เครื่องชาร์จเจอร์และเครื่องตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่

BATTERY CHARGER AND ANALYZER

โดย

นายชัชวาล ภูรินันทน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

009620

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องชาร์จเจอร์และเครื่องตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่

โดย นายชัชวาล ภูรินันทน์

สาขา เทคโนโลยีโทรคมนาคม

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์

ปีการศึกษา 2534

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

..... ประธานกรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT REPORT : BATTERY CHARGER AND ANALYZER

BY : CHATCHAWAN PURINAN

FIELD : TELECOMMUNICATION

DEPARTMENT : INDUSTRIAL TECHNOLOGY

PROJECT COUNSELLOR : PRADIT VATCHARAPIBUL

ACADEMIC YEAR : 1991

RECOGNIZED BY THE FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY, LADKRABANG, IN FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE BACHELOR OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY DEGREE

..... CHAIRMAN
( )

..... MEMBER
( )

..... MEMBER
( )

..... MEMBER
( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	เครื่องชาร์จเจอร์ และเครื่องตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ BATTERY CHARGER AND ANALYZER
ชื่อ	นายชัชวาล ภูรินันทน์
สาขา	เทคโนโลยีโทรคมนาคม
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์

บทคัดย่อ ปริญญานิพนธ์ จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้าง เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ และตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ชนิด นิเกิล-แคดเมี่ยม ซึ่งได้ออกแบบให้สามารถใช้กับถ่านได้ 4 ถึง 10 ก้อน สามารถเลือกขนาดแบตเตอรี่เองโดยอัตโนมัติ ชาร์จด้วยระบบแรงดัน และกระแสคงที่โดยมีลักษณะการชาร์จอยู่ 3 ลักษณะคือแบบเร็ว แบบปกติและแบบถาวร โดยขั้นตอนการทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติและยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงานต่างๆของระบบเองได้ มีวงจรวอตช์ด็อกคอยตรวจสอบระบบไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น แสดงภาวะการทำงานต่างๆของระบบอย่างสมบูรณ์ด้วยภาคแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน 4 หลัก ใช้แสดงค่าแรงดันถ่านความจุของถ่านและเวลา การควบคุมระบบใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z-80 A ทำให้ระบบมีความสมบูรณ์และสมรรถนะของเครื่องดีเลิศ ได้ทำการทดสอบและทดลองใช้งานจริงปรากฏว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : BATTERY CHARGER AND ANALYZER

Name : CHATCHAWAN PURINAN

Field : Telecommunication Department : Industrial Technology

Faculty : Engineering

Advisor : PRADIT VATCHARAPIBUL

ABSTRACT : The subject of this Thesis is the design and assembly of a nickel-cadmium battery charger and analyzer. This type of charger can be used to charge between four to ten ba-teries. It also has and automatic function that selects the size of the batteries. The voltage system can be controlled with the flow of current maintained at three levels : for quick charge, slow charge or trickle charge. Every phase of the charge runs automatically, The watchdog circuit system with its 7-character and 4-digit display will indicate any errors or malfunctions. It also tells the time and the battery capacity. The charger is controlled by roprocessor No. z-80A which helps the system to function perfectly and flawlessly.

Only through real application, can its accuracy and performance be proven satisfactorily.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้คำแนะนำและความช่วยเหลือจาก ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ประดิษฐ์ วัชระพิบูลย์

ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณต่อท่านอาจารย์ประดิษฐ์ วัชร พิบูลย์ เป็นอย่างสูง

ชัชวาล ภูรินันทน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	เนื้อเรื่อง	หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการ	3
	รู้จักกับนิแคด	3
	ลักษณะทั่วไปของนิเกิล-แคดเมียม	4
	การจ่ายกำลังของถ่านนิแคด	7
	การเสื่อมสภาพ	8
	แบตเตอรี่ที่มีความจำ	9
	การแก้ไขความจำของแบตเตอรี่	10
บทที่ 3	การคำนวณและการสร้าง	12
	ส่วนประกอบของเครื่อง	12
	หลักเบื้องต้นของการชาร์จแบตเตอรี่นิแคด	13
	การวัดอัตราการจ่ายประจุของนิแคด	15
	วอตซ์-ด็อก	16
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	19
	การทดลองในแต่ละส่วน	19
	การทดลองโดยรวม	19
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์	20
	แนวทางพัฒนาและแก้ปัญหา	20
ภาคผนวก	ก การใช้งานเครื่องชาร์จเจอร์และตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่	
ภาคผนวก	ข รายละเอียดวงจรและรายปริ้นท์	
ภาคผนวก	ค รายละเอียดอุปกรณ์	
ภาคผนวก	ง เอกสารคุณสมบัติของแบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมี่ยม	
กิตติกรรมประกาศ		
เอกสารอ้างอิง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้ออกแบบมาเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้เป็นอันมาก เครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ จึงมีน้ำหนักเบาขนาดกระทัดรัด ใช้ไฟได้หลายชนิดจึงได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เช่น โทรทัศน์ขนาดเล็ก วิทยุ โทรศัพท์ และวิทยุคมนาคม ซึ่งสามารถใช้กับแบตเตอรี่ได้ ทำให้เกิดความคล่องตัวในการใช้งาน แบตเตอรี่ที่ใช้กับเครื่องเหล่านี้มีมากมายหลายชนิดด้วยกัน แต่จะกล่าวถึงเฉพาะแบตเตอรี่ชนิดที่ประจุใหม่ได้เท่านั้น คือแบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมี่ยม

การใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมี่ยมนั้น จะต้องมีความเข้าใจแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นอย่างดี จึงจะนำถ่านนิแคดไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ปัญหาของผู้ใช้แบตเตอรี่ที่เปลี่ยนหรือทิ้งไป โดยไม่แน่ใจว่าแบตเตอรี่นั้นเสียหรือไม่ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้งานถ่านอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอวิธีการใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมี่ยมอย่างมีประสิทธิภาพ โดยคุณสมบัติของเครื่องสามารถบอกท่านได้ว่า แบตเตอรี่ของท่านมีสภาพเป็นอย่างไร โดยสามารถชาร์จและวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ ชนิดนิเกิล-แคดเมี่ยมได้ 4-10 ก้อน (ขนาด AA) การทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติทั้งหมดตั้งแต่การเลือกจำนวนของถ่านขั้นตอนการชาร์จการวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ หรือขั้นตอนการทำงานต่างๆ ผู้ใช้งานยังสามารถกำหนดสภาวะการทำงานเองได้ การชาร์จทำการชาร์จด้วยระบบโวลท์เต็จและกระแสคงที่เพื่อป้องกันรักษาถ่านให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นในการชาร์จนั้นทำการชาร์จใน 3 ลักษณะ คือ ชาร์จแบบเร็ว ชาร์จปกติ และชาร์จแบบถาวรซึ่งการทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติเช่นกัน การวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ เพื่อดูประสิทธิภาพของถ่าน ก็เป็นแบบอัตโนมัติเช่นกัน

การแสดงผล แสดงด้วยภาคแสดงผล 7 ส่วน 4 หลักและ LED แสดงสภาพการทำงานต่างๆ โดยสามารถแสดงโวลท์เต็จ เวลา และความจุของถ่านได้ ระบบถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ Z80A ทำให้สามารถควบคุมระบบที่ยุ่งยากซับซ้อนให้เป็นระบบที่ง่ายลงได้ และทำงานได้อย่างอัตโนมัติ สมรรถนะของเครื่องดีเลิศแล้วยังมีส่วนของวงจรวอทช์ด็อกใช้สำหรับคอยระวังป้องกันไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นในระหว่างการทำงาน โดยเมื่อเครื่องทำงานในระยะเวลายาวนาน CPU อาจจะเกิดการทำงานที่ผิดพลาดขึ้นมาได้ (แฮงค์) ส่วนของวอทช์ด็อกนี้จะควบคุมให้การทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิจัย เครื่องชาร์จเจอร์และเครื่องตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่
เพื่อทดลองสร้างเครื่องชาร์จเจอร์และเครื่องตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ ไว้ใช้งานจริง
เพื่อทดลงนำไมโครโปรเซสเซอร์มาประยุกต์ใช้งาน
เพื่อเปิดเผยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ได้เครื่องต้นแบบ เครื่องชาร์จเจอร์และเครื่องตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถใช้งานได้จริง
ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย นำไปสู่การพัฒนาระบบเครื่องชาร์จเจอร์และเครื่องตรวจวิเคราะห์
สภาพแบตเตอรี่ ในรูปแบบอื่นๆ
ได้พัฒนาเทคโนโลยีในด้านนี้ให้ก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น
มีแนวโน้มที่จะพัฒนาขีดความสามารถของเครื่องให้เพิ่มมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

รู้จักกับนิแคด

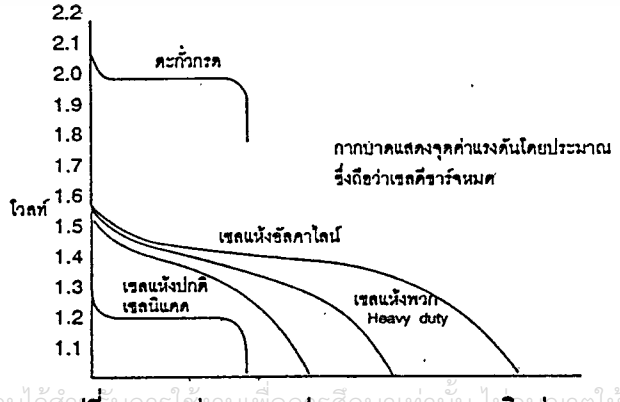
ถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่เป็นสิ่งที่เรารู้จักกันดีแล้ว อันที่จริงแรกเริ่มแบตเตอรี่หรือแบบเซลเปียกที่ใช้กันกับรถยนต์ทั่วไป โครงสร้างเป็นแบบตะกั่วกรดได้พลังงานไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมี ทำให้การชาร์จใหม่ต้องเติมน้ำกรด (เป็นกรดกำมะถันอย่างเจือจาง) แต่เซลพวกนี้จ่ายกระแสได้สูงและอายุการใช้งาน (จำนวนครั้ง) ที่นานกว่า ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาเซลแห้งขึ้น บ้านเราก็เรียกกันว่าถ่านไฟฉาย (เพราะตอนแรกๆคงจะมีการใช้เฉพาะ กับไฟฉาย) เซลแห้งก็มีหลายแบบ ในทางวิชาการชื่อจะแตกต่างกันไปตามชนิดของโครงสร้าง เช่น แบบ (ถูกๆ) ที่เราเห็นๆ และใช้กันทั่วไปก็เป็นแบบคาร์บอนซิงค์ (Carbon-Sinc) เพราะโครงสร้างจะเป็นแท่งคาร์บอน (ไส้) ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และแผ่นสังกะสี (ซิงค์) ทำหน้าที่ เป็นขั้วลบ แบบอื่นๆ ก็เช่น แบบเมอร์คิวรี่ (Mercury) แบบแมงกานิสไดออกไซด์-อัลคาไลน์ ซึ่งเป็นแบบที่ทำงานอย่างต่อเนื่อง (Heavy duty) และแบบนิเกล-แคดเมียม (Nikel-Cadmium) ซึ่งเรามักจะเรียกกันสั้นๆว่านิแคด

ถ่านนิแคดปัจจุบันนี้ในบ้านเราใช้กันอย่างแพร่หลายซึ่งจะเป็นก็เพราะข้อดีที่ว่าสามารถที่จะชาร์จใหม่ได้เมื่อถ่านหมดทั้งราคาก็ถูกกว่าสมัยก่อนเยอะ นิแคดมีหลายขนาด ที่เราเห็นๆ และใช้กันทั่วไปก็ได้แก่ขนาดเล็ก (ขนาด AA) ขนาดกลาง (ขนาดC) และขนาดใหญ่ (ขนาด D) แบบขนาดเล็กจะนิยมใช้กันมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นวิทยุเทปขนาดเล็กหรือแฟลชถ่ายรูปต่างๆ

นิแคดและถ่านแบบอื่นๆ

ถ่านนิแคดออกจะแตกต่างกับถ่าน (หรือเซล) แบบอื่นๆบ้างได้แก่ แบบนิแคดจะมีแรงดันก้อนละ 1.2 โวลท์ ในขณะที่เซลแบบอื่นๆ จะมีแรงดันก้อนละ 1.5 โวลท์ อันนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างที่แตกต่างๆ ในรูปที่ 2 จะแสดงผลการทดสอบการจ่ายกระแสของเซลชนิดต่างๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันคือเซลขนาด UM-3 หรือขนาด AA จ่ายกระแส ให้กับโหลดขนาด 30 มิลลิแอมป์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมงต่อวัน

จากกราฟในรูปที่ 2นี้เห็นว่าเซลพวกอัลคาไลน์จะให้คุณภาพที่ดีกว่าพวกคาร์บอน-ซิงค์(แบบธรรมดา) เกือบสองเท่าหรือมากกว่า (ขึ้นอยู่กับการใช้) พวกอัลคาไลน์จะให้ประสิทธิภาพสูงเมื่อใช้งานที่กระแสสูงๆ อย่างต่อเนื่อง สำหรับแบบนิแคดนั้น (ชาร์จใหม่ได้) ก็สามารถใช้งานที่กระแส สูงๆได้ดีเหมือนกัน และที่สำคัญก็คือ แรงดันของเซลจะคงที่ตลอด จนกว่าถ่านจะหมดซึ่งจะทำให้เราเช็คไม่ได้ว่าตอนนี้ถ่านเกือบจะหมดหรือยัง



รูปที่ 2 กราฟแสดงการจ่ายกระแสของเซลชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กล่าวมาทั้งหมดก็ไม่ได้หมายความว่านิแคดเป็นที่สุดของแบตเตอรี่เซลแห้งแล้วก็เปล่าเลย ข้อดีของนิแคดคือ จ่ายกระแสได้มากแล้วให้แรงดันคงที่ ทั้งยังชาร์จใหม่ได้ แต่ข้อเสียของนิแคดก็มีเหมือนกัน ดูกันง่ายๆเครื่องใช้ไฟฟ้าเราต้องการแรงไฟ 12 โวลท์ ถ้าใช้อัลคาไลน์ใช้แค่ 8 ก้อนทั้งยังใช้งานได้นานกว่า ส่วนนิแคดต้องใช้ถึง 10 ก้อนและอายุใช้งาน (ใน 1 ครั้ง) ก็น้อยกว่าด้วย ราคาต่อก้อนก็แพงกว่า ถ้ารวมเอาเครื่องชาร์จเข้าไปด้วยจึงเป็นการลงทุนสูงในตอนแรก ในการใช้งานนิแคดใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิ -20 °c ถึง +45 °c และการชาร์จอุณหภูมิ ก็ไม่ควรต่ำกว่า 0 °c ในขณะที่เซลอัลคาไลน์จะสามารถ จ่ายกระแสได้ดีแม้อุณหภูมิจะต่ำกว่า -40 °c หรือพวกคาร์บอน-ซิงค์ จะใช้งานอยู่ในช่วง -18 °c ถึง +50 °c เป็นต้น

ลักษณะทั่วไปของนิเกิล-แคดเมียม

ขั้นแรก มาทำความเข้าใจกันเล็กน้อยเกี่ยวกับคำนิยามของคำว่าเซลไฟฟ้าและแบตเตอรี่ เซลหมายถึง 1 หน่วย แบตเตอรี่หมายถึงกลุ่มของเซล สำหรับแบตเตอรี่แบบนิเกิล-แคดเมียมนั้น ในการใช้งานจริงๆจะประกอบด้วย เซลเป็นชุดๆ ต่อนุกรมกันเซลหนึ่งๆ จะมีแรงดัน 1.25v (หลังจากอัดไฟใหม่ๆ เซลอาจมีแรงดันถึง 1.4v แต่จะลดลงเป็น 1.25v อย่างรวดเร็ว) เมื่อจ่ายโหลดจนแรงดันเซลลดลงเหลือ 1.1v จะต้องอัดไฟใหม่

แบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียมที่ดีจะต้องรักษาระดับแรงดันเซลไว้ที่ 1.25v ให้ได้ตลอดอย่างน้อย 85% ของอายุการใช้งานทั้งหมด แต่เซลที่มี "ความจำ" เกิดขึ้น แรงดันจะลดลงเหลือ 1.0v หลังจากใช้งานไปเพียงช่วงหนึ่งของอายุการใช้งานซึ่งจะต้องอัดไฟใหม่เพราะแรงดันต่ำกว่าระดับ 1.1v

แบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียมมี 2 แบบใหญ่ๆ คือ แบบซินเตอร์เพลท (sintered plate) ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป และแบบพ็อกเก็ทเพลท (pocket plate) ใช้กับงานที่ใหญ่กว่า แบบหลังเหมือนแบตเตอรี่รถยนต์แบบตะกั่ว-กรด (lead-acid) และใช้อิเลคทรอไลท์ที่เป็นของเหลว

แบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียม แบบซินเตอร์เพลท มีลักษณะโครงสร้างเกือบเหมือนกับเซลแห้งแบบถ่าน-สังกะสี (carbon-zinc) ที่เราคุ้นเคย คือ เป็นแบบทรงกระบอกประกอบด้วยขั้วเซลเป็นแผ่นบางๆ มีฉนวนคั่นกลาง ม้วนเป็นรูปทรงกระบอก แผ่นขั้วบวกเป็นสารนิเกิลลัสไฮดรอกไซด์ (Nickelous hydroxide) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นนิเกิลลิคไฮดรอกไซด์ (Nickelic hydroxide) เมื่ออัดไฟเต็มแล้ว แผ่นขั้วลบเป็นสารแคดเมียมไฮดรอกไซด์ (Cadmium hydroxide) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นโลหะแคดเมียมเมื่ออัดไฟแล้ว ส่วนอิเลคทรอไลท์ คือ โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิแคดถ่านที่ชาร์จใหม่ได้

ในการวัดความจุของถ่านจะวัดเป็นแอมป์-ชั่วโมง หรือไม่ก็มิลลิแอมป์-ชั่วโมงเช่น ถ่านมีความจุ 500 มิลลิแอมป์-ชั่วโมง จะเป็นถ่านที่สามารถจ่ายกระแสได้ 500 มิลลิแอมป์และหมดภายใน 1 ชั่วโมง ถ้าหากเป็นขนาดใหญ่ๆ อาจจะมีความจุถึง 100 แอมป์-ชั่วโมงได้

ตามลักษณะโครงสร้างแล้วถ่านแบบนิเกิลแคดเมียมจะมีโครงสร้างของแผ่นนิเกิลและแผ่นแคดเมียมวางซ้อนกันโดยมีฉนวนพรุนกัน ส่วนของฉนวนจะอมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide, KOH) ซึ่งจะไม่เปลี่ยนสภาพแต่เมื่อมีการชาร์จหรือจ่ายกระแสมันจะแตกตัวเป็นอิออนทำหน้าที่เป็นพาหะของกระแส หรือเป็นตัวสะพานของไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาเคมีมีดังนี้

KOH K +OH (OH คือ ไฮโดรเจน-ออกซิเจนอิออนที่เคลื่อนที่ทำให้เกิดการไหลของกระแส)

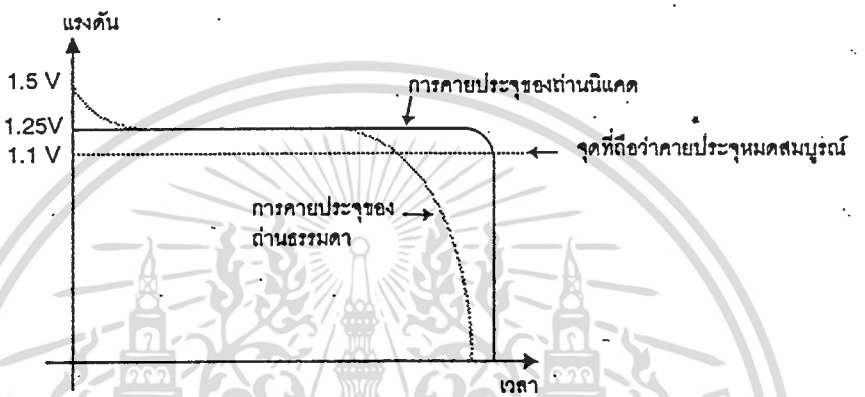
ถ่านนิแคดแม้จะเป็นถ่านชาร์จใหม่ได้ก็จริงแต่ก็มีข้อพึงระวัง เช่นการชาร์จต้องชาร์จด้วยกระแสที่กำหนด ซึ่งมักจะพิมพ์ติดอยู่ข้างๆก้อนถ่านเองการใช้ก็ไม่ควรจะทำให้เกิดการลัดวงจรเพราะจะทำให้ถ่านเสียได้

ในการชาร์จถ่านนิแคดนั้น มี 2 แบบ คือ แบบชาร์จช้า (ใช้เวลาในการชาร์จประมาณ 15 ชั่วโมง) และแบบชาร์จเร็ว (ใช้เวลาในการชาร์จ 3 ชั่วโมง หรือน้อยกว่า) เนื่องจากการชาร์จจะทำให้เกิดความร้อน และก๊าซขึ้น ดังนั้นโครงสร้างของถ่านสำหรับการชาร์จแต่ละประเภทไม่เหมือนกัน แบบชาร์จช้าความดันและความร้อนจะไม่เกิดขึ้นมากเกินไปจนระบายไม่ทัน แต่แบบชาร์จเร็วแล้วจะได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษที่จะลดความดันได้ด้วยตัวเองโดยทำเป็นลิ้นไว้ (Valve) แบบนี้ถ้าชาร์จเต็มแล้วก็ควรจะหยุดชาร์จเพราะจะทำให้มีการระเหยของสารเคมีมากขึ้น ในการชาร์จใหม่นั้นถ่านนิแคดจะใช้การชาร์จแบบกระแสคงที่ ในการชาร์จจะใช้กระแสชาร์จประมาณ 10% ของความจุของถ่าน (ค่าที่แน่นอนจะระบุโดยผู้ผลิต)ซึ่งถ้าเป็นขนาด AA จะใช้ประมาณ 0.1c ส่วนในการชาร์จแบบชาร์จเร็ว จะใช้กระแสประมาณ 0.3c พึงระลึก ไว้ในใจเสมอว่าถ้าจะ ให้ปลอดภัยที่สุดใช้ค่ากระแสและเวลาตามที่ผู้ผลิตระบุไว้ เซลนิแคดจะสามารถ ชาร์จใหม่ได้นับร้อยครั้ง แต่นั่นหมายถึงว่ามีการควบคุมแวดล้อมต่างๆ เป็นอย่างดี ในระดับเราๆนี้คิดว่าถ้ามากกว่า 100 ครั้ง ก็ถือว่าคุ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเซลแบบนิแคดแทนเซลแห้ง

เซลแห้งเมื่อต่อโหลดแล้วแรงดันไฟจะตกลงทันที เนื่องจากความต้านทานภายในและยิ่งใช้งานนานไปก็จะยิ่งตกต่ำลงอีกแต่สำหรับเซลแบบนิแคดแล้วความต้านทานภายในมีค่าต่ำกว่ามาก มันจึงสามารถจ่ายแรงดันได้ค่อนข้างคงที่ ที่ประมาณ 1.25 โวลท์ จากกราฟแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของเซลแห้งกับเซลแบบนิแคดเมื่อต่อโหลดชนิดเดียวกันเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อยๆ ถ้าคนที่เคยใช้เซลแบบนิแคดจะพบว่าตอนที่พลังงานในเซลหมดนั้น แรงดันจะตกแบบฮวลฮาบ ซึ่งแตกต่างจากเซลแห้งที่จะค่อยๆหมดไป คือถ้าใช้กับไฟฉายละก็ ถ้าเป็นเซลแบบนิแคดไฟจะดับลงทันที



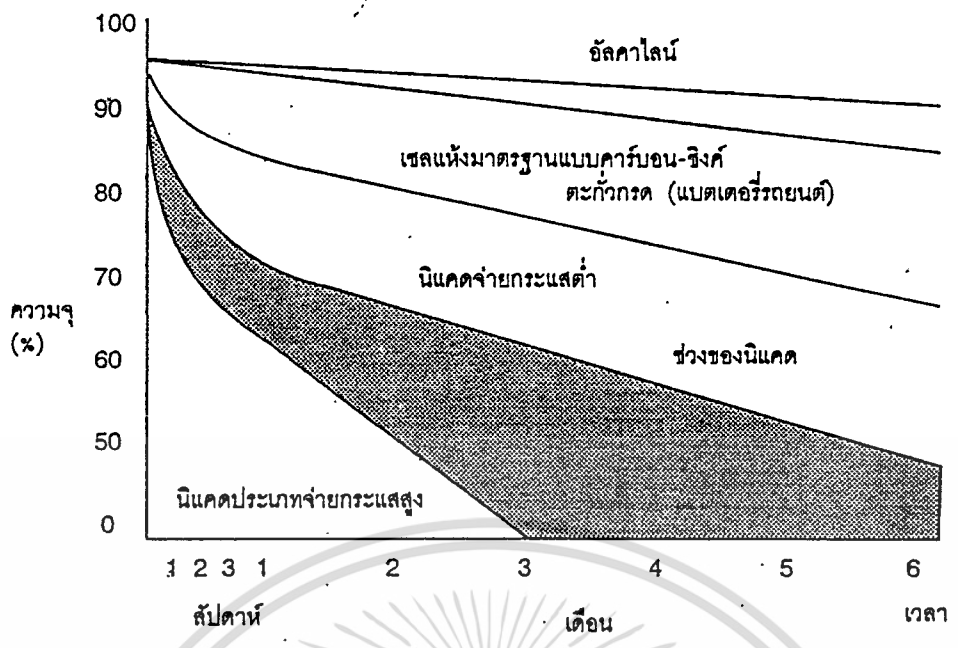
กราฟแสดงการคายประจุของเซลเมื่อต่อโหลด เปรียบเทียบระหว่างเซลแห้งกับเซลแบบนิแคด

ทำไมถ่านหมดเมื่อไม่ได้ใช้งาน

เราคงจะเคยเห็นและก็สงสัยว่าเซลแห้งหรือถ่านไฟฉายเมื่อทิ้งไว้เฉยๆ นานๆ ก็ไม่มีแรงไฟ อันนี้ก็เนื่องจากการดีสชาร์จด้วยตัวเอง หรือดิสชาร์จให้กับอากาศ จะช้าหรือเร็วนั้นก็ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ปริมาณสภาพประจุไฟฟ้าในอากาศ ความชื้นและชนิดของถ่านเป็นต้น การวัดอายุการเก็บนั้นจะสามารถวัดได้โดยเอาเวลาที่มีความจุของเซลลดลงเหลือ 90% ของความจุ เดิม ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันพอจะสรุปได้ดังนี้

ชนิดของเซล	อายุการเก็บ
คาร์บอน-ซิงค์	8-9 เดือน
อัลคาไลน์	มากกว่า 2 ปี
นิแคด	3 วัน - 4 สัปดาห์
อุณหภูมิที่เก็บประมาณ 20-25° อายุการเก็บจะนานขึ้นถ้าหากเก็บที่อุณหภูมิ 5-10°	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงการดีสชาร์จของเซลชนิดต่างๆ เมื่อปล่อยทิ้งไว้

การจ่ายกำลังของถ่านนิแคด

ความสามารถในการจ่ายกำลังหรือความจุของถ่านนิแคด ซึ่งวัดเป็นหน่วยแอมป์-ชั่วโมง (Ah) จะถูกกำหนดด้วยการที่ถ่ายนิแคดจ่ายกำลังเป็นเวลา 10 ชั่วโมงและแรงดันของมันตกลงเหลือ 1.1 V ตัวอย่างเช่น ถ่านนิแคดขนาด AA ระบุค่าความจุไว้ 500 mAh ก็หมายความว่า ถ้าเมื่อมันได้รับการชาร์จมาจนเต็มแล้ว และนำมันมาต่อกับโหลดให้จ่ายกระแสหรือดิสชาร์จ (discharge) ขนาด 50 mA แรงดันของมันจะตกลงเรื่อยๆจนเหลือ 1.1 (V) เมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมง ซึ่งอัตราการจ่ายกระแสขนาดนี้เรียกว่า c/10 คือ 1/10 เท่าของความจุ

รูปที่ 1 แสดงกราฟของอัตราการจ่ายกระแสขนาด c/5, c/2 และ c ของถ่านนิแคดแบบก้อนเดี่ยว (1.2V) และขนาด 9V สังเกตให้ดีจะเห็นว่าที่อัตรา c/5 ตัวถ่านนิแคดสามารถจ่ายกระแสได้เป็นเวลา 5 ชั่วโมงตามที่คิดก่อนแรงดันจะตกลงเหลือ 1.1V และ 6.6V ตามลำดับ แต่ที่อัตรา c/2 และc แรงดันจะตกลงเร็วกว่าตามที่คิดไว้

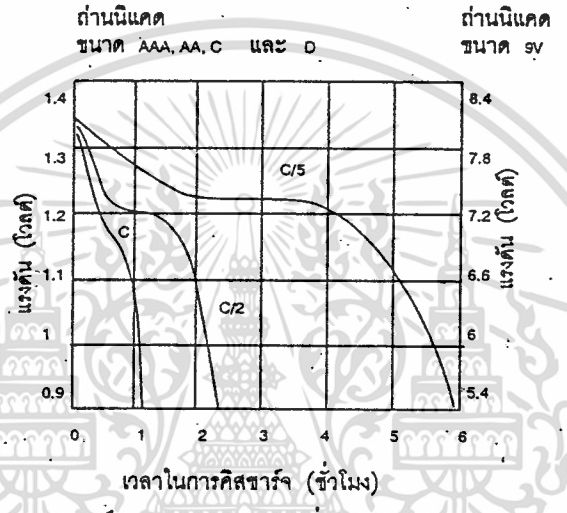
ในทางปฏิบัติแล้ว ที่อัตราการจ่ายกระแสหรือดิสชาร์จขนาด c จะได้เวลา 55 นาทีเท่านั้น เมื่อเทียบกับที่คิดได้ 1 ชั่วโมง

ในการชาร์จถ่านนิแคดนั้น โรงงานผู้ผลิตได้แนะนำให้ชาร์จถ่านนิแคดด้วยอัตรา c/10 เป็นเวลา 14 ชั่วโมง การชาร์จด้วยอัตราสูงขึ้นสามารถทำได้แต่จะทำให้อายุของถ่านนิแคดสั้นลง และยังทำให้ความสามารถในการจ่ายกำลังลดน้อยลงอีดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะทำการชาร์จถ่านนิแคดอาจจะมีถ่านนิแคดบางก้อนซึ่งยังคงมีประจุเหลืออยู่หรือยังจ่ายกำลังไม่หมด ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการชาร์จถ่านแบบนี้มากเกินไป เวลาในการชาร์จจึงควรลดน้อยลงตามประจุที่ยังคงเหลืออยู่ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ เนื่องจากเราไม่สามารถวัดหรือตรวจสอบปริมาณประจุที่เหลืออยู่ได้

การชาร์จถ่านนิแคดมากเกินไปนี้ ทำให้อายุและความจุลดน้อยลงไปได้แต่ความจุที่ลดน้อยลงไปนี้สามารถ เอากลับคืนมาได้ด้วยการชาร์จจนเต็มและให้จ่ายกำลังออกจนหมดเป็นวัฏจักรเช่นนี้หลายๆ ครั้ง ไม่เพียงเท่านี้ หลังจากที่ได้กระทำเช่นนี้แล้ว ถ่านนิแคดเองก็ยังคงต้องการวัฏจักรดังกล่าว เพื่อให้ตัวมันมีความจุเต็มที่อยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 1 กราฟแสดงการจ่ายกำลัง (ดิสชาร์จ) ของถ่านนิแคดที่อัตรา 100%,50% และ 20% ของความจุเต็มที่ของถ่าน

การเสื่อมสภาพ

เนื่องจากเซล NiCd ใช้สาร active ที่แผ่นบวกและแผ่นลบ ซึ่งไม่ละลายใน Electrolyte ชนิดด่าง (Alkaline) จึงมักไม่ค่อยเกิดการเสื่อมสภาพนิแคดส่วนใหญ่สามารถใช้งานและประจุไฟใหม่ได้ 500 ถึง 1,000 ครั้ง ตัวเลขนี้อาจเป็นขีดจำกัดด้านอายุของเซลก็จริง แต่ถ้าคิดว่าเซลถูกใช้งานและประจุใหม่เพียงสัปดาห์ละ 2 ครั้งแล้ว เซลก้อนหนึ่งจะมีอายุการใช้งานนานถึง 10 ปี แต่ถ้าประจุไฟทุกวันก็จะอยู่ได้ 3 ปี

การเสื่อมสภาพชนิดถาวร เกิดจากสาเหตุใหญ่ๆ 2 ประการ คือการลัดวงจรภายในเซล (Internal shorts) และการเสื่อมของ Eletrolyte

การลัดวงจรภายในเซล เกิดจากเวลาและอุณหภูมิ ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการเสื่อมสภาพของสารฉนวนซึ่งแยกแผ่นบวกและแผ่นลบของเซลออกจากกัน การลัดวงจรนี้ ทำให้ประจุไฟฟ้าได้น้อยลง

การเสื่อมหรือการสูญเสีย Eletrolyte จะลดการประจุไฟฟ้าของเซลลง และเพิ่มความต้านทานภายใน Eletrolyte จะสูญเสียได้จากเหตุ 2 ประการด้วยกัน

ประการแรก ถึงแม้ว่านิแคดจะได้รับการผนึกอย่างสนิทดีอย่างไรก็ตาม แต่ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนก็ยังรั่วออกมาได้กว่าจะทราบว่าปริมาณของ Eletrolyte ได้ลดลงไป ก็อาจใช้เวลาร่วม 10 ปีหรือนานกว่านั้น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประการที่สอง เกิดจากการใช้เซลอย่างไม่ถูกวิธี เช่น overcharge คือ ชาร์จไฟมากเกินไปหรือการประจุไฟผิดนั้น ก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจน ซึ่งเกิดภายในเซลจะทำให้เกิดความดันและดันลิ้นระบายความดันเพื่อออกสู่บรรยากาศภายนอกดังนั้น ผนึกอย่างดีของเซลนั้นก็จะถูกทำลายลงด้วย การระเหยของ Eletrolyte ก็เร็วขึ้น เป็นเหตุให้เซลแห้งลง

การเสื่อมสภาพชนิดไม่ถาวร เป็นการเสื่อมอีกชนิดหนึ่งเป็นชนิดไม่ถาวร ซึ่งสามารถทำให้เซลกลับไปประจุได้เต็มที่ดังเดิมได้ สาเหตุประการหนึ่งของการเสื่อมชนิดนี้ ก็คือเกิดจากการ overcharge เซลไว้เป็นเวลานานๆ โดยไม่นำมันมาคายประจุเสียบ้าง เช่นต่อแบตเตอรี่ขนานไว้กับแหล่งจ่ายไฟเพื่อทดแทนแหล่งจ่ายไฟเมื่อเกิดไฟฟ้าดับเป็นต้น การ overcharge เซลไว้นานๆนี้ ทำให้เซลมีอุณหภูมิสูงอยู่ตลอดเวลาจึงเสื่อมสภาพลง

สาเหตุอีกประการหนึ่งของการเสื่อมสภาพชนิดไม่ถาวรเกิดจากการใช้งานอย่างสม่ำเสมอแต่ใช้ไฟไม่หมด เช่นใช้เป็นเพียง 25% ก็นำไปประจุไฟใหม่ทุกครั้ง กรณีเช่นนี้เซลจะเกิดอาการ "จำ" ขึ้นว่าผู้ใช้งานต้องการพลังงานจากมันเพียง 25% เท่านั้น และไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าที่เหลืออีก 75% ของความจุของมันออกมาใช้งานได้ ปรากฏการณ์นี้มักจะเกิดขึ้น ถ้าเซลไม่ค่อยได้ถูก overcharge ที่อัตราคายประจุสูงหรืออุณหภูมิสูงๆ

การเสื่อมสภาพชนิดไม่ถาวรนี้ สามารถทำให้คืนดีเหมือนเดิมได้ โดยนำเซลมาคายประจุเดิมออกให้หมด โดยมีอัตราการคายประจุต่ำแล้วนำเซลนั้นมาประจุไฟใหม่ด้วยอัตราการประจุ 0.1C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25C ทำเช่นนี้ซ้ำอีกหนึ่งหรือสองครั้ง เซลจะสามารถเก็บประจุได้อย่างเต็มที่เช่นเดิม

แบตเตอรี่ที่มีความจำ

ปัจจุบันเราคุ้นเคยกับวงจร "ความจำ" (Memory) ในวงการอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น RAM, ROM, PROM เป็นต้น และเมื่อกล่าวถึง BWM (Battery With Memory) เราอาจคิดว่าเป็นแบตเตอรี่แบบใหม่ชนิดหนึ่ง แต่ความจริงแล้ว BWM คือ "ปัญหา" ที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่ นิเกิล-แคดเมียมซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เลย

เมื่อใช้งานแบตเตอรี่ นิเกิล-แคดเมียมที่กระแสต่ำๆ ในช่วงเวลาสั้นๆ ซ้ำๆ กันเป็นเวลานานๆ แบตเตอรี่ก็จะกลายคุณสมบัติไปทำงานได้เพียงเงื่อนไขอันนั้น เหมือนกับว่ามัน "จำ" ได้ว่ามันสามารถจ่ายกระแสได้เพียงขนาดเท่าที่เคยจ่ายอยู่เท่านั้น จนลืมความสามารถที่เคยสูงส่งของมันไป เมื่อนำไปใช้งานอื่นที่ต้องการพลังงานมากกว่านั้น มันก็จะจ่ายให้เพียงเท่าที่มันเคยจ่าย ซึ่งปัญหานี้ได้ผ่านการค้นคว้าวิจัยจากบริษัทที่เกี่ยวข้อง และพบวิธีการง่ายๆ เพื่อแก้ไขแบตเตอรี่ให้กลับสู่สภาพเดิมแล้ว

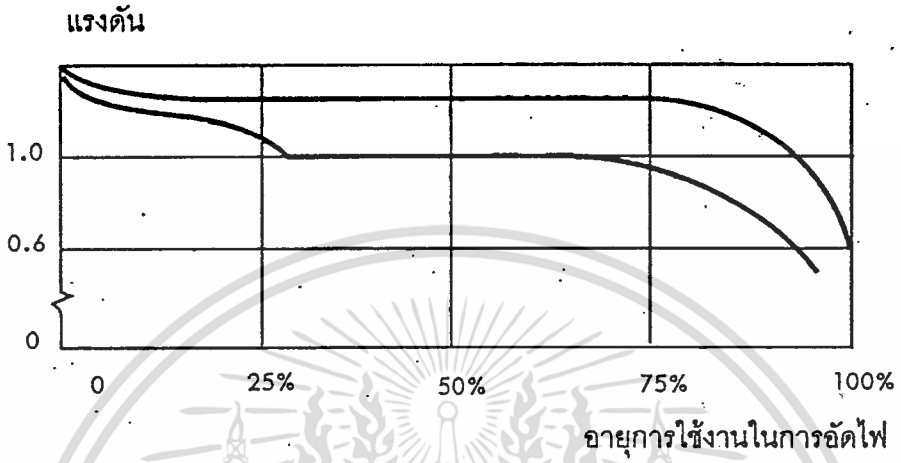
ตามปกติแบตเตอรี่ที่มี "ความจำ" นั้น เมื่อจ่ายไฟไปสักช่วงหนึ่งของอายุการใช้งานในการอัดไฟครั้งหนึ่งๆ แล้วแรงดันจะตกเหลือประมาณ 1.0 V เมื่อเราพบว่าแรงดันตกอย่างนี้ขั้นแรกต้องตรวจให้แน่ใจก่อนว่าไม่ได้ต่อเซลกับขั้ว ถ้าการต่อเซลถูกต้องแสดงว่าแบตเตอรี่เกิดมี "ความจำ" ขึ้นแล้ว (มีบางกรณีเหมือนกันที่เป็นเพราะแบตเตอรี่ไม่ดี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกที่ที่มีการนำไปใช้

009620

การเกิดความจำในแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมียม

วัสดุที่ทำแผ่นขั้วทั้ง2ปกติเป็นผงละเอียดนำมาขึ้นรูปวัสดุเหล่านี้ภายหลังจะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นผลึกซึ่งมีพื้นที่ผิวมากขึ้น และผลึกนี่เองที่เป็นต้นเหตุของ "ความจำ" เพราะความจุของเซลขึ้นกับโครงสร้างผลึก ในเซลปกติผลึกจะละเอียดมาก แต่เซลที่มี "ความจำ" ผลึกจะใหญ่ขึ้น



รูปที่ 1 เปรียบเทียบการทำงานของนิเกิล-แคดเมียมที่มีและไม่มีความจำ

การแก้ไขความจำของแบตเตอรี่

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ผลึกเกิดขึ้นทุกขณะที่มีการจ่ายไฟและอัดไฟ แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการง่ายๆ กล่าวคือ เมื่อเซลเกิด "ความจำ" ขึ้น ให้ปล่อยให้เซลจ่ายไฟจนกระทั่งแรงดันเซลลดเหลือ 0.6v (แทนที่จะเป็น 1.1v อย่างปกติ) หลังจากนั้นนำแบตเตอรี่ไปอัดไฟใหม่ โดยใช้อัตราเพียงครึ่งหนึ่งของกระแสอัดตามปกติ (กระแสอัดตามปกติที่ยอมรับกันว่าเหมาะสมและจะไม่ทำให้แบตเตอรี่ เสียหายคือ 0.1C ในเมื่อ C คือความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ซึ่งใช้งานนาน 10 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น C=50mAh กระแสอัดตามปกติควรจะมีค่าประมาณ 50mA) ถ้าสภาพของแบตเตอรี่ดีขึ้นให้ทำซ้ำอีกและอย่างมากที่สุดจะทำเพียง 3 ครั้งเท่านั้นก็ใช้ได้แล้วแม้ในกรณีที่เกิด "ความจำ" มากที่สุด

ในทางปฏิบัติจริงๆ ให้แบตเตอรี่จ่ายไฟผ่านตัวต้านทานที่เหมาะสม เพื่อว่ากระแสจะได้ไม่เกินค่า 0.1C (ค่า C นี้หาได้จากสเปคของแบตเตอรี่ ซึ่งจะกำหนดค่า mAh มาให้ แบตเตอรี่ส่วนมากจะให้ค่า C สำหรับการใช้งานต่อเนื่องตลอด 10 ชั่วโมง ยกตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ขนาด 500mAh จะจ่ายกระแส 50mA สำหรับการใช้งานต่อเนื่องได้นาน 10 ชั่วโมง) ทำการตรวจสอบเพื่อความแน่ใจว่าไม่ได้ต่อเซลใดเซลหนึ่งกลับขั้ว เมื่อทุกอย่างเรียบร้อยแล้ว ให้เริ่มจ่ายไฟได้ขณะจ่ายไฟให้วัดค่าแรงดันเซลไปด้วยจนกระทั่งแรงดันเซลเหลือ 0.6v จึงหยุดจ่ายไฟ

ต่อจากนั้นนำแบตเตอรี่ไปอัดไฟด้วยอัตราการอัด 0.05C (หรือครึ่งหนึ่งของกระแสอัดปกติ เช่น ถ้าเป็นขนาด 500 mAh ก็ให้อัดไฟด้วยกระแสประมาณ 25 mA) ให้วัดกระแสอัดนี้ให้ถูกต้องด้วยในการอัดไฟแบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียมจะต้องจ่ายพลังงานให้ถึง 140% ของพลังงานที่จ่ายกลับมา ดังนั้นจึงต้องใช้เวลาอัด 14 ชั่วโมง สำหรับอัตราการอัด 0.1C, หรือใช้เวลา 28 ชั่วโมง สำหรับอัตราการอัดกระแสเพียง 0.05C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าแบตเตอรี่กลับคืนสู่สภาพปกติแบตเตอรี่จะรักษาระดับความดันสูงสุดไว้ได้จนกว่าจะจ่ายไฟไปแล้ว 80%-85% ของอายุการใช้งานเป็นอย่างน้อย แต่ถ้าแรงดันตกอย่างเร็วเหลือแค่ 1.0V หลังจากจ่ายไฟไปเพียงประมาณ 25% ของอายุการใช้งานแสดงว่าแบตเตอรี่ยังมีความจำอยู่ อย่างไรก็ตามถ้าแบตเตอรี่สามารถจ่ายไฟได้ถึง 50% ของอายุการใช้งานปกติก่อนที่แรงดันจะตกแสดงว่าแบตเตอรี่เริ่มดีขึ้นแล้วให้ทำซ้ำจนกว่าแบตเตอรี่จะคือสู่สภาพปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวนและการสร้าง

การทำงานของเครื่องชาร์จเจอร์และตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ (Ni-cad)

ลักษณะการทำงานของเครื่อง แบ่งออกเป็น 3 MODE คือ

1. CHARGER MODE เป็น MODE ใช้งานปกติ ใน MODE นี้เครื่องจะแสดงตัวเป็นแบตเตอรี่ CHARGER โดย CPU จะตรวจสอบ MODE การทำงานก่อนว่าอยู่ใน MODE ใดและจะตรวจสอบว่าถ่านถูกเสียบไว้ที่ CUP ใด เมื่อตรวจสอบเสร็จแล้วก็จะตรวจสอบประจุในถ่านว่ามีประจุค้างอยู่หรือไม่ ในขณะเดียวกันก็จะแสดงค่า VOLTAGE ของถ่านที่ DISPLAY ด้วยและหน่วงเวลาไว้เพื่อให้ผู้ใช้งานจะ DISCHARGE หรือข้ามไป CHARGE เลย (ในกรณีที่ประจุเหลืออยู่มากพอ) และเมื่อ DISCHARGE ทั้งหมดแล้วก็จะทำการ CHARGE ต่อไป โดยแบ่งการ CHARGE เป็น 3 ขั้นตอน คือ QUICK CHARGE (0-80%) และเปลี่ยนไป CHARGE แบบ SLOW CHARGE (80-100%) เมื่อ CHARGE จนเต็มแล้วจะ CHARGE แบบ PERMANENT CHARGE หรือ TRICKLE CHARGE เพื่อรักษาประจุใน MODE ให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ

2. ANALYZER MODE เป็น MODE ที่ใช้ตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ว่ามีสภาพเป็นอย่างไร CPU จะทำการตรวจสอบว่า แบตเตอรี่ถูกบรรจุไว้ที่ CUP ใดเช่นเดียวกับ MODE CHARGER แล้วจะทำการชาร์จต่อไปเลยโดยไม่ DISCHARGE เมื่อชาร์จแบตเตอรี่จนเต็มแล้วก็จะทำกระบวนการ ANALYZER BATT โดยจะ DISCHARGE ด้วยอัตรา กระแสคงที่ (สามารถข้ามขั้นตอนการชาร์จ ได้โดยการเปลี่ยนสภาวะที่ฟังก์ชั่นสวิทช์) ในขณะ DISCHARGE นั้น CPU จะทำการคำนวนค่ากระแสเป็นมิลลิแอมป์/ชั่วโมง แสดงให้เห็นบน DISPLAY ไปจนกว่าแบตเตอรี่จะคายประจุในตัวมันหมดและจำไว้ให้เราตรวจสอบประสิทธิภาพของถ่านและจนกว่าเราจะ RESET เครื่องต่อจากนั้น CPU จะทำการชาร์จถ่านอีกครั้ง (RECHARGE) จนแบตเตอรี่เต็มและแสดงสภาพวะพร้อมใช้งานแบตเตอรี่ (READY) เป็นอันเสร็จขั้นตอนการวิเคราะห์แบตเตอรี่

3. CONDITION MODE เครื่องจะทำการวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่เหมือน ANALYZER MODE ทุกประการ แต่จะ กระทำซ้ำรวมทั้งหมด 3 รอบ เพื่อแก้ความจำของถ่าน ซึ่งเหมาะกับแบตเตอรี่ที่ถูกใช้งานมาเป็นเวลานานแล้ว

ส่วนประกอบของเครื่อง

ประกอบด้วยแท่นชาร์จ 2 แท่น (CUP) คือ แท่น 4 ก้อน 1 แท่นโดยใช้ชาร์จได้ 4 ก้อน (4.8V) แท่นถ่าน 6,8,10 ก้อน 1 แท่น (7.2-12V) ซึ่งจะเลือกเองโดยอัตโนมัติ แบบแรกเป็นแบบ SINGIE CELL ส่วนแท่นหลังเป็นแบบแบตเตอรี่ แพ็ค ซึ่งนิยมใช้ทั่วไป การใช้งานนั้นใช้ได้ CUP เดียวในขณะใช้งานขณะใดขณะหนึ่งเท่านั้นและจะเป็นแบบอัตโนมัติด้วย DISPLAY นั้นประกอบด้วย 7-SEGMENT จำนวน 4 DIGIT ใช้แสดงค่า VOLT ขณะชาร์จและค่ากระแส (ความจุของถ่าน) ขณะ ANALYZER และมี LED แสดงสภาวะการทำงานของหมวดต่างๆ และยังประกอบด้วยฟังก์ชั่นสวิทช์ต่างๆ อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักเบื้องต้นของการชาร์จแบตเตอรี่นิแคด

การชาร์จแบตเตอรี่นิแคดมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

1. **แบบกระแสคงที่**

ถ่านนิแคดมีความสามารถจ่ายกระแสได้ 500 mAh (C) จะมีอัตราการชาร์จที่เหมาะสมคือ 0.1 C ของกระแส ความจุ เพราะฉะนั้นควรจะชาร์จด้วยกระแสคงที่ 50mA เป็นเวลานาน 10 ชั่วโมง แต่จริงๆแล้วต้องชาร์จนาน 14-16 ชั่วโมง เพราะขณะเมื่อใกล้เต็มกระแสจะชาร์จน้อยลง จึงกินเวลานานขึ้น แบบนี้ใช้สำหรับถ่านนิแคดแบบชาร์จช้า ถ้าเป็นถ่านนิแคดแบบชาร์จเร็วจะใช้กระแสในการชาร์จประมาณ 150 mA อัตราเวลาการชาร์จนาน 3-5 ชั่วโมง แต่การชาร์จเร็วมีข้อเสียคือ เมื่อถ่านถูกชาร์จเต็มแล้วต้องรีบเอาออกเพราะมิฉะนั้นแล้วน้ำยาสารเคมีในถ่านจะได้รับความร้อนมากเกินไป ระเหยออกมาทางลิ้นระบายความร้อน ทำให้น้ำยาในก้อนถ่านแห้งถ่านอาจจะเสียได้แต่สำหรับถ่านชาร์จช้าจะไม่เป็นอะไรเพราะสามารถทนความร้อนได้และไม่มีลิ้นปิดเปิด

2. **แบบแรงดันคงที่**

ถ่านนิแคดแต่ละก่อนมีแรงดัน 1.2V ชาร์จเต็มที่แล้วมีแรงดัน 1.25-1.3V ดังนั้นจะชาร์จกี่ก้อนก็บวกแรงดัน เพิ่มเข้าไปเช่น 4 ก้อนก็กำหนดแรงดันชาร์จได้ 1.2 x 4 = 4.8V แต่การชาร์จแบบนี้เมื่อชาร์จตอนแรกจะมีกระแสไหลสูงมากเพราะระดับแรงดันระหว่างเครื่องชาร์จกับถ่านนิแคดแตกต่างกันมากอาจจะทำให้เกิดความร้อนสูงจนถ่านเสียหายได้ (ถ่านบวมหรือสารเคมีระเหยแห้งไป)

3. **แบบกระแสและแรงดันคงที่**

การชาร์จแบบนี้ใช้อุปกรณ์มากกว่า 2 แบบแรกเล็กน้อย แต่ได้ผลคุ้มค่าเพราะเป็นวิธีที่ปลอดภัยที่สุด และถ่านจะมีแรงดันไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้นั้นคือถ่านแต่ละก้อนจะมีแรงดันถูกต้อง และเมื่อชาร์จถ่านเต็มแล้วสามารถทิ้งไว้ได้ในเครื่องชาร์จ เพราะจะไม่มีกระแสไหลเนื่องจากแรงดันระหว่ากับเครื่องชาร์จเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ 317T จ่ายแรงดันคงที่

เพราะฉะนั้นจะต้องออกแบบภาคจ่ายแรงดันให้กับ 317T

เมื่อชาร์จ 8 ก้อน

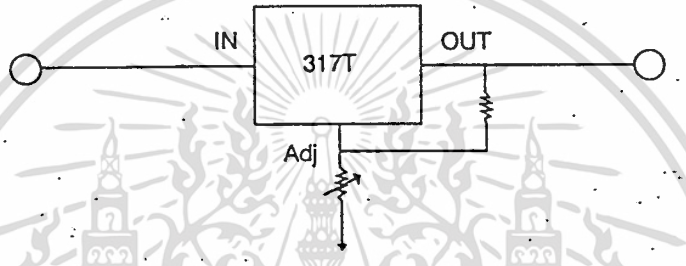
V out = 9.6 V, Vin = 10.3 V

เมื่อชาร์จ 4 ก้อน

V out = 4.8 V, Vin = 5.5 V

เมื่อชาร์จ 2 ก้อน

V out = 2.4 V, Vin = 3.1 V



การใช้ 317T เป็นวงจรจ่ายกระแสคงที่

กระแสที่จ่ายออก = $\frac{\text{เรฟเฟอเรนท์โวลท์เตจ}}{R_s}$

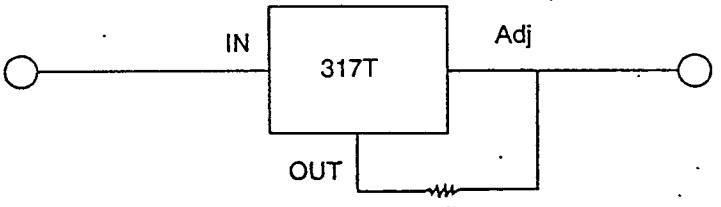
เช่นถ้ากระแสออก

= 50mA, Vref = 1.25 V

$$Rs = \frac{1.25V}{50\,mA} = 25 \text{ โอห์ม}$$

แต่เราต้องการจ่ายกระแสประมาณ 45 mA-50mA เพราะฉะนั้นเราจึงใช้ Rs เท่ากับ 27 โอห์ม เมื่อใช้เป็นวงจรจ่ายกระแสคงที่ ระดับโวลท์ input กับ output จะต่างกัน 0.7V

V out = Vin - 0.7 Volts



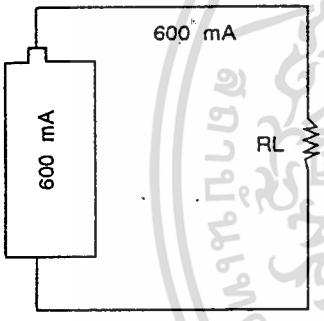
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคายประจุของถ่านนิแคด

การใช้งานถ่านนิแคด ถ่านนิแคดบางก้อนยังคงมีประจุเหลืออยู่หรือยังจ่ายกำลังไม่หมดถ้าหากเรานำไปประจุไฟทันที (ด้วยเครื่องประจุถ่านนิแคดทั่วไป) จะทำให้เกิดการประจุมากเกินไป ซึ่งเป็นผลเสียอย่างยิ่งเพราะอาจทำให้ความสามารถในการจ่ายกำลังลดลงและอายุการใช้งานก็จะสั้นลงด้วยดังนั้น การประจุถ่านนิแคดที่ถูกต้องนั้นต้องทำการประจุตรงที่ถ่านนิแคดคายประจุหมดอย่างสมบูรณ์จึงจะทำให้ถ่านนิแคดก้อนนั้นสามารถจ่ายกำลังได้อย่างเต็มที่ และมีอายุยืนนานที่สุด

การวัดอัตราการจ่ายกระแสของนิแคด

การ Discharge ของถ่านด้วยกระแสคงที่ 600 mA ถ้าถ่านที่ใช้มีขนาด 600 mAh เครื่องจะต้องแสดงค่า 600 ออกมา เมื่อถ่าน Discharge จนหมด (เหลือ Voltage -1.1) เพราะฉะนั้นจากหลักการที่กระแสคงที่เปลี่ยนแปลงเวลาดังนั้นจะต้องคิดเทียบเฉพาะเวลาเท่านั้นโดยกระแสจะคงที่ตลอด ถ่าน 600 mAh ถ้าจ่ายกระแส 600 mA ประจุจะหมดใน 1 ชั่วโมง



ในหนึ่งชั่วโมงมี 60 นาที 1 นาทีมี 60 วินาที เพราะฉะนั้น
ใน 1 ชั่วโมงจะมี 3600 วินาที
ฉะนั้น ใน 3600 วินาที CPU จะต้องแสดงค่า 600 ออกมา
ดังนั้นใน 1 วินาที จะได้กระแสเป็น $\frac{600}{3600} = \frac{1}{6}$ mAh
เพราะฉะนั้นเมื่อครบ 1 ชั่วโมง จะได้ค่า $\frac{1}{6} \times 3600 = 600$ พอดี

หรือใน 6 วินาที ถ่านจ่ายกระแสได้ 1 mAh
แต่ถ้าจ่ายกระแสไม่ครบ 1 ชั่วโมง ก็จะได้จำนวนเวลาที่ Discharge คูณกับค่า 1 ส่วน 6 แสดงออกมาโดยใช้ CPU คำนวนและแสดงผลออกมาที่ O/P (Display)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วอตช์-ด็อก

หลักการทำงาน

หลักการทำงานของวงจรวอตช์-ด็อกนี้เป็นวงจรที่จะต้องรับสัญญาณกระตุ้นจากซีพียูตลอดเวลาภายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ โปรกแกรมส่วนใหญ่จะเขียนแทรกอยู่ในโปรแกรมหลัก หรือในส่วนของโปรแกรมที่มีการเรียกใช้เป็นประจำ ซึ่งในช่วงเวลาที่มีการวนกลับมาทำโปรแกรมนี้ต้องไม่เกินช่วงเวลาที่กำหนดไว้ในวงจร วอตช์-ด็อก ดังนั้นถ้าซีพียูสามารถกลับมาทำโปรแกรมนี้ ก็หมายความว่าซีพียูยังไม่หลุดออกจากโปรแกรม แต่ถ้าซีพียูไม่สามารถกลับมาทำโปรแกรมในเวลาที่กำหนดแสดงว่าซีพียูกลับมาทำงานเหมือนเดิม (สัญญาณที่ต่อไปกระตุ้นให้ซีพียูกลับมาทำงานตามเดิมนี้ส่วนใหญ่จะนำไปต่อเข้ากับขารีเซตของซีพียู)

วงจรวอตช์-ด็อกที่ออกแบบจะกำหนดไว้ว่า หากซีพียูเกิดอาการแฮงก์แล้ว วงจรวอตช์-ด็อกจะต้องไปกระตุ้นซีพียูเป็นช่วงๆ ตลอดเวลาจนกว่าซีพียูจะส่งสัญญาณกระตุ้นกลับมาที่วงจรวอตช์-ด็อก และอีกอย่างก็คือ เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกวงจรวอตช์-ด็อกจะต้องไปกระตุ้นให้ซีพียูทำงานทันที

การออกแบบ

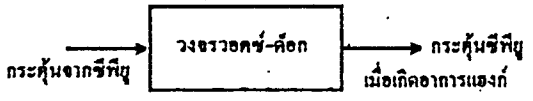
กำหนดอินพุตและเอาต์พุตของวงจรก่อนว่ามีอะไรบ้างในส่วนอินพุตนั้นจะต้องรับสัญญาณกระตุ้นจากซีพียู และส่วนเอาต์พุตจะต้องส่งสัญญาณไปกระตุ้นซีพียูหากเกิดอาการแฮงก์ขึ้น และสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมในขั้นต้น ดังรูปที่ 1

การทำงานของวงจรนี้ เป็นวงจรตรวจจับการขาดหายของสัญญาณพัลส์ ซึ่งสามารถใช้วงจรโมโนสเตเบิลทำหน้าที่นี้ได้ โดยต้องใช้แบบที่สามารถกระตุ้นซ้ำได้ (retriggerable) ในที่นี้จะใช้ไอซีทีทีแอลเบอร์ 74LS123 แล้วเราจะใช้ทั้งสองวงจร ประกอบกัน

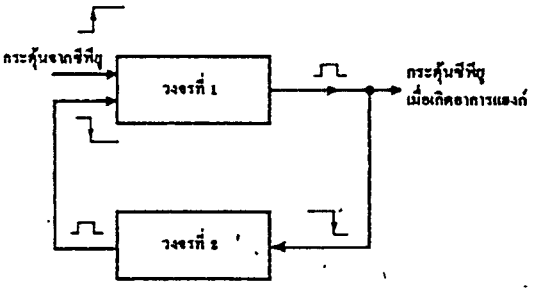
จากรูปที่ 1 นำบล็อกไดอะแกรมมาแยกออกเป็น 2 บล็อกแทนวงจรโมโนสเตเบิล 2 วงจร และกำหนดความสัมพันธ์ของวงจรทั้งสองว่ามีอะไรบ้างแล้วเขียนไดอะแกรมการทำงาน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3

จากรูปที่ 2 วงจรที่ 1 ทำหน้าที่ตรวจจับพัลส์ที่หายไปจากการกระตุ้นของซีพียู (กำหนดให้ทำงานที่ขอบขาขึ้น) และจะส่งสัญญาณ (ลอจิก "0") ไปกระตุ้นให้ซีพียูเริ่มทำงานใหม่หลังจากที่ซีพียูไม่ส่งสัญญาณมากระตุ้นเป็นเวลานานเกินกว่าที่กำหนดไว้ ส่วนวงจรที่ 2 เป็นตัวกำหนดช่วงเวลาการให้ลอจิ "0" กับซีพียู

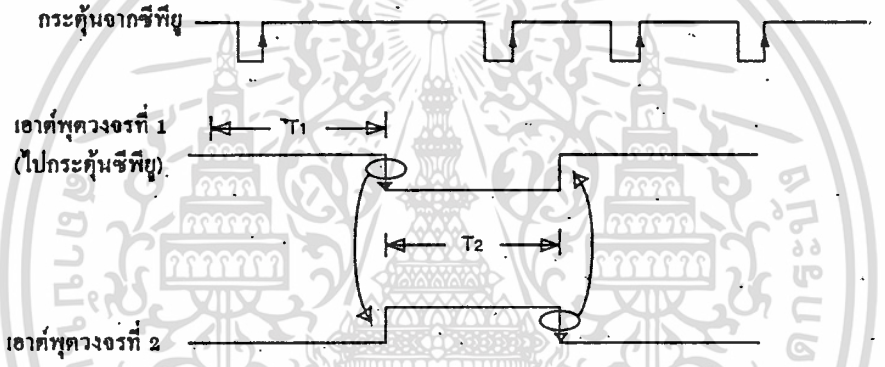
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมส่วนอินพุตและเอาต์พุตของวงจรวอดช์-ด็อก ในขั้นต้น



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของวงจรโมโนสเตเบิลทั้งสองวงจร



รูปที่ 3 ไดอะแกรมการทำงานของวงจรในรูปที่ 2

จากไดอะแกรมในรูปที่ 3 จะเห็นว่า หากเราให้สัญญาณมากระตุ้นจากซีพียูอย่างต่อเนื่อง ที่เอาต์พุตวงจรที่ 1 จะเป็นลอจิก "1" ตลอด เพราะเป็นวงจรโมโนสเตเบิลแบบกระตุ้นซ้ำ เมื่อสัญญาณที่กระตุ้นจากซีพียูขาดช่วงไป จากเวลาที่กำหนด นั่นคือช่วงเวลา T_1 ที่เอาต์พุตของวงจรที่ 1 จะตกลงเป็น "0" เป็นผลให้วงจรที่ 2 ทำงาน ที่เอาต์พุตวงจรที่ 2 จึงเป็นลอจิก "1" และเมื่อเวลา T_2 หมดลง ที่เอาต์พุตของวงจรที่ 2 จะตกลงเป็น "0" ทำให้ไปกระตุ้นวงจรที่ 1 ให้ทำงานและเอาต์พุตของวงจรที่ 1 จะขึ้นไปเป็นลอจิก "1" อีกครั้ง และหากซีพียูมีสัญญาณมากระตุ้นเรื่อยๆ ที่เอาต์พุตวงจรที่ 1 ก็จะคงสภาวะลอจิก "1" ตลอด

ช่วงเวลา T_1 เป็นช่วงเวลาที่เกิดจากวงจรโมโนสเตเบิลวงจรที่ 1 ส่วนช่วงเวลา T_2 นั้นเป็นช่วงเวลาที่เกิดจากวงจรโมโนสเตเบิลวงจรที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดเวลา

ส่วนกำหนดเวลาของทั้งสองวงจร ในวงจรที่ 1 เป็นตัวกำหนดช่วงเวลาการขาดหายไปของพัลส์ที่กระตุ้นจากซีพียู ในที่นี้จะขอกำหนดให้มีช่วงกว้างของเวลาเป็น 1000 มิลลิวินาที ส่วนในวงจรที่ 2 เป็นตัวกำหนดให้มีช่วงเวลาเป็น 10 มิลลิวินาที การคำนวณหาค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุหาได้จากสูตร

$$T_{on} = 0.3\ RC\ (1+0.7/R)$$

$$T_{on} = 0.3\ RC\ (1+0.7/R)$$

$$R = \frac{T_{on} - 1.21C}{0.3\ C}$$

จะได้ $$R = \frac{T_{on}}{0.3\ C} - 0.7$$

ในวงจรที่ 1 กำหนดให้ตัวเก็บประจุ (C) มีค่าเท่ากับ 4.7 uF แทนค่า ในสูตร จะได้

$$R = \frac{100 \times 10^{-3}}{0.3 \times 4.7 \times 10^{-5}} - 0.7$$

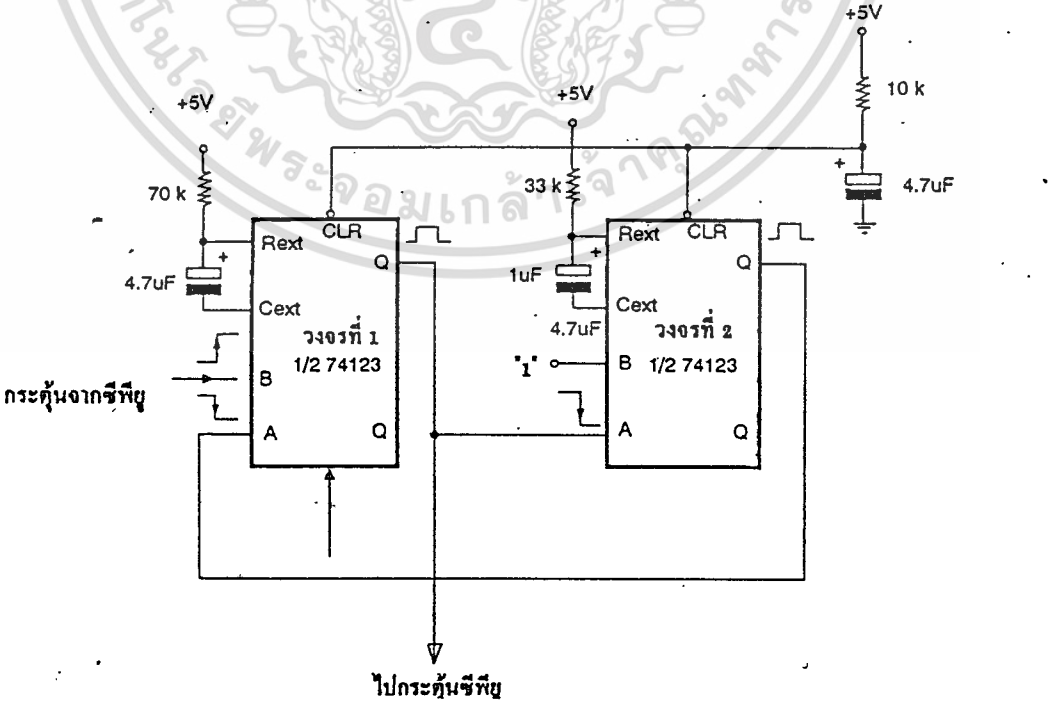
$$\approx 70\ k$$

ส่วนวงจรที่ 2 กำหนดให้ตัวเก็บประจุ มีค่าเท่ากับ 1 uF แทนค่า ในสูตร จะได้

$$R = \frac{100 \times 10^{-3}}{0.3 \times 1 \times 10^{-5}} - 0.7$$

$$= 33\ k$$

เมื่อได้ส่วนประกอบทุกส่วนแล้วนำมาเขียนเป็นวงจรสมบูรณ์ของวงจรวอตช์-ด็อกได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรสมบูรณ์ของวงจรวอตช์-ด็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ผลการทดลองในแต่ละส่วน

ได้ทำการทดลองต่อวงจรและทดสอบการทำงานของแต่ละส่วนไปจนได้ผลการทดลองตามจุดประสงค์ที่ออกแบบไว้คือ

ส่วนประมวลผลกลาง (CPU) ใช้ชุดคิทของ Control-pack มาประกอบ แล้วทำการประกอบภาคแสดงผลแล้วใช้ Emulator (แรมสองทาง) Interface กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ในการพัฒนาโปรแกรมของด้านแสดงผลได้ผลตามจุดประสงค์ คือสามารถแสดงผลและการกด Key ได้ดี

ทดลองในส่วนวงจร Charge และ Discharge ในส่วนของวงจร Charge ใช้ LM317T เป็นตัว Constant Current ดังในบทที่ 3 ทำการปรับแต่ง ปรากฏได้กระแสตามที่คำนวณไว้ ในส่วนของวงจร Discharge ก็เช่นกันเพราะใช้วงจรเดียวกัน แต่ปัญหาก็คือในขณะใช้ถ้าจำนวนต่ำกว่า 2 ก้อนแล้ววงจรจะไม่ทำงานดังนั้นจึงต้องใช้จำนวนถ่าน 4 ก้อนแทน

ทำการทดลองในส่วนของวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อคโดยใช้ IC MC1408 ปรากฏว่าได้ผลตรงตามที่คำนวณไว้ แต่ปัญหาที่ทำคือ ได้ O/P เพียง 5v. เท่านั้น ไม่เท่ากับค่า Voltage ที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องทำการขยายให้อยู่ในขอบเขตของโวลท์เต็จที่จะใช้งานโดย คูณ 1 คูณ 2 และคูณ 3 คือมี 3 Rang และ เป็น Auto Rang ด้วยจากการ Control จาก CPU

ทำการประกอบและทดลองทดสอบในส่วนของวงจรนาฬิกาโดยใช้ Clock 4.43 จาก Clock ของระบบมาผ่าน IC MM5369 ได้ความถี่ 60Hz แล้วผ่าน 74LS90 หารออกมาได้ 1Hz ส่งเข้าวงจร Interup CPU เพื่อจัดการด้านฐานเวลาของระบบได้เวลาที่ไม่แน่นอนทำให้ระบบยังมีความผิดพลาดอยู่มาก หลังจากปรับแต่งแล้วได้ใกล้เคียงกับ 1Hz ซึ่งใช้งานได้

ทำการทดลองในส่วนของวงจร Watchdog ตามที่ออกแบบไว้ปรากฏว่าใช้งานได้ดี โดยต้องพัฒนาทางด้าน Solfware ประกอบด้วย มีข้อยุ่งยากหลายประการแต่ก็ได้ผลดี

การทดสอบโดยรวม

นำส่วนของวงจรทั้งหมดมาประกอบกันแล้วทำการทดสองโดยรวมปรากฏว่า ในตอนแรกยังไม่ทำงานต้องทำการปรับเปลี่ยน Hardware และ Solfware อีกมาก จึงจะทำให้วงจรทำงานตามจุดประสงค์ได้

เปรียบเทียบกับทฤษฎี

จากผลการทดลองและการคำนวนนั้นได้ผลใกล้เคียงกันมาก แต่มีข้อผิดพลาดบ้างเนื่องจากอุปกรณ์และ Solfware ในระบบยังไม่สมบูรณ์ยังต้องมีการพัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

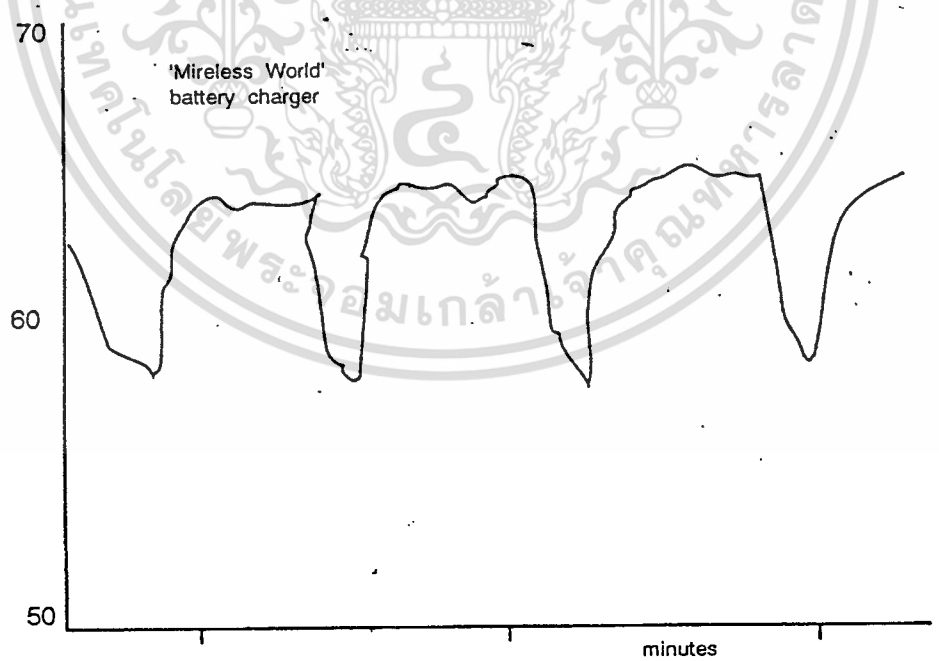
บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

เครื่องชาร์จเจอร์และเครื่องตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่นี้ ผู้จัดทำได้พยายามออกแบบให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติและมีความอ่อนตัว คือสามารถใช้กับถ่านได้ 4-10 ก้อน โดยเลือกเป็นแบตเตอรี่เดียวอยู่ใน กะบะถ่าน ซึ่งใช้ได้ 4 ก้อน และแบบแพ็คใช้ได้ 6,8 และ 10 ก้อน ในที่นี้ผู้จัดทำได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ได้การทำงานที่มีประสิทธิภาพและฟังก์ชั่นการทำงานที่ดีขึ้น ดังนั้นการพัฒนาจึงทำได้ง่ายโดย การพัฒนาทางด้านซอฟท์แวร์ที่ควบคุมการทำงานของระบบเท่านั้น

แนวทางพัฒนาและเข้าแก้ปัญหา

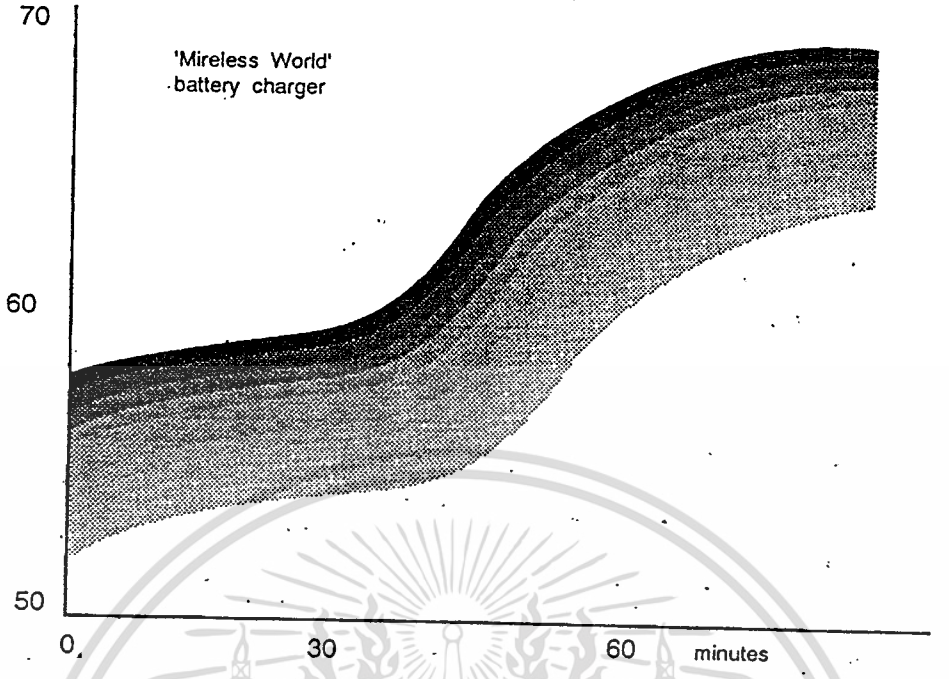
ขอบเขตการใช้งานกับถ่านยังแคบอยู่มาก โดยใช้ได้กับถ่านขนาด AA เท่านั้น เราสามารถเพิ่มจำนวนชนิดของถ่านได้อีกและเพิ่มขอบเขตการวิเคราะห์ถ่านออกไปได้อีกตามจำนวนความจุของถ่านได้ โดยการพัฒนาที่ฮาร์ดแวร์ประกอบกับซอฟท์แวร์ อีกทั้งยังสามารถเลือกใช้การชาร์จในแบบต่างๆได้อีก เช่น การชาร์จถ่านนิแคดแบบเร็วโดยใช้หลักการทางด้าน AC คือ ทำการป้อนกระแสสูงๆให้กับถ่านในช่วงเวลาสั้นๆ แรงดันของถ่านจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกินขนาด ค่าแรงดันประจำของตัวถ่านเอง แล้วใช้ถ่านจ่ายกระแสเพียงเล็กน้อยในช่วงเวลาสั้นๆ เช่นกันดูรูปที่ 1 ทำสลับกันไปเช่นนี้

หากขบวนการนี้ทำงานซ้ำกันเป็นเวลานานพอ ดูรูปที่ 2 แรงดันพีคจะเพิ่มสูงกว่าแรงดันช่วงต่ำในอัตราอย่างรวดเร็ว ซึ่งถ่านจะไม่สามารถรับประจุได้อีก (สภาวะที่ถ่านถูกชาร์จจนเต็ม)



รูปที่ 1 ขั้วแรงดันของถ่านขนาด AA จำนวน 4 ก้อน (ก้อนละ 500mAh) สังเกตว่าช่วงชาร์จมีอัตรากระแสผ่าน 650mA เป็นเวลา 30 วินาที ช่วงดิสชาร์จมีกระแส 50mA เป็นเวลา 10 วินาที นี้คือหลักการชาร์จเจอร์อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ในขณะที่มีการสลับการชาร์จ-ดิสชาร์จอย่างต่อเนื่อง แรงดัน ณ จุดสูงสุดกับจุดต่ำสุด ที่เห็นในรูปที่ 1 จะถูกสุ่มค่าวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ทั้งนี้โดยการสุ่มวัดในทุกๆ 2 วินาทีที่ผ่านไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การใช้งานเครื่องชาร์จเจอร์และตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเครื่อง

เพื่อให้สามารถใช้เครื่องชาร์จเจอร์และตรวจวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่ให้เต็มประสิทธิภาพ และสมรรถภาพของเครื่อง ผู้ใช้ควรรู้จักและเข้าใจการทำงานของปุ่มควบคุมและไฟแสดงผลต่างๆ บนเครื่องดังนี้

ปุ่ม RESET

- มีหน้าที่ให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในปรับสู่สภาพเตรียมพร้อม
- หยุดการทำงานไปที่จุดเริ่มต้น

ปุ่ม MODE

- กดแต่ละครั้งจะเป็นการเลือก MODE การทำงาน คือ CHARGE ANALYZER และ CONDITION

ปุ่ม FUNCTION

- กดแต่ละครั้งเพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะการทำงานเริ่มต้น
- ในกรณี ANALYZER กดปุ่มแต่ละครั้งในการเลือก MODE การแสดงผลคือ V, mA เวลา

ปุ่ม ENTER

- ใช้กดเมื่อต้องการเริ่มต้นการทำงาน

ขั้นตอนการประจุแบตเตอรี่

เมื่อเปิดเครื่องขึ้นมาเครื่องจะอยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำงานใน MODE CHARGE และทำการ DISCHARGE ก่อน ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงการทำงานเริ่มต้นเช่นไม่ต้องการ DISCHARGE ก็กดปุ่ม FUNCTION ให้ไปที่ CHARGE เลย แล้วกด ENTER โดยเมื่อเสียบถ่านลงกะบะถ่านแล้วเครื่องจะตรวจสอบ จำนวนก้อนที่ใช้โดยอัตโนมัติ

ขั้นตอนการคายประจุของแบตเตอรี่

เมื่อแบตเตอรี่ได้รับการประจุไฟฟ้าเต็มแล้ว เครื่องก็จะเริ่มขั้นตอนการคายประจุ โดยอัตโนมัติหลอดไฟ DISCHARGE ก็จะติด โดย DISCHARGE ด้วยอัตราการคายประจุ 360 mA Battery ขนาด 600 mA ก็จะคายประจุหมดในเวลาชั่วโมงเศษๆ

ขั้นตอนการวิเคราะห์สภาพแบตเตอรี่

เพื่อทราบขนาดความจุของแบตเตอรี่ที่ใช้งานอยู่จริง โดยเลือก MODE ไปที่ ANALYZER แล้วกด ENTER เครื่องก็จะทำงานโดยอัตโนมัติโดยจะ CHARGE จนเต็มก่อนโดยไม่ DISCHARGE เมื่อเต็มแล้วจะทำการ DISCHARGE ออกด้วยอัตรา 360 mA/n ในขณะ DISCHARGE นี้ก็จะแสดงความจุเป็น mAh ออกแสดงที่ DISPLAY ด้วย เมื่อ DISCHARGE หมด ค่าที่แสดงอยู่ที่ DISPLAY ก็คือค่าความจุของถ่าน

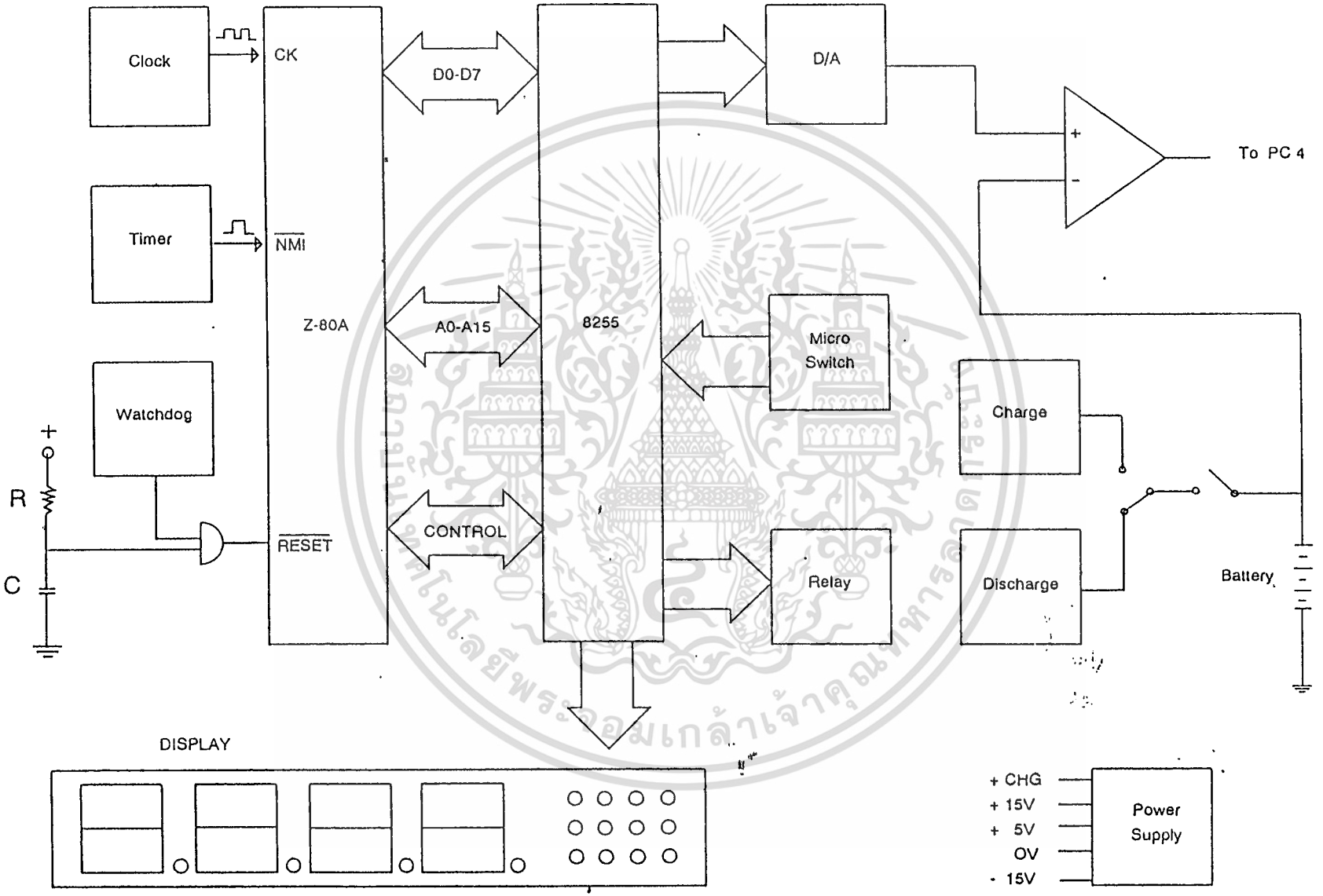
หมายเหตุ แบตเตอรี่ที่มีความจุต่ำกว่า 80% โดยนำไปคิดเปรียบเทียบกับความจุที่ระบุอยู่ที่ตัวถ่านเองให้ทำการวิเคราะห์แบตเตอรี่อีกครั้ง การทำการวิเคราะห์แบตเตอรี่เช่นนี้ จะช่วยให้แบตเตอรี่มีความจุฟื้นขึ้นมาเพิ่มเติมได้และเพื่อให้ผลการวิเคราห์เป็นไปอย่างแม่นยำ ควรปล่อยให้แบตเตอรี่เย็นตัวลงก่อนดำเนินการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

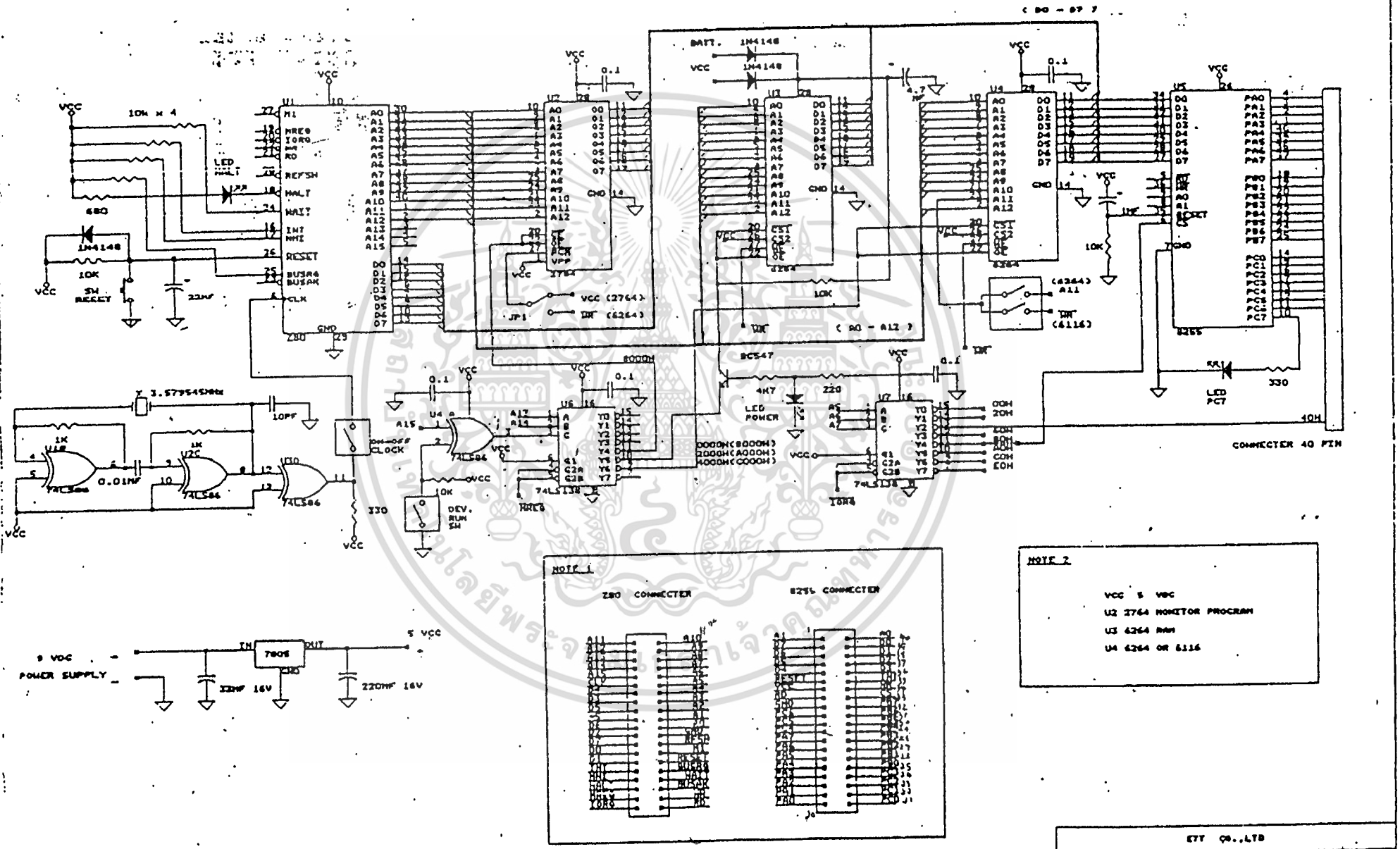
ภาคผนวก ข

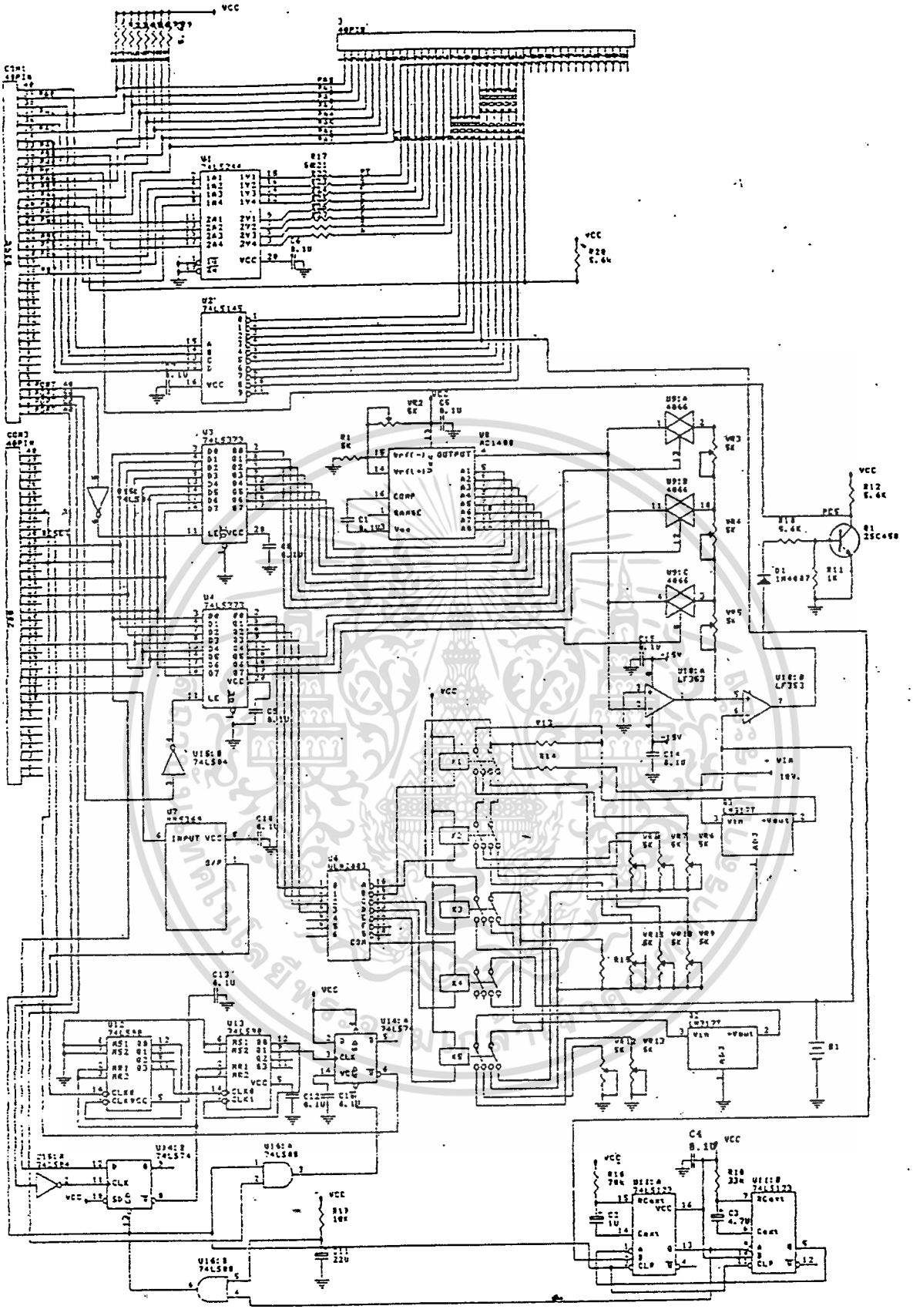
รายละเอียดวงจรลายปริ้นท์และโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

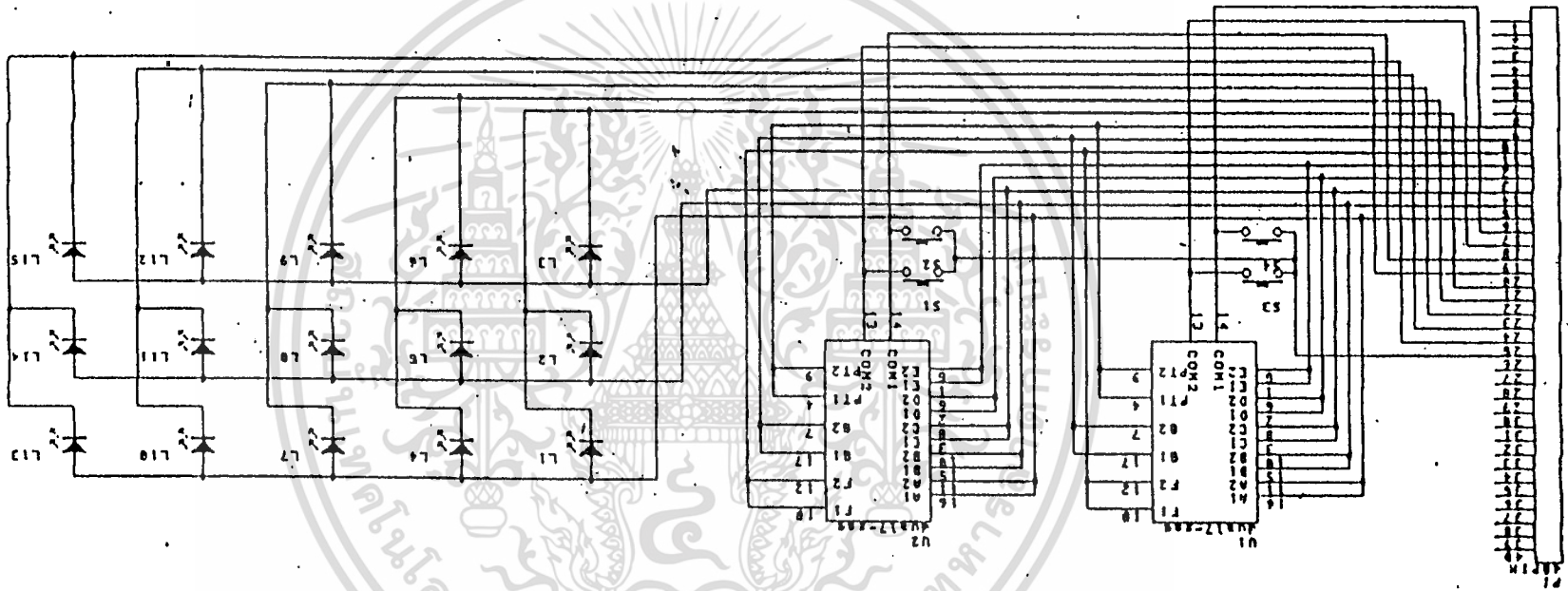


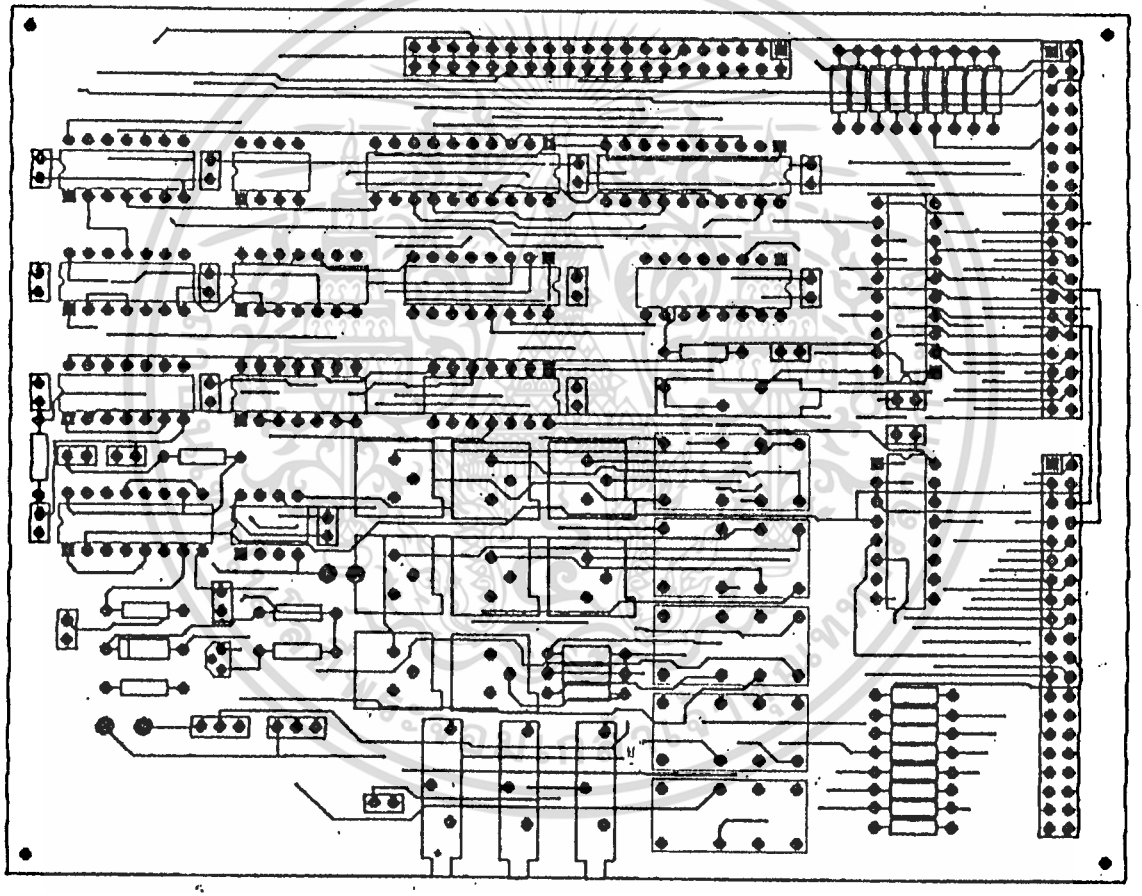
BLOCK DIAGRAM OF BATTERY CHARGER AND ANALYZER


10K x 4
680
LED HALT
1N4148
10K
SW RESET
22MF
Z80
M1
MREQ
IORQ
RD
REFSH
HALT
WAIT
INT
NMI
RESET
BUSRQ
BUSAK
CLK
GND
A0 A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12 A13 A14 A15
D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7
VCC
0.1
2764
VPP
VCC (2764)
INT (6264)
JP1
BATT. 1N4148
4.7
6264
(A0 - A12)
(D0 - D7)
(6264) A11
INT (6116)
8255
PA0 PA1 PA2 PA3 PA4 PA5 PA6 PA7
PB0 PB1 PB2 PB3 PB4 PB5 PB6 PB7
PC0 PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6 PC7
10MF
10K
LED PC7
330
40H
CONNECTER 40 PIN
Y 3.579545MHz
10PF
1K
74LS86
0.01MF
CLOCK
A15
8000H
74LS138
MREQ
IORQ
BC547
4M7
220
LED POWER
0000H(8000H)
2000H(A000H)
4000H(C000H)
00H
20H
40H
60H
80H
A0H
C0H
E0H
330
DEV. RUN SW
10K
9 VDC POWER SUPPLY
IN
7805
OUT
GND
5 VCC
33MF 16V
220MF 16V
NOTE 1
Z80 CONNECTER
8255 CONNECTER
NOTE 2
VCC 5 VDC
U2 2764 MONITOR PROGRAM
U3 6264 RAM
U4 6264 OR 6116
ETT CO.,LTD
Z80 CPU
Size
Document Number
REV
Date
Sheet
of

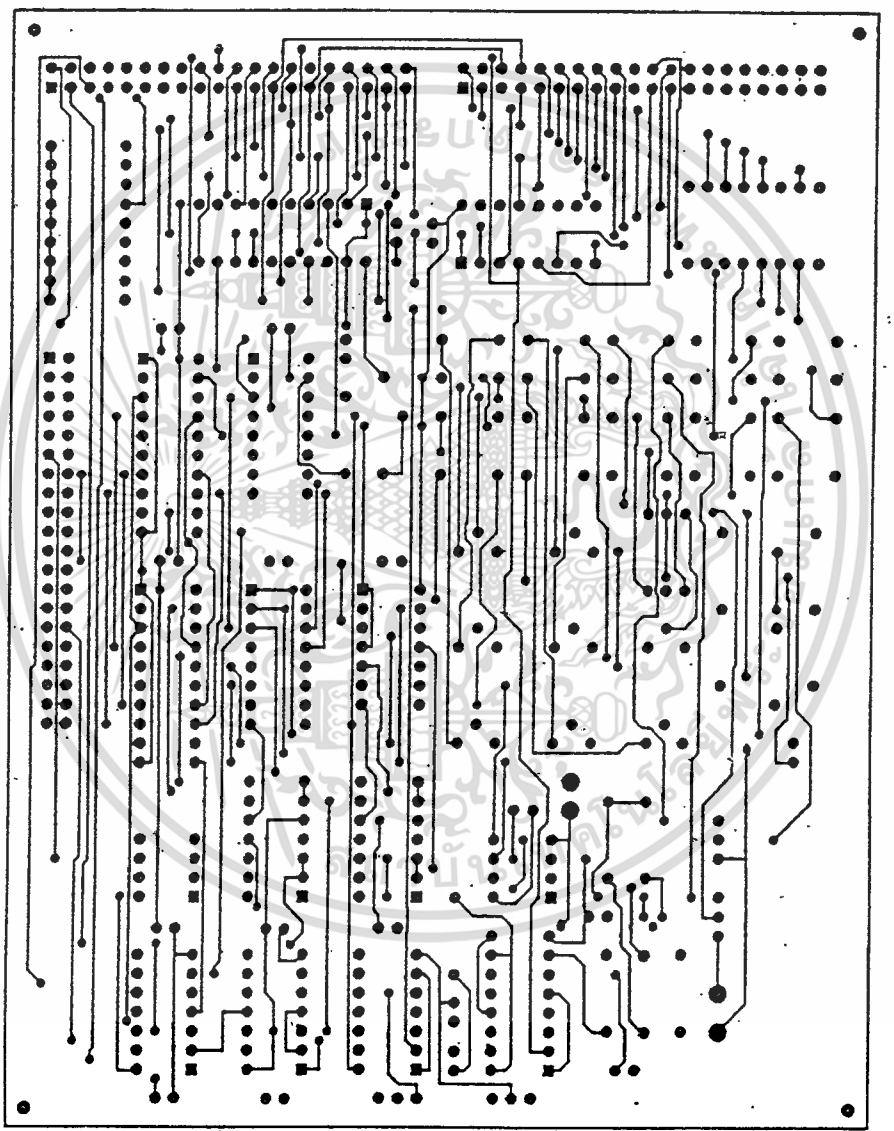


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



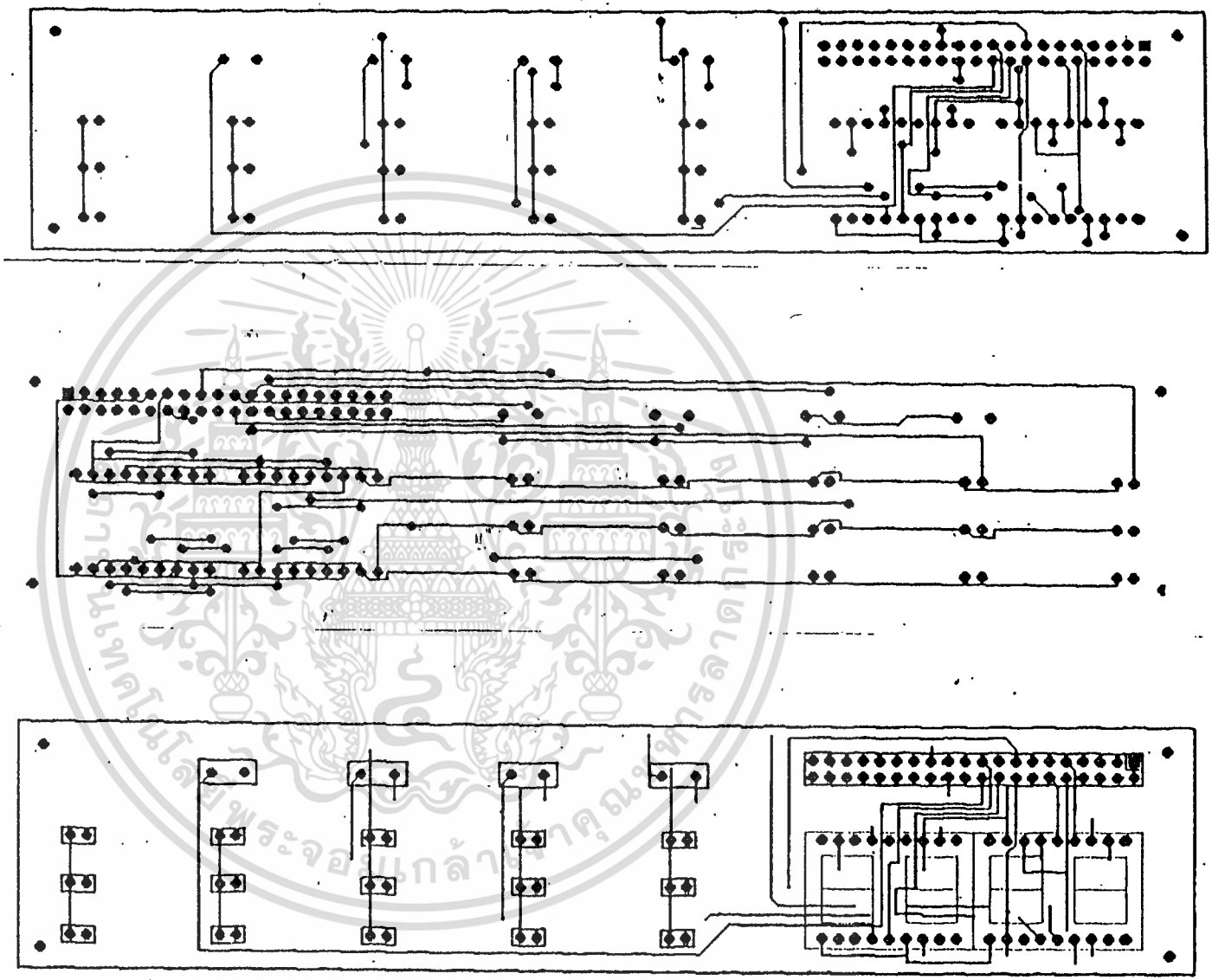


ภาพที่ ๒๕ ลายวงจรพิมพ์ด้านบน ของแผ่นวงจรพิมพ์ ขนาด ๑๕๐ x ๑๕๐ มิลลิเมตร



PTH.

OR Botton Layer



```
Line  Addr  Obj

   1  0000                          ORG   0000H
   2  01FE             COUNT1       EQU   01FEH
   3  0004             COUNT        EQU   04H
   4  0000             COLUM        EQU   00H
   5  0088             CTRL         EQU   88H
   6  0083             PCTRL        EQU   83H
   7  0080             PORTA        EQU   80H
   8  0081             PORTB        EQU   81H
   9  0082             PORTC        EQU   82H
  10  0005             QUICK        EQU   05H          ; ON RELAY K5,K6
  11  0006             SLOW         EQU   06H          ; ON RELAY K6,K4
  12  0004             TRICK        EQU   04H          ; ON K6
  13  0040             P2           EQU   40H          ; PORT D/A
  14  00C0             PNMI         EQU   0C0H         ; PORT CLEAR NMI
  15  00A0             INHCLK       EQU   0A0H         ; INHIBIT CLK
  16  0060             PRELAY       EQU   60H          ; PORT RELAY
  17  0004             ENDQ         EQU   04H          ; END QUICK CHG
  18  0009             ENDL         EQU   09H          ; END SLOW CHG
  19  0005             ENDD         EQU   05H          ; TIME DISCHARG
  20  0005             COMP         EQU   05H          ; COMPARATOR
  21  0007             RGAIN1       EQU   07H          ; RELAY GAIN1
  22  0006             RGAIN2       EQU   06H          ; REALY GAIN2
  23  0005             RGAIN3       EQU   05H          ; RELAY GAIN3
  24
  25                              ;-------------------------------;
  26                              ; CHECK WARM OR COOL BOOT       ;
  27                              ;-------------------------------;
  28
  29  0000  21 FF FF              GG:   LD    HL,0FFFFH
  30  0003  2B                          DEC   HL
  31  0004  7C                          LD    A,H
  32  0005  B7                          OR    A
  33  0006  20 FB                       JR    NZ,GG
  34  0008  21 0F 00                    LD    HL,000FH
  35  0008  22 67 40                    LD    (VDELAY),HL   ;TIME FOR STROBE
  36  000E  C3 75 00                    JP    COLD
  37
  38                              ;-------------------------------;
  39                              ;          NMI                  ;
  40                              ;-------------------------------;
  41
  42  0066                          ORG   066H
  43
  44  0066  E5                      PUSH  HL
  45  0067  C5                      PUSH  BC
  46  0068  D5                      PUSH  DE
  47  0069  F5                      PUSH  AF
  48  006A  CD 57 02                CALL  CTIME          ; TIMER
  49  006D  F1                      POP   AF
  50  006E  D1                      POP   DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

  51  006F  C1                          POP   BC
  52  0070  E1                          POP   HL
  53  0071  D3 C0                       OUT   (PNMI),A        ; DISABLE NMI
  54  0073  ED 45                       RETN
  55
  56                                ;-------------;
  57                                ;    COLD1    ;
  58                                ;-------------;
  59
  60  0075  21 62 40        COLD:       LD    HL,COOL
  61  0078  7E                          LD    A,(HL)
  62  0079  FE 65                       CP    65H
  63  007B  28 4F                       JR    Z,WARM          ; WARM BOOT
  64  007D  DD 21 32 40                 LD    IX,STACK        ;SET STACK
  65  0081  DD F9                       LD    SP,IX           ;SET
  66  0083  3E 88                       LD    A,CTRL          ;SET 8255
  67  0085  D3 83                       OUT   (PCTRL),A
  68  0087  3E 00           COLD1:      LD    A,00            ; OFF CLK
  69  0089  32 61 40                    LD    (RELAY),A       ; ALL RELAY OFF
  70  008C  32 64 40                    LD    (RUN),A         ;NORMAL MODE NOT RUN
  71  008F  32 5F 40                    LD    (STIME),A       ; TIME MODE OFF
  72  0092  32 60 40                    LD    (SNMI),A        ; STATUS CLK
  73  0095  D3 A0                       OUT   (INHCLK),A
  74  0097  D3 C0                       OUT   (PNMI),A        ; DISABLE NMI
  75  0099  3E 08                       LD    A,08H           ;NOT SHOW VOLT
  76  009B  32 54 40                    LD    (SENTER),A
  77  009E  3E 65                       LD    A,65H           ; WARM BOOT
  78  00A0  32 62 40                    LD    (COOL),A
  79  00A3  CD F0 00                    CALL  CANALY          ;CLEAR DISP ANALY
  80  00A6  CD EE 00                    CALL  CLEAR
  81  00A9  CD E1 00                    CALL  CLEART
  82  00AC  3E 00                       LD    A,00
  83  00AE  32 52 40                    LD    (SRESET),A
  84  00B1  32 37 40                    LD    (MEMDISP+4),A
  85  00B4  3E 01                       LD    A,01
  86  00B6  32 49 40                    LD    (MANALY),A      ;MODE ANALY OR NORMAL
  87  00B9  32 51 40                    LD    (SMODE),A
  88  00BC  32 38 40                    LD    (MEMDISP+5),A
  89  00BF  3E 02                       LD    A,02
  90  00C1  32 53 40                    LD    (SFUNC),A
  91  00C4  32 39 40                    LD    (MEMDISP+6),A
  92  00C7  3E 00                       LD    A,00
  93  00C9  32 3A 40                    LD    (MEMDISP+7),A
  94  00CC  3A 60 40        WARM:       LD    A,(SNMI)
  95  00CF  D3 A0                       OUT   (INHCLK),A
  96  0001  3A 61 40                    LD    A.(RELAY)
  97  0004  D3 60                       OUT   (PRELAY),A
  98  0006  3A 64 40                    LD    A,(RUN)         ; RUN OR NAORMAL MODE
  99  0009  FE 03                       CP    03H
 100  000B  CA 1A 04                    JP    Z,ENTER         ; YES
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 101  00DE  C3 84 02       WARM1:          JP    SCANKEY
 102
 103  00E1  06 05          CLEART:         LD    B,05H
 104  00E3  21 59 40                       LD    HL,TIME
 105  00E6  3E 00                          LD    A,00
 106  00E8  77                             LD    (HL),A
 107  00E9  23             CLEAR2:         INC   HL
 108  00EA  77                             LD    (HL),A
 109  00EB  10 FC                          DJNZ  CLEAR2
 110  00ED  C9                             RET
 111
 112                                       ;-------------------------;
 113                                       ; CLEAR DISPLAY SHOW "-"  ;
 114                                       ;-------------------------;
 115
 116  00EE  06 03          CLEAR:          LD    B,03H
 117  00F0  21 33 40                       LD    HL,MEMOISP
 118  00F3  3E 00                          LD    A,00H
 119  00F5  77             CLEAR1:         LD    (HL),A
 120  00F6  23                             INC   HL
 121  00F7  10 FC                          DJNZ  CLEAR1
 122  00F9  3E 40                          LD    A,40H
 123  00FB  77                             LD    (HL),A
 124  00FC  C9                             RET
 125                                       ;-------------------------;
 126                                       ;  CLEAR DISP CURRENT     ;
 127                                       ;-------------------------;
 128
 129  00FD  06 04          CANALY:         LD    B,04H
 130  00FF  21 45 40                       LD    HL,MANALY3
 131  0102  3E 00                          LD    A,00              ;BLANK
 132  0104  77             CANALY1:        LD    (HL),A
 133  0105  23                             INC   HL
 134  0106  10 FC                          DJNZ  CANALY1
 135  0108  C9                             RET
 136
 137                                       ;---------------------------------;
 138                                       ; COPY DATA FROM LOW TO HIGHT BYTE ;
 139                                       ;---------------------------------;
 140
 141  0109  21 3F 40       COP:            LD    HL,MEMVOLT+4
 142  010C  11 33 40                       LD    DE,MEMDISP
 143  010F  06 04                          LD    B,04H
 144  0111  7E             COP1:           LD    A,(HL)
 145  0112  12                             LD    (DE),A
 146  0113  13                             INC   DE
 147  0114  2B                             DEC   HL
 148  0115  10 FA                          DJNZ  COP1
 149  0117  21 34 40                       LD    HL,MEMDISP+1
 150  011A  7E                             LD    A,(HL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 151  011B  F6 80                        OR    80H
 152  011D  77                           LD    (HL),A
 153  011E  C9                           RET
 154
 155                                   ;----------;
 156                                   ;  A/D     ;
 157                                   ;----------;
 158
 159  011F  CD 2F 01        START:       CALL  SELECT          ;CHECK VOLT
 160  0122  CD AA 01                     CALL  CAL             ;CAL DATA
 161  0125  CD D2 01                     CALL  HTOD            ;CONVERT HEX TO DECIMAL
 162  0128  CD F4 01                     CALL  CONVERT
 163  012B  CD 09 01                     CALL  COP
 164  012E  C9                           RET
 165
 166                                   ;-------------------------------;
 167                                   ; SELECT RANG MEASURE VOLTAGE   ;
 168                                   ;-------------------------------;
 169
 170  012F  3A 61 40        SELECT:      LD    A,(RELAY)       ;RELAY
 171  0132  F5                           PUSH  AF
 172  0133  E6 0F                        AND   0FH             ;OFF U9A:B:C
 173  0135  F6 80                        OR    80H             ;ON U9C:
 174  0137  32 61 40                     LD    (RELAY),A
 175  013A  0E 00           SEL1:        LD    C,00            ;VOLT
 176  013C  3A 61 40                     LD    A,(RELAY)
 177  013F  D3 60                        OUT   (PRELAY),A      ;RANG
 178  0141  79              SEL2:        LD    A,C             ;VOLTAGE
 179  0142  D3 40                        OUT   (P2),A
 180  0144  06 0E                        LD    B,0EH
 181  0146  10 FE           SEL3:        DJNZ  SEL3
 182  0148  DB 82                        IN    A,(PORTC)
 183  014A  CB 6F                        BIT   5,A
 184  014C  28 2E                        JR    Z,HI            ;CORRECT VOLT
 185  014E  0C                           INC   C
 186  014F  79                           LD    A,C
 187  0150  B7                           OR    A               ;CHECK VOLTAGE
 188  0151  20 EE                        JR    NZ,SEL2         ;NOT LIMIT VOLT
 189  0153  3A 61 40                     LD    A,(RELAY)
 190  0156  E6 0F                        AND   0FH             ;CLEAR HIBYTE
 191  0158  5F                           LD    E,A
 192  0159  3A 61 40                     LD    A,(RELAY)
 193  015C  CB 3F                        SRL   A               ;NEXT RANG
 194  015E  E6 F0                        AND   0F0H            ;CLEAR LOW BYTE
 195  0160  B3                           OR    E               ;OLD STATUS
 196  0161  32 61 40                     LD    (RELAY),A
 197  0164  CB 67                        BIT   4,A             ;END RANG
 198  0166  28 D2                        JR    Z,SEL1          ;NO
 199  0168  CD 70 01                     CALL  ERROR
 200  016B  F1                           POP   AF              ;OLD RELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 201  016C  32 61 40                        LD    (RELAY),A
 202  016F  C9                              RET
 203
 204                                        ;--------------------;
 205                                        ;   ERROR VOLT     ;
 206                                        ;--------------------;
 207
 208  0170  21 3B 40        ERROR:          LD    HL,MEMVOLT
 209  0173  06 04                           LD    B,04
 210  0175  3E 80           ERROR1:         LD    A,80H           ; DOT DISPLAY
 211  0177  77                              LD    (HL),A
 212  0178  23                              INC   HL
 213  0179  10 FA                           DJNZ  ERROR1
 214  017B  C9                              RET
 215
 216                                        ;--------------------;
 217                                        ; CORRECT VOLT     ;
 218                                        ;--------------------;
 219
 220  017C  3A 61 40        HI:             LD    A,(RELAY)
 221  017F  CB 7F                           BIT   7,A             ; RANG1
 222  0181  20 06                           JR    NZ,R1           ;YES
 223  0183  CB 77                           BIT   6,A             ; RANG2
 224  0185  20 0A                           JR    NZ,R2           ; YES
 225  0187  18 10                           JR    R3              ;RANG3
 226  0189  21 28 07        R1:             LD    HL,TABLE1
 227  018C  22 65 40                        LD    (TABLE),HL
 228  018F  18 0E                           JR    HI2
 229  0191  21 38 07        R2:             LD    HL,TABLE2
 230  0194  22 65 40                        LD    (TABLE),HL
 231  0197  18 06                           JR    HI2
 232  0199  21 48 07        R3:             LD    HL,TABLE3
 233  019C  22 65 40                        LD    (TABLE),HL
 234  019F  79              HI2:            LD    A,C
 235  01A0  32 48 40                        LD    (POATA),A       ;KEEP
 236  01A3  F1                              POP   AF              ;OLD RELAY BEFORE
 237  01A4  32 61 40                        LD    (RELAY),A
 238  01A7  D3 60                           OUT   (PRELAY),A      ;OLD STATUS
 239  01A9  C9                              RET
 240
 241                                        ;--------------------;
 242                                        ; CAL DATA A TO D    ;
 243                                        ;--------------------;
 244
 245  01AA  AF              CAL:            XOR   A
 246  01AB  32 4C 40                        LD    (SUMDATA),A
 247  01AE  32 4D 40                        LD    (SUMDATA+1),A
 248  01B1  DD 2A 65 40                     LD    IX,(TABLE)      ;PATT VOLT
 249  01B5  3A 48 40                        LD    A,(POATA)
 250  01B8  CB 27           CAL1:           SLA   A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 251  01BA  DC C4 01                    CALL  C,ADD             ;ADD DATA
 252  01BD  DD 23                       INC   IX
 253  01BF  DD 23                       INC   IX
 254  01C1  10 F5                       DJNZ  CAL1
 255  01C3  C9                          RET
 256
 257                                    ;----------------------;
 258                                    ; ADD DATA A TO D      ;
 259                                    ;----------------------;
 260
 261  01C4  2A 4C 40       ADD:         LD    HL,(SUMDATA)
 262  01C7  DD 5E 00                    LD    E,(IX+0)
 263  01CA  DD 56 01                    LD    D,(IX+1)
 264  01CD  19                          ADD   HL,DE
 265  01CE  22 4C 40                    LD    (SUMDATA),HL
 266  01D1  C9                          RET
 267
 268                                    ;--------------------------;
 269                                    ; CONVERT HEX TO DECIMAL   ;
 270                                    ;--------------------------;
 271
 272  01D2  AF             HTOD:        XOR   A
 273  01D3  21 4E 40                    LD    HL,DECDATA
 274  01D6  06 03                       LD    B,03H
 275  01D8  77             HTOD1:       LD    (HL),A
 276  01D9  23                          INC   HL
 277  01DA  10 FC                       DJNZ  HTOD1
 278  01DC  0E 10                       LD    C,10H
 279  01DE  21 4C 40       HTOD2:       LD    HL,SUMDATA
 280  01E1  CB 16                       RL    (HL)
 281  01E3  23                          INC   HL
 282  01E4  CB 16                       RL    (HL)
 283  01E6  23                          INC   HL
 284  01E7  06 03                       LD    B,03
 285  01E9  7E             HTOD3:       LD    A,(HL)
 286  01EA  8F                          ADC   A,A
 287  01EB  27                          DAA
 288  01EC  77                          LD    (HL),A
 289  01ED  23                          INC   HL
 290  01EE  10 F9                       DJNZ  HTOD3
 291  01F0  0D                          DEC   C
 292  01F1  20 EB                       JR    NZ,HTOD2
 293  01F3  C9                          RET
 294
 295                                    ;-------------------------------;
 296                                    ; CONVERT.DECIMAL DATA TO ASCII  ;
 297                                    ;-------------------------------;
 298
 299  01F4  DD 21 4E 40    CONVERT:     LD    IX,DECDATA
 300  01F8  0E 03                       LD    C,03H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 301  01FA  11 3B 40                    LD      DE,MEMVOLT      ; DISPLAY VOLTAGE
 302  01FD  DD 7E 00        CON1:       LD      A,(IX+0)
 303  0200  47                         LD      B,A
 304  0201  CD 18 02                    CALL    CONV
 305  0204  78                         LD      A,B
 306  0205  CB 07                       RLC     A
 307  0207  CB 07                       RLC     A
 308  0209  CB 07                       RLC     A
 309  020B  CB 07                       RLC     A
 310  020D  CD 18 02                    CALL    CONV
 311  0210  F6 01                       OR      01H
 312  0212  DD 23                       INC     IX
 313  0214  0D                         DEC     C
 314  0215  20 E6                       JR      NZ,CON1
 315  0217  C9                         RET
 316
 317                                    ;-----------------------;
 318                                    ;   CONVERT SUB.       ;
 319                                    ;-----------------------;
 320
 321  0218  21 ED 06        CONV:       LD      HL,DATA         ;ASCII TABLE
 322  021B  E6 0F                       AND     0FH
 323  021D  85                         ADD     A,L
 324  021E  6F                         LD      L,A
 325  021F  ED A0                       LDI
 326  0221  0C                         INC     C
 327  0222  C9                         RET
 328
 329                                    ;-----------------------;
 330                                    ;   DISPLAY TIME       ;
 331                                    ;-----------------------;
 332
 333  0223  06 04           DTIME:      LD      B,04H
 334  0225  DD 21 33 40                 LD      IX,MEMDISP
 335  0229  11 59 40                    LD      DE;TIME
 336  022C  1A              DTIME1:     LD      A,(DE)
 337  022D  E6 7F                       AND     7FH             ; CLEAR BIT8
 338  022F  21 ED 06                    LD      HL,DATA
 339  0232  85                         ADD     A,L
 340  0233  6F                         LD      L,A
 341  0234  7E                         LD      A,(HL)
 342  0235  DD 77 00                    LD      (IX+0),A
 343  0238  DD 23                       INC     IX
 344  023A  13                         INC     DE
 345  023B  10 EF                       DJNZ    DTIME1
 346  023D  3A 5A 40                    LD      A,(TIME+1)
 347  0240  CB 7F                       BIT     7,A
 348  0242  20 0A                       JR      NZ,CP           ;CLEAR POINT
 349  0244  3A 34 40                    LD      A,(MEMDISP+1)
 350  0247  F6 80                       OR      80H             ; POINT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 351  0249  32 34 40                    LD      (MEMDISP+1),A
 352  024C  18 05                       JR      CP1
 353  024E  3A 34 40        CP:         LD      A,(MEMDISP+1)
 354  0251  E6 7F                       AND     7FH             ;CLEAR POINT
 355  0253  32 34 40        CP1:        LD      (MEMDISP+1),A
 356  0256  C9                          RET
 357
 358                                    ;---------------;
 359                                    ;     TIME      ;
 360                                    ;---------------;
 361
 362  0257  2A 50 40        CTIME:      LD      HL,(TIME+4)
 363  025A  ED 4B 59 40                 LD      BC,(TIME)
 364  025E  ED 5B 58 40                 LD      DE,(TIME+2)
 365  0262  24                          INC     H
 366  0263  7C                          LD      A,H
 367  0264  FE 0A                       CP      0AH
 368  0266  C2 98 02                    JP      NZ,C1
 369  0269  CD 79 06                    CALL    TANALY          ;CURRENT SHOW
 370  026C  AF                          XOR     A
 371  026D  67                          LD      H,A
 372  026E  2C                          INC     L
 373  026F  7D                          LD      A,L
 374  0270  FE 06                       CP      06H
 375  0272  20 24                       JR      NZ,C1
 376  0274  AF                          XOR     A
 377  0275  6F                          LD      L,A
 378  0276  14                          INC     D
 379  0277  7A                          LD      A,D
 380  0278  FE 0A                       CP      0AH
 381  027A  20 1C                       JR      NZ,C1
 382  027C  AF                          XOR     A
 383  027D  57                          LD      D,A
 384  027E  1C                          INC     E
 385  027F  7B                          LD      A,E
 386  0280  FE 06                       CP      06H
 387  0282  20 14                       JR      NZ,C1
 388  0284  AF                          XOR     A
 389  0285  1E 00                       LD      E,00
 390  0287  04                          INC     B
 391  0288  78                          LD      A,B
 392  0289  FE 0A                       CP      0AH
 393  028B  20 08                       JR      NZ,C1
 394  028D  AF                          XOR     A
 395  028E  06 00                       LD      B,00
 396  0290  0C                          INC     C
 397  0291  79                          LD      A,C
 398  0292  FE 0A                       CP      0AH
 399  0294  20 02                       JR      NZ,C1
 400  0296  AF                          XOR     A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 401  0297  4F
 402  0298  ED 43 59 40      C1:     LD      C,A
 403  029C  ED 53 5B 40              LD      (TIME),BC
 404  02A0  22 50 40                 LD      (TIME+2),DE
 405  02A3  3A 5A 40                 LD      (TIME+4),HL
 406  02A6  CB 7F                    LD      A,(TIME+1)
 407  02A8  20 04                    BIT     7,A
 408  02AA  CB FF                    JR      NZ,CA           ;CLEAR POINT
 409  02AC  18 02                    SET     7,A
 410  02AE  CB BF            CA:     JR      CA1
 411  02B0  32 5A 40         CA1:    RES     7,A
 412  02B3  C9                       LD      (TIME+1),A
 413                                 RET
 414
 415                        ;-----------------;
 416                        ;   SCAN KEY      ;
 417                        ;-----------------;
 418  02B4  3E 01            SCANKEY: LD     A,01
 419  02B6  32 56 40                 LD      (SCAN1),A
 420  02B9  3E 00            KEY:    LD      A,00
 421  02BB  32 57 40                 LD      (COL),A
 422  02BE  3A 5F 40         S2:     LD      A,(STIME)       ;STATUS
 423  02C1  FE 01                    CP      01H             ;TIME ON
 424  02C3  28 0E                    JR      Z,S1
 425  02C5  FE 02                    CP      02H             ;DISPLAY VOLT
 426  02C7  28 0F                    JR      Z,S
 427  02C9  3A 53 40                 LD      A,(SFUNC)       ;SHOW CURRENT
 428  02CC  FE 04                    CP      04H             ;?
 429  02CE  CC CF 06                 CALL    Z,TANALY2       ;YES
 430  02D1  18 08                    JR      SCAN3
 431  02D3  CD 23 02         S1:     CALL    DTIME
 432  02D6  18 03                    JR      SCAN3
 433  02D8  CD 1F 01         S:      CALL    START
 434  02DB  21 33 40         SCAN3:  LD      HL,MEMDISP
 435  02DE  3A 57 40                 LD      A,(COL)
 436  02E1  85                       ADD     A,L
 437  02E2  6F                       LD      L,A
 438  02E3  7E                       LD      A,(HL)
 439  02E4  D3 81                    OUT     (PORTB),A
 440  02E6  3A 57 40                 LD      A,(COL)
 441  02E9  D3 82                    OUT     (PORTC),A
 442  02EB  CD 54 03                 CALL    DELAY
 443  02EE  3A 56 40                 LD      A,(SCAN1)
 444  02F1  FE 02                    CP      02H             ;NOT DECODE KEY
 445  02F3  28 44                    JR      Z,SCAN5         ;MODE2
 446  02F5  3A 57 40                 LD      A,(COL)
 447  02F8  D3 82                    OUT     (PORTC),A
 448  02FA  DB 82                    IN      A,(PORTC)
 449  02FC  CB 67                    BIT     4,A
 450  02FE  20 27                    JR      NZ,SCAN6        ;NO PRESS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 451  0300  11 FF 01          LD      DE,1FFH         ;DEBOUND
 452  0303  1B       SCAN7:   DEC     DE
 453  0304  7A                LD      A,D
 454  0305  B7                OR      A
 455  0306  20 FB              JR      NZ,SCAN7
 456  0308  3A 57 40           LD      A,(COL)
 457  030B  D3 82              OUT     (PORTC),A
 458  030D  DB 82              IN      A,(PORTC)
 459  030F  CB 67              BIT     4,A
 460  0311  20 A6              JR      NZ,KEY
 461  0313  3A 57 40           LD      A,(COL)
 462  0316  32 58 40           LD      (COL1),A
 463  0319  32 4A 40           LD      (KEEPCOL),A
 464  031C  CD 50 03           CALL    DECODE
 465  031F  3E 02              LD      A,02H           ;SCAN MODE2
 466  0321  32 56 40           LD      (SCAN1),A
 467  0324  C3 08 02           JP      SCAN3
 468  0327  21 57 40  SCAN6:   LD      HL,COL          ;COLUM
 469  032A  34                 INC     (HL)
 470  032B  7E                 LD      A,(HL)
 471  032C  FE 08              CP      08H             ;END COL
 472  032E  20 A5              JR      NZ,SCAN3
 473  0330  3A 64 40           LD      A,(RUN)         ;RUN MODE
 474  0333  FE 03              CP      03H             ;IN RUN MODE
 475  0335  C8                 RET     Z               ;YES
 476  0336  C3 89 02  AA:      JP      KEY
 477  0339  3A 58 40  SCAN5:   LD      A,(COL1)
 478  033C  D3 82              OUT     (PORTC),A
 479  033E  DB 82              IN      A,(PORTC)       ;PORTC LOW
 480  0340  CB 67              BIT     4,A             ;KEY PRESS
 481  0342  20 08              JR      NZ,NPR1         ;NPR=NO PRESS
 482  0344  3E 02              LD      A,02H
 483  0346  32 56 40           LD      (SCAN1),A
 484  0349  C3 27 03           JP      SCAN6
 485  034C  3E 01     NPR1:    LD      A,01H
 486  034E  32 56 40           LD      (SCAN1),A
 487  0351  C3 89 02           JP      KEY
 488
 489                          ;----------------;
 490                          ;     DELAY      ;
 491                          ;----------------;
 492
 493  0354  11 80 01  DELAY:   LD      DE,180H
 494  0357  1B        DELAY1:  DEC     DE
 495  0358  7A                 LD      A,D
 496  0359  B7                 OR      A
 497  035A  20 FB              JR      NZ,DELAY1
 498  035C  C9                 RET
 499
 500                          ;----------------;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 501                                    ;   DECODE KEY   ;
 502                                    ;----------------;
 503
 504  035D  3A 64 40        DECODE:       LD    A,(RUN)          ;IT IN RUN MODE
 505  0360  FE 03                         CP    03H
 506  0362  20 07                         JR    NZ,NT3           ;NO
 507  0364  3A 57 40                      LD    A,(COL)
 508  0367  FE 07                         CP    07H              ; ENTER
 509  0369  28 1C                         JR    Z,NT2            ;YES
 510  036B  3A 4A 40        NT3:          LD    A,(KEEPCOL)      ;COL
 511  036E  D6 04                         SUB   04H
 512  0370  32 55 40                      LD    (KEEP1),A
 513  0373  47                            LD    B,A
 514  0374  16 00                         LD    D,00
 515  0376  1E 03                         LD    E,03
 516  0378  21 60 07                      LD    HL,PATTJP        ;PATT. JP
 517  037B  78                            LD    A,B
 518  037C  B7                            OR    A
 519  037D  28 04                         JR    Z,NT
 520  037F  19              NT1:          ADD   HL,DE            ;JP TO ROUTINE
 521  0380  10 FD                         DJNZ  NT1
 522  0382  E9                            JP    (HL)
 523  0383  21 60 07        NT:           LD    HL,PATTJP
 524  0386  E9                            JP    (HL)
 525  0387  C9              NT2:          RET
 526
 527                                    ;----------------;
 528                                    ;   RESET        ;
 529                                    ;----------------;
 530
 531  0388  3E 00           RESET:        LD    A,00             ;INHIBIT CLK
 532  038A  32 62 40                      LD    (COOL),A
 533  038D  C3 75 00                      JP    COLD
 534
 535                                    ;----------------;
 536                                    ;   MODE         ;
 537                                    ;----------------;
 538
 539  0390  3A 51 40        MODE:         LD    A,(SMODE)
 540  0393  47                            LD    B,A
 541  0394  CD 67 04                      CALL  CHK
 542  0397  32 38 40                      LD    (MEMDISP+5),A
 543  039A  32 51 40                      LD    (SMODE),A
 544  039D  3A 53 40                      LD    A,(SFUNC)
 545  03A0  FE 04                         CP    04H              ;TIME?
 546  03A2  28 29                         JR    Z,MODE4          ;YES
 547  03A4  3A 54 40                      LD    A,(SENTER)
 548  03A7  FE 08                         CP    08H              ;NOT VOLT
 549  03A9  28 22                         JR    Z,MODE4
 550  03AB  3E 01                         LD    A,01
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 551  03AD  32 37 40                    LD    (MEMDISP+4),A
 552  03B0  3A 51 40       MODE3:       LD    A,(SMODE)
 553  03B3  FE 02                       CP    02H             ;ANALY MODE
 554  03B5  20 09                       JR    NZ,MODE1        ;NO
 555  03B7  3E 01                       LD    A,01H           ;CHARG MODE
 556  03B9  32 39 40                    LD    (MEMDISP+6),A
 557  03BC  32 53 40                    LD    (SFUNC),A
 558  03BF  C9                          RET
 559  03C0  FE 01          MODE1:       CP    01H             ;CHARG
 560  03C2  20 06                       JR    NZ,MODE2
 561  03C4  3E 02                       LD    A,02H           ;DISP MODE
 562  03C6  32 39 40                    LD    (MEMDISP+6),A
 563  03C9  32 53 40                    LD    (SFUNC),A
 564  03CC  C9             MODE2:       RET
 565  03CD  3E 02          MODE4:       LD    A,02H           ;DISPLAY VOLT
 566  03CF  32 5F 40                    LD    (STIME),A
 567  03D2  AF                          XOR   A
 568  03D3  32 37 40                    LD    (MEMDISP+4),A
 569  03D6  18 08                       JR    MODE3
 570
 571                                    ;-----------------;
 572                                    ;  FUNC TION     ;
 573                                    ;-----------------;
 574
 575  03D8  3A 53 40       FUNC:        LD    A,(SFUNC)
 576  03DB  47                          LD    B,A
 577  03DC  CD 67 04                    CALL  CHK
 578  03DF  32 39 40                    LD    (MEMDISP+6),A
 579  03E2  32 53 40                    LD    (SFUNC),A
 580  03E5  47                          LD    B,A
 581  03E6  3A 49 40                    LD    A,(MANALY)
 582  03E9  FE 02                       CP    02H
 583  03EB  CA 86 06                    JP    Z,TANALY1       ;SHOW TIME OR CURRENT
 584  03EE  78                          LD    A,B
 585  03EF  FE 04                       CP    04H             ;TIME ON
 586  03F1  20 0F                       JR    NZ,DISCH1
 587  03F3  3E 01                       LD    A,01H           ;TIME MODE
 588  03F5  32 5F 40                    LD    (STIME),A
 589  03F8  3E 04                       LD    A,04H           ;TIME
 590  03FA  32 37 40                    LD    (MEMDISP+4),A
 591  03FD  32 53 40                    LD    (SFUNC),A
 592  0400  18 17                       JR    DISCH2
 593  0402  3A 54 40       DISCH1:      LD    A,(SENTER)
 594  0405  FE 08                       CP    08H
 595  0407  28 07                       JR    Z,DISCH5
 596  0409  3E 01                       LD    A,01
 597  040B  32 37 40                    LD    (MEMDISP+4),A
 598  040E  18 04                       JR    DISCH6
 599  0410  AF             DISCH5:      XOR   A
 600  0411  32 37 40                    LD    (MEMDISP+4),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 601  0414  3E 02          DISCH6:         LD      A,02            ;DISPLAY VOLT
 602  0416  32 5F 40                       LD      (STIME),A
 603  0419  C9            DISCH2:         RET
 604
 605
 606                                      ;----------------;
 607                                      ; ENTER FUNCTION ;
 608                                      ;----------------;
 609
 610  041A  3E 00          ENTER:          LD      A,00
 611  041C  32 54 40                       LD      (SENTER),A
 612  041F  3A 51 40                       LD      A,(SMODE)       ;STATUS
 613  0422  FE 01                          CP      01H             ;CHARG ONLY
 614  0424  28 21                          JR      Z,ENTER1        ;YES
 615  0426  FE 02                          CP      02H             ;ANALY FUNC
 616  0428  28 29                          JR      Z,ENTER6
 617  042A  18 07                          JR      ENTER6
 618  042C  CD 67 05       ENTER4:         CALL    DISC            ;DISCHARG
 619  042F  CD A3 04       ENTER3:         CALL    CHARG           ;CHARG
 620  0432  C9                             RET
 621  0433  3A 53 40       ENTER8:         LD      A,(SFUNC)       ;CHK FUNTION
 622  0436  FE 01                          CP      01              ;CHARG ONLY
 623  0438  28 05                          JR      Z,ENTER9        ;YES
 624  043A  FE 02                          CP      02H             ;DISCHARG ONLY
 625  043C  28 05                          JR      Z,ENTER10       ;YES
 626  043E  C9                             RET
 627  043F  CD A3 04       ENTER9:         CALL    CHARG           ;CHARG ONLY
 628  0442  C9                             RET
 629  0443  CD 67 05       ENTER10:        CALL    DISC            ;DISCHARG ONLY
 630  0446  C9             ENTER7:         RET
 631  0447  3A 53 40       ENTER1:         LD      A,(SFUNC)
 632  044A  FE 01                          CP      01H             ;CHG ONLY
 633  044C  28 E1                          JR      Z,ENTER3
 634  044E  FE 02                          CP      02H             ;DISCHG BEFORE CHG
 635  0450  28 DA                          JR      Z,ENTER4
 636  0452  C9             ENTER5:         RET
 637  0453  3A 53 40       ENTER6:         LD      A,(SFUNC)       ;ANALY ONLY
 638  0456  FE 04                          CP      04H             ;?
 639  0458  CC 64 04                       CALL    Z,ENTER11       ;YES
 640  045B  CD 01 05                       CALL    ANALY
 641  045E  3E 00                          LD      A,00
 642  0460  32 64 40                       LD      (RUN),A
 643  0463  C9                             RET
 644  0464  C3 CF 06       ENTER11:        JP      TAHALY2         ;DISPLAY CURRENT
 645                                      ;----------------;
 646                                      ;     CHECK      ;
 647                                      ;----------------;
 648
 649  0467  78             CHK:            LD      A,B
 650  0468  CB 27                          SLA     A               ;NEXT MODE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 651  046A  CB 5F                        BIT   3,A               ;END MODE
 652  046C  28 02                        JR    Z,SS1             ;NO
 653  046E  3E 01                        LD    A,01              ;BEGIN MODE
 654  0470  C9              SS1:         RET
 655  0471  CD E1 00        SCH:         CALL  CLEART
 656  0474  3E 01                        LD    A,01H             ;ON CLK
 657  0476  32 60 40                     LD    (SNMI),A
 658  0479  D3 A0                        OUT   (INHCLK),A
 659  047B  D3 C0                        OUT   (PNMI),A
 660  047D  3E 01                        LD    A,01H
 661  047F  C9                           RET
 662
 663                                  ;-------------------------;
 664                                  ;   INDEX PATT. CHARG     ;
 665                                  ;-------------------------;
 666  0480  11 00 00        INDEX:       LD    DE,0000           ;EACH RANG
 667  0483  3D                           DEC   A
 668  0484  28 1C                        JR    Z,INDEX2
 669  0486  06 00                        LD    B,00
 670  0488  37                           SCF
 671  0489  3F                           CCF
 672  048A  3A 63 40                     LD    A,(DIPSW)
 673  048D  B7                           OR    A
 674  048E  C8                           RET   Z                 ;RETERN IF NO BATT.
 675  048F  CB 3F           INDEX3:      SRL   A
 676  0491  38 0A                        JR    C,INDEX1
 677  0493  04                           INC   B
 678  0494  F5                           PUSH  AF
 679  0495  78                           LD    A,B
 680  0496  FE 08                        CP    08
 681  0498  28 08                        JR    Z,INDEX2
 682  049A  F1                           POP   AF
 683  049B  18 F2                        JR    INDEX3
 684  049D  13              INDEX1:      INC   DE
 685  049E  13                           INC   DE
 686  049F  13                           INC   DE
 687  04A0  10 FB                        DJNZ  INDEX1
 688  04A2  C9              INDEX2:      RET
 689
 690                                  ;-------------------;
 691                                  ;  CHARG FUNCTION   ;
 692                                  ;-------------------;
 693
 694  04A3  DB 81           CHARG:       IN    A,(PORTB)         ;DIPSW
 695  04A5  2F                           CPL                     ;INVERSE
 696  04A6  32 63 40                     LD    (DIPSW),A
 697  04A9  B7                           OR    A                 ;NO BATT.
 698  04AA  CA 88 03                     JP    Z,RESET           ;YES RESET SYSTEM
 699  04AD  CD 71 04                     CALL  SCH
 700  04B0  3E 01                        LD    A,01H             ;LED VOLT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 701  0482  32 37 40                    LD      (MEMDISP+4),A
 702  0485  32 3A 40                    LD      (MEMDISP+7),A   ; QUICK LED
 703
 704                                    ;-----------------------;
 705                                    ;  QUICK CHARG         ;
 706                                    ;-----------------------;
 707
 708  0488  3A 63 40                    LD      A,(DIPSW)
 709  048B  CD 80 04                    CALL    INDEX
 710  048E  DD 21 0C 07                 LD      IX,PRANG        ;PATT. RANG CHG
 711  04C2  06 00                       LD      B,00            ;COUNT RANG OF RELAY
 712  04C4  0E 00                       LD      C,00
 713  04C6  37                          SCF
 714  04C7  3F                          CCF
 715  04C8  CB 3F           RANG:       SRL     A               ;SHIFT RIGHT
 716  04CA  38 08                       JR      C,RANG1         ;WHEN HAVE CARRY
 717  04CC  0C                          INC     C
 718  04CD  F5                          PUSH    AF
 719  04CE  79                          LD      A,C
 720  04CF  FE 08                       CP      08H
 721  04D1  28 01                       JR      Z,RANG1         ;ERROR
 722  04D3  F1                          POP     AF
 723  04D4  DD 22 69 40     RANG1:      LD      (RPATTC),IX     ;PATT RELAY CHARG
 724  04D8  DD 09                       ADD     IX,BC           ;SEACH RANG
 725  04DA  21 F7 06                    LD      HL,COMQ         ;PATT D/A
 726  04DD  19                          ADD     HL,DE           ;INDEX PATT.
 727  04DE  22 5C 07                    LD      (PATTC),HL
 728  04E1  2A 5C 07        CHARG1:     LD      HL,(PATTC)
 729  04E4  7E                          LD      A,(HL)
 730  04E5  D3 40                       OUT     (P2),A          ;SEND D/A
 731  04E7  DD 2A 69 40                 LD      IX,(RPATTC)
 732  04EB  DD 7E 00                    LD      A,(IX+0)        ;RELAY RANG CHG
 733  04EE  F6 05                       OR      QUICK           ;RELAY QUICK CHG
 734  04F0  32 61 40                    LD      (RELAY),A
 735  04F3  D3 60                       OUT     (PRELAY),A      ;ON RELAY
 736  04F5  3E 03                       LD      A,03            ;RUNFUNCTION
 737  04F7  32 64 40                    LD      (RUN),A
 738  04FA  CD 89 02                    CALL    KEY
 739  04FD  DB 82                       IN      A,(PORTC)       ;CHECK COMPARATOR
 740  04FF  CB 6F                       BIT     5,A             ;CORRECT
 741  0501  20 07                       JR      NZ,CHARG2       ;YES
 742  0503  3A 58 40                    LD      A,(TIME+2)      ;CHECK TIME
 743  0506  FE 04                       CP      ENDQ
 744  0508  20 D7                       JR      NZ,CHARG1
 745
 746
 747                                    ;-----------------------;
 748                                    ;     SLOW CHARG        ;
 749                                    ;-----------------------;
 750
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 751  050A  3E 02          CHARG2:     LD    A,02
 752  050C  32 3A 40                   LD    (MEMDISP+7),A   ;SLOW LED
 753  050F  2A 5C 07                   LD    HL,(PATTC)      ;PATT. SLOW CHARG
 754  0512  2C                         INC   L
 755  0513  22 5C 07                   LD    (PATTC),HL
 756  0516  2A 5C 07          CHARG3:  LD    HL,(PATTC)
 757  0519  7E                         LD    A,(HL)          ;INDEX PATT.
 758  051A  D3 40                      OUT   (P2),A          ;SEND D/A
 759  051C  3A 61 40                   LD    A,(RELAY)
 760  051F  E6 F0                      AND   0FOH            ;CLS CHARG RELAY
 761  0521  F6 06                      OR    SLOW
 762  0523  32 61 40                   LD    (RELAY),A
 763  0526  D3 60                      OUT   (PRELAY),A      ;ON RELAY
 764  0528  CD B9 02                   CALL  KEY
 765  052B  DB 82                      IN    A,(PORTC)       ;CHECK COMPARATOR
 766  052D  CB 6F                      BIT   5,A
 767  052F  20 07                      JR    NZ,CHARG4
 768  0531  3A 5B 40                   LD    A,(TIME+2)
 769  0534  FE 09                      CP    ENDL            ;TIME OF SLOW CHARG
 770  0536  20 DE                      JR    NZ,CHARG3
 771
 772                          ;-----------------------;
 773                          ;     TRICK CHARG       ;
 774                          ;-----------------------;
 775
 776  0538  3E 04          CHARG4:     LD    A,04H
 777  053A  32 3A 40                   LD    (MEMDISP+7),A     ;TRICK LED
 778  053D  3A 61 40                   LD    A,(RELAY)
 779  0540  E6 F0                      AND   0FOH              ;CLEAR CHARG RELAY
 780  0542  F6 04                      OR    TRICK
 781  0544  32 61 40                   LD    (RELAY),A
 782  0547  D3 60                      OUT   (PRELAY),A        ;ON RELAY
 783  0549  CD B9 02          TRICK1:  CALL  KEY
 784  054C  21 63 40                   LD    HL,DIPSW
 785  054F  DB 81                      IN    A,(PORTB)
 786  0551  2F                         CPL
 787  0552  BE                         CP    (HL)
 788  0553  28 F4                      JR    Z,TRICK1
 789  0555  3E 01                      LD    A,01H           ;NORMAL MODE NO RUN
 790  0557  32 64 40                   LD    (RUN),A
 791  055A  C3 88 03                   JP    RESET
 792
 793                          ;-----------------------;
 794                          ; DISCHARG FUNCTION     ;
 795                          ;-----------------------;
 796
 797  055D  DB 81                      IN    A,(PORTB)       ;DIP SW
 798  055F  2F                         CPL
 799  0560  32 63 40                   LD    (DIPSW),A
 800  0563  B7                         OR    A               ;NO BATT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 801  0564  CA 88 03                    JP    Z,RESET          ;YES RESET SYSTEM
 802  0567  CD 71 04        DISC:       CALL  SCH
 803  056A  3E 01                       LD    A,01             ;LED VOLT
 804  056C  32 37 40                    LD    (MEMDISP+4),A
 805  056F  01 00 00                    LD    BC,0000          ;COUNTER
 806  0572  37                          SCF
 807  0573  3F                          CCF
 808  0574  CB 3F           DISC2:      SRL   A
 809  0576  38 03                       JR    C,DISC5
 810  0578  0C                          INC   C
 811  0579  18 F9                       JR    DISC2
 812  057B  21 13 07        DISC5:      LD    HL,PATTD
 813  057E  09                          ADD   HL,BC
 814  057F  22 6B 40                    LD    (PPATTD),HL
 815  0582  DD 21 1A 07                 LD    IX,RELAYD        ;PATT RELAY DISCH.
 816  0586  DD 09                       ADD   IX,BC            ;SEACH RELAY
 817  0588  2A 6B 40        DISC3:      LD    HL,(PPATTD)
 818  058B  7E                          LD    A,(HL)
 819  058C  D3 40                       OUT   (P2),A           ;SEND D/A
 820  058E  DD 2A 6D 40                 LD    IX,(RPATTD)
 821  0592  DD 7E 00                    LD    A,(IX+0)
 822  0595  32 61 40                    LD    (RELAY),A
 823  0595  D3 60                       OUT   (PRELAY),A       ;ON RELAY
 824  059A  3E 03                       LD    A,03H            ;NO RUN MODE
 825  059C  32 64 40                    LD    (RUN),A
 826  059F  3E 02                       LD    A,02             ;KEY MODE 2
 827  05A1  32 5F 40                    LD    (STIME),A        ;SHOW VOLT
 828  05A4  CD B9 02                    CALL  KEY
 829  05A7  DB 82                       IN    A,(PORTC)        ;COMPARATOR
 830  05A9  CB 6F                       BIT   5,A
 831  05AB  28 07                       JR    Z,DISC4
 832  05AD  3A 5A 40        DISC1:      LD    A,(TIME+1)
 833  05B0  FE 05                       CP    END0             ;END DISCHARG
 834  05B2  20 04                       JR    NZ,DISC3
 835  05B4  3A 61 40        DISC4:      LD    A,(RELAY)
 836  05B7  E6 00                       AND   00H              ;OFF RELAY
 837  05B9  32 61 40                    LD    (RELAY),A
 838  05BC  D3 60                       OUT   (PRELAY),A
 839  05BE  CD B9 02        DISC6:      CALL  KEY              ;SCANKEY BOARD
 840  05C1  21 63 40                    LD    HL,DIPSW         ;CHK BATT.
 841  05C4  DB 81                       IN    A,(PORTB)        ;CHK BATT IN PACK?
 842  05C6  2F                          CPL                    ;INVERSE
 843  05C7  BE                          CP    (HL)             ;CHK
 844  05C8  28 F4                       JR    Z,DISC6          ;YES ON PACK
 845  05CA  AF                          XOR   A                ;CLS
 846  05CB  32 62 40                    LD    (COOL),A         ;COLD BOOT
 847  05CE  C3 75 00                    JP    COLD             ;RESET SYSTEM
 848
 849                                ;--------------------;
 850                                ;  ANALY FUNCTION    ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 851                                          ;--------------------;
 852
 853  05D1  3A 49 40      ANALY:      LD      A,(MANALY)      ;LAST ANALY MODE
 854  05D4  FE 02                     CP      02H             ;?
 855  05D6  C4 FD 00                  CALL    NZ,CANALY       ;NO
 856  05D9  3E 02                     LD      A,02H           ;ANALY MODE
 857  05DB  32 49 40                  LD      (MANALY),A      ;KEEP
 858  05DE  3A 53 40                  LD      A,(SFUNC)       ;CONDITION ANALY
 859  05E1  FE 01                     CP      01H             ;CHARG BEFOR ANALY
 860  05E3  28 06                     JR      Z,ANALY5        ;YES
 861  05E5  FE 02                     CP      02H             ;CHARG AND DISC
 862  05E7  28 07                     JR      Z,ANALY6        ;BEFOR ANALY
 863  05E9  18 0B                     JR      ANALY7          ;ANALY ONLY
 864  05EB  CD A3 04      ANALY5:     CALL    CHARG
 865  05EE  18 06                     JR      ANALY7
 866  05F0  CD 67 05      ANALY6:     CALL    DISC
 867  05F3  CD A3 04                  CALL    CHARG           ; CHARG
 868  05F6  DD 21 21 07   ANALY7:     LD      IX,PANALY       ;ANALY PATT.
 869  05FA  3E 02                     LD      A,02H           ;CURRENT LED
 870  05FC  32 37 40                  LD      (MEMDISP+4),A   ;SHOW
 871  05FF  CD 71 04                  CALL    SCH             ;ON CLK
 872  0602  3E 00                     LD      A,00            ;BLANK
 873  0604  32 3A 40                  LD      (MEMDISP+7),A   ;OFF LED COLUM7
 874  0607  06 00                     LD      B,00            ;COUNT RANG RELAY
 875  0609  0E 00                     LD      C,00
 876  060B  37                        SCF
 877  060C  3F                        CCF
 878  060D  3A 63 40                  LD      A,(DIPSW)
 879  0610  B7                        OR      A
 880  0611  C8                        RET     Z
 881  0612  CB 3F         ANALY1:     SRL     A               ;SHIFT RIGHT
 882  0614  38 0A                     JR      C,ANALY2        ;WHEN HAVE CARRY
 883  0616  0C                        INC     C
 884  0617  F5                        PUSH    AF
 885  0618  79                        LD      A,C
 886  0619  FE 08                     CP      08H             ;CHECK RELAY
 887  061B  28 03                     JR      Z,ANALY2        ;ERROR
 888  061D  F1                        POP     AF
 889  061E  18 F2                     JR      ANALY1
 890  0620  CD 71 04      ANALY2:     CALL    SCH             ;ON CLK,
 891  0623  21 1A 07                  LD      HL,RELAYD       ;PATT RELAY DISCH.
 892  0626  09                        ADD     HL,BC           ;SEACH RELAY
 893  0627  DD 09                     ADD     IX,BC           :SEACH RANG
 894  0629  DD 22 6F 40               LD      (APATTD),IX
 895  062D  22 71 40                  LD      (RAPATTD),HL
 896  0630  DD 2A 6F 40    ANALY3:     LD      IX,(APATTD)
 897  0634  DD 7E 00                  LD      A,(IX+0)          ;VOLT
 898  0637  D3 40                     OUT     (P2),A          ;SEND D/A
 899  0639  2A 71 40                  LD      HL,(RAPATTD)
 900  063C  7E                        LD      A,(HL)          ;RELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 901  063D  32 61 40                LD    (RELAY),A
 902  0640  D3 60                   OUT   (PRELAY),A      ;ON RELAY
 903  0642  3E 03                   LD    A,03H           ;RUN MODE
 904  0644  32 64 40                LD    (RUN),A
 905  0647  3E 02                   LD    A,02H           ;KEY MODE 2
 906  0649  32 56 40                LD    (SCAN1),A
 907  064C  CD B9 02                CALL  KEY
 908  064F  DB 82                   IN    A,(PORTC)       ;COMPARATOR
 909  0651  CB 6F                   BIT   5,A             ;CHECK VOLT
 910  0653  28 02                   JR    Z,ANALY4        ;CORRECT VOLT
 911  0655  18 D9                   JR    ANALY3
 912  0657  3E 00          ANALY4:  LD    A,00
 913  0659  32 61 40                LD    (RELAY),A
 914  065C  D3 60                   OUT   (PRELAY),A      ;OFF RELAY
 915  065E  3E 01                   LD    A,01H           ;NORMAL MODE
 916  0660  32 49 40                LD    (MANALY),A
 917  0663  CD B9 02          ANALY8: CALL  KEY           ;SCANKEY BOARD
 918  0666  3E 00                   LD    A,00            ;CLK OFF CODE
 919  0668  32 60 40                LD    (SNMI),A        ;STATUS
 920  066B  D3 A0                   OUT   (INHCLK),A      ;OFF CLK
 921  066D  21 63 40                LD    HL,DIPSW        ;OLD STATUS DIPSW
 922  0670  DB 81                   IN    A,(PORTB)       ;NEW STATUS DIPSW
 923  0672  2F                      CPL                   ;INVERSE
 924  0673  BE                      CP    (HL)            ;BATT ON PACK?
 925  0674  28 ED                   JR    Z,ANALY8        ;YES
 926  0676  C3 86 03                JP    RESET
 927
 928                                ;-----------------------;
 929                                ; CURRENT FOR ANALY MODE ;
 930                                ;-----------------------;
 931
 932  0679  3A 48 40          TANALY: LD    A,(MANALY3+3)
 933  067C  3C                      INC   A
 934  067D  32 48 40                LD    (MANALY3+3),A   ;CHECK = 10?
 935  0680  FE 0A                   CP    0AH
 936  0682  20 31                   JR    NZ,TANALY4      ;NO
 937  0684  AF                      XOR   A               ;CLEAR A
 938  0685  32 48 40                LD    (MANALY3+3),A   ;RESET BYTE
 939  0688  3A 47 40                LD    A,(MANALY3+2)
 940  068B  3C                      INC   A
 941  068C  32 47 40                LD    (MANALY3+2),A   ;CHECK = 10?
 942  068F  FE 0A                   CP    0AH             ;=10?
 943  0691  20 22                   JR    NZ,TANALY4      ;NO
 944  0693  AF                      XOR   A               ;CLEAR
 945  0694  32 47 40                LD    (MANALY3+2),A   ;RESET
 946  0697  3A 46 40                LD    A,(MANALY3+1)
 947  069A  3C                      INC   A
 948  069B  32 46 40                LD    (MANALY3+1),A   ;CHECK
 949  069E  FE 0A                   CP    0AH             ;=10
 950  06A0  20 13                   JR    NZ,TANALY4      ;NO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

 951  06A2  AF                              XOR   A               ;CLEAR
 952  06A3  32 46 40                        LD    (MANALY3+1),A   ;RESET BYTE
 953  06A6  3A 45 40                        LD    A,(MANALY3)
 954  06A9  3C                              INC   A
 955  06AA  32 45 40                        LD    (MANALY3),A     ;CHECK
 956  06AD  FE 0A                           CP    0AH             ;=10?
 957  06AF  20 04                           JR    NZ,TANALY4      ;NO
 958  06B1  AF                              XOR   A
 959  06B2  32 49 40                        LD    (MANALY),A
 960  06B5  C9              TANALY4:        RET
 961
 962                                        ;-------------------------------;
 963                                        ; CHECK SHOW TIME OR CURRENT    ;
 964                                        ;-------------------------------;
 965
 966  06B6  3A 53 40        TANALY1:        LD    A,(SFUNC)       ;DISPLAY TIME
 967  06B9  FE 01                           CP    01H             ;TIME MODE
 968  06BB  28 06                           JR    Z,TANALY5       ;YES
 969  06BD  FE 02                           CP    02H             ;DISPLAY VOLT
 970  06BF  28 08                           JR    Z,TANALY6       ;YES
 971  06C1  18 0C                           JR    TANALY2         ;SHOW CURRENT
 972  06C3  3E 01           TANALY5:        LD    A,01H           ;TIME
 973  06C5  32 5F 40                        LD    (STIME),A
 974  06C8  C9                              RET
 975  06C9  3E 02           TANALY6:        LD    A,02H           ;VOLT
 976  06CB  32 5F 40                        LD    (STIME),A
 977  06CE  C9                              RET
 978                                        ;-------------------------------;
 979                                        ; COPY CURRENT TO DISP          ;
 980                                        ;-------------------------------;
 981
 982  06CF  06 04           TANALY2:        LD    B,04H           ;COUNTER
 983  06D1  DD 21 33 40                     LD    IX,MEMDISP      ;DISPLAY
 984  06D5  11 45 40                        LD    DE,MANALY3      ;CURRENT
 985  06D8  1A              TANALY3:        LD    A,(DE)
 986  06D9  21 ED 06                        LD    HL,DATA         ;ASCII TABLE
 987  06DC  85                              ADD   A,L
 988  06DD  6F                              LD    L,A
 989  06DE  7E                              LD    A,(HL)          ;ASCII
 990  06DF  DD 77 00                        LD    (IX+0),A        ;DISPLAY CURRENT
 991  06E2  DD 23                           INC   IX
 992  06E4  13                              INC   DE
 993  06E5  10 F1                           DJNZ  TANALY3
 994  06E7  3E 04                           LD    A,04H           ;CURRENT
 995  06E9  32 5F 40                        LD    (STIME),A
 996  06EC  C9                              RET
 997
 998
 999                                        ;-------------------;
1000                                        ;   DATA NUMBER     ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

1001                                    ;-----------------------;
1002
1003  06ED  3F 06 5B 4F     DATA:       DB    3FH,06H,5BH,4FH     ;0,1,2,3
1004  06F1  66 6D 7D 07                 DB    66H,6DH,7DH,07H     ;4,5,6,7
1005  06F5  7F 6F                       DB    7FH,6FH             ;8,9
1006
1007                                    ;-----------------------;
1008                                    ;   PATT ALL CHARG    ;
1009                                    ;-----------------------;
1010
1011  06F7  00 01 02        COMQ:       DB    00H,01H,02H         ;BATT1
1012  06FA  03 04 05                    DB    03H,04H,05H         ;BATT2
1013  06FD  06 07 08                    DB    06H,07H,08H         ;BATT3
1014  0700  09 0A 0B                    DB    09H,0AH,0BH         ;BATT4
1015  0703  0C 0D 0E                    DB    0CH,0DH,0EH         ;BATT6
1016  0706  0F 10 11                    DB    0FH,10H,11H         ;BATT8
1017  0709  12 13 14                    DB    12H,13H,14H         ;BATT10
1018
1019                                    ;-----------------------;
1020                                    ;  PATT. ARMG RELAY.   ;
1021                                    ;-----------------------;
1022
1023  070C  80              PRANG:      DB    80H           ;K1 RELAY RANG 0-5V
1024  070D  80                          DB    80H           ;K1 RELAY RANG 0-5V
1025  070E  80                          DB    80H           ;K1 RELAY RANG 0-5V
1026  070F  40                          DB    40H
1027  0710  40                          DB    40H           ;K2 RELAY RANG 5-10V
1028  0711  20                          DB    20H           ;K3 RELAY RANG 10-15V
1029  0712  20                          DB    20H           ;K3 RELAY RANG 10-15V
1030
1031                                    ;-----------------------;
1032                                    ;  PATTERN DISCHARG    ;
1033                                    ;-----------------------;
1034
1035  0713  00              PATTD:      DB    00H           ;BATT = 1
1036  0714  00                          DB    00H           ;BATT = 2
1037  0715  00                          DB    00H           ;BATT = 3
1038  0716  00                          DB    00H           ;BATT = 4
1039  0717  00                          DB    00H           ;BATT = 6
1040  0718  00                          DB    00H           ;BATT = 8
1041  0719  00                          DB    00H           ;BATT = 10
1042
1043                                    ;-----------------------;
1044                                    ; RELAY FOD DISCHARG   ;
1045                                    ;-----------------------;
1046
1047  071A  84              RELAYD:     DB    84H           ;RELAY RANG 0-5V BATT 1
1048  071B  84                          DB    84H           ;BATT 2
1049  071C  84                          DB    84H           ;BATT 3
1050  071D  84                          DB    84H           ;BATT 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj

1051  071E  84                              DB    84H           ;BATT 6
1052  071F  40                              DB    40H           ;BATT 8 RANG 5-10V
1053  0720  40                              DB    40H           ;BATT 10 RANG 5-10V
1054
1055                                  ;----------------------;
1056                                  ; PATTERN ANALY        ;
1057                                  ;----------------------;
1058
1059  0721  00 01 02        PANALY:         DB    00,01,02      ;BATT. 1,2,3
1060  0724  03 04 05                        DB    03,04,05      ;BATT. 4,5,6
1061  0727  07                              DB    07            ;BATT. 7
1062
1063                                  ;----------------------;
1064                                  ;       GAIN1          ;
1065                                  ;----------------------;
1066
1067  0728  C4 09 E7 04     TABLE1:         DB    0C4H,09H,0E7H,04H
1068  072C  76 02 3B 01                     DB    76H,02H,3BH,01H
1069  0730  A0 00 50 00                     DB    0A0H,00H,50H,00H
1070  0734  28 00 14 00                     DB    28H,00H,14H,00H
1071
1072                                  ;----------------------;
1073                                  ;       GAIN2          ;
1074                                  ;----------------------;
1075
1076  0736  88 13 C4 09     TABLE2:         DB    088H,13H,0C4H,09H
1077  073C  E7 04 76 02                     DB    0E7H,04H,076H,02H
1078  0740  3B 01 A0 00                     DB    3BH,01H,0A0H,00H
1079  0744  50 00 28 00                     DB    50H,00H,28H,00H
1080
1081                                  ;----------------------;
1082                                  ;       GAIN3          ;
1083                                  ;----------------------;
1084
1085  0748  48 1D B5 0E     TABLE3:         DB    48H,1DH,0B5H,0EH
1086  074C  62 07 B1 03                     DB    62H,07H,0B1H,03H
1087  0750  E0 01 F0 00                     DB    0E0H,01H,0F0H,00H
1088  0754  78 00 3C 00                     DB    78H,00H,3CH,00H
1089
1090  0758  00 00 00 00     PATTL:          DB    0,0,0,0
1091  075C  00 00           PATTC:          DB    0,0
1092  075E  00 00           PATTR:          DB    0,0
1093  0760  C3 88 03        PATTJP:         JP    RESET
1094  0763  C3 90 03                        JP    MODE
1095  0766  C3 D8 03                        JP    FUNC
1096  0769  C3 1A 04                        JP    ENTER
1097
1098  4000                                  ORG   4000H
1099  4000  00 00 00 00     STACK1:         DB    0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1100  4004  00 00 00 00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line  Addr  Obj
1101  4008  00 00
1102  400A  00 00 00 00                    DB    0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1103  400E  00 00 00 00
1104  4012  00 00
1105  4014  00 00 00 00                    DB    0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1106  4018  00 00 00 00
1107  401C  00 00
1108  401E  00 00 00 00                    DB    0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1109  4022  00 00 00 00
1110  4026  00 00
1111  4028  00 00 00 00                    DB    0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1112  402C  00 00 00 00
1113  4030  00 00
1114  4032  00              STACK:        DB    0
1115  4033  00 00 00 00     MEMDISP:      DB    0,0,0,0,0,0,0,0
1116  4037  00 00 00 00
1117  403B  00 00 00 00     MEMVOLT:      DB    0,0,0,0,0,0
1118  403F  00 00
1119  4041  00 00 00 00     MEMVOLT1:     DB    0,0,0,0
1120  4045  00 00 00 00     MANALY3:      DB    0,0,0,0
1121  4049  00              MANALY:       DB    0H          ;CHECK ANALY OR NORMAL
1122  404A  00              KEEPCOL:      DB    00H
1123  404B  00              PDATA:        DB    00H
1124  404C  00 00           SUMDATA:      DB    00H,00H
1125  404E  00 00 00        DECDATA:      DB    0,0,0
1126  4051  00              SMODE:        DB    0H          ;STATUS MODE
1127  4052  00              SRESET:       DB    0H
1128  4053  00              SFUNC:        DB    0H
1129  4054  00              SENTER:       DB    0H
1130  4055  00              KEEP1:        DB    0H
1131  4056  00              SCAN1:        DB    0H
1132  4057  00              COL:          DB    0H
1133  4058  00              COL1:         DB    0H
1134  4059  00 00 00 00     TIME:         DB    0,0,0,0,0,0
1135  405D  00 00
1136  405F  00              STIME:        DB    0H
1137  4060  00              SNMI:         DB    0H
1138  4061  00              RELAY:        DB    0H
1139  4062  00              COOL:         DB    0H
1140  4063  00              DIPSW:        DB    0H
1141  4064  00              RUN:          DB    0H
1142  4065  00 00           TABLE:        DB    0,0
1143  4067  00 00           VDELAY:       DB    0,0
1144  4069  00 00           RPATTC:       DB    0,0
1145  406B  00 00           PPATTD:       DB    0,0
1146  406D  00 00           RPATTD:       DB    0,0
1147  406F  00 00           APATTD:       DB    0,0
1148  4071  00 00           RAPATTD:      DB    0,0
1149                                      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายละเอียดอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Z8400
Z80® CPU Central Processing Unit

Zilog

Product Specification

April 1983

FEATURES

- The instruction set contains 158 instructions. The 78 instructions of the 8080A are included as a subset; 8080A software compatibility is maintained.
- Eight MHz, 6 MHz, 4 MHz, and 2.5 MHz clocks for the Z80H, Z80B, Z80A, and Z80 CPU result in rapid instruction execution with consequent high data throughput.
- The extensive instruction set includes string, bit, byte, and word operations. Block searches and block transfers, together with indexed and relative addressing, result in the most powerful data handling capabilities in the microcomputer industry.
- The Z80 microprocessors and associated family of peripheral controllers are linked by a vectored interrupt system. This system may be daisy-chained to allow implementation of a priority interrupt scheme. Little, if any, additional logic is required for daisy-chaining.
- Duplicate sets of both general-purpose and flag registers are provided, easing the design and operation of system software through single-context switching, background-foreground programming, and single-level interrupt processing. In addition, two 16-bit index registers facilitate program processing of tables and arrays.
- There are three modes of high speed interrupt processing: 8080 similar, non-Z80 peripheral device, and Z80 Family peripheral with or without daisy chain.
- On-chip dynamic memory refresh counter.

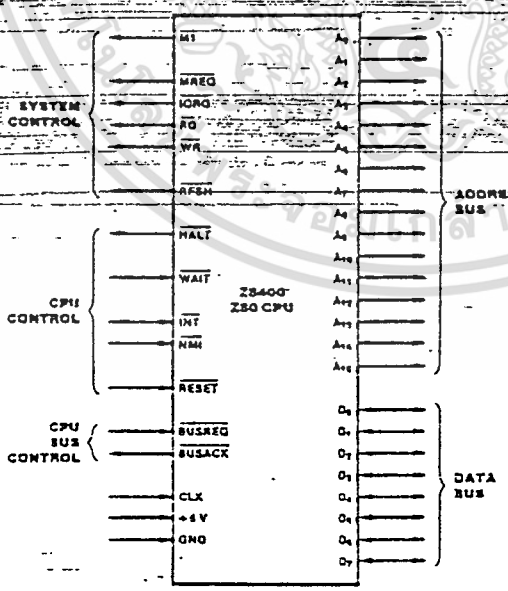


Figure 1. Pin Functions

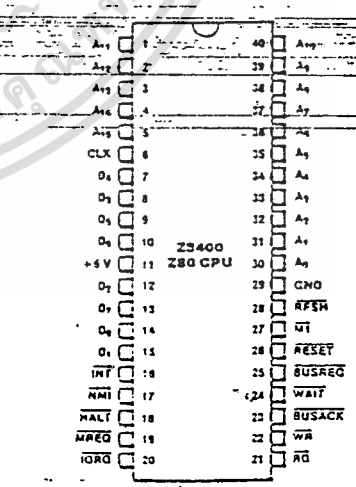


Figure 2a. 40-Pin Dual-In-Line Package (DIP) Pin Assignments

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

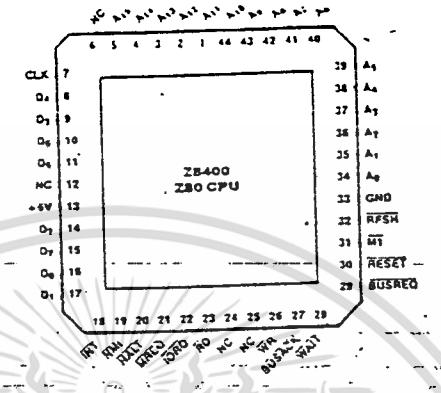


Figure 2b. 44-Pin Chip Carrier Pin Assignments

GENERAL DESCRIPTION

The Z80, Z80A, Z80B, and Z80H CPUs are third-generation single-chip microprocessors with exceptional computational power. They offer higher system throughput and more efficient memory utilization than comparable second- and third-generation microprocessors. The internal registers contain 208 bits of read/write memory that are accessible to the programmer. These registers include two sets of six general-purpose registers which may be used individually as either 8-bit registers or as 16-bit register pairs. In addition, there are two sets of accumulator and flag registers. A group of "Exchange" instructions makes either set of main or alternate registers accessible to the programmer. The alternate set allows operation in foreground-background mode or it may be reserved for very fast interrupt response.

The Z80 also contains a Stack Pointer, Program Counter, two index registers, a Refresh register (counter), and an Interrupt register. The CPU is easy to incorporate into a system since it requires only a single + 5V power source. All output signals are fully decoded and timed to control standard memory or peripheral circuits; the CPU is supported by an extensive family of peripheral controllers. The internal block diagram (Figure 3) shows the primary functions of the Z80 processors. Subsequent text provides more detail on the Z80 I/O controller family, registers, instruction set, interrupts and daisy chaining, and CPU timing.

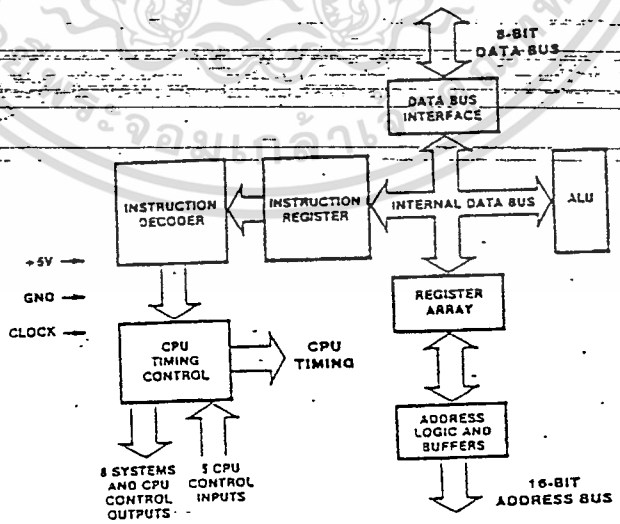


Figure 3. Z80 CPU Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Z80 MICROPROCESSOR FAMILY

The Zilog Z80 microprocessor is the central element of a comprehensive microprocessor product family. This family works together in most applications with minimum requirements for additional logic, facilitating the design of efficient and cost-effective microcomputer-based systems.

Zilog has designed five components to provide extensive support for the Z80 microprocessor. These are:

- The PIO (Parallel Input/Output) operates in both data-byte I/O transfer mode (with handshaking) and in bit mode (without handshaking). The PIO may be configured to interface with standard parallel peripheral devices such as printers, tape punches, and keyboards.
- The CTC (Counter/Timer Circuit) features four programmable 8-bit counter/timers, each of which has an 8-bit prescaler. Each of the four channels may be configured to operate in either counter or timer mode.
- The DMA (Direct Memory Access) controller provides dual port data transfer operations and the ability to terminate data transfer as a result of a pattern match.
- The SIO (Serial Input/Output) controller offers two channels. It is capable of operating in a variety of programmable modes for both synchronous and asynchronous communication, including Bi-Synch and SDLC.
- The DART (Dual Asynchronous Receiver/Transmitter) device provides low cost asynchronous serial communication. It has two channels and a full modem control interface.

Z80 CPU REGISTERS

Figure 4 shows three groups of registers within the Z80 CPU. The first group consists of duplicate sets of 8-bit registers: a principal set and an alternate set (designated by ' [prime], e.g., A'). Both sets consist of the Accumulator Register, the Flag Register, and six general-purpose registers. Transfer of data between these duplicate sets of registers is accomplished by use of "Exchange" instructions. The result is faster response to interrupts and easy, efficient implementation of such versatile programming techniques as background-foreground data processing. The second set of registers consists of six registers with assigned functions. These are the I (Interrupt Register), the R (Refresh Register), the IX and IY (Index Registers), the SP (Stack Pointer), and the PC (Program Counter). The third group consists of two interrupt status flip-flops, plus an additional pair of flip-flops which assists in identifying the interrupt mode at any particular time. Table 1 provides further information on these registers.

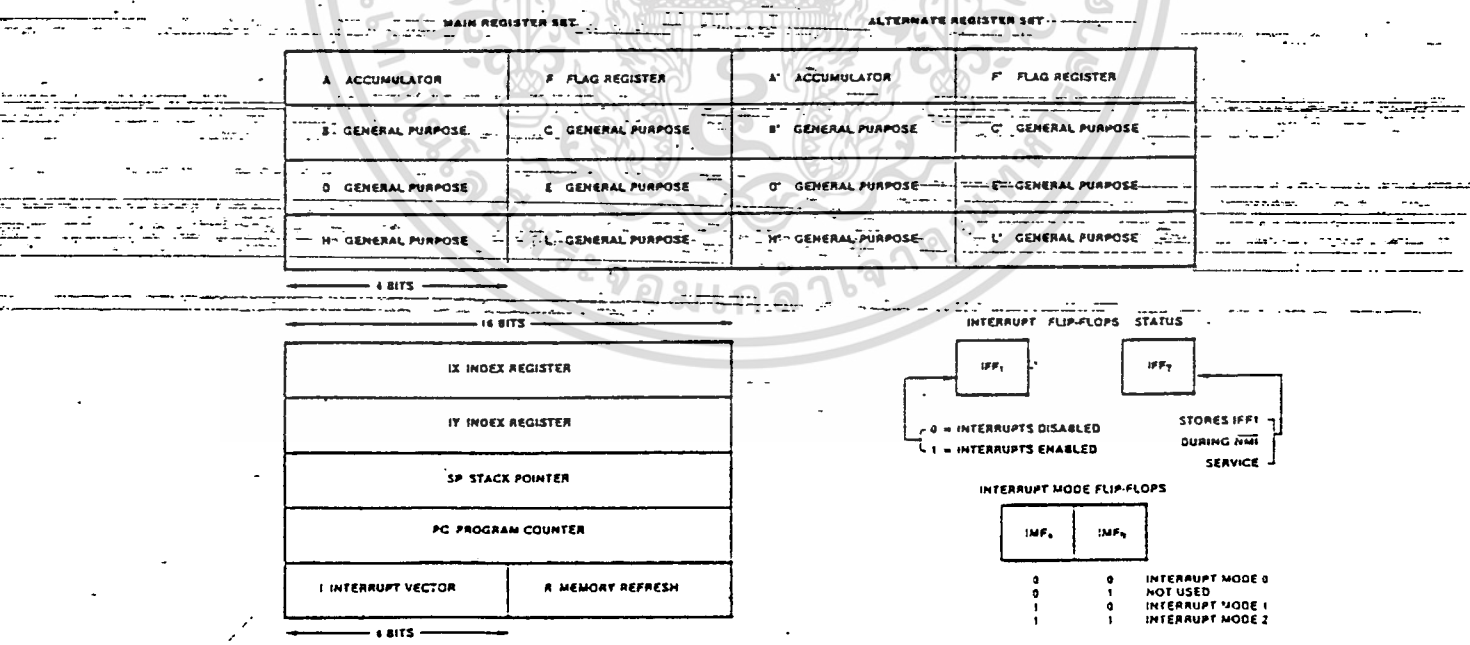


Figure 4. CPU Registers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Z80 CPU REGISTERS (Continued)

Table 1. Z80 CPU Registers

Register		Size (Bits)	Remarks
A, A'	Accumulator	8	Stores an operand or the results of an operation.
F, F'	Flags	8	See Instruction Set.
B, B'	General Purpose	8	Can be used separately or as a 16-bit register with C.
C, C'	General Purpose	8	See B, above.
D, D'	General Purpose	8	Can be used separately or as a 16-bit register with E.
E, E'	General Purpose	8	See D, above.
H, H'	General Purpose	8	Can be used separately or as a 16-bit register with L.
L, L'	General Purpose	8	See H, above.
			Note: The (B,C), (D,E), and (H,L) sets are combined as follows: B — High byte C — Low byte D — High byte E — Low byte H — High byte L — Low byte
I	Interrupt Register	8	Stores upper eight bits of memory address for vectored interrupt processing.
R	Refresh Register	8	Provides user-transparent dynamic memory refresh. Automatically incremented and placed on the address bus during each instruction fetch cycle.
IX	Index Register	16	Used for indexed addressing.
IY	Index Register	16	Used for indexed addressing.
SP	Stack Pointer	16	Holds address of the top of the stack. See Push or Pop in instruction set.
PC	Program Counter	16	Holds address of next instruction.
IFF_1-IFF_2	Interrupt Enable	Flip-Flops	Set or reset to indicate interrupt status (see Figure 4).
IMFa-IMFb	Interrupt Mode	Flip-Flops	Reflect interrupt mode (see Figure 4).

INTERRUPTS: GENERAL OPERATION

The CPU accepts two interrupt input signals: $\overline{NMI}$ and $\overline{INT}$. The $\overline{NMI}$ is a non-maskable interrupt and has the highest priority. $\overline{INT}$ is a lower priority interrupt and it requires that interrupts be enabled in software in order to operate. $\overline{INT}$ can be connected to multiple peripheral devices in a wired-OR configuration.

The Z80 has a single response mode for interrupt service for the non-maskable interrupt. The maskable interrupt, $\overline{INT}$, has three programmable response modes available. These are:

- Mode 0 — similar to the 8080 microprocessor.
- Mode 1 — Perioneral Interrupt service, for use with non-8080/Z80 systems.
- Mode 2 — a vectored interrupt scheme, usually daisy-chained, for use with Z80 Family and compatible peripheral devices.

The CPU services interrupts by sampling the $\overline{NMI}$ and $\overline{INT}$ signals at the rising edge of the last clock of an instruction. Further interrupt service processing depends upon the type of interrupt that was detected. Details on interrupt responses are shown in the CPU Timing Section.

Non-Maskable Interrupt ($\overline{NMI}$). The nonmaskable interrupt cannot be disabled by program control and therefore will be accepted at all times by the CPU. $\overline{NMI}$ is usually reserved for servicing only the highest priority type interrupts, such as that for orderly shutdown after power failure has been detected. After recognition of the $\overline{NMI}$ signal (providing $\overline{BUSREQ}$ is not active), the CPU jumps to restart location 0066H. Normally, software starting at this address contains the interrupt service routine.

Maskable Interrupt ($\overline{INT}$). Regardless of the interrupt mode set by the user, the Z80 response to a maskable interrupt input follows a common timing cycle. After the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

interrupt has been detected by the CPU (provided that interrupts are enabled and $\overline{BUSREQ}$ is not active) a special interrupt processing cycle begins. This is a special fetch ($\overline{M1}$) cycle in which $\overline{IORQ}$ becomes active rather than $\overline{MREQ}$, as in a normal $\overline{M1}$ cycle. In addition, this special $\overline{M1}$ cycle is automatically extended by two $\overline{WAIT}$ states, to allow for the time required to acknowledge the interrupt request.

Mode 0 Interrupt Operation. This mode is similar to the 8080 microprocessor interrupt service procedures. The interrupting device places an instruction on the data bus. This is normally a Restart instruction, which will initiate a call to the selected one of eight restart locations in page zero of memory. Unlike the 8080, the Z80 CPU responds to the Call instruction with only one interrupt acknowledge cycle followed by two memory read cycles.

Mode 1 Interrupt Operation. Mode 1 operation is very similar to that for the $\overline{NMI}$. The principal difference is that the Mode 1 interrupt has only one restart location, 0038H.

Mode 2 Interrupt Operation. This interrupt mode has been designed to utilize most effectively the capabilities of the Z80 microprocessor and its associated peripheral family. The interrupting peripheral device selects the starting address of the interrupt service routine. It does this by placing an 8-bit vector on the data bus during the interrupt acknowledge cycle. The CPU forms a pointer using this byte as the lower 8 bits and the contents of the I register as the upper 8 bits. This points to an entry in a table of addresses for interrupt service routines. The CPU then jumps to the routine at that address. This flexibility in selecting the interrupt service routine address allows the peripheral device to use several different types of service routines. These routines may be located at any available location in memory. Since the interrupting device supplies the low-order byte of the 2-byte vector, bit 0 (A_0) must be a zero.

Interrupt Priority (Daisy Chaining and Nested Interrupts). The interrupt priority of each peripheral device is determined by its physical location within a daisy-chain configuration. Each device in the chain has an interrupt enable input line (IEI) and an interrupt enable output line (IEO), which is fed to the next lower priority device. The first device in the daisy chain has its IEI input hardwired to a High level. The first device has highest priority, while each succeeding device has a corresponding lower priority. This arrangement permits the CPU to select the highest priority interrupt from several simultaneously interrupting peripherals.

The interrupting device disables its IEO line to the next lower priority peripheral until it has been serviced. After servicing, its IEO line is raised, allowing lower priority peripherals to demand interrupt servicing.

The Z80 CPU will nest (queue) any pending interrupts or interrupts received while a selected peripheral is being serviced.

Interrupt Enable/Disable Operation. Two flip-flops, IFF_1 and IFF_2, referred to in the register description, are used to signal the CPU interrupt status. Operation of the two flip-flops is described in Table 2. For more details, refer to the *Z80 CPU Technical Manual* (03-0029-01) and *Z80 Assembly Language Programming Manual* (03-0002-01).

Table 2. State of Flip-Flops

Action	IFF_1	IFF_2	Comments
CPU Reset	0	0	Maskable interrupt INT disabled
DI instruction execution	0	0	Maskable interrupt INT disabled
EI instruction execution	1	1	Maskable interrupt INT enabled
LD A,I instruction execution	•	•	IFF_2 = Parity flag
LD A,R instruction execution	•	•	IFF_2 = Parity flag
Accept NMI	0	IFF_1	$IFF_1 = IFF_2$ (Maskable interrupt INT disabled)
RETN instruction execution	IFF_2	•	$IFF_2 = IFF_1$ at completion of an NMI service routine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INSTRUCTION SET

The Z80 microprocessr has one of the most powerful and versatile instruction sets available in any 8-bit microprocessor. It includes such unique operations as a block move for fast, efficient data transfers within memory, or between memory and I/O. It also allows operations on any bit in any location in memory.

The following is a summary of the Z80 instruction set which shows the assembly language mnemonic, the operation, the flag status, and gives comments on each instruction. For an explanation of flag notations and symbols for mnemonic tables, see the Symbolic Notations section which follows these tables. The *Z80 CPU Technical Manual* (03-0029-01), the *Programmer's Reference Guide* (03-0012-03), and *Assembly Language Programming Manual* (03-0002-01) contain significantly more details for programming use.

The instructions are divided into the following categories:

- 8-bit loads
- 16-bit loads
- Exchanges, block transfers, and searches
- 8-bit arithmetic and logic operations
- General-purpose arithmetic and CPU control
- 16-bit arithmetic operations
- Rotates and shifts
- Bit set, reset, and test operations
- Jumps
- Calls, returns, and restarts
- Input and output operations

A variety of addressing modes are implemented to permit efficient and fast data transfer between various registers, memory locations, and input/output devices. These addressing modes include:

- Immediate
- Immediate extended
- Modified page zero
- Relative
- Extended
- Indexed
- Register
- Register indirect
- Implied
- Bit

8-BIT LOAD GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags S	Z	H	P/V	N	C	Opcode 76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
LD r, r'	r ← r'	•	•	X	•	X	•	•	•	01	r	r'		1	1	4	r, r' Reg.
LD r, n	r ← n	•	•	X	•	X	•	•	•	00	r	110		2	2	7	000 B
											—n—						001 C
LD r, (HL)	r ← (HL)	•	•	X	•	X	•	•	•	01	r	110		1	2	7	010 D
LD r, (IX+d)	r ← (IX+d)	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	101	DD	3	5	19	011 E
										01	r	110					100 H
											—d—						101 L
LD r, (IY+d)	r ← (IY+d)	•	•	X	•	X	•	•	•	11	111	101	FD	3	5	19	111 A
										01	r	110					
											—d—						
LD (HL), r	(HL) ← r	•	•	X	•	X	•	•	•	01	110	r		1	2	7	
LD (IX+d), r	(IX+d) ← r	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	101	DD	3	5	19	
										01	110	r					
											—d—						
LD (IY+d), r	(IY+d) ← r	•	•	X	•	X	•	•	•	11	111	101	FD	3	5	19	
										01	110	r					
											—d—						
LD (HL), n	(HL) ← n	•	•	X	•	X	•	•	•	00	110	110	36	2	3	10	
											—n—						
LD (IX+d), n	(IX+d) ← n	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	101	DD	4	5	19	
										00	110	110	36				
											—d—						
											—n—						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-BIT LOAD GROUP (Continued)

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
LD (IY + d), n	(IY + d) ← n	•	•	X	X	•	•	11	111	101	FD	4	5	19	
								00	110	110	36				
									← d →						
									← n →						
LD A, (BC)	A ← (BC)	•	•	X	X	•	•	00	001	010	0A	1	2	7	
LD A, (DE)	A ← (DE)	•	•	X	X	•	•	00	011	010	1A	1	2	7	
LD A, (nn)	A ← (nn)	•	•	X	X	•	•	00	111	010	3A	3	4	13	
									← n →						
									← n →						
LD (BC), A	(BC) ← A	•	•	X	X	•	•	00	000	010	02	1	2	7	
LD (DE), A	(DE) ← A	•	•	X	X	•	•	00	010	010	12	1	2	7	
LD (nn), A	(nn) ← A	•	•	X	X	•	•	00	110	010	32	3	4	13	
									← n →						
									← n →						
LD A, I	A ← I	↕	↕	X	X	0	IFF	0	•	11	101	101	ED	2	2	9	•
										01	010	111	57				
LD A, R	A ← R	↕	↕	X	X	0	IFF	0	•	11	101	101	ED	2	2	9	
										01	011	111	5F				
LD I, A	I ← A	•	•	X	X	•	•	•	•	11	101	101	ED	2	2	9	
										01	000	111	47				
LD R, A	R ← A	•	•	X	X	•	•	•	•	11	101	101	ED	2	2	9	
										01	001	111	4F				

NOTE: IFF, the content of the interrupt enable flip-flop, (IFF_2), is copied into the P/V flag.

16-BIT LOAD GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
LD dd, nn	dd ← nn	•	•	X	X	•	•	00	dd0	001		3	3	10	dd Pair
									← n →						00 BC
									← n →						01 DE
LD IX, nn	IX ← nn	•	•	X	X	•	•	11	011	101	DD	4	4	14	10 HL
								00	100	001	21				11 SP
									← n →						
									← n →						
LD IY, nn	IY ← nn	•	•	X	X	•	•	11	111	101	FD	4	4	14	
								00	100	001	21				
									← n →						
									← n →						
LD HL, (nn)	H ← (nn + 1)	•	•	X	X	•	•	•	•	00	101	010	2A	3	5	16	
	L ← (nn)										← n →				
											← n →				
LD dd, (nn)	dd_H ← (nn + 1)	•	•	X	X	•	•	•	•	11	101	101	ED	4	6	20	
	dd_L ← (nn)									01	dd1	011					
											← n →				
											← n →				

NOTE: $(PAIR)_H$, $(PAIR)_L$ refer to high order and low order eight bits of the register pair respectively, e.g., BC_L = C, AF_H = A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16-BIT LOAD GROUP (Continued)

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
LD IX, (nn)	$IX_H \leftarrow (nn+1)$ $IX_L \leftarrow (nn)$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 00 —n— —n—	011 101 —n— —n—	101 010	DD 2A	4	6	20	
LD IY, (nn)	$IY_H \leftarrow (nn+1)$ $IY_L \leftarrow (nn)$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 00 —n— —n—	111 101 —n— —n—	101 010	FD 2A	4	6	20	
LD (nn), HL	$(nn+1) \leftarrow H$ $(nn) \leftarrow L$	•	•	X	•	X	•	•	•	00 —n— —n—	100 —n— —n—	010	22	3	5	16	
LD (nn), dd	$(nn+1) \leftarrow dd_H$ $(nn) \leftarrow dd_L$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 01 —n— —n—	101 dd0 —n— —n—	101 011	ED	4	6	20	
LD (nn), IX	$(nn+1) \leftarrow IX_H$ $(nn) \leftarrow IX_L$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 00 —n— —n—	011 100 —n— —n—	101 010	DD 22	4	6	20	
LD (nn), IY	$(nn+1) \leftarrow IY_H$ $(nn) \leftarrow IY_L$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 00 —n— —n—	111 100 —n— —n—	101 010	FD 22	4	6	20	
LD SP, HL	$SP \leftarrow HL$	•	•	X	•	X	•	•	•	11	111	001	F9	1	1	6	
LD SP, IX	$SP \leftarrow IX$	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	101	DD	2	2	10	
										11	111	001	F9				
LD SP, IY	$SP \leftarrow IY$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 11	111 111	101 001	FD F9	2	2	10	
PUSH qq	$(SP-2) \leftarrow qq_L$ $(SP-1) \leftarrow qq_H$ $SP \leftarrow SP-2$	•	•	X	•	X	•	•	•	11	qq0	101		1	3	11	
PUSH IX	$(SP-2) \leftarrow IX_L$ $(SP-1) \leftarrow IX_H$ $SP \leftarrow SP-2$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 11	011 100	101 101	DD E5	2	4	15	
PUSH IY	$(SP-2) \leftarrow IY_L$ $(SP-1) \leftarrow IY_H$ $SP \leftarrow SP-2$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 11	111 100	101 101	FD E5	2	4	15	
POP qq	$qq_H \leftarrow (SP+1)$ $qq_L \leftarrow (SP)$ $SP \leftarrow SP+2$	•	•	X	•	X	•	•	•	11	qq0	001		1	3	10	
POP IX	$IX_H \leftarrow (SP+1)$ $IX_L \leftarrow (SP)$ $SP \leftarrow SP+2$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 11	011 100	101 001	DD E1	2	4	14	
POP IY	$IY_H \leftarrow (SP+1)$ $IY_L \leftarrow (SP)$ $SP \leftarrow SP+2$	•	•	X	•	X	•	•	•	11 11	111 100	101 001	FD E1	2	4	14	

qq	Pair
00	BC
01	DE
10	HL
11	AF

NOTE: $(PAIR)_H$, $(PAIR)_L$ refer to high order and low order eight bits of the register pair respectively. e.g., BC_L = C, AF_H = A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXCHANGE, BLOCK TRANSFER, BLOCK SEARCH GROUPS

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags S	Z	H	P/V	N	C	Opcode 76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
EX DE, HL	DE ↔ HL	•	•	X	•	X	•	•	•	11	101	011	EB	1	1	4	
EX AF, AF'	AF ↔ AF'	•	•	X	•	X	•	•	•	00	001	000	08	1	1	4	
EXX	BC ↔ BC' DE ↔ DE' HL ↔ HL'	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	001	D9	1	1	4	Register bank and auxiliary register bank exchange
EX (SP), HL	H ↔ (SP + 1) L ↔ (SP)	•	•	X	•	X	•	•	•	11	100	011	E3	1	5	19	
EX (SP), IX	IX_H ↔ (SP + 1) IX_L ↔ (SP)	•	•	X	•	X	•	•	•	11 11	011 100	101 011	DD E3	2	6	23	
EX (SP), IY	IY_H ↔ (SP + 1) IYL ↔ (SP)	•	•	X	•	X	•	•	•	11 11	111 100	101 011	FD E3	2	6	23	
LDI	(DE) ← (HL) DE ← DE + 1 HL ← HL + 1 BC ← BC − 1	•	•	X	0	X	①	0	•	11 10	101 100	101 000	ED A0	2	4	16	Load (HL) into (DE), increment the pointers and decrement the byte counter (BC)
LDIR	(DE) ← (HL) DE ← DE + 1 HL ← HL + 1 BC ← BC − 1 Repeat until BC = 0	•	•	X	0	X	②	0	0	11 10	101 110	101 000	ED B0	2 2	5 4	21 16	If BC ≠ 0 If BC = 0
LDD	(DE) ← (HL) DE ← DE − 1 HL ← HL − 1 BC ← BC − 1	•	•	X	0	X	①	0	•	11 10	101 101	101 000	ED A8	2	4	16	
LDDR	(DE) ← (HL) DE ← DE − 1 HL ← HL − 1 BC ← BC − 1 Repeat until BC = 0	•	•	X	0	X	②	0	0	11 10	101 111	101 000	ED B8	2 2	5 4	21 16	If BC ≠ 0 If BC = 0
CPI	A − (HL) HL ← HL + 1 BC ← BC − 1	↕	↕	X	↕	X	①	↕	1	11 10	101 100	101 001	ED A1	2	4	16	

NOTE: ① P/V flag is 0 if the result of BC − 1 = 0, otherwise P/V = 1.
② P/V flag is 0 only at completion of instruction.
③ Z flag is 1 if A = HL, otherwise Z = 0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXCHANGE, BLOCK TRANSFER, BLOCK SEARCH GROUPS (Continued)

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	Opcode 76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
			③		①										
CPIR	A − (HL)	‡	‡	X	‡	X	‡	1	•	11	101	101	ED	2	5	21	If BC = 0 and A ≠ (HL)
	HL − HL + 1 BC − BC − 1 Repeat until A = (HL) or BC = 0									10	110	001	B1	2	4	16	If BC = 0 or A = (HL).
			③		①										
CPD	A − (HL)	‡	‡	X	‡	X	1	‡	•	11	101	101	ED	2	4	16	
	HL − HL − 1 BC − BC − 1									10	101	001	A9				
			③		①										
CPDR	A − (HL)	‡	‡	X	‡	X	‡	1	•	11	101	101	ED	2	5	21	If BC ≠ 0 and A ≠ (HL)
	HL − HL − 1 BC − BC − 1 Repeat until A = (HL) or BC = 0									10	111	001	B9	2	4	16	If BC = 0 or A = (HL).

NOTE: ① P/V flag is 0 if the result of BC − 1 = 0, otherwise P/V = 1.
② P/V flag is 0 only at completion of instruction.
③ Z flag is 1 if A = (HL), otherwise Z = 0.

8-BIT ARITHMETIC AND LOGICAL GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	Opcode 76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
ADD A, r	A − A + r	‡	‡	X	‡	X	V	0	‡	10	000	r		1	1	4	r Reg.
ADD A, n	A − A + n	‡	‡	X	‡	X	V	0	‡	11	000	110		2	2	7	000 B
											— n —						001 C
																	010 D
ADD A, (HL)	A − A + (HL)	‡	‡	X	‡	X	V	0	‡	10	000	110		1	2	7	011 E
ADD A, (IX + d)	A − A + (IX + d)	‡	‡	X	‡	X	V	0	‡	11	011	101	DD	3	5	19	100 H
										10	000	110					101 L
											— c —						111 A
ADD A, (IY + d)	A − A + (IY + d)	‡	‡	X	‡	X	V	0	‡	11	111	101	FD	3	5	19	
										10	000	110					
											— c —						
ADC A, s	A − A + s + CY	‡	‡	X	‡	X	V	0	‡		001						s is any of r, n, (HL), (IX + d), (IY + d) as shown for ADD instruction. The indicated bits replace the 000 in the ADD set above.
SUB s	A − A − s	‡	‡	X	‡	X	V	1	‡		010						
SBC A, s	A − A − s − CY	‡	‡	X	‡	X	V	1	‡		011						
AND s	A − A ∧ s	‡	‡	X	1	X	P	0	0		100						
OR s	A − A ∨ s	‡	‡	X	0	X	P	0	0		110						
XOR s	A − A ⊕ s	‡	‡	X	0	X	P	0	0		101						
CP s	A − s	‡	‡	X	‡	X	V	1	‡		111						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-BIT ARITHMETIC AND LOGICAL GROUP (Continued)

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
INC r	r ← r + 1	‡	‡	X	‡	X	V	0	•	00	r	100		1	1	4	
INC (HL)	(HL) ← (HL) + 1	‡	‡	X	‡	X	V	0	•	00	110	100		1	3	11	
INC (IX + d)	(IX + d) ← (IX + d) + 1	‡	‡	X	‡	X	V	0	•	11 00	011 110 — d —	101 100	DD	3	6	23	
INC (IY + d)	(IY + d) ← (IY + d) + 1	‡	‡	X	‡	X	V	0	•	11 00	111 110 — d —	101 100	FD	3	6	23	
DEC m	m ← m − 1	‡	‡	X	‡	X	V	1	•			101					

NOTE: m is any of r, (HL), (IX + d), (IY + d) as shown for INC. DEC same format and states as INC. Replace 100 with 101 in opcode.

GENERAL-PURPOSE ARITHMETIC AND CPU CONTROL GROUPS

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
DAA	@	‡	‡	X	‡	X	P	•	‡	00	100	111	27	1	1	4	Decimal adjust accumulator.
CPL	A ← Ā	•	•	X	1	X	•	1	•	00	101	111	2F	1	1	4	Complement accumulator (one's complement).
NEG	A ← 0 − A	‡	‡	X	‡	X	V	1	‡	11 01	101 000	101 100	ED 44	2	2	8	Negate acc. (two's complement).
CCF	CY ← $\overline{CY}$	•	•	X	X	X	•	0	‡	00	111	111	3F	1	1	4	Complement carry flag.
SCF	CY ← 1	•	•	X	0	X	•	0	1	00	110	111	37	1	1	4	Set carry flag.
NOP	No operation	•	•	X	•	X	•	•	•	00	000	000	00	1	1	4	
HALT	CPU halted	•	•	X	•	X	•	•	•	01	110	110	76	1	1	4	
DI *	IFF ← 0	•	•	X	•	X	•	•	•	11	110	011	F3	1	1	4	
EI *	IFF ← 1	•	•	X	•	X	•	•	•	11	111	011	FB	1	1	4	
IM 0	Set interrupt mode 0	•	•	X	•	X	•	•	•	11 01	101 000	101 110	ED 46	2	2	8	
IM 1	Set interrupt mode 1	•	•	X	•	X	•	•	•	11 01	101 010	101 110	ED 56	2	2	8	
IM 2	Set interrupt mode 2	•	•	X	•	X	•	•	•	11 01	101 011	101 110	ED 5E	2	2	8	

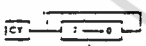
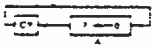
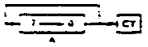
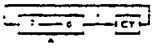
NOTES: @ converts accumulator content into packed BCD following add or subtract with packed BCD operands.
IFF indicates the interrupt enable flip-flop.
CY indicates the carry flip-flop.
* indicates interrupts are not sampled at the end of EI or DI.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16-BIT ARITHMETIC GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	Opcode 76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
ADD HL, ss	HL ← HL + ss	•	•	X	X	X	•	0	‡	00	ss1	001		1	3	11	ss Reg.
ADC HL, ss	HL ← HL + ss + CY	‡	‡	X	X	X	V	0	‡	11	101	101	ED	2	4	15	00 BC
										01	ss1	010					01 DE
SBC HL, ss	HL ← HL − ss − CY	‡	‡	X	X	X	V	1	‡	11	101	101	ED	2	4	15	10 HL
										01	ss0	010					11 SP
ADD IX, pp	IX ← IX + pp	•	•	X	X	X	•	0	‡	11	011	101	DD	2	4	15	pp Reg.
										01	pp1	001					00 BC
																	01 DE
																	10 IX
																	11 SP
ADD IY, rr	IY ← IY + rr	•	•	X	X	X	•	0	‡	11	111	101	FD	2	4	15	rr Reg.
										00	rr1	001					00 BC
INC ss	ss ← ss + 1	•	•	X	•	X	•	•	•	00	ss0	011		1	1	6	01 DE
INC IX	IX ← IX + 1	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	101	DD	2	2	10	10 IY
										00	100	011	23				11 SP
INC IY	IY ← IY + 1	•	•	X	•	X	•	•	•	11	111	101	FD	2	2	10	
										00	100	011	23				
DEC ss	ss ← ss − 1	•	•	X	•	X	•	•	•	00	ss1	011		1	1	6	
DEC IX	IX ← IX − 1	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	101	DD	2	2	10	
										00	101	011	2B				
DEC IY	IY ← IY − 1	•	•	X	•	X	•	•	•	11	111	101	FD	2	2	10	
										00	101	011	2B				

ROTATE AND SHIFT GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	Opcode 76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
RLCA		•	•	X	0	X	•	0	‡	00	000	111	07	1	1	4	Rotate left circular accumulator.
RLA		•	•	X	0	X	•	0	‡	00	010	111	17	1	1	4	Rotate left accumulator.
RRCA		•	•	X	0	X	•	0	‡	00	001	111	0F	1	1	4	Rotate right circular accumulator.
RRA		•	•	X	0	X	•	0	‡	00	011	111	1F	1	1	4	Rotate right accumulator.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROTATE AND SHIFT GROUP (Continued)

Symbolic Mnemonic	Operation	S	Z	H	P/V	N	C	Opcode 76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
RLC r		↕	↕	X	0	X	P	0	↕	11	001	011	CB	2	2	8	Rotate left. circular register r
										00	000	r					
RLC (HL)		↕	↕	X	0	X	P	0	↕	11	001	011	CB	2	4	15	r Reg.
										00	000	110					000 B
RLC (IX + d)		↕	↕	X	0	X	P	0	↕	11	011	101	DD	4	6	23	001 C
	r←(HL),(IX + d),(IY + d)									11	001	011	CB				010 D
											— d —						011 E
										00	000	110					001 H
																	101 L
RLC (IY + d)		↕	↕	X	0	X	P	0	↕	11	111	101	FD	4	6	23	111 A
										11	001	011	CB				
											— d —						
										00	000	110					Instruction format and states are as shown for RLCs. To form new opcode replace 000 for RLCs with shown code.
RL m	m = r,(HL),(IX + d),(IY + d)	↕	↕	X	0	X	P	0	↕		010						
RRC m	m = r,(HL),(IX + d),(IY + d)	↕	↕	X	0	X	P	0	↕		001						
RR m	m = r,(HL),(IX + d),(IY + d)	↕	↕	X	0	X	P	0	↕		011						
SLA m	m = r,(HL),(IX + d),(IY + d)	↕	↕	X	0	X	P	0	↕		100						
SRA m	m = r,(HL),(IX + d),(IY + d)	↕	↕	X	0	X	P	0	↕		101						
SRL m	m = r,(HL),(IX + d),(IY + d)	↕	↕	X	0	X	P	0	↕		111						
RLD		↕	↕	X	0	X	P	0	•	11	101	101	ED	2	5	18	Rotate digit left and right between the accumulator and location (HL). The content of the upper half of the accumulator is unaffected.
										01	101	111	6F				
RRD		↕	↕	X	0	X	P	0	•	11	101	101	ED	2	5	18	
										01	100	111	67				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIT SET, RESET AND TEST GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
BIT b, r	$Z \leftarrow \overline{r_b}$	X	‡	X	1	X	X	0	•	11	001	011	CB	2	2	8	
										01	b	r					
BIT b, (HL)	$Z \leftarrow \overline{(HL)_b}$	X	‡	X	1	X	X	0	•	11	001	011	CB	2	3	12	
										01	b	110					
BIT b, (IX + d)	$Z \leftarrow \overline{(IX+d)_b}$	X	‡	X	1	X	X	0	•	11	011	101	DD	4	5	20	
										11	001	011	CB				
											— d —						
										01	b	110					
BIT b, (IY + d)	$Z \leftarrow \overline{(IY+d)_b}$	X	‡	X	1	X	X	0	•	11	111	101	FD	4	5	20	
										11	001	011	CB				
											— d —						
										01	b	110					
SET b, r	$r_b \leftarrow 1$	•	•	X	•	X	•	•	•	11	001	011	CB	2	2	8	
										[11]	b	r					
SET b, (HL)	$(HL)_b \leftarrow 1$	•	•	X	•	X	•	•	•	11	001	011	CB	2	4	15	
										[11]	b	110					
SET b, (IX + d)	$(IX+d)_b \leftarrow 1$	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	101	DD	4	6	23	
										11	001	011	CB				
											— d —						
										[11]	b	110					
SET b, (IY + d)	$(IY+d)_b \leftarrow 1$	•	•	X	•	X	•	•	•	11	111	101	FD	4	6	23	
										11	001	011	CB				
											— d —						
										[11]	b	110					
RES b, m	$m_b \leftarrow 0$ m ≡ r, (HL), (IX + d), (IY + d)	•	•	X	•	X	•	•	•	[10]							To form new opcode replace [11] of SET b, s with [10]. Flags and time states for SET instruction.

r	Reg.
000	B
001	C
010	D
011	E
100	H
101	L
111	A

b	Bit Tested
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

NOTE: The notation m_b indicates location m, bit b (0 to 7).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JUMP GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
JP nn	PC ← nn	•	•	X	•	X	•	•	•	11	000	011	C3	3	3	10	cc Condition
									← n →						000 NZ (non-zero)
									← n →						001 Z (zero)
JP cc, nn	If condition cc	•	•	X	•	X	•	•	•	11	cc	010		3	3	10	010 NC (non-carry)
	is true PC ← nn,								← n →						011 C (carry)
	otherwise								← n →						100 PO (parity odd)
	continue														101 PE (parity even)
JR e	PC ← PC + e	•	•	X	•	X	•	•	•	00	011	000	18	2	3	12	110 P (sign positive)
									← e − 2 →						111 M (sign negative)
JR C, e	If C = 0,	•	•	X	•	X	•	•	•	00	111	000	38	2	2	7	If condition not met.
	continue								← e − 2 →						
	If C = 1,											2	3	12	If condition is met.
	PC ← PC + e														
JR NC, e	IF C = 1,	•	•	X	•	X	•	•	•	00	110	000	30	2	2	7	If condition not met.
	continue								← e − 2 →						
	If C = 0,											2	3	12	If condition is met.
	PC ← PC + e														
JP Z, e	If Z = 0	•	•	X	•	X	•	•	•	00	101	000	28	2	2	7	If condition not met.
	continue								← e − 2 →						
	If Z = 1,											2	3	12	If condition is met.
	PC ← PC + e														
JR NZ, e	If Z = 1,	•	•	X	•	X	•	•	•	00	100	000	20	2	2	7	If condition not met.
	continue								← e − 2 →						
	If Z = 0,											2	3	12	If condition is met.
	PC ← PC + e														
JP (HL)	PC ← HL	•	•	X	•	X	•	•	•	11	101	001	E9	1	1	4	
JP (IX)	PC ← IX	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	101	DD	2	2	8	
										11	101	001	E9				
JP (IY)	PC ← IY	•	•	X	•	X	•	•	•	11	111	101	FD	2	2	8	
										11	101	001	E9				
DJNZ, e	B ← B − 1	•	•	X	•	X	•	•	•	00	010	000	10	2	2	8	If B = 0
	If B = 0,								← e − 2 →						
	continue														
	If B ≠ 0,											2	3	13	If B ≠ 0.
	PC ← PC + e														

NOTES: e represents the extension in the relative addressing mode.
e is a signal two's complement number in the range < − 126, 129 >.
e − 2 in the opcode provides an effective address of pc + e as PC is incremented by 2 prior to the addition of e.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALL AND RETURN GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
CALL nn	(SP – 1)←PC_H (SP – 2)←PC_L PC ← nn	•	•	X	•	X	•	•	•	11	001 –n– –n–	101	CD	3	5	17	
CALL cc,nn	If condition cc is false continue, otherwise same as CALL nn	•	•	X	•	X	•	•	•	11	cc –n– –n–	100		3	3	10	If cc is false.
														3	5	17	If cc is true.
RET	PC_L ← (SP) PC_H ←(SP + 1)	•	•	X	•	X	•	•	•	11	001	001	C9	1	3	10	
RET cc	If condition cc is false continue, otherwise same as RET	•	•	X	•	X	•	•	•	11	cc	000		1	1 3	5 11	If cc is false. If cc is true.
RETI	Return from interrupt	•	•	X	•	X	•	•	•	11 01	101 001	101 101	ED 4D	2	4	14	
RETN[1]	Return from non-maskable interrupt	•	•	X	•	X	•	•	•	11 01	101 000	101 101	ED 45	2	4	14	
RST p	(SP – 1)←PC_H (SP – 2)←PC_L PC_H ← 0 PC_L ← p	•	•	X	•	X	•	•	•	11	t	111		1	3	11	

cc	Condition
000	NZ (non-zero)
001	Z (zero)
010	NC (non-carry)
011	C (carry)
100	PO (parity odd)
101	PE (parity even)
110	P (sign positive)
111	M (sign negative)

t	p
000	00H
001	08H
010	10H
011	18H
100	20H
101	28H
110	30H
111	38H

NOTE: [1]RETN loads IFF_2 → IFF_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INPUT AND OUTPUT GROUP

Mnemonic	Symbolic Operation	S	Z	H	P/V	N	C	76	543	210	Hex	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
IN A, (n)	A ← (n)	•	•	X	•	X	•	•	•	11	011	01	DB	2	3	11	n to $A_0 \sim A_7$
											← n →						Acc. to $A_8 \sim A_{15}$
IN r, (C)	r ← (C)	‡	‡	X	‡	X	P	0	•	11	101	101	ED	2	3	12	C to $A_0 \sim A_7$
	if r = 110 only the flags will be affected									01	r	000					B to $A_8 \sim A_{15}$
INI	(HL) ← (C)	X	‡	X	X	X	X	1	X	11	101	101	ED	2	4	16	C to $A_0 \sim A_7$
	B ← B − 1									10	100	010	A2				B to $A_8 \sim A_{15}$
	HL ← HL + 1 ②																
INIR	(HL) ← (C)	X	1	X	X	X	X	1	X	11	101	101	ED	2	5	21	C to $A_0 \sim A_7$
	B ← B − 1									10	110	010	B2		(If B≠0)		B to $A_8 \sim A_{15}$
	HL ← HL + 1													2	4	16	
	Repeat until B = 0														(If B = 0)		
IND	(HL) ← (C)	X	‡	X	X	X	X	1	X	11	101	101	ED	2	4	16	C to $A_0 \sim A_7$
	B ← B − 1 ①									10	101	010	AA				B to $A_8 \sim A_{15}$
	HL ← HL − 1 ②																
INDR	(HL) ← (C)	X	1	X	X	X	X	1	X	11	101	101	ED	2	5	21	C to $A_0 \sim A_7$
	B ← B − 1									10	111	010	BA		(If B≠0)		B to $A_8 \sim A_{15}$
	HL ← HL − 1													2	4	16	
	Repeat until B = 0														(If B = 0)		
OUT (n), A	(n) ← A	•	•	X	•	X	•	•	•	11	010	011	D3	2	3	11	n to $A_0 \sim A_7$
											← n →						Acc. to $A_8 \sim A_{15}$
OUT (C), r	(C) ← r	•	•	X	•	X	•	•	•	11	101	101	ED	2	3	12	C to $A_0 \sim A_7$
										01	r	001					B to $A_8 \sim A_{15}$
OUTI	(C) ← (HL)	X	‡	X	X	X	X	1	X	11	101	101	ED	2	4	16	C to $A_0 \sim A_7$
	B ← B − 1 ①									10	100	011	A3				B to $A_8 \sim A_{15}$
	HL ← HL + 1 ②																
OTIR	(C) ← (HL)	X	1	X	X	X	X	1	X	11	101	101	ED	2	5	21	C to $A_0 \sim A_7$
	B ← B − 1									10	110	011	B3		(If B≠0)		B to $A_8 \sim A_{15}$
	HL ← HL + 1													2	4	16	
	Repeat until B = 0														(If B = 0)		
OUTD	(C) ← (HL)	X	‡	X	X	X	X	1	X	11	101	101	ED	2	4	16	C to $A_0 \sim A_7$
	B ← B − 1 ①									10	101	011	AB				B to $A_8 \sim A_{15}$
	HL ← HL − 1																
OTDR	(C) ← (HL)	X	‡	X	X	X	X	1	X	11	101	101	ED	2	5	21	C to $A_0 \sim A_7$
	B ← B − 1 ②									10	111	011			(If B≠0)		B to $A_8 \sim A_{15}$
	HL ← HL − 1													2	4	16	
	Repeat until B = 0														(If B = 0)		

NOTES. ① If the result of B − 1 is zero, the Z flag is set; otherwise it is reset.
② Z flag is set upon instruction completion only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUMMARY OF FLAG OPERATION

Instructions	D_7 S	Z		H		P/V	N	D_0 C	Comments
ADD A, s; ADC A, s	‡	‡	X	‡	X	V	0	‡	8-bit add or add with carry.
SUB s; SBC A, s; CP s; NEG	‡	‡	X	‡	X	V	1	‡	8-bit subtract, subtract with carry, compare and negate accumulator.
AND s	‡	‡	X	1	X	P	0	0	Logical operation.
OR s, XOR s	‡	‡	X	0	X	P	0	0	Logical operation.
INC s	‡	‡	X	‡	X	V	0	•	8-bit increment.
DEC s	‡	‡	X	‡	X	V	1	•	8-bit decrement.
ADD DD, ss	•	•	X	X	X	•	0	‡	16-bit add.
ADC HL, ss	‡	‡	X	X	X	V	0	‡	16-bit add with carry.
SBC HL, ss	‡	‡	X	X	X	V	1	‡	16-bit subtract with carry.
RLA; RLCA; RRA; RRCA	•	•	X	0	X	•	0	‡	Rotate accumulator.
RL m; RLC m; RR m; RRC m; SLA m; SRA m; SRL m	‡	‡	X	0	X	P	0	‡	Rotate and shift locations.
RLD; RRD	‡	‡	X	0	X	P	0	•	Rotate digit left and right.
DAA	‡	‡	X	‡	X	P	*	‡	Decimal adjust accumulator.
CPL	•	•	X	1	X	•	1	•	Complement accumulator.
SCF	•	•	X	0	X	•	0	1	Set carry.
CCF	•	•	X	X	X	•	0	‡	Complement carry.
IN r (C)	‡	‡	X	0	X	P	0	•	Inout register indirect.
INI; IND; OUTI; OUTD	X	‡	X	X	X	X	1	•	Block inout and output. Z = 1 if B ≠ 0, otherwise Z = 0.
INIR; INDR; OTIR; OTDR	X	1	X	X	X	X	1	•	Block inout and output. Z = 1 if B ≠ 0, otherwise Z = 0.
LDI; LDD	X	X	X	0	X	‡	0	•	Block transfer instructions. P/V = 1 if BC ≠ 0, otherwise P/V = 0.
LDIR; LDDR	X	X	X	0	X	0	0	•	Block transfer instructions. P/V = 1 if BC ≠ 0, otherwise P/V = 0.
CPI; CPIR; CPD; CPDR	X	‡	X	X	X	‡	1	•	Block search instructions. Z = 1 if A = (HL), otherwise Z = 0. P/V = 1 if BC ≠ 0, otherwise P/V = 0.
LD A, I; LD A, R	‡	‡	X	0	X	IFF	0	•	IFF, the content of the interrupt enable flip-flop, (IFF_2), is copied into the P/V flag.
BIT b, s	X	‡	X	1	X	X	0	•	The state of bit b of location s is copied into the Z flag.

SYMBOLIC NOTATION

Symbol	Operation
S	Sign flag. S = 1 if the MSB of the result is 1.
Z	Zero flag. Z = 1 if the result of the operation is 0.
P/V	Parity or overflow flag. Parity (P) and overflow (V) share the same flag. Logical operations affect this flag with the parity of the result while arithmetic operations affect this flag with the overflow of the result. If P/V holds parity: P/V = 1 if the result of the operation is even; P/V = 0 if result is odd. If P/V holds overflow, P/V = 1 if the result of the operation produced an overflow. If P/V does not hold overflow, P/V = 0.
H*	Half-carry flag. H = 1 if the add or subtract operation produced a carry into, or borrow from, bit 4 of the accumulator.
N*	Add/Subtract flag. N = 1 if the previous operation was a subtract.
C	Carry/Link flag. C = 1 if the operation produced a carry from the MSB of the operand or result.

Symbol	Operation
‡	The flag is affected according to the result of the operation.
•	The flag is unchanged by the operation.
0	The flag is reset by the operation.
1	The flag is set by the operation.
X	The flag is indeterminate.
V	P/V flag affected according to the overflow result of the operation.
P	P/V flag affected according to the parity result of the operation.
r	Any one of the CPU registers A, B, C, D, E, H, L.
s	Any 8-bit location for all the addressing modes allowed for the particular instruction.
ss	Any 16-bit location for all the addressing modes allowed for that instruction.
ii	Any one of the two index registers IX or IY.
R	Refresh counter.
n	8-bit value in range < 0, 255 >.
nn	16-bit value in range < 0, 65535 >.

*H and N flags are used in conjunction with the decimal adjust instruction (DAA) to properly correct the result into packed BCD format following addition or subtraction using operands with packed BCD format.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTIONS

A_0-A_{15}. *Address Bus* (output, active High, 3-state). A_0-A_{15} form a 16-bit address bus. The Address Bus provides the address for memory data bus exchanges (up to 64K bytes) and for I/O device exchanges.

$\overline{BUSACK}$. *Bus Acknowledge* (output, active Low). Bus Acknowledge indicates to the requesting device that the CPU address bus, data bus, and control signals $\overline{MREQ}$, $\overline{IORQ}$, $\overline{RD}$, and $\overline{WR}$ have entered their high-impedance states. The external circuitry can now control these lines.

$\overline{BUSREQ}$. *Bus Request* (input, active Low). Bus Request has a higher priority than NMI and is always recognized at the end of the current machine cycle. $\overline{BUSREQ}$ forces the CPU address bus, data bus, and control signals $\overline{MREQ}$, $\overline{IORQ}$, $\overline{RD}$, and $\overline{WR}$ to go to a high-impedance state so that other devices can control these lines. $\overline{BUSREQ}$ is normally wired-OR and requires an external pullup for these applications. Extended $\overline{BUSREQ}$ periods due to extensive DMA operations can prevent the CPU from properly refreshing dynamic RAMs.

D_0-D_7. *Data Bus* (input/output, active High, 3-state). D_0-D_7 constitute an 8-bit bidirectional data bus, used for data exchanges with memory and I/O.

$\overline{Halt}$. *Halt State* (output, active Low). $\overline{HALT}$ indicates that the CPU has executed a Halt instruction and is awaiting either a nonmaskable or a maskable interrupt (with the mask enabled) before operation can resume. While halted, the CPU executes NOPs to maintain memory refresh.

$\overline{INT}$. *Interrupt Request* (input, active Low). Interrupt Request is generated by I/O devices. The CPU honors a request at the end of the current instruction if the internal software-controlled interrupt enable flip-flop (IFF) is enabled. $\overline{INT}$ is normally wired-OR and requires an external pullup for these applications.

$\overline{IORQ}$. *Input/Output Request* (output, active Low, 3-state). $\overline{IORQ}$ indicates that the lower half of the address bus holds a valid I/O address for an I/O read or write operation. $\overline{IORQ}$ is also generated concurrently with $\overline{M1}$ during an interrupt acknowledge cycle to indicate that an interrupt response vector can be placed on the data bus.

$\overline{M1}$. *Machine Cycle One* (output, active Low). $\overline{M1}$, together with $\overline{MREQ}$, indicates that the current machine cycle is the opcode fetch cycle of an instruction execution. $\overline{M1}$, together with $\overline{IORQ}$, indicates an interrupt acknowledge cycle.

$\overline{MREQ}$. *Memory Request* (output, active Low, 3-state). $\overline{MREQ}$ indicates that the address bus holds a valid address for a memory read or memory write operation.

$\overline{NMI}$. *Non-Maskable Interrupt* (input, negative edge-triggered). NMI has a higher priority than $\overline{INT}$. NMI is always recognized at the end of the current instruction, independent of the status of the interrupt enable flip-flop, and automatically forces the CPU to restart at location 0066H.

$\overline{RD}$. *Read* (output, active Low, 3-state). $\overline{RD}$ indicates that the CPU wants to read data from memory or an I/O device. The addressed I/O device or memory should use this signal to gate data onto the CPU data bus.

$\overline{RESET}$. *Reset* (input, active Low). $\overline{RESET}$ initializes the CPU as follows: it resets the interrupt enable flip-flop, clears the PC and Registers I and R, and sets the interrupt status to Mode 0. During reset time, the address and data bus go to a high-impedance state, and all control output signals go to the inactive state. Note that $\overline{RESET}$ must be active for a minimum of three full clock cycles before the reset operation is complete.

$\overline{RFSH}$. *Refresh* (output, active Low). $\overline{RFSH}$, together with $\overline{MREQ}$, indicates that the lower seven bits of the system's address bus can be used as a refresh address to the system's dynamic memories.

$\overline{WAIT}$. *Wait* (input, active Low). $\overline{WAIT}$ indicates to the CPU that the addressed memory or I/O devices are not ready for a data transfer. The CPU continues to enter a Wait state as long as this signal is active. Extended $\overline{WAIT}$ periods can prevent the CPU from refreshing dynamic memory properly.

$\overline{WR}$. *Write* (output, active Low, 3-state). $\overline{WR}$ indicates that the CPU data bus holds valid data to be stored at the addressed memory or I/O location.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU TIMING

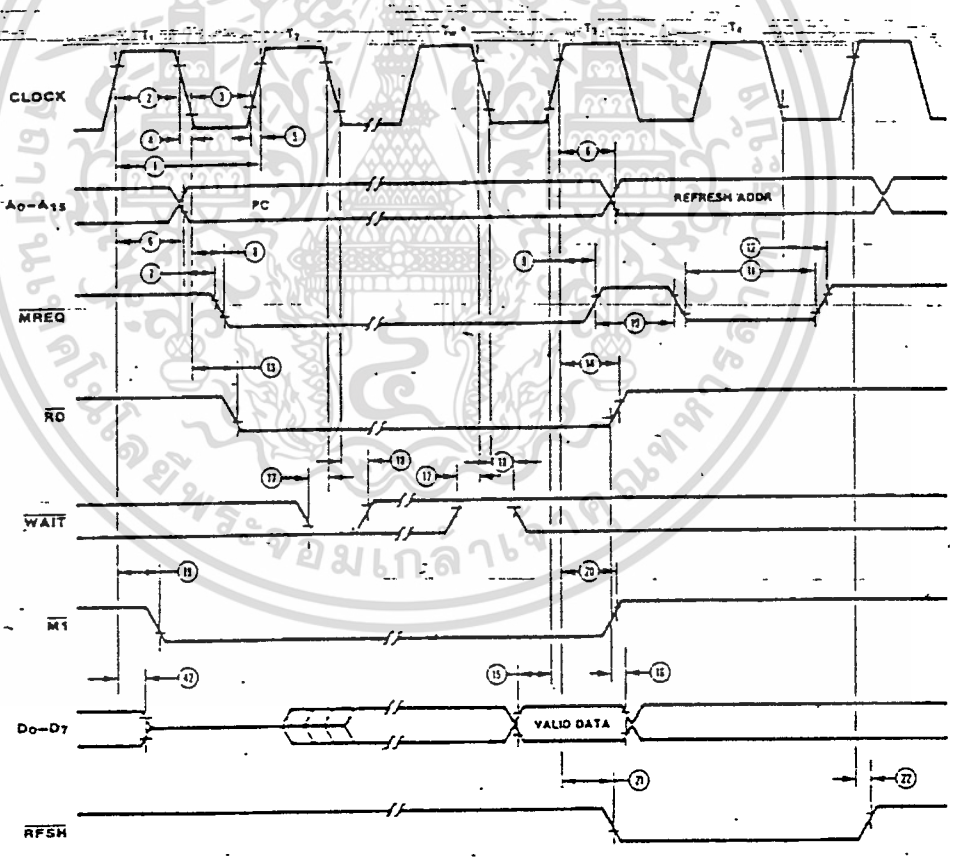
The Z80 CPU executes instructions by proceeding through a specific sequence of operations:

- Memory read or write
- I/O device read or write
- Interrupt acknowledge

The basic clock period is referred to as a T time or cycle, and three or more T cycles make up a machine cycle (M1, M2 or M3 for instance). Machine cycles can be extended either by the CPU automatically inserting one or more Wait states or by the insertion of one or more Wait states by the user.

Instruction Opcode Fetch. The CPU places the contents of the Program Counter (PC) on the address bus at the start of the cycle (Figure 5). Approximately one-half clock cycle later, $\overline{MREQ}$ goes active. When active, $\overline{RD}$ indicates that the memory data can be enabled onto the CPU data bus.

The CPU samples the $\overline{WAIT}$ input with the falling edge of clock state T_2. During clock states T_3 and T_4 of an $\overline{M1}$ cycle, dynamic RAM refresh can occur while the CPU starts decoding and executing the instruction. When the Refresh Control signal becomes active, refreshing of dynamic memory can take place.



*T_W = Wait cycle added when necessary for slow ancillary devices.

Figure 5. Instruction Opcode Fetch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Memory Read or Write Cycles. Figure 6 shows the timing of memory read or write cycles other than an opcode fetch ($\overline{M1}$) cycle. The $\overline{MREQ}$ and $\overline{RD}$ signals function exactly as in the fetch cycle. In a memory write cycle, $\overline{MREQ}$ also becomes active when the address bus is stable. The $\overline{WR}$ line is active when the data bus is stable, so that it can be used directly as an R/$\overline{W}$ pulse to most semiconductor memories.

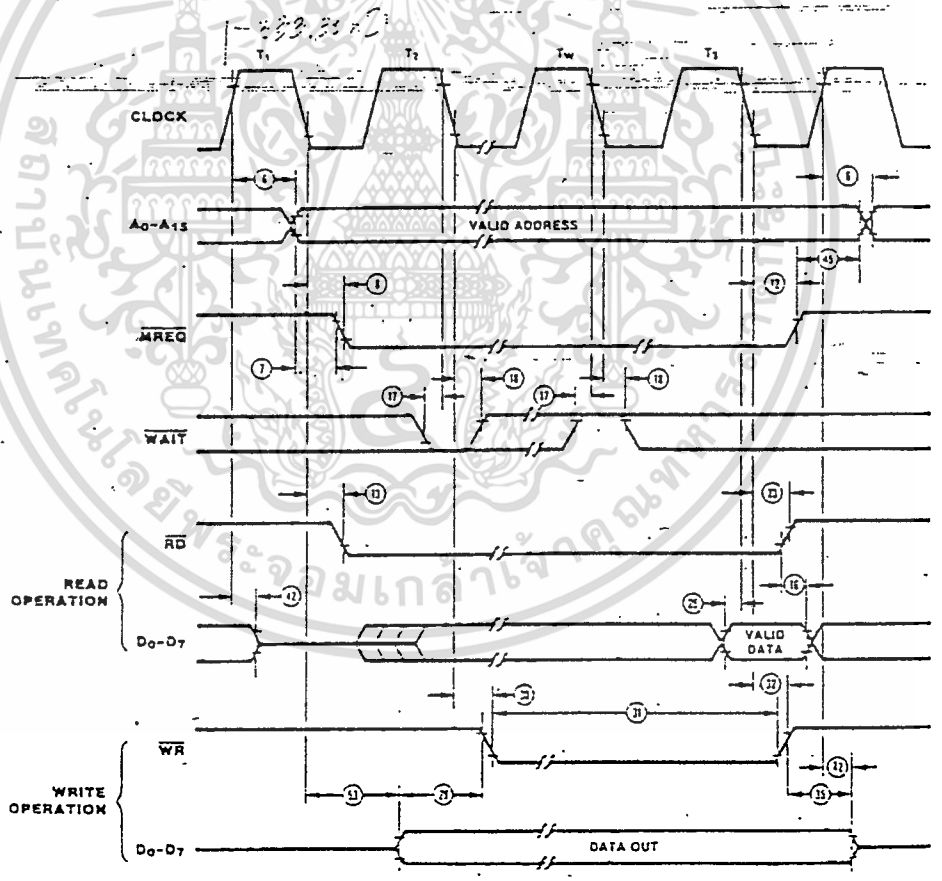
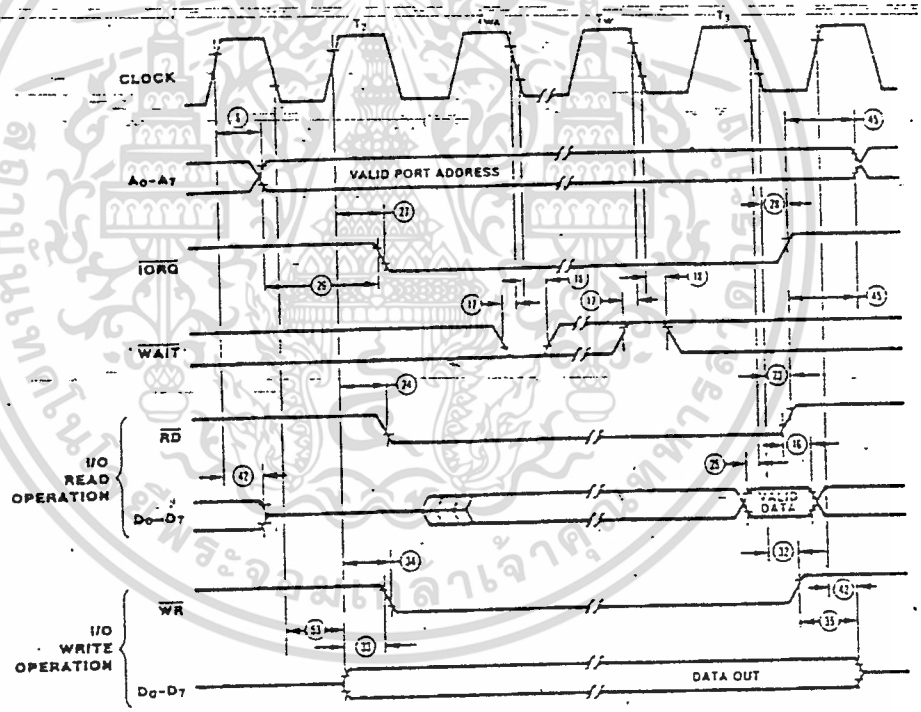


Figure 6. Memory Read or Write Cycles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input or Output Cycles. Figure 7 shows the timing for an I/O read or I/O write operation. During I/O operations, the CPU automatically inserts a single Wait state (T_{WA}). This extra Wait state allows sufficient time for an I/O port to decode the address from the port address lines.

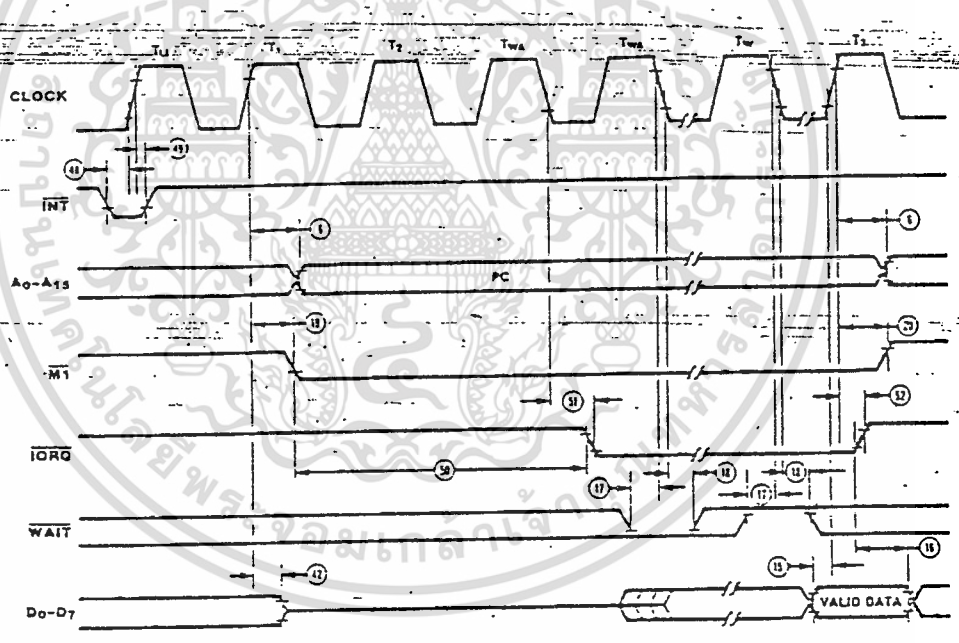


T_{WA} = One wait cycle automatically inserted by CPU.

Figure 7. Input or Output Cycles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interrupt Request/Acknowledge Cycle. The CPU samples the interrupt signal with the rising edge of the last clock cycle at the end of any instruction (Figure 8). When an interrupt is accepted, a special M1 cycle is generated. During this M1 cycle, IORQ becomes active (instead of MREQ) to indicate that the interrupting device can place an 8-bit vector on the data bus. The CPU automatically adds two Wait states to this cycle.

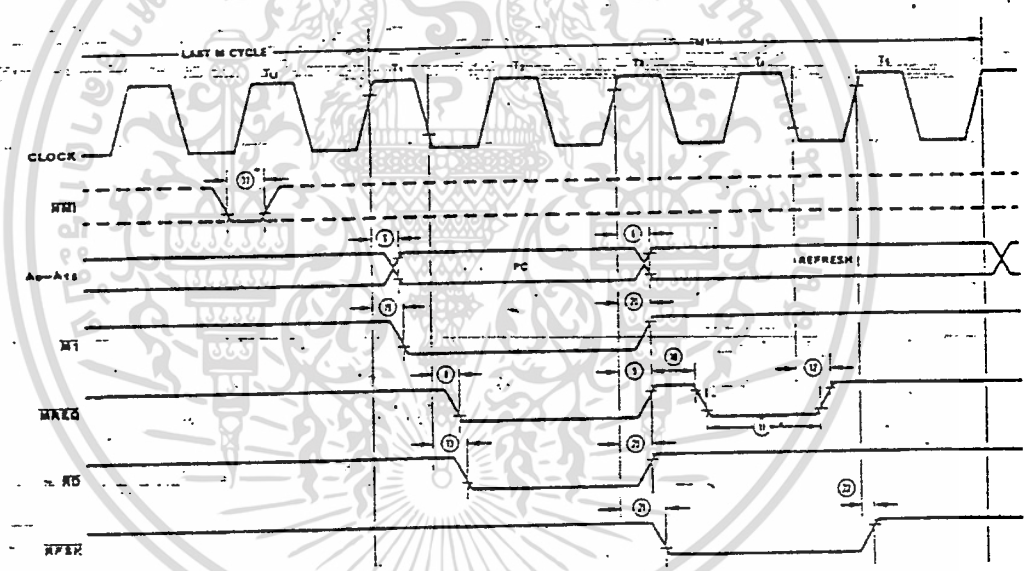


NOTES: 1) T_U = Last state of any instruction cycle.
2) T_{WA} = Wait cycle automatically inserted by CPU.

Figure 8. Interrupt Request/Acknowledge Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

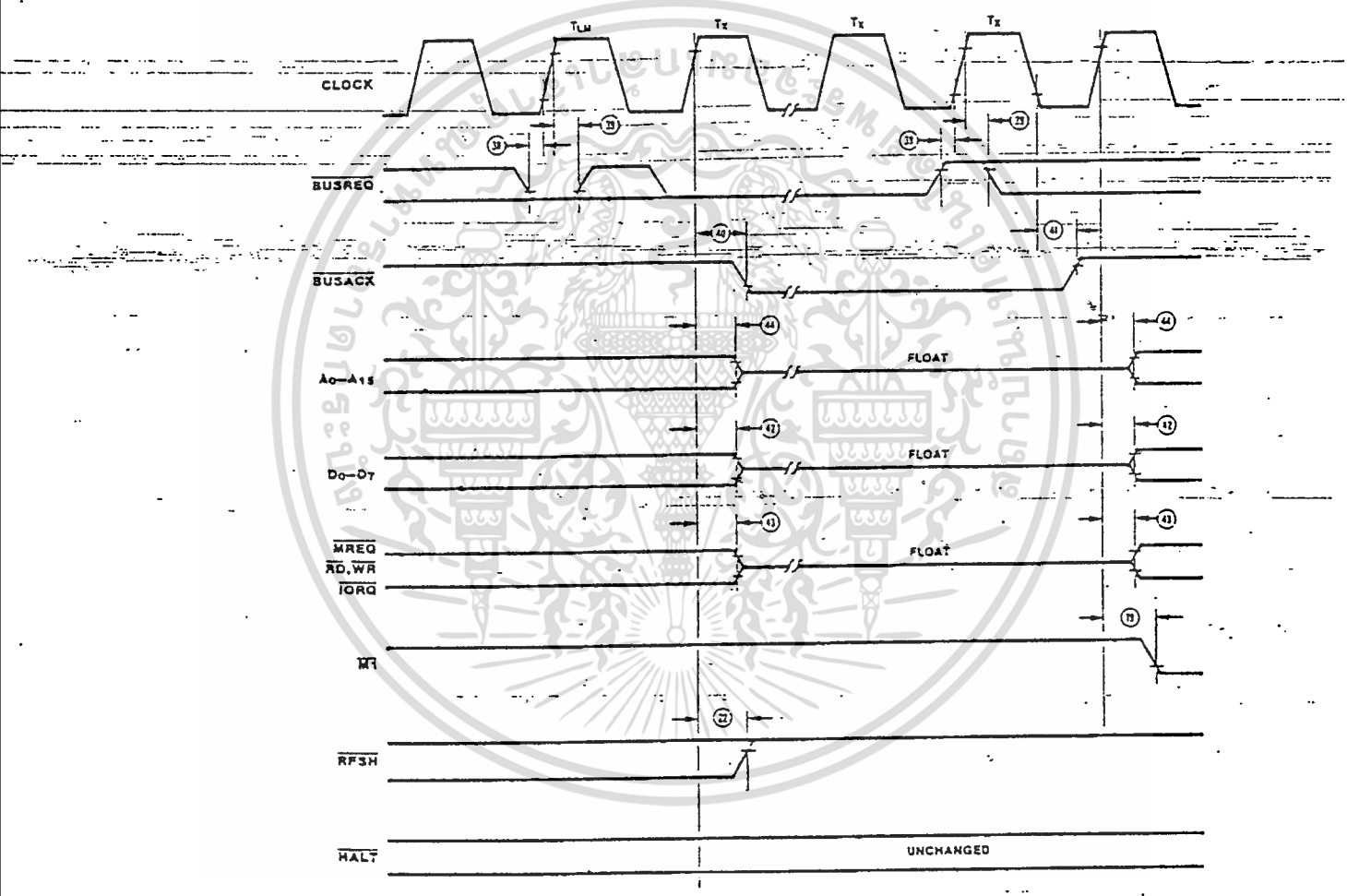
Non-Maskable Interrupt Request Cycle. NMI is sampled at the same time as the maskable interrupt input INT but has higher priority and cannot be disabled under software control. The subsequent timing is similar to that of a normal memory read operation except that data put on the bus by the memory is ignored. The CPU instead executes a restart (RST) operation and jumps to the NMI service routine located at address 0066H (Figure 9).



*Although NMI is an asynchronous input, to guarantee its being recognized on the following machine cycle, NMI's falling edge must occur no later than the rising edge of the clock cycle preceding the last state of any instruction cycle (T_{LI}).

Figure 9. Non-Maskable Interrupt Request Operation

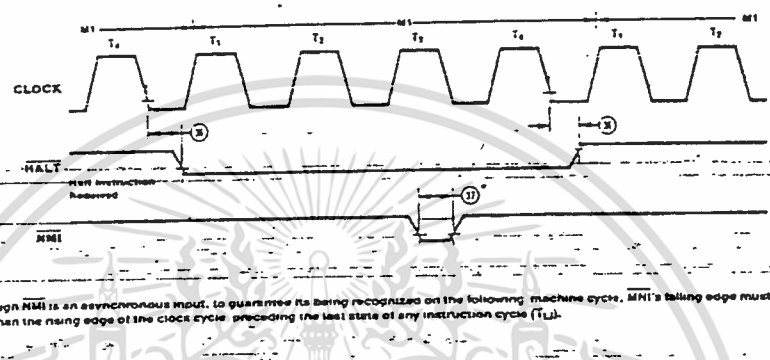
Bus Request/Acknowledge Cycle. The CPU samples $\overline{BUSREQ}$ with the rising edge of the last clock period of any machine cycle (Figure 10). If $\overline{BUSREQ}$ is active, the CPU sets its address, data, and $\overline{MREQ}$, $\overline{IORQ}$, $\overline{RD}$, and $\overline{WR}$ lines to a high-impedance state with the rising edge of the next clock pulse. At that time, any external device can take control of these lines, usually to transfer data between memory and I/O devices.



NOTES: 1) T_{LM} = Last state of any M cycle.
2) T_X = An arbitrary clock cycle used by requesting device.

Figure 10. Z-BUS Request/Acknowledge Cycle

Halt Acknowledge Cycle. When the CPU receives a HALT instruction, it executes NOP states until either an $\overline{INT}$ or $\overline{NMI}$ input is received. When in the Halt state, the $\overline{HALT}$ output is active and remains so until an interrupt is received (Figure 11). INT will also force a Halt exit.



*Although NMI is an asynchronous input, to guarantee its being recognized on the following machine cycle, NMI's falling edge must occur no later than the rising edge of the clock cycle preceding the last state of any instruction cycle (T_{LI}).

Figure 11. Halt Acknowledge Cycle

Reset Cycle. $\overline{RESET}$ must be active for at least three clock cycles for the CPU to properly accept it. As long as $\overline{RESET}$ remains active, the address and data buses float, and the control outputs are inactive. Once $\overline{RESET}$ goes inactive, two internal T cycles are consumed before the CPU resumes normal processing operation. $\overline{RESET}$ clears the PC register, so the first opcode fetch will be to location 0000H (Figure 12).

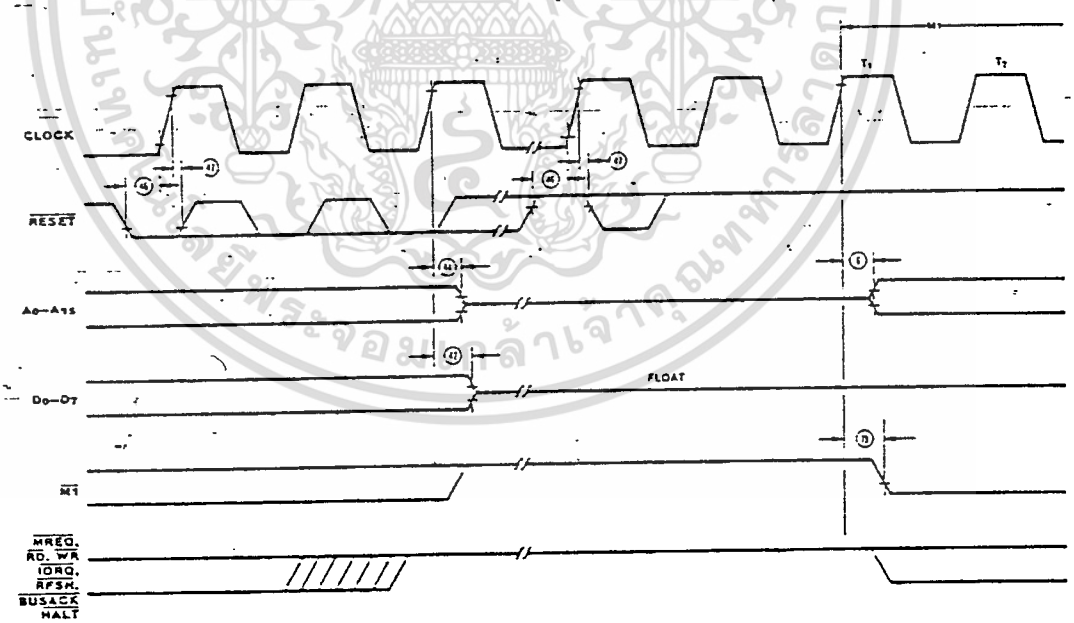


Figure 12. Reset Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS†

Number	Symbol	Parameter	Z80 CPU Min	Z80 CPU Max	Z80A CPU Min	Z80A CPU Max	Z80B CPU Min	Z80B CPU Max	Z80H CPU Min	Z80H CPU Max
1	TcC	Clock Cycle Time	400*		250*		165*		125*	
2	TwCh	Clock Pulse Width (High)	180	2000	110	2000	65	2000	55	2000
3	TwCl	Clock Pulse Width (Low)	180	2000	110	2000	65	2000	55	2000
4	TfC	Clock Fall Time		30		30		20		10
5	TrC	Clock Rise Time		30		30		20		10
6	TdCr(A)	Clock ↑ to Address Valid Delay		145		110		90		80
7	TdA(MREQf)	Address Valid to $\overline{MREQ}$ ↓ Delay	125*		65*		35*		20*	
8	TdCf(MREQf)	Clock ↓ to $\overline{MREQ}$ ↓ Delay		100		85		70		60
9	TdCr(MREQr)	Clock ↑ to $\overline{MREQ}$ ↑ Delay		100		85		70		60
10	TwMREQh	$\overline{MREQ}$ Pulse Width (High)	170*		110*		65*		45*	
11	TwMREQl	$\overline{MREQ}$ Pulse Width (Low)	360*		220*		135*		100*	
12	TdCf(MREQr)	Clock ↓ to $\overline{MREQ}$ ↑ Delay		100		85		70		60
13	TdCf(RDf)	Clock ↓ to $\overline{RD}$ ↓ Delay		130		95		80		70
14	TdCr(RDr)	Clock ↑ to $\overline{RD}$ ↑ Delay		100		85		70		60
15	TsD(Cr)	Data Setup Time to Clock ↑	50		35		30		30	
16	ThD(RDr)	Data Hold Time to $\overline{RD}$ ↑	0		0		0		0	
17	TsWAIT(Cf)	$\overline{WAIT}$ Setup Time to Clock ↓	70		70		60		50	
18	ThWAIT(Cf)	$\overline{WAIT}$ Hold Time after Clock ↓	0		0		0		0	
19	TdCr(M1f)	Clock ↑ to $\overline{M1}$ ↓ Delay		130		100		80		70
20	TdCr(M1r)	Clock ↑ to $\overline{M1}$ ↑ Delay		130		100		80		70
21	TdCr(RFSHf)	Clock ↑ to $\overline{RFSH}$ ↓ Delay		180		130		110		95
22	TdCr(RFSHr)	Clock ↑ to $\overline{RFSH}$ ↑ Delay		150		120		100		85
23	TdCf(RDr)	Clock ↓ to $\overline{RD}$ ↑ Delay		110		85		70		60
24	TdCr(RDf)	Clock ↑ to $\overline{RD}$ ↓ Delay		100		85		70		60
25	TsD(Cf)	Data Setup to Clock ↓ during M_2, M_3, M_4, or M_5 Cycles	60		50		40		30	
26	TdA(IORQf)	Address Stable prior to $\overline{IORQ}$ ↓	320*		180*		110*		75*	
27	TdCr(IORQf)	Clock ↑ to $\overline{IORQ}$ ↓ Delay		90		75		65		55
28	TdCf(IORQr)	Clock ↓ to $\overline{IORQ}$ ↑ Delay		110		85		70		60
29	TdD(WRf)	Data Stable prior to $\overline{WR}$ ↓	190*		80*		25*		5*	
30	TdCf(WRf)	Clock ↓ to $\overline{WR}$ ↓ Delay		90		80		70		60
31	TwWR	$\overline{WR}$ Pulse Width	360*		220*		135*		100*	
32	TdCf(WRr)	Clock ↓ to $\overline{WR}$ ↑ Delay		100		80		70		60
33	TdD(WRf)	Data Stable prior to $\overline{WR}$ ↓	20*		−10*		−55*		55*	
34	TdCr(WRf)	Clock ↑ to $\overline{WR}$ ↓ Delay		80		65		60		55
35	TdWRr(D)	Data Stable from $\overline{WR}$ ↑	120*		60*		30*		15*	
36	TdCf(HALT)	Clock ↓ to $\overline{HALT}$ ↑ or ↓		300		300		260		225
37	TwNMI	$\overline{NMI}$ Pulse Width	80		60		70		60*	
38	TsBUSREQ(Cr)	$\overline{BUSREQ}$ Setup Time to Clock ↑	80		50		50		40	

*For clock periods other than the minimums shown, calculate parameters using the table on the following page. Calculated values above assumed TrC = TfC = 20 ns.

†Units in nanoseconds (ns).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS† (Continued)

Number	Symbol	Parameter	Z80 CPU Min	Z80 CPU Max	Z80A CPU Min	Z80A CPU Max	Z80B CPU Min	Z80B CPU Max	Z80H CPU Min	Z80H CPU Max
39	ThBUSREQ(Cr)	$\overline{BUSREQ}$ Hold Time after Clock ↑	0		0		0		0	
40	TdCr(BUSACKf)	Clock ↑ to $\overline{BUSACK}$ ↓ Delay		120		100		90		80
41	TdCf(BUSACKr)	Clock ↓ to $\overline{BUSACK}$ ↑ Delay		110		100		90		80
42	TdCr(Dz)	Clock ↑ to Data Float Delay		90		90		80		70
43	TdCr(CTz)	Clock ↑ to Control Outputs Float Delay ($\overline{MREQ}$, $\overline{IORQ}$, $\overline{RD}$, and $\overline{WR}$)		110		80		70		60
44	TdCr(Az)	Clock ↑ to Address Float Delay		110		90		80		70
45	TdCTr(A)	$\overline{MREQ}$ ↑, $\overline{IORQ}$ ↑, $\overline{RD}$ ↑, and $\overline{WR}$ ↑ to Address Hold Time	160*		80*		35*		20*	
46	TsRESET(Cr)	$\overline{RESET}$ to Clock ↑ Setup Time	90		60		60		45	
47	ThRESET(Cr)	$\overline{RESET}$ to Clock ↑ Hold Time		0		0		0		0
48	TsINTf(Cr)	$\overline{INT}$ to Clock ↑ Setup Time	80		80		70		55	
49	ThINTr(Cr)	$\overline{INT}$ to Clock ↑ Hold Time		0		0		0		0
50	TdM1f(IORQf)	$\overline{M1}$ ↓ to $\overline{IORQ}$ ↓ Delay	920*		565*		365*		270*	
51	TdCf(IORQf)	Clock ↓ to $\overline{IORQ}$ ↓ Delay		110		85		70		60
52	TdCf(IORQr)	Clock ↑ $\overline{IORQ}$ ↑ Delay		100		85		70		60
53	TdCf(D)	Clock ↓ to Data Valid Delay		230		150		130		115

*For clock periods other than the minimums shown, calculate parameters using the following table. Calculated values above assumed TrC = TfC = 20 ns.
†Units in nanoseconds (ns).

FOOTNOTES TO AC CHARACTERISTICS

Number	Symbol	General Parameter	Z80	Z80A	Z80B	Z80H
1	TcC	TwCh + TwCl + TrC + TfC				
7	TdA(MREQf)	TwCh + TfC	− 75	− 65	− 50	− 45
10	TwMREQh	TwCh + TfC	− 30	− 20	− 20	− 20
11	TwMREQl	TcC	− 40	− 30	− 30	− 25
26	TdA(IORQf)	TcC	− 80	− 70	− 55	− 50
29	TdD(WRf)	TcC	− 210	− 170	− 140	− 120
31	TwWR	TcC	− 40	− 30	− 30	− 25
33	TdD(WRf)	TwCl + TrC	− 180	− 140	− 140	− 120
35	TdWRr(D)	TwCl + TrC	− 80	− 70	− 55	− 50
45	TdCTr(A)	TwCl + TrC	− 40	− 50	− 50	− 45
50	TdM1f(IORQf)	2TcC + TwCh + TfC	− 80	− 65	− 50	− 45

AC Test Conditions:
V_{IH} = 2.0 V
V_{IL} = 0.8 V
V_{IHC} = V_{CC} − 0.6 V
V_{ILC} = 0.45 V
V_{OH} = 1.5 V
V_{OL} = 1.5 V
FLOAT = ±0.5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltages on all pins with respect to ground . . .0.3V to +7V
Operating Ambient
Temperature . . . . . .See Ordering Information
Storage Temperature . . . . . −65°C to +150°C

Stresses greater than those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; operation of the device at any condition above those indicated in the operational sections of these specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

STANDARD TEST CONDITIONS

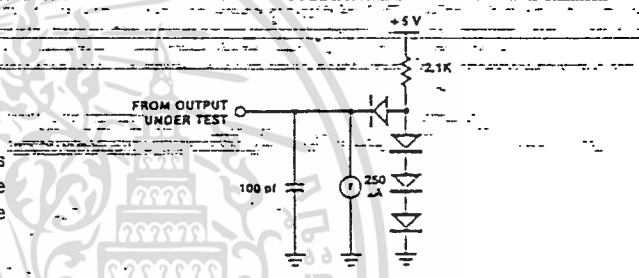
The DC Characteristics and Capacitance sections below apply for the following standard test conditions, unless otherwise noted. All voltages are referenced to GND (0V). Positive current flows into the referenced pin.

Available operating temperature ranges are:

- S = 0°C to +70°C, $+4.75V \leq V_{CC} \leq +5.25V$
- E = −40°C to +85°C, $+4.75V \leq V_{CC} \leq +5.25V$
- M = −55°C to +125°C, $+4.5V \leq V_{CC} \leq +5.25V$

The Ordering Information section lists temperature ranges and product numbers. Package drawings are in the Package Information section in this book. Refer to the Literature List for additional documentation.

All ac parameters assume a load capacitance of 100 pf. Add 15 ns delay for each 50 pf increase in load up to a maximum of 200 pf for the data bus. AC timing measurements are referenced to 1.5 volts (except for clock, which is referenced to the 10% and 90% points).



DC CHARACTERISTICS

All parameters are tested unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Test Condition
V_{ILC}	Clock Input Low Voltage	−0.3	0.45	V	
V_{IHC}	Clock Input High Voltage	$V_{CC}-.6$	$V_{CC}+.3$	V	
V_{IL}	Input Low Voltage	−0.3	0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0[1]	V_{CC}	V	
V_{OL}	Output Low Voltage		0.4	V	I_{OL} = 2.0 mA
V_{OH}	Output High Voltage	2.4[1]		V	I_{OH} = −250 µA
I_{CC}	Power Supply Current		200	mA	Note 3
I_{LI}	Input Leakage Current		10	µA	V_{IN} = 0 to V_{CC}
I_{LO}	3-State Output Leakage Current in Float	−10	10[2]	µA	V_{OUT} = 0.4 to V_{CC}

1. For military grade parts, refer to the Z80 Military Electrical Specification.
2. Applies to D_7-D_0, $\overline{MREQ}$, $\overline{IORQ}$, $\overline{RD}$, and $\overline{WR}$.
3. Measurements made with outputs floating.

CAPACITANCE

Guaranteed by design and characterization.

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
C_{CLOCK}	Clock Capacitance		35	pf
C_{IN}	Input Capacitance		5	pf
C_{OUT}	Output Capacitance		15	pf

NOTES:
T_a = 25°C, f = 1 MHz.
Unmeasured pins returned to ground.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Z80 CPU, 2.5 MHz

40-pin DIP	44-pin LCC	44-pin PCC
Z8400 PS	Z8400 LM*	Z8400 VS†
Z8400 CS	Z8400 LMB*†	
Z8400 PE		
Z8400 CE		
Z8400 CM*		
Z8400 CMB*		
Z8400 CMJ*		

Z80A CPU, 4.0 MHz

40-pin DIP	44-pin LCC	44-pin PCC
Z8400A PS	Z8400A LM*	Z8400A VS†
Z8400A CS	Z8400A LMB*†	
Z8400A PE		
Z8400A CE		
Z8400A CM*		
Z8400A CMB*		
Z8400A CMJ*		

Z80B CPU, 6.0 MHz

40-pin DIP	44-pin PCC
Z8400B PS	Z8400B VS†
Z8400B CS	
Z8400B PE	

Z80H CPU, 8.0 MHz

40-pin DIP	44-pin PCC
Z8400H PS	Z8400H VS†

Codes

First letter is for package; second letter is for temperature.

C = Ceramic DIP
P = Plastic DIP
L = Ceramic LCC
V = Plastic PCC

R = Protopack
T = Low Profile Protopack
DIP = Dual-In-Line Package
LCC = Leadless Chip Carrier
PCC = Plastic Chip Carrier (Leaded)

TEMPERATURE
S = 0°C to +70°C
E = −40°C to +85°C
M* = −55°C to +125°C

FLOW
B = 883 Class B
J = JAN 38510 Class B

*For Military Orders, refer to the Military Section.
†Available soon.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

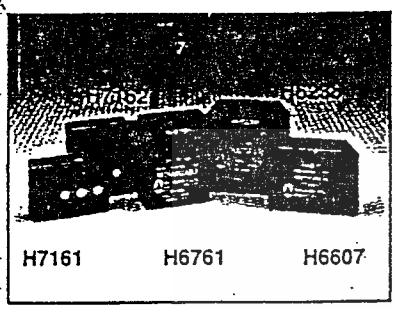
ภาคผนวก ง

เอกสารคุณสมบัติของแบตเตอรี่นิเกิล–แคดเมี่ยม

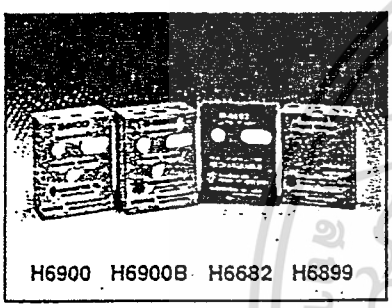
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rechargeable Radio Batteries

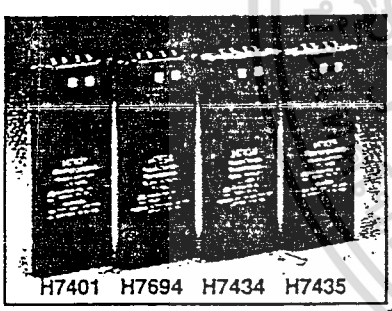
You'll find Alexander Batteries™ available for most major radios. If you don't find the battery you need listed on this or the following pages, please call your representative. We may have added the battery since this catalog became available.



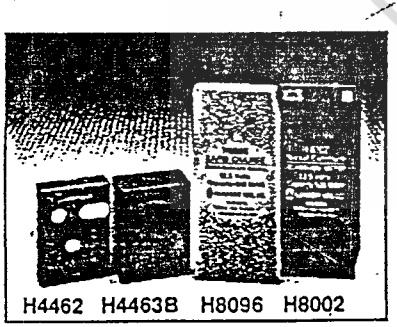
H7161 H6761 H6607



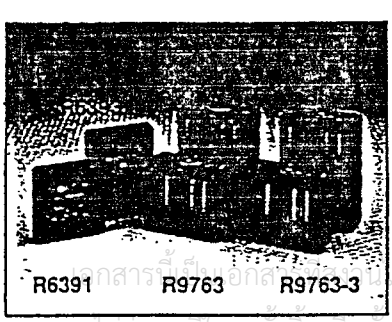
H6900 H6900B H6682 H6899



H7401 H7694 H7434 H7435



H4462 H4463B H8096 H8002



R6391 R9763 R9763-3

Motorola Radios

Alexander Part Number	*Radio Model Number*	*Original Part Number*	*Volts/ Capacity*	*Dimensions (Inches)*
H8047	Alert Monitor	NLN8047A, 60-82132J01	9.6v/450mah	2.66x1.35x1.20
H7161	Expo Light Duty	NLN7161A, 60-5261L01	7.5v/250mAh	2.57x1.00x1.71
H7162	Expo Medium Duty	NLN7162A, 60-5261L02	7.5v/500mAh	2.57x1.00x2.35
H7434 (RC)	HT90	NLN7434A, 60-5928J02	12.0v/500mAh	6.34x0.75x2.57
H7435 (SC)	HT90	NLN7435A, 60-5928J04	12.0v/500mAh	6.34x0.75x2.57
H6238	HT200	NLN6238A, 60-84735H01, N64, MA50	14.4v/500mAh	2.82x1.33x2.84
H6607	HT200	NLN6607A,	10.0v/200mAh	2.88x1.30x2.15
	Hazardous Duty	60-83893E01		
H6761 (SC)	HT220 Omni	NLN6761A, 60-84642H01, 403526, BA200N, 725BR, BP2947, BP2979	15.0v/450mAh	2.76x1.27x2.18
H6900 (RC)	HT220 Omni	NLN6900A, 60-84636H01, 403946, RF2822	15.0v/450mAh	2.76x1.27x2.18
H6900B (RC)	HT220 Omni	NLN6900B, 60-84636H01	15.0v/450mAh	2.76x1.27x2.18
H6682 (SC)	HT220 Slimline	NLN6682A, 60-84643H01, BA100N, 724BR, BA4, BP2946, 403525	15.0v/200mAh	2.76x0.76x2.18
H6899 (RC)	HT220 Slimline	NLN6899A, 60-84641H01, 403941	15.0v/200mAh	2.76x0.76x2.18
H7401 (SC)	HT440	NLN7401A, 60-5928J03	12.0v/500mAh	6.34x0.75x2.57
H7694 (RC)	HT440	NLN7694A, 60-5928J01	12.0v/500mAh	6.34x0.75x2.57
H4583 (RC)	HT600	NTN4583A, 60-60930L02	10.0v/250mAh	2.63x1.39x1.76
H4563 (SC)	HT600	NTN4563A, 60-60930L03	10.0v/600mAh	2.63x1.39x2.46
H4584 (RC)	HT600	NTN4584A, 60-60930L04	10.0v/600mAh	2.63x1.39x2.46
H4585 (RC)	HT600	NTN4585A, 60-60930L06	10.0v/900mAh	2.63x1.39x3.09
H4588 (SC)	HT600	NTN4588A, 60-60930L05	10.0v/900mAh	2.63x1.39x3.09
H8002 (SC)	MH10, MH70	NLN8002A, 60-82324J01	12.0v/500mAh	5.66x0.68x2.50
H8096(RC)	MH10, MH70	NLN8096A, 60-82387J01	12.0v/500mAh	5.66x0.68x2.50
H4462 (RC)	MT500 Slimline	NLN4462A, 60-5737E01	15.0v/225mAh	2.76x0.76x2.18
H4463B (RC)	MT500 Omni	NLN4463B, 60-5742E01	15.0v/500mAh	2.76x1.27x2.18
H4822 (RC)	MTX800, MT1000	NTN4822A, 60-60930L11	10.0v/600mAh	2.63x1.39x2.46
H4824 (RC)	MTX800, MT1000	NTN4824A, 60-60930L13	10.0v/900mAh	2.63x1.39x3.09
H4002B (RC)	MX300 Series	NLN4002B, 60-5201E03	7.5v/500mAh	2.74x1.42x1.47
H8834C (RC)	MX300 Series	NLN8834C, 60-5201E06	7.5v/700mAh	2.74x1.42x1.86
H9998 (RC)	MX300 Series	NLN9998B, 60-5201E08	7.5v/850mAh	2.74x1.42x2.41
H5860 (RC)	MX300 Series	NLN5860B, 60-5201E05 NLN8835A, 60-5201E02	7.5v/1250mAh	2.74x1.42x3.60
H5320 (RC)	MX300 Series	NLN5320B, 60-5201E04,	7.5v/2000mAh	2.72x1.42x4.60
H9726 (RC)	MX300R Industrial	NLN9726B, 60-60930D03	7.5v/1200mAh	2.84x1.80x3.70
R65	PT200/PT300	NLN6267A, N65	13.2v/1000mAh	7.30x1.46x3.09
R66	PT400	NLN6408A, 60-83420D01	14.4v/4000mAh	7.94x3.22x2.58
H4326	STX	NTN4326A, 60-6093G01	7.5v/850mAh	1.42x2.73x2.47
H4327	STX	NTN4327A, 60-60930G02	7.5v/1250mAh	1.42x2.73x3.75

GE Radios

R6391	MPI(2 Watt)	19D900639G1, 19D900639G2	7.5v/450mAh	2.48x0.78x2.31
R6393	MPI(4 Watt)	19D900639G3	10.0v/450mAh	2.46x0.78x2.99
R9763 (Gray)	MPR,MPS	19D429763G1	7.5v/750mAh	2.70x1.55x2.20
R9777 (Gray)	MPR,MPS	19D429777G1	7.5v/1200mAh	2.70x1.55x3.55
R9763-3 (Black)	MPX	19D429763G3	7.5v/750mAh	2.70x1.55x2.20
R9777-3 (Black)	MPX	19D429777G3	7.5v/1200mAh	2.70x1.55x3.55
R2556	PE/PY, MPV	19D413522G1	7.5v/600mAh	2.50x1.40x1.94
R5224	PE/PY, MPV	19D413522G4	7.5v/800mAh	2.50x1.40x2.18

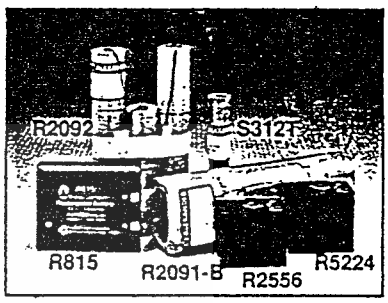
SC: Standard Charge RC: Rapid Charge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factory Mutual and other intrinsically safe batteries on page 15.
See back cover for authorized representative in your area.

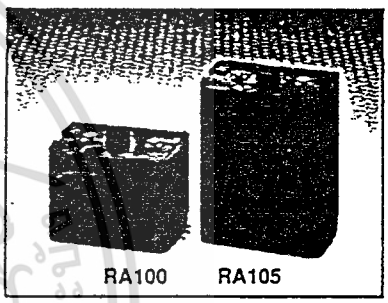
GE Radios (Continued)

Alexander Part Number	*Radio Model*	*Original Part Number*	*Volts/ Capacity*	*Dimensions (Inches)*
R2091B	Porta Mobile	19B209136P3, 41B004KD06, 41B038BA00301	12.0v/2200mAh	2.50x2.05x8.25
R2092 (Insert)	Porta Mobile II	19A134172P1	10.0v/4000mAh	3.87x1.30x6.95
R7815 (Complete)	Porta Mobile II	19D417815G1	10.0v/4000mAh	4.53x1.65x7.98
R815	PR Series	19C317000G1	7.5v/1200mAh	3.95x1.08x3.10
S312/T	Voice Commander	19B201887, 400701-29, 41B001H002	3.6v/1200mAh	0.88x4.85



Aerotron Radios

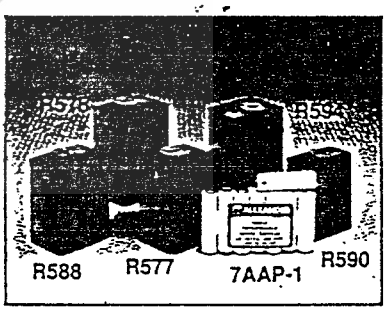
H156	—	8TM2M44	14.4v/500mAh	3.27x1.62x2.34
H6761	—	BA6	15.0v/450mAh	2.76x1.27x2.18
H6682	—	BA4	15.0v/200mAh	2.76x0.76x2.18
R817S (RC)	Pac-1	—	12.0v/450mAh	2.60x1.42x2.21
R817 (SC)	Pac-1	—	12.0v/450mAh	2.60x1.42x2.21
H2978 (RC)	Pac-II	4052-0827-015 4052-0827-016	10.8v/450mAh	2.36x0.85x3.96



Autophon Radios (See International Radios Page 14)

Bendix/King Radios

RA100	LPH2023-00, LPH2023-01, LPH2023-02, LPH5023A, LPH2142A, LPH5140A, LPH5141A, LPH5142A, LPX2101A	LAA100	10.0v/500mAh	2.54x1.50x1.70
RA105	LPH2023-00, LPH2023-01, LPH2023-02, LPH5023A, LPH2142A, LPH5140A, LPH5141A, LPH5142A, LPX2101A	LAA105	10.0v/800mAh	2.54x1.50x2.94



Bosch Radios (See International Radios Page 14)

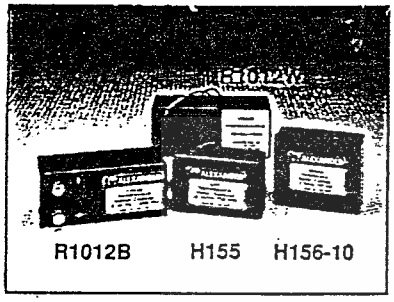
EF Johnson Radios

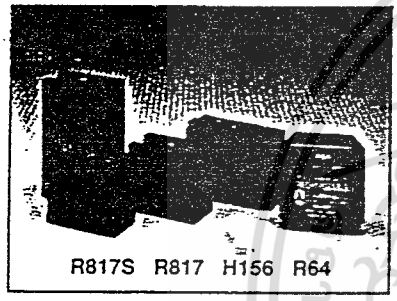
5R225T	—	503-0003-001 400703-49 403410	6.0v/250mAh	1.03x1.72
RA105B (Brown)	—	503-0002-018	10.0v/800mAh	2.54x1.50x2.94
5CH500 (Takes 2)	FM540, Messinger 109	239-0128 503-0002-003	6.0v/500mAh	1.45x1.34x2.03
8AAP (Insert)	FM547, 733	023-3413-004, 41B020AJ00801	10.0v/500mAh	1.99x0.55x4.34
R733-10	FM547, 733	023-3413-001	10.0v/500mAh	2.72x0.68x5.51
R733-12	FM547, 733	023-3413-003, 41B905KD136, 801-003-068	12.0v/500mAh	2.72x0.68x5.51

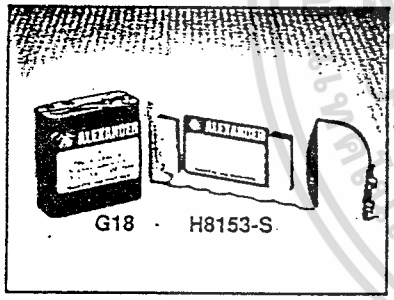
SC: Standard Charge RC: Rapid Charge

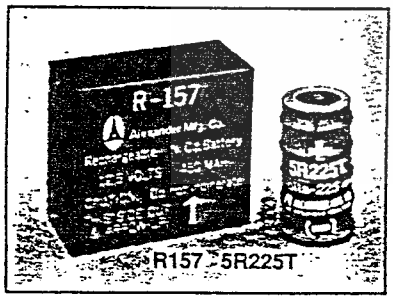
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

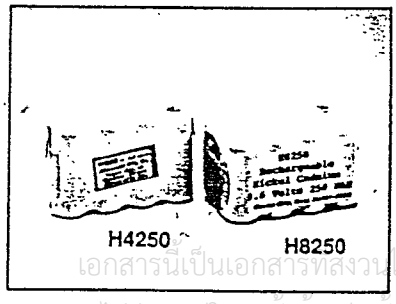
Factory Mutual and other intrinsically safe batteries on page 15.
See back cover for authorized representative in your area.











EF Johnson Radios (Continued)

Alexander Part Number	*Radio Model*	*Original Part Number*	*Volts/ Capacity*	*Dimensions (inches)*
7AAP-1 (Insert)	FM548	—	10.0v/500mAh	2.52x0.55x3.80
R4047	FM548	023-4047-001	10.0v/500mAh	2.73x0.60x5.49
R577	FM577(2 Watt)	023-4260-004	10.0v/500mAh	2.27x1.89x2.73
R578	FM577(4 Watt)	023-4260-005	10.0v/750mAh	2.27x1.89x3.05
R588	FM588	023-4260-009	12.0v/500mAh	2.27x1.89x2.73
R590	FM590	023-3275-001	7.2v/450mAh	2.27x1.21x2.55
R594	FM594	023-3533-002	7.2v/1200mAh	2.27x1.89x3.05
R817	FM617, 545	—	12.0v/450mAh	2.60x1.42x2.21
R817L	FM617, 545	—	12.0v/600mAh	2.60x1.42x4.10
R819	FM617, 545	022-3802-005	12.0v/650mAh	2.60x1.42x4.10
R2442	LX	023-2442-710	7.5v/500mAh	3.13x2.20x0.69

Ericsson Radios (See International Radios Page 14)

Federal Signal Radios

R1012B (Binding Posts)	1010/9010	155-B-112, 41B001KD36-1, N86	12.0v/1200mAh	4.57x1.93x1.94
R1012H (Snap Terminals)	1010/9010	155-B-112	12.0v/1200mAh	4.57x1.93x1.94
R1012W (Wire Leads)	1010/9010	155-B-112	12.0v/1200mAh	4.57x1.93x1.94
H155	–	155B111	12.0v/800mAh	3.36x1.40x2.07
H156	HVP-11, HVP-7	—	14.4v/500mAh	3.27x1.62x2.34
H156-10	HVP-11, HVP-7	R156-1	12.0v/500mAh	3.27x1.62x2.34
R817 (SC)	HVP-500, HVP-150, HVP-50	R005-1	12.0v/450mAh	2.60x1.42x2.21
R817S (RC)	HVP-500, HVP-150, HVP-50	R066-1	12.0v/450mAh	2.60x1.42x2.21
R817L (SC)	HVP-500, HVP-150, HVP-50	RR102-1	12.0v/600mAh	2.60x1.42x4.10
R819 (RC)	HVP-500, HVP-150, HVP-50	RR103-1	12.0v/650mAh	2.60x1.42x4.10

Genave Radios

G18	—	GHTPSI-18	10.0v/500mAh	2.25x1.21x2.43
H8153-S	—	PS132	9.6v/500mAh	2.08x0.58x4.33

Hallicrafter/Redicom/Kokusai Radios

HC100	HC100	—	12.5v/500mAh	2.84x0.77x4.70
5R225T	—	XF617	6.0v/250mAh	1.03x1.72
R157	HC400	XF7211 150-015742-001	12.5v/450mAh	2.47x1.25x2.08

Henry/Tempo Radios

H4250	FM-MRU-3	MR3, 406293-11, 41B019AB00800	4.8v/250mAh	2.24x0.60x1.29
CS15 (Insert)	FHM15	CS15, 8N-450AR	9.6v/450mAh	1.36x1.36x2.25
CS15P	FMH15	B1-P	9.6v/450mAh	1.40x1.40x2.25
P8000	FMH5, FMH42	—	12.0v/500mAh	2.24x0.68x5.90
H2978	FMH44	BP2 (Tempo)	10.8v/450mAh	3.96x0.85x2.36
H8250	S-1	S-1	9.6v/250mAh	2.24x1.20x1.29

IEC (Sab-Harmon) Radios

R608 (SC)	IEC-100, LE-1000	02-165852-1	10.0v/600mAh	2.77x1.46x2.20
R609 (RC)	IEC-100	02-165852-1	10.0v/600mAh	2.77x1.46x2.20

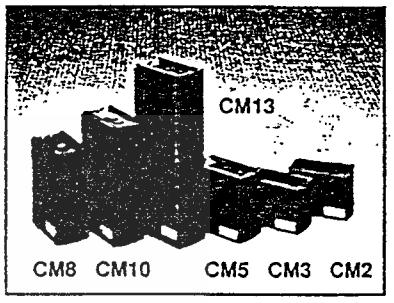
SC: Standard Charge RC: Rapid Charge

Factory Mutual and other intrinsically safe batteries on page 15.
See back cover for authorized representative in your area.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

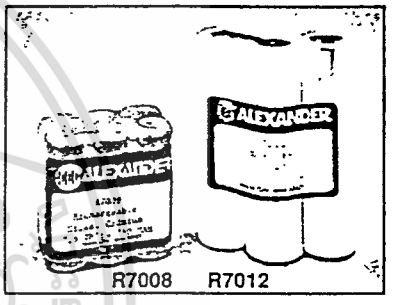
Icom Radios

Alexander Part Number	*Radio Model*	*Original Part Number*	*Volts/ Capacity*	*Dimensions (Inches)*
CM2	H Series, U Series	IC-BP2, IC-CM2	7.2v/450mAh	2.55x1.42x1.68
CM3 (Wall & DC)	H Series, U Series	IC-BP3, IC-CM3	8.4v/250mAh	2.55x1.42x1.68
CM5	H Series, U Series	IC-BP5, IC-CM5	10.8v/450mAh	2.55x1.42x2.36
CM5A (Wall & DC)	H Series, U Series	IC-BP5A, IC-CM5A	10.8v/450mAh	2.55x1.42x2.36
CM7 (Wall & DC)	H Series, U Series	IC-BP7, IC-CM7	13.8v/450mAh	2.55x1.42x3.28
CM8 (Wall & DC)	H Series, U Series	IC-BP8, IC-CM8	8.4v/800mAh	2.55x1.42x3.28
CM10 (Wall & DC)	H Series, U Series	—	9.6v/1100mAh	2.55x1.42x4.32
CM13 (Wall & DC)	H Series, U Series	—	8.4v/1300mAh	2.55x1.42x6.16
CM18 (Wall & DC)	H Series, U Series	—	7.2v/1800mAh	2.55x1.42x6.16



Kenwood Radios

KNB-1 (Insert)	TK200, TK300	KNB-1	10.8v/490mAh	2.03x0.68x3.32
R5621	TK200, TK300	KNB-1	10.8v/490mAh	2.35x0.83x3.92

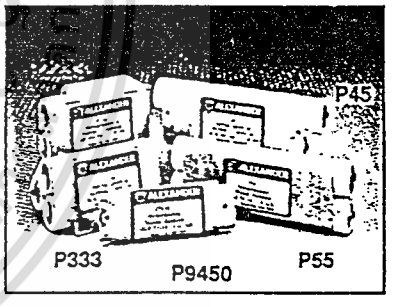


King (See Bendix/King)

Kokusai Radios (See Hallicrafter/Redicom/Kokusai)

Marconi Radios

H156	Marconi	DP15, DP85	14.4v/500mAh	3.27x1.62x2.34
H2978 (RC)	Marconi	DP86	10.8v/450mAh	3.96x0.85x2.36
R817 (SC)	Marconi DP44, DP45, DP46	DP2, DP41, DP42,	12.0v/450mAh	2.60x1.42x2.21



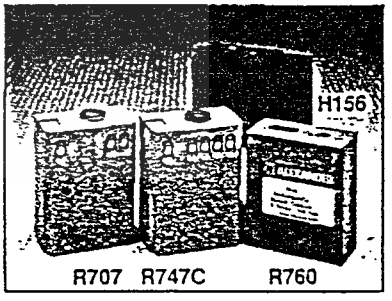
Midland Radios

R7008 (Insert)	Midland	R70-B08	7.5v/800mAh	1.99x1.36x1.95
R7012 (Insert)	Midland	R70-B12	7.5v/1200mAh	3.24x2.52x1.22

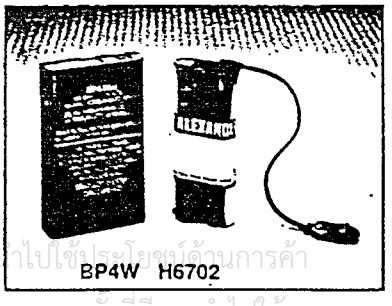
Philips/PYE Radios (See International Radios Page 14)

Plectron Radios

P55	—	54-6008	12.0v/1000mAh	5.82x2.15x1.09
P45	500, 700	41B001KD26G1 54-5568	10.8v/1000mAh	5.82x2.15x1.09
P2233	P-1	42-6152	12.0v/1000mAh	3.54x2.05x2.14
P333	P-1	54-7014, 84-7014	10.8v/1000mAh	3.54x2.05x2.02
P9450	P8000 Series (P8150, P8160, P8190, P8200)	54-8881, 406389	10.8v/450mAh	4.01x1.37x1.33
P2333	PSK, TE4	—	13.2v/1000mAh	3.54x2.05x2.14
GB610 (Takes 2)	R18B5	42-3258	6.0v/900mAh	1.65x1.99x1.99

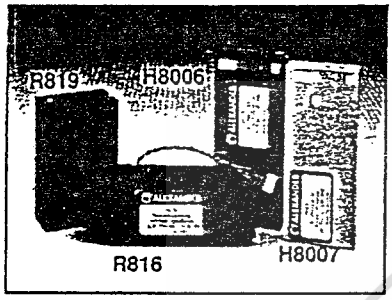


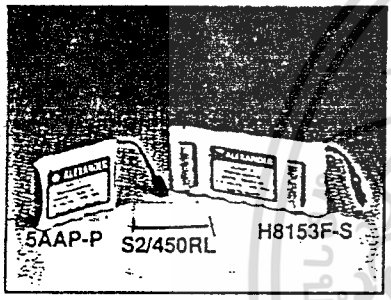
SC: Standard Charge RC: Rapid Charge

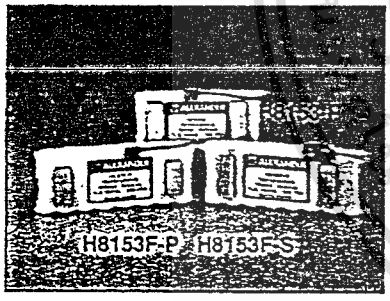


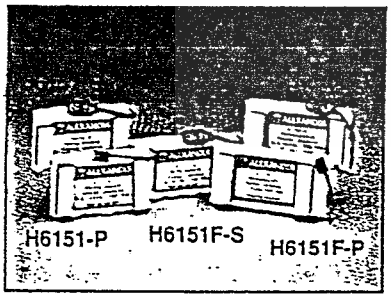
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

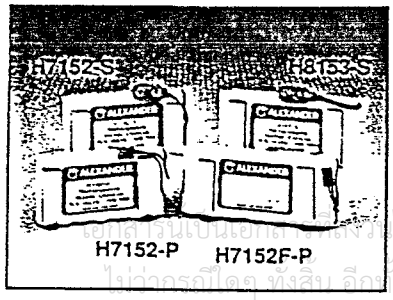
Factory Mutual and other intrinsically safe batteries on page 15.
See back cover for authorized representative in your area.











RCA Radios

Alexander Part Number	*Radio Model*	*Original Part Number*	*Volts/ Capacity*	*Dimensions (Inches)*
R64	—	942744	14.4v/500mAh	2.80x2.80x1.32
H156	Personalfone 150	940963	14.4v/500mAh	3.27x1.62x2.34
R760	Personalfone 450	3720760, 41B905LD08G1	15.0v/500mAh	2.76x1.26x3.06
R707 (SC)	Tac-Tek	1559707C	10.0v/800mAh	2.50x1.51x3.19
R747C (RC)	Tac-Tek	1559747C	10.0v/800mAh	2.50x1.51x3.19
R747C-3 (RC)(Black)	Tac-Tek 15	—	10.0v/800mAh	2.50x1.51x3.19

RF Communications Radios

H6682 (SC)	RF2810	RF2842, RF2861	15.0v/200mAh	2.76x0.76x2.18
H6899 (RC)	RF2810	RF2898	15.0v/200mAh	2.76x0.76x2.18
H6761 (SC)	RF2822	RF2863	15.0v/450mAh	2.76x1.27x2.18
H6900 (RC)	RF2822	RF2899	15.0v/450mAh	2.76x1.27x2.18

Redicom Radios (See Hallicrafter/Redicom/Kokusai)

Regency Radios

H6702	CC-492, TRPH102, MA702, TRPU102	41B025AG00101	7.2v/450mAh	3.37x0.70x1.37
BP4W	Mini-Comm 1&2 HH400, HH2500	MA18/U	11.7v/500mAh	2.17x0.71x3.43

Repco Radios

R64	Clamshell	810-188-01	14.4v/500mAh	2.80x2.80x1.32
R816	Mobile Port	816-007-01	13.2v/1000mAh	6.05x2.20x1.38
H8006 (SC)	PC400	821-006-01	12.0v/500mAh	2.29x0.67x5.66
H8007 (RC)	PC400	821-007-01	12.0v/500mAh	2.29x0.67x5.66
R817 (SC)	RPX450, Tek10-2, RP1010	817-005-01	12.0v/450mAh	2.60x1.42x2.21
R817S (RC)	RPX450, Tek10-2, RP1010, Sprint	817-066-01	12.0v/450mAh	2.60x1.42x2.21
R817L (SC)	RPX450, Tek10-2, RP1010	817-125-01	12.0v/600mAh	2.60x1.42x4.10
R819 (RC)	RPX450, Tek10-2, RP1010	817-124-01	12.0v/650mAh	2.60x1.42x4.10
H156	Tek10-8	810-156-01	14.4v/500mAh	3.27x1.62x2.34

Ritron Radios

5AAP-P	RT-15 "Jobcom"	—	6.0v/500mAh	2.70x0.58x2.06
H8153-P	RT-125, RT-50, RT-153	BP-8NM	9.6v/500mAh	2.08x0.58x4.33
H8153-S	RT-125, RT-50, RT-153	BP-8N	9.6v/500mAh	2.08x0.58x4.33
H8153-C	RT-125, RT-50, RT-153	BPE-8N	9.6v/500mAh	2.08x0.58x4.33
H8153F-P	RT-125, RT-50, RT-153	BP-F8NM	9.6v/800mAh	2.05x0.68x5.22
H8153F-S	RT-125, RT-50, RT-153	BP-F8N	9.6v/800mAh	2.05x0.68x5.22
H6151-P	RT-151 "C," RT-450	BP-6NM	7.2v/500mAh	2.08x0.58x3.30
H6151-S	RT-151 "C," RT-450	BP-6N	7.2v/500mAh	2.08x0.58x3.30
H6151F-P	RT-151 "C," RT-450	BP-F6NM	7.2v/800mAh	2.05x0.68x3.95
H6151F-S	RT-151 "C," RT-450	BP-F6N	7.2v/800mAh	2.05x0.68x3.95
H6151F-C	RT-151 "C," RT-450	BPE-F6N	7.2v/800mAh	2.05x0.68x3.95
H7152-P	RT-152, RT-154, RT-450 "B"	BP-7NM	8.4v/500mAh	2.08x0.58x3.80
H7152-S	RT-152, RT-154, RT-450 "B"	BP-7N	8.4v/500mAh	2.08x0.58x3.80
H7152F-P	RT-152, RT-154, RT-450 "B"	BP-F7NM	8.4v/800mAh	2.05x0.68x4.60
H7152F-S	RT-152, RT-154, RT-450 "B"	BP-F7N	8.4v/800mAh	2.05x0.68x4.60
H7152F-C	RT-152, RT-154, RT-450 "B"	BPE-F7N	8.4v/800mAh	2.05x0.68x4.60
S2/450RL	RT-156	41BK25AC0040	12.4v/450mAh	0.68x2.23

S: Snap Connector, P: Plug connector, RL: Radial Leads C: Contact At End
SC: Standard Charge Battery RC: Rapid Charge Battery

Factory Mutual and other intrinsically safe batteries on page 15.
See back cover for authorized representative in your area.

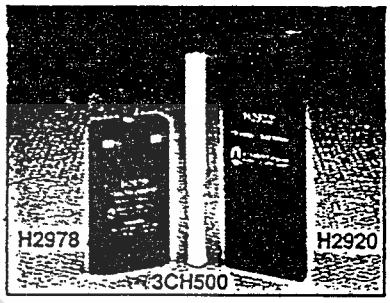
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SEL Radios (See International Radios Page 14)

Shinwa Radios (See International Radios Page 14)

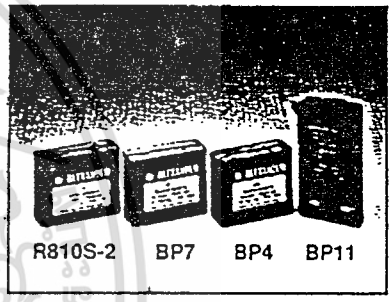
Sonar Radios

Alexander Part Number	*Radio Model*	*Original Part Number*	*Volts/ Capacity*	*Dimensions (Inches)*
3CH500	2305	37-030-006	3.6v/500mAh	0.55x5.89
3CH450/T (Takes 4)	—	37-030-011A	3.6v/450mAh	0.63x3.19
H2920	—	BP2920	15.0v/500mAh	6.64x0.63x2.39
H2978 (RC)	—	BP2978	10.8v/450mAh	3.96x0.85x2.36



Standard Radios

BP4 (RC)	831S-6	—	12.0v/500mAh	1.19x2.24x2.94
BP7 (SC)	831S-6	—	12.0v/500mAh	1.19x2.24x2.94
R810S-2 (Snaps)	831S-6	BP2, SC-UPB-1	12.0v/500mAh	1.19x2.24x2.94
BP11	834S,734L, HX300	BP11, CNB2	11.0v/450mAh	2.32x0.93x3.95



Storno Radios (See International Radios Page 14)

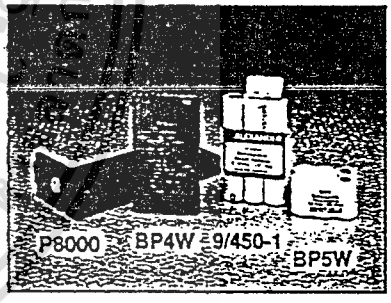
Telefunken Radios (See International Radios Page 14)

Tempo (See Henry)

Thompson CSF Radios (See International Radios Page 14)

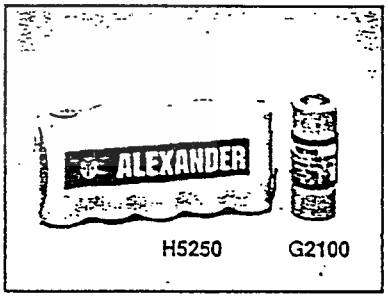
Wilson Radios

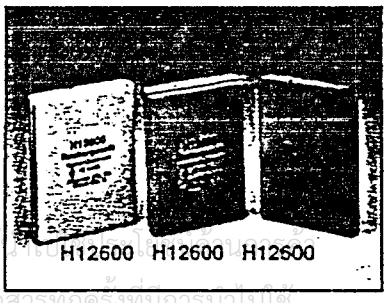
P8000	—	BP2-W, 406180-011	12.0v/500mAh	2.24x0.68x5.90
BP4W	APX500	BP4, BP4C, 406551, 41B025AK00201, 41B025AK00501	11.7v/500mAh	2.17x0.71x3.43
BP5W	MH200	BP5, BP5C 41B025AG00301	7.2v/450mAh	2.02x1.36x1.13
9/450-1	—	BP3-C	12.0v/450mAh	2.05x0.69x4.00



Other Radios

BP4W	Advanced Video	—	11.7v/500mAh	2.17x0.71x3.43
H5250	Bachrach	—	6.0v/250mAh	2.71x0.57x1.20
H156	Comco 802	802-COM-PAK-II	14.4v/500mAh	3.27x1.62x2.34
BP4W	Comm-panion CP0510, CP0500, CT0520	—	11.7v/500mAh	2.17x0.71x3.43
BP5W	Dixcom1500(2 Watt) 4500 (4 Watt)	—	7.2v/450mAh	2.02x1.36x1.13
H156	Dumont DH300, KAAR DP-15	—	14.4v/500mAh	3.27x1.62x2.34
G2100 (Set back thermostat)	General Time P-63713	41B901BD05G1	2.4v/100mAh	0.56x1.31
H12600 (Specify white, beige, blue/gray)	Hy-Gain	3506	12.0v/600mAh	3.35x0.83x4.47
BP4W	Maxon	CA-1450	11.7v/500mAh	2.17x0.71x3.43
P8000	Pace 152	—	12.0v/500mAh	2.24x0.68x5.90
9/450-1	Tampaphone	T-165 MX	12.0v/450mAh	2.05x0.69x4.00
BP4W	Uniden(Force)	APU42	11.7v/500mAh	2.17x0.71x3.43
G2100 (Set back thermostat)	White Rogers 145-0650	41B901BD05G1	2.4v/100mAh	0.56x1.31
BP4W	Yaesu FTC2003, FTC2203, 4703	FT20TR	11.7v/500mAh	2.17x0.71x3.43





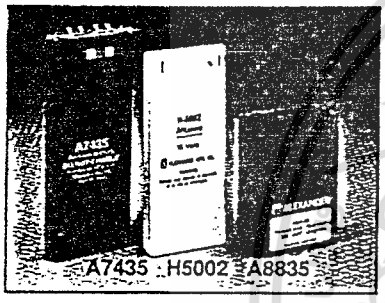
SC: Standard Charge Battery RC: Rapid Charge Battery

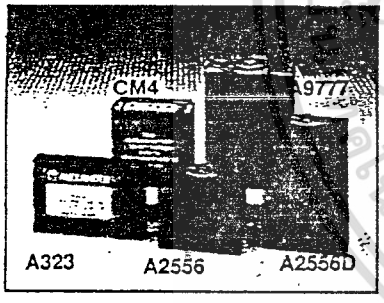
Factory Mutual and other intrinsically safe batteries on page 15.
See back cover for authorized representative in your area.

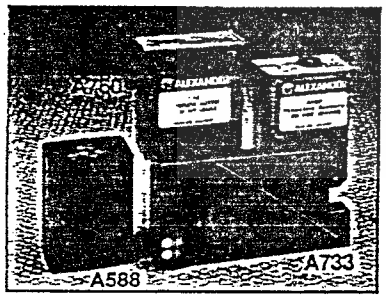
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

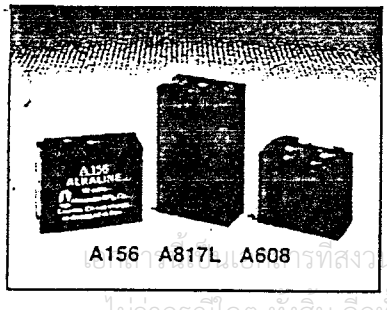
Non-Rechargeable Radio Batteries

Whether your needs require long lasting mercury, economical alkaline or even lithium batteries, you'll find Alexander Batteries to match your needs. If you don't find the battery you need listed below, call your representative. We may have added it recently.









Alkaline Batteries

Motorola Radios

Alexander Part Number	*Radio Model*	*Original Part Number*	*Volts/Capacity*	*Dimensions (inches)*
H534	HT200	NLN6477, 60-83624C01, 303620	18.0v/2000mAh	2.85x1.21x2.78
H423	HT220, MT500 Slimline	303752	18.0v/1800mAh	2.76x0.76x2.18
H568	HT220, MT500 Omni	NLN7212A, 60-5460J01, 303858	15.0v/1800mAh	2.76x1.27x2.18
A7401	HT440	NLN7883A, 60-5943J01	15.0v/1800mAh	6.34x0.75x2.57
A4590	HT600	NTN4590, 60-60-936E01	12.0v/2100mAh	2.63x1.39x3.09
A7435	HT90	NLN9876A, 60-5943J02	15.0v/1800mAh	6.34x0.75x2.57
H5002	MH10, MH70	NLN8470, 60-83062J01	15.0v/2000mAh	2.50x0.68x5.66
A8835	MX300 Series	—	9.0v/4200mAh	2.74x1.42x3.60
A66	PT400	NLN5204A, 60-5692G01	18.0v/10000mAh	7.94x3.22x2.58

GE Radios

A9763 (Gray)	MPR, MPS	—	9.0v/1800mAh	2.70x1.55x2.20
A9763-3 (Black)	MPX	—	9.0v/1800mAh	2.70x1.55x2.20
A9777 (Gray)	MPR, MPS	—	9.0v/4200mAh	2.70x1.55x3.55
A9777-3 (Black)	MPX	—	9.0v/4200mAh	2.70x1.55x3.55
A2556	PE, MPV	—	9.0v/1800mAh	2.50x1.40x1.94
A2556D	PE, MPV	Double Capacity	9.0v/4200mAh	2.50x1.40x3.44

EF Johnson Radios

A733	733	—	15.0v/1800mAh	2.72x0.68x5.51
A577	FM577	—	12.0v/1800mAh	2.27x1.89x2.73
A588	FM588	—	15.0v/1800mAh	2.27x1.89x2.73
A817L	FM617, 545	—	15.0v/2100mAh	2.60x1.42x4.10

RCA Radios

A760	Personalfone 450	—	18.0v/1800mAh	2.76x1.26x3.06
A156	Personalfone 150	—	18.0v/2100mAh	3.27x1.62x2.34
A707	Tac-Tec	—	12.0v/2100mAh	2.50x1.51x3.19

Repco Radios

A156	Tek 10-8	—	18.0v/2100mAh	3.27x1.62x2.34
A817L	RPX 450, Tek 10-2, RP1010	—	15.0v/2100mAh	2.60x1.42x4.10

Other Radios

AA106	Bendix/King	—	13.5v/2100mAh	2.54x1.50x2.94
A817L	Federal HVP50	—	15.0v/2100mAh	2.61x1.42x4.10
A608	IEC-100, LE-100	—	12.0v/1800mAh	2.77x1.46x2.20
CM4	Icom H Series, U Series	IC-BP4,IC-CM4,IC-0	9.0v/2000mAh	2.55x1.42x2.36
A14309	Phillips PFX85	—	12.0v/1800mAh	2.48x1.32x2.74
A323	Wilson Mini-Comm I&II	—	16.5v/750mAh	2.17x0.71x3.43

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

See back cover for authorized representative in your area.

Lithium Batteries

Motorola Radios

Alexander Part Number	*Radio Model*	*Original Part Number*	*Volts/Capacity*	*Dimensions (inches)*
L7162	Expo	—	7.2v/4000mAh	2.57x1.00x2.74

Mercury Batteries

Motorola Radios

M7162	Expo	NLN7163, 60-60932B01	8.4v/2500mAh	2.57x1.00x2.74
H314	HT200	NLN6239A, 60-82668D01, 303314	16.8v/2500mAh	2.85x1.21x2.78
H568M	HT220, MT500 Omni	NLN6762A, 60-84342H01, 303858	14.0v/2500mAh	2.76x1.27x2.18
H752	HT220, MT500 Slimline	NLN6683A, 60-83582H01, 303752	16.8v/1000mAh	2.76x0.76x2.18
M7401	HT440	NLN7884A, 60-5945J01	14.0v/2500mAh	6.34x0.75x2.57
M7435	HT90	NLN9875A, 60-5945J02	14.0v/2500mAh	6.34x0.75x2.57
H3002	MH10, MH70	NLN8095A, 60-82325J01, 303971	14.0v/2500mAh	2.50x0.68x5.66
M7100	MX300 Series	NLN7100A, 60-5232J01	9.6v/4800mAh	2.74x1.42x3.60
M8834-2	MX300 Series	—	8.4v/2500mAh	2.74x1.42x2.27
M8835	MX300 Series	—	8.4v/4800mAh	2.74x1.42x3.60
M9727	MX300R	NLN9727A 60-60932B02	8.4v/4800mAh	2.84x1.80x3.70

GE Radios

M2556	PE, MPV Series	—	8.4v/2500mAh	2.50x1.40x1.94
M2556D	PE, MPV Series	Double Capacity	8.4v/4800mAh	2.50x1.40x3.44
M9763-2 (Gray)	MPR, MPS	—	8.4v/2500mAh	2.70x1.55x2.20
M9763-23 (Black)	MPR, MPS	—	8.4v/2500mAh	2.70x1.55x2.20
M9777 (Gray)	MPR	—	8.4v/4800mAh	2.70x1.55x3.55
M9777-3 (Black)	MPX	—	8.4v/4800mAh	2.70x1.55x3.55

EF Johnson Radios

M733	Comco 733	—	14.0v/2500mAh	2.72x0.68x5.51
M588	FM588	—	10.8v/2500mAh	2.27x1.89x2.73
M817L-2	FM617, 545	—	13.5v/2500mAh	2.60x1.42x4.10

RCA Radios

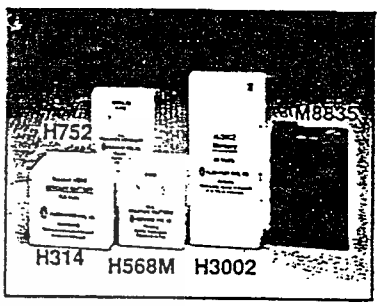
M707-2	Tac-Tec	—	11.2v/2500mAh	2.50x1.51x3.19
M156	Personalfone 150	—	16.8v/2500mAh	3.27x1.62x2.34
M760	Personalfone 450	303903	16.8v/2500mAh	2.76x1.26x3.06

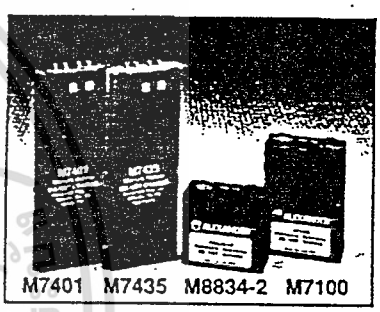
Repco Radios

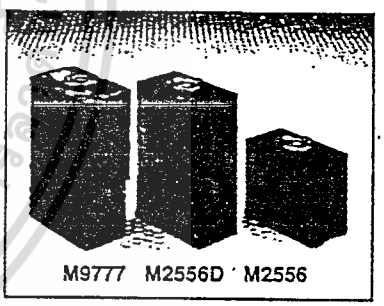
M156	Tek 10-8	—	16.8v/2500mAh	3.27x1.62x2.34
M817L-2	RPX 450, Tek 10-2 RP1010	—	13.5v/2500mah	2.60x1.42x4.10

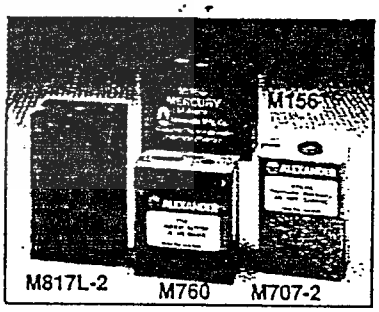
Other Radios

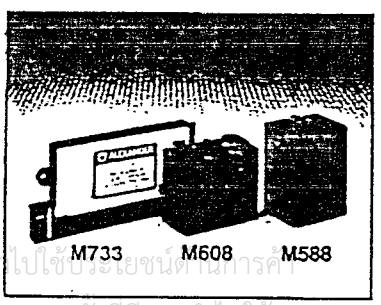
MA107	Bendix/King	—	12.6v/2500mAh	2.54x1.50x2.94
M817L-2	Federal HVP50	—	13.5v/2500mAh	2.60x1.42x4.10
M608	IEC-100, LE-100	304044	11.2v/2500mAh	2.77x1.46x2.20







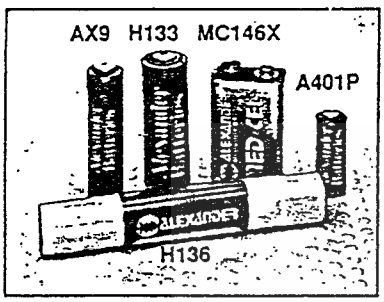


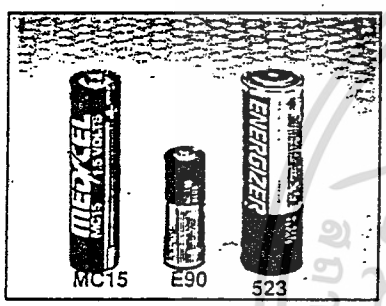


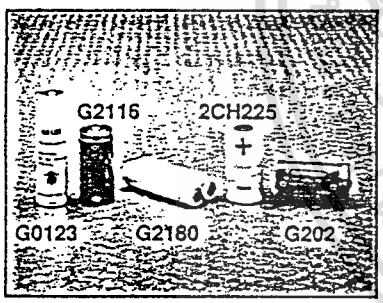
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

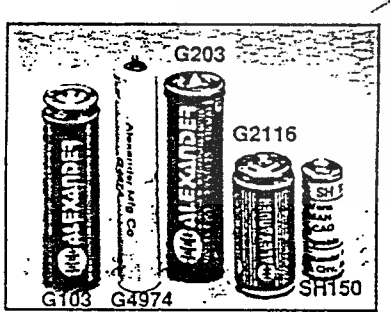
Pager Batteries

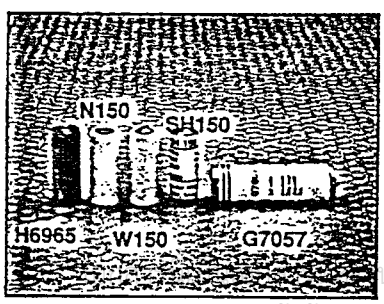
Dependable power in a small package. That's what you'll get with pager batteries from Alexander Batteries. You'll find we offer the widest selection of pager batteries available. If you don't find what you need on these pages, call your representative, chances are we have it.











Non-Rechargeable Mercury Pager Batteries

Alexander Part Number	*Pager Model*	*Original Part Number*	*Volts/Capacity*	*Dimensions*
MC146X	9v pagers	E146X, H146X, R146X	8.4v/720mAh	1.05x0.65x1.60
AX9	AA pagers	E9, NLN8277A, 60-84306A65	1.4v/2400mAh	0.53x1.94
H136	Bell & Howell	19B201713-2, 60-82292H01	8.1v/1000mAh	0.65x3.86
H134	Data Medical Hearing Aids	303077	5.4v/1000mAh	0.65x2.56
AX1	Keithly Electro 602	E1, RM1 R	1.4v/1000mAh	0.62x0.64
H133	Pageboy I	NLN6430A, 60-868967	4.2v/1000mAh	0.66x1.94
A401P	Pageboy II(Takes 2)	E401, NLN6199A, 60-5633A01	1.4v/1000mAh	0.46x1.13
H132	Tone Only	60-868968, E601	2.7v/1000mAh	0.63x1.30

Non-Rechargeable Alkaline Pager Batteries

MC22	9v Pagers	522, MN1604, R1009A	9.0v/500mAh	0.65x1.00x1.78
523	Pageboy I	PX21	4.5v/800mAh	0.65x1.94
E90	Pageboy II	E90, MN9100	1.5v/800mAh	0.45x1.14
MC15	AA Pagers	E91, MN1500 60-82389J01	1.5v/1700mAh	0.55x1.97

Rechargeable Nicad Pager Batteries

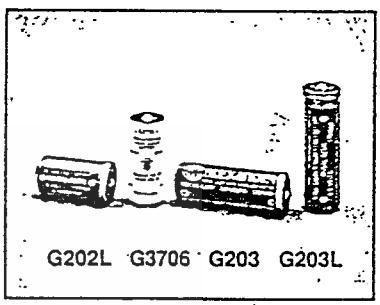
Aerotron				
G204	—	BA2	5.0v/170mAh	0.66x2.71
Bell & Howell				
G203	—	403880	3.9v/170mAh	0.66x2.04
SC6	Super Reach VIP	TPS-SVC, 403149	1.2v/450mAh	0.66x1.10
Cook				
BA5	Voicetone ADT	B-5	3.9v/170mAh	0.63x1.92
G103	RF753	RF652	3.9v/170mAh	0.63x1.97
Motorola				
G7057	8PR2000	NLN7057A, 60D05842E02	1.25v/450mAh	0.57x2.10
G4974	Minitor II	NRN4974, 60D05276L01	2.4v/170mAh	0.47x2.36
N150	Vibrator	N, RF654, RF753B	1.25v/150mAh	0.46x1.13
G203	Pageboy I	NLN6431A, 60-83009H02, 19A116252PT1, 1559611, 403880	3.9v/170mAh	0.66x2.04
H6965	Pageboy II Pagecom, Minitor, Spirit, Director	NLN6965, 60-5104A01, Y5773, 405089	1.3v/150mAh	0.46x1.22
G206	Pocketmate	NLN6117A, 60-83009H03, 403881	7.5v/170mAh	0.62x3.91
G202	Tone Only	NLN6394A, 60-83009H01	2.5v/170mAh	0.66x1.40
NEC				
G0123	—	15AB00501, GCE450S8	1.25v/450mAh	0.56x1.96
G2116	—	21AC00601, 968214	2.5v/170mAh	0.65x1.35
Sonar				
G202L	SP2518, SP2519, SP2520	—	2.5v/170mAh	0.66x1.43
G3708	—	37-030-008A	2.4v/200mAh	0.67x1.49

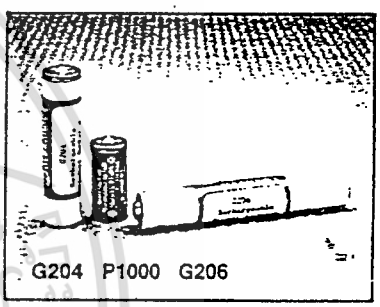
ไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

See back cover for authorized representative in your area.

Rechargeable Nicad Pager Batteries (Continued)

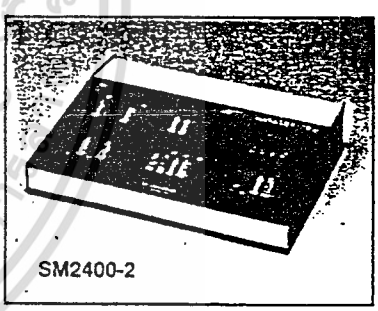
Alexander Part Number	Pager Model	Original Part Number	Volts/Capacity	Dimensions
Sonotone				
G203	—	3-126A	3.9v/170mAh	0.66x2.04
G204	—	38408	5.0v/170mAh	0.66x2.71
G206	—	6-126H	7.5v/170mAh	0.62x3.91
G2116	—	2-S116, 2-S126	2.5v/170mAh	0.65x1.35
G202	—	2-216M, 403879	2.5v/170mAh	0.66x1.40
Other				
G206	Bell & Howell	19B201713-2	7.5v/170mAh	0.62x3.91
	Kelcom B-1	41B902HD05		
SH150	GE Execto II, Shinwa	P8PA10	1.25v/150mAh	0.46x1.15
P1000	Plectron	P1000	2.5v/170mAh	0.66x1.35
R0205	PSI	—	6.0v/225mAh	0.69x3.26
G103	Redicom/Kokusai	615	3.9v/170mAh	0.63x1.97
G203L	Regency, Standard	MA413, 41B902CD08	3.9v/170mAh	0.66x2.08
BA8	Risdel	BA8	2.4v/170mAh	0.63x1.68
	Federal Signal	TPH-150		
	Voice Alert	TPH-35		
	Fanon-Courier			
G2180	Harris RV2000 Series	RA2003	2.4v/180mAh	0.83x0.42x1.75
2CH225	Federal Signal	402037-2	2.4v/200mAh	0.66x1.28
	VA3 & VA4	RP123		
N150T	N150 with tabs	—	1.25v/150mAh	0.46x1.15
W150	West-Page	19A703502P1	1.25v/150mAh	0.46x1.13
N150T/W6965	See W150			
SC6	Bell & Howell	TPS-SCV	1.25v/450mAh	0.66x1.10
	Super Reach VIP	403149		



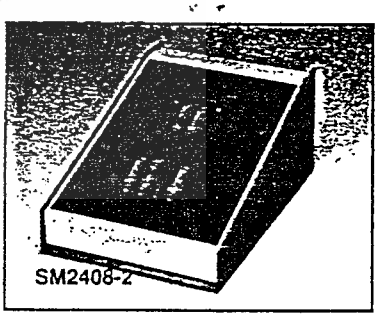


N Cell Chargers

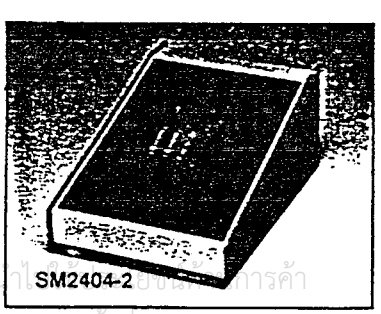
These timer-based chargers are pre-set for our H6965 N cell. If you're charging other N cells, let us know before you order and we'll set the charger to handle them.



SM2400-2: 24-unit N cell charger. Charging up to 24 H6965 cells at once, the charging stations in this charger work independently to fully charge each battery in approximately ten hours. A red light indicates if the cell is being charged. A green light indicates the cell is ready for use.
Description: 14 1/2" wide, 8 1/2" deep, 3 1/2" high. Six-foot, three-prong, grounded cord.



SM2408-2: Eight-unit N cell charger. If you don't need the capacity of a 24-unit charger, but still need to do some serious charging, our eight-unit N cell charger may be the answer. Charging up to eight H6965 cells at once, the charging stations in this charger work independently to fully charge each battery in approximately ten hours. A red light indicates if the cell is being charged. A green light indicates the cell is ready for use.
Description: 6 1/2" wide, 7 1/5" deep, 4" high. Six-foot, three-prong, grounded cord.

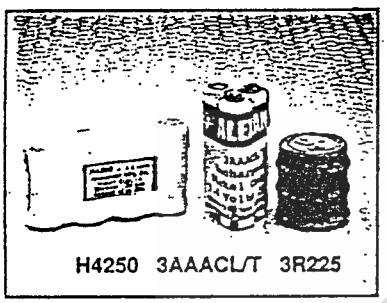


SM2404-2: Four-unit N cell charger. Don't have many N cells? Our four-unit N cell charger may be the answer. Charging up to four H6965 cells at once, the charging stations in this charger work independently to fully charge each battery in approximately ten hours. A red light indicates if the cell is being charged. A green light indicates the cell is ready for use.
Description: 6 1/2" wide, 7 1/5" deep, 4" high. Six-foot, three--prong, grounded cord.

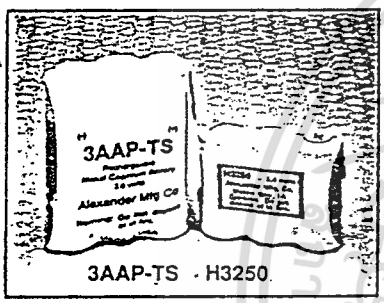
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cordless Phone Batteries

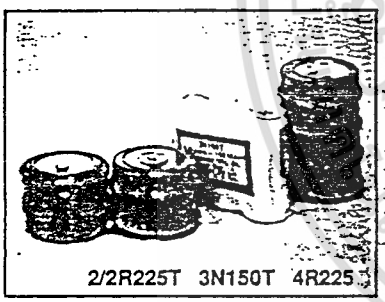
Your Alexander representative also carries a full line of cordless phone batteries. Now you can power your cordless phone with batteries utilizing much of the sophisticated technology we use for our long lasting radio and medical batteries.

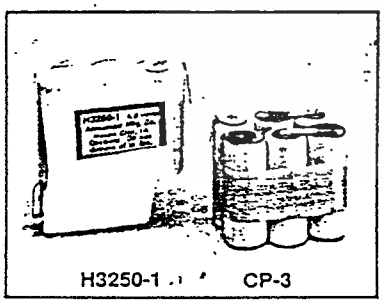


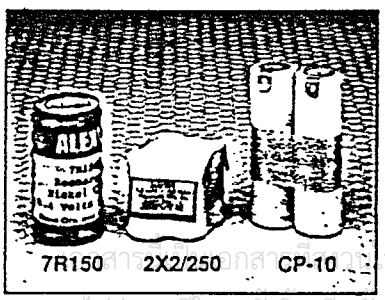
H4250 3AAACL/T 3R225



3AAP-TS H3250


2/2R225T 3N150T 4R225


H3250-1 CP-3



7R150 2X2/250 CP-10

ATT

Alexander Number	Phone Model	Volts/ Capacity
3AAACL/T	Freedom 2500H	3.6v/180mAh
CP-1	Freedom 3500	4.8v/170mAh
3R225	Freedom 4000	3.6v/250mAh
H4250	Nomad 700, Nomad 1000	4.8v/250mAh
3AAP-TS	Nomad 200, Nomad 250, Nomad 400, Freedom 400	3.6v/500mAh
H3250	Nomad 3000	3.6v/250mAh
4R225	Nomad 4000	4.8v/250mAh
2/2R225T	Nomad 450	4.8v/250mAh
3N150T	Nomad 600	3.6v/170mAh

Audiosonic

3AAP-TS	T120	3.6v/500mAh

Audiovox

3AAP-TS	AT-11	3.6v/500mAh

Cobra

3AAP-TS	100S/SA, 115S/SA, 120S/SA, 130S/SA, 140S/SA, 200S, 250S, 260S, 301S, 310S, 320S, 355S, 99S, CP120/140R, CP210RA, CP260S, CP205SA, PR205	3.6v/500mAh
H3250-1	80S, 90, 91, 93, PR740S/SA, PR780S/SA	4.8v/250mAh
3N150T	RP740SC, CP91, PR7405A	3.6v/170mAh

Cosmos

3R225	5000R (Battery Ref. #400703-47)	3.6v/250mAh

Elite

3AAP-TS	6060	3.6v/500mAh

Fannon

H3250-1	FCT-150	4.8/250mAh
3AAP-TS	FCT-2500	3.6v/500mAh

Freedom Fone

Alexander Number	Phone Model	Volts/ Capacity
3AAACL/T	FF1000, FF2000, FF2500	3.6v/180mAh
3AAP-TS	FF1100, FF1700, FF200, FF300, FF350, FF400, FF740	3.6v/500mAh
H4250	FF1500, FF1550, FF3000, FF3050, FF3500, FF4000, FF5000, FF550, FF555	4.8v/250mAh
2/2R225T	FF4500	4.8v/250mAh

General Electric

H3250	Voyager 700	3.6v/250mAh

Go-Phone

3AAP-TS	GF-210	3.6v/500mAh

GTE

3N150T	3100	3.6v/170mAh
H3250	Solitaire 1000, Starmate	3.6v/250mAh

Gutzmer Minifone

CP-3	701	7.2v/170mAh

Hyostar

H3250	CQ28Y	3.6v/250mAh

ITT

3AAP-TS	PC1800	3.6v/500mAh

Keytronics

3AAP-TS	6100P, 9100P	3.6v/500mAh

Kraco Enterprises

3AAP-TS	KP-6001-H	3.6v/500mAh

Midland

H3250-1	80-2008	4.8v/250mAh
3AAP-TS	Others	3.6v/500mAh

Muraphone

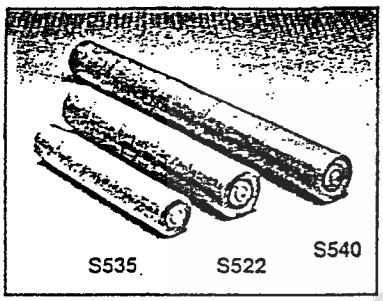
7R150	MP300	8.4v/170mAh
3AAP-TS	MP400	3.6v/500mAh
2/2R225T	MP600, MP800	4.8v/250mAh

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

See back cover for authorized representative in your area.

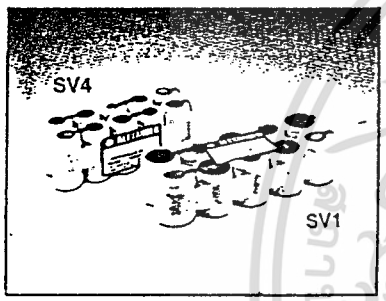
Special Battery Applications

The following pages include our popular special application batteries. If you don't find what you need, be sure to ask. Chances are, we're making it, but didn't list it.



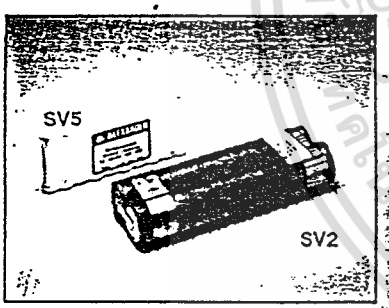
Flashlight Sticks

Alexander Part Number	*Flashlight Stick Model*	*Original Part Number*	*Volts/Capacity*
S522	Maglite ML-5000	ML-5000	6.0v/2200mAh
S535	Streamlight SL15	15-1701 400701-85	6.0v/1000mAh
S512	Streamlight SL15-X	400701-31	6.0v/1200mAh
S522	Streamlight SL20	20-1701 400701-49 405462-100	6.0v/2200mAh
S540	Streamlight SL35	35-1701 400701-58	6.0v/4000mAh



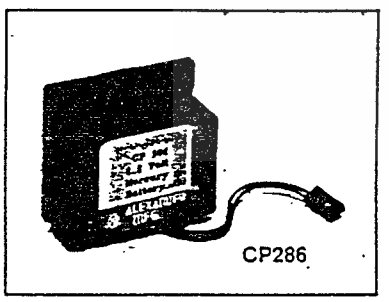
Survey Equipment Batteries

Alexander Part Number	*Survey Equipment Model*	*Volts/Capacity*
SV1	AGA Geonometer	12.0v/2200mAh
SV2	Hewlett Packard 11444A	12.0v/2200mAh
SV3	Hewlett Packard 11421A	7.2v/1200mAh
SV4	KNE Auto Ranger	12.0v/2000mAh
SV5	Lietz Red A1 7050-01	12.0v/500mAh



Computer Back-Up Battery

Alexander Part Number	*Computer Model*	*Original Part Number*	*Volts/Capacity*
CP286	IBM PC/AT	Tadiran	6.8v/1000mAh
	Numerous IBM PC Clones	TL5253/C IBC TL5253/R 15-52-53-30.000	

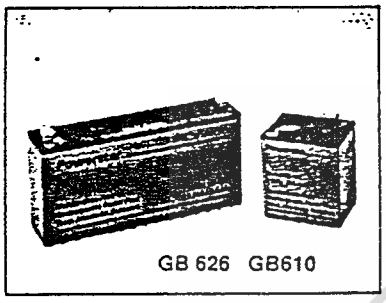


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

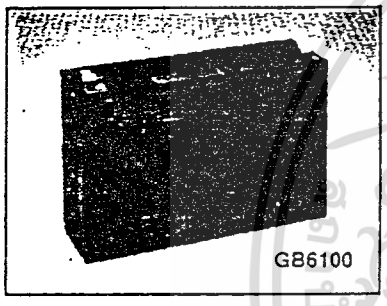
See back cover for authorized representative in your area.

Powerstar™ Sealed Lead Acid Batteries

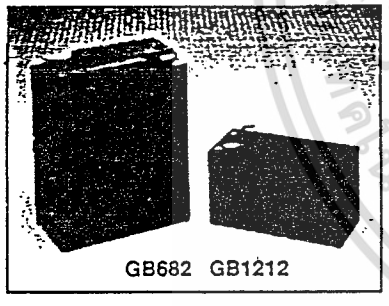
Alexander Batteries Powerstar line of rechargeable sealed lead acid batteries are truly maintenance free. The captive electrolyte makes the batteries spill-proof. Yet, you have access to the full battery capacity regardless of the battery position. If you don't see the battery you need listed below, ask your representative. It may have been added to our line recently.



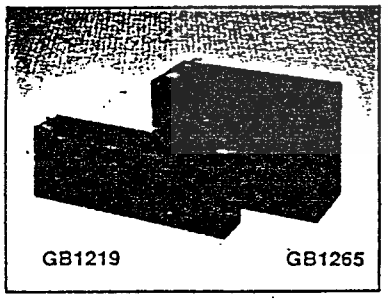
GB 626 GB610



GB6100



GB682 GB1212



GB1219 GB1265

Alexander Model No.	*Volts/Capacity**	*Dimensions***	*Terminal Height*	*Weight*
GB610	6.0v/1.2Ah	2.00x1.65x2.08	2.28	0.6
GB626	6.0v/2.6Ah	5.25x1.33x2.39	2.59	1.4
GB640	6.0v/4.0Ah	2.63x2.63x3.78	4.01	2.0
GB640(21)	6.0v/4.0Ah	2.63x2.63x3.78	4.28	2.0
GB665	6.0v/6.5Ah	5.96x1.33x3.72	3.92	2.5
GB682	6.0v/8.0Ah	3.86x2.21x4.65	4.65	3.4
GB6100	6.0v/10.0Ah	5.96x1.97x3.72	3.92	3.9
GB695	6.0v/9.5Ah	4.26x2.75x5.54	5.54	4.9
GB6120	6.0v/12.0Ah	4.26x2.75x5.54	5.54	5.5
GB6160	6.0v/16.0Ah	8.38x2.75x5.50	5.50	8.1
GB6300(34)	6.0v/30.0Ah	6.25x3.35x6.50	6.70	10.7
GB6300(40)	6.0v/30.0Ah	6.25x3.35x6.50	6.59	10.7
GB6330(34)	6.0v/33.0Ah	6.25x3.35x6.50	6.70	10.7
GB6330(40)	6.0v/33.0Ah	6.25x3.35x6.50	6.70	10.7
GB1212	12.0v/1.2Ah	3.83x1.86x2.00	2.20	1.25
GB1219	12.0v/1.9Ah	7.02x1.33x2.38	2.58	1.8
GB1226	12.0v/2.6Ah	5.28x2.52x2.36	2.56	2.9
GB1245	12.0v/4.5Ah	5.12x2.63x3.78	4.05	3.9
GB1265	12.0v/6.5Ah	5.96x2.52x3.72	3.92	4.9
GB1295	12.0v/9.5Ah	8.38x2.75x5.50	5.50	10.0
GB12120	12.0v/12.0Ah	8.38x2.75x5.50	5.50	11.0
GB12240(34)	12.0v/24.0Ah	6.54x6.90x4.98	5.15	20.0
GB12240(40)	12.0v/24.0Ah	6.54x6.90x4.98	5.27	20.0
GB12300(34)	12.0v/30.0Ah	6.54x6.90x6.91	7.20	21.5
GB12300(40)	12.0v/30.0Ah	6.54x6.90x6.91	7.34	21.5
GB12310(40)	12.0v/31.0Ah	7.75x5.19x6.12	7.12	26.2

***Capacity at 20 hour rate**
****Dimensions in inches (length, width, height–not including terminal).**

All batteries include solder lug/quick-disconnect tabs (0.187" x 0.032") unless otherwise noted.
(21) Coil spring terminal with circuit breaker
(34) Solder lug/quick-disconnect tabs (0.25" x 0.032")
(40) Flat lead post drilled for #10 screw and nut

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

See back cover for authorized representative in your area.

Single Cells

Alexander is truly your full-service battery supplier. In addition to the numerous radio, pager, medical and video batteries, you'll find a full line of single cells as well.

Long Lasting Alkaline

Alexander Number	Size	Volts/ Capacity
MC22*	9v	9.0v/500mAh
MC15*	AA	1.5v/1700mAh
MC14*	C	1.5v/5500mAh
MC13*	D	1.5v/10000mAh
522	9v	9.0v/500mAh
E92	AAA	1.5v/750mAh
E90	N	1.5v/800mAh
E91	AA	1.5v/1700mAh
E93	C	1.5v/5500mAh
E95	D	1.5v/10000mAh

***Our Medcel® line of medical single cells available to replace ordinary alkaline single cells.**

Longer Lasting Mercury

MC146X	9v	8.4v/720mAh
A401P	N	1.4v/1000mAh
AX1	E1	1.4v/1000mAh
RM601	E601	1.35v/1800mAh
AX9	AA	1.4v/2400mAh

Rechargeable Nicad Button Cells

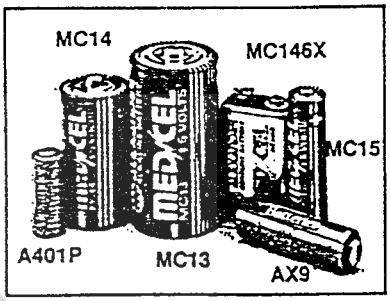
R020	1.2v/20mAh
R050	1.2v/60mAh
R100	1.2v/100mAh
R150	1.2v/170mAh
R225	1.2v/250mAh
R500	1.2v/600mAh

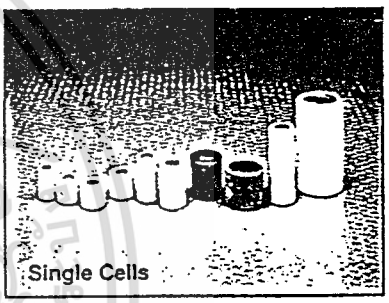
Button stacks can be ordered in any voltage. Divide the voltage needed by 1.2 for the number of cells.
Example: A six volt stack will be composed of five cells (6÷1.2=5). Order a 5R225.

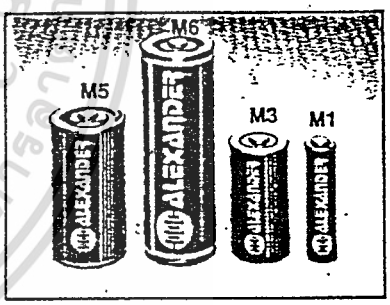
Rechargeable Nicad

Alexander Part No.	Size	Volts/ Capacity
SC1	1/2AAA	1.2v/70mAh
SC2	1/3AA	1.2v/100mAh
SC3	1/3A	1.2v/150mAh
M7	AAA	1.2v/180mAh
SC4	1/3A	1.2v/225mAh
SC5	1/2AA	1.2v/250mAh
SC6	2/3A	1.2v/450mAh
M1	AA	1.2v/500mAh
M8	AA	1.2v/550mAh
SC7	1/2 Sub C	1.2v/650mAh
SC8	1/2 C	1.2v/750mAh
SC10	A	1.2v/800mAh
M10	3/5C	1.2v/1000mAh
M12	Sub C	1.2v/1200mAh
M3	C	1.2v/2000mAh
M4	1/2D	1.2v/2200mAh
SC9	133D	1.2v/3500mAh
M5	D	1.2v/4000mAh
M6	F	1.2v/7000mAh
M9	9v	8.4v/100mAh

When ordering (except M9), be sure to specify solder tabs or buttons. Never solder leads directly to cell.



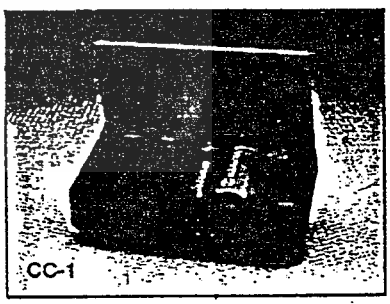




CC-1: Multiple cell battery charger

The CC-1 charges up to four AA, C or D nicad batteries at once. The charger can also be set up to charge two pairs of different size batteries at once.

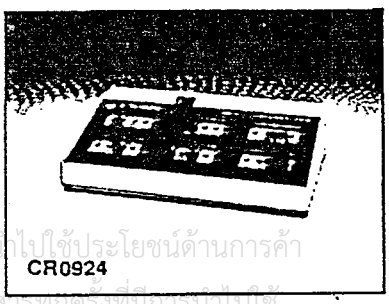
Description: 2 1/2" high, 7 3/4" wide, 4" deep.



CR0924, CR0908, CR0904: 9-volt battery chargers

Use a lot of nine-volt nicad batteries? If so, Alexander has a timer-based charger to fit your needs. Our CR0924 charges up to 24 nine-volt batteries at once. The CR0908 charges up to eight, nine-volt batteries at once. The CR0904 charges up to four, nine-volt batteries at once. Each of the charging stations works independently to fully charge each battery in approximately ten hours. A red light indicates the battery is being charged. A green light indicates the battery is ready for use.

Description: CR0924: 14 1/2" wide, 8 1/2" deep, 3 1/2" high. CR0908 and CR0904: 6 1/2" wide, 7 1/5" deep, 4" high. All units feature low-leakage, hospital-grade, non-crushable, grounded cord with three-prong plug.



สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า นอกจากได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ก่อน ทั้งนี้ให้หมายรวมถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ก. เอกสารอ้างอิงที่เป็นวารสารภาษาไทย

1. "RAM 2 ทาง IBM-PC", วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 84, 2531 หน้า 253-258
2. "วอตช์-ด็อก" วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 108, 2534 หน้า 126-129

ข. เอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

1. ทินกร ดุ๊ก, "การใช้งาน Z-80 " ฟิสิกส์ เซ็นเตอร์, 283 หน้า 2529
2. ยืน ภู่วรวรรณ "ทฤษฎีและการประยุกต์ ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80", ซีเจ็ด, 238 หน้า 2532
3. LANCE A. LEVENTHAL, "Z-80 ASSEMBLY LANGUAGE PROGRAMMING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้