

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24  
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

เครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิทัล  
โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 เพื่อประหยัดพลังงาน  
Measure and Calculate of Energy Power Digital  
by ARM7 Microcontroller for Energy Saving

ชานี ใจประดิษฐ์ธรรม<sup>1</sup> ชัชชัย อุทัยวสิน<sup>2</sup> สันัญชัยยะ ผสมกุลศิลป์<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต  
1761 ถ.พัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 E-mail: [j-chnani@hotmail.com](mailto:j-chnani@hotmail.com) Tel. 02- 321-6930

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์  
19/1 ถ.เพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ

**บทคัดย่อ**

บทความวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิทัล เพื่อประหยัดพลังงาน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 มาควบคุมการทำงาน ซึ่งอาศัยหลักการทำงาน 2 ส่วนคือ ส่วนวัดพลังงานไฟฟ้ากับส่วนประมวลผล โดยส่วนวัดพลังงานนั้นใช้ IC ทำการวัดพลังงานไฟฟ้าที่มีชื่อว่า ADE7755 Energy Metering IC ในการวัดนั้น ADE7755 จะทำการวัดแล้วประมวลผลค่าพลังงานส่งมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่าพลังงานที่ได้จาก ADE7755 แล้วจึงทำการส่งค่าที่ได้ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต RS-232 ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะทำหน้าที่คำนวณผลของค่าพลังงานที่ได้เป็นจำนวนเงินโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Visual Basic หลักการที่ใช้ในการคิดเงินพลังงานไฟฟ้าจะช่วยประหยัดพลังงานได้ และใช้หลักการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวงที่ใช้ในการคำนวณเก็บค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนของคนที่ใช้ไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยประเภทที่ 1.1 และประเภทที่ 1.2 งานวิจัยนี้ใช้โหลดเป็นหลอดไฟ 100 W, 5 หลอด โดยเปิดใช้งานตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 5 เปรียบเทียบกับผลกับมอเตอร์ขนาด ¼ แรงม้า 186 W จำนวน 1 เครื่อง

**คำสำคัญ :** ประหยัดพลังงาน , ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7, เครื่องวัดและคิดเงินพลังงานแบบดิจิทัล

**Abstract**

This research describes an electrical energy measurement and billing calculation by using ARM7 microcontroller as principal core of operation. The main functions can be grouped into 2 parts which are electrical metering module and digital data processing module. ADE 7755 is used in metering. ARM7 counts the pulses that sent from ADE7755 then converts to unit of power. This result data will then be processed by computer server that is connected via RS-232. The billing application software is written, based on MEA regulation type 1.1 and type 1.2. This research used the lamp load is 100 W, 5 tube by use since time 1- 5 hour and comparison between motor ¼ HP, 186 W of a machine.

**Keywords:** Energy saving, ARM7 microcontroller, measure and calculate of energy power digital

## 1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ไฟฟ้าจัดว่าเป็นที่สิ่งสำคัญแทบทุกครัวเรือนที่ต้องใช้ไฟฟ้าคือมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า แต่พลังงานไฟฟ้ามีกระบวนการผลิตมาจากทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ถ่านหินซึ่งใช้แล้วหมดสิ้นไปจึงต้องมีการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการประหยัดพลังงานไฟฟ้านี้เราจำเป็นต้องทราบค่าพลังงานที่ใช้ไป แต่การวัดค่าพลังงานไฟฟ้านี้เราไม่สามารถทราบถึงพลังงานไฟฟ้าได้จากประสาทสัมผัสโดยตรง จึงต้องอาศัยปรากฏการณ์ทางกายภาพเพื่อเปลี่ยนปริมาณพลังงานไฟฟ้าเหล่านั้นให้เป็นปริมาณที่สามารถรับรู้ได้โดยมีวิธีการวัดพลังงานไฟฟ้าเหล่านั้นด้วยวิธีต่างๆ เช่น กิโลวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล(Digital Energy Meter) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ได้นำเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล เพื่อช่วยประหยัดพลังงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 มาควบคุมการทำงาน สามารถหาพลังงานไฟฟ้าออกมาแล้วส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ ด้วยเหตุผลนี้ทำให้ทางผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเนื้อหาการทำงานและหลักการของDigital Energy Meterให้เข้าใจ เพื่อนำไปใช้ในงานจริงและทำการพัฒนาต่อไป

## 2. หลักการ

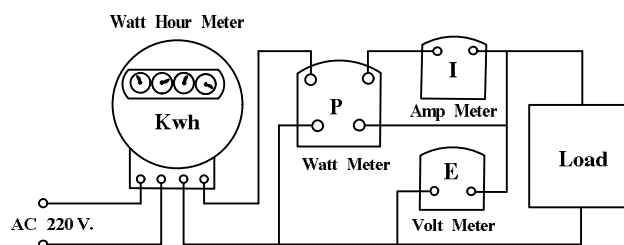
เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าคือเครื่องวัดแบบรวมยอดใช้สำหรับวัดปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้วงจรหนึ่งในเวลาที่กำหนดให้ เครื่องวัดแบบนี้ไม่สามารถที่บอกค่ากำลังของไฟฟ้าโดยตรงคือ ไม่สามารถบอกได้ว่าขณะนี้กำลังไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้า ที่ได้จากการต้องจรมีค่าเท่าไร เพราะว่าการบวกเพิ่มหรือรวมยอดของกำลังไฟฟ้านี้เป็นการรวมปริมาณค่าที่ใช้ไปทั้งหมดซึ่งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ามีหลายแบบด้วยกัน เช่น อุปกรณ์วัดฮาวร์มิเตอร์โดยมีจำนวนรอบทั้งหมดของเครื่องวัด จะเป็นสัดส่วนกับค่าพลังงานไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้า ดังนั้นวงจรสำหรับการปรับแต่งค่าสเกลของวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ได้และจะต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ดังแสดงรูปที่ 1 [1]

สามารถหาจำนวนรอบจากสมการดังนี้

$$N = K \frac{VI \cos \phi t}{3600 \times 1000} \quad (1.1)$$

$$= K \frac{W \cdot t}{3600 \times 1000} \quad \text{รอบ} \quad (1.2)$$

โดย  $K$  คือ ค่าคงที่ของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า  
(จำนวนรอบ/ กิโลวัตต์ชั่วโมง)



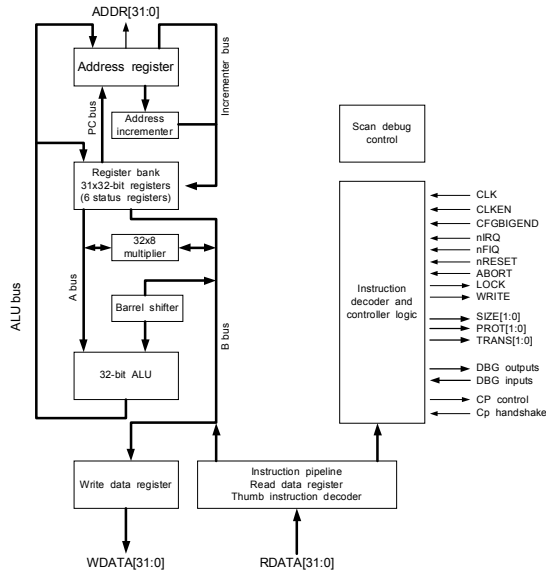
รูปที่ 1 การต่อกิโลวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่น

### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 เป็นซีพียูแบบRISC ขนาด 32 บิต ภายในมีบัสขนาด 32 บิต ตัวเดียวที่สำหรับรับส่งข้อมูลและคำสั่ง ชุดคำสั่งจะมีขนาด 32 บิตคงที่ ในขณะที่ข้อมูลสามารถเลือกได้ว่าจะมีขนาด 8 ,16 หรือ 32 บิต โดยแสดงแกนกลาง(core)ของซีพียู ARM7 ได้ดังรูปที่ 2 โครงสร้างของARM7 จะเป็นแบบที่เรียบง่าย มีชุดคำสั่งไม่มากนัก และประหยัดพื้นที่สารกึ่งตัวนำที่ใช้สร้างพลังงานไฟฟ้า โครงสร้างสถาปัตยกรรมของARM7 จะเป็นแบบ load-and-store ในการประมวลผลข้อมูลใดๆ ต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ เริ่มต้นด้วยการโหลดค่าจากหน่วยความจำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ และนำค่ามาประมวลผลเสร็จแล้วจึงเขียนค่าเก็บในหน่วยความจำดังเดิม [2]

โดยแถมการทำงานในภาพรวมของ LPC2148 หัวใจสำคัญคือ ARM โปรเซสเซอร์ ซึ่งใน LPC2148 ใช้ARM7TDMI-S โดยมีการเชื่อมต่อโมดูลต่างๆ ภายในผ่านทางบัสซีพียูAdvance High-performance bus(AHB) ส่วนโมดูลอุปกรณ์จะส่งผ่านข้อมูลกับบัสเพอริเฟอร์ล(VLSI Peripheral Bus) ข้อมูลจากโมดูล

ทั้งหมดจะส่งมายังส่วนเชื่อมต่อบัส AHB และVPB เพื่อถ่ายทอดไปยังซีพียูต่อไปด้วยการจัดสรรบัสแยก ลักษณะการต่อเช่นนี้ทำให้การทำงานโดยรวมเร็วขึ้น



รูปที่ 2 โครงสร้างแกนกลางของซีพียู ARM7

## 2.2 หลักการทำงานของส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า (ADE 7755)

ส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

2.2.1 ส่วนรับค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุตในส่วนที่เป็นค่ากระแสไฟฟ้า

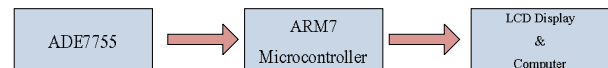
2.2.2 ส่วนรับค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุตที่เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า

2.2.3 ส่วนส่งค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

## 3 หลักการออกแบบ

โครงสร้างโดยรวมของระบบจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้วัดหาพลังงานไฟฟ้ากับส่วนทำการประมวลผล โดยส่วนวัดพลังงานนั้นใช้อุปกรณ์ IC วัดพลังงานไฟฟ้า IC ดังนั้นสัญญาณ Pulse Output ของ ANALOG DEVICES ในการวัดนั้น ADE7755 จะทำการวัดค่าแล้วประมวลผลค่าพลังงานไฟฟ้า ส่งมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้

เป็นชนิดARM7 STM32 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่าพลังงานที่ได้มาจากADE7755แล้ว จึงทำการส่งค่าที่ได้ไปประมวลผลบนหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตRS-232 ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ทำหน้าที่คำนวณผลของพลังงาน ที่ใช้เป็นจำนวนเงินโดยหลักการที่ใช้ในการคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้านี้แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างระบบส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า

## 3.1 วงจรส่วนวัดพลังงาน

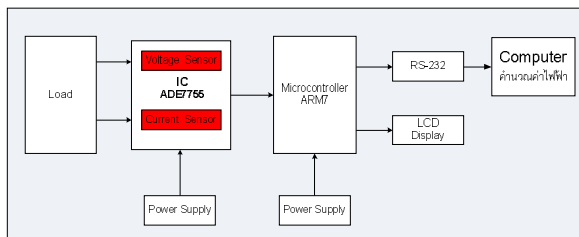
ส่วนวัดพลังงานของ Digital Energy Meter ได้ใช้ IC ADE 7755 ในการวัดหาพลังงานโดยป้อนสัญญาณอินพุตที่เป็นกระแส ทำการรับค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากปุ่มเซนแนล 1 และเซนแนล 2 ของ ADE 7755 โดยADE 7755 มีสัญญาณที่ป้อนมาจะถูกแปลงเป็นดิจิตอล และนำค่าทั้ง 2 ค่าที่ได้มาคูณกัน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าของพลังงานไฟฟ้าออกมา แล้วจึงให้ ADE 7755 ได้ทำการแปลงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้เป็นดิจิตอลให้อยู่ในรูปของความถี่

## 3.2 วงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 [2]

ส่วนวงจร Controller ของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลนี้ โดยในที่นี้ได้ใช้ ARM7 STM32 เป็นตัวControllerที่นำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องวัด และคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล โดยทำการต่อร่วมกับสัญญาณ Output ของ IC ADE 7755 เข้ากับตัว ARM7 STM32 ผ่านทางขา PA00 เพื่อนำค่าพัลส์ที่ได้จากตัว IC ADE 7755 มาทำการคำนวณและแสดงผลออกเป็นค่าพลังงานที่ได้ใช้ไป และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 STM32 ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล เครื่องวัดชนิดนี้ที่สร้างขึ้นได้แสดงผลค่าพลังงานผ่านทางจอ LCD ที่มีขนาด 16 อักขร 2 แถวโดยควบคุมผ่านพอร์ต PC8-PC13

### 3.3 การทำงานของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิทัล

การทำงานของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิทัลจาก Block Diagram แสดงดังรูปที่ 4 เมื่อทำการต่อโหลดใช้งานจะทำให้มีค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ามาที่ขา IC ADE7755 โดย ADE7755 จะมีแรงดัน Sensor และกระแส Sensor ทำการวัดกระแสและแรงดัน จากนั้นก็ทำการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดย IC จะทำการรับสัญญาณอนาล็อกที่ได้แล้วนำมาแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ดังนั้นส่งสัญญาณออกไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการนับสัญญาณที่ได้ออกมาแสดงผลที่หน้าจอ LCD และส่งออกทางพอร์ต RS-232 ไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ คำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าออกมาให้รู้ถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นจำนวนเงิน [1]

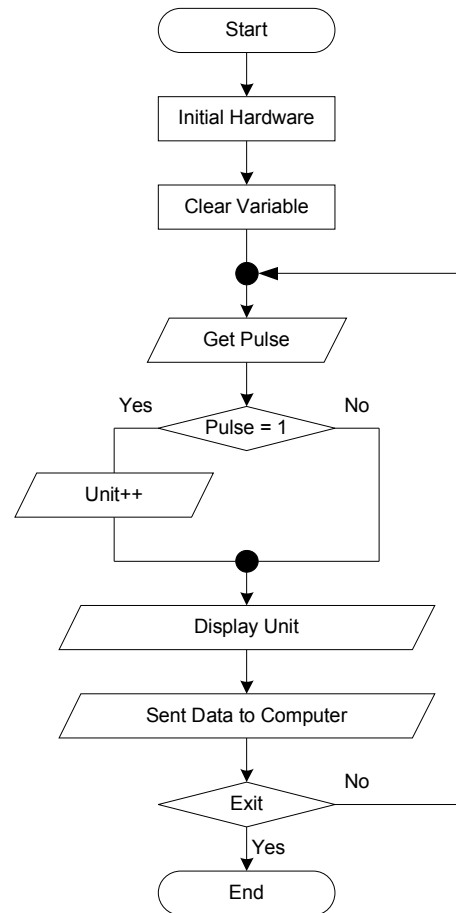


รูปที่ 4 Block Diagram การทำงานของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิทัล

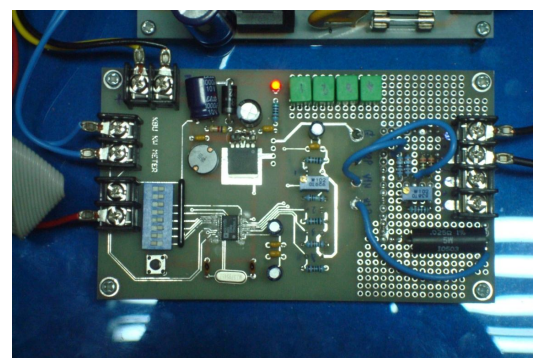
### 4. ผลการทดสอบ

การทำงานเมื่อเปิดเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเคลียร์ข้อมูลในส่วนฮาร์ดแวร์ จากนั้นส่วนวัดพลังงานจะเริ่มการทำงานเมื่อมีโหลดต่ออยู่ ส่วนวัดพลังงานจะมีการส่งค่าออกมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการนับผลที่ออกมาจากส่วนวัดพลังงานโดยนับต่อไปเรื่อยๆเมื่อยังมีโหลดต่ออยู่ แล้วแสดงผลที่นับออกทางจอ LCD พร้อมกันนั้นก็ส่งข้อมูลทั้งหมดไปที่คอมพิวเตอร์ เพื่อการคำนวณผลที่ได้ออกมาเป็นจำนวนเงิน แต่ถ้าเครื่องไม่มีการต่อโหลดอยู่ก็จะไม่มีผลของพลังงานแสดงขึ้นมา ในการแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์นั้นจะแสดงข้อมูลการใช้พลังงาน

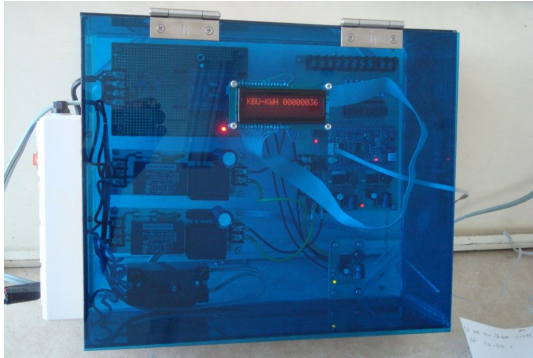
ไฟฟ้าทั้งหมดผ่านการใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 และเมื่อทำการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็จะเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลแสดงดังรูปที่ 5



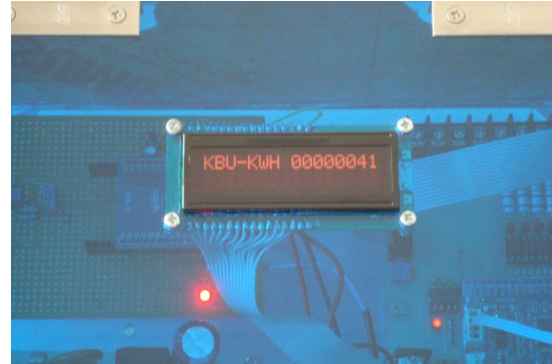
รูปที่ 5 Flow chart โปรแกรมการทำงานของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิทัล



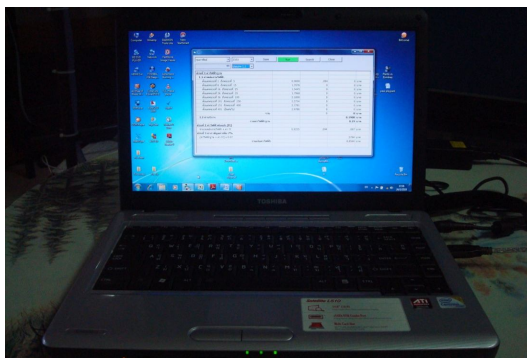
รูปที่ 6 แผงวงจรส่วนที่ใช้วัดพลังงาน IC ADE7755



รูปที่ 7 ชุดอุปกรณ์วงจรทดสอบของเครื่องวัดและ  
คิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิทัล

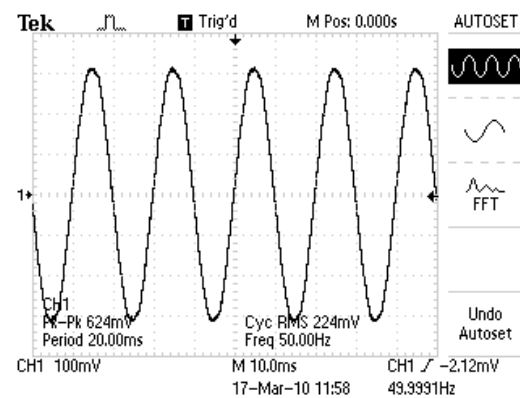


รูปที่ 10 การแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่หน้าจอ LCD



รูปที่ 8 การแสดงผลที่หน้าจอบนเครื่องคอมพิวเตอร์  
จากรูปที่ 8 เป็นการแสดงผลที่หน้าจอบนเครื่อง  
คอมพิวเตอร์ เมื่อทำการต่อเข้ากับชุดวงจรไมโครคอน  
โทรลเลอร์ โดยบอกปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและ  
คำนวณค่าไฟฟ้าออกมาให้ทราบถึงการใช้งานในเวลา  
นั้นว่าใช้ไฟฟ้าไปจำนวนเท่าใดและเป็นเงินเท่าไร

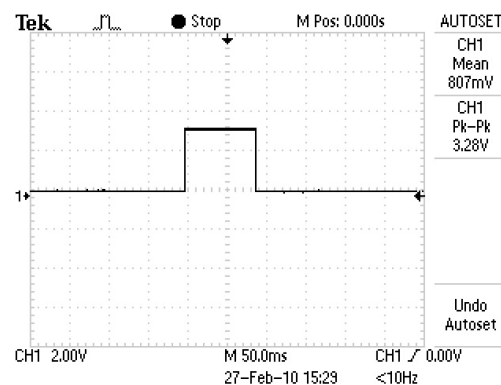
รูปที่ 11 เป็นรูปสัญญาณที่วัดแรงดันไฟฟ้าที่จ่าย  
ให้กับ IC ADE7755 โดยการใช้ Scope วัดแรงดันที่  
ขา 8 V2P แรงดันที่ต้องการจะต้องไม่เกิน 660 mV แต่  
จากการทดสอบนั้นจะได้ที่แรงดัน 624 mV



รูปที่ 11 รูปคลื่นแรงดัน 624mV ที่จ่ายให้ ADE7755



รูปที่ 9 การต่อวงจรทดสอบร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 12 รูปคลื่นสัญญาณความถี่ที่ออกจาก ADE7755

จากรูปที่12 เป็นรูปสัญญาณความถี่ที่วัดออกมาจาก IC ADE7755 เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าครบ 1 วัตต์ ADE7755 ก็จะทำการส่งสัญญาณความถี่ออกมา ซึ่งความเร็วในการส่งจะขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานไฟฟ้า ถ้ามีโหลดที่ต่อใช้งานมากหลายๆวัตต์ความเร็วในการส่งก็จะเพิ่มมากขึ้น

รูปที่ 13 หน้าจอโปรแกรมการคิดค่าบริการประเภทที่ 1.1

รูปที่ 14 หน้าจอโปรแกรมการคิดค่าบริการประเภทที่ 1.2

จากรูปที่ 13 และรูปที่14 เป็นการแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการเลือกเดือน/ ปี ที่ต้องการจะทราบข้อมูลของการใช้พลังงานไฟฟ้า เลือกประเภทการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงผลการคำนวณค่าไฟฟ้าออกมาเป็นจำนวนเงิน และผลการทดสอบของการใช้หลอดไฟ 100 W,5หลอดเมื่อเปิดใช้งานตั้งแต่1 ชั่วโมงถึง 5 ชั่วโมง พบว่าคำนวณจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในระยะเวลาเพิ่มขึ้นทุก1 ชั่วโมงในสถานที่จริงในห้องทำงานของบุคลากรมหาวิทยาลัยฯ และห้องปฏิบัติการทำการวัดและคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าใช้เปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงแล้ว ค่าใกล้เคียงกันเป็นที่น่าพอใจ มีค่าความผิดพลาดเล็กน้อย 3%

ตารางที่ 1 ผลทดสอบโดยใช้หลอดไฟ 100 W,5 หลอด

| เวลาที่ใช้ (ชม.) | พลังงานที่วัด (kWh) | พลังงานที่คำนวณ (kWh) | กระแส (A) | แรงดัน (V) | สัญญาณที่ส่งออก (ครั้ง) |
|------------------|---------------------|-----------------------|-----------|------------|-------------------------|
| 1                | 0.5                 | 0.5                   | 2.17      | 223        | 500                     |
| 2                | 1.0                 | 1.0                   | 2.17      | 223        | 1000                    |
| 3                | 1.5                 | 1.5                   | 2.17      | 223        | 1500                    |
| 4                | 2.0                 | 2.0                   | 2.17      | 223        | 2000                    |
| 5                | 2.5                 | 2.5                   | 2.17      | 223        | 2500                    |

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบโดยใช้มอเตอร์ขนาด ¼ แรงม้า 186 W จำนวน 1 เครื่อง

| เวลาที่ใช้ (ชม.) | พลังงานที่วัด (kWh) | พลังงานที่คำนวณ (kWh) | กระแส (A) | แรงดัน (V) | สัญญาณที่ส่งออก (ครั้ง) |
|------------------|---------------------|-----------------------|-----------|------------|-------------------------|
| 1                | 0.183               | 0.186                 | 1.69      | 225        | 183                     |
| 2                | 0.369               | 0.372                 | 2.17      | 223        | 369                     |
| 3                | 0.556               | 0.558                 | 2.17      | 223        | 556                     |
| 4                | 0.741               | 0.744                 | 2.17      | 223        | 741                     |
| 5                | 0.929               | 0.930                 | 2.17      | 223        | 929                     |

## 5. บทสรุป

ผลการวิจัยพบว่าพลังงานไฟฟ้าส่งผ่านยังไม่โครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่าพลังงานที่ได้มาจาก ADE7755 แล้วส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลที่หน้าจอ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นServer คำนวณผลของค่าพลังงานที่ได้เป็นจำนวนเงิน ทำให้ได้ผลการคิดค่าไฟฟ้าตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยใช้หลักการของการไฟฟ้านครหลวงที่ใช้การคำนวณเก็บค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนที่อยู่อาศัยลักษณะบ้านพักประเภทที่1.1 และที่ 1.2 งานวิจัยสามารถนำไปพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์ช่วยให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดี

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วีระพันธ์ ดิยพัสน. 2546. “ทฤษฎีเครื่องมือและการวัดทางไฟฟ้า”กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สกายบุ๊ก.
- [2] โอภาส ศิริครชิตถาวร.2548. “เรียนรู้และพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ด้วยภาษาซี” กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วน จำกัด กราฟิกเมลอน.