

การวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่แบบ 8 ช่องทาง ที่ มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วและระดับแรงดัน Characteristic Analysis of 8 Channel Battery with Speed and Voltage *

มงคล ลีประกอบบุญ¹⁾

¹⁾ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Abstract

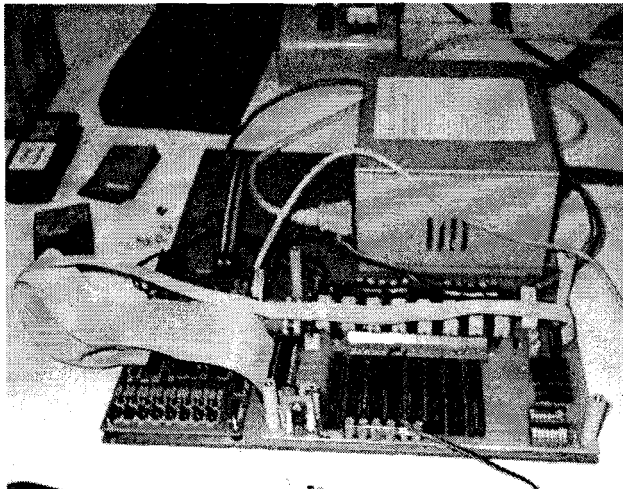
The 8 unit battery analyzer is used by Microcontroller AT90S8535. It can be analyzed all mobile battery 3.6V, for 8 independent channels. Result of data is transferred to the computer via the serial port RS232, and show it's capacity on the level of LED displays. That is identified the battery property, it's slope is in a range between 361.15-738.75 Unit/Volt at 0.25Sec speed.

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่ 8 ช่องทาง ถูกควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535 สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของแบตเตอรี่ขนาด 3.6V จำนวน 8 ช่องทางพร้อมกัน สามารถทำงานได้อย่างอิสระ ข้อมูลจะถูกส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS232 พร้อมกับวิเคราะห์ค่าความจุของแบตเตอรี่และแสดงผลเป็นระดับของจำนวนหลอด LED ที่สว่าง สามารถแบ่งแยกค่าความจุของแบตเตอรี่ดีหรือเสื่อมได้ แบตเตอรี่ดีจะมีค่าความชันสูงกว่า 737Unit/Volt ส่วนแบตเตอรี่เลวจะมีค่าความชันต่ำกว่า 361.15Unit/Volt สำหรับการทำงานที่ความเร็ว 0.25Sec

บทนำ

แบตเตอรี่มือถือมีความจำเป็นสำหรับโทรศัพท์มือถือเป็นอย่างมาก เพราะว่าเมื่อแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ จะทำให้แรงดันลดลงอย่างรวดเร็ว นั่นคือโทรศัพท์มือถือก็จะไม่สามารถใช้งานได้ การสื่อสารก็จะหยุดชะงักลงทันที เพราะในระบบของโทรศัพท์มือถือ จะมีระบบตรวจจับแรงดันตก ซึ่งโทรศัพท์จะทำการเตือนและตัดระบบทันที อีกทั้งปัจจุบันแบตเตอรี่ที่ผลิตมาแต่ละโรงงาน มีทั้งของแท้ของเทียบเท่า และของปลอมแปลง ซึ่งหมายความว่ารูปร่างทางกายภาพอาจจะเหมือนกัน แต่ความสามารถหรือค่าความจุอาจจะแตกต่างกัน ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสร้างเครื่องมือทดสอบค่าความจุของแบตเตอรี่แต่ละชนิด แล้วทำการแบ่งแยกกระตือรือร้นคุณภาพของค่าความจุแบตเตอรี่ โดยเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่แบ่งออกเป็น 8 ช่องทาง การทำงานอิสระต่อกัน



รูปที่ 1 ส่วนประกอบเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่ 8 ช่องทาง

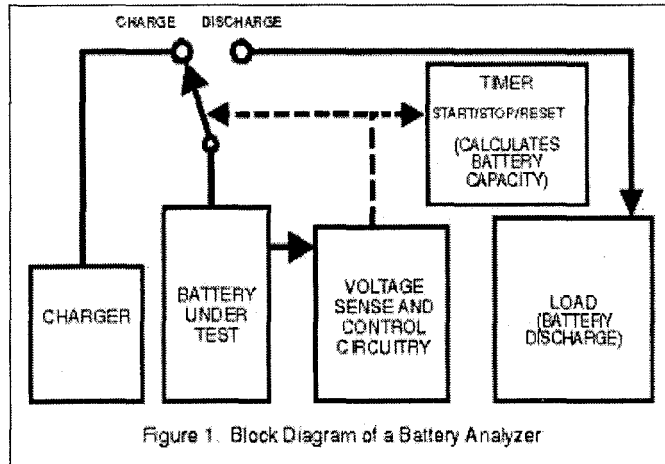
ทฤษฎีพื้นฐาน

พื้นฐานของเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่ แสดงไว้ในรูปที่ 2 เมื่อเชื่อมแบตเตอรี่ที่ต้องการทดสอบ (Battery Under test) เข้ากับระบบ แล้วทำการกดปุ่มเริ่มต้น (Start) ระบบการทำงาน จะทำการตัดต่อวงจรแบตเตอรี่เข้ากับวงจรชาร์จไฟ (Charger) และวงจรโหลด (Load) พร้อมทั้งทำการตรวจจับสัญญาณแรงดัน (Voltage Sense) ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ช่วงการทำงานดังนี้

1. ช่วงเวลาชาร์จประจุ (Charge time) วงจรจะทำการต่อวงจรแบตเตอรี่เข้ากับวงจรชาร์จประจุ (Charger) ด้วยกระแสที่ (Charge rate) จนกระทั่งแรงดันแบตเตอรี่ $V_{bat}=3.8V(max)$ วงจรก็จะหยุดชาร์จทันที

2. ช่วงเวลาคายประจุ (Discharge time) วงจรจะทำการต่อวงจรแบตเตอรี่เข้ากับโหลด (Load) เพื่อจ่ายกระแสให้กับโหลดคงที่ (Discharge rate) แล้วจึงทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของแบตเตอรี่

เปรียบเทียบกับเวลาที่จ่ายกระแส จนกระทั่งแรงดันแบตเตอรี่เท่ากับแรงดันที่ตั้งไว้ วงจรก็จะหยุด
 คิสร็จประจุ



รูปที่ 2 โครงสร้างของเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่ 8 ช่องทาง [Mr. Gianmarco.]

ภายหลังการตรวจสอบคุณสมบัติของการชาร์จประจุและการคิสร็จประจุ เครื่องจะทำการ
 วิเคราะห์ผล แล้วจึงสรุปผลคุณสมบัติค่าความจุ (Capacity) ของแบตเตอรี่ ในรูปของการสว่างของหลอด
 LED ระดับต่างๆ กัน

การออกแบบเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่ 8 ช่องทาง

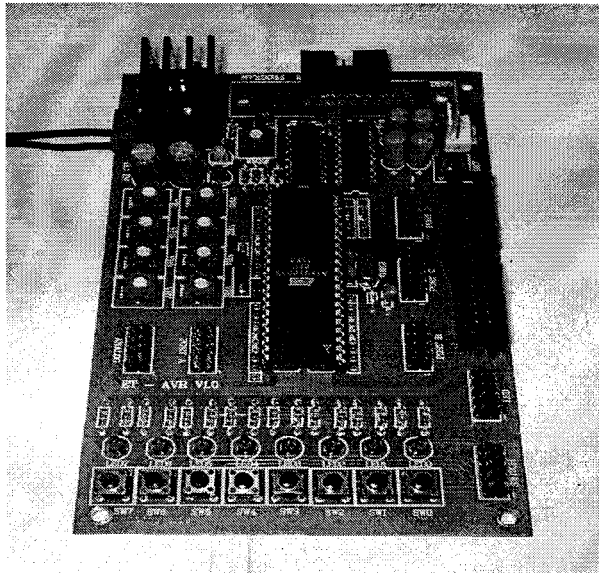
การออกแบบเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่ 8 ช่องทาง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การ
 ออกแบบทางฮาร์ดแวร์และการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

1. การออกแบบทางฮาร์ดแวร์

การออกแบบทางฮาร์ดแวร์ เป็นการออกแบบทางด้านโครงสร้างชิ้นงาน แบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

1.1 การออกแบบวงจรควบคุมและสั่งการ

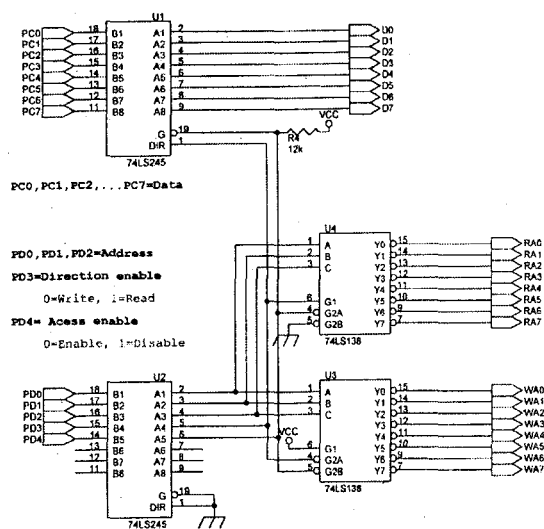
การออกแบบวงจรควบคุมและสั่งการ เป็นวงจรควบคุมการทำงานทั้งหมดสำหรับการตรวจสอบ ได้แก่
 การตรวจจับสัญญาณ วิเคราะห์สัญญาณ แสดงผลข้อมูลที่ประมวลผลได้ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่
 เชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติแบตเตอรี่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ วงจรควบคุมนี้ใช้
 บอร์ดควบคุมสำเร็จรูปของบริษัท ETT co., ltd. รุ่น ET-AVR V1.0



รูปที่ 3 วงจรบอร์ดควบคุม ET-AVR V1.0 [อิตีที.]

1.2 การออกแบบวงจรเชื่อมโยงข้อมูล

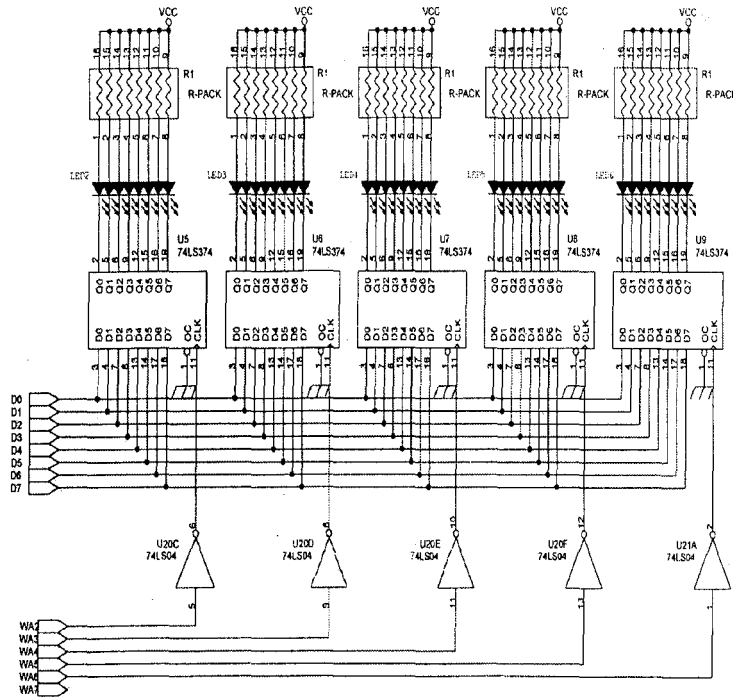
วงจรเชื่อมโยงข้อมูล เป็นวงจรเชื่อมโยงระหว่างบอร์ดควบคุม ET-AVR V1.0 กับบอร์ดทำงาน โดยข้อมูลที่ต้องการ (Data) จะถูกส่งออกจาก Port C ส่วนข้อมูลควบคุม (Control) จะถูกส่งออกจาก Port D ข้อมูลควบคุมจะถูกถอดรหัส ส่งไปควบคุมการทำงานของแต่ละส่วนของอุปกรณ์ แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดควบคุมการเขียน (WA0-WA7) และชุดควบคุมการอ่าน (RA0-RA7)



รูปที่ 4 วงจรเชื่อมโยงข้อมูล

1.3 การออกแบบวงจรแสดงผล

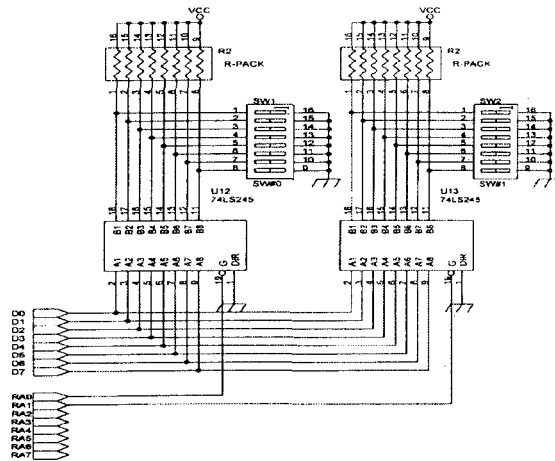
วงจรแสดงผล เป็นวงจรแสดงผล LED ของบอร์ดทำงาน โดยข้อมูลการแสดงผลจะถูกส่งมาทาง บัสข้อมูล (D0-D7) พร้อมกับสัญญาณชุดควบคุมการเขียน (WA2-WA6) ทำให้ข้อมูลจะถูกแลทซ์เก็บไว้ นั่นคือหลอด LED จะแสดงผลตามข้อมูลที่ส่งมา



รูปที่ 5 วงจรแสดงผล

1.4 การออกแบบวงจรสวิตช์

วงจรสวิตช์ เป็นวงจรรับข้อมูลจากบอร์ดทำงาน โดยสวิตช์จะถูกโยกเพื่อกำหนดการทำงานของระบบ สัญญาณชุดควบคุมการอ่าน (RA0-RA1) จะถูกส่งออกมาทำให้ข้อมูลของสวิตช์ถูกส่งผ่านไปยัง บัสข้อมูล (D0-D7)

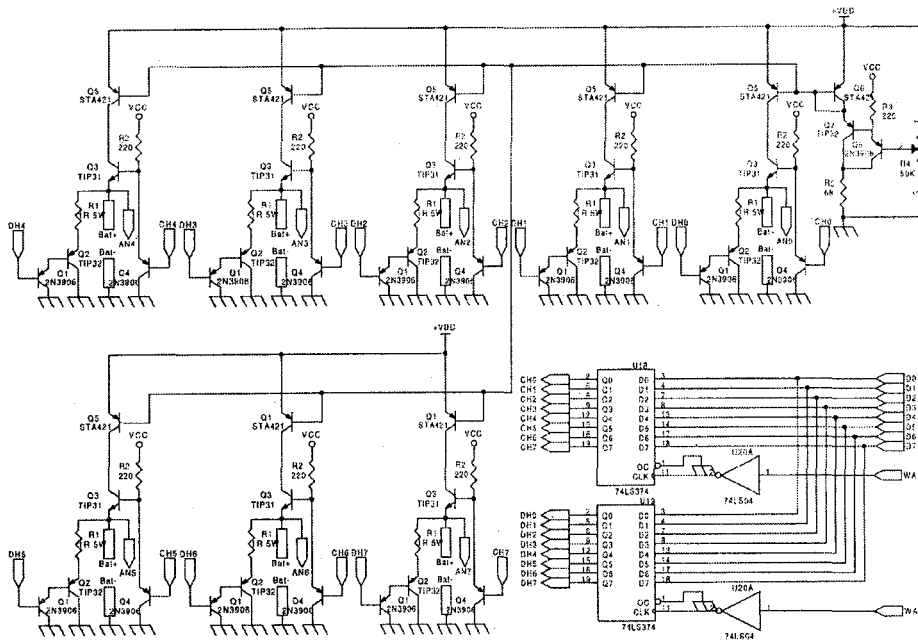


รูปที่ 6 ว จ สวิตช์

1.5 การออกแบบวงจรชาร์จ/ดิสชาร์จ

วงจรชาร์จ/ดิสชาร์จ เป็นวงจรควบคุมการชาร์จ/ดิสชาร์จของบอร์ดควบคุม โดยข้อมูลการควบคุมจะถูกส่งมาทางบัสข้อมูล (D0-D7) พร้อมกับสัญญาณชุดควบคุมการเขียน (WA0-WA1) ทำให้ข้อมูลถูกแลตช์เก็บไว้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลสำหรับการชาร์จ (CH0-CH7) และข้อมูลสำหรับการดิสชาร์จ (DH0-DH7) ในขณะเดียวกันข้อมูลแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละช่องทางจะถูกอ่านผ่านทางพอร์ต A (AN0-AN7)

ขณะชาร์จประจุ ข้อมูลสำหรับการชาร์จ (CH0-CH7) จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q4 อยู่ในสภาวะ Off ขณะเดียวกันทรานซิสเตอร์ Q3 จะอยู่ในสภาวะ On ทำให้กระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q5 ซึ่งถูกควบคุมด้วยวงจรถ้าเนตกระแสคงที่ (Constant Current) ที่ระดับกระแส 1.43A ส่วนขณะดิสชาร์จ ข้อมูลสำหรับการดิสชาร์จ (DH0-DH7) จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 อยู่ในสภาวะ On นั่นคือประจุที่สะสมอยู่ในแบตเตอรี่ จะทำการดิสชาร์จผ่านค่าความต้านทานคงที่ R1 ขนาด 1Ω 5W ทำให้เกิดกระแสดิสชาร์จสูงสุด 3.6A



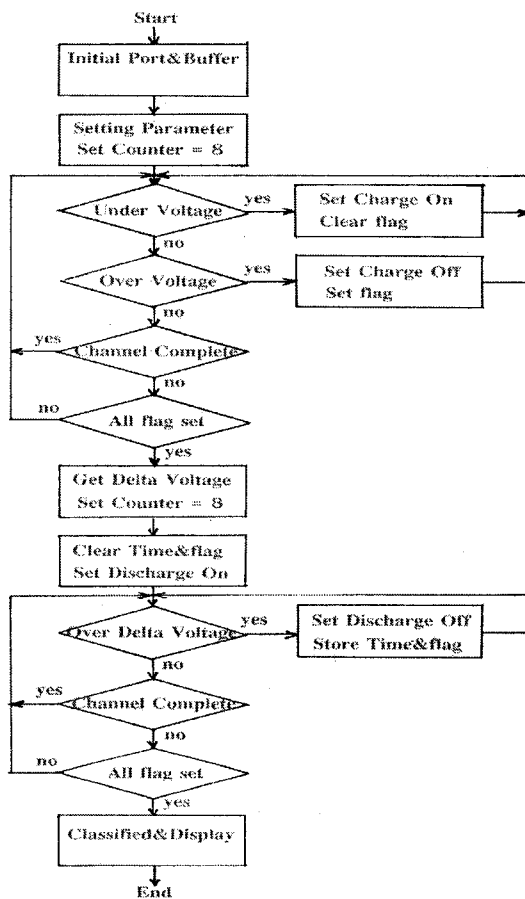
รูปที่ 7 วงจรสวิตช์ชาร์จ/ดิสชาร์จ

2. การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

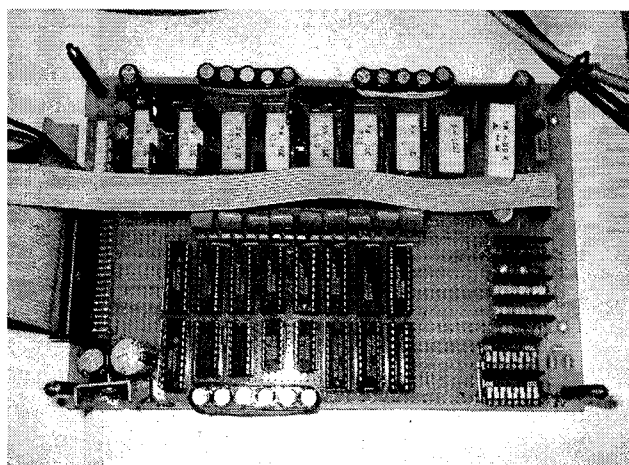
การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ เป็นการออกแบบทางด้านคำสั่ง หรือโปรแกรมการทำงาน ภายในระบบ โดยมีข้อจำกัดทางด้านฮาร์ดแวร์ต่างๆ ที่กำหนดขึ้นไว้ข้างต้น สำหรับผู้ที่สนใจต้องการคัดลอก (Copy) สามารถติดต่อผู้วิจัยได้โดยตรง การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์มีดังนี้

แผนผังโปรแกรมการทำงาน เริ่มจากการกดปุ่มรีเซ็ต (Reset) โปรแกรมจะทำการเคลียร์พอร์ต (Port) และบัฟเฟอร์ (Buffer) รวมทั้งกำหนดค่าเงื่อนไขการทำงานที่ได้จากการกำหนดของดิพสวิตช์ (Dip Switch) บนบอร์ด กำหนดจำนวนลูปการทำงาน ซึ่งแต่ละลูป (Loop) การทำงานจะสัมพันธ์กับช่องทาง (Channel) ของการตรวจสอบ ต่อมาทำการตรวจสอบแรงดันแต่ละช่องทาง หากแรงดันต่ำกว่าจะทำการชาร์จประจุ (Charge On) แต่หากแรงดันสูงกว่าจะทำการยกเลิกการชาร์จประจุ (Charge Off) จนกระทั่งครบจำนวนช่องทาง แล้วทำการตรวจแฟลก (Flag) ทั้งหมด เพื่อแสดงว่าทุกช่องทางถูกชาร์จประจุเต็ม ต่อมาจึงกำหนดค่าแรงดันแตกต่าง (Delta Voltage) และกำหนดลูปการทำงาน แล้วจึงเริ่มทำการดิสชาร์จ (Discharge On) ทำการตรวจสอบแรงดันแต่ละช่องทาง หากแรงดันมีการเปลี่ยนแปลงสูงกว่า (Over Delta Voltage) ก็จะทำยกเลิกการดิสชาร์จ (Discharge Off) เก็บค่าเวลาและกำหนดค่าแฟลก หากแรงดันมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าแรงดันที่ตั้งค่าไว้ ก็จะทำการตรวจสอบช่องทางต่อไป จนกระทั่งครบจำนวนช่องทาง แล้วจึงตรวจแฟลกทั้งหมด เพื่อแสดงว่าทุกช่องทางได้รับการตรวจสอบครบทุกช่องทาง ต่อมาจึงนำข้อมูลเวลาของแต่ละช่องทางนำมาประมวลผล เพื่อแบ่งแยกค่าความจุของแบตเตอรี่แต่ละช่องทาง นำมาแสดงบนหลอดแสดงผล LED และส่งไปยัง

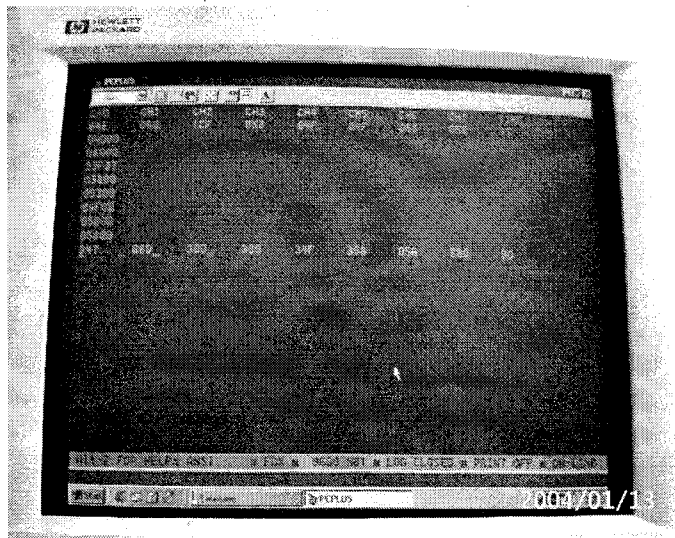
เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลบนจอภาพ



รูปที่ 8 แผนผังโปรแกรมการทำงาน



รูปที่ 9 การแสดงผลบนหลอดแสดงผล LED



รูปที่ 10 การแสดงผลบนหลอดจอภาพ

การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

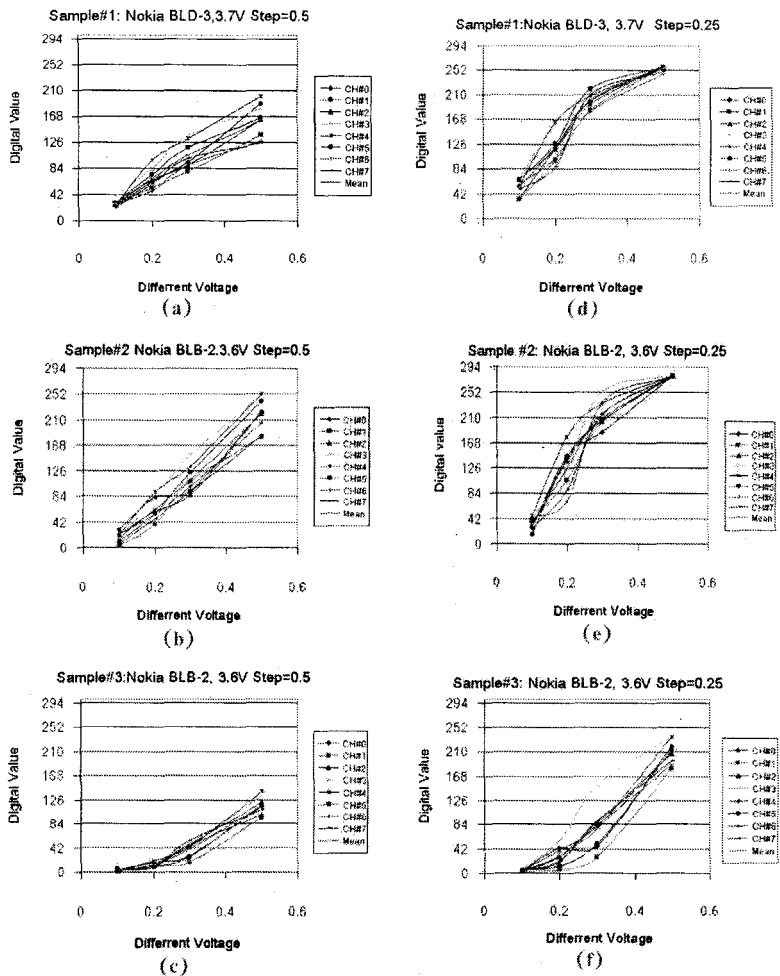
การทดลอง เป็นการทดลองหาคุณสมบัติของแบตเตอรี่ ซึ่งการทดลองถูกจำกัดโดยขนาดของแบตเตอรี่ ซึ่งจะต้องมีขนาดแรงดัน 3.6V เท่านั้น ในการทดลองนี้ใช้แบตเตอรี่ของบริษัท Nokia รุ่น BLD-3 และ BLB-2 จำนวน 3 ก้อน โดยกำหนดเครื่องหมายดังนี้

1. ตัวอย่างที่ #1: เป็นแบตเตอรี่ใหม่ Nokia รุ่น BLD-3 ขนาด 3.7V
2. ตัวอย่างที่ #2: เป็นแบตเตอรี่ทดสอบ Nokia รุ่น BLB-2 ขนาด 3.6V
3. ตัวอย่างที่ #3: เป็นแบตเตอรี่เสื่อม Nokia รุ่น BLB-2 ขนาด 3.6V

สำหรับการทดลองนี้จะทำการทดลองทุกช่องทาง (Channel) ได้แก่ ช่องทางที่ 0 ถึงช่องทางที่ 7 แต่ละช่องทางปรับค่าความเร็ว (Speed) จำนวน 2 ช่วงเวลา คือ Step=0.5S และ Step=0.25S ซึ่งในแต่ละช่องทางความเร็วจะต้องปรับการเปลี่ยนแปลงแรงดัน (Different Voltage) จำนวน 4 ระดับ คือ 0.1V, 0.2V, 0.3V และ 0.5V ตามลำดับ และในการทดลองแต่ละระดับจะต้องทำการทดลอง 2 ครั้ง

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละช่องทาง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละช่องทาง เป็นการวิเคราะห์ผลความแตกต่างของแต่ละช่องทาง โดยมีเงื่อนไขการทำงานที่แตกต่างกัน เมื่อนำแบตเตอรี่เชื่อมกับเครื่องวิเคราะห์แบตเตอรี่ แล้วทำการปรับค่าความเร็วการทำงานที่ Step=0.5S และ Step=0.25S แล้วทำการทดลองสำหรับระดับแรงดันต่างๆ Det=0.1V, 0.2V, 0.3V และ 0.5V ตามลำดับ ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังกราฟรูปที่ 11



รูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละช่องทาง

- (a) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 1 ความเร็ว 0.5S
- (b) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 2 ความเร็ว 0.5S
- (c) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 3 ความเร็ว 0.5S
- (d) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 1 ความเร็ว 0.25S
- (e) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 2 ความเร็ว 0.25S
- (f) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 3 ความเร็ว 0.25S

จากรูปที่ 11(a) สามารถสรุปได้ว่า สำหรับตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ใหม่ มีค่าความชัน (Slope) เฉลี่ยสูงประมาณ $\text{Slope}=335 \text{ Unit/Volt}$ ค่าปริมาณข้อมูลดิจิทัลสูงสุด 200 Unit ที่ระดับแรงดันเปลี่ยนแปลง $\text{Det}=0.5\text{V}$ และมีค่าความผิดพลาดสูงสุด $\text{Error}=38.87 \text{ Unit}$ นั่นคือค่าความ

ผิดพลาดในการแสดงผลด้วยหลอด LED จำนวนหนึ่งหลอด ทั้งนี้เพราะการแสดงผลแต่ละหลอดมีระดับอัตราภาพขึ้น 42 Unit

จากรูปที่ 11(b) สามารถสรุปได้ว่า สำหรับตัวอย่างที่ 2 ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ทดสอบ มีค่าความชัน (Slope) เฉลี่ยสูงกว่าประมาณ $Slope=510 \text{ Unit/Volt}$ ค่าปริมาณข้อมูลดิจิทัลสูงสุด 252 Unit ที่ระดับแรงดันเปลี่ยนแปลง $Det=0.5V$ นั่นคือตัวอย่างที่ 2 จะมีค่าความจุ (Capacity) สูงกว่าตัวอย่างที่ 1 สำหรับค่าความผิดพลาดสูงสุด $Error=37.75 \text{ Unit}$ นั่นคือค่าความผิดพลาดในการแสดงผลด้วยหลอด LED จำนวนหนึ่งหลอดเช่นกัน

จากรูปที่ 11(c) สามารถสรุปได้ว่า สำหรับตัวอย่างที่ 3 ซึ่งเป็นแบตเตอรี่เสื่อม มีค่าความชัน (Slope) เฉลี่ยต่ำมากประมาณ $Slope=282.81 \text{ Unit/Volt}$ ค่าปริมาณข้อมูลดิจิทัลสูงสุด 140 Unit ที่ระดับแรงดันเปลี่ยนแปลง $Det=0.5V$ นั่นคือตัวอย่างที่ 3 จะมีค่าความจุ (Capacity) ต่ำมาก ซึ่งจะสามารถคายประจุได้เร็ว สำหรับค่าผิดพลาดสูงสุด $Error=21.25 \text{ Unit}$ นั่นคือค่าความผิดพลาดในการแสดงผลด้วยหลอด LED จำนวนหนึ่งหลอดเช่นกัน

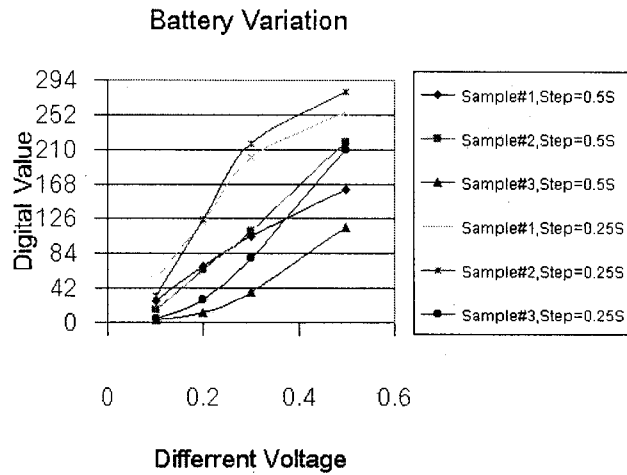
จากรูปที่ 11(d) สามารถสรุปได้ว่า สำหรับตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ใหม่ มีค่าความชัน (Slope) เฉลี่ยสูงขึ้นประมาณ $Slope=738.75 \text{ Unit/Volt}$ ทำให้การอ่านข้อมูลได้ละเอียดสูงขึ้น แต่จะส่งผลทำให้ค่าผิดพลาดสูงขึ้นเช่นกัน $Error=39.82 \text{ Unit}$ และอาจจะทำให้การอ่านค่าเกินความสามารถที่จะอ่านได้ (Overflow) ที่ระดับแรงดันเปลี่ยนแปลง $Det=0.5V$ นั่นคืออาจจะทำให้การแสดงผลด้วยหลอด LED แบบกระพริบได้

จากรูปที่ 11(e) สามารถสรุปได้ว่า สำหรับตัวอย่างที่ 2 ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ทดสอบ มีค่าความชัน (Slope) เฉลี่ยสูงขึ้นเช่นกัน $Slope=921.56 \text{ Unit/Volt}$ ทำให้ค่าข้อมูลที่อ่านได้ละเอียดเช่นกัน แต่จะส่งผลทำให้ค่าผิดพลาดสูงขึ้น $Error=37.75 \text{ Unit}$ และจะมีความแปรปรวนสูง บางครั้งอาจจะอ่านค่าไม่ได้ (Overflow) แสดงว่าคุณสมบัติของตัวอย่างที่ 2 ดีกว่าตัวอย่างที่ 1 หรือสามารถดูได้จากระดับจำนวนของหลอด LED

จากรูปที่ 11(f) สามารถสรุปได้ว่า สำหรับตัวอย่างที่ 3 ซึ่งเป็นแบตเตอรี่เสื่อม มีค่าความชัน (Slope) ต่ำมาก ความชันประมาณ $Slope=362.15 \text{ Unit/Volt}$ ค่าผิดพลาดสูงสุด $Error=76 \text{ Unit}$ นั่นคือความแปรปรวนของข้อมูลสูงมาก ซึ่งจะเห็นได้จากการสว่างของจำนวนหลอด LED มีการเปลี่ยนแปลงมากวนการทดลองแต่ละครั้ง

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบตเตอรี่

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบตเตอรี่ เป็นการวิเคราะห์ผลการทดลอง สำหรับการแบ่งแยกความสามารถของแบตเตอรี่แต่ละชนิด โดยการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม $Step=0.5S$ และกลุ่ม $Step=0.25S$ ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบตเตอรี่

จากรูปที่ 12 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. สำหรับกรณีตั้งค่า Det=0.5V กลุ่ม Step=0.5S สามารถแบ่งแยกความจุได้ โดยดูที่ระดับการแสดงผลบน LED กลุ่ม Step=0.25S จะสามารถดูการคายประจุของแบตเตอรี่ที่เชื่อมต่อได้ ส่วนแบตเตอรี่ที่ดีจะมีอาการการอ่านค่าไม่ได้ (Overflow) การตั้งค่านี้ไม่เหมาะสมกับการทำงาน เพราะจะใช้เวลานานมาก
2. สำหรับกรณีตั้งค่า Det=0.3V กลุ่ม Step=0.5S และ กลุ่ม Step=0.25S สามารถแบ่งแยกความจุได้ แต่บางครั้งอาจมีความผิดพลาดได้หนึ่งระดับหลอด LED
3. สำหรับกรณีตั้งค่า Det=0.2V กลุ่ม Step=0.5S บางครั้งไม่สามารถแบ่งแยกความจุได้ โดยดูที่ระดับการแสดงผลบน LED กลุ่ม Step=0.25S ยังสามารถแบ่งแยกความจุได้เช่นกัน การตั้งค่านี้เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำงาน เพราะจะใช้เวลานานกลาง
4. สำหรับกรณีตั้งค่า Det=0.1V กลุ่ม Step=0.5S และ กลุ่ม Step=0.25S สามารถวัดค่าได้อย่างหยาบมาก บางครั้งอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย แต่เหมาะสมสำหรับวัดค่าอย่างคร่าวๆ เพราะใช้เวลาไม่นาน

เอกสารอ้างอิง

Mr. Gianmarco. **NiCad Battery Analyzer**. Cagliari (ITALY). Available from:/
www.gianmarco.com/analyzer.htm

อียีที. คู่มือการใช้บอร์ด ET-AVR V1.0. กรุงเทพฯ.

Mr.Gianmarco. **Fast Peak Nicad Charger**. Cagliari (ITALY). Available from:/
www.gianmarco.com/charger.htm

Mr.Isidor Buchmann. **Will Lithium-Ion battery power the new millennium?**. Cadex Electronics
Inc., Vancouver BC. Available from: www.buchmann.ca/Article5-Page1.asp