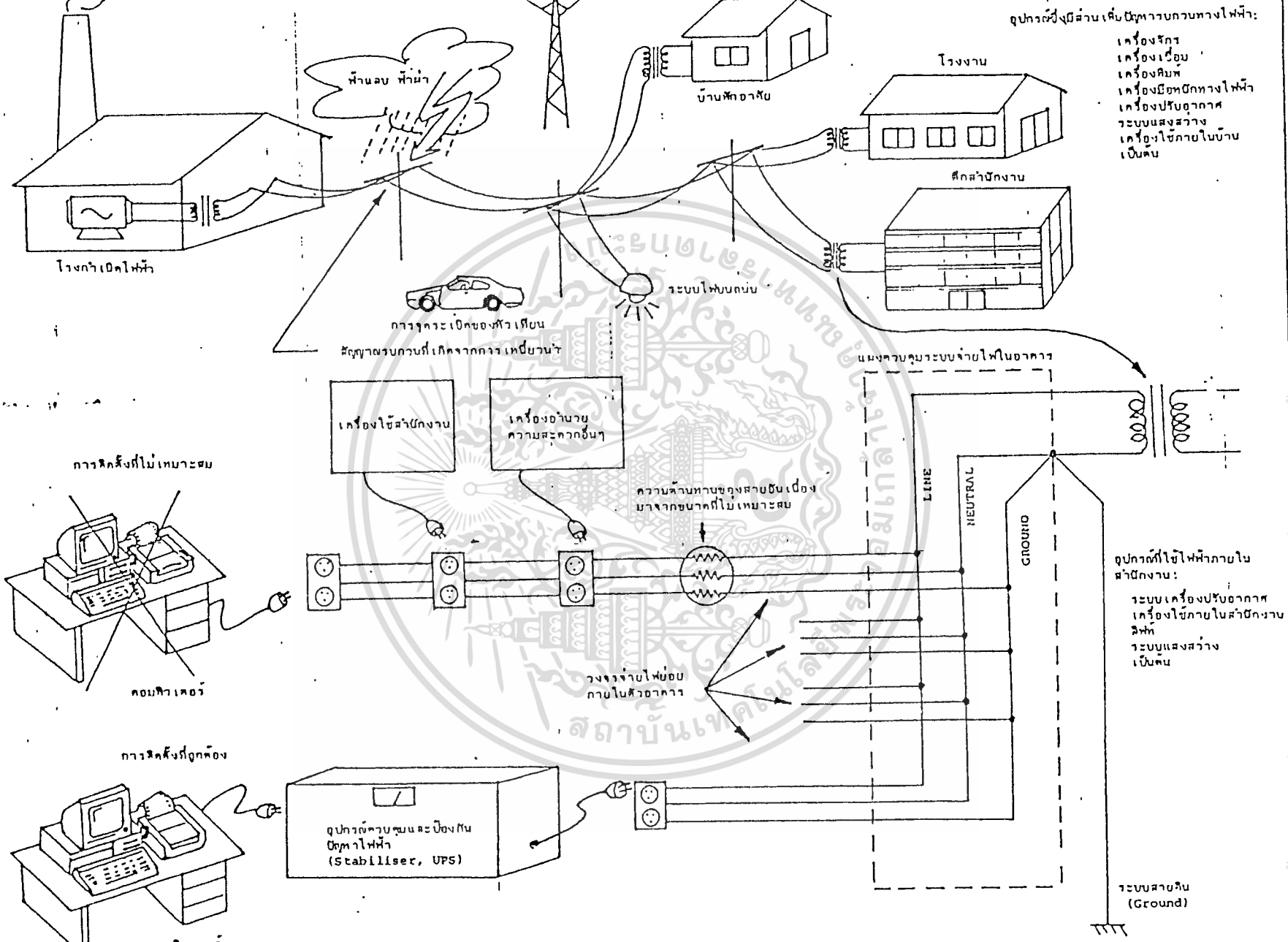
รูปภาพการเกิดของสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

สัญญาณรบกวนที่เกิดจากปรากฏการณ์ตามะธรรมชาติ ที่พบได้ชัดเจนคือ ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจำนวนมหาศาลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ที่มีศักดาไฟฟ้าต่างกัน ด้วยแรงกระทำระหว่างประจุไฟฟ้านั้น เพื่อให้เกิดความสมดุลทางไฟฟ้า เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนี้ จะทำให้เกิดทั้งแสงและเสียง และที่สำคัญคือเกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงแผ่กระจายไปทุกทิศทาง

ถ้าสนามแม่เหล็กความเข้มสูง แผ่ออกไปตัดเส้นลวดตัวนำที่เป็นสายส่งกำลังไฟฟ้าจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขึ้นไปในสายส่งกำลังไฟฟ้านั้น ปริมาณกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิด จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มสนามแม่เหล็กที่แผ่ไปตัดเส้นลวดตัวนำซึ่งจะเกิดเป็นสัญญาณรบกวน ในระบบส่งกำลังไฟฟ้า ที่เป็นปัญหาใหญ่ต่อระบบส่งกำลังไฟฟ้าในปัจจุบัน หรือถ้าเกิดฟ้าผ่าลงสายส่งกำลังโดยตรง ก็จะยิ่งสร้างความเสียหาย ต่อระบบส่งกำลังไฟฟ้ารุนแรงมากยิ่งขึ้น

สัญญาณรบกวนที่เกิดจากมนุษย์ทำขึ้น

มนุษย์ได้สร้างเครื่องทุ่นแรงระบบเครื่องยนต์กลไก เช่น มอเตอร์ ระบบจุดสันดาบในสมัยแรก ๆ วิวัฒนาการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมยังมีน้อย แต่ในปัจจุบัน เราได้พัฒนาอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการควบคุมให้มีความเร็วมากขึ้น ความไวในการตัดต่อและการจุดระเบิดมีมากขึ้น ซึ่งการทำงานเหล่านี้ มักจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนซึ่งไม่เป็นที่ปรารถนามาด้วย หากมีระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ หรือ ระบบ ดิจิตอล ต่าง ๆ ก็ย่อมได้รับผลกระทบทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้

สัญญาณรบกวนที่เกิดจากตัววงจรเอง

เมื่อวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทำงาน ความร้อนในตัวเองย่อมเกิดขึ้นได้ การตัดต่อในระบบควบคุม ซึ่งเกิดจากการทำงานในระบบเอง เช่นการตัดต่อที่แรงดันเป็นศูนย์ (Zero Voltage Crossing) อาจจะพบว่ากระแสไม่เป็นศูนย์จริง เมื่อวงจรมีค่า Power Factor ไม่เป็น 1 นั่นคือเกิดสัญญาณรบกวน ซึ่งมีผลต่อระบบอื่นรอบข้าง

การแก้ไขปัญหาสัญญาณรบกวน

เมื่อมองถึงปัญหาของสัญญาณรบกวนต่าง ๆ แล้ว การแก้ไขปัญหาย่อมแล้วแต่กรณี สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ

1. **สัญญาณรบกวนเกิดจากอะไร** เมื่อเราหยุดแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นย่อมไม่มี แต่ถ้าเป็นสาเหตุจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เราคงหยุดไม่ได้ แต่ถ้าเป็นสาเหตุจากมนุษย์สร้างขึ้น ย่อมต้องหาวิธีป้องกันได้ไม่มากก็น้อย

2. **สัญญาณรบกวนเข้ามาทางไหน** สัญญาณรบกวนเข้ามาได้ 3 ทางด้วยกัน คือทางอากาศรอบเครื่อง ทางสายไฟฟ้า และทางสายดิน

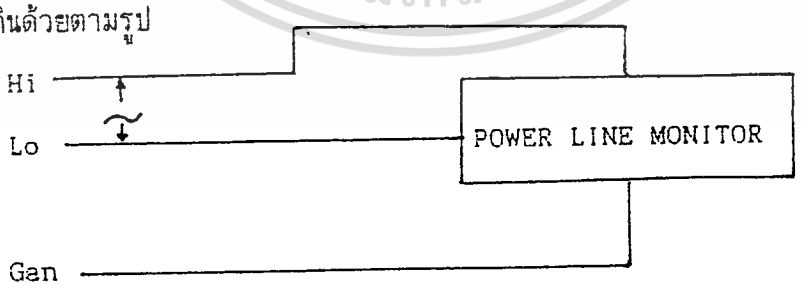
ทางอากาศ ไม่ใช่เรื่องง่ายนักที่จะป้องกันสัญญาณรบกวนทางอากาศ เนื่องจากพลังงานที่รบกวน จะมีค่าสูงพอที่จะทะลุผ่านผนังคอนกรีตเข้ามาได้เช่นเดียวกับคลื่นวิทยุ เพราะลักษณะของสัญญาณ สามารถเหนี่ยวนำเข้ากับตัวถังเครื่อง ทางสายสื่อสาร ทางสายไฟฟ้า แต่โดยปกติตัวถังของเครื่องสามารถป้องกันการรบกวน ได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างของตัวถังและชนิดของวัสดุที่ใช้ โดยทั่วไปโลหะจะมีผลสะท้อน สัญญาณรบกวนกลับออกไปได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ปัญหาการรบกวนทางอากาศ วิธีที่ดีที่สุดคือ Shield อุปกรณ์ที่คาดว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน ให้อยู่ในตู้ หรือแก้ไขโดยการสร้าง Shield Room สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์สื่อสารโดยเฉพาะ

<u>ทางสายไฟฟ้า</u> ในที่นี้หมายถึงสาย AC Line และสายสื่อสาร โอกาสสัญญาณรบกวนเหนี่ยวนำมีสูงมาก โดยเฉพาะจากฟ้าผ่า และการจากการเดินเครื่องจักร ในปัจจุบันพบว่า มักเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เครื่องเสียหายหรือข้อมูลเสียและผิดพลาดไป การป้องกันทางด้านนี้ได้มีการพัฒนาตลอดเวลา โดยพิจารณาลักษณะของสัญญาณรบกวน คู่ไปกับการเลือกอุปกรณ์ป้องกัน ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น Noise Filter,Lightning Arrest,MOV (Metal Oxide Varistor),Isolation Tranformer,Automatic Voltage Regulator และ UPS หรือแก้ปัญหาเบื้องต้นโดยการ Shield สาย AC

<u>ทางสายดิน</u> ส่วนมากระบบการจ่ายไฟนั้นมีสายดินเพื่อการปลอดภัย แต่สายดินที่ใช้กับเครื่องมือที่ใช้ความไวมาก อย่างเช่นระบบสื่อสารหรือคอมพิวเตอร์ จะทำให้การทำงานดีขึ้นปราศจากการรบกวนของคลื่น การสมมุติให้สายดินมีศักย์เป็น ศูนย์ ในทางปฏิบัติ อาจทำไม่ได้ เพราะทุก ๆ จุดบนพื้นดิน มีสภาพแร่ธาตุ ส่วนผสม และความชื้น แตกต่างกันไปตามภูมิประเทศ เมื่อทุกอย่างบนพื้นโลกได้วัดศักดาเทียบกับพื้นดินไว้ สัญญาณรบกวนจึงไม่ได้มีเฉพาะสายส่งไฟฟ้าเท่านั้น เมื่อดินไม่เป็นศูนย์ สัญญาณรบกวนก็อาจมาทางสายดินได้ หรือไม่คือ สัญญาณรบกวน ลงตัวถัง แต่ไม่ลงดิน สิ่งแรกที่ต้องทำการแก้ไขคือ สำรวจสภาพดินและทำสายดิน ให้สมบูรณ์ที่สุด ให้ความต้านทานในสายดิน ถึงจุดต่ำสุดเท่าที่จะต่ำได้ (โดยทั่วไปต่ำกว่า 10 โอห์ม และในเครื่องมือแพทย์ต่ำกว่า 11 โอห์ม) เพื่อจะได้ Sheild ถังเครื่องลงดินได้อย่างสมบูรณ์ หรือในบางกรณี อาจต้องแยกส่วนของดินด้วยตามรูป

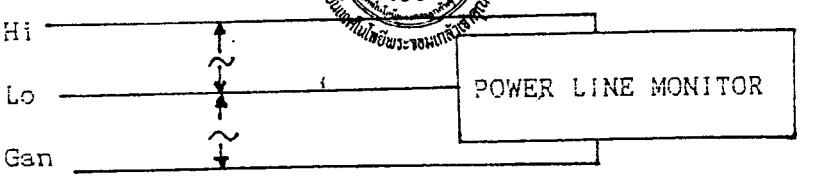


Normal mode noise detection

Noise apears only between

Hi and Lo independent of ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Common mode noise detection

Noise will appears between

Lo and Ground.

รูปภาพแสดงการต่อสายดิน

ผลเสียจากปัญหาที่เกิดขึ้นจากปัญหาทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่าง ๆ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ยินยอมให้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีแรงดันระบุบนแผ่นป้ายของตัวเครื่อง 220 โวลต์ จะอยู่ระหว่าง 198-242 โวลต์ ในกรณีที่แรงดันตกต่ำกว่า 198 โวลต์ ผู้ใช้จะสังเกตุเห็นอาการที่เกิดขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์ คือตัวอักษรที่ปรากฏบนจอภาพ จะมีอาการสั่นพริ้วถ้าผู้ใช้ยังคงฝืนใช้งานต่อไป เป็นระยะเวลานาน ก็จะส่งผลเสียหายให้กับระบบคอมพิวเตอร์ได้ ส่วนกรณีที่แรงดันเกิน 220 โวลต์ จะไม่แสดงผลออกมาโดยชัดเจน แต่ถ้าใช้งานที่ระดับแรงดันเกิน 242 โวลต์แล้ว จะทำให้ ภาคเปลี่ยนไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรงเสียหาย และจะส่งผลให้ วงจรทุกส่วนในเครื่องคอมพิวเตอร์ เสียหายตามกันเป็นลูกโซ่ นอกจากนี้ ปัญหาต่าง ๆ ทางไฟฟ้าทำให้คอมพิวเตอร์ ได้รับความเสียหายในหลายรูปแบบ เช่น

1.1 ปัญหาไฟตกและไฟกระชาก มีผลโดยตรงทำให้ข้อมูลทางไฟฟ้า ที่ป้อนให้ CPU ผิดพลาด อันจะส่งผลให้ หลักการทำงานผิดพลาดในส่วนของ CPU และในทำนองเดียวกันก็อาจจะเกิดผลเสียเช่นนี้ กับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น Disk Drive,Hard Disk

1.2 ปัญหาไฟตกและไฟดับอย่างกระทันหัน อาจจะทำให้เกิดความสูญหาย หรือผิดพลาดของข้อมูลในระบบความจำ ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายที่จะใช้ในการแก้ไขในภายหลัง

1.3 ปัญหาไฟกระชากหรือไฟดับอย่างกระทันหัน อาจจะเป็นสาเหตุให้ R/W Head ขูดผิวของ Hard disk เป็นรอยเสียหาย ไม่สามารถจะใช้บันทึกข้อมูลได้อีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027944

1.4 ปัญหาไฟดับกระทันหัน ย่อมทำให้เกิดความเสียหาย กับงานที่กำลังดำเนินอยู่ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องหยุดชะงักลงกลางคัน ทำให้ข้อมูลถูกลบหายไปหมดและต้องกลับมาเริ่มต้นใหม่ เมื่อไฟฟ้าจากสายส่งกำลังกลับสู่สภาวะปกติ

2. เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่นเครื่องมือในระบบความปลอดภัย ระบบการควบคุมการผลิต อัตโนมัติ (Automatic Process Control) ทำงานผิดพลาด หรือให้ เอาพุทผิดเพี้ยนจากมาตราฐาน หากได้รับกระแสไฟฟ้าในสภาพดังกล่าว

3. เครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์

เครื่องมือทางการแพทย์ในปัจจุบัน ถูกสร้างขึ้นมาจากวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สลับซับซ้อน เพื่อให้มีประสิทธิภาพ ความเที่ยงตรงสูงสุด อันเป็นผลประโยชน์โดยตรงของผู้ป่วย แต่ปัญหาทางไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นสาเหตุให้ความแม่นยำและเที่ยงตรงของเครื่องมือเหล่านี้ ลดน้อยลง อันอาจจะนำมาซึ่งการวินิจฉัยโรคที่ผิด ย่อมหมายถึงชีวิตและความปลอดภัยของผู้ป่วย

4. เครื่องมือสื่อสาร

ระบบเครื่องมือสื่อสารต่าง เช่น ระบบโทรศัพท์ภายในสำนักงาน ซึ่งมีวงจรควบคุมการตัดต่อสาย อัตโนมัติด้วยวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อน อาจจะทำงานผิดพลาดได้ ถ้าหากได้รับกระแสไฟฟ้าในสภาพที่ผิดปกติ หรืออาจเสียหายเมื่อเกิดไฟกระชาก อันจะนำมาซึ่งความเสียหาย และความสูญเสีย ทั้งในการซ่อมบำรุงในกลับคืนสู่สภาพปกติ และการหยุดชะงักของระบบงานซึ่งต้องใช้โทรศัพท์ในการติดต่อ ของระบบงานทั้งหมด ความเสียหายเหล่านี้ ย่อมมากขึ้นเป็นทวีคูณเมื่อปัญหาในทำนองเดียวกันเกิดขึ้นกับระบบสื่อสารโทรคมนาคม ขนาดใหญ่ เช่น ระบบวิทยุไมโครเวฟ ระบบกระจายสัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น

<u>การแก้ปัญหาทางไฟฟ้าจากระบบสายส่งกำลัง</u>

เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ในย่านของระดับแรงดันไฟฟ้าย่านหนึ่ง โดยมาตราฐานทั่วไปจะมีค่าประมาณ +/- 10 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ ซึ่งในประเทศไทยเท่ากับ 220 โวลต์ แต่โดยสภาพความเป็นจริงแล้วค่าแรงดันไฟฟ้าปกตินี้ อาจจะลดต่ำลงเนื่องจากการสูญเสียไฟฟ้า บางส่วนในระบบสายส่งกำลัง และอุปกรณ์เชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องและขึ้นอยู่กับความยาวของสายส่งกำลัง และความซับซ้อนในการกระจายสายส่งย่อย ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า ทำให้สภาพแรงดันไฟฟ้าในบางขณะ ลดลงต่ำเกิน 10 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ ทั้งนี้ยังไม่รวมถึง ช่วงเวลาที่ผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าจำเป็นต้องลดค่าแรงดันไฟฟ้าลง เนื่องจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นจำนวนมาก เพื่อป้องกันการ Over Load ของเครื่องกำเนิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟ้า ในภาวะเช่นนี้แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ อาจลดลงต่ำกว่า 10 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ ซึ่งแน่นอนอุปกรณ์ที่ทำงานภายใต้แรงดันไฟฟ้าเช่นนี้ อาจทำงานผิดพลาด แต่ในทางกลับกัน ในภาวะที่ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ลดลงอย่างกระทันหัน เป็นจำนวนมากจะทำให้เกิดการเพิ่มของแรงดันไฟฟ้าสูงแรงดันไฟฟ้าตามปกติ ในภาวะเช่นนี้ ถ้าหากมีผู้ใช้ไฟฟ้าอื่นเปิดปิดอุปกรณ์ประเภท Power Switch Load เช่น เครื่องปรับอากาศ ลิฟท์ มอเตอร์ของเครื่องจักรขนาดใหญ่ แรงดันไฟฟ้าจากสายส่ง อาจกระชากตัวสูงขึ้นอย่างมากมาย อันจะสร้างความเสียหายให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในทันที เพื่อที่จะป้องกันปัญหาการเปลี่ยนแปลง ของแรงดันไฟฟ้าดังกล่าว จึงควรมีอุปกรณ์ป้องกันปัญหาทางไฟฟ้าเหล่านี้ ซึ่งอย่างน้อยควรถูกออกแบบให้สามารถรักษาระดับ เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่ในขอบเขตไม่เกิน +/- 10 % ของระดับแรงดันไฟฟ้าปกติ ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันมีอยู่หลายชนิด เช่น

Automatic Voltage Voltage Regulater Stabilizer (AVS) เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า ให้คงที่แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งกำลัง อย่างไรก็ตาม AVS สามารถให้แรงดันไฟฟ้าขาออกในช่วงที่ยังยอมรับได้ เมื่อแรงดันไฟฟ้าขาเข้าจากสายส่งกำลังเปลี่ยนแปลงไปในช่วงหนึ่ง AVS โดยทั่วไปจะให้แรงดันไฟฟ้าขาออก อยู่ในช่วง +/- 3-5 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ แม้ว่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้า จะเปลี่ยนแปลงถึง +/- 15 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ

Isolation Trenformer เป็นอุปกรณ์ซึ่งเชื่อว่า สามารถกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นในสายส่งกำลังซึ่งถูกแบ่งออกเป็น Transverse Mode Noise ซึ่งเกิดขึ้นระหว่าง Line กับ Neutral และ Common Mode Noise ซึ่งเกิดระหว่าง Netral กับ Ground

เนื่องจากระบบจ่ายไฟฟ้าที่ดี จะต้องให้แรงดันไฟฟ้าที่คงที่ ในย่านที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ยอมรับได้ (+/- 10 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ) อีกทั้งยังสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงมีการออกแบบอุปกรณ์ ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวเข้าด้วยกัน เรียกว่า Line Conditioner แต่อย่างไรก็ดี ในปัจจุบัน AVS ได้ถูกออกแบบให้มีคุณสมบัติ ในการขจัดสัญญาณรบกวนได้ดี เช่นกันแต่ยังคงใช้ชื่อว่า AVS เช่นเดิม

ส่วนปัญหาไฟกระพริบ Short Interruption และไฟดับ เป็นปัญหาร้ายแรง การแก้ไขและป้องกันปัญหานี้จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกัน ซึ่งมีแหล่งเก็บพลังงานสำรองไว้ชดเชยเมื่อเกิดการขาดหายของกระแสไฟฟ้าจากสายส่งกำลัง ในทางปฏิบัติ AVS ซึ่งใช้หลักการของ Rotary Set สามารถให้พลังงานชดเชย ในระดับที่ต้องการไม่เกิน 200 mS (AVS รุ่นใหม่สามารถจ่ายพลังงานชดเชยได้นานกว่านี้มาก) เมื่อกระแสไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังขาดหายไปชั่วขณะ

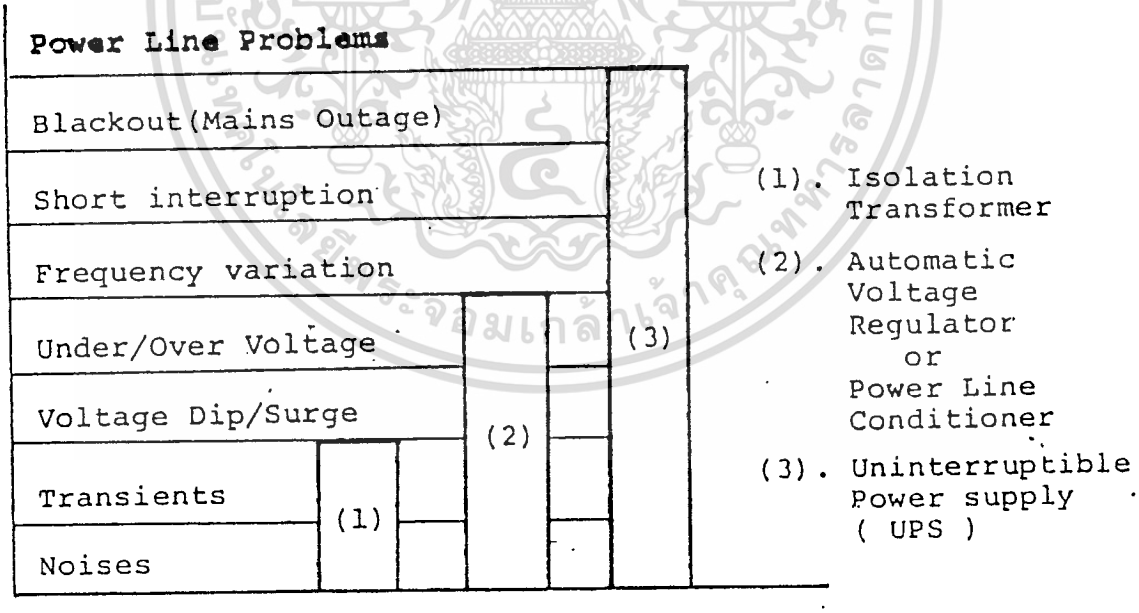
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่ายังมีข้อขอบเขตจำกัดอยู่อุปกรณ์ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหานี้คือ UPS (Uninterruption Power Supply) ซึ่งในอดีตได้ถูกออกแบบเพื่อใช้ป้องกันอุปกรณ์ใหญ่ที่มีราคาแพง และมีความสำคัญทางข้อมูลสูง แต่ในปัจจุบัน สามารถนำมาใช้กับอุปกรณ์เล็ก ๆ เช่นไมโครคอมพิวเตอร์ได้

UPS เป็นอุปกรณ์ที่ให้ความมั่นใจสูง ในการแก้ไขปัญหาทางไฟฟ้า คือ UPS สามารถช่วยป้องกัน ปัญหาสัญญาณรบกวน ไฟตก ไฟเกิน ไฟดับ ก็จะสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดได้ตามปกติ แนวทางพัฒนาระบบป้องกันในปัจจุบัน จึงมุ่งประเด็นไปที่ UPS เป็นส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตาม UPS ยังมีราคาค่อนข้างสูงอยู่ เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ป้องกันแบบอื่น ๆ

ถึงแม้ว่า UPS สามารถแก้ปัญหาไฟดับได้ แต่ยังมีอุปกรณ์ที่ยังสามรถจ่ายพลังงานชดเชยให้แก่ระบบคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาไฟตกไฟเกินได้ คือ อุปกรณ์ Motor-Generator Set และ Voltage Regulator ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้สามาถ แก้ปัญหาไฟดับได้เพียงอย่างเดียว แต่มีราคาถูกกว่า UPS มาก

จะเห็นว่าสามารถเลือกใช้ อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าได้หลายรูปแบบ ซึ่งสามารถพิจารณาได้ในขั้นต้นโดยใช้แผนภูมิดังต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกอุปกรณ์ป้องกัน นอกจากจะใช้แผนภูมิแล้วยังสามารถใช้ตารางที่ 1-1 ซึ่งสามารถกระทำได้ง่าย ๆ และรวดเร็ว โดยสามารถใช้เป็นแนวทางอย่างคร่าวเมื่อได้ค่า A,B,C จากตารางที่ 1,2 และ 3 ตามลำดับแล้วให้นำค่าทั้ง 3 มาคูณกัน จะได้เป็นคะแนน (S) ซึ่งจะใช้เลือกอุปกรณ์ป้องกันในตารางที่ 4 ได้ จากสูตร S = AxBxC

ตารางที่ 1 การแยกประเภทคอมพิวเตอร์

ค่า A	ประเภท	รายละเอียด
5	คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่หลายเครื่อง	เครื่อง dual IBM370/168,3031 หรือ 3032 U1108/110,CDC7600 หรือ H6800
4	คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่เครื่องเดียว	คอมพิวเตอร์ตามแบบแรก แต่เป็นชนิดเดี่ยว ซึ่งมี peripherals จำนวนมาก
3	คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหลายเครื่อง	ระบบซึ่งมี CPU อย่างน้อย 3 เครื่อง และมี perrpherals ไม่น้อยกว่า 15 เครื่อง หรือคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่แต่มี peripherals น้อย เช่นมีเครื่องพิมพ์ 2 เครื่อง ดิสค์ 10 ตัว เทปแม่เหล็ก 6 ตัว
2	คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กจำนวนไม่กี่เครื่อง	ไม่มากกว่า 3 CPU และมี peripherals น้อยกว่า 15 เครื่อง
1	คอมพิวเตอร์ระบบเล็ก	1 CPU peripherals น้อยกว่า 12 เครื่อง

ตารางที่ 2 คุณค่าของงาน

ค่า B	รายละเอียด
10	งานแบบ Time Share
6	งานแบบ Remote Job Entry
2	งานแบบ Batch

ตารางที่ 3 ประเภทของงาน

ค่า C	รายละเอียด
5	งานที่จำเป็นอย่างมาก
3	งานสำคัญ
1	งานประจำ

ตารางที่ 4 คะแนน

คะแนน (S)	ระบบป้องกัน
มากกว่า 200	-ใช้ระบบ Redundant UPS พร้อมด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าสำรองและชุดแบตเตอรี่ สำหรับใช้งานได้นาน 15 - 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า 150	-ใช้ระบบ Redundant UPS ร่วมกับชุดแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ใช้ได้นาน 1-2 ชั่วโมง
มากกว่า 100	-ใช้ระบบ UPS กับแบตเตอรี่ หรือใช้ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าร่วมกับแบตเตอรี่
มากกว่า 75	-ใช้ระบบ UPS ขนาดเล็ก หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับแบตเตอรี่
มากกว่า 50	-ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือ Voltage Regulator หรือ หม้อแปลง Isolator
มากกว่า 25	-ดูวิธีการเลือกการป้องกันจากบริษัทผู้ผลิตคอมพิวเตอร์
มากกว่า 10	-ตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้า จุดต่อ และ สภาวะไฟฟ้าที่จุดติดตั้งเพื่อการเลือกระบบป้องกันที่เหมาะสม

ตารางที่ 1-1 ตารางเลือกอุปกรณ์ป้องกันอย่างง่าย ๆ

ตารางที่ 1-1 นี้เป็นตารางที่เหมาะสำหรับสถานที่ที่ต้องการติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ เพื่อใช้งานทางด้านธุรกิจ ส่วนระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ใช้งานในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป เมื่อคำนวณคะแนนออกมา จะอยู่ในระดับ ไม่เกิน 10 ซึ่งจะต้องตรวจสอบสภาวะไฟฟ้าในสถานที่นั้นเสียก่อน หรือ อาจพิจารณาอย่างง่าย ๆ โดยการใช้แผนภูมิที่กล่าวมาแล้ว

ในอุปกรณ์ป้องกันที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มักจะเป็น AVS และ UPS เพราะสามารถแก้ไขปัญหาทางไฟฟ้าได้หลายประเภท ในที่นี้จึงขอบอกคุณสมบัติโดยสังเขป ของ AVS และ UPS ดังนี้

คุณสมบัติของ UPS

1.UPS ควรถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือให้ความเที่ยงตรงของระดับแรงดันไฟฟ้าวาว ในระดับที่เชื่อถือได้ (220 V,+/-3-5 %) เมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าขาเข้าจากสายส่งกำลังเปลี่ยนแปลงขึ้นลงระหว่าง 220 V +/- 15 %

2. UPS ควรถูกออกแบบให้สามารถจ่ายความถี่ขาออกได้อย่างเที่ยงตรงในย่าน 90 Hz +/- 1Hz ถึงแม้ว่าความถี่ขาเข้าจะเปลี่ยนแปลงระหว่าง 47-53 Hz (+/- 5 %)

3. UPS ต้องถูกออกแบบให้สามารถ สร้างรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าหาออก เป็นรูป Sine Wave เช่นเดียวกับไฟจากการไฟฟ้า และมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด คิดเป็นสัดส่วนไม่เกิน +/- 5% เมื่อเทียบกับรูปคลื่น Sine มาตราฐาน ทั้งนี้สำหรับโหลดซึ่งมี Power Factor ระหว่าง 0.7 leeding ถึง 0.7 lagging

4. UPS ควรถูกออกแบบให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตามปกติแม้ในภาวะการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด (Over Load) ถึง 25 %

5. วงจรภาคแปลงไฟฟ้าตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) ควรจะถูกออกแบบให้มีระบบป้องกันตัวเองเมื่อเกิดการใช้กระแสเกินพิกัด และต้องใช้เวลาในการตัดต่อให้น้อยที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดความขาดหายของกระแสไฟฟ้า อันอาจจะทำให้เกิดปัญหากับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 4 mS

6. ในกรณีที่ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหัน(Load Step) ถึง 50 % ของปริมาณกระแสเต็ม UPS ต้องถูกออกแบบให้ระดับแรงดันไฟฟ้าขาออกเปลี่ยนแปลงไม่เกิน +/- 10 % จาก 220 V และกลับสู่สภาพปกติในเวลาไม่เกิน 40 mS และสามารถกลับตัวเข้าสู่สภาวะปกติในเวลาไม่เกิน 40 mS

7. เมื่อเกิดไฟฟ้าดับ และแบตเตอรรี่ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าในระยะเวลาชั่วคราว UPS ควรถูกออกแบบให้ มีสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้ เมื่อระดับไฟฟ้าจากแบตเตอรรี่เริ่มอ่อนตัวลงถึงจุดที่ไม่สามารถจะให้แรงดันระดับแรงดันไฟฟ้าขาออกที่ยอมรับได้

ข้อเสียของ UPS

1. มีราคาแพงมาก
2. มีความยุ่งยากในการติดตั้ง เพราะมีขนาดใหญ่
3. มีเสียงรบกวน ค่อนข้างสูง

คุณสมบัติของ AVS

1. มีระบบปรับแรงดันไฟฟ้า โดยให้เกิดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยควรใช้อุปกรณ์ Switching ทำงานที่ Zero Voltage Crossing ให้สัญญาณระบกวนน้อยกว่า Relay

2. ใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ชนิด คือ Auto Tranformer และ Boost Tranformer เพื่อลดทอนกระแส ในกรณีเกิดกระแสกระชากเกินพิกัด ป้องกันไม่ให้อุปกรณ์สวิทช์ซึ่งเสียหาย สามารถจ่ายแรงดันไฟขาออกในระดับแรงดันที่ปกติ

3. มีการป้องกันการลัดวงจร เมื่อเกิดการลัดวงจรไม่ว่าในกรณีใด ๆ เครื่องจะต้องหยุดทำงานทันที เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องมือที่ต่อพ่วงอยู่เกิดความเสียหาย

4. สามารถป้องกันการกระโชกของไฟฟ้าได้ ในกรณีที่ไฟฟ้าดับและมาให้โดยทันที โดยใช้ Reset Switch

5. ถ้าแรงดันไฟฟ้าขาออก ที่จ่ายให้กับเครื่องมือต่าง ๆ เกิดการผิดปกติเกินกว่าอัตรา +/- 10 % เครื่องจะต้องหยุดทำงานทันที มิฉะนั้นจะทำให้เครื่องมือต่าง ๆ เสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. มีเสียงหรือสัญญาณเตือนในกรณีไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาทางเอาพุท ไม่ว่ากรณีใด ๆ เช่น เมื่อไฟฟ้าเข้ามาดับแล้วมาใหม่โดยทันที เมื่อฟ้าผ่าลงสายส่งกำลังทำให้ไฟฟ้าเข้าสูงมากชั่วขณะ เมื่อเกิดการลัดวงจรในตัวเครื่อง และเมื่อไฟฟ้าเข้าสูงต่ำมากกว่าปกติ คือ มากกว่า 260 V หรือน้อยกว่า 160 V

ข้อเสียของ AVS

เมื่อเกิดปัญหาไฟดับ จะไม่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าขาออก ให้กับคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือต่าง ๆ ได้ ยกเว้น AVS บางรุ่น ซึ่งสามารถจายแรงดันไฟฟ้าสำรองกำลังไฟฟ้าได้เวลาช่วงสั้น ๆ แต่ก็ไม่เกิน 1 นาที เนื่องจากข้อจำกัดทางแบตเตอรี่ของ AVS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการทำงานของเครื่อง

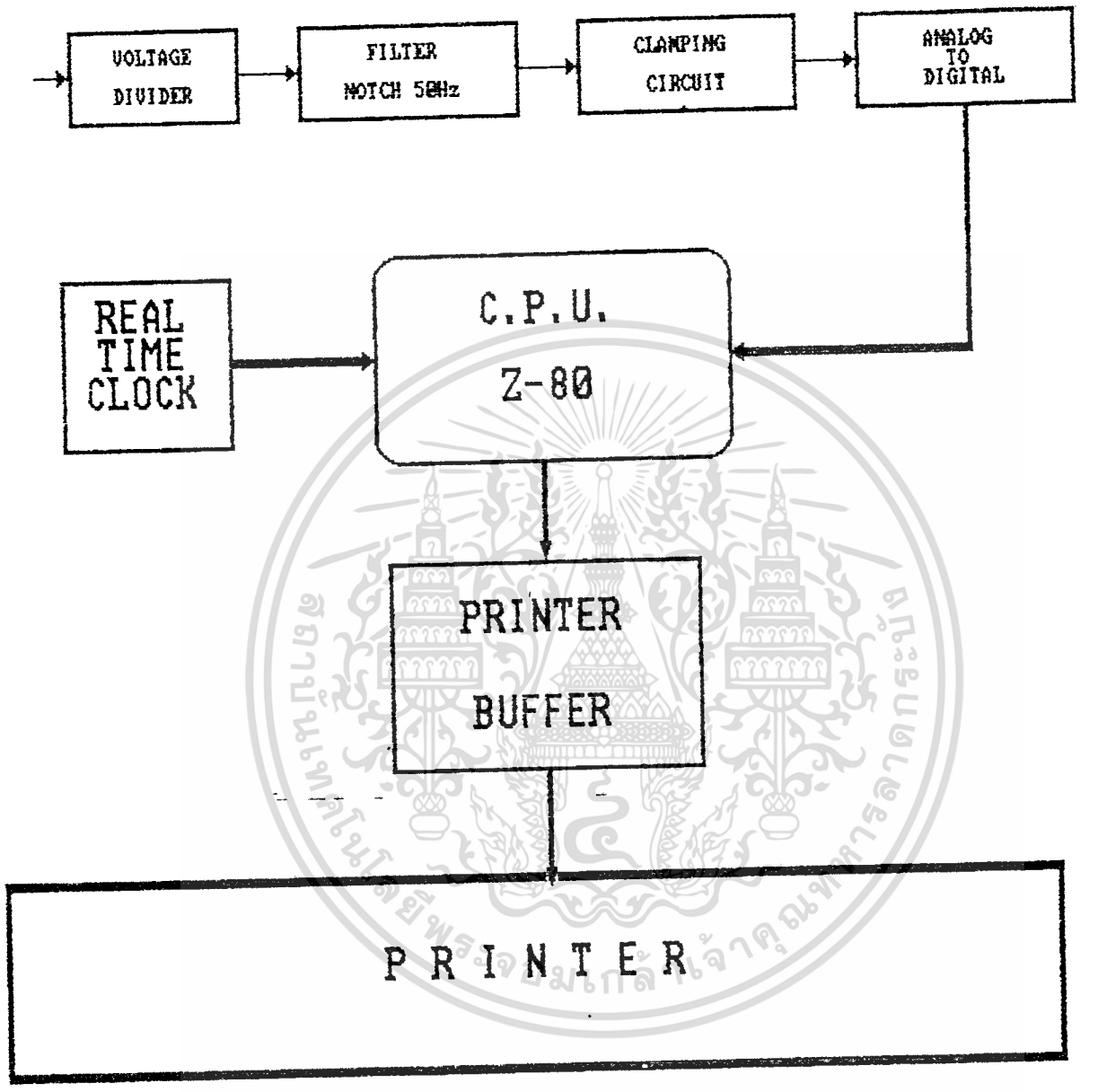
หลักการทำงานของเครื่องก็จะสามารถอธิบายส่วนต่างๆ ของวงจรตามบล็อคไดอะแกรมหน้าถัดไป หลักการทำงานของเครื่องนั้นมีหลักการอย่างง่ายๆ และสามารถอธิบายได้อย่างคร่าวๆ ดังนี้

หลักการทำงานของเครื่อง ขั้นแรก ก็นำเอาระดับแรงดันไฟปกติ 220 โวลต์ มาลดระดับแรงดันลงมาให้เป็นระดับ AC 3 โวลต์ โดยผ่านวงจรโวลต์เต็จดิไวเดอร์ ตามบล็อคไดอะแกรม และหลังจากนั้นก็เอา สัญญาณ AC 3 โวลต์นี้ไปผ่านวงจรกรองความถี่แบบคัทเอาสัญญาณ 50 เฮิทซ์ ออกอย่างเดียวหรือที่เรียกว่า วงจร

โดยมีเกนเท่ากับ 1 สัญญาณที่ออกจากวงจรกรองความถี่ 50 เฮิทซ์ออกนั้นจะมีลักษณะ คือ จะมีสัญญาณรบกวนออกมาที่ไม่ใช่ 50 เฮิทซ์ จะเรียกสัญญาณที่ออกมาว่าเป็นสัญญาณรบกวน สัญญาณรบกวนที่ออกมานี้จะมีความแรงเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับสถานที่เมื่อได้สัญญาณรบกวนออกมาแล้ว ก็จะนำเอาสัญญาณรบกวนนี้มายกระดับให้สูงขึ้นไป 2.5 โวลต์ ถ้าเป็นระดับดิจิตอลก็จะเท่ากับ 80 เมื่อยกระดับของสัญญาณรบกวนแล้วก็นำไปต่อกับอินพุท ชาแนล 0 ของอนาลอก/ดิจิตอล โดยจะใช้เบอร์ ADC 0809 หลังจากนั้นวงจรส่วนประมวลผลโดยใช้ CPU # Z-80 จะทำการประมวลผลโดยการเปลี่ยนระดับสัญญาณจากอนาลอกไปเป็นดิจิตอลที่ชาแนล 0 มาเก็บไว้และมาเปรียบเทียบกับระดับสัญญาณทางดิจิตอล(80) ถ้าสัญญาณที่เข้ามามีค่ามากหรือน้อยกว่าค่านั้นก็จะเป็นค่าของสัญญาณรบกวน สมมติว่า ได้ระดับ ดิจิตอล 82 เมื่อเทียบกับ 80 ก็จะได้ความแตกต่างเท่ากับ 02 ก็จะนำไปคำนวณเพื่อหาระดับแรงไฟรบกวนที่แท้จริง และทำการส่งออกพิมพ์ต่อไปโดยผ่านทางปริ้นเตอร์บัฟเฟอร์

อนึ่ง ในการวัดระดับแรงไฟสัญญาณรบกวนในแต่ละที่นั้น ก็จะมีสัญญาณน้อยมากแล้วแต่ช่วงเวลาในแต่ละวัน เพราะฉะนั้นก็ควรทราบเวลาขณะที่เกิดสัญญาณไฟรบกวน เพื่อจะได้ทราบช่วงเวลาที่เกิดสัญญาณรบกวน ว่าเกิดในช่วงใดในวันหนึ่งๆ ดังนั้นในวงจรจึงได้มีวงจรบอกเวลาที่เรียกว่า Real time clock ไว้คอยบอกเวลาเพื่อเป็นสถิติในการวิเคราะห์ ในการเลือกระบบป้องกันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BLOCK DIAGRAM OF POWER LINE MONITOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างวงจร

การออกแบบวงจรได้ถูกออกแบบเป็นหลายภาค เพื่อให้แต่ละภาคแยกหน้าที่การทำงานออกไปเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบ และการสร้าง จะแบ่งวงจรทั้งหมดเป็นส่วนๆ แยกออกจากกัน ดังนี้

3.1 วงจร Analog to Digital Conventor และการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ

3.2 วงจรจัดการสัญญาณส่วนหน้า

- 3.2.1 วงจร Vottage divider
- 3.2.2 วงจรกรองความถี่ 50 Hz ออก (Notch Filter)
- 3.2.3 วงจรยกระดับแรงดันไฟ (Clampling)

3.3 วงจรบอกเวลา (Real time clock)

3.4 วงจรประมวลผล Z 80

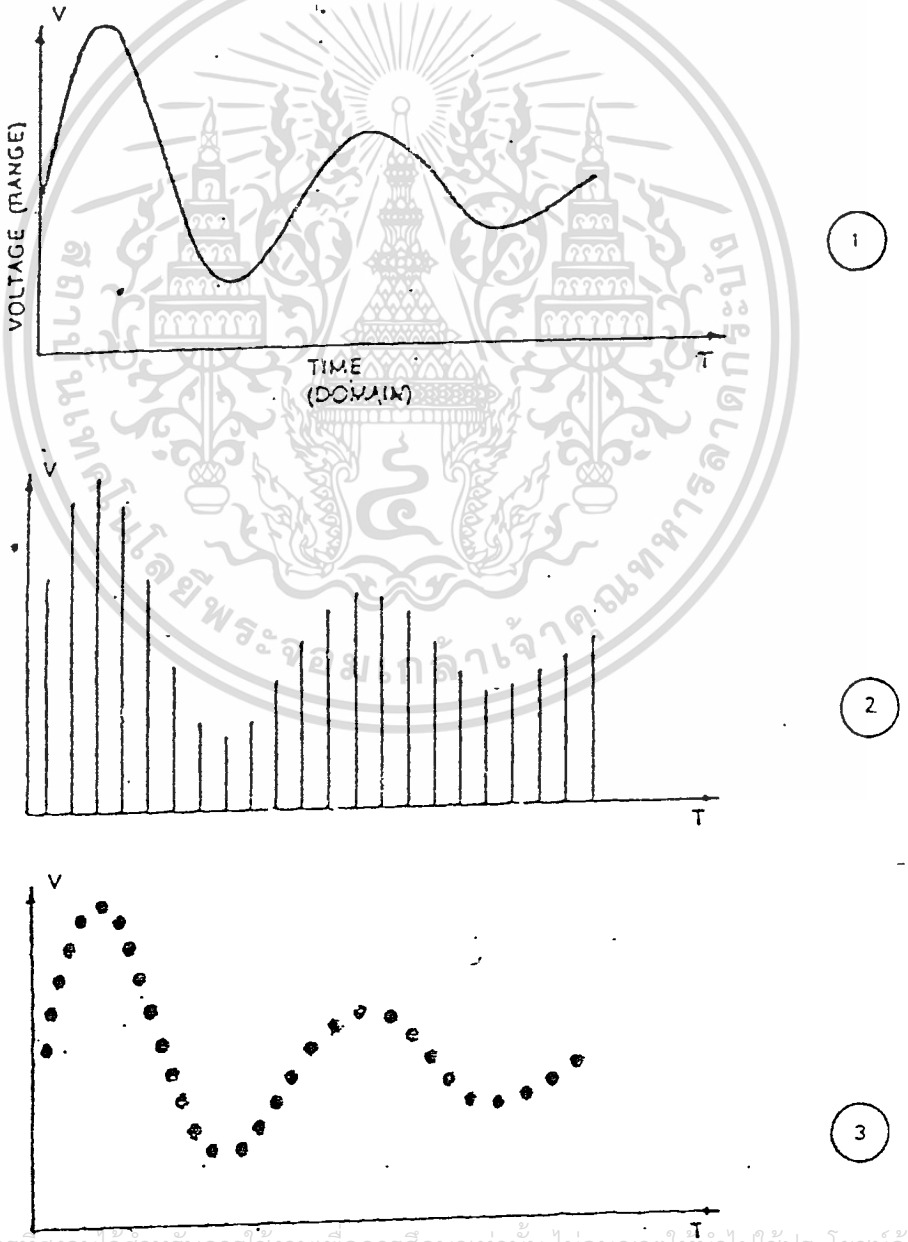
3.5 วงจร Power Supply

3.6 วงจร Printer Buffer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ลักษณะของสัญญาณในการเปลี่ยนข้อมูล

จากรูป 3.1 เป็นการแสดงแบบสัญญาณชั่วขณะ โดยรูป 2.1.1 เป็นสัญญาณอานาลอก (Analog) ค่าจะเปลี่ยนไปตามขนาดและช่วงเวลา โดยสัญญารอานาลอก (Analog) จะเป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้ จากรูป เป็นการสุ่มตัวอย่าง (Sampled) ของสัญญาณอานาลอก (Analog) ค่าของแรงดันและกระแสจะมีขนาดขึ้นอยู่กับเวลาที่ต้องการวัดเฉพาะจุด โดยมีการกำหนดอัตราสุ่มตัวอย่าง (Sampled) ที่แน่นอนกับสัญญาณที่ต้องการจะใช้ และตัดคลื่นสัญญาณที่เกินออกไปการสุ่มตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

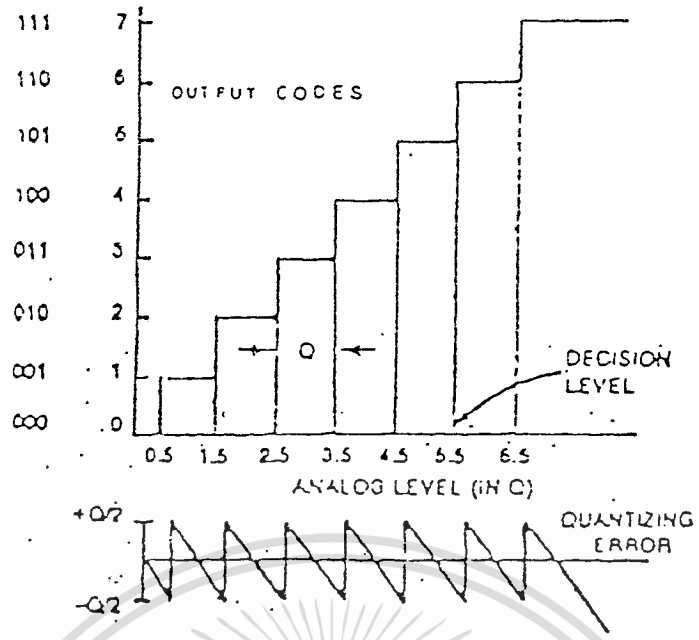
รูป 3.1 แสดงสัญญาณ

1. สัญญาณอานาลอก (Analog signal)
2. สุ่มตัวอย่างของสัญญาณ (Sampled singal)
3. สัญญาณดิจิไตซ์ (Digtized signal)

สัญญาณ (Sampled singnal) สามารถที่จะแสดงภายในค่าที่กำหนดขนาดไว้ สัญญาณดิจิตอล (Digital) ที่ถูกต้องจะต้องมีขนาดและช่วงเวลา จากรูป 2.1.3 แสดงค่าในชั่วขณะเวลาต่าง ๆ กัน ในรูปของเลขฐานสอง (Binary) แทนแรงดันที่ช่วงเวลาขณะนั้น ระดับแรงดันที่ได้ในรูป 3.1.3 นี้ จะอยู่ระหว่างค่าที่ยอมให้ผิดพลาดได้ แต่มันจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้องที่สุด

เมื่อมีสัญญารอานาลอก (Analog) ที่เป็นแรงดันหรือกระแสถูกนำมาเปลี่ยนสัญญาณเป็นดิจิตอล (Digital) เราสามารถทำให้เป็นค่าเป็นช่วง ๆ (Discrete value) รูป 3.2 แสดงถึงสัญาณถูกควันไตเซอร์ (Quantizer) สัญญาณอานาลอกที่จะเข้ามาจะพล็อต (Plot) ค่าไปตามแนวนอน (Horizontal) ในขณะที่ระหัสสัญญาณดิจิตอลที่ออกมาจะพล็อต (Plot) ไปตามแนวแกนตั้ง (Vertical) ค่าผิดพลาดของควันไตซิ้ง (Quantizing error) เป็นฟังชั่น (function) กับจำนวนบิทในดิจิตอลเวิร์ด (Digital word) จำนวนของบิทจะบอกถึงค่าทางดิจิตอลจากศูนย์ถึงค่าสูงสุดซึ่งใช้แทนค่าอานาลอก ค่าผิดพลาดของควันไตซิ่ง (Quantizing error) สูงสุดจะมีค่าเท่ากับ + 1/2 LBS โดยค่าผิดพลาดนี้จะเกิดเป็นประจำ จากรูป 2.2 แสดงสัญญาณอานาลอก (Analog) สามารถเปลี่ยนค่าได้ระหว่าง 0-7v. (มี 3 บิท) จะมีค่าเป็น 0,1,2,3,4,5,6 และ 7 ถ้าสัญญารอานาลอก (Analog) มีค่า 2.56 ซึ่งอยู่ระหว่างค่า 2 กับ 3 ของสัญญาณดิจิตอล (Digital) ที่ออกมา

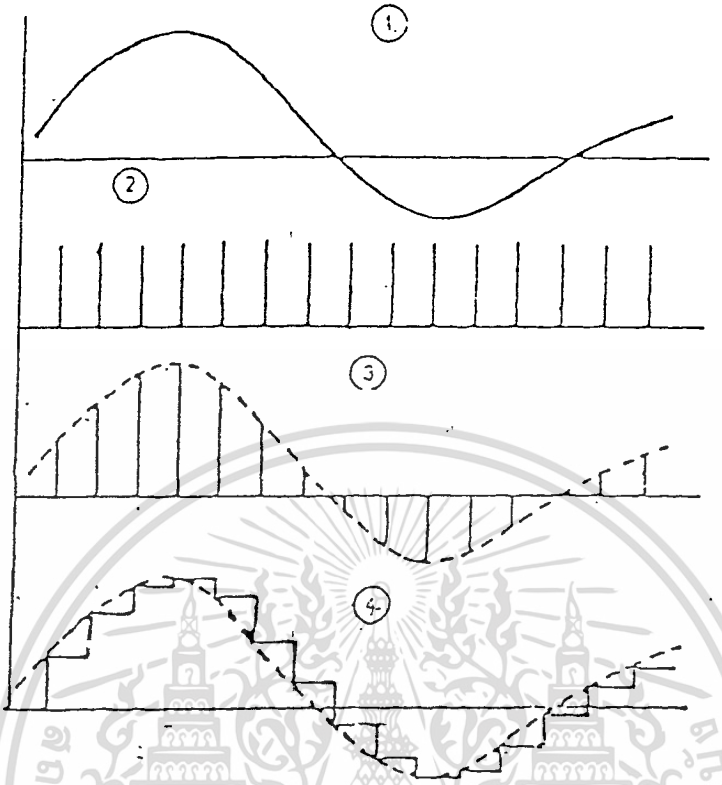
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 แสดงถึงค่าระดับ สัญญาณอนาลอกที่ถูกต้องและค่าผิดพลาดของ Quantizing eror

ตามตัวอย่างสัญญาณดิจิตอลที่ออกมาจะมีค่าของเลขไบนารี่ (Binary) เท่ากับ 011 มีค่าเท่ากับ 3 จากรูปจะมีค่าผิดพลาดของควันไตซิ้ง (Quantizing error) เท่ากับ 1/2 อันที่จริงแล้วค่าควรจะอยู่ที่ 0 จำนวน N บิทของข้อมูลที่เปลี่ยนจะมีค่าที่ถูกต้องจะต้องมีอานาลอก ดิวิชั่น พอยท์ (Analog decision point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.3 แสดงลักษณะของสัญญาณ

1. สัญญาณอานาลอก (Analog singnal)
2. แซมปลิงพัลซ์ (Sampling pulse)
3. สัญญาณสุ่มตัวอย่าง (Sampled signal)
4. สัญญาณเซมเบิลและโฮล (Sampled and Hold singal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.3 แสดงการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณอานาลอก (Analog) จะใช้สัญญาณที่ใช้สุ่มตัวอย่าง (Sampling pulse) เป็นตัวกำหนดอัตราการสุ่มตัวอย่างและมีวงจรการแซมเปิลและโฮล (Sampled and Hold) เก็บค่าไว้ชั่วขณะ ซึ่งค่าที่ผ่านวงจรนี้จะมีค่าผิดพลาด แต่อัตราการเปลี่ยนมีความเร็วสูงทำให้สัญญาณที่ออกมาผิดพลาดไปจากสัญญาณที่เข้ามาน้อยมาก

3.3 <u>การเปลี่ยนสัญญาณอานาลอก</u> (Analog) เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital)

การเปลี่ยนสัญญาณอานาลอกเป็นดิจิตอลนั้น ไม่ว่าจะเป็นแรงดันหรือกระแสให้เป็นค่าดิจิตอล เวิร์ด (Digital word) ซึ่งการเปลี่ยน A/d นี้สามารถนำไปอินเตอร์เฟส (Interface) เข้ากับชุดไมโครคอมพิวเตอร์ได้แล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้ เช่น เกี่ยวกับทางด้านเครื่องมือวัด กับออสซิลโลสโคป ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลได้ และอื่นๆ

การเปลี่ยน A/D จะใช้แรงดันอ้างอิงส่วนใหญ่แล้วจะมีขนาด 0-5 v., 0-10 v., +10 v., +15v. หรือ 10 v วงจร A/D แบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 แบบ คือ

3.2.1 วงจรที่ใช้การเปลี่ยน D/a ป้อนกลับ ได้แก่ วงจรนับแบบเคาร์เตอร์แรมป์ (Counter ramp) และแบบซัคเซสซิพแอพพล็อควิเมชั่น (Successive approximation)

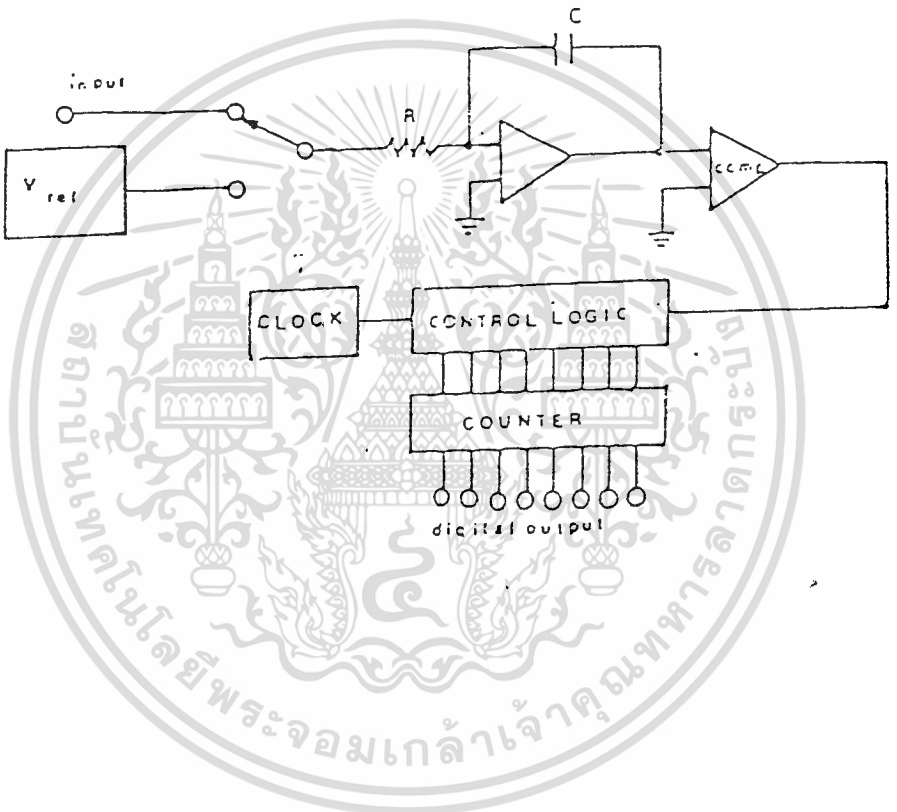
3.2.2 วงจรที่อินทีเกรเตอร์ (Integrater) เป็นตัวสร้างแรมป์โวลท์เตจ (Ramp Voltage) ได้แก่ วงจรแบบซิงเกิลสโลป ดูอัลสโลป (Dual Slope Integrater) และทริบเปิลสโลป (Triple Slope Integrater)

3.2.3 วงจรขนาน (parallel ADC Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>คุณสมบัติของ A/D บางชนิดที่นิยมใช้กัน</u>

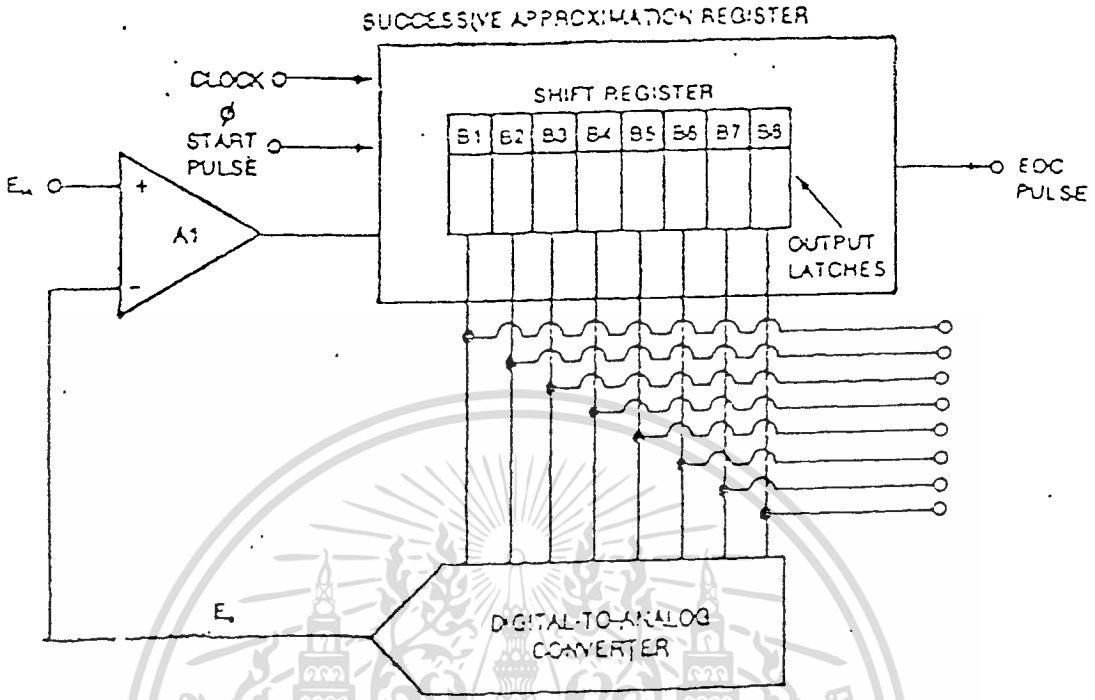
1. ดูอัลสโลป (Dual Slope ADC) ADC แบบนี้ใช้การอินทิเกรตมีข้อดีคือมีลิเนียร์ (Linearity) สูง สามารถขจัดสัญญาณรบกวน (noise) ต่าง ๆ ที่มากับอินพุทได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อเสียอีก มีความเร็วต่ำ ซึ่งนำไปใช้งานกับพวกเครื่องมือวัด



รูป 3.4 แสดงวงจรดูอัลสโลป (Dual Slope ADC)

2. ซัดเซสซิพแอพพล๊อคซิเมชั่น (successive approximation ADC) หลักการแบบนี้คือ การทดลองและหาความคลาดเคลื่อน จะทำได้โดยการทดลองการเปลี่ยนสัญญาณจากอานาลอกมาเป็นดิจิตอล แล้วทดสอบดูผลลัพธ์แล้วปรับปรุงแต่งเอาพุท ซึ่งขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ของการทดสอบซึ่งมันจะทำการทดลองอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งครบทุกบิท จึงจะเสร็จสิ้นการเปลี่ยนสัญญาณจากอานาลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



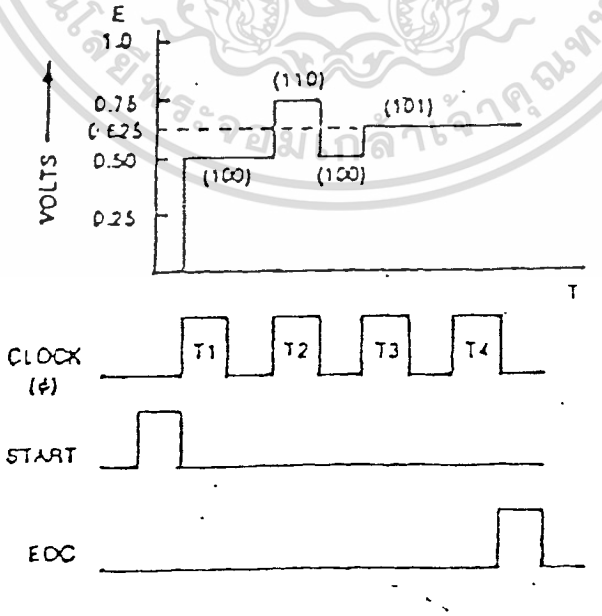
รูป 3.5 แสดงบล็อคไดอะแกรมของวงจร SA ADC

ในวงจรของ SA-ADC (Successive approximation ADC) นั้น จะทำการทดลอง โดยการเปรียบเทียบระดับของแรงดันไฟฟ้าและผลลัพธ์ของมัน จะนำมาเซทหรือรีเซทบิทในรีจิสเตอร์ ดังจะแสดงบล็อคไดอะแกรมในรูป 2.8 ส่วนประกอบที่สำคัญก็มีตัวเปรียบเทียบแรงดัน ตัวเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอานาลอก (ADC) ส่วนควบคุมสัญญาณลอจิก ชิพท์รีจีสเตร์ และเอาพุทแลทช์ ส่วนประกอบ 3 อย่างสุดท้ายรวมกันอยู่ ในวงจรรวมของซัคเซลซิพแอพพลิ้คชิเมชั่น รีจีสเตอร์ เอาพุทแลทช์ จำเป็นต้องมีเพราะการเซทหรือรีเซทจะมีผลต่อเอาพุท

เมื่อ SA-ADC (Successive approximation ADC) ได้รับสตาร์ทพัลซ์ (Start pulse) ทุกบิทจะถูกเซทเป็นศูนย์ บิท B_1 จะต่อกับ MSB ของ DAC เมื่อสัญญาณพัลซ์นาฬิกา (Clock Pulse) ลูกแรกเข้ามาหลังจาก Start pulse เกิดขึ้นแล้ว บิท B_1 จะเซทเป็น 1 ชั่วคราว ซึ่งจะทำเอาพุทของ DAC เป็น 10000000 หรือ ครึ่งสเกล ถ้าแรงดันไม่ทราบค่าทางอินพุทมากกว่าระดับแรงดันเอาพุทของ DAC เอาพุทแลทช์จะยังคงเซท B_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เป็น 1 แต่ถ้าแรงดันทางอินพุทมีค่าน้อยกว่าแรงดินเอาพุทของ DAC B_1 จะรีเซทค้างเป็น 0 บิทแรกจะเป็น 1 ในรูป แบบของมันและจะเป็น 0 ในเวลาคามา หลังจาก SA ADC จะชิพท์ไปทางขวา 1 บิท แล้วเริ่มการทดสอบเหมือนกับบิทที่ 1 ซึ่งแต่ละบิทจะไปเซทและรีเซทเอาพุทแลทช์ แต่ละบิท เช่นกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับผลของการทดสอบของแต่ละบิท เมื่อทำการทดสอบจนถึงบิทสุดท้าย SAR (Successive approximation register) จะแสดงสัญญาณว่าเกินออกมาในพัลซ์สัญญาณนาฬิกา (Clock pulse) ต่อมา ดังนั้นถ้าต้องการ N บิท ช่วงเวลาในการเปลี่ยนข้อมูล 1 ข้อมูลเท่ากับ N+1 ของพัลซ์ของสัญญาณนาฬิกา (Clock pulse)



รูป 3.6 ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรจะแสดงให้เห็นในรูป 2.9 สมมุติแรงดันเต็มสเกลเป็น 1 โวลท์ และค่าแรงดันอินพุท (E_{1n} เป็น 0.625 โวลต์

1. ที่เวลา t1 SA ADC ได้รับสตาร์ท พัลซ์รีจิสเตอร์ B_1 จะเป็น 1 ทำให้เอาพุทขณะนี้เป็น 100 ดังนั้นสเกลของ DAC จะเป็น 0.5 โวลต์

2. ผลการทดสอบจะแสดงว่า E_1 ยังคงมากกว่า E_0 ดังนั้นแลทช์ B_1 จะยังคงเซทเป็น 1 เอาพุทก็ยังคงเหมือนตอนแรกคือยังคงเป็น 100

3. ที่เวลา t2 (ได้รับพลัซ์ของสัญญาณนาฬิกาลูกต่อมา) รีจิสเตอร์ B_2 จะถูกเซทเป็น 1 เอาพุทในขณะนี้จะเป็น 110 แรงดัน E_0 ดังนั้น เอาพุทของรีจิทสเตอร์แลทช์ B_2 จะรีเซทเป็น "0" เอาพุทขณะนี้เป็น 100

4. ที่เวลา t3 เอาพุทของ B_3 จะถูกเซทเป็น 1 ดังนั้นค่าเอาพุทจะเป็น 101 ค่าแรงดัน E_0 ขณะนี้เท่ากับ 0.625 โวลต์ ดังนั้น $E_0 = E_1$ ดังนั้นแลทช์ สำหรับบิท B_3 จะเซทเป็น 1 ทำให้ได้เอาพุทเป็น 101

5. ที่เวลา t4 จะเกิดสัญญาณโอเวอร์โฟลร์ (Over flow) ขึ้นดังนั้น ทำให้วงจรภายนอกรู้ว่าข้อมูลที่อยู่บนสายเอาพุทนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้วคอนโทรลลอจิก (Control logic) จะส่งสัญญาณ EOC พัลซ์ (EOC pulse) ออกมา

เพราะว่าในตัวอย่างนี้เป็น SAADC ที่มีขนาด 3 บิท ดังนั้นช่วงเวลาในการเปลี่ยนสัญญาณเท่ากับ 3+1 = 4 พัลซ์สัญญาณนาฬิกา (Clock pule) ลองเปรียบเทียบระยะเวลาในการเปลี่ยนสัญญาณของ DC ขนาด 10 บิท 2 แบบ คือ แบบเซอร์โว (Servo) และซัคเซสซิพ แอพพล็อคซิเมชั่น (Successive approximation) ถ้าใช้สัญญาณนาฬิกาที่มีความเร็ว 2 MHz แบบเซอร์โว (Servo) ต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนสัญญาณ 512 ms. แต่แบบ SA (Successive approximation) พิจารณาได้ดังต่อไปนี้

$$Tc = \frac{1 \text{ Sec}}{2 \times 10^6 \text{ pulse}} \quad (n + 1) \text{ pulse}$$

$$= \frac{4 \text{ Sec}}{2\ 10^6 \text{ pulse}} = 2 \text{ mS}$$

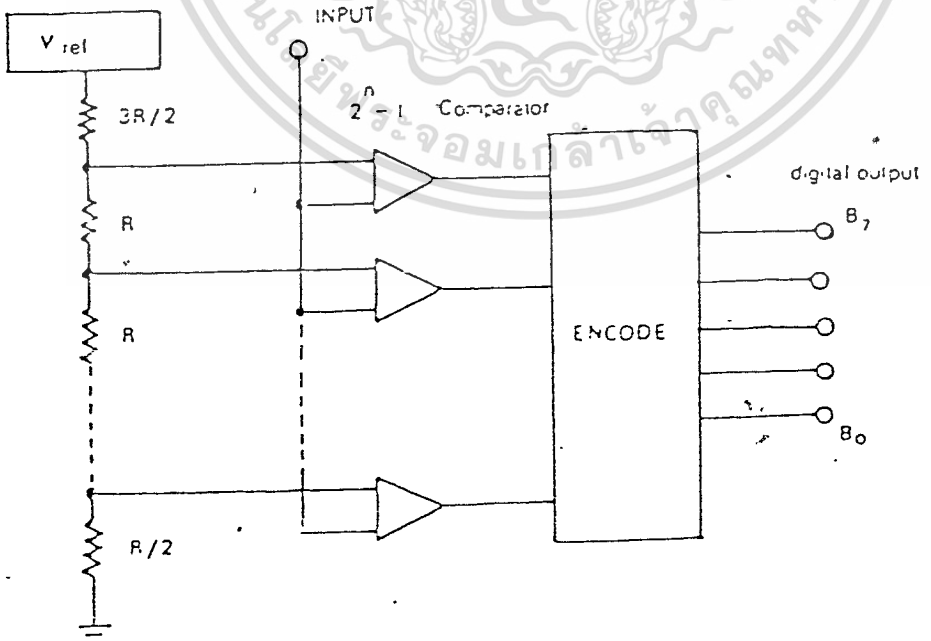
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SA ADC เร็วกว่าเท่ากับ 512/2 = 256 เท่าของแบบเซอร์โว (Servo) ที่มีขนาดความยาว 10 บิท ดังนั้น SA ADC จะนิยมใช้ถ้าความยาวของบิท มากขึ้น

SA ADC ใช้กันมาก โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการอินเตอร์เฟส (Interface) กับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งมีข้อดีคือมี รีซูเรชั่น (Resolution) สูง ซึ่งสามารถทำได้ถึง 16 บิท และมีความเร็วสูงกว่าแบบอื่น ๆ นอกจากแบบขนาน ADC (Parallel ADC) และเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนข้อมูลแต่ละข้อมูลคงที่ข้อเสียคือขณะที่ทำการเปลี่ยนข้อมูลอยู่นั้น สัญญาณอานาลอกที่เข้ามาจะต้องคงที่ไม่เช่นนั้นสัญญาณดิติจอลที่ได้ออกมาจะไม่ถูกต้อง ในการแก้ปัญหาต้องมีวงจรแซมเบิลและโฮล (sample and hold) เข้ามาช่วยเพื่อการสุ่มข้อมูลและรักษาไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งจนกว่าการเปลี่ยนข้อมูลนั้นเป็นเลขฐานสองหมดแล้วจึงจะสุ่มข้อมูลใหม่เข้ามา

3. <u>แบบขนาน ADC</u> (Parallel ADC)

แบบนี้จะไม่มีสัญญาณนาฬิกา (Clock) เข้ามาเกี่ยวข้องดังรูป 3.4

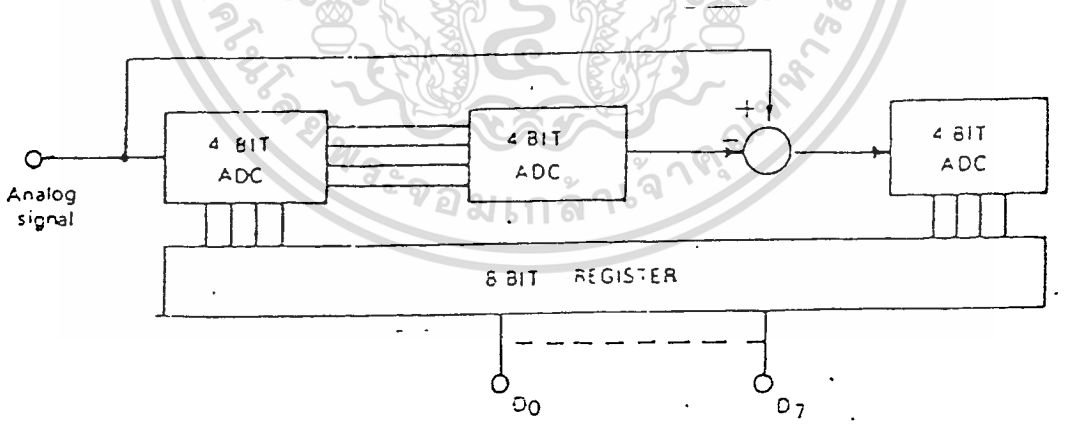


รูป 3.7 บล็อคไดอะแกรมของแบบขนาน ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานจะอาศัยคอมพาเรอเตอร์ (Comparater) ทำการเปรียบเทียบสัญญาณจากอินพุท โดยที่คอมพาเรเตอร์ (Comparater) แต่ละตัวจะมีทริปพอยท์ (Trip-point) ต่างกัน 1 LSB การเปลี่ยนจะเกิดขึ้นพร้อมกันทุกบิท ดังนั้นความเร็วในการเปลี่ยนข้อมูลจึงเร็วมาก เอาพุทที่ได้จากคอมพาราเตอร์ (comparater) แต่ละตัวต้องนำไปเข้ารหัส (Encode) ก่อน

คอมพาเรเตอร์ (Comparater) ที่ใช้จะมีจำนวน $2^n - 1$ โดย คือ จำนวนบิท ถ้าหากเป็น ADC ขนาด 8 บิท จะต้องใช้คอมพาเรเตอร์ (Comparater) ถึง 255 ชุด ซึ่งมีจำนวนมากดังนั้น ADC แบบนี้จึงเหมาะสมสำหรับกรณีที่ต้องการจำนวนบิทน้อย เช่น 3-4 บิท ถ้าต้องการจำนวนบิทที่มากขึ้นเป็น 8 บิท ก็ใช้แบบ 4 บิท จำนวน 2 ชุด มาต่อดังรูป 2.11



รูป 3.8 แบบ 4 บิท จำนวน 2 ชุดมาต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

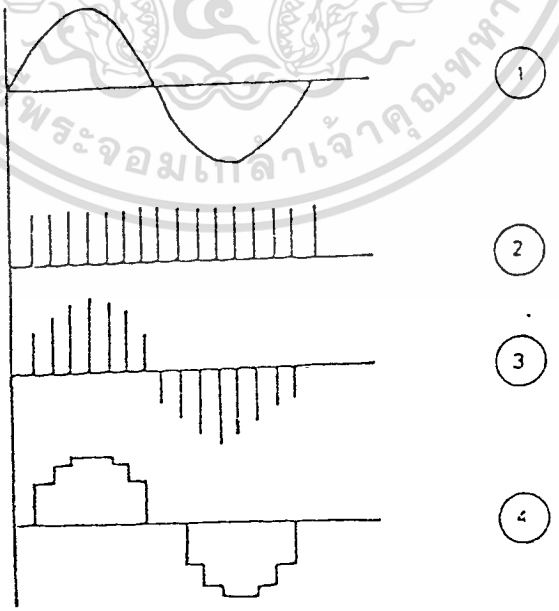
จากรูปดิจิตอล เอาพุทที่ได้จาก ADC ชุดแรกจะถูกเปลี่ยนเป็นอานาลอกอีกครั้ง โดยวงจร ADC แล้วนำไปลบออกจากอานาลอก อินพุทผลที่ได้จึงส่งต่อไปยังชุดที่ 2 ทำการเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล ได้ข้อมูลมากอีก 4 บิท แล้วนำข้อมูลทั้ง 8 บิท ไปเก็บไว้ในรีจีเตอร์ เพื่อส่งเป็นข้อมูล เอาพุทออกไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งจะใช้คอมพาเรเตอร์ (comparator) เพียง 30 ชุดเท่านั้น

ข้อดี ของ ADC แบบนี้มีความเร็วสูง

ข้อเสีย คือ สิ้นเปลืองมากเพราะต้องใช้คอมพาเรเตอร์ถึง $2^n - 1$ ชุด และยังต้องมีการนำไปเข้ารหัส (Encoder) ที่เอาพุทของคอมพาเรเตอร์ (Comparator) ด้วย

4. <u>แซมเปิลและโฮล</u> (Sample and Hold)

แซมเปิลและโฮล (Sample and hold) เป็นวงจรที่ทำการส่มสัญญาณ (Sampling) สัญญาณอานาลอกค่าหนึ่งออกมาแล้วนำไปเก็บไว้ในตัวเก็บประจุ (Capacitor) ซึ่งเวลาที่เก็บต้องเพียงพอที่จะให้ ADC ทำการเปลี่ยนสัญญาณได้ทัน อัตราในการสุ่มต้องมีค่าคงที่แน่นอน



รูป 3.9 แสดงสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เป็นสัญญาณอานาลอกที่จะนำมาเปลี่ยน

2. เป็นสัญญาณตัวอย่างที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างสัญญาณอานาลอก

3. เป็นรูปแสดงสัญญาณอานาลอกหลังจากถูกสุ่มตัวอย่างแล้ว

4. เป็นรูปของสัญญาณที่ผ่านวงจรแซมเบิลโฮลด์แล้วจะส่งไปให้ ADc ทำการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปจองเลขฐานสอง

อัตราในการสุ่มข้อมูลนั้น ต้องสูงพอเพื่อรักษาลักษณะของสัญญเดิมไว้ ในอัตรากลุ่มสุ่มนั้นขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ เช่น ถ้าสัญญาณอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงช้าก็สามารถใช้อัตราการสุ่มที่ต่ำได้

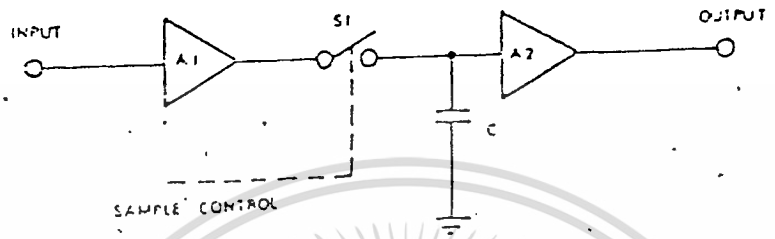
วงจรแซมเบิลและโฮม (Sample and Hold) ที่ใช้กันมีอยู่หลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติต่างกัน แต่ก็หลักการคล้ายกันโดยทุกแบบจะประกอบด้วยส่วยใหญ่ ๆ 3 ส่วนคือ

1. สัญญาณอานาลอก อินพุท ทำหน้าที่เป็นส่วนอินพุท ซึ่งต้องมีอินพีแคนซ์สูงเพื่อแก้ปัญหาผลจากโหลด (Loading Offect)

2. ส่วนควบคุมการสุ่มตัวอย่าง ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดการสวิทช์ให้เกิดหรือบิด ถ้าอยู่ในช่วงการสุ่มตัวอย่าง สวิทช์จะเบิดและบิดในช่วงโฮล (Hold) ซึ่งส่วนมากจะใช้เฟท (Fet) เป็นตัวสวิทว์

3. เอาพุท (Output) สวนนี้ต้องมีอินพุทอิมพีแดนซ์ (Imput Impedance) สูงมาก หรือเป็นแบบกระแสที่ใช้ไบอัสต่ำ ๆ (Low bias current) เพื่อรักษาระดับแรงดันที่อยู่ในคาปาซิเตอร์ (Capactior) ให้ลดลงช้าที่สุด โดยทั่วไป จะเป็น เจ - เฟท- อินพุทสเตจ (J-FET input stage)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.10 แสดงวงจนแซลเบิลและโฮล

ในวงจรส่วนนี้เราใช้ IC #ADC 0809 เพื่อเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล โดย IC เบอร์นี้ ใช้หลักการ SUCCESSIVE APPROXIMATION

คุณสมบัติของ ADC 0809

- มีเอาต์พุตธนาน ขนาด 8 บิต
- ความผิดพลาด $\pm$ 1 LSB
- CONVERSION TIME 100 us
- SINGLE SUPPLE + 5 Vdc
- เลือกอินพุต ได้ 8 CHANNEL ซึ่งสามารถ LATCHED CONTROL LOGIC ได้
- อินพุตจะต้องอยู่ในช่วง 0 V - 5 V หรือ $V_{ref(+)}$ และ $V_{ref(-)}$
- ทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิ - 40 องศาเซลเซียส ถึง + 80 องศาเซลเซียส
- มีขนาดมาตราฐาน 28 ขา
- สามารถ LATCHED OUTPUT ได้และ เอาต์พุตเป็น TRI-STATE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกช่องสัญญาณ INPUT

เนื่องจากเราจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณ อนาลอกเป็นดิจิตอล จำนวน 2 สัญญาณ ดังนั้นจะต้องมีการกำหนดช่องสัญญาณอินพุท โดยเราจะเลือกช่องสัญญาณ ได้ตามตารางที่ 3.11

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

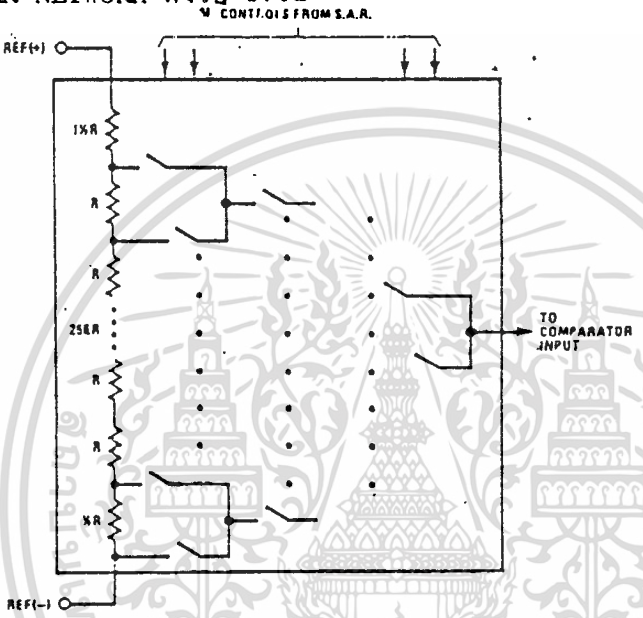
ตารางที่ 3.11 แสดงการเลือก CHANNEL INPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับและเลือกแรงดันเปรียบเทียบ

การที่เราจะให้การเปลี่ยนแปลงของบิตทางเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามแรงดันอะนาลอกอินพุตให้เป็นตามความต้องการของเราเช่น สมมุติให้ แรงดันอะนาลอกอินพุตเปลี่ยนแปลง 1 mV แล้วจะทำให้ดิจิตอลเอาต์พุต เปลี่ยนแปลงเป็น 1 บิต หรือ แรงดันอะนาลอกอินพุต เปลี่ยนแปลง 2 mV ทำให้ดิจิตอลเอาต์พุต เปลี่ยนแปลง 1 บิต ทั้ง 2 กรณีนี้ เราสามารถทำได้โดยการเลือกระดับแรงดันเปรียบเทียบ ($V_{ref(+)}$, $V_{ref(-)}$)

ภายในส่วน RESISTER LADDER และ SWITCH TREE ของ ADC 0809 ประกอบด้วย 256R LADDER NETWORK ดังรูป 3.12



รูป 3.12 RESISTOR LADDER AND SWITCH TREE

ดังนั้นเอาต์พุตของส่วนนี้จะมีระดับแรงดัน 256 ระดับ คือ เท่ากับจำนวนบิตเอาต์พุต (256 บิต) การเปลี่ยนแปลงของแต่ละระดับ (ΔV) จะได้มาจาก

$$\Delta V = \frac{V_{ref(+)} - V_{ref(-)}}{256} \quad V$$

ในการทดลองเราต้องการ ΔV (1 ระดับ) = 1mV ดังนั้นเราจะได้

$$V_{ref(+)} - V_{ref(-)} = 2.56 \text{ V}$$

เนื่องจาก แรงดันอะนาลอกอินพุตมีซีกบวกและซีกลบ ดังนั้น เราจะแบ่งให้ซีกบวกและซีกลบ ซีกละครึ่งหนึ่งของบิตเอาต์พุต คือ ที่บิต128 (256/2) เราจะให้มีค่าเท่ากับ 0 V ของแรงดันอะนาลอก อินพุต ถ้า บิต เอาต์พุตมากกว่า 128 ก็คือจะซีกบวกอินพุต และถ้าต่ำกว่าบิต 128 ก็คืออยู่ในซีกลบของอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC 0809 ใช้แหล่งจ่ายไฟเป็นแบบ SINGLE SUPPLY ดังนั้น เราจะต้องยกระดับแรงดันของอะนาลอกอินพุต ขึ้นมาเพื่อไม่ให้ซีกลบ ของแรงดันอะนาลอกอินพุตหายไป ดังนั้นเราจะกำหนดให้ที่ระดับ 2.5 Vdc คือระดับบิต 128 หรือระดับ 0 V ของแรงดันอะนาลอกอินพุต

จาก $V_{ref(+)} - V_{ref(-)} = 2.56$ V

ถ้าเราแบ่งครึ่งจะได้ = 2.56/2 = 1.28 V

แรงดันที่บิต 128 = 2.5 V

ดังนั้น แรงดันที่บิต 256 = 2.5 V + 1.28 V

$V_{ref(+)} = 3.78$ V

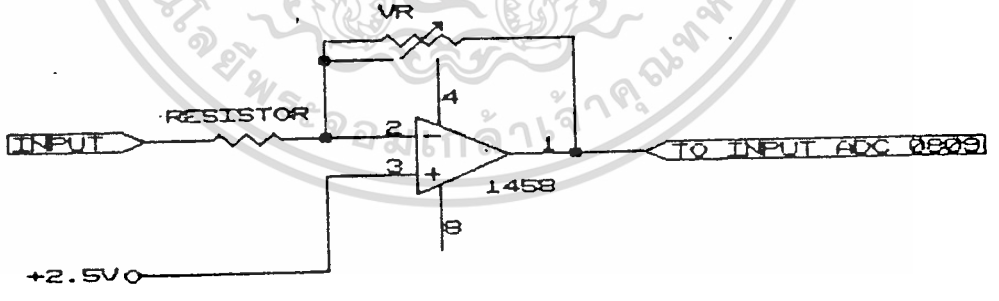
และที่แรงดันต่ำสุดที่บิต 0 = 2.5 V - 1.28 V

$V_{ref(-)} = 1.22$ V

ดังนั้นถ้าเรากำหนด $V_{ref(+)} = 3.78$ V และ $V_{ref(-)} = 1.22$ V เราจะได้

ΔV = 1 mV ต่อ 1 BIT = 1 $mV/_{bit}$

จากการที่เรากำหนด $V_{ref(+)}$, $V_{ref(-)}$ ให้มีค่าต่างกันอยู่ 2.56 V ดังนั้นแรงดันอะนาลอกอินพุต ที่เข้ามาจะต้องอยู่ในช่วง 2.56 V ซึ่งเราจะทำการยกระดับแรงดันอะนาลอกอินพุต ให้ขึ้นอยู่ในซีกบวกทั้งหมด ด้วยเหตุนี้เราจะยกระดับขึ้น 2.5 V โดยใช้วงจรดังรูป 3.13



รูป 3.13 วงจรยกระดับแรงดันอินพุต

จากรูป 3.13 จะมีการปรับอัตราขยายของแต่ละสัญญาณให้เท่ากัน (เนื่องจากตอนที่สัญญาณ EEG ผ่าน FILTER ถูกขยายออกมาไม่เท่ากันในแต่ละช่วงสัญญาณ) ดังนั้นสัญญาณที่ถูกป้อนให้อินพุตของ A/D จะอยู่ในช่วง 1.22 V (00H) ถึง 3.78 V (FFH) ซึ่งทำให้ได้ดิจิตอลเอาต์พุต อยู่ในช่วง 00H ถึง FFH โดยแต่ละบิตจะต่างกัน 1 $mV/_{bit}$

จากการทดสอบวงจร เราจะได้ค่าเอาต์พุตดังตาราง 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vin(Volt)	O/PของA/D	O/P คำนวน	ค่าผิดผลาด
-1.20	9	8	+1
-1.00	28	28	0
-0.80	47	48	-1
-0.68	60	60	0
-0.55	72	73	-1
-0.45	82	83	-1
-0.30	97	98	-1
-0.15	113	113	0
0.00	128	128	0
0.05	133	133	0
0.23	153	153	0
0.30	159	158	+1
0.57	184	185	-1
0.75	204	203	+1
0.93	222	221	+1
1.00	229	228	+1
1.15	242	243	+1

ตารางที่ 3.14 ผลการทดลองการแปลงค่าของ A/D

จากตารางเราจะเห็นได้ว่ามีค่าผิดพลาดอยู่บ้าง ซึ่งจะอยู่ในช่วง $\pm$ 1 LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในการใช้งานจริงเราจะใช้ Vref (+) ที่ 5 V. และ Vref (-) ที่ 0V. เพื่อให้สามารถรับแรงดันอินพุทที่มีขนาดใหญ่ได้ ดังนั้น แต่ละบิตของเอาท์พุทจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุท = $\frac{(5-0)}{256}$ = 19.53 mv. ซึ่งจะทำให้เมื่อแรงดันอนาลอกอินพุทเปลี่ยนแปลง 19.53 mv. จะทำให้บิตของเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงไป 1 บิต

จากการทำงานของ ADC 0809 เราจะทำการสร้างส่วนติดต่อกับ MICROPROCESSOR Z 80 โดย ทำได้ดังนี้

- กำหนด PORT ที่รับสัญญาณจากวงจร NOTCH FILTER ซึ่งสัญญาณเอาท์พุท จาก NOTCH FILTER เป็นสัญญาณรบกวนที่มาจาก AC Line

- กำหนด PORT ที่รับสัญญาณจากวงจร RECTIFIER เพื่อตรวจสอบสัญญาณแรงดันไฟ 220 V. ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

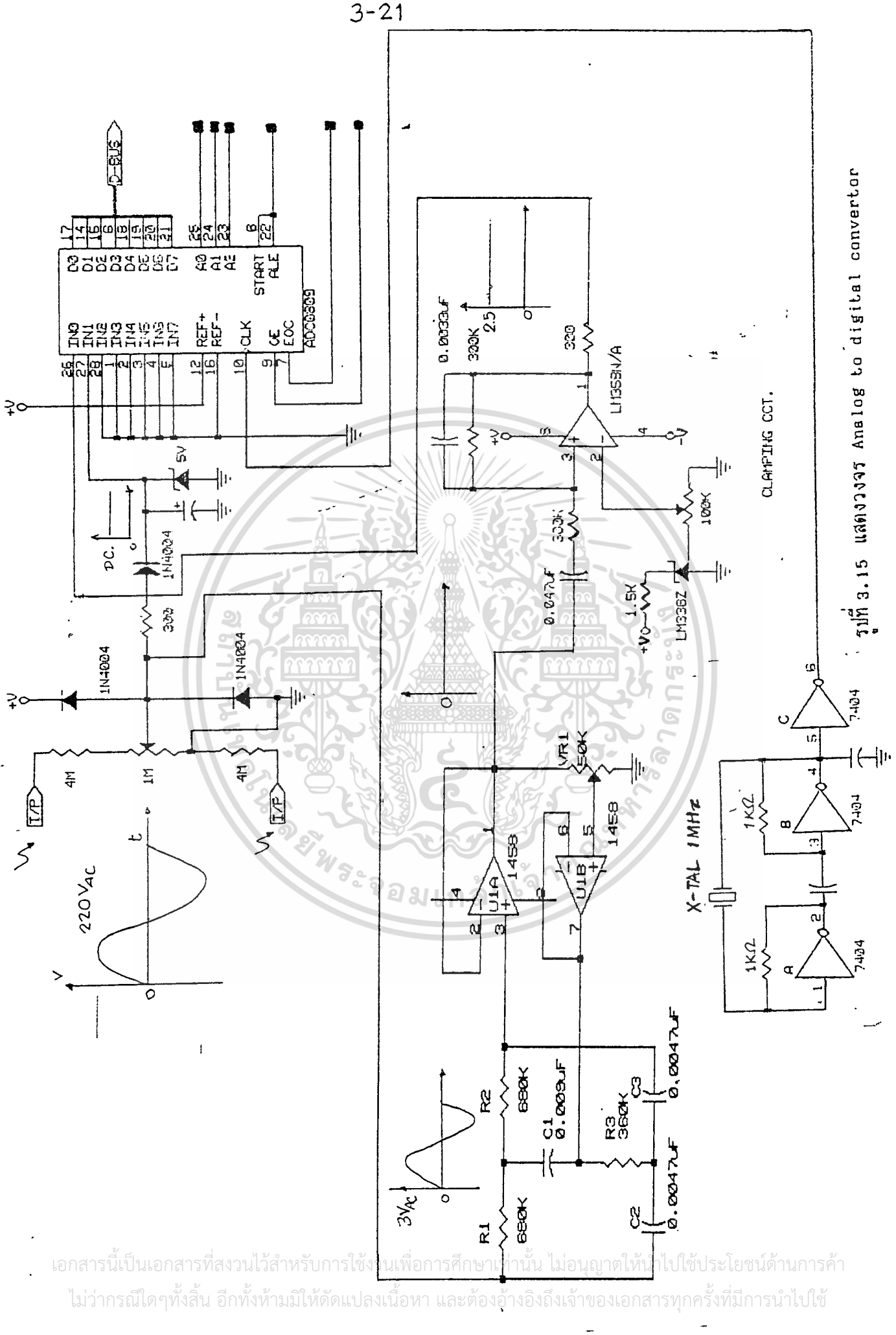
- กำหนด 3 บิตหลังของ ADDRESS BUS กำหนด CHANNEL ADDRESS ของ ADC 0809

- ใช้สัญญาณ IOW เป็นตัวส่งสัญญาณเข้าที่ ALE และ START เพื่อเริ่มการประมวลผล และ LOCK CHANNEL ADDRESS

- ใช้สัญญาณ IOR เป็นตัวส่งสัญญาณเข้าที่ OE เพื่อให้ ADC 0809 ส่งเอาท์พุทออกมาที่ DATA BUS

จากข้อกำหนดทั้งหมดทั้งหมดสามารถออกแบบวงจร A/D ได้ดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงวงจร Analog to digital convertor

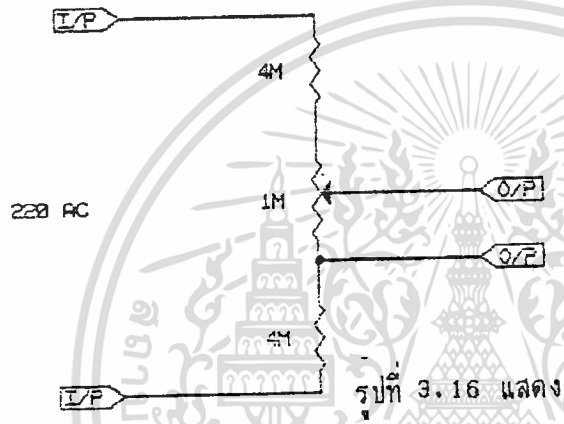
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ภาคจัดการสัญญาณส่วนหน้า (Signal Condition)

3.2.1 วงจร Voltage Divider

ด้วยเหตุที่ภาคอินพุทของเครื่องต้องต่อกับ AC line 220 V โดยตรง จึงมีความอันตรายอย่างมาก จึงต้องมีการออกแบบวงจรโดยมีการระมัดระวังและให้ความปลอดภัยแก่วงจรภาคต่อไปได้ การออกแบบวงจร Voltage Divider มีดังนี้

- ควรเลือกความต้านทานที่มีค่าสูง ๆ เพื่อให้กระแสในวงจรน้อยที่สุด ป้องกันการ short circuit ในวงจร เมื่อมีแรงดันไฟเกินมากผิดปกติ ในวงจรนี้เรากำหนดค่าความต้านทานรวมประมาณ 9 เมกกะโอห์ม เราจะได้กระแสไหลในวงจร เท่ากับ 24 ไมโครแอมป์ และเราจะแบ่งค่าความต้านทาน ดังนี้

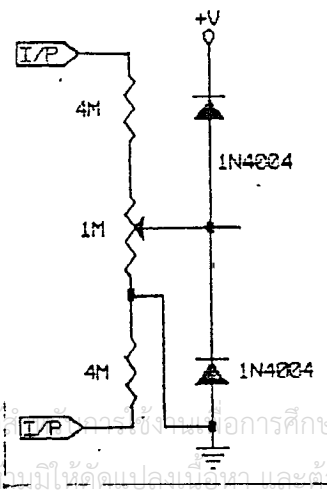


รูปที่ 3.16 แสดงวงจร Voltage Divider

ช่วงนำไปใช้งานคือแรงดันที่ต่อคร่อมที่ VR 1 เมกกะโอห์ม ซึ่งมีค่าประมาณ 24 โวลต์ เราใช้ค่าความต้านทานปรับค่า ปรับให้ได้แรงดันที่นำไปใช้งาน 2.5 Vp-p

- ค่าความต้านทานที่เลือกใช้ควรมีกำลังวัตต์สูงกว่าค่าที่คำนวณได้เพื่อความปลอดภัย ในที่นี้ เราคำนวณค่าวัตต์ได้ เท่ากับ 220/9000000 = 0.005 watt เพื่อความปลอดภัย จึงควรเลือกใช้ความต้านทานขนาด 0.5 ถึง 1 watt ในวงจร และควรเป็นความต้านทานที่ทำด้วย กระเบื้อง แทนคาร์บอน

- การป้องกันไฟเกินของวงจรควรมีไดโอดต่อไว้ที่เอาท์พุทของวงจรดังรูป ไดโอดที่นำมาต่อจะกำจัดแรงดันไม่ให้เกิน 9 โวลต์



รูปที่ 3.17 แสดงวงจรใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

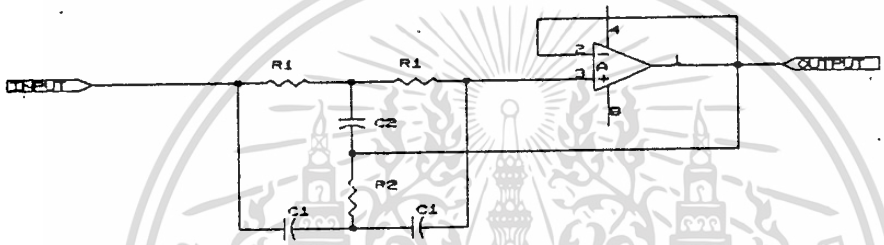
3.2.2 การออกแบบ วงจร NOTCH FILTER

เนื่องจากความถี่ 50Hz ที่ เกิดจาก POWER LINE สามารถเข้ามารบกวนอุปกรณ์ของเรา ดังนั้นเราจึงต้องออกแบบวงจร NOTCH FILTER ที่ 50Hz เพื่อกำจัดสัญญาณ 50Hz ที่มารบกวนให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุด โดยเราจะใช้วงจร NOTCH FILTER ที่ถูกพัฒนามาจากวงจร TWIN-T ซึ่งมีสูตรการหาค่า R,C ดังนี้

$$f_o = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (3.1)$$

เมื่อ $R_1 = 2R_2$ (3.2)

และ $C_1 = C_2/2$ (3.3)



รูปที่ 3.18 แสดงวงจร Notch Filter

จากสมการ (3.3) หาค่า R_1,R_2

เมื่อ $f_o = 50$ Hz

เราเลือก $R_1 = 680$ Kohm

ทำให้ $R_2 = 340$ Kohm

จากสามารถ(4.6) $C_1 = \frac{1}{2\pi f_o R_1}$

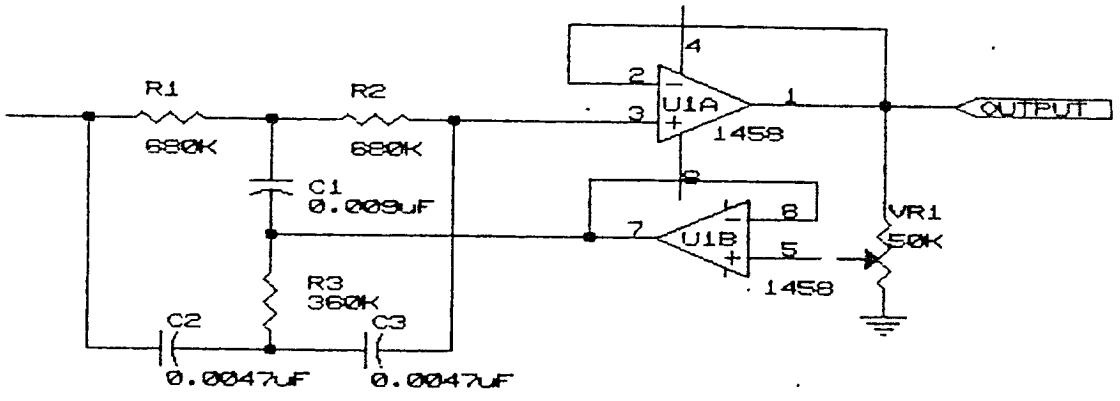
$= 0.0047$ uF

$C_2 = 2C_1$

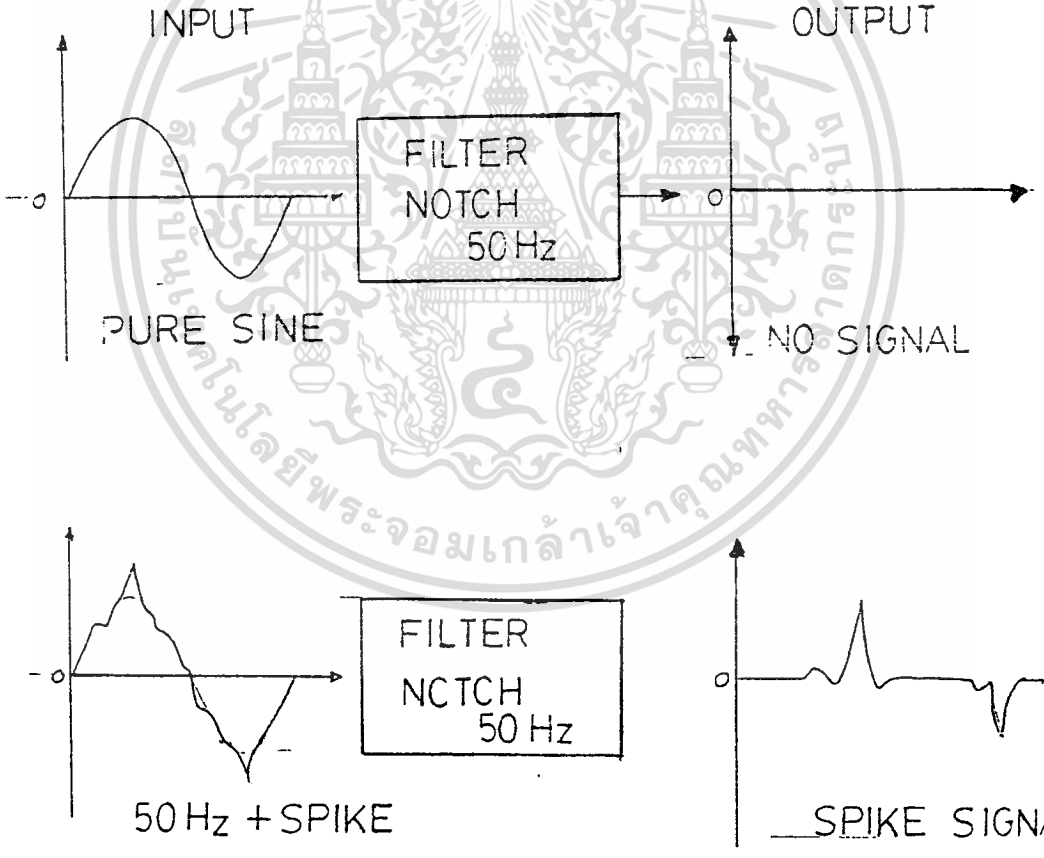
$= 0.0099$ uF

เนื่องจากเราต้องการค่า Q ของ NOTCH FILTER ให้สูงมากๆ เราจะใช้OP-AMP เข้าไปอีก 1 ตัว เพื่อปรับค่า Q ของวงจรให้สูงขึ้น วงจรดังรูปที่ (3.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงวงจรใช้งานจริง

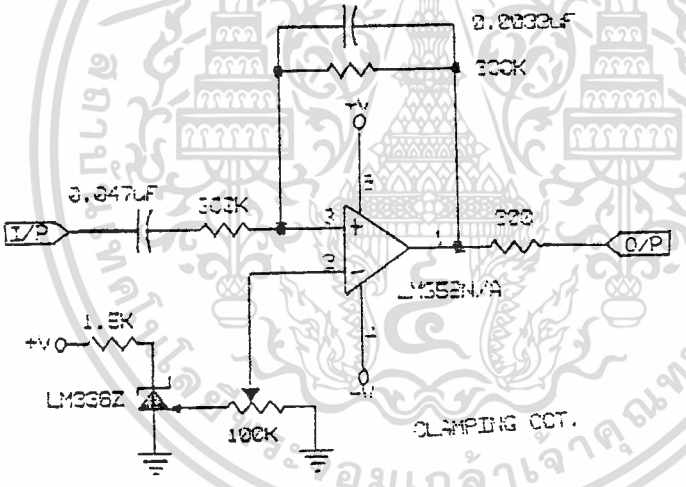


แสดงสัญญาณที่ผ่านวงจร Filter แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรยกระดับแรงดันไฟ

การทำงานของวงจรจะใช้ออปแอมป์ เบอร์ 358 การทำงานของวงจรจะยกระดับจากศูนย์เป็น 2.5 โวลต์ เพื่ออะไร ก็เพื่อประหยัดการทำแหล่งจ่ายไฟลบ 5 โวลต์ของ ADC 0809 และลดความยุ่งยากต่างๆ สัญญาณที่ผ่านวงจรนี้ก็จะถูกยกระดับแรงดัน สัญญาณก็จะถูกขี่อยู่บนระดับไฟ DC 2.5 โวลต์ในวงจรจะเห็นว่า IC เบอร์ LM 336 เป็นการสร้างแรงดันอ้างอิง 2.5 โวลต์ และ LF 358 ต้องใช้แรงดันไฟป้อนให้มากกว่า 5 โวลต์มันจะสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทางด้าน OUTPUT ก็จะมีซีเนอร์ไดโอด 5 โวลต์เพื่อป้องกันมิให้แรงดันไฟที่มากกว่า 5 โวลต์ เข้าไปทำอันตรายแก่วงจร อนาลอก/ดิจิตอลได้



รูปที่ 3.20 แสดงวงจรยกระดับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 RTC ระบบบรีลไทม์คล็อก

RTC มีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์แต่บางเบอร์ก็มีปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลของเวลาผิดพลาดเมื่อทำการบิดไฟของระบบที่มันทำงานร่วมกันอยู่ แต่จากการทดลอง MM58167 เป็น RTC ที่ดีตัวหนึ่งที่หาได้ในเมืองไทยในปัจจุบัน ข้อมูลไม่เสียเมื่อหยุดจ่ายไฟให้กับระบบ (ทั้งนี้ RTC ต้องมีแบตเตอรี่สำรองด้วย) การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์ในที่นี้ได้ออกแบบมาให้ใช้กับ ET. board หรือผู้ใช้ท่านใดมีความประสงค์จะนำไปใช้กับระบบอื่นก็ไม่ใช่เรื่องแปลกเพียงแต่ทำการอินเตอร์เฟสกับระบบให้ถูกต้องเป็นอันใช้ได้

MM58167

ถ้าผู้ใช้คุ้นเคยกับการใช้งานไมโครคอมพิวเตอร์อยู่บ้างข้อสรุปง่าย ๆ ที่ผู้เขียนจะกล่าวต่อไปนี้จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจการทำงานอย่างกว้าง ๆ ของ MM58167

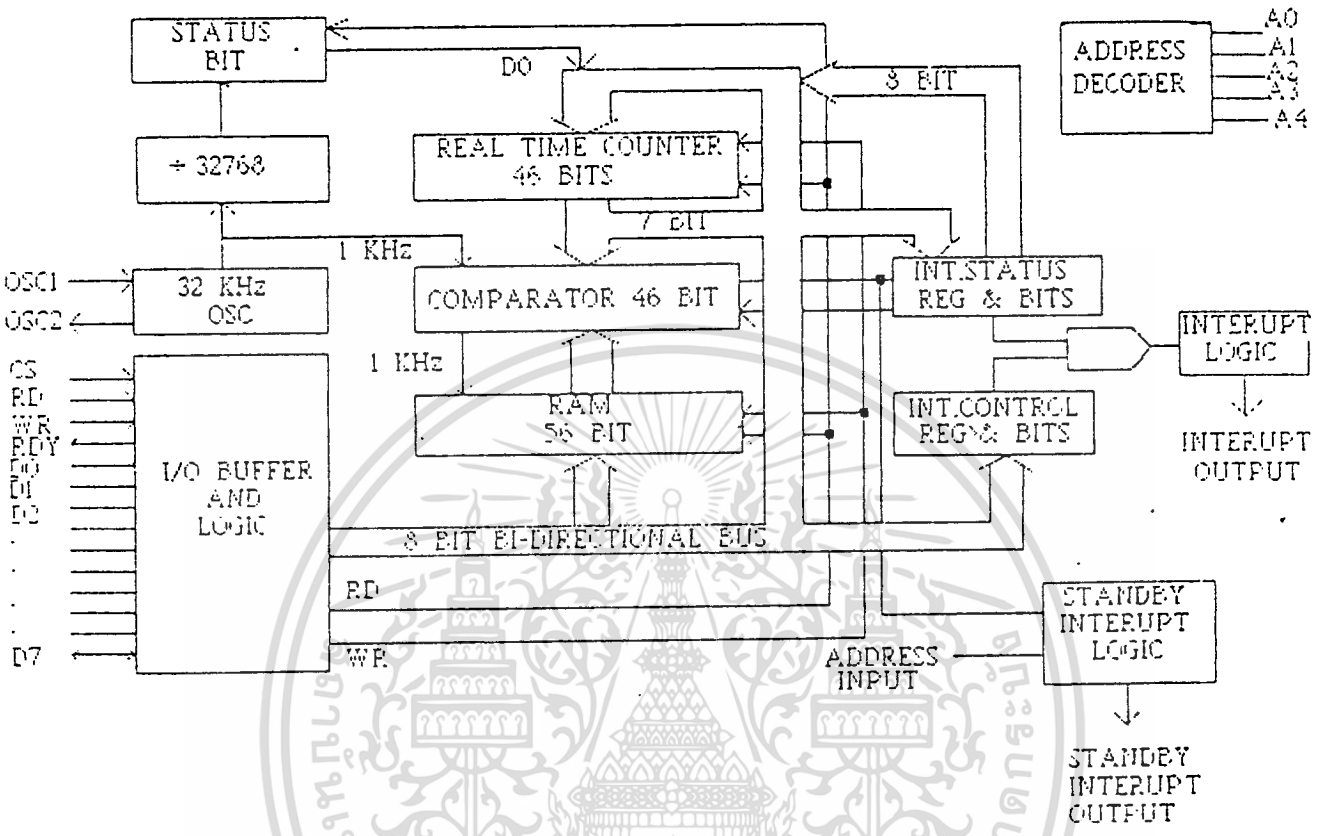
ชิพ 58167 นี้เปรียบเสมือนอินพุตเอาต์พุตพอร์ต ซึ่งสามารถอ่านและเขียนไปที่พอร์ตนั้นได้ ดูจากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 1 จะเห็นว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญ คือตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (oscillator) ตัวนับเวลา (real time counter) ตัวเปรียบเทียบ (compartor) และ RAM

การใช้งานเพียงแต่เขียนข้อมูลแบบ BCD ไปที่ตัวนับเวลา ตามแอดเดรสของเคาน์เตอร์แต่ละตัว เช่นของ วัน ชั่วโมง หรือนาที ตัวนับเวลาก็จะเริ่มเดินตามเวลาที่ตั้งให้ และในทางตรงกันข้ามเราก็สามารถอ่านค่าของเวลาจากตัวนับเวลาได้เช่นกัน นอกจากนั้นผู้ใช้ยังสามารถตั้งเวลาในการให้สัญญาณเตือนได้ โดยสามารถตั้งให้ RTC ให้สัญญาณอินเตอร์เอาต์พุต ในวันเวลาใดก็ได้ โดยที่ตั้งเวลาไปที่ RAM เมื่อเวลาของตัวนับเวลาเดินมาตรงกับเวลาใน RAm จะทำให้เกิดการเปรียบเทียบขึ้นและให้สัญญาณอินเตอร์รัพต์เอาต์พุต ทั้งหมดนี้คือการทำงานอย่างคร่าว ๆ คราวนี้เราลองมาดูการทำงานและการใช้งานของ MM58167

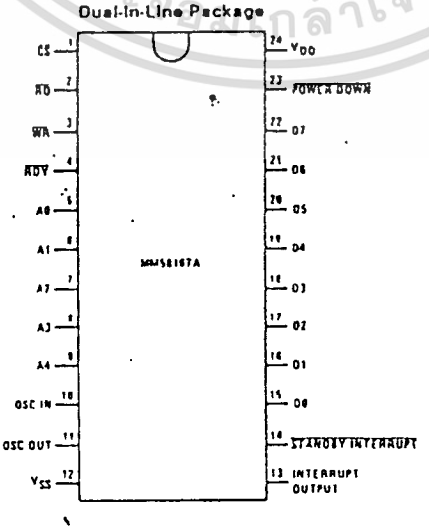
จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.21 มีส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ ที่จะกล่าวถึงก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 แสดงโครงสร้างภายใน



รูปแสดงขา IC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวนับเวลา

ตัวนับเวลาเป็นตัวนับและจัดการเกี่ยวกับเวลาถูกแบ่งเป็นดิจิตละ 4 บิต ซึ่งการเข้าถึงตัวนับเวลาจะกระทำครั้ง ละ 2 ดิจิต (ในขณะ read และ write) ซึ่งแต่ละดิจิตจะให้ค่า BCD ดังแสดงในตารางที่ 1 บิตที่ไม่ใช่จะถูกโฮลด์ด้วย ลอจิก "0" ซึ่งเราไม่ต้องสนใจในขณะที่ทำการเขียนข้อมูลลงบนบัสข้อมูล เหตุที่บางบิตไม่ใช้ก็เนื่องจากว่า ไม่จำเป็นต้องใช้ในการให้ข้อมูลแบบ BCD ของบางหลัก ตัวอย่างเช่นในหลักสิบของชั่วโมงจะไม่เกินเลข 2 ฉะนั้นเราจะใช้เพียง 2 บิตเท่านั้น ไม่ต้องใช้ในบิตที่ 6 และ 7 (ดูตารางที่ 1)

RAM

MM58167 มี RAM ขนาด 56 บิต ซึ่งใช้ในการเก็บข้อมูลเมื่อไฟดับหรือใช้ในการเก็บข้อมูลเมื่อไฟดับหรือใช้เก็บข้อมูลการตั้งปลุกเพื่อที่จะเปรียบเทียบ (compare) กับตัวนับเวลาข้อมูลใน RAM จะสามารถเปรียบเทียบกับตัวนับเวลา และมีดิจิตที่ไม่ใช้คือ หลักหน่วยของ 1/1,000 ของวินาที และหลักสิบของวันในสัปดาห์ (เพราะไม่ใช้ในตัวนับเวลา ดูตาราง 1 ประกอบ)

RAM จะถูกกำหนดให้มีรูปแบบเหมือนกับตัวนับเวลา อย่างไรก็ตามยังมีบิตที่ยังไม่ใช้อยู่ ซึ่งบิตที่ไม่ใช้ในตัวนับเวลานี้จะเปรียบเทียบกับ "0" ใน RAM

อินเตอร์รัพต์และตัวเปรียบเทียบ

มีสัญญาณอินเตอร์รัพต์อยู่ 2 อย่าง อย่างแรกคือ อินเตอร์รัพต์เอาต์พุต (แอคทีฟ "1") เอาต์พุตนี้สามารถจะโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคาน์เตอร์ แอดเดรส	หลักหน่วย D0 D1 D2 D3	BCD โค้ดมากที่สุด	หลักสิบ D4 D5 D6 D7	BCD โค้ดมากสุด
1/100วินาที(00h)	- - - -	9	D4 D5 D6 D7	
1/100 และ 1/10 วินาที (01h)	D0 D1 D2 D3	9	D4 D5 D6 D7	9
วินาที (02h)	D0 D1 D2 D3	9	D4 D5 D6 -	9
นาที (03h)	D0 D1 D2 D3	9	D4 D5 D6 -	5
ชั่วโมง (04h)	D0 D1 D2 D3	9	D4 D5 - -	2
วันในสัปดาห์(05h)	D0 D1 D2 -	7	- - - -	0
วันที่ (06h)	D0 D1 D2 D3	9	D4 D5 - -	3
เดือน (07h)	D0 D1 D2 D3	9	D4 - - -	1

ให้เกิดสัญญาณทางออกได้ถึง 8 อย่าง คือ 10 Hz, 1 Hz, 1 นาที/ครั้ง, 1 ชม./ครั้ง, 1 วัน/ครั้ง, 1 สัปดาห์/ครั้ง, 1 เดือน/ครั้ง และเมื่อแรมกับตัวนับเวลาเกิดการเปรียบเทียบขึ้น

วิธีการที่จะอินาเบิ้ลสัญญาณอินเตอร์รัพต์คือ ให้ลอจิก "1" แก่รีจิสเตอร์ควบคุมการอินเตอร์รัพต์ (interupt control register) ในบิตที่ตรงกับความถี่ที่เราต้องการจะให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์ ดูรูปที่ 2 ประกอบ เช่น ต้องการให้สัญญาณอินเตอร์รัพต์ทุก ๆ 1 นาที ก็ให้ D2 เป็น "1" เขียนไปที่รีจิสเตอร์ควบคุมการอินเตอร์รัพต์ ดูตารางแอดเดรสได้จากตารางที่ 2

เราสามารถเซตรีจีสเตอร์ควบคุมอินเตอร์รัพต์ครั้งละ 1 บิต หรือมากกว่าก็ได้ ตัวอย่างเช่นต้องการให้มีสัญญาณอินเตอร์รัพต์ทุกวินาที และทุก ๆ ชั่วโมงก็เซตบิตที่ 3 (D3) กับบิตที่ 2 (D2) ใน ที่นี้คือ OCh โดยเขียนไปที่แอดเดรสของรีจิสเตอร์ควบคุมอินเตอร์รัพต์ (ดูตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเวลานับมาถึงค่าสูงสุดของแต่ละภาคจะทำให้เกิดคล็อก ให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมอินเตอร์รัพต์ ซึ่งจะทำให้อินเตอร์รัพต์เอาต์พุตเป็น "1" (บิตใดบิตหนึ่งต้องถูกอีนาเบิ้ลด้วย) การอ่านรีจิสเตอร์ควบคุมอินเตอร์รัพต์ทำให้เราทราบว่าสัญญาณอินเตอร์รัพต์เป็นสัญญาณของบิตใด อีกทั้งยังเป็นการรีเซตรีจิสเตอร์ควบคุมาอินเตอร์รัพต์อีกด้วย

การอ่านรีจิสเตอร์ควบคุมอินเตอร์นี้จะได้ข้อมูลบนบัสข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยบิตที่ทำให้เกิดการอินเตอร์รัพต์โดยจะให้ค่าเป็น "1" ที่บิตนั้น (ดูรูปที่ 2 ประกอบ) หลังจากรอบของการอ่านจะทำให้รีจีสเตอร์ควบคุมอินเตอร์รัพต์ถูกรีเซต

อินเตอร์รัพต์อีกอย่างหนึ่งคือ สแตนด์บาย อินเตอร์รัพต์ (เอาต์พุตเป็นแบบโอเพ่นเดรน, แอคทีฟ "0") อินเตอร์รัพต์ตัวนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเราได้ทำการอีนาเบิ้ลไว้และเกิดการเปรียบเทียบใน RAM กับตัวนักเวลา การอีนาเบิ้ลทำได้โดยเขียน 01h ไปที่แอดเดรส 16h และในทางตรงกันข้ามถ้าให้ 00h ที่แอดเดรส 16h จะเป็นการดีสเอเบิ้ล

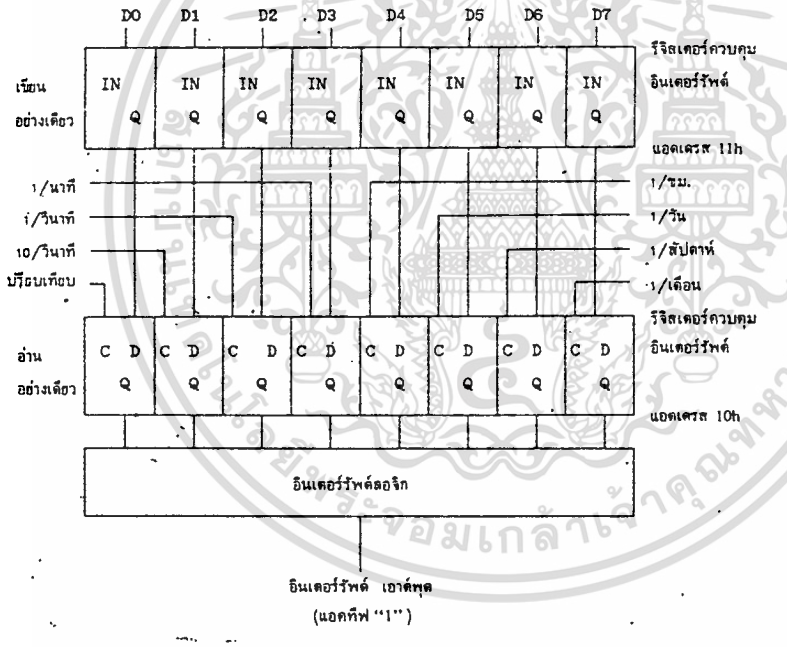
เพาเวอร์ดาวน์โหมด

ขาเพาเวอร์ดาวน์ (power down) เป็นตัวเลือกชิพที่สำคัญที่สอง มันจะดีสเอเบิ้ลสัญญาณออกทั้งหมด ยกเว้นสัญญาณสแตนด์บายด์อินเตอร์รัพต์ (standby interupt) เมื่อขานี้ได้รับลอจิก "0" MM58167 จะไม่ตอบสนองแก่สัญญาณจากภายนอกแต่นาฬิกาจะยังคงเดินตามปกติ และจะยังให้สัญญาณสแตนด์บายอินเตอร์รัพต์ (ขา 14) ถ้าได้มีการโปรแกรมให้ขานี้ทำงานไว้ก่อนแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการเปลี่ยนจากโหมดการทำงานปกติกมาเป็นสแตนด์บายโหมด (standby mode) ควรจะให้ขาเพาเวอร์ดาวน์ เป็นลอจิก "0" อย่างน้อยที่สุด 1 us ก่อนที่จะทำการลดระดับลงมาเป็นสแตนด์บายโหมด

เมื่อต้องการเปลี่ยนกลับมาสู่การทำงานปกติผู้ใช้ต้องมั่นใจว่าขาอินพุตอื่น ๆ ต้องเป็นสัญญาณที่ถูกต้องก่อนที่จะกลับมาสู่โหมดการทำงานปกติ ทั้งนี้เพื่อป้องกันข้อมูลของนาฬิกาเสียไป จะทำให้นาฬิกาเดินผิด ตัวอย่างนี้ได้แก่ การที่ขา CS, RD,, WR ของ MM58167 มีสัญญาณเปลี่ยนแปลงในขณะที่กลับสู่โหมดปกติ จะทำให้มีการเขียนข้อมูลไปที่ตัวนับเวลาหรือใน RAM



รูปที่ 3.21 แสดงการอีนาเบิ้ลสัญญาณอินเตอร์รัพต์ต่าง ๆ

ตัวนับเวลาและ RAM รีเซต; คำสั่ง GO

ตัวนับเวลา (counter) และ RAM สามารถรีเซตได้โดยเขียน FFh ที่แอดเดรส 12h, 13h ตามลำดับ การให้พัลส์ของการเขียนไปที่แอดเดรส 15h (คำสั่ง GO) จะรีเซตตัวนับของวินาที ขณะทำการเขียนไปที่แอดเดรส 15h นั้น MM58167 จะไม่สนใจข้อมูลบนบัสข้อมูล แต่ผลของคำสั่ง GO มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าตัวนับของวินาทีนับได้มากกว่า 39 เมื่อเราใช้คำสั่ง GO (แอดเดรส 15h) จะทำให้หลักของนาทีเพิ่มขึ้น ในกรณีอื่น ๆ จะไม่มีผลต่อหลักนาที

บิตสถานะ (status bit)

บิตสถานะจะบอกผู้ใช้ว่าขณะที่ทำการอ่านตัวนับนั้น ตัวนับกำลังอยู่ในช่วงของการอัพเดตเวลา ข้อมูลที่อ่านได้อาจมีการผิดพลาดเกิดขึ้น บิตสถานะนี้จะอ่านได้จากแอดเดรส 14h ของ RTC โดยจะให้ลอจิก "1" ที่บิต 0 ของบัสข้อมูลในขณะที่บิตอื่น ๆ เป็น "0" หมดถ้าสัญญาณนี้ปรากฏขึ้นภายหลังการอ่านตัวนับควรมีการอ่านตัวนับใหม่ที่ขอบขาลงของสัญญาณ read ที่แอดเดรส 14h จะรีเซตบิตสถานะด้วย

A_4	A_3	A_2	A_1	A_0	ฟังก์ชัน
0	0	0	0	0	นับ 1/1000 วินาที
0	0	0	0	1	นับ 1/100 และ 1/10 วินาที
0	0	0	1	0	นับวินาที
0	0	0	1	1	นับนาที
0	0	1	0	0	นับชั่วโมง
0	0	1	0	1	นับวันในสัปดาห์
0	0	1	1	0	นับวันที่
0	0	1	1	1	นับเดือน
0	1	0	0	0	RAM 1/1000 วินาที
0	1	0	0	1	RAM 1/100 และ 1/10 วินาที
0	1	0	1	0	RAM วินาที
0	1	0	1	1	RAM นาที
0	1	1	0	0	RAM ชั่วโมง
0	1	1	0	1	RAM วันในสัปดาห์
0	1	1	1	0	RAM วันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_4	A_3	A_2	A_1	A_0	ฟังก์ชัน
0	1	1	1	1	RAM เคือน
1	0	0	0	0	รีจิสเตอร์สถานะอินเตอร์รัพต์
1	0	0	0	1	รีจิสเตอร์ควบคุมอินเตอร์รัพต์
1	0	0	1	0	รีเซตตัวนับเวลา
1	0	0	1	1	รีเซต RAM
1	0	1	0	0	สถานะบิต
1	0	1	0	1	คำสั่ง "GO"
1	0	1	1	0	สแตนด์บายอินเตอร์รัพต์
1	1	1	1	1	โหมดทดสอบ

ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เป็นตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบเรโซแนนซ์ขนาด โดยใช้อุปกรณ์ภายนอกเพียงตัวเก็บประจุ 1 ตัว, ตัวต้านทาน 1 m 1 ตัว,แร่กำเนิดความถี่ 1 ตัว โดยตัวต้านทานจะต่ออยู่ระหว่างขั้น OSC in (ขา 10) และ OSC out (ขา 11) เพื่อที่จะไบอัสตัวอินเวอร์เตอร์ที่อยู่ภายในให้ทำงานอยู่ในช่วงที่เป็นเชิงเส้น สำหรับแร่แบบไมโครเพาเวอร์คริสตอลจะใช้ตัวต้านทานต่อนุกรมกับขา OSC out โดยใช้ตัวต้านทานมีค่าโดยประมาณ 200 k ส่วนตัวเก็บประจุโดยปกติจะมีค่าอยู่ในช่วง 20 pF-25 pF แร่ที่ใช้มีความถี่ 32768 Hz

คอนโทรลไลน์

สัญญาณ read, write , เลือกชิพเป็นสัญญาณอินพุตทำงานที่ลอจิก "0" และสัญญาณอินพุตทำงานที่ลอจิก "0" และสัญญาณ ready เป็นสัญญาณออก (โอเพ่นเดรนเอาต์พุต) ที่จุดเริ่มต้นของการอ่านหรือการเขียน ขา ready จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น "0" อยู่จนกระทั่งข้อมูลบรากฏบนบัสข้อมูลเรียบร้อย หรือข้อมูลได้ถูกแลตช์ไว้แล้วในขณะช่วยของการเรียน

โหมดทดสอบ

ในโหมดนี้ใช้เป็นเพียงการทดสอบ RTC ชิพ ให้ทำงานที่ความถี่สูงกว่าการทำงานปกติ ในโหมดนี้ความถี่ 32 kHz จะถูกต่อตรงเข้าที่ 1/1000 วินาที ขา cs และ wr ต้องเป็น "0" และให้แอดเดรสเป็น 1Fh

ลักษณะของบอร์ด RTC

RTC V.3.0 เป็นแผงวงจรขนาด 2.7x2.2 นิ้ว มีคอนเน็กเตอร์สำหรับเสียบลงบนอีทบอร์ดทางด้าน 40 ขา คอนเน็กเตอร์ของ Z-80 และบนบอร์ดของ RTC ยังมีคอนเน็กเตอร์สำรองอีกชุดเพื่อขยายระบบออกไปใช้งานร่วมกับระบบอื่นต่อไปได้อีกบนบอร์ดมีแบตเตอรี่ขนาด 3.6 VDC ทำการแบ็คอัพข้อมูล ของนาฬิกาในกรณีที่ไฟดับและยังทำให้นาฬิกาตามปกติไม่มีผลกระทบเมื่อไฟดับ

การดีโค้ดพอร์ต

บนแผงวงจร RTC ใช้ 74LS138 ดีโค้ดพอร์ตโดยอิสระ และยังมีจั๊มพ์เบอร์ให้เลือกเบอร์ของพอร์ตได้ถึง 8 เบอร์คือ 00h, 20h, 40h, 60h, 80h, A0h, C0h, E0h ผู้ใช้สามารถย้ายจั๊มพ์เบอร์ เพื่อเลือกเบอร์พอร์ตโดยอิสระ

การทำงานร่วมกับ ET. บอร์ด

นำ RTC บอร์ดมาเสียบลงทางด้านคอนเน็กเตอร์ 40 ขาของ Z-80 บน อีทบอร์ด สามารถเขียนโปรแกรมให้บอร์ด RTC เป็นนาฬิกาแสดงผลทางดิสเพลย์ของอีทบอร์ดดังตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1 โปรแกรมทำให้ RTC เป็นนาฬิกาแสดงผลบนอีทบอร์ด เมื่อรันโปรแกรมนี้แผงดิสเพลย์จะแสดงเวลาที่อ่านได้จาก RTC และสามารถตั้งเวลาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยการกด INC ใส่ค่าเวลา ชั่วโมงและนาทีหลังจากนั้นกด INC อีกครั้งเวลาจะเข้าสู่ RTC การออกจากโปรแกรมนาฬิกาทำได้โดยกด DEC

การปรับแต่ง

1. เมื่อใส่อุปกรณ์เรียบร้อย ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง
2. นำ RTC เสียบลงบนอีทีบอร์ดและจ่ายไฟเข้า
3. ถ้ามีเครื่องวัดความถี่ให้วัดที่ขา 11 แล้วปรับทริมเมอร์ให้ได้ความถี่
4. ในกรณีที่ไม่มีเครื่องวัดความถี่ให้ปรับทริมเมอร์ไว้ตรงกลางก่อนต่อจากนนรันโปรแกรม 1 หรือ 2 และปรับทริมเมอร์จนหลักวินาทีเดินได้ตรงกับเวลาจริง การปรับทริมเมอร์ ควรเว้นระยะให้เคาน์เตอร์นับเวลาบ้างจึงค่อยปรับทริมเมอร์เป็นระยะ ๆ
5. ทดลองตั้งปลุกด้วยโปรแกรมที่ 2

ข้อแนะนำ

ระบบรีลไทม์คล็อก MM58167 ไม่มีขารีเซต ฉะนั้นเมื่ออีนาเบิ้ลให้ RTC จ่ายสัญญารอินเตอร์รัพต์ แล้วผู้ใช้ออกจากโปรแกรมโดยมิได้ทำการรีเซตรีจิสเตอร์ควบคุมอินเตอร์รัพต์ จะทำให้ RTC ส่งสัญญาณอินเตอร์รัพต์ออกมาตลอดและจะทำให้ไม่สามารถ จะรันโปรแกรมบนอีทีบอร์ดได้ (ในกรณีนี้จะไม่เกิดขึ้นกับอีทีบอร์ด V2)

การแก้ไข

1. ถ้าเกิดปัญหาตามข้างบนแล้วไม่สามารถหยุดการอินเตอร์รัพต์ของนาฬิกาได้ให้ออกจากโปรแกรมแล้วปฏิบัติดังนี้

- ถอดแผง RTC ออก แล้วใส่ auto start code (A3h) ไว้ที่แอดเดรส 27FFh และที่แอดเดรส 2000h ให้ใส่โปรแกรมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

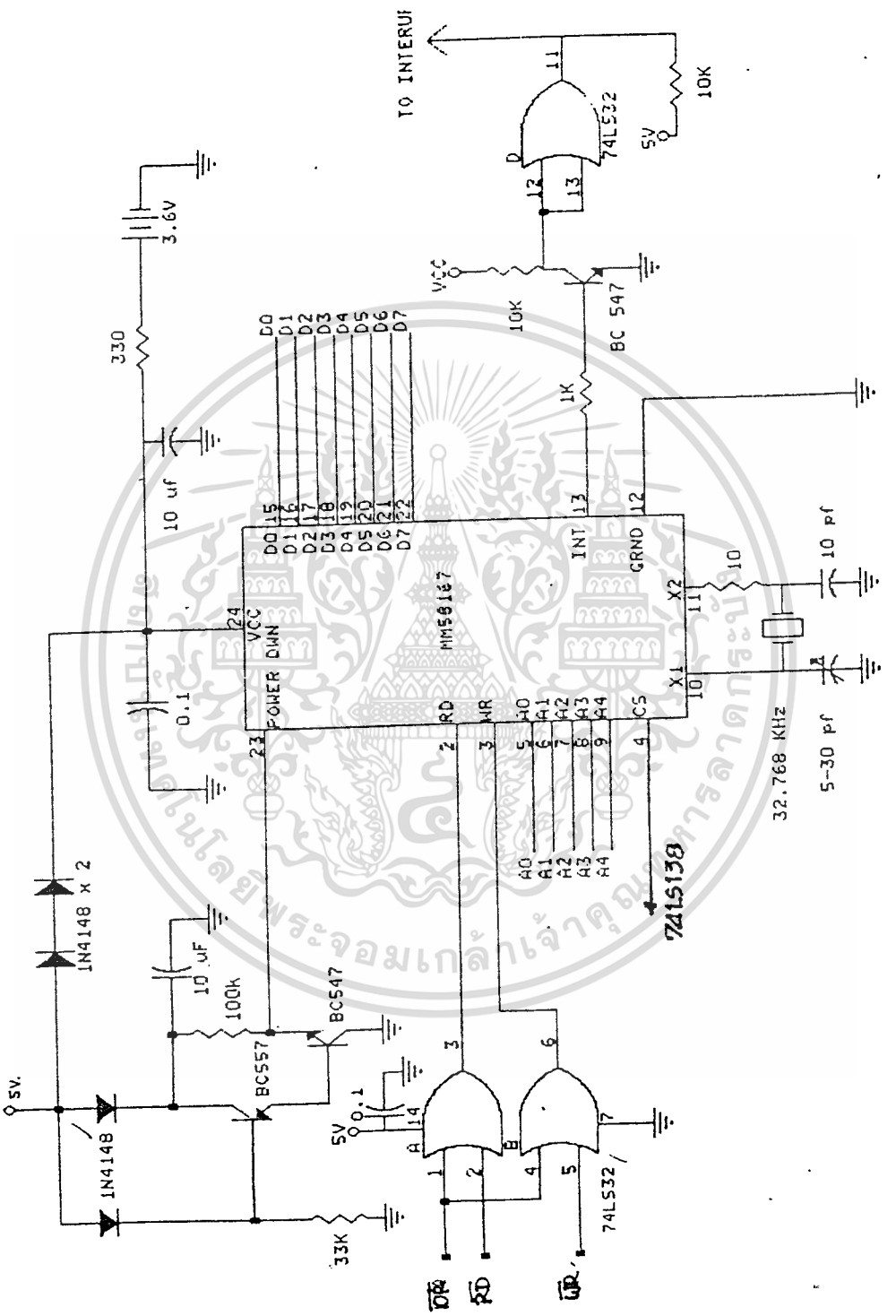
```
LD A, 00
OUT (91),A  ; ดีสเอเบิ้ล RTC
RST 10H     ; กลับเข้าสู่มอนิเตอร์
```

2. ใส่แผง RTC เข้าที่เดิม แล้วทำการรีบูต (Reboot) โดยการกด MON ค้างไว้พร้อมกับกด DEC ต่อจากนั้นปล่อย MON และ DEC ออกตามลำดับ

การประยุกต์ใช้งานร่วมกับคอนโทรลแพค

สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานควบคุมที่ต้องทำงานในเวลาต่าง ๆ กัน ต้องคอยเฝ้าตรวจสอบงาน หรือผลของงานต่าง ๆ ในระยะเวลาต่างกัน สามารถที่จะนำแผง RTC ประกอบร่วมกับคอนโทรลแพคโดยนำแผง RTC เสียบลงบนคอนเน็กเตอร์ 4 ขา ด้านของ Z80 และเขียนโปรแกรมควบคุมได้ตามต้องการ ส่วนที่สำคัญของโปรแกรมคือส่วนของอินเตอร์รัพต์ 38h จากตัวอย่างที่ 3 เป็นตัวอย่างส่วนหนึ่งในช่วงของการอินเตอร์รัพต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงวงจร Real Time Clock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรประมวลผล Z-80

วงจรนี้จะเป็นส่วนทำหน้าที่ประมวลผล โดยจะคำนวนหาค่าขนาดของสัญญาณรบกวนที่ผ่านมาจากวงจร Notch Filter เข้าสู่วงจร A/D โดยนำค่าสัญญาณดิจิตอลจาก A/D มาคำนวน และส่งข้อมูลออกไปให้กับวงจร Printer Buffer ทำหน้าที่ส่งสัญญาณพิมพ์ออกไป รูปแบบของวงจรจะเป็นการต่อวงจรไมโครโปรเซสเซอร์ทั่ว ๆ ไป ซึ่งต้องมีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา วงจรถอดรหัสหน่วยความจำ วงจร Input/output Decoder วงจร Reset วงจร Z80 CPU กับ Eprom และ Static RAM วงจร Input/output Port ซึ่งทั้งหมดจะมีการต่อวงจรดังรูปที่ 3.23

ส่วน Port ต่าง ๆ ของวงจรประมวลผลนี้ มีการใช้งาน 5 port เป็น Input Port 2 Port คือ Port ที่ A0... ทำหน้าที่รับสัญญาณ OE Output Enable) จาก ADC 0809 ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าให้รับข้อมูลจาก ADC 0809 มาได้แล้ว Port ที่ 60... รับสัญญาณจากวงจร Printer Buffer เพื่อตรวจสอบว่า Memory ใน Printer Buffer ว่างหรือไม่ ถ้าว่างอยู่จะส่งข้อมูลให้กับวงจร Printer Buffer

ส่วน Output Port มี 3 Port คือ Port ที่ C0...เป็นสัญญาณเอาท์พุท start ADC 0809 ให้เริ่มทำการเริ่มเก็บค่าข้อมูล ส่วน Port ที่ 80... เป็น Port ส่งสัญญาณไปกระตุ้นวงจร Real Time Clock ให้ส่งค่าเวลามาที่ CPU Z80 Port ที่ 40...เป็น Output Port ส่ง data ให้กับ Printer Buffer

3.5 วงจร Power Supply

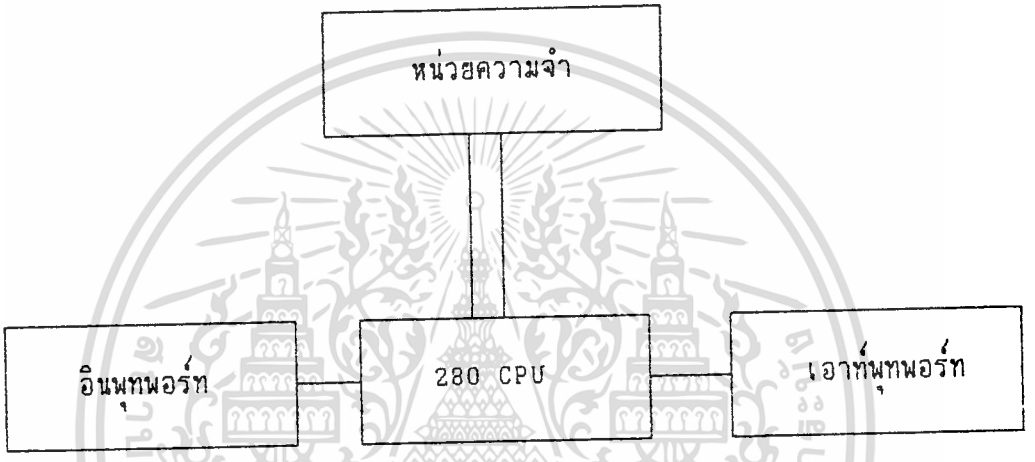
ภาคจ่ายไฟนี้เป็นลักษณะของวงจรจ่ายไฟทั่ว ๆ ไป ต้องแรงดันไฟ 5V เพื่อป้อนให้แก่ไอซีดิจิตอลทั้งหลาย, 9V เพื่อป้อนให้แก่ วงจร Clamping และ +/-15V เพื่อป้อนให้วงจร Notch Filter ซึ่งในการออกแบบ ควรใช้หม้อแปลงที่มีกระแสสูงประมาณ 1-1.5A ขึ้นไป เพื่อป้องกันการ drop เมื่อมี load เพิ่มขึ้นมาก ๆ IC REGULATOR ทุกตัวควรทนกระแสได้ 2-3 A วงจรจะถูกออกแบบ ดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจร Printer Buffer

3.6.1 โครงสร้างของ Printer Buffer

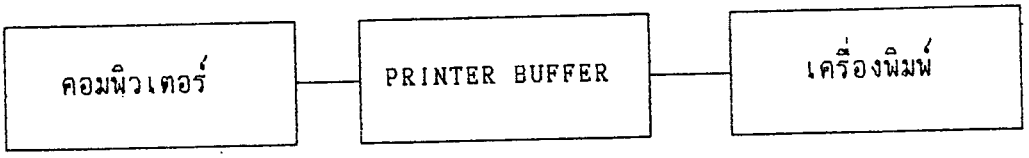
Printer Buffer ก็เป็นระบบไมโครคอมพิวเตอร์ระบบหนึ่ง แต่ถูกออกแบบสำหรับใช้งานหน้าที่โดยเฉพาะ ซึ่งประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็น CPU มีหน่วยความจำ อินพุทพอร์ท เอาท์พุทพอร์ท และวงจรอื่น ๆ อีกคล้ายเป็นไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไป



รูปที่ 3.26 โรงสร้างของ Printer buffer

3.6.2 การทำงานของ Printer Buffer

Printer Buffer มีหน้าที่คอยอ่าน หรือรับข้อมูลจากอินพุทพอร์ท ซึ่งถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์ ข้อมูลก็จะถูกนำไปเก็บในหน่วยความจำของ Printer Buffer ชั่วคราว ข้อมูลที่หน่วยความจำจะค่อย ๆ ถูกลำเลียงส่งไปให้กับเครื่องพิมพ์ อัตราเร็วในการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ของ Printer Buffer จึงช่วยลดเวลาที่สูญเสียไปกับการที่คอมพิวเตอร์จะต้องรอคอยส่งข้อมูลให้กับเครื่องพิมพ์โดยตรงเป็นอันมาก



รูปที่ 3.27 แสดงการรับและส่งข้อมูลของ Printer Buffer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Printer Buffer นี้ ถูกออกแบบให้มีการรับส่งข้อมูลแบบขนาน parallel interface ของ printer buffer นี้ใช้ตามมาตรฐานของ Centronics printers เนื่องมาจากมีผู้นิยมใช้กันมาก สามารถต่อกับ printer ของ Epson รุ่น RX-80, LX-80 และรุ่นอื่น ๆ ได้อย่างสมบูรณ์

ในการใช้งาน เราจะต่อวงจร Printer Buffer นี้กับ วงจรประมวล Z80 CPU เพื่อรับค่าที่คำนวนแล้วมาส่งพิมพ์เพื่อลดเวลาการสูญเสียที่จะต้องรอคอยส่งข้อมูลให้กับเครื่องพิมพ์ ในวงจรจะมี input port 2 port คือ Port ที่ ØEØH จะรับข้อมูลจาก วงจรประมวลผล Z80 มาส่งเครื่องพิมพ์ และ Port ที่ Ø82 จะทำหน้าที่ตรวจสอบสัญญาณ Busy จาก Printer ซึ่งจะบอกว่า Printer พร้อมจะรับข้อมูลออกส่งพิมพ์หรือไม่ ส่วน Output Port มี 2 port คือ port ที่ Ø81 ส่งข้อมูลออกให้ Printer เพื่อออกพิมพ์ Port ที่ ØEØ ส่งสัญญาณออกไปเพื่อบอกให้ทราบว่า Memory ภายในวงจรว่างสามารถรับข้อมูลเข้ามาได้

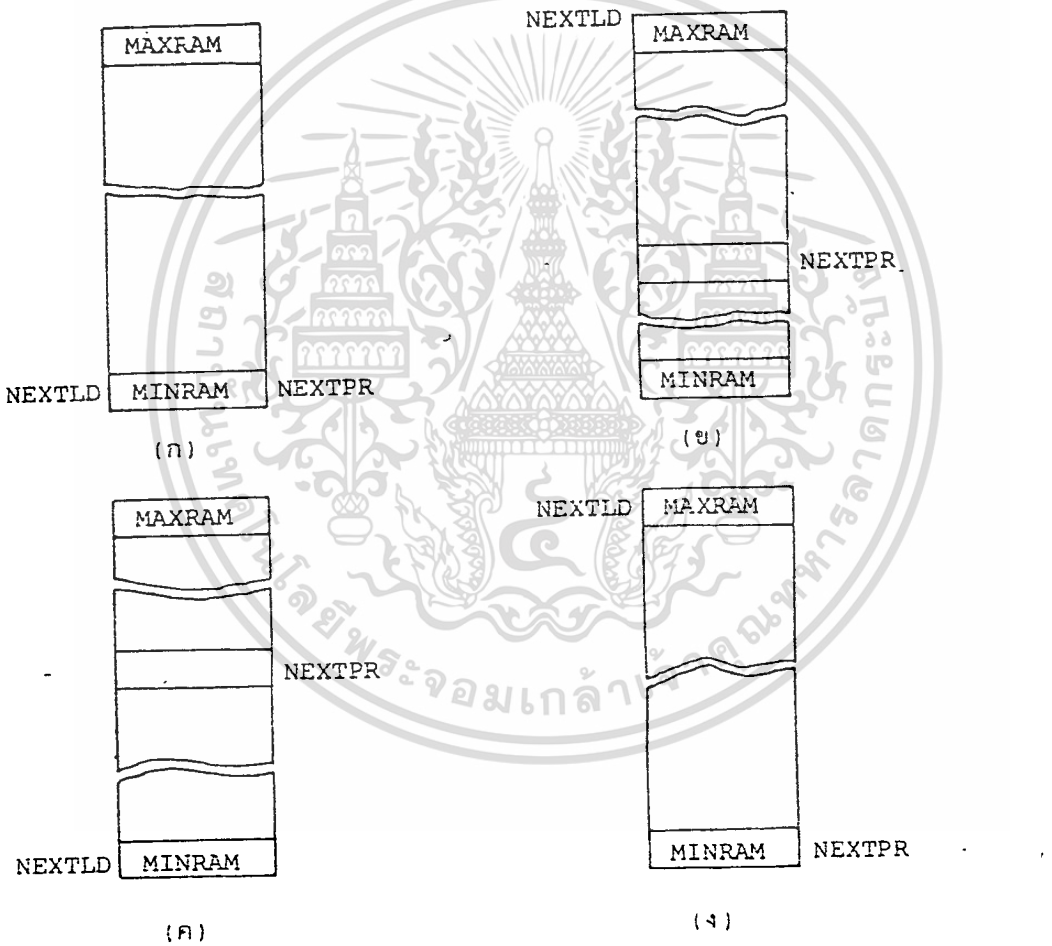
ในวงจร Printer Buffer จะประกอบด้วยวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา วงจร Memory Decoder วงจร Input/Output Port และวงจร Z 80 CPU กับ Epson และ Static Ram เหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่ว ๆ ไป ซึ่งวงจรได้ถูกออกแบบมาในรูปที่ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 Soft Ware

Printer buffer ก็คือ ไมโครคอมพิวเตอร์ระบบหนึ่งที่ถูกออกแบบมาให้ทำหน้าที่เป็น buffer สำหรับเครื่องพิมพ์ โปรแกรมมอนิเตอร์ (monitor program) เป็นสิ่งสำคัญมากอย่างหนึ่ง ถ้าหากไม่มีโปรแกรมมอนิเตอร์แล้วไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะไม่สามารถทำงานได้เลย โปรแกรมมอนิเตอร์จะเป็นตัวควบคุมให้ CPU ทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้

3.6.3.1 การจัดเก็บข้อมูลแบบวนรอบ (Wraparound)



รูปที่ 3.29 (ก) NEXTLD และ NEXTPR ถูกกำหนดเริ่มต้นที่ MINRAM
(ข) NEXTLD อยู่ที่ตำแหน่ง MAXRAM
(ค) NEXTLD จนกลับมาเริ่มต้นที่ MINRAM ใหม่
(ง) อีกกรณีหนึ่งที่ PRINTER BUFFER มีข้อมูลเดิม

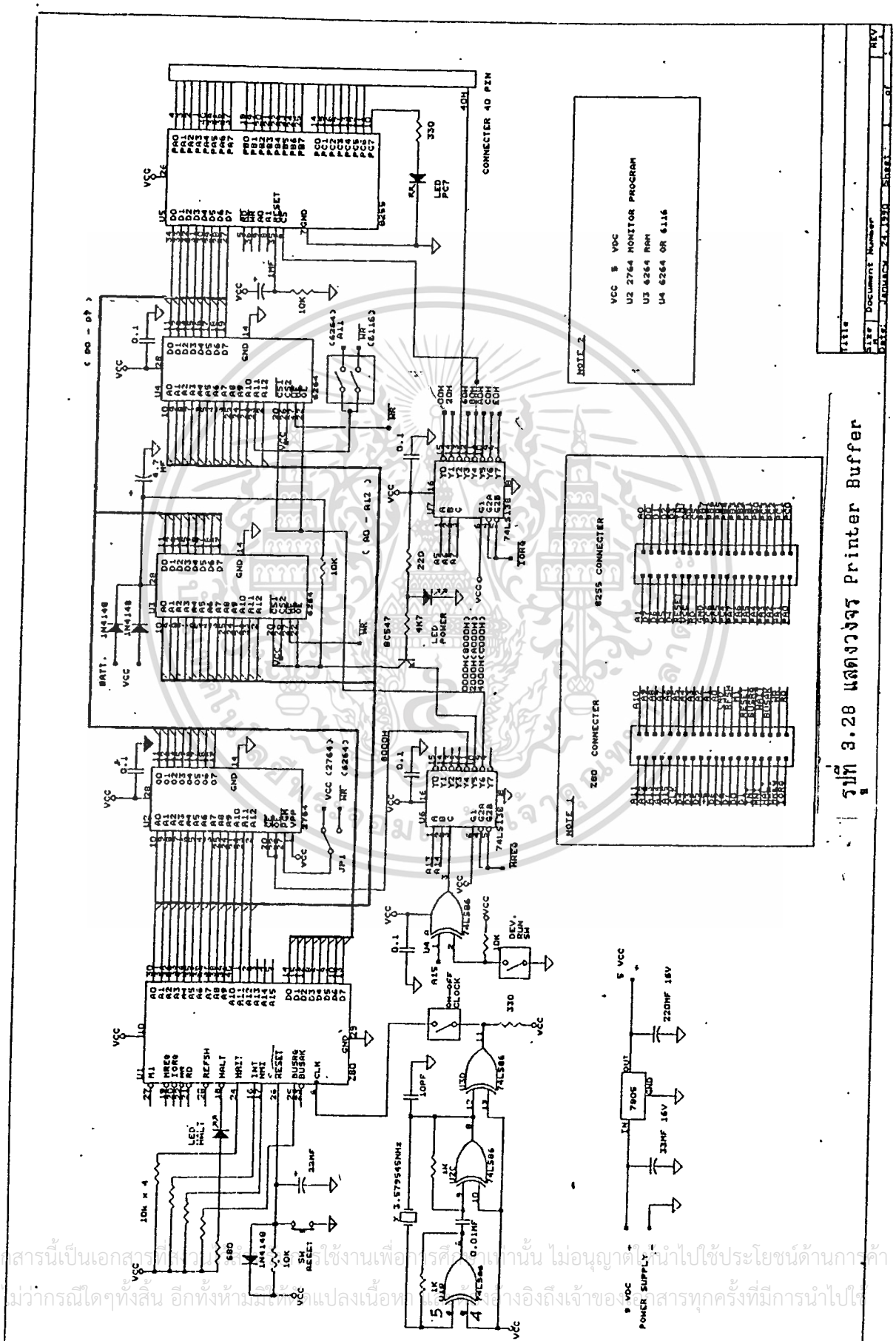
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดเก็บข้อมูลเราจะสามารถเก็บข้อมูลชั่วคราวไว้ในหน่วยความจำ RAM เท่านั้น ซึ่งจะเริ่มต้นที่ MINRAM และจะสิ้นสุดที่ MAXRAM มีขนาด 8 K byte NEXTLD คือตำแหน่งที่จะรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์มาไว้ที่ NEXTPR คือ ตำแหน่งที่จะถูกนำข้อมูลส่งไปให้กับเครื่องพิมพ์

การทำงานเริ่มแรก NEXTLDและ NEXTPRจะถูกกำหนดให้เริ่มต้นที่ MINRAM (ดูรูปที่ 3.29ก.) เมื่อรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ข้อมูลก็จะถูกเก็บไว้ที่ตำแหน่ง MINRAM จากนั้น NEXTLD ก็จะเพิ่มค่าอีกหนึ่งตำแหน่ง เมื่อรับข้อมูลตัวต่อไป NEXTLD ก็จะเพิ่มค่ามากขึ้นตามจำนวนของข้อมูลที่รับเข้ามาเก็บ เมื่อ printer buffer พบว่า NEXTLD มีค่าไม่เท่ากับ NEXTPR printer แสดงว่าใน printer bufferมีข้อมูลอยู่ ดังนั้นจึงนำข้อมูลจากตำแหน่ง NEXTPR ส่งให้กับเครื่องพิมพ์ทั้งเพิ่มค่า NEXTPR ด้วย ปกติการรับข้อมูลจะเร็วกว่าการส่งข้อมูล ดังนั้นเมื่อ NEXTLD ถึงตำแหน่ง MAXRAM ก็จะวนมาที่ MINRAM อีกครั้ง (ดูรูปที่ ข. และ ค.) จากการทำงานของการรับข้อมูลแบบวนรอบ (wraparound) เราสามารถใช้พื้นที่บนหน่วยความจำ RAM อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

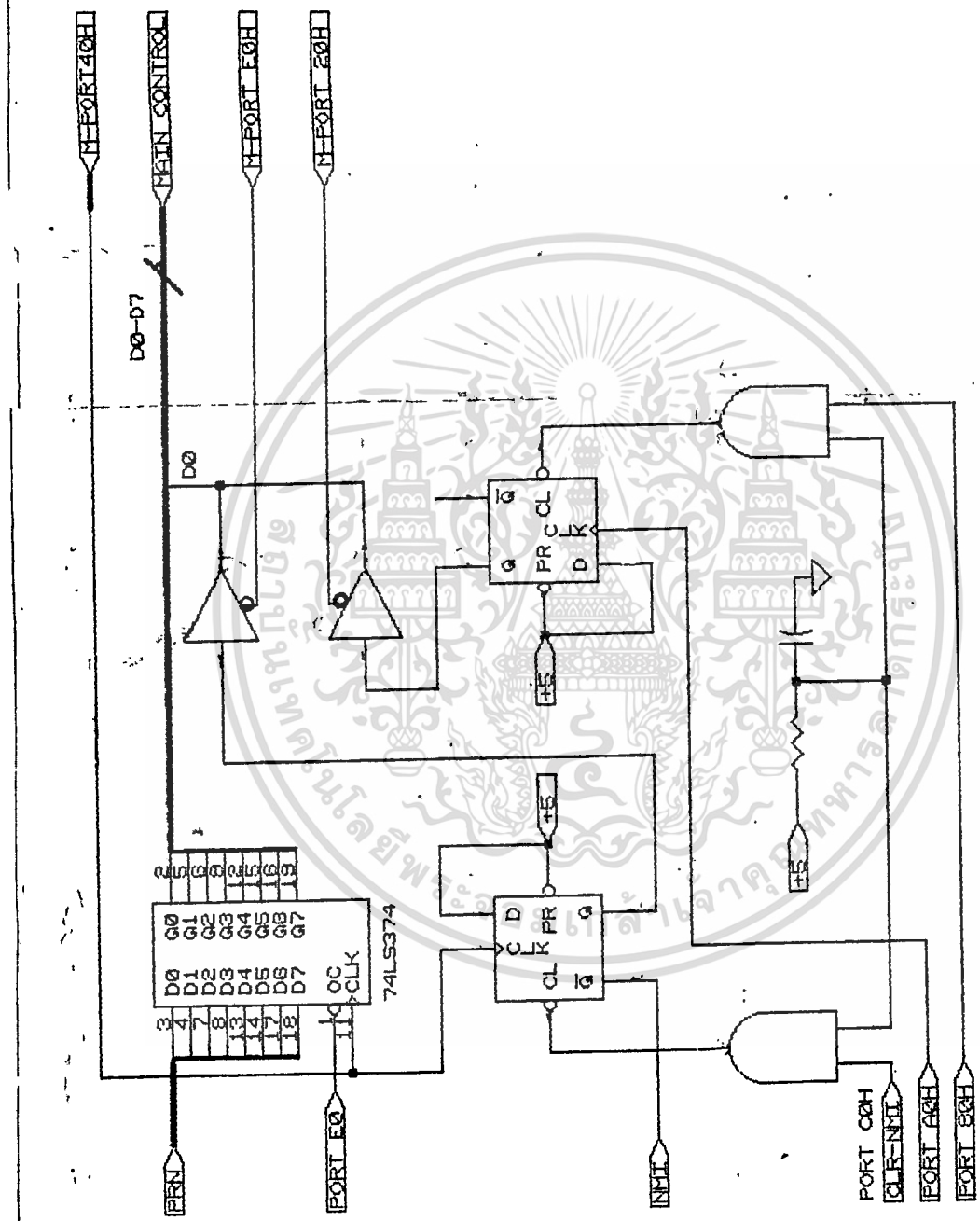
เมื่อ NEXTLD วนมาที่ตำแหน่ง MINRAM แล้วเมื่อทำการรับข้อมูลตัวต่อ ๆ ไป NEXTLD ก็จะเพิ่มค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ จวบจนกระทั่ง printer buffer พบว่า NEXTLD + 1 = NEXTPR นั่นก็หมายความว่าในขณะนี้ printer buffer แล้วก็คือ NEXTLD อยู่ที่ตำแหน่ง MAXRAM และ NEXTPR อยู่ที่ตำแหน่ง MINRAM (ดูรูปที่ 3.29 ง.) เมื่อ printer buffer มีข้อมูลเต็มแล้วก็จะไม่สามารถรับข้อมูลได้อีกจนกว่าจะได้ส่งข้อมูลให้กับเครื่องพิมพ์ ดังนั้นความเร็วในการรับเมื่อ printer buffer มีข้อมูลเต็มแล้ว จะมีความเร็วเท่ากับความเร็วของเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



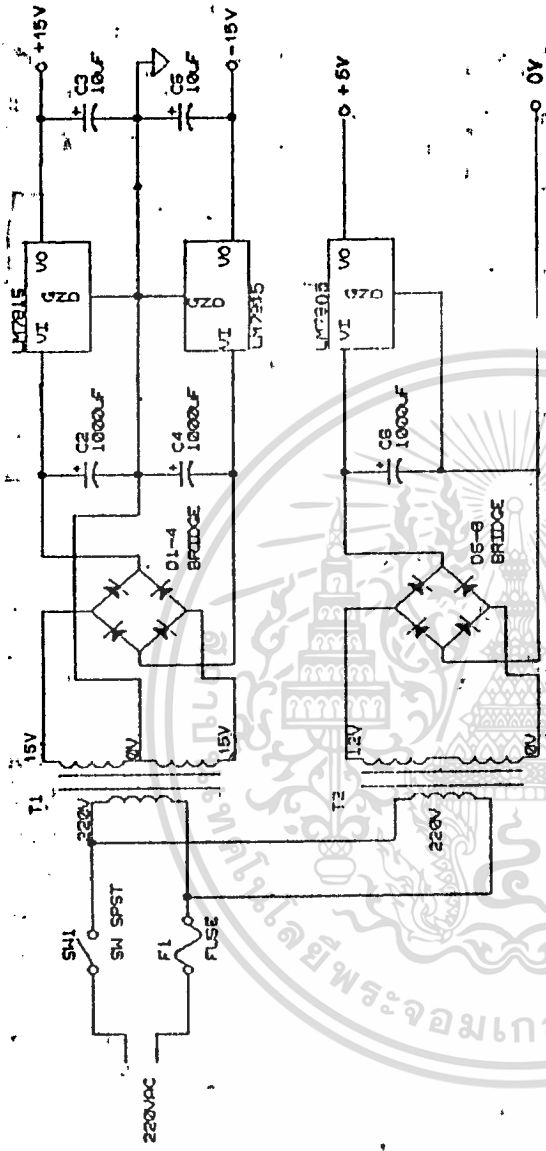
รูป 3.28 แสดงวงจร Printer Buffer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 วงจร INTERFACE ระหว่าง MAINBOARD กับ PRINTER BUFFER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 POWER SUPPLY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

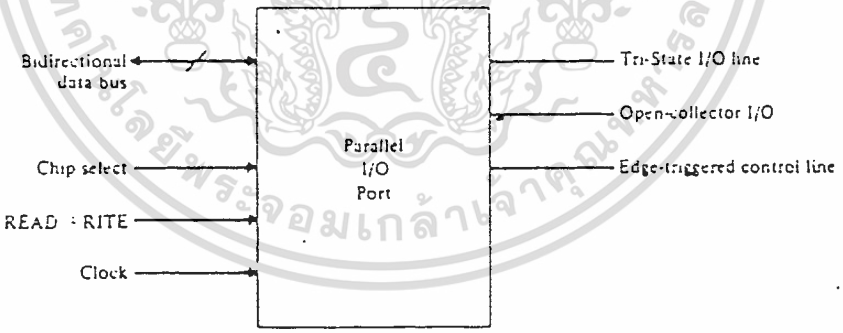
บทที่ 4

การอินเตอร์เฟสแบบขนาน

การอินเตอร์เฟสแบบสขนานคือการรับ หรือส่งข้อมูลทุก ๆ บิทใน 1 คำในเวลาเดียวกัน การอินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท กับไมโครโปรเซสเซอร์โดยผ่าน อินพุทเอาท์พุต พอร์ทจะเป็นแบบขนานอินเตอร์เฟสแบบขนาน เหมาะสำหรับการใช้งานกับความเร็วสูง ๆ และงานที่ต้องการ response tiem เร็ว ๆ

4.1 คุณลักษณะของพอร์ทแบบขนาน

สัญญาณภายนอกสำหรับอินพุท-เอาท์พุท พอร์ทแบบขนาน ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ทางด้านซ้ายมือของรูปคือบัสอินเตอร์เฟสมาตรฐานของไมโครโปรเซสเซอร์ โดยปกติสามารถใช้ได้กับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่ว ๆ ไป ด้านขวามือของรูปคือ เส้นสัญญาร 3 แบบ ที่จะต่อ



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างแบบทั่วไปของอินพุท - เอาท์พุท พอร์ท

ออกสู่ภายนอกระบบ ทั้ง 3 แบบนี้สามารถใช้ต่อเป็นได้ทั้งอินพุทหรือเอาท์พุท และในบางครั้งสามารถ set โดยโปรแกรมควบคุมเพื่อให้เป็นอินพุท หรือเอาท์พุทหรือบัสสองทิศทาง บัสทั้ง 3 แบบมีดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) Data I/O with open-collector output

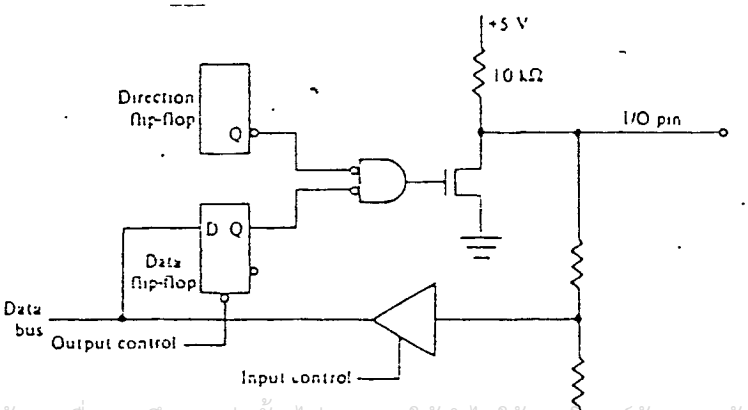
(2) Data I/O with tri-state output

(3) Control line สำหรับสัญญาณ handshaking

สายสัญญาณแต่ละแบบสามารถนำไปใช้ประโยชน์เฉพาะอย่าง แต่เพื่อให้สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางที่สุด ทั้ง 3 แบบจะมี Lsi อินพุท - เอาท์พุทพอร์ทแบบขนาน ร่วมอยู่ด้วย

4.1.1 เอาท์พุทแบบ Open collector

รูปแบบทางไฟฟ้าของวงจร Open Collector แสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งเป็นวงจร open-drain ของ FET (Field Effect Transistor) หรือเรียกว่า "Open collector" เมื่อ gate ของ Transistor (อินพุทถูกป้อน หรือขับโดย NAND GATE) มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่า Threshold ซึ่งแทนด้วย logic "1" Transitstor ทำงานจะทำให้เกิด Low impedance path จาก I/O Pin ไปสู่ Ground โดยผ่านทาง Transistor เมื่อมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าของ Gete ของ Transistor ลดลงต่ำกว่า Threshold ซึ่งแทนด้วย logic "0" Transistor จะเปิดทำให้ I/O Pin ถูกดึงให้มีแรงเคลื่อนสูงถึง 5 Volt โดยความต้านทาน 10K I/O Pin นั้นเมื่อถูกโปรแกรมให้เป็น Pin เอาท์พุท โดยการเซ็ทที่ Direction flip-flop จะนำค่าของบิทใน Data flip-flop ที่ได้เตรียมไว้ ซึ่งเอาท์พุทของ Open collector ตัวอื่นที่ที่มี pin ติดกับ pin นี้ ไม่ได้ทำงานด้วย



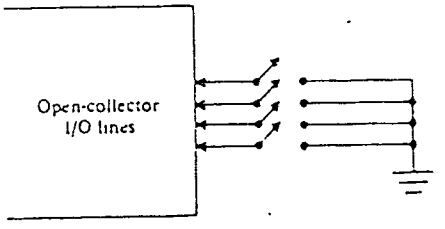
รูปที่ 4.2 แสดง I/O Pin แบบ Open Collector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่อยู่ในโหมดเอาท์พุทค่าของ bit ข้อมูล ถูกส่งไปยังเอาท์พุทโดยผ่านทาง Open - collector driver เพราะว่า output เป็น open - collector แรงเคลื่อนไฟฟ้าบนเอาท์พุทพินถูกดึง เป็น Low ถ้าที่เอาท์พุทพินของ Open-collector ตัวอื่นที่ต่อถึงกันเป็น "Low" ด้วยเหตุนี้ เอาท์พุท Pin อาจจะเป็น "Low" เมื่อค่าของ Data bit เป็น 1

สัญญาณ Input Control ที่แสดงในรูปนั้น จะเปิดให้ค่าปัจจุบันของ I/O Pin บนบัสข้อมูลภายในและสัญญาณ Output Control ก็จะ latch ค่าของบัสข้อมูลภายในผ่านไปยังเอาท์พุทของ Flip-flop สัญญาณควบคุมที่แสดงจะสูงขึ้น หรือต่ำลงโดยไมโครโปรเซสเซอร์ผ่านคำสั่งเอาท์พุทไปยัง I/O พอร์ทแบบขนาน ขณะที่พอร์ทถูกตั้งไว้ในโหมดเอาท์พุทพร้อมกับเอาท์พุท register ที่ถูกโหลดข้อมูลไว้พอร์ทยังคงสามารถใช้บ่อนค่าของ I/O bit โดยใช้สายสัญญาณ Input - Control (โดยคำสั่ง In หรือ Load โดยตรงถึง Data register ของพอร์ท) ค่าของข้อมูลที่ถูกผ่านเข้าไปจะเป็นค่าจริงที่แสดงอยู่บนเอาท์พุท Pin และอาจไม่ตรงกับค่าที่อยู่ใน Data register ก็ได้

รูปที่ 4.3 แสดงวิธีการต่อ four input switch เข้ากับ Computer อย่างง่าย ๆ โดยไม่ต้องมีวงจรใด ๆ เพิ่มเติมนอกจาก I/O พอร์ท สายสัญญาณแต่ละเส้นต่อเข้ากับ Switch ซึ่งต่อลง Ground ขณะที่ Switch ถูกบิด

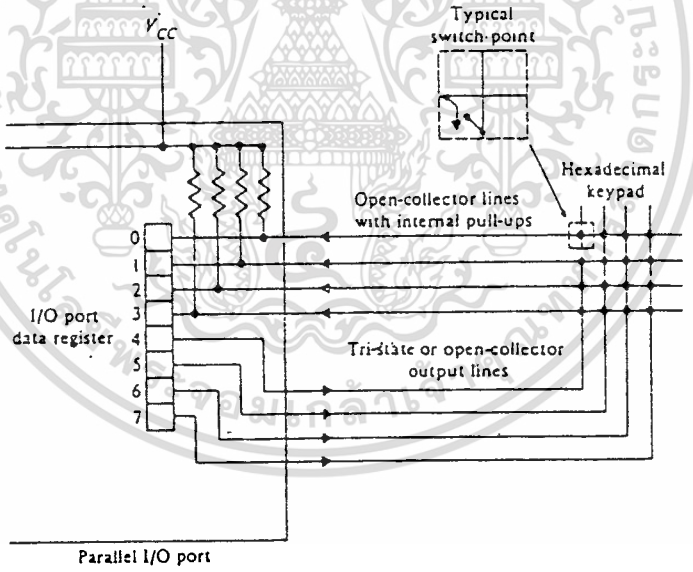


รูปที่ 4.3 แสดงการอินเตอร์เฟสของ Switch กับ Open-Collector พอร์ทอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอบสนองของ Pin ของ Open-Collector ถูกตั้งโปรแกรมไว้ในโหมดอินพุทจนกระทั่ง Switch ถูกเปิด pin จะเป็น Logic "1" เนื่องจาก pull-up resistor ภายใน และเมื่อ Switch ถูกปิด pin จะเป็น Logic "0" ซึ่งผลทั้งสองจะถูกระทำได้โดยไมโครโปรเซสเซอร์

รูปที่ 4.4 แสดงการใช้ Matrix 4x4 (ตัวอย่างเช่น hex keypad) อินเตอร์เฟสกับพอร์ทแบบขนาน 4 pin ของพอร์ท 8 bit เป็นเอาท์พุทและอีก 4 pin เป็นอินพุท Switch จะวางไว้คร่อมเส้นที่ตัดกันระหว่าง output line และ imput line ไมโคร โปรเซสเซอร์จะกระตุ้นผ่าน output line ซึ่งจะต่อไปยัง input line ถ้า key ถูกกดไมโครโปรเซสเซอร์จะกระตุ้นที่แต่ละ line ในช่วงเวลาหนึ่ง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถตรวจสอบได้ว่า key ใดถูกกดนั่นเอง



รูปที่ 4.4 แสดงการต่อ hex keypad กับ I/O พอร์ทแบบ open collector

ไมโครโปรเซสเซอร์โปรแกรมจะส่งสัญญาณให้ output line แต่ละเส้นด้วย logic "0" เมื่อ key ใดถูกกดก็จะสามารถค้นพบได้ทันที โปรแกรมนี้แสดงในโปรแกรมที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

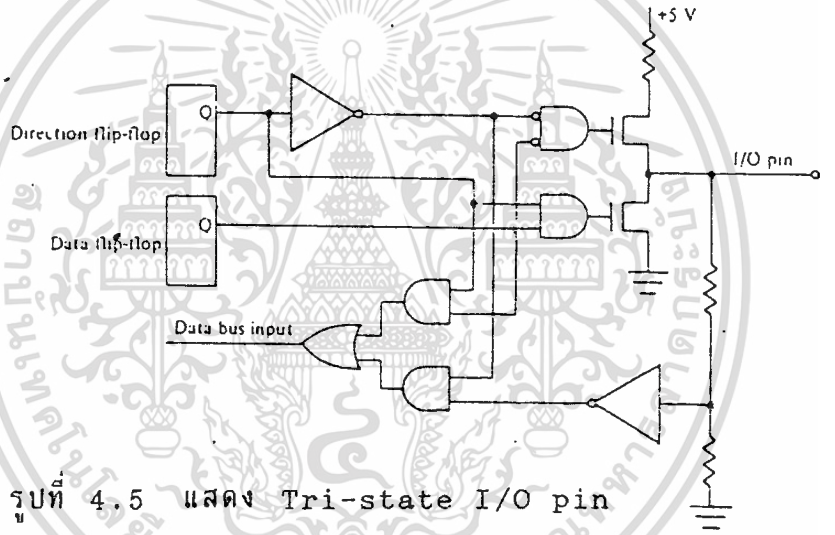
```
        PROGRAM   Software Interface to a Hexadecimal
keypan  begin initilize port; (*Set the 4 high-order bits
to output mode, and the 4 low order bits to input mode*)
        OUTPUT - MASK :=    16;
        (*The leading bit of OUTPUT-MASK  is shifted right
to deassert the other output bits, one at a time*)
for I := O step 1 until 3 do
        begin SWITCH - PORT : = OUTPUT - MASK;
        (Output the mask and make one output line active *)
OUTPUT - MASK := rithtshift (OUTPUT - MASK);
        (* Rotate OUTPUT - MASK to make ready for the next
active bit. The opera- INPUT - MASK = 1;
for J: = O step 1 until 3 do
        begin if (INPUT-MASK AND SWITCH - PORT) = O then
            bengin  (*found a O bit; this switch is closed *)
            delay; (*Debounce*)
            while (INPUT-MASK AND SWITCH-PORT) = 0ก๊าา
            (* Switch has been released*)
            delay; (*Debounce after switchrelease *)
            exit; (*Exit the loops *)
            end
        else
            begin  (*Prepare to examine the next input bit *)
            INPUT-MASK := leftshift (INPUT-MASK);
            end;
          end;
      end;
  end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 4.1 แสดง Software Intrface to a Hexadecimal Keypad

4.1.2 เอาท์พุทแบบ Tri-state

เอาท์พุทแบบที่สองที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสแบบขนาดที่มีวงจร driver/receiver ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งจะคล้ายกับวงจรของ Open collector ในกรณีที่ว่าวงจรประกอบด้วย Flip-flop 2 ตัว ตัวแรกจะใช้สำหรับการควบคุมโดยตรง ส่วนตัวที่สองสำหรับบิทข้อมูล



รูปที่ 4.5 แสดง Tri-state I/O pin

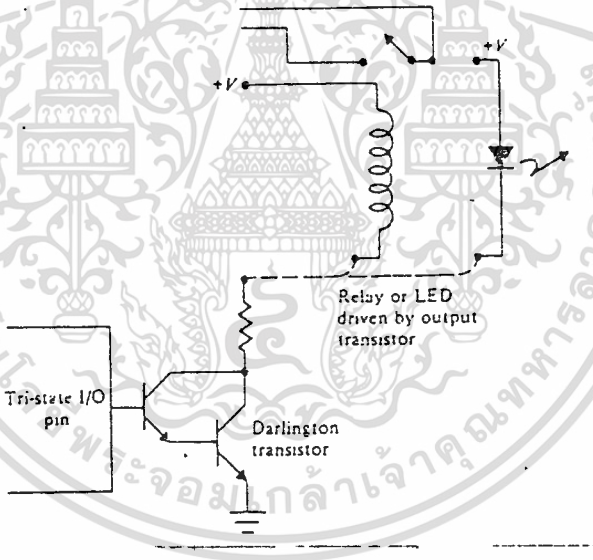
ในอินพุทโหมด directin flip-flop จะแยกออกจากวงจรเอาท์พุทอย่างสมบูรณ์ และ pin จะเป็นอิสระในการถูกดึงให้สูงหรือต่ำจากแหล่งจ่ายภายนอก (ในกรณีที่ไม่มีแหล่งจ่ายภายนอก ในรูปแสดงถึง pin ถูกดึงให้ต่ำลงโดยวงจร Voltage divider สู่ Ground) เพราะว่าเอาท์พุทไม่ได้ต่อกับอินพุท เมื่อพอร์ทอยู่ในโหมดอินพุท จะไม่มีผลอะไรต่อบิทด้านเอาท์พุทเลย เมื่อบิทด้านอินพุทถูกอ่านเข้ามาในโหมดเอาท์พุท สายสัญญาณจะถูก drive โดย Data register และข้อมูล I/O Pin ภายนอกจะไม่ถูกอ่าน I/O Pin อาจจะมีค่าต่างไปจากความจริงถ้าแหล่งจ่ายภายนอก drive บัสเข้ามาพร้อม ๆ กัน

รูปแบบการใช้ของ Tri-state line ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4.6 ในกรณีนี้พอร์ทจะอินเตอร์เฟสกับ Relay หรือ LED โดยผ่านขา Collector ของ Darlington driver เพราะว่าเอาท์พุทแบบ Open collector มี High

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

impedance ต่อไปยังแหล่งจ่ายไฟ 5 Volt เอาท์พุทแบบ Open collector จึงไม่เหมาะสมในกรณีนี้

ในรูปที่ 4.6 นั้นจะต้องทำให้มีแรงเคลื่อนตกคร่อม Diode ทั้งสองตัวให้น้อยที่สุดเพราะว่าเมื่อ Darlington Transistor ทำงาน แรงเคลื่อนจะตกคร่อมระหว่าง Base กับ Emitter ของ Transistor ภายในทั้งสองตัว ด้วยเหตุนี้แรงเคลื่อนควรจะประมาณ 1.5 Volt เมื่อวงจร Darlington ทำงาน เอาท์พุทแบบ Tri-state ของ I/O พอร์ทนี้ถูกออกแบบให้นำมาใช้ Drive Darlington Transistor ได้โดยตรงโดยที่ไม่ต้องใช้ Buffer หรือการขยายสัญญาณแต่อย่างใด



รูปที่ 4.6 แสดงอุปกรณ์การ Drive High - Power ด้วย tri-state I/O pin

4.1.3 เอาท์พุทแบบ Control line

แบบสุดท้ายของการอินเตอร์เฟสสายสัญญาณเอาท์พุทก็คือ Control line ใช้สำหรับตรวจสอบสัญญาณในการส่งผ่านข้อมูลไปยังเอาท์พุทของพอร์ทแบบขนาน จุดประสงค์ของ Control line ก็เพื่อที่จะควบคุมขบวนการในการส่งข้อมูลให้เป็นไปอย่างถูกต้องโดยใช้หลักการของการควบคุมการตรวจสอบสัญญาณ (hand shake control) โดยปกติข้อตกลงที่ใช้กันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมี control line อย่างน้อย 2 เส้นต่อพอร์ทข้อมูล 8 bit อันแรกก็คือ Master และอีกอันก็คือ Slave I/O พอร์ทเป็นได้ทั้ง Master และ Slave สำหรับการติดต่อจากภายนอก โดยปกติแล้ว I/O พอร์ทจะถูกโปรแกรมสำหรับหน้าที่ใดหน้าที่หนึ่ง เมื่อเป็น Master พอร์ทจะส่งสัญญาณ Master และตอบสนองเพื่อเปลี่ยนบน Slave line ในทางตรงข้าม เมื่อเป็น Slave พอร์ทก็จะสุ่ม (sample และ drive slave line ในแต่ละกรณีพอร์ทจะถูกโปรแกรมให้เป็น master หรือ slave ก็ได้ตามต้องการ

4.2 IEEE-488 INSTRUMENT BUS

โดยทั่วไปแล้ว ในระบบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม โดยเฉพาะระบบตรวจ-วัดอัตโนมัติมักจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อไปนี้

(1) Instrument มีทั้งประเภทเครื่องให้สัญญาณ เช่น เครื่องกำหนดความถี่ (frequency gencerator) เครื่องกำเนิดพัลส์ (pulse generator), รวมทั้งแหล่งจ่ายไฟ (power supply) และประเภทวัดค่า เช่น เครื่องนับความถี่ (frequency counter) และมัลติมิเตอร์ เป็น

(2) Controlloer จะเป็นตัวกำหนดว่าให้ตัวไหนทำหน้าที่อะไร โดยมากจะเป็น Computer

(3) Controller peripheral เช่น เครื่องพิมพ์ เทปแม่เหล็ก ทำหน้าที่ช่วยเหลือตัวควบคุมในการทำงาน

(4) Keyboard สำหรับป้อนข้อมูลให้กับระบบ

(5) Display เช่น พวกจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ เพื่อให้ระบบติดต่อกับผู้ใช้ได้

อุปกรณ์ที่กล่าวมาแล้วจะสามารถต่อเข้าด้วยกันเป็นระบบได้โดยใช้ IEEE-488 ซึ่งอุปกรณ์ทุกตัวต้องมีระบบ IEEE-488 นี้อยู่ในตัวเองด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดเกี่ยวกับ IEEE-488

ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของ IEEE-488 คือเป็นสายแบบขนาน 24 เส้น ใน 24 เส้นนี้ มีสายข้อมูล 8 เส้น, สายที่ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณ (hand shake) 3 เส้น, สายที่ใช้ในการจัดการเกี่ยวกับการอินเตอร์เฟส (management) และที่เหลืออีก 8 เส้น ทำหน้าที่เป็น Ground และ Shield

ระบบการตรวจสอบสัญญาณ (hand shaking)

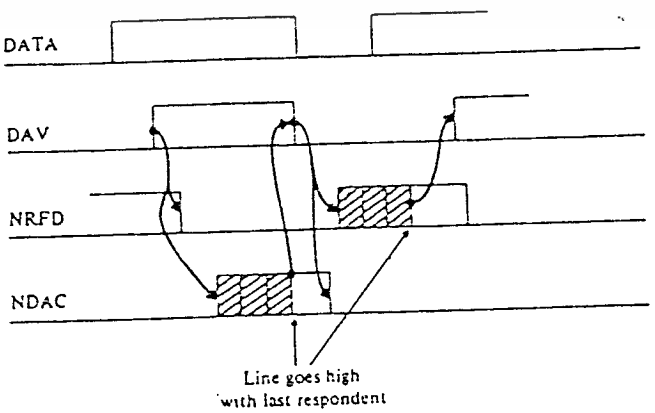
ในขบวนการ hand shake ซึ่งจะเกิดในสายสัญญาณ 3 เส้นคือ NRFD,DAV และ NDAC โดยมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้

(1) listener จะให้สัญญาณมาบนสาย NRFD (not ready for data) เพื่อบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

(2) Talker จะเอาข้อมูล 1 ไบท์ (8 บิท) ไปบนบัสข้อมูล ซึ่งจะแสดงให้รู้ว่าข้อมูลทั้ง 8 บิทพร้อมจะส่งแล้ว โดยสัญญาณ (data valid)

(3) Listener จะรับข้อมูลทั้ง 8 บิท แล้วส่งสัญญารไปบนสาย NDAC (not data accept) เพื่อบอกว่าได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

ขบวนการ hand shake จะหมุนเป็น loop คือทำตามขั้นตอน 1-2-3 แล้วกลับไป 1 ใหม่จนกว่าการรับ-ส่งข้อมูลจะเสร็จสิ้นตามที่ตัวควบคุมสั่ง ลักษณะการทำงานแสดงได้ด้วยรูปที่ 2



รูปที่ 4.7 IEEE-488 3 wire data transfer hand shake

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการจัดการการอินเตอร์เฟส (management)

ระบบนี้จะมีสายสัญญารอยู่ 5 สาย

(1) ATN (Attention) เป็นสายสัญญาณสำหรับกำหนดว่าตัวไหนจะทำหน้าที่อะไรเช่น เป็น talker หรือ listener ทำได้โดยตัว Controller จะส่งข้อมูลอินเตอร์เฟส ไปตามบัสข้อมูลทั้ง 8 เส้น และส่งสัญญาณ ANT ไปด้วย

(2) .IFC (Interface Clear) สัญญาณนี้ออกจาก Controller บอกให้อุปกรณ์ทุกตัวในระบบเตรียมพร้อม คืออยู่ในสภาวะเริ่มต้น

(3) REN (Remote Enable) Controller จะส่งสัญญาณนี้ไปเพื่อควบคุมอุปกรณ์โดยจะทำให้อุปกรณ์ตัวนั้นเลือกระหว่างสั่งงานจากหน้าปัทม์ของตัวเอง หรือสั่งงานโดยควบคุมจากภายนอก

(4) SRQ (Servie Request) สัญญาณนี้จะออกจากอุปกรณ์ตัวไหนก็ได้ เพื่อบอก Controller ให้ว่าอุปกรณ์ตัวนั้นต้องการบริการ

(5) EOI (End of Identify) สัญญาณนี้ใช้เฉพาะสำหรับตัวส่งข้อมูลเพื่อบอกให้รู้ว่าข้อมูลส่งออกไปหมดแล้ว

อินเตอร์เฟสพังก์ชั่น

IEEE-488 นั้นถูกออกแบบมาให้มีอินเตอร์เฟสพังก์ชั่นอยู่ 10 พังก์ชั่น ซึ่งพังก์ชั่นเหล่านี้จะถูกกระตุ้น (activated) หรือหน่วง (deactivated) โดยข้อมูลอินเตอร์เฟสที่ถูกส่งออกมาจาก Controller ผู้ออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถต่อใช้ IEEE-488 ได้จะเป็นผู้เลือกว่าจะต้องใช้พังก์ชั่นไหนบ้าง เช่น แหล่งจ่ายไฟธรรมดา ซึ่งต้องการเพียงพังก์ชั่น listener กับพังก์ชั่น acceptor hand shake (พังก์ชั่นต่าง ๆ ดูได้ในตารางที่ 4.8 ซึ่งเพียงสองพังก์ชั่นนี้ แหล่งจ่ายไฟก็สามารถรับคำสั่งจากตัวควบคุมว่าควรจะให้แรงดันขาออกเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 เป็นตารางแสดงอินเตอร์เฟสฟังก์ชั่นทั้ง 10 อย่าง

ฟังก์ชัน	หน้าที่
1. Talker (T)	ทำให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลได้
2. Listener (L)	ทำให้อุปกรณ์รับข้อมูลได้
3. Source handshake (SH)	ซิงโครไนซ์การส่งสัญญาณ (Synchronize message transmission)
4. Acceptor handshake (AH)	ซิงค์โครไนซ์การรับสัญญาณ (Synchronize message reception)
5. Remote Local (RL)	ทำให้อุปกรณ์เลือกการส่งงานระหว่างทาง GPIB กับทางแผงหน้าปัทม์
6. Device Clear (DC)	ทำให้อุปกรณ์อยู่ในสภาวะเริ่มต้น (intial state)
7. Device Trigger (DT)	เริ่มต้นการทำงานเบื้องต้นของอุปกรณ์
8. Service Request (SR)	ขอบริการ (service) จากตัวควบคุม
9. Parallel Poll (pp)	ทำให้อุปกรณ์ตั้งแต่หนึ่งถึงแปดตัวสามารถส่งสเตตัสบิท (status bit) อย่างต่อเนื่องกลับไปยังตัวควบคุมได้
10. Controller (C)	ส่งแอดเดรสของอุปกรณ์ (devie address) และข้อมูลอินเตอร์เฟสอย่างอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทางเทคนิคของ IEEE-488

คุณสมบัติทางเทคนิคที่ควรรู้มีดังนี้

(1) สายต่อกันได้ไม่เกิน 20 เมตร

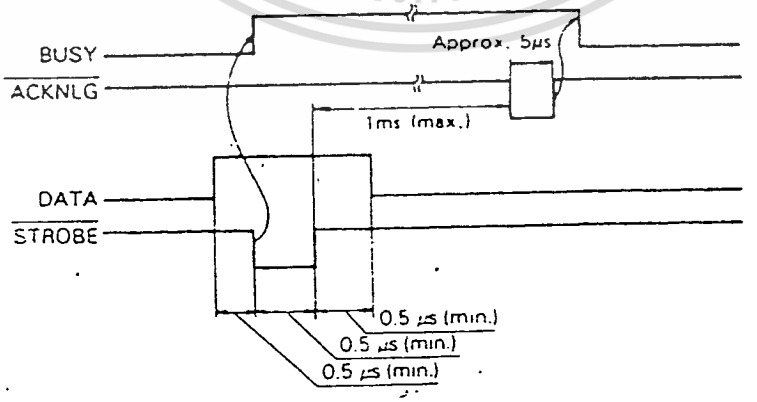
(2) ต่อใช้อุปกรณ์ได้ 15 ตัว (รวมทั้งตัว Controller ด้วย)

(3) ใช้แรงดันแบบไอซีตระกูล TTL (0.8 Volt เป็น "0" และ 2 เป็น "1")

(4) การเคลื่อนย้ายข้อมูลต้องไม่เร็วกว่า 250 กิโลบิทต่อวินาที ถ้าใช้สายยาว 20 เมตร และไม่เกิน 1 เมกกะบิทต่อวินาที ถ้าใช้สายยาว 15 เมตร

4.3 Centronic interface bus

การอินเตอร์เฟสแบบ centronic นี้เมื่อเริ่มการทำงานในขณะที่ Computer จะส่งข้อมูลให้เครื่องพิมพ์ Computer จะส่งข้อมูลออกมาที่เครื่องพิมพ์หลังจากนั้นก็จะส่งสัญญาณ STROBE ตามออกมาในเวลาที่ไม่ต่ำกว่า 0.5 ไมโครวินาที เครื่องพิมพ์จะรับข้อมูลไป และส่งสัญญาณ Busy ออกมา (เป็น High) เมื่อเครื่องพิมพ์พร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไป ก็จะส่งสัญญาณ ACKNLG ออกมา จากนั้นสัญญาณ Busy จะเป็น "Low" และพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไปได้ ลักษณะสัญญาณแสดงในรูปที่ 4.9 ส่วนรายละเอียดของสัญญาณต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.10



Parallel Interface Timing

รูป 4.9 แสดง Timing Diagram ของสัญญาณที่ใช้ใน Cenmtronic bus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดของสายสัญญาณต่าง ๆ ในการรับส่งข้อมูลแบบขนาน ของเครื่องพิมพ์แบบดอทแมทริกซ์

ขั้วสัญญาณขาไป	ขั้วสัญญาณขากลับ	ชื่อสัญญาณ	ทิศทาง (เครื่องพิมพ์เป็นหลัก)	คำอธิบาย
1	19	STROBE	อินพุท	เป็นสัญญาณที่ส่งจากอุปกรณ์ภายนอก เช่น ชุดไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อบอกให้เครื่องพิมพ์รับข้อมูลไปได้ โดยทั่วไปแล้วจะมีความกว้างของพัลส์ประมาณ 0.5 ถึง 1 ไมโคร วินาที
2-9	20-27	DATA	อินพุท	เป็นสายสัญญาณหรือข้อมูลที่ส่งจากอุปกรณ์ภายนอกเป็นข้อมูลขนาด 8 บิท
10	28	ACKNLG	เอาท์พุท	เป็นสัญญาณที่ส่งจากเครื่องพิมพ์เพื่อบอกให้อุปกรณ์ภายนอกรับรู้ว่าได้รับข้อมูลไว้เรียบร้อยแล้ว โดยทั่วไปจะมีความกว้างของพัลส์ประมาณ 5 ถึง 12 ไมโครวินาที
11	29	BUSY	เอาท์พุท	เป็นสัญญาณที่ส่งจากเครื่องพิมพ์เพื่อบอกให้อุปกรณ์ภายนอกรู้ว่าขณะนี้เครื่องพิมพ์ยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล โดยจะให้สัญญาณออกมา ซึ่งสาเหตุต่าง ๆ อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดของสายสัญญาณต่าง ๆ ในการรับส่งข้อมูลแบบขนาน ของเครื่องพิมพ์แบบดอทแมทริกซ์ (ต่อ)

ขั้วสัญญาณขาไป	ขั้วสัญญาณขากลับ	ชื่อสัญญาณ	ทิศทาง (เครื่องพิมพ์เป็นหลัก)	คำอธิบาย
				1. เครื่องพิมพ์อยู่ในระหว่างกระทำข้อมูลที่รับเข้าไป 2. อยู่ในระหว่างการพิมพ์ข้อมูล 3. อยู่ในระหว่าง off-line state 4. ข้อมูลที่ส่งเข้ามาไม่อยู่ในวิสัยที่ดีความได้ (เช่น ข้อมูลผิดพลาดหรือใช้รหัสไม่ถูกต้อง)
12	30	PE	เอาท์พุท	เป็นสัญญาณที่ส่งจากเครื่องพิมพ์ในกรณีที่กระดาษพิมพ์หมด
13	-	SELECT	เอาท์พุท	เป็นสัญญาณที่ส่งออกจากเครื่องพิมพ์เพื่อบอกให้อุปกณ์ภายนอกรับรู้ว่าขณะนี้เครื่องพิมพ์อยู่ในสถานะใด (ใช้งานหรือไม่ใช้งาน) โดยที่สัญญาณเป็น "high" หมายถึงเครื่องพิมพ์อยู่ในสถานะที่ใช้งานอยู่ถ้าเป็น "low" อยู่ในสถานะที่ไม่ใช้งานหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดของสายสัญญาณต่าง ๆ ในการรับส่งข้อมูลแบบขนาน ของเครื่องพิมพ์แบบดอทแมทริกซ์ (ต่อ)

ขั้วสัญญาณขาไป	ขั้วสัญญาณขากลับ	ชื่อสัญญาณ	ทิศทาง (เครื่องพิมพ์เป็นหลัก)	คำอธิบาย
14		AUTO FEED XT	อินพุท	สามารถรับข้อมูลได้ โดยสถานะทั้งสองนี้เกิดจาก 1. สถานะที่ใช้งานได้ (select state) - มีการกดปุ่ม select หรือ on line ในขณะที่เครื่องพิมพ์อยู่ในสถานะ deselect หรือ off line - เมื่อได้รับโค้ด DC1 (11H) ในขณะที่เครื่องพิมพ์อยู่ในสถานะ deselect หรือ off line 2. สถานะที่ไม่ใช้งาน (deselect state) - มีการกดปุ่ม select หรือ on line ในขณะที่อยู่ในสถานะ select หรือ on line - ได้รับรหัส DC3 (13H) - เมื่อกระดาษพิมพ์หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดของสายสัญญาณต่าง ๆ ในการรับส่งข้อมูลแบบขนาน ของเครื่องพิมพ์แบบดอทแมทริกซ์ (ต่อ)

ขั้วสัญญาณขาไป	ขั้วสัญญาณขากลับ	ชื่อสัญญาณ	ทิศทาง (เครื่องพิมพ์เป็นหลัก)	คำอธิบาย
				- เมื่อเครื่องพิมพ์อยู่ในสถานะ fault หมายเหตุ สัญญาณนี้เครื่องพิมพ์บางชนิด จะไม่มี
15	-	NC	-	ไม่ได้ต่อใช้งาน
16	-	OV.	-	ขั้ว 0 โวลท์
17	-	CHASISS GND	-	ต่อกับโครงของเครื่องพิมพ์
18	+ 5v		-	ขั้ว + 5 โวลท์ (บางเครื่องไม่มี)
19-30	-	GND	-	สัญญาณกลับหรือกราวนด์ของระบบ
31	-	INIT	อินพุท	เป็นสัญญาณที่ส่งจากอุปกรณ์ภายนอก โดยจะทำงานเมื่อสัญญาณ "low" เมื่อเครื่องพิมพ์ได้รับสัญญาณนี้ เครื่องพิมพ์จะเลื่อนหัวพิมพ์สู่จุดเริ่มต้นพิมพ์ ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกละทิ้งหมด โดยทั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดของสายสัญญาณต่าง ๆ ในการรับส่งข้อมูลแบบขนาน ของเครื่องพิมพ์แบบดอทแมทริกซ์ (ต่อ)

ขั้วสัญญาณขาไป	ขั้วสัญญาณขากลับ	ชื่อสัญญาณ	ทิศทาง (เครื่องพิมพ์เป็นหลัก)	คำอธิบาย
				ไปแล้วสัญญาณนี้ จะมีความกว้างของพัลส์ประมาณ 50 ไมโคร วินาที
32	-	ERROR	เอาท์พุท	เป็นสัญญาณที่ส่งออกจากเครื่องพิมพ์เพื่อบอกให้อุปกรณ์ภายนอกรับรู้ว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น เช่น - กระดาษหมด - อยู่ในระหว่าง off line - ข้อมูลที่รับเข้ามาผิดพลาดไม่สามารถตีความได้
33	-	GND	-	เหมือน 19-30
34	-	NC	-	ไม่ได้ต่อใช้งาน
35	-	NC	-	ไม่ได้ต่อใช้งาน
36	-	SECT IN	อินพุท	คล้ายกับสัญญาณ BUSY แต่สัญญาณกลับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์

4.3.1 ลักษณะทั่วไปของเครื่องพิมพ์

เครื่องพิมพ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ในระดับไมโครคอมพิวเตอร์และมินิคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่ จะเป็นเครื่องพิมพ์แบบ Dot Matrix คือ ลักษณะของตัวอักษรจะเกิดจากการสร้างจุดหลาย ๆ จุดต่อเนื่องกันจำนวนจุดที่พิมพ์ในหนึ่งตัวอักษรจะมีจำนวนแตกต่างกันออกไป เช่นอาจเป็นขนาด 7*9 หรือ 8*8 ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องพิมพ์ ถ้าหากเครื่องพิมพ์เป็นแบบ Nlq (Near letter quality) หรือ LQ (Letter Quality) จำนวนจุดในหนึ่งตัวอักษรจะมีจำนวนมากขึ้นซึ่งทำให้ตัวอักษรที่เกิดจากการพิมพ์มีความสวยงามมากกว่าเครื่องพิมพ์ธรรมดา ความเร็วในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์จะมีขนาดไม่เท่ากันซึ่งหน่วยของความเร็วในการพิมพ์จะเป็น จำนวนตัวอักษรต่อวินาที CPS(Character per second) โดยทั่วไปเครื่องพิมพ์จะมีความเร็วประมาณ 80-250 CPS ในโหมดธรรมดา (Draft Mode) และเครื่องพิมพ์ที่เป็นแบบ LQ และ NLQ จะมีการพิมพ์ในโหมดของ LQ และ NLQ ได้ด้วยซึ่งถ้าพิมพ์ในโหมดนี้จะได้ตัวอักษรที่สวยงามขึ้น แต่ความเร็วจะลดลงไป

4.3.2 สัญญาณต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์

การเชื่อมต่อของสัญญาณที่ใช้ส่งข้อมูล ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ นั้นทำได้ 2 แบบ คือแบบขนานและแบบอนุกรม ในที่นี้จะขอกล่าวถึงการส่งข้อมูลแบบขนาน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง

การส่งข้อมูลแบบขนาน ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์นั้น มีมาตราฐานที่นิยมมากที่สุดคือมาตราฐานของ CENTRONICS ซึ่งมีการใช้กันทั่วไปในเครื่องพิมพ์เกือบทุกชนิด ที่มีการรับข้อมูลแบบขนานสัญญาณต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์จะเป็นดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN	SIGNAL NAME	DIRECTION	PIN	SIGNAL NAME	DIRECTION
1	DATA STROBE	IN	19	TWISTED PAIR GND	
2	DATA 1	IN	20	"	"
3	DATA 2	IN	21	"	"
4	DATA 3	IN	22	"	"
5	DATA 4	IN	23	"	"
6	DATA 5	IN	24	"	"
7	DATA 6	IN	25	"	"
8	DATA 7	IN	26	"	"
9	DATA 8	IN	27	"	"
10	ACK	OUT	28	"	"
11	BUSY	OUT	29	"	"
12	PAPER EMPTY	OUT	30	"	"
13	SELECT	OUT	31	INPUT-PRIME	IN
14	AUTOFEED-XT	IN	32	FAUL	OUT
15	-		33	GND	
16	GND		34	-	
17	CHASSIS GROUND		35	-	
18	+5V		36	SELECT IN	IN

รูป 4.10 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ

STROBE เป็นสัญญาณควบคุมการส่งข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลให้เครื่องพิมพ์สัญญาณนี้จะมีความกว้างของพัลซ์มากกว่า 1 ไมโครวินาที

DATA1-8 เป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งให้กับเครื่องพิมพ์

ACK เป็นสัญญาณพัลซ์ที่ส่งออกจากเครื่องพิมพ์ เพื่อบอกให้ทราบว่าขณะนี้เครื่องพิมพ์ได้รับข้อมูล 1 ไบท์ที่ส่งมาเรียบร้อยแล้ว

BUSY เมื่อสัญญาณนี้เป็นลอจิก 1 แสดงว่าเครื่องพิมพ์ไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล ซึ่งสัญญาณนี้จะเป็นลอจิก 1 เมื่อเกิดกรณีเหล่านี้

1. มีการรับข้อมูลเข้ามาเต็มบัฟเฟอร์
2. เครื่องพิมพ์ไม่ได้อยู่ในสภาวะของการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Deselect)
3. เกิดการผิดพลาดขึ้นกับเครื่องพิมพ์

PE เป็นสัญญาณแสดงสภาวะของกระดาษพิมพ์ สัญญาณนั้นจะมีค่าลอจิก 1 เมื่อไม่มีกระดาษพิมพ์

SELECT เป็นสัญญารแสดงสภาวะของเครื่องพิมพ์ว่าพร้อมที่จะติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือไม่หากมีค่าลอจิก 1 แสดงว่าเครื่องพิมพ์พร้อมที่จะติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (SELECT) หากมีค่าเป็นลอจิก 0 แสดงว่าเครื่องพิมพ์ไม่พร้อมที่จะติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (DESELECT) สัญญาณนี้จะมีค่าลอจิก 1 เมื่อเรากดปุ่ม SELECT ที่เครื่องพิมพ์ หรือเครื่องพิมพ์ได้รับโค๊ด DC1

CHASSIS GND เป็นกราวนด์ของเครื่อง

TWISTED PAIR GND เป็นกราวนด์ของสัญญาณที่ใช้ร่วมกับสายข้อมูลและสัญญาณควบคุมต่าง ๆ

FAULT เมื่อสัญญาณนี้มีค่าลอจิก 0 แสดงว่าเครื่องพิมพ์ไม่พร้อมที่จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งสัญญารนี้จะเป็น 0 เมื่อมีความผิดพลาดต่อไปนี้

1. ไม่มีกระดาษในเครื่องพิมพ์
2. เครื่องพิมพ์อยู่ในสภาวะ DESELECT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องพิมพ์ทำงานผิดพลาด

INPUT PRIME เมื่อสัญญาณนี้เป็นพัลซ์ 0 จะทำให้เครื่องพิมพ์กลับไปอยู่ในสภาวะเริ่มต้น

SELECT IN เมื่อสัญญาณนี้มีค่าลอจิก 1 เราสามารถควบคุมการติดต่อกับเครื่องพิมพ์ได้ด้วยโค๊ต DC1 และ DC3

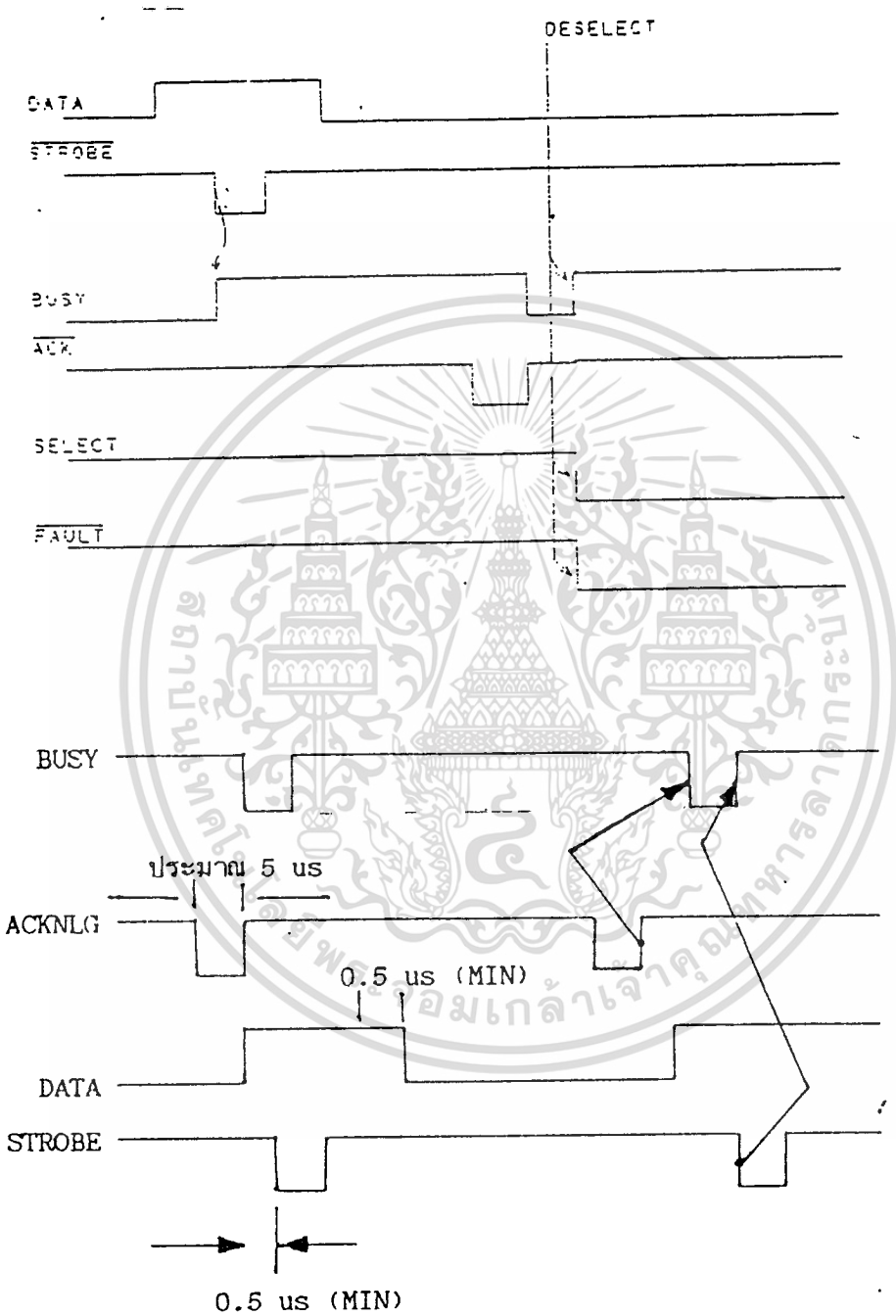
AUTOFEED-XT เมื่อสัญญาณนี้มีค่าลอจิก 0 เครื่องพิมพ์จะเพิ่ม line feed หลังจากพิมพ์ในแต่ละบรรทัด

การส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ จะเป็นแบบมีการตรวจสอบความพร้อมซึ่งสามารถแสดงไดอะแกรมเวลาได้ดังรูป 4.11

รูป 4.11 แสดงไดอะแกรมการรับข้อมูลของเครื่องพิมพ์

การรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์หากเครื่องพิมพ์ไม่พร้อมก็จะส่งสัญญาณ BUSY ออกมาเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องตรวจสองสัญญาร BUSY ของเครื่องพิมพ์ว่ามีค่าเป็น 1 หรือไม่หากมีค่าเป็น 1 แสดงว่าเครื่องพิมพ์ไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องรอจนกว่าสัญญาณนี้มีค่าลอจิก 0 จึงจะส่งข้อมูลไปให้กับเครื่องพิมพ์ได้ซึ่งไดอะแกรมเวลาของการรับข้อมูลจะเป็นดังรูป 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

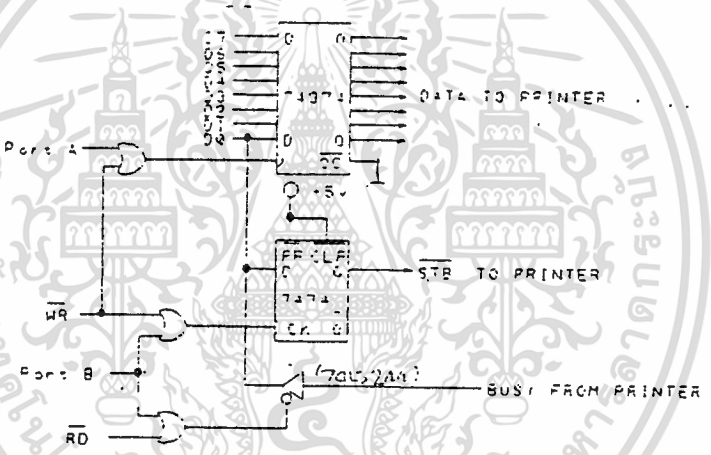


รูป 4.12 ไดอะแกรมเวลาของการรับข้อมูลเมื่อ BUSY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การต่อไมโครโปรเซสเซอร์กับเครื่องพิมพ์

การต่อไมโครโปรเซสเซอร์กับเครื่องพิมพ์นั้น เราจะต้องต่อวงจรเชื่อมต่อที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลขนานแบบมีการตรวจสอบ โดยไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องมีพอร์ทเอาท์พุทสำหรับส่งข้อมูล 1 พอร์ท มีสำหรับส่งสัญญาณควบคุม (STROBE) 1 พอร์ท และมีพอร์ทอินพุทสำหรับตรวจสอบสภาวะของเครื่อง (BUSY) อีก 1 พอร์ท วงจรที่เราใช้เชื่อมต่ออาจใช้ 8255 ตัว เดียวก็ได้ หรือใช้อุปกรณ์ทีทีแอลที่เป็นและบัฟเฟอร์ต่าง ๆ มาต่อร่วมกันก็ได้ ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างวงจรที่ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบกันดังแสดงในรูป 4.13 ซึ่งมีพอร์ท A เป็นเอาท์พุทสำหรับส่งข้อมูล พอร์ท B เอาท์พุทสำหรับส่งสัญญาณ STROBE



รูป 4.13 วงจรเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์กับเครื่องพิมพ์

4.3.4 รหัสข้อมูลที่ใช้กับเครื่องพิมพ์

ข้อมูลที่เราส่งไปให้กับเครื่องพิมพ์นั้นเราจะส่งโดยใช้รหัส ASCII ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ รหัสของข้อมูลที่เป็นตัวอักษรและอักขระต่าง ๆ ซึ่งสามารถพิมพ์ออกที่เครื่องพิมพ์ได้ และรหัสควบคุมการทำงานและควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุมรูปแบบของการพิมพ์ ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์ในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

CR (Carriage return) รหัส ODH ใช้สำหรับควบคุมให้เครื่องพิมพ์ เลื่อนหัวพิมพ์ไปอยู่ที่จุดเริ่มต้นทางซ้ายมือสุด โดยข้อมูลที่อยู่ในบัฟเฟอร์ก่อนรหัสนี้จะถูกพิมพ์ออกมาก่อน

LF (Line feed) รหัส OAH สำหรับให้เครื่องพิมพ์ พิมพ์ข้อมูลในบัฟเฟอร์และเลื่อนกระดาษพิมพ์ไปหนึ่งบรรทัด

VT (Vertical tab) รหัส OBH สำหรับควบคุมการเลื่อนกระดาษไปตามที่กำหนดไว้

FF (Form feed) รหัส OCH สำหรับควบคุมเครื่องพิมพ์ ให้เลื่อนกระดาษไปให้ครบหน้าเพื่อขึ้นหน้าใหม่

CAN (Cancel) รหัส 18H สำหรับยกเลิกมูลที่เข้ามาก่อนหน้านี้

SO (Shift out) รหัส OEH สำหรับคุมให้เครื่องพิมพ์ขยายตัวพิมพ์เป็น 2 เท่า

SI (Shift in) รหัส OFH สำหรับควบคุมให้เครื่องพิมพ์แบบตัวบีบ

DC1 (Device control1) รหัส 11H ควบคุมให้เครื่องพิมพ์อยู่ในสภาวะ SELECT

DC2 (Device control2) รหัส 12H ยกเลิกการพิมพ์แบบตัวบีบ

DC3 (Device Control13) รหัส 13H ควบคุมให้เครื่องพิมพ์อยู่ในสภาวะ DESELECT

DC4 (Device control14) รหัส 14H ยกเลิกการพิมพ์แบบตัวขยาย

BS (Back space) รหัส 08H ควบคุมให้เครื่องพิมพ์ พิมพ์ข้อมูลในบัฟเฟอร์ แล้วเลื่อนหัวพิมพ์ไปทางซ้ายมือ หนึ่งตำแหน่งหากมีข้อมูลเข้ามาก็จะพิมพ์กับของเดิม

HT (Horizontal tab) รหัส 09H เคลื่อนหัวพิมพ์ไปทางแนวนอนในตำแหน่งที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

จากการทดลองต่อเครื่อง POWER LINE MONITOR เพื่อวัดไฟ 220 VOLT จาก ไฟบ้าน ปกติ ได้ผลออกมาดังนี้

```
      TIME 10:23:11   Vline = 218.4V.
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs = -002.4  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6 -001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
      TIME 10:25:59   Vline = 218.4V.
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
      TIME 10:28:48   Vline = 218.4V.
<POWER LINE MONITOR> INSTRUMENTATION
Vs =  001.6  001.6  001.6 -002.4 -002.4 -002.4  001.6  001.6 -002.4  001.6 -002.4  001.6
Vs =  001.6 -002.4 -002.4  001.6  001.6 -002.4  001.6 -002.4  001.6  001.6 -002.4  001.6
Vs = -002.4 -002.4  001.6  001.6  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6 -002.4 -002.4
Vs =  001.6 -002.4  001.6 -002.4  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6 -002.4 -002.4  001.6
Vs =  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6 -002.4  001.6 -002.4
Vs =  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6  001.6  002.4  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6
Vs = -002.4  001.6 -002.4 -002.4  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6 -002.4 -002.4
Vs = -002.4  001.6 -002.4  002.4  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6
Vs =  001.6 -002.4 -002.4 -002.4 -002.4  001.6  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6 -002.4
      TIME 13:44:59   Vline = 215.2V.
Vs =  001.6  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6 -002.4 -002.4  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6 -002.4  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6 -002.4  001.6  001.6 -002.4  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6 -002.4 -002.4  001.6  001.6  001.6  001.6 -002.4 -002.4
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6 -002.4  001.6  001.6
Vs = -002.4  001.6 -002.4  001.6 -002.4  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
Vs =  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6  001.6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่ได้ จะเห็นได้ว่า ระดับสัญญาณรบกวนมีค่าใกล้เคียงกันตลอด ซึ่งแสดงว่าในสถานที่ที่ทำการวัดนั้นมีการรบกวนทาง AC LINE ค่อนข้างน้อย ค่าที่ได้จึงอยู่ในระดับเดียวกันหมด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เครื่อง POWER LINE MONITOR นี้สามารถวัดระดับสัญญาณรบกวนได้ถูกต้องพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เครื่อง POWER LINE MONITOR สามารถแสดงผลระดับสัญญาณรบกวน ค่าแรงดันในสาย 220 VOLT และเวลาขณะทำการวัดเพื่อแสดงว่ามีความบ่อยครั้งในการเกิดสัญญาณรบกวนมากน้อยเพียงใด ค่าสัญญาณรบกวนที่วัดได้เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากสภาวะแรงดันไฟฟ้าที่คงที่ในสถานที่นั้น

ขีดจำกัดความสามารถของโครงงานนี้ ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ ANALOG TO DIGITAL (CONVERSION TIME) ซึ่งทำให้โครงงานนี้วัดสัญญาณรบกวนความถี่ได้ไม่สูงนัก แต่ขีดจำกัดนี้สามารถพัฒนาได้ด้วยการใช้ A/D ที่มี CONVERSION TIME ต่ำ นั่นก็คือสามารถวัดความถี่ที่มีช่วงเวลาสั้นๆได้นั่นเอง ซึ่งก็วัดความถี่ได้สูงขึ้นตามด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์และการนำเครื่องนี้ไปใช้งาน

1. ใช้ตรวจสอบ หาสัญญาณรบกวนในสายในสถานที่นั้นๆ เพื่อให้เราทราบว่า มีสัญญาณรบกวนมากหรือน้อยเพียงใดในช่วงเวลาใด โดยการนำเอาเครื่องนี้ไปติดตั้งวัดดูในสถานที่นั้นและควรติดตั้งไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง หรือตรวจสอบ ในช่วงเวลาที่มีการใช้งานของคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์ต่างๆ ที่มีความไวต่อระดับสัญญาณรบกวน เช่น ในเวลาทำงานของสถานที่นั้นๆ เมื่อได้ผลมาแล้วเราจะนำผลนี้ไปวิเคราะห์ เพื่อหาค่าสัญญาณรบกวนที่มีขนาดมากที่สุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ทำการวัด มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดอย่างไร และช่วงเวลาใดมีสัญญาณรบกวนมากที่สุด และน้อยที่สุดหรือปานกลาง ซึ่งจะได้นำข้อมูลนี้ไปตัดสินใจ เลือกช่วงเวลาหลีกเลี่ยงการใช้คอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมือทางอิเลคทรอนิคส์ ที่อาจเกิดอันตรายต่อเครื่องได้ เนื่องจากขนาดของสัญญาณรบกวน และเป็นข้อมูลในการเลือกหาอุปกรณ์ป้องกันเช่น Power line stabilizer, ups ที่เหมาะสมกับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสถานที่นั้นต่อไป

2. ใช้ทดสอบอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ เช่น UPS หรือ Power line stabilizer เพราะจากคุณสมบัติของอุปกรณ์ป้องกันเหล่านี้ จะให้แรงดันไฟฟ้า output ไม่เกิน +/- 10% ของแรงดันไฟฟ้าปกติ มิฉะนั้นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือทางอิเลคทรอนิคส์จะเสียหายได้ อุปกรณ์ป้องกันเหล่านี้ ส่วนมากจะถูกออกแบบให้มีแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน +/- 5% ของแรงดันไฟฟ้าปกติ ถ้าเปลี่ยนแปลงมากกว่านี้ จะทำให้อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงใช้อยู่เสียหายได้

3. ใช้ทดสอบการปิดเปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าว่าจะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นมากเพียงใด และจะเป็นตัวบอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าใด เป็นตัวกำเนิดสัญญาณรบกวนมากน้อยเพียงใด

4. นำผลจากสัญญาณรบกวนมาใช้วิเคราะห์ที่จะออกแบบ แหล่งจ่ายไฟที่ดีที่สามารถให้สัญญาณรบกวนน้อยที่สุด ให้กับเครื่องมือที่บอบบาง ต้องการความละเอียดสูง เช่น เครื่องมือแพทย์ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการประมวลสูง เพราะเครื่องมือเหล่านี้หากมีสัญญาณเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้การทำงานของเครื่องผิดพลาด และอาจทำให้เครื่องมือเหล่านั้นไม่สามารถทำงานในสถานที่นั้นได้เลย

เอกสารนี้มีไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ช่วยในการหาสาเหตุการทำงานผิดปกติ หรือหยุดทำงานโดยไม่ทราบสาเหตุ ของเครื่องมือทางอิเลคทรอนิคส์ที่มีความละเอียดสูง เช่น เครื่องมือแพทย์ เพราะในบางกรณี เครื่องมือเหล่านี้เมื่อติดตั้งในสถานที่ที่ต้องใช้ เช่น ในโรงพยาบาลบางแห่งถ้ามีสัญญาณรบกวนมาก เครื่องมือเหล่านี้จะหยุดทำงาน โดยหาสาเหตุของความผิดปกติไม่พบ ทำให้สูญเสียเวลาในการตรวจสอบและแก้ไข ซึ่งตัวเครื่องมือเองก็ไม่มีอะไรผิดปกติ เราพบว่าสาเหตุที่ไม่ทำงานก็เนื่องมาจาก มีสัญญาณรบกวนภายในสายมากเกินไปซึ่งการตรวจหาสัญญาณรบกวน ทำได้โดยการติดตั้ง Power line monitor ในสถานที่นั้นๆ ตรวจสอบค่าสัญญาณ (ขนาด) แล้วนำค่านั้นไปวิเคราะห์เลือกระบบป้องกันให้เหมาะสมกับสถานที่นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- โปรแกรมการทำงานของเครื่อง
- รายละเอียดอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0000                            CPU "Z80.TBL"
0000                            HOF "INT8"
                        ;*************************************
                        ;* MAIN PROGRAM OF POWER LINE MONITOR *
                        ;*   BY WORABOON.C & THAMRONGSAK.CH   *
                        ;*************************************
                    ;  VERSION 3.0
                    ;  26/5/91   14:15:00 AM
                    ;***********MAIN************
0060 =          CLR:                EQU   60H
00C0 =          START:              EQU   0C0H
0040 =          PDATA:              EQU   40H
0020 =          CHK1:               EQU   20H
00E0 =          CHK2:               EQU   0E0H
00A0 =          PINDATA:            EQU   0A0H
00C2 =          START2:             EQU   0C2H
00A2 =          PINDATA2:           EQU   0A2H
4000 =          MINRAM:             EQU   4000H  ;CHANGE
5FFF =          MAXRAM:             EQU   5FFFH  ;  "
3FD8 =          RST66:              EQU   3FD8H
2100 =          SAVE:               EQU   2100H
2000 =          IX_BUF:             EQU   2000H
0081 =          MAXRATE:            EQU   81H
0079 =          MINRATE:            EQU   79H
3F20 =          STACK:              EQU   3F20H
                ; ################## MAIN ##########################


0000                                ORG   0000H
0000 31203F                         LD    SP,STACK
0003 3E0D                           LD    A,0DH
0005 CD0901                         CALL  PRT
0008 3E0A                           LD    A,0AH
000A CD0901                         CALL  PRT
000D 3E0F                           LD    A,0FH
000F CD0901                         CALL  PRT
0012 110040                         LD    DE,MINRAM
0015 AF         CRAM:               XOR   A
0016 12                             LD    (DE),A
0017 13                             INC   DE
0018 21FF5F                         LD    HL,MAXRAM
001B A7                             AND   A
001C ED52                           SBC   HL,DE
001E 20F5                           JR    NZ,CRAM
0020 213902                         LD    HL,POWER
0023 CD9901                         CALL  REW
0026 3E0A                           LD    A,0AH
0028 CD0901                         CALL  PRT
002B 3E0D                           LD    A,0DH

002D CD0901                         CALL  PRT
0030 210102                         LD    HL,NMI1
0033 22D83F                         LD    (RST66),HL
0036 010040                         LD    BC,MINRAM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0039 110040                     LD    DE,MINRAM
003C DD210020                   LD    IX,IX_BUF
0040 DD36000E                   LD    (IX+0),0EH
0044 DD360400                   LD    (IX+4),00H
0048 DD360509                   LD    (IX+5),09H
004C 215F02                     LD    HL,VTITLE
004F CD9901                     CALL  REW
0052 D360       RUN:            OUT   (CLR),A
0054 D3C0                       OUT   (START),A
0056 CD6C00                     CALL  COMPARE
0059 21FF5F                     LD    HL,MAXRAM
005C A7                         AND   A
005D ED42                       SBC   HL,BC
005F 20F1                       JR    NZ,RUN
0061 010040                     LD    BC,MINRAM
0064 18EC                       JR    RUN
                ;*************RST66***********
0066                            ORG   0066H
0066 E5                         PUSH  HL
0067 2AD83F                     LD    HL,(RST66)
006A E3                         EX    (SP),HL
006B C9                         RET
                ;************COMPARE***********
006C 0A         COMPARE:        LD    A,(BC)
006D DDBE04                     CP    (IX+4)
0070 2005                       JR    NZ,CONT           ;NO SAME
0072 DD7704                     LD    (IX+4),A
0075 1855                       JR    OUT1              ;SAME
0077 DD7704     CONT:           LD    (IX+4),A
007A FE81                       CP    MAXRATE
007C 3853                       JR    C,CAL1
007E D681                       SUB   MAXRATE
0080 CDEB00                     CALL  VTAB
0083 3E20                       LD    A,20H             ;WRITE SPACE
0085 CD0901                     CALL  PRT
0088 CDF800     OPEN:           CALL  ASCII             ;DISPLAY SPIKE
008B CDF800                     CALL  ASCII
008E 65                         LD    H,L
008F CDF800                     CALL  ASCII
0092 3E2E                       LD    A,"."
0094 CD0901                     CALL  PRT
0097 CDF800                     CALL  ASCII
009A 3E20                       LD    A,20H
009C CD0901                     CALL  PRT
009F 3E20                       LD    A,20H
00A1 CD0901                     CALL  PRT
00A4 DD3500                     DEC   (IX+0)            ;DEC WORD IN 1 LINE
00A7 2023                       JR    NZ,OUT1           ;WORD=0
00A9 3E0A                       LD    A,0AH
00AB CD0901                     CALL  PRT
00AE 3E0D                       LD    A,0DH             ;SEND 0D
00B0 CD0901                     CALL  PRT
00B3 DD36000E                   LD    (IX+0),0EH         ;SET WORD IN LINE
00B7 DD3505                     DEC   (IX+5)            ;DEC LINE FOR SHOW VLINE
00BA 200A                       JR    NZ,OUT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00BC CDA401                     CALL  TIME
00BF CD1C01                     CALL  VLINE
00C2 DD360509                   LD    (IX+5),09H          ;SET LINE FOR SHOW VLINE
00C6 215F02     OUT:            LD    HL,VTITLE
00C9 CD9901                     CALL  REW
00CC CD9301     OUT1:           CALL  DELAY
00CF 03                         INC   BC
00D0 C9                         RET

00D1 FE00       CAL1:           CP    00H
00D3 28F7                       JR    Z,OUT1
00D5 FE79                       CP    MINRATE
00D7 30F3                       JR    NC,OUT1
00D9 6F                         LD    L,A
00DA 3E79                       LD    A,MINRATE
00DC 95                         SUB   L
00DD CDE800                     CALL  VTAB
00E0 3E2D                       LD    A,2DH             ;SEND -
00E2 CD0901                     CALL  PRT
00E5 C38B00                     JP    OPEN
                        ;***********VTAB***********
00E8 2604       VTAB:           LD    H,04H
00EA 6F                         LD    L,A
00EB 7E                         LD    A,(HL)
00EC DD7701                     LD    (IX+1),A
00EF 2603                       LD    H,03H
00F1 7E                         LD    A,(HL)
00F2 67                         LD    H,A
00F3 DD7E01                     LD    A,(IX+1)
00F6 6F                         LD    L,A
00F7 C9                         RET
                        ;*********ASCII**********
00F8 CB0C       ASCII:          RRC   H
00FA CB0C                       RRC   H
00FC CB0C                       RRC   H
00FE CB0C                       RRC   H
0100 7C                         LD    A,H
0101 E60F                       AND   0FH
0103 C630                       ADD   A,"0"
0105 CD0901                     CALL  PRT
010B C9                         RET
                        ;***********PRT***********
0109 E5         PRT:            PUSH  HL
010A 6F                         LD    L,A
010B DB20       PRT1:           IN    A,(CHK1)
010D CB47                       BIT   0,A
010F 20FA                       JR    NZ,PRT1
0111 DBE0       AA:             IN    A,(CHK2)
0113 CB47                       BIT   0,A
0115 20FA                       JR    NZ,AA
0117 7D                         LD    A,L
0118 D340                       OUT   (PDATA),A
011A E1                         POP   HL
011B C9                         RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ;**********VLINE************
011C C5       VLINE:            PUSH BC
011D 212902                     LD   HL,NMI2
0120 22D83F                     LD   (RST66),HL
0123 D360                       OUT  (CLR),A
0125 D3C2                       OUT  (START2),A
0127 CD9301                     CALL DELAY
012A 3A0021                     LD   A,(SAVE)
012D 2605                       LD   H,05H
012F 6F                         LD   L,A
0130 4E                         LD   C,(HL)
0131 24                         INC  H
0132 46                         LD   B,(HL)
0133 60                         LD   H,B
0134 3E09                       LD   A,09H              ;WRITE TAB
0136 CD0901                     CALL PRT
0139 CD6A01                     CALL VTEXT              ;DISPLAY VLINE
013C CDF800                     CALL ASCII
013F CDF800                     CALL ASCII
0142 61                         LD   H,C
0143 CDF800                     CALL ASCII
0146 3E2E                       LD   A,"."
0148 CD0901                     CALL PRT
014B CDF800                     CALL ASCII
014E 3E56                       LD   A,"V"
0150 CD0901                     CALL PRT
0153 3E2E                       LD   A,"."
0155 CD0901                     CALL PRT
0158 3E0A                       LD   A,0AH
015A CD0901                     CALL PRT
015D 3E0D                       LD   A,0DH
015F CD0901                     CALL PRT
0162 210102                     LD   HL,NMI1
0165 22D83F                     LD   (RST66),HL
0168 C1                         POP  BC
0169 C9                         RET
                    ;**********VTEXT************
016A 3E56     VTEXT:            LD   A,"V"
016C CD0901                     CALL PRT
016F 3E6C                       LD   A,"l"
0171 CD0901                     CALL PRT
0174 3E69                       LD   A,"i"
0176 CD0901                     CALL PRT
0179 3E6E                       LD   A,"n"
017B CD0901                     CALL PRT
017E 3E65                       LD   A,"e"
0180 CD0901                     CALL PRT
0183 3E20                       LD   A,20H
0185 CD0901                     CALL PRT
0188 3E3D                       LD   A,"="
018A CD0901                     CALL PRT
018D 3E20                       LD   A,20H
018F CD0901                     CALL PRT
0192 C9                         RET
                    ;**********DELAY************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0193 2E2B      DELAY:          LD   L,2BH
0195 2D        LOOP:           DEC  L
0196 20FD                      JR   NZ,LOOP
0198 C9                        RET
                        ;************REW************
0199 7E        REW:            LD   A,(HL)
019A CD0901    REW1:           CALL PRT
019D 23                        INC  HL
019E 7E                        LD   A,(HL)
019F FE24                      CP   "$"
01A1 20F7                      JR   NZ,REW1
01A3 C9                        RET
                        ;************TIME************
01A4 CD9301    TIME:           CALL  DELAY
01A7 3E09                      LD    A,09H
01A9 CD0901                    CALL  PRT
01AC 3E54                      LD    A,"T"
01AE CD0901                    CALL  PRT
01B1 3E49                      LD    A,"I"
01B3 CD0901                    CALL  PRT
01B6 3E4D                      LD    A,"M"
01B8 CD0901                    CALL  PRT
01BB 3E45                      LD    A,"E"
01BD CD0901                    CALL  PRT
01C0 3E20                      LD    A,20H
01C2 CD0901                    CALL  PRT
01C5 DB84                      IN    A,(84H)
01C7 CDE401                    CALL  HMS
01CA 3E3A                      LD    A,":"
01CC CD0901                    CALL  PRT
01CF DB83                      IN    A,(83H)
01D1 CDE401                    CALL  HMS
01D4 3E3A                      LD    A,":"
01D6 CD0901                    CALL  PRT
01D9 DB82                      IN    A,(82H)
01DB CDE401                    CALL  HMS
01DE 3E20                      LD    A,20H
01E0 CD0901                    CALL  PRT
01E3 C9                        RET
                        ;************HMS************
01E4 6F        HMS:            LD   L,A
01E5 E6F0                      AND  0F0H
01E7 1F                        RR   A
01E8 1F                        RR   A
01E9 1F                        RR   A
01EA 1F                        RR   A
01EB CDF501                    CALL TAB
01EE 7D                        LD   A,L
01EF E60F                      AND  0FH
01F1 CDF501                    CALL TAB
01F4 C9                        RET

                        ;************TAB************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01F5 E5        TAB:             PUSH HL
01F6 C650                       ADD  A,50H
01F8 2607                       LD   H,07H
01FA 6F                         LD   L,A
01FB 7E                         LD   A,(HL)
01FC CD0901                     CALL PRT
01FF E1                         POP  HL
0200 C9                         RET

                ;**********NMI1*************
0201 F5        NMI1:            PUSH AF
0202 E5                         PUSH HL
0203 21FF5F                     LD   HL,MAXRAM
0206 A7                         AND  A
0207 ED52                       SBC  HL,DE
0209 2012                       JR   NZ,OKAY
020B 210040                     LD   HL,MINRAM
020E A7                         AND  A
020F ED42                       SBC  HL,BC
0211 280E                       JR   Z,FULL
0213 110040                     LD   DE,MINRAM
0216 DD7E05                     LD   A,(IX+5)
0219 FE00                       CP   00H
021B 2808                       JR   Z,PASS
021D DBA0      OKAY:            IN   A,(PIWDATA)
021F 12                         LD   (DE),A
0220 13                         INC  DE
0221 D360      FULL:            OUT  (CLR),A
0223 D3C0                       OUT  (START),A
0225 E1        PASS:            POP  HL
0226 F1                         POP  AF
0227 ED4D                       RETI
                ;*************NMI2************
0229 F5        NMI2:            PUSH AF
022A E5                         PUSH HL
022B C5                         PUSH BC
022C D5                         PUSH DE
022D 210021                     LD   HL,SAVE
0230 DBA2                       IN   A,(PIWDATA2)
0232 77                         LD   (HL),A
0233 D1                         POP  DE
0234 C1                         POP  BC
0235 E1                         POP  HL
0236 F1                         POP  AF
0237 ED4D                       RETI

0239 3C504F5745POWER:           DFB  "<POWER LINE MONITOR>  INSTRUMENTATION#"
025F 5673203D20VTITLE:          DFB  "Vs = $"
0300                            ORG  0300H
0300 0000000000                 DFB  00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H
030B 0101010101                 DFB  01H,01H,01H,01H,01H,01H,01H,01H,01H,01H,01H,01H
0317 0202020202                 DFB  02H,02H,02H,02H,02H,02H,02H,02H,02H,02H,02H,02H
0323 0203030303                 DFB  02H,03H,03H,03H,03H,03H,03H,03H,03H,03H,03H,03H
032F 0304040404                 DFB  03H,04H,04H,04H,04H,04H,04H,04H,04H,04H,04H,04H
033B 0404050505                 DFB  04H,04H,05H,05H,05H,05H,05H,05H,05H,05H,05H,05H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0347 0505060606                DFB  05H,05H,06H,06H,06H,06H,06H,06H,06H,06H,06H,06H
0353 0606060707                DFB  06H,06H,06H,07H,07H,07H,07H,07H,07H,07H,07H,07H
035F 0707070808                DFB  07H,07H,07H,08H,08H,08H,08H,08H,08H,08H,08H,08H
036B 0808080809                DFB  08H,08H,08H,08H,09H,09H,09H,09H,09H,09H,09H,09H
0400                           ORG  0400H
0400 1624324048                DFB  16H,24H,32H,40H,48H,56H,64H,72H,80H,88H,96H
040B 0412202836                DFB  04H,12H,20H,28H,36H,44H,52H,60H,68H,76H,84H,92H
0417 0008162432                DFB  00H,08H,16H,24H,32H,40H,48H,56H,64H,72H,80H,88H
0423 9604122028                DFB  96H,04H,12H,20H,28H,36H,44H,52H,60H,68H,76H,84H
042F 9200081624                DFB  92H,00H,08H,16H,24H,32H,40H,48H,56H,64H,72H,80H
043B 8896041220                DFB  88H,96H,04H,12H,20H,28H,36H,44H,52H,56H,68H,76H
0447 8492000816                DFB  84H,92H,00H,08H,16H,24H,32H,40H,48H,56H,64H,72H
0453 8088960412                DFB  80H,88H,96H,04H,12H,20H,28H,36H,44H,52H,60H,68H
045F 7684920008                DFB  76H,84H,92H,00H,08H,16H,24H,32H,40H,48H,56H,64H
046B 7280889604                DFB  72H,80H,88H,96H,04H,12H,20H,28H,36H,44H,52H,60H
052F                           ORG  052FH
052F 0016324864                DFB  00H,16H,32H,48H,64H,80H,96H,12H,28H,44H,60H,76H
053B 9208244056                DFB  92H,08H,24H,40H,56H,72H,88H,04H,20H,36H,52H,68H
0547 8400163248                DFB  84H,00H,16H,32H,48H,64H,80H,96H,12H,28H,44H,60H
0553 7692082440                DFB  76H,92H,08H,24H,40H,56H,72H,88H
062F                           ORG  062FH
062F 1818181818                DFB  18H,18H,18H,18H,18H,18H,18H,19H,19H,19H,19H,19H
063B 1920202020                DFB  19H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,21H,21H,21H,21H,21H
0647 2122222222                DFB  21H,22H,22H,22H,22H,22H,22H,22H,23H,23H,23H,23H
0653 2323242424                DFB  23H,23H,24H,24H,24H,24H,24H,24H
0750                           ORG  0750H
0750 3031323334                DFB  30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
0000                           END

006C  COMPARE      0077  CONT       0015  CRAM
0002  D            0193  DELAY      0003  E
0221  FULL         0004  H          01E4  HMS
2000  IX_BUF       0005  L          0195  LOOP
5FFF  MAXRAM       0081  MAXRATE    4000  MINRAM
0079  MINRATE      0201  NMI1       0229  NMI2
021D  OKAY         0088  OPEN       00C6  OUT
00CC  OUT1         0225  PASS       0040  PDATA
00A0  PINDATA      00A2  PINDATA2   0239  POWER
0109  PRT          010B  PRT1       0199  REW
019A  REW1         3FD8  RST66      0052  RUN
2100  SAVE         3F20  STACK      00C0  START
00C2  START2       01F5  TAB        01A4  TIME
011C  VLINE        00E8  VTAB       016A  VTEXT
025F  VTITLE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        ;   ***********************************
                        ;   *  SOFTWARE FOR PRINTER BUFFER     *
                        ;   *  MAY  1991  BY TUK & PO          *
                        ;   ***********************************
                        ;      VERSION 2.0 (NEW)

0000                                    CPU "Z80.TBL"
0000                                    HOF "INT8"
                        ;MAIN PROGRAM  PRINTER BUFFER

0083 =          CONTROL:                EQU   83H
00C0 =          CLRNMI:                 EQU   0C0H
00A0 =          STOPNMI:                EQU   0A0H
0082 =          PBUSY:                  EQU   82H
0081 =          PDATA:                  EQU   81H
0082 =          PSTB:                   EQU   82H
0080 =          CONT:                   EQU   80H
00E0 =          PINDATA:                EQU   0E0H
2000 =          MINRAM:                 EQU   2000H
5F00 =          MAXRAM:                 EQU   5F00H
5F20 =          STACK:                  EQU   5F20H
0400 =          NMI:                    EQU   0400H
5FD8 =          RST66:                  EQU   5FD8H

0000                                    ORG   0000H
0000 31205F                             LD    SP,STACK
0003 210004                             LD    HL,NMI
0006 22D85F                             LD    (RST66),HL
0009 3E81                               LD    A,81H
000B D383                               OUT   (CONTROL),A
000D D3A0                               OUT   (STOPNMI),A


                        ;CLEAR RAM
000F 11005F                             LD    DE,MAXRAM
0012 010020                             LD    BC,MINRAM
0015 AF         CRAM:                   XOR   A
0016 02                                 LD    (BC),A
0017 03                                 INC   BC
0018 60                                 LD    H,B
0019 69                                 LD    L,C
001A A7                                 AND   A
001B ED52                               SBC   HL,DE
001D 20F6                               JR    NZ,CRAM


                        ;IF BUFFER EMPTY
001F 110020                             LD    DE,MINRAM
0022 010020                             LD    BC,MINRAM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0025 D380      LOOP:                    OUT   (CONT),A
0027 62                                 LD    H,D
0028 6B                                 LD    L,E
0029 A7                                 AND   A
002A ED42                               SBC   HL,BC
002C 281D                               JR    Z,EMPTY

                              ;IF PRINTER BUSY

002E DB82      BUSY:                    IN    A,(PBUSY)
0030 CB47                               BIT   0,A
0032 20FA                               JR    NZ,BUSY

                              ;SEND DATA

0034 0A                                 LD    A,(BC)
0035 D381                               OUT   (PDATA),A
0037 3E00                               LD    A,00H
0039 D382                               OUT   (PSTB),A
003B 3E10                               LD    A,10H
003D D382                               OUT   (PSTB),A
003F 03                                 INC   BC

                              ;IF BUFFER = MAXRAM
0040 21005F                             LD    HL,MAXRAM
0043 A7                                 AND   A
0044 ED42                               SBC   HL,BC
0046 2003                               JR    NZ,EMPTY
0048 010020                             LD    BC,MINRAM
004B 18D8      EMPTY:                   JR    LOOP

                              ;SUBROUTINE  RST66

0066                                    ORG   0066H
0066 E5                                 PUSH  HL
0067 2AD85F                             LD    HL,(RST66)
006A E3                                 EX    (SP),HL
006B C9                                 RET

                              ;SERVICE ROUTINE INTERRUPT

0400                                    ORG   0400H
0400 F5                                 PUSH  AF
0401 E5                                 PUSH  HL
0402 62                                 LD    H,D
0403 6B                                 LD    L,E
0404 23                                 INC   HL
0405 A7                                 AND   A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0406 ED42          SBC   HL,BC
0408 2817          JR    Z,OUT
040A 21005F        LD    HL,MAXRAM
040D A7            AND   A
040E ED52          SBC   HL,DE
0410 200B          JR    NZ,OKAY
0412 210020        LD    HL,MINRAM
0415 A7            AND   A
0416 ED42          SBC   HL,BC
0418 2807          JR    Z,OUT
041A 110020        LD    DE,MINRAM

                   ;SAVE DATA

041D DBE0    OKAY: IN    A,(PINDATA)
041F 12            LD    (DE),A
0420 13            INC   DE
0421 D3C0    OUT:  OUT   (CLRNMI),A
0423 E1            POP   HL
0424 F1            POP   AF
0425 ED4D          RETI
0000               END
```

```
0007  A          0000  B          002E  BUSY
0001  C          00C0  CLRNMI     0080  CONT
0083  CONTROL    0015  CRAM       0002  D
0003  E          004B  EMPTY      0004  H
0005  L          0025  LOOP       5F00  MAXRAM
2000  MINRAM     0400  NMI        041D  OKAY
0421  OUT        0082  PBUSY      0081  PDATA
00E0  PINDATA    0082  PSTB       5FD8  RST66
5F20  STACK      00A0  STOPNMI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC0808/ADC0808C/ADC0809C

National Semiconductor

ADC0808, ADC0809 8-Bit μP 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.

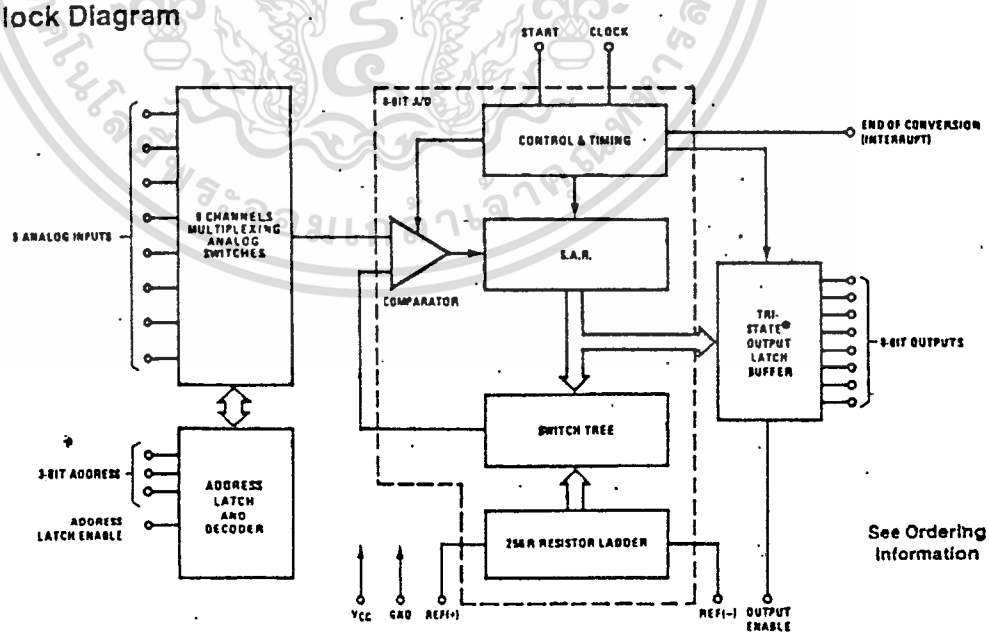
The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

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—±½ LSB and ±1 LSB
- No missing codes
- Conversion time—100 μS
- 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 TTL 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



TL/H/5672-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin	−0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs	−0.3V to +15V
(START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	
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 Conditions (Notes 1 & 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
ADC0808CJ	−55°C ≤ T_A ≤ +125°C
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN	−40°C ≤ T_A ≤ +85°C
Range of V_{CC} (Note 1)	4.5 V_{DC} to 6.0 V_{DC}

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808 Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C T_{MIN} to T_{MAX}			±½ ±¾	LSB LSB
	ADC0809 Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C T_{MIN} to T_{MAX}			±1 ±1¼	LSB LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(−)	1.0	2.5		kΩ
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(−)	GND−0.10		V_{CC}+0.10	V_{DC}
V_{CC}	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
I_{IN}	Comparator Input Current	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 4.75 ≤ V_{CC} ≤ 5.25V, −40°C ≤ T_A ≤ +85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	V_{CC} = 6V, 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ $4.5V \le V_{CC} \le 5.5V$, $-55°C \le T_A \le +125°C$ unless otherwise no
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN $4.75 \le V_{CC} \le 5.25V$, $-40°C \le T_A \le +85°C$ unless otherwise noted

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

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Un
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	*(Figure 5)*		100	200	n
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	*(Figure 5)*		100	200	n
t_S	Minimum Address Set-Up Time	*(Figure 5)*		25	50	n
t_H	Minimum Address Hold Time	*(Figure 5)*		25	50	n
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S = 0\Omega$ *(Figure 5)*		1	2.5	μ
t_{H1}, t_{H0}	OE Control to Q Logic State	$C_L = 50$ pF, $R_L = 10$k *(Figure 8)*		125	250	n
t_{1H}, t_{0H}	OE Control to Hi-Z	$C_L = 10$ pF, $R_L = 10$k *(Figure 8)*		125	250	n
t_C	Conversion Time	$f_C = 640$ kHz, *(Figure 5)* (Note 7)	90	100	116	μ
f_C	Clock Frequency		10	640	1280	k
t_{EOC}	EOC Delay Time	*(Figure 5)*	0		8 + 2 μS	Cl Pe
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	p
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs, (Note 12)		10	15	p

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 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 vo by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute $0V_{DC}$ to $5V_{DC}$ input voltage range will therefore require a minimum supply volta 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 a 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 refe 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 an little temperature dependence *(Figure 5)*. See paragraph 4.0.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Functional Description

Multiplexer. The device contains an 8-channel single-end-ed 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 $+\frac{1}{2}$ 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.

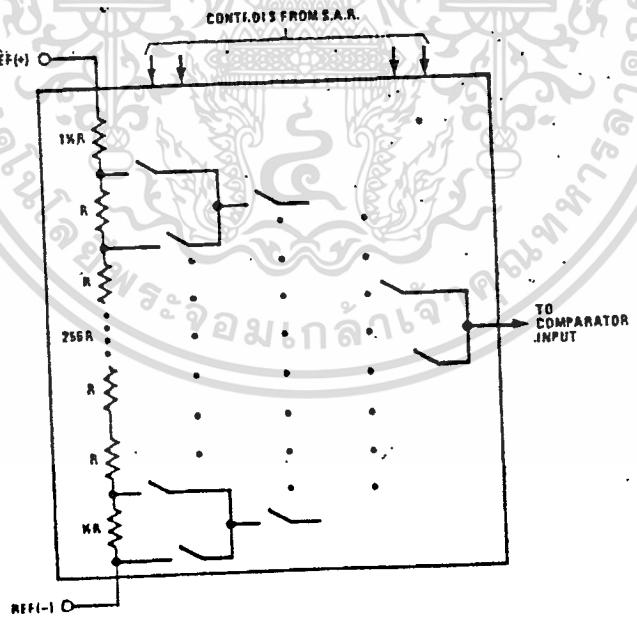


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

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 repeatability of the device. A chopper-stabilized compar provides the most effective method of satisfying all the : verter requirements.

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

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC080 measured using the procedures outlined in AN-179.

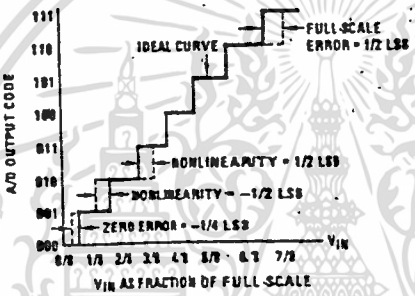


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

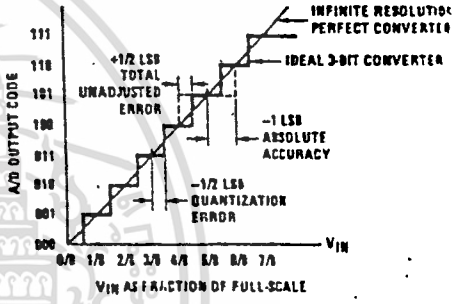
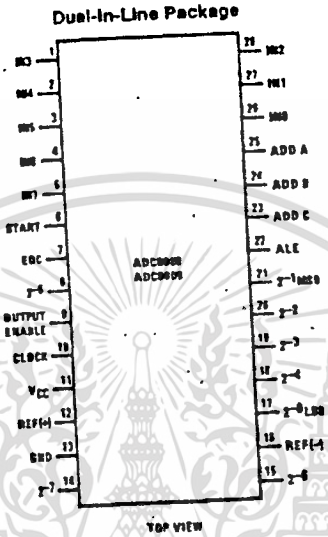


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

FIGURE 4. Typical Error Curve

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Timing Diagram

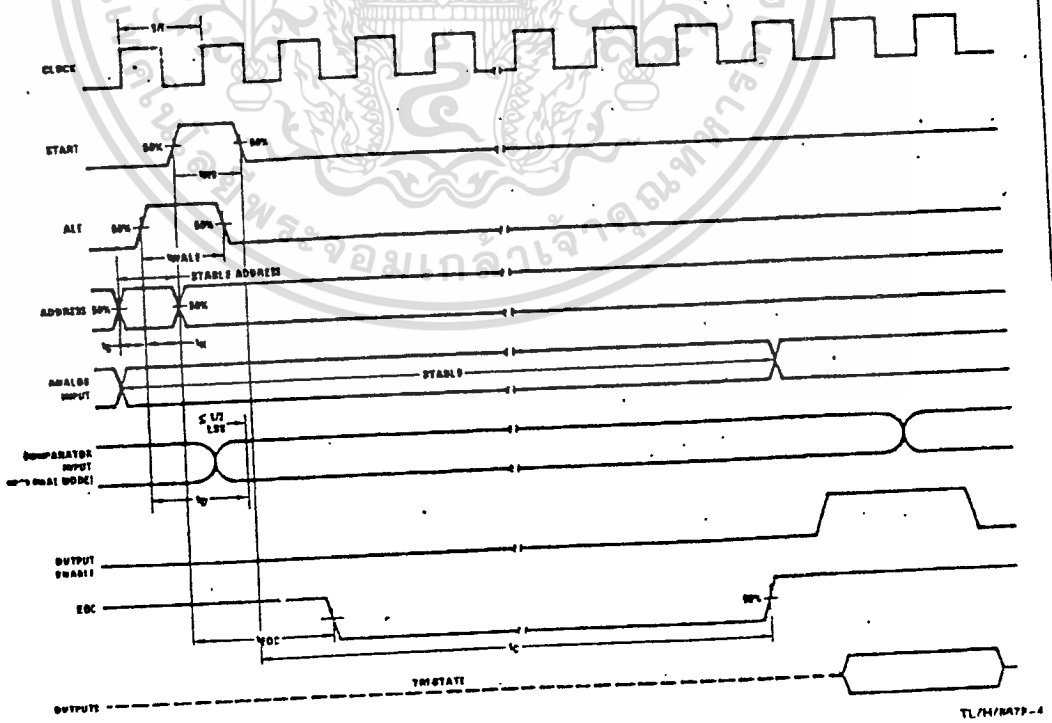


FIGURE 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

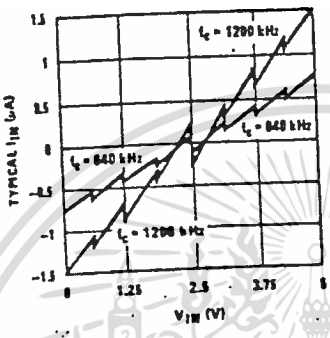
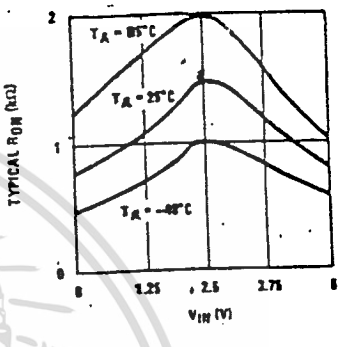


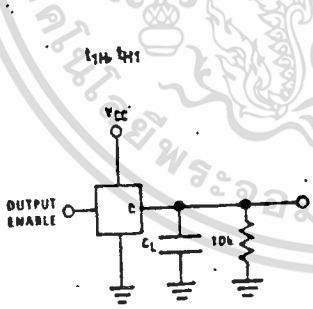
FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN} ($V_{CC} = V_{REF} = 5V$)

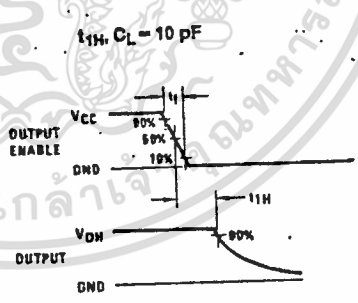


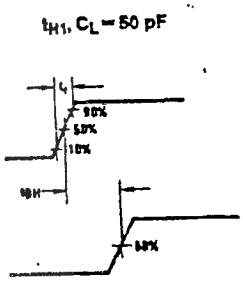
TL/H/5672-7

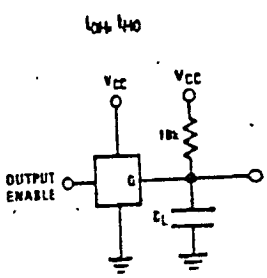
FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN} ($V_{CC} = V_{REF} = 5V$)

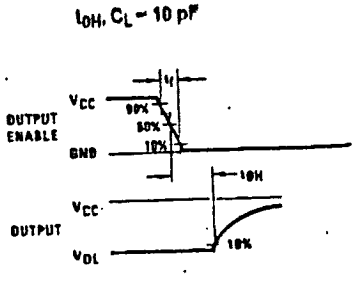
TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams











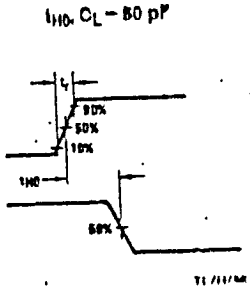


FIGURE 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 in 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 into 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.

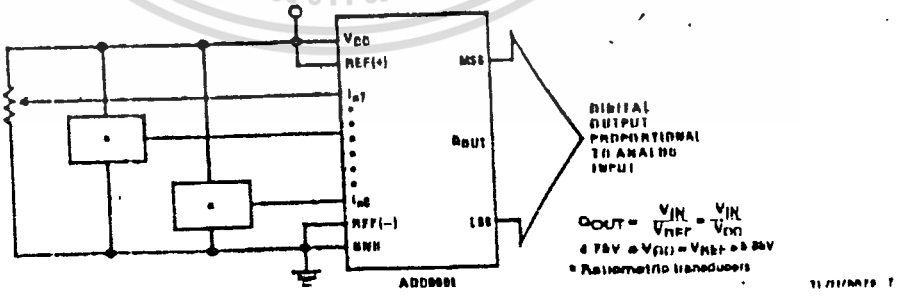


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 µF 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.

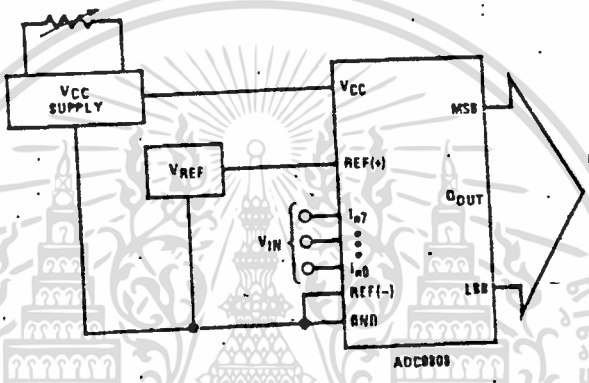


FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply

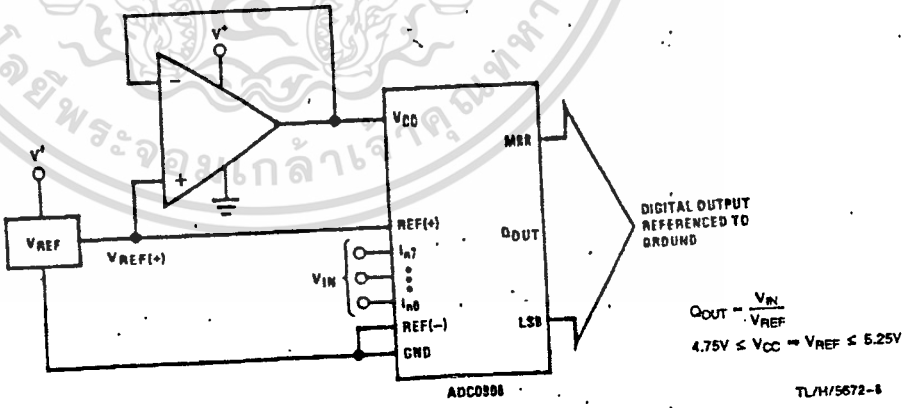
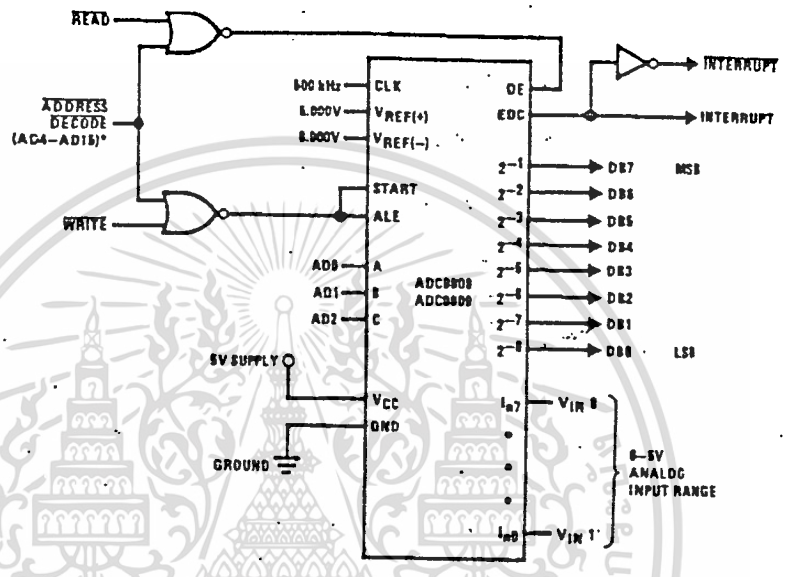


FIGURE 11: Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application



TL/H/5672–10

*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•φ2•R/W	VMA•φ•R/W	IRQA or IRQB (Thru PIA)

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		−40°C to +85°C		−55°C to +125°C
Error	± ½ Bit Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	± 1 Bit Unadjusted	ADC0809CCN		
Package Outline		N28A Molded DIP	J28A Hermetic DIP	J28A Hermetic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UMC

UM82C8167

Real-Time Clock(RTC)

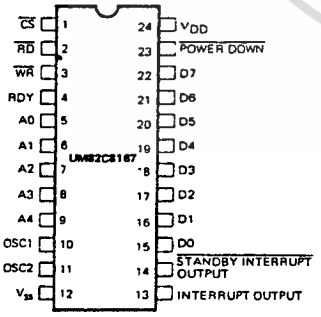
eatures

- Microprocessor compatible (8-bit data bus)
- Milliseconds through month counters
- 56 bits of RAM with comparator to compare the real time counter to the RAM data
- 2 INTERRUPT OUTPUTS with 8 possible interrupt signals
- Single +5V power supply.
- POWER DOWN input that disables all inputs and outputs except for one of the interrupts
- Status bit to indicate rollover during a read
- 32,768 Hz crystal oscillator
- Four-year calendar (no leap year)
- 24-hour clock
- 24 pin dual-in-line package

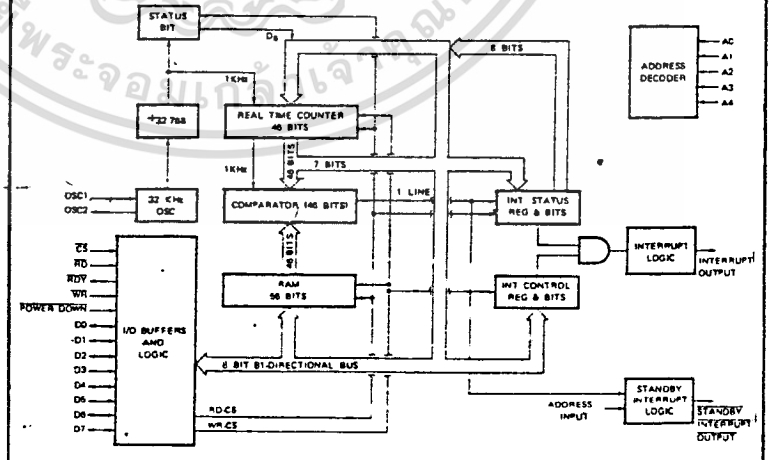
General Description

The UM82C8167 is a Si-gate CMOS LSI used as a real time clock in micro system. This product includes an addressable real time counter, 56 bits of static RAM and two interrupt outputs. User can disable the chip from the rest of the system for standby low power operation by using of a POWER DOWN input. With an on chip oscillation circuit, it can generate the 32,768 Hz time base.

Pin Configuration



Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Voltage at All Inputs and Outputs
. . . . . V_{DD} +0.3 to V_{SS} −0.3
Operating Temperature. . . . . −25°C to +85°C
Storage Temperature . . . . . −65°C to +150°C
$V_{DD} - V_{SS}$ 6V

Comments*

Stresses above those listed under 'Absolute Maximum Rating' may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only. Functional operation of this device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied and exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Electrical Characteristics

(T_A = −25°C to +85°C, V_{SS} = 0V)

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Supply Voltage					
V_{DD}	Outputs Enabled	4.0		5.5	V
V_{DD} (Note 1)	Power Down Mode	2.0		5.5	V
Supply Current					
I_{DD}, Static	Outputs TRI-STATE, f_{IN} = DC, V_{DD} = 5.5V			10	μA
I_{DD}, Dynamic	Outputs TRI-STATE, f_{IN} = 32 KHz, V_{DD} = 5.5V $V_{IH} \geq V_{DD}$ −0.3V, $V_{IL} \leq V_{SS}$ +0.3V			20	μA
I_{DD}, Dynamic	Outputs TRI-STATE, f_{IN} = 32 KHz V_{DD} = 5.5V, V_{IH} = 2.0V, V_{IL} = 0.8V			5	mA
Input Voltage					
V_{IL} Logical Low		0.0		0.8	V
V_{IH} Logical High		2.0		V_{DD}	V
I_L Input Leakage Current	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$	−1		1	μA
Output Voltage	(I/O and Interrupt Output)				
V_{OL} Logical Low	V_{DD} = 4.75V, I_{OL} = 1.6mA			0.4	V
V_{OH} Logical High	V_{DD} = 4.75V, I_{OH} = −400μA,	2.4			V
	I_{OH} = −10μA	0.8 V_{DD}			V
TRI-STATE®	V_{OUT} = 0V,			−1	μA
	V_{OUT} = V_{DD}			1	μA
Output Impedance	(Ready and Standby Interrupt Output)				
Logical Low, Sink	V_{DD} = 4.75V, I_{OL} = 1.6mA			0.4	V
Logical High, Leakage	$V_{OUT} \leq V_{DD}$			10	μA

Note 1: To insure that no illegal data is read from or written into the chip during power up, the power down input should be enabled only after all other lines (Read/Write, Chip Select, and Data Bus) are valid.

AC Characteristics

Interrupt Timing

(0°C ≤ T_A ≤ 70°C, 4.5V ≤ V_{DD} ≤ 5.5V, V_{SS} = 0)

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Units
t_{INTON}	Status Register Clock to INTERRUPT OUTPUT (Pin 13) High (Note 1)		5	μs
t_{SBYON}	Compare Valid to STANDBY INTERRUPT (Pin 14) Low (Note 1)		5	μs
t_{INTOFF}	Trailing Edge of Status Register Read to INTERRUPT OUTPUT Low		5	μs
t_{SBYOFF}	Trailing Edge of Write Cycle (CS = 0, Address = 16 H) to STAND BY BY INTERRUPT Off (high Impedance State)		5	μs

Note 1: The status register clocks are: The corresponding counter's rollover to its reset state or the compare becoming valid. The compare becomes valid 61μs after the 1/10,000 of a second counter is clocked, if the real time counter data matches the RAM data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Read Cycle Timing

($0°C \leq T_A \leq 70°C$, $4.5V \leq V_{DD} \leq 5.5V$, $V_{SS} = 0V$)

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Units
t_{AR}	Address Bus Valid to Read Strobe	100		ns
t_{CSR}	Chip Select to Read Strobe	0		ns
t_{RRY}	Read Strobe to Ready Strobe		150	ns
t_{RYD}	Ready Strobe to Data Valid		800	ns
t_{AD}	Address Bus Valid to Data Valid		1050	ns
t_{RH}	Data Hold Time From Trailing Edge of Read Strobe	0		ns
t_{HZ}	Trailing Edge of Read Strobe to TRI-STATE Mode		250	ns
t_{RYH}	Read Hold Time after Ready Strobe	0		ns
t_{RA}	Address Bus Hold Time from Trailing Edge of Read Strobe	50		ns
t_{RYDV}	Rising Edge of Ready to Data Valid		100	ns

Note 2: If $t_{AR} = 0$ and Chip Select, Address Valid or Read are coincident then they must exist for 1050 ns.

Write Cycle Timing

($0°C \leq T_A \leq 70°C$ $4.5V \leq V_{DD} \leq 5.5V$, $V_{SS} = 0V$)

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Units
t_{AW}	Address Valid to Write Strobe	100		ns
t_{CSW}	Chip Select to Write Strobe	0		ns
t_{DW}	Data Valid before Write Strobe	100		ns
t_{WRY}	Write Strobe to Ready Strobe		150	ns
t_{RY}	Ready 1 Strobe Width		800	ns
t_{RYH}	Write Hold Time after Ready Strobe	0		ns
t_{WD}	Data Hold Time after Write Strobe	50		ns
t_{WA}	Address Hold Time after Write Strobe	50		ns

Note 3: If data changes while CS and WR are low, then it must remain coincident with 1050 ns after the data change to ensure a valid writing.

Data bus loading is 100 pF.

Ready output loading is 50 pF and 3 kΩ pull-up.

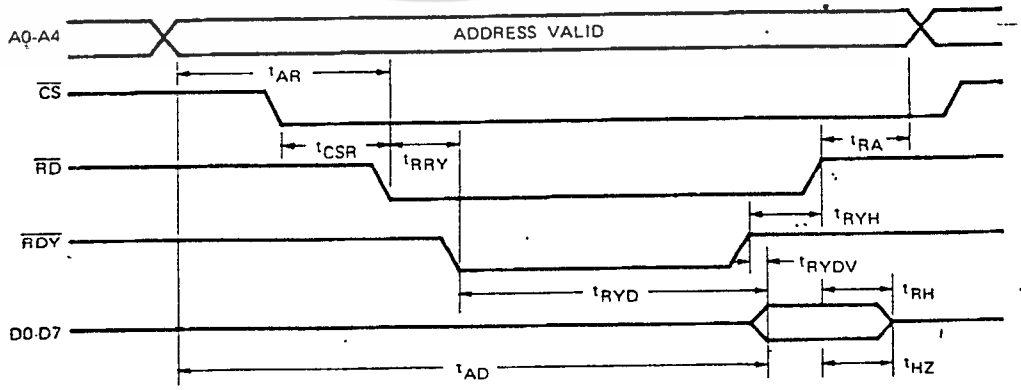
Input and output AC timing levels:

Logical one = 2.0V

Logical zero = 0.8V

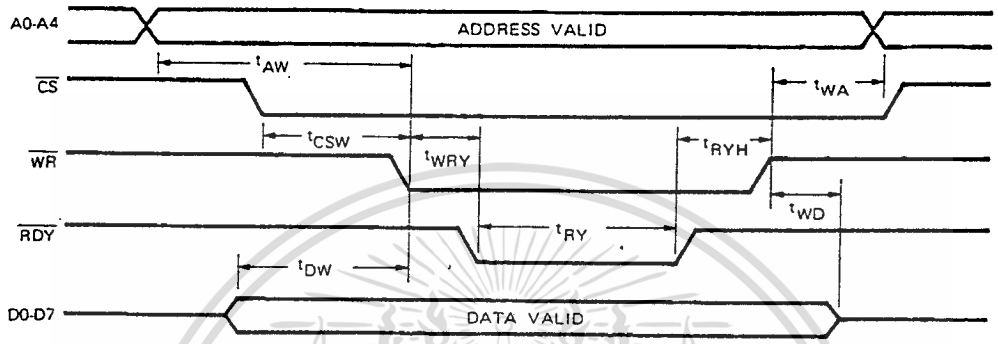
Timing Waveforms

READ CYCLE TIMING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WRITE CYCLE TIMING



Functional Description

Real Time Counter

The real time counter is divided into 4-bit digits with 2 digits being accessed during any read or write cycle. Each digit represents a BCD number and is defined in Table 1. Any unused bits are held at a logical zero and ignored during a write. An unused bit is any bit not necessary to provide a full BCD number. For example, tens of hour can not legally exceed the number 2, thus only 2 bits are necessary to define the tens of hours. The other 2 bits in the tens of hours digit are unused. The unused bits are designated in Table 1 as dashes.

The addressable portion of the counter is from milliseconds to months. The counter itself is a ripple counter. The ripple delay is less than 60μs above 4.0V and 300μs at 2.0V.

Table 1. Real Time Counter Format

Counter Addressed		Units D0	D1	D2	D3	Max. BCD Code	Tens D4	D5	D6	D7	Max. BCD Code
1/10,000 of Seconds	(00_H)	–	–	–	–		D4	D5	D6	D7	9
Hundredths and Tenths Sec	(01_H)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	D6	D7	9
Seconds	(02_H)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	D6	–	5
Minutes	(03_H)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	D6	–	5
Hours	(04_H)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	–	–	2
Day of the Week	(05_H)	D0	D1	D2	–	7	–	–	–	–	0
Day of the Month	(06_H)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	–	–	3
Month	(07_H)	D0	D1	D2	D3	9	D4	–	–	–	1

(–) Indicates unused bits

RAM

56 bits of RAM are contained on-chip. These can be used for any necessary power down storage or as an alarm latch for comparison to the real time counter. The data in the RAM can be compared to the real time counter on a digit basis. The only digits that are not compared are the unit ten thounandths of seconds and tens of days of the week (these are unused in the real time counter). If the two most significant bits of any RAM digit are ones then this RAM location will always compare.

The RAM is formatted the same as the real time counter, 4 bits per digits, 14 digits, however there are no nused bits. The unused bits in the real time counter will compare only to zeros in the RAM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interrupts and Comparator

There are two interrupt outputs. The first and most flexible is the INTERRUPT OUTPUT (a true high signal). This output can be programmed to provide 8 different output signals. They are: 10 Hz, 1 Hz, once per minut, once per hour, once a day, once a week, once a month, and when a RAM/real time counter comparison occurs. To enable the output a one is written into the interrupt control register at the bit location corresponding the desired output frequency (Figure 1). Once one or more bits have been set in the interrupt control register, the corresponding counter's rollover to in reset state will clock the interrupt status register and cause the interrupt-output to go high. To reset the interrupt and to identify which frequency caused the interrupt, the interrupt status register is read. Reading this register places the contents of the status register on the data bus. The interrupt frequency will be identified by a one in the respective bit position. Removing the read will reset the interrupt.

The second interrupt is the STANDBY INTERRUPT (open drain output, active low). This interrupt occurs when enabled and when a RAM/ real time counter comparison occurs. The STANDBY INTERRUPT is enabled by writing a one on the D0 line at address 16H or disabled by writing a zero on the D0 line. This interrupt is not triggered by the edge of the compare signal, but rather by the level. Thus if the compare is enabled when the STANDBY INTERRUPT is enabled, the interrupt will turn on immediately.

The comparator is a cascaded exclusive NOR. Its output is latched 61μs after the rising edge of the 1KHz clock signal (input to the ten thousandth of seconds counter). This allows the counter to ripple through before looking at the comparator. For operation at less than 4.0V, the thousandth of seconds counters should not be included in a compare because of the possibility of having a ripple delay greater than 61μs. (For output timing see interrupt timing.)

Table 2 and 3 are refered for the address input codes and functions and for the counter and latch reset format.

Power Down Mode

The POWER DOWN input is essentially a second chip select. It disables all inputs and outputs except for the STANDBY INTERRUPT. When this input is at a logical zero, the device will not respond to any external signals. It will, however, maintain time keeping and turn on the STANDBY INTERRUPT if programmed to do so. (The programming must be down before the POWER DOWN input go to a logical zero.) When switching V_{DD} to the standby or power down mode, the POWER DOWN input should go to a logical zero at least 1μs before V_{DD} is switched. When switching V_{DD} all other inputs must remain between $V_{SS}-0.3V$ and $V_{DD}+0.3V$. When restoring V_{DD} to the normal operating mode, it is necessary to insure that all other inputs are at valid le- before switching the POWER DOWN input back to a one. These precautions are necessary to insure that no data

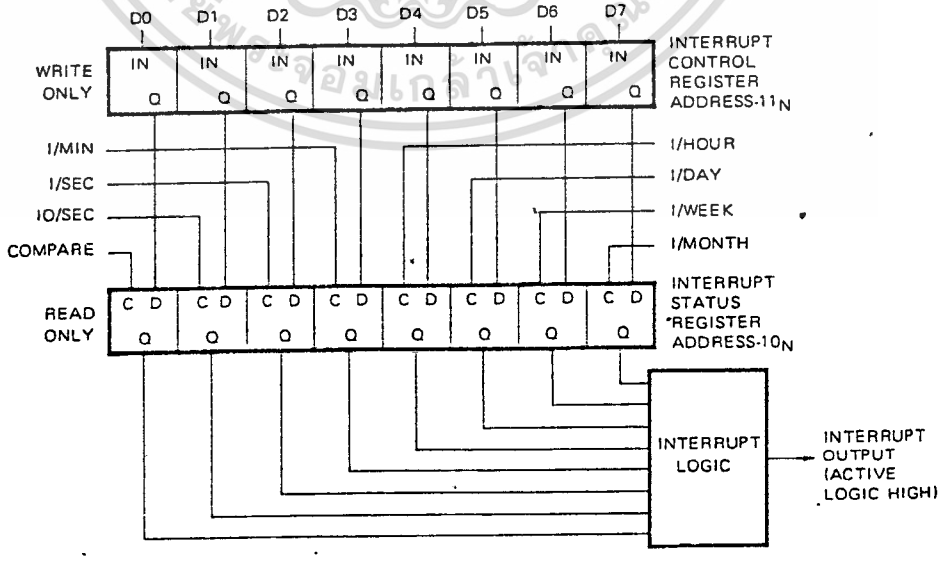


Figure 1. Interrupt Register Format

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2. Address Codes and Functions

A4	A3	A2	A1	A0	Function
0	0	0	0	0	Counter – Thousandths of Seconds
0	0	0	0	1	Counter – Hundredths and Tenths of Seconds
0	0	0	1	0	Counter – Seconds
0	0	0	1	1	Counter – Minutes
0	0	1	0	0	Counter – Hours
0	0	1	0	1	Counter – Day of the Week
0	0	1	1	0	Counter – Day of the Month
0	0	1	1	1	Counter – Months
0	1	0	0	0	Latches – Thousandths of Seconds
0	1	0	0	1	Latches – Hundredths and Tenths of Seconds
0	1	0	1	0	Latches – Seconds
0	1	0	1	1	Latches – Minutes
0	1	1	0	0	Latches – Hours
0	1	1	0	1	Latches – Day of the Week
0	1	1	1	0	Latches – Day of the Month
0	1	1	1	1	Latches – Months
1	0	0	0	0	Interrupt Status Register
1	0	0	0	1	Interrupt Control Register
1	0	0	1	0	Counter Reset
1	0	0	1	1	Latch Reset
1	0	1	0	0	Status Bit
1	0	1	0	1	"GO" Command
1	0	1	1	0	Standby Interrupt
1	1	1	1	1	Test Mode

All others unused.

Table 3. Counter and Latch Reset Format

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Counter or Latch Reset
1	0	0	0	0	0	0	0	Thousandths of Seconds
0	1	0	0	0	0	0	0	Hundredths and Tenths of Seconds
0	0	1	0	0	0	0	0	Seconds
0	0	0	0	0	0	0	0	Minutes
0	0	0	1	0	0	0	0	Hours
0	0	0	0	1	0	0	0	Days of the Week
0	0	0	0	0	1	0	0	Days of the Month
0	0	0	0	0	0	1	0	Months

For Counter Reset A4–A0 Must be 10010
For Latch Reset A4–A0 Must be 10011

is lost or altered when changing to or from the power down mode.

Counter and RAM Resets; GO Command

The counter's and RAM can be reset by writing all 1's (FF) at address 12H or 13H respectively.

A write pulse at address 15H will reset the thousandths, hunderedths, tentns, units, and tens of seconds counters. This GO command is used for precise starting of the clock. The data on the data bus is ignored during the writing. If the seconds counter is at a value greater than 39 when the GO is issued, the minute counter will increment; otherwise the minute counter is unaffected. This command is not necessary to start the clock, but merely a convinient way to start precisely at a given minute.

Status Bit

The status bit is provided to inform the user the clock is in the process of rolling over when a counter is read. The

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

status bit is set if this 1 KHz clock occurs during or after any counter read. This tells the user that the clock is rippling through the real time counter. Because the clock is rippling, invalid data may be read from the counter. If the status bit is set following a counter read, the counter should be reread.

The status bit appears on D0 when address 14H is read. All the other data lines will be zero. The bit is set when a logical one appears. This bit should be read every time a counter read or after a series of counter reads are done. The trailling edge of the read at address 14H will reset the status bit.

Oscillator

The oscillator is the standard parallel resonant oscillator. Externally, 2 capacitors, a 20M Ohms resistor and the crystal are required. The 20M Ohms resistor is connected between OSC IN and OSC OUT to bias the internal inverter in the linear region. For micropower crystals a resistor in series with the oscillator output may be necessary to insure the crystal is not overdriven. This resistor should be approximately 200K Ohms. The capacitor values should be typically 20 pF – 25 pF. The crystal frequency is 32,768 Hz.

The oscillator input can be externally driven, if desired. In this case the output should be left floating and the input level should be within 0.3V of the supplies.

A ground line or ground plane between pins 9 and 10 may be necessary to prevent interference of the oscillator by the A4 address.

Control Lines

The READ, WRITE, CHIP SELECT signals are active low inputs. The READY signal is an open drain output. At the start of each read or write cycle the READY line (open drain) will pull low and remain low until valid data from a chip read appears on the bus or data on the bus is latched in during a writing. READ and WRITE must be accompanied by a CHIP SELECT (see Timing waveforms for read and write cycle).

During a read or write, address bits must not change while chip select and control strobaes are low.

Test Mode

The test mode is merely a mode for production testing. It allows the counters to count at a higher than normal rate. In this mode the 32 KHz oscillator input is connected directly to the ten thousandths of seconds counter. The chip select and write lines must be low and the address must be held at 1 FH.

Typical Application

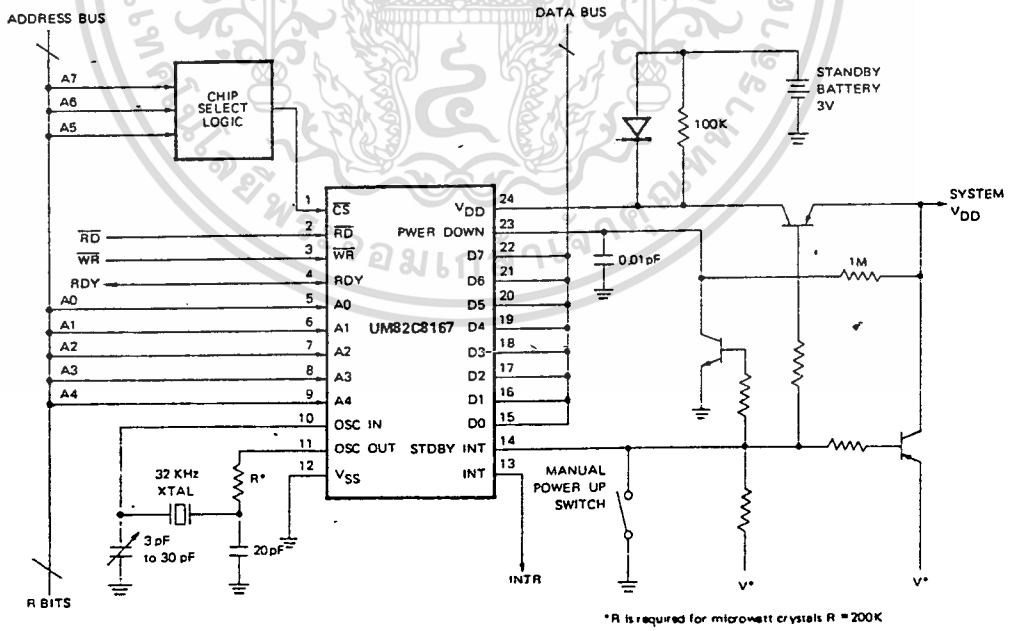


Figure 2. Standby Interrupt is Enable (ON) for Normal Operation and Disabled for Standby Operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้ ในระหว่างการดำเนินงานได้รับ ความร่วมมือ จากหลายบุคคล ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ จึงขอขอบพระคุณท่านผู้มี พระคุณ เหล่านั้นดังนี้

1) คุณ สมภพ สุขพิพัฒนามงคล วิศวกร บรรจำ บริษัท เบอร์รี่ยุคเกอร์จำกัด ช่วยเหลือ และให้คำปรึกษา ทางด้าน Hardware และ Software

2) คุณ ทัศนัย พรหมทัศ วิศวกรบรรจำบริษัทไทยเบอร์ออกไซด์จำกัด ให้ข้อมูล บางประการที่มีประโยชน์

3) คุณ ทวิช ชูเมือง และคุณนิพนธ์ ศิริรัตน์

ให้ยืมเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ และให้คำปรึกษาทางด้าน Hardware

ทางผู้จัดทำ ขอขอบคุณทุกท่านที่เอื้อเฟื้อ ข้อมูล อุปกรณ์ ประกอบอื่น ๆ ตลอดจนคำเสนอชี้แนะทั้งมวล ที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จ บรรลุ ตามวัตถุประสงค์ไปด้วยดีและหวังว่าในอนาคต ผู้สนใจโครงงานทางด้านนี้ คงจะใช้เป็นแนวทางเพื่อใช้พัฒนาต่อไป

สำหรับ ท่าน อาจารย์ ภากร หุตะสังกาศ นั้น หากไม่ได้ท่านเอื้ออำนวยให้ข้อ เสนอแนะ และคำปรึกษา แล้ว โครงงานนี้คงจะไม่สำเร็จลุล่วงด้วยดีแน่นอนทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Lance A.Leventhol, "Z80 Assembly Language Programming" Osborne/Mcgraw-Hill, Berkley, California,1986.

2. John L.Hilburn,David E.Johynson, "Manual of Active Filter Design" Mcgraw-Hill Book Company,1973.

3. บริษัท ETT จำกัด, "ET Hardware Lab Experiment For ET V3.0" บริษัท ETT จำกัด,1990.

4. ร.ศ.ยืน ภู่สุวรรณ, "ทฤษฎีและการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ Z 80" บริษัท ซี เอ็ด ยูเคชั่น จำกัด, พ.ศ. 2521

5. "คู่มือ ET-BOARD V 3.0", บริษัท ETT จำกัด,1990.

6. วิบูลย์ ชื่นแขก, "ไมโครโปรเซสเซอร์ Z 80",สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, พ.ศ.2530

7. "คู่มือ Powergard UPS",บริษัท General Electronics System จำกัด,1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้