

การสื่อสารข้อมูลความเร็วต่ำผ่านสายส่งกำลังโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

Low Speed Data Communication Based on Power Line Communication Using Microcontroller

มงคล ดาวสว่าง (Mongkol Daosawang)* ดร.กฤษ เฉยไสย (Dr.Krit Choisie)**

ดร.ปานหทัย บัวศรี (Dr.Panhathai Buasri)***

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสื่อสารข้อมูลความเร็วต่ำผ่านสายส่งกำลังโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ภายในบทความจะมีการวิเคราะห์ระดับสัญญาณรบกวนภายในระบบสายส่งเพื่อหาความถี่ของคลื่นพาหะที่เหมาะสม จากนั้นนำความถี่ที่ได้มาออกแบบวงจรรับส่งข้อมูลซึ่งใช้อุปกรณ์ไม่มากต้นทุนต่ำและสามารถเชื่อมต่อกับระบบรับส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวงจรรับส่งข้อมูลที่น่าเสนอใช้งานได้ดีและไม่มีปัญหาอื่นๆ รบกวน

ABSTRACT

This paper presents a low speed data communication through power line cable using microcontroller. This article will analyze a noise level within a grid to determine the appropriate frequency of the carrier. Then, the frequency is used to design the transmitter and receiver circuit with low cost and can be connected to microcontroller directly. The experimental results show that the transmitter and receiver circuit then offer good without disturbing problem.

คำสำคัญ : การสื่อสารความเร็วต่ำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ สายส่งกำลัง

Key Words : Low speed data communication, Microcontroller, Power line cable

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมายอาทิเช่นเครื่องปรับอากาศ, เครื่องปั้มน้ำ เป็นต้น เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีราคาไม่แพงและมีอุปกรณ์เสริมหลายอย่างประกอบอยู่ในเช่น ตัวแปลงค่าอะนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital: A/D) ตัวแปลงค่าดิจิตอลเป็นอะนาลอก (Digital to Analog: D/A) ตัวสร้างความถี่ (Pulse Width Modulation: PWM) ระบบสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter: USART) และอุปกรณ์อื่นๆ

จากข้อได้เปรียบนี้เองคณะของผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเพิ่มศักยภาพให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ด้วยการเพิ่มระบบสื่อสารผ่านสายส่งกำลังเพื่อทำการควบคุมหรือแสดงผลการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ ยกตัวอย่างเช่นแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ และเมื่อทราบข้อมูลการใช้พลังงานแล้วก็สามารถหามาตรการในการประหยัดพลังงานได้ซึ่งจะเป็นผลดีกับผู้ใช้และส่วนรวมตามลำดับ

ข้อดีอีกประการหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายส่งกำลังก็คือไม่มีการติดตั้งสายสัญญาณข้อมูลเพิ่มเติมทำให้สะดวกในการติดตั้งใช้งาน นอกจากนี้การควบคุมหรือแสดงผลการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นใช้จำนวนข้อมูลไม่มากจึงทำให้สามารถใช้งานวงจรรับส่งข้อมูลความถี่ต่ำซึ่งสามารถออกแบบให้มีอุปกรณ์น้อยชิ้นและเมื่อนำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะทำให้มีต้นทุนที่ต่ำได้

การวิเคราะห์สัญญาณรบกวนในสายส่งกำลัง

การออกแบบวงจรรับส่งข้อมูลผ่านสายส่งกำลังนั้นจะต้องทำการศึกษาระดับสัญญาณรบกวนในช่วงความถี่ของสัญญาณรบกวนภายในระบบสายส่งกำลังก่อน (Tanaka, 1988) (Tanaka, 1989) (Yong-tao *et al*, 2010) เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงช่วงความถี่ที่มีระดับสัญญาณรบกวนสูงและเพื่อเลือกช่วง

ความถี่ของคลื่นพาหะที่จะใช้มอดูเลตสัญญาณข้อมูลให้สามารถส่งผ่านไปกับสายส่งกำลังได้

วงจรทดสอบสัญญาณรบกวนภายในสายส่งกำลัง (ภาพที่ 1) โดยที่จุด L และ N นั้นต่อเข้าสายส่งกำลัง 1 เฟส จากนั้นทำการวัดสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ในระบบสายส่งกำลังที่จุด V_o ด้วยออสซิลโลสโคปในช่วงความถี่ต่างๆ สัญญาณรบกวนที่มีในระบบสายส่งกำลังวัดได้ (ภาพที่ 4 และ 5) ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนความถี่ตั้งแต่ 0-5 MHz

จากการวิเคราะห์สัญญาณรบกวนจะเห็นว่าช่วงความถี่ 400-700 kHz มีระดับสัญญาณรบกวนที่สูงคือประมาณ 20-50 dBV ทำให้ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นความถี่ของคลื่นพาหะของระบบรับส่งสัญญาณ ส่วนความถี่ตั้งแต่ 1-5 MHz นั้นมีระดับสัญญาณรบกวนประมาณ 10-18 dBV เท่านั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นความถี่ของคลื่นพาหะของระบบรับส่งสัญญาณ และนำมามอดูเลตสัญญาณข้อมูลเข้าไปในสายส่งกำลัง

การส่งสัญญาณผ่านสายส่งกำลัง

จากผลการวิเคราะห์สัญญาณรบกวนที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าสามารถใช้คลื่นพาหะความถี่ 1-5 MHz เพื่อมอดูเลตข้อมูลได้ในที่นี้คณะผู้วิจัยเลือกใช้ความถี่ต่ำสุดคือ 1 MHz เนื่องจากทำให้สามารถส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่าเมื่อเทียบกับความถี่ที่สูงกว่า โดยอาศัยหลักการที่ว่าในย่านความถี่สูงสายส่งจะมีคุณสมบัติคล้ายอินดักเตอร์ ซึ่งหากมีความถี่สูงขึ้นจะทำให้อิมพีแดนซ์สูงขึ้นตามด้วย จึงทำให้ระดับสัญญาณข้อมูลที่ส่งออกไปมีขนาดเล็กลง ณ จุดรับสัญญาณ นอกจากนี้การทำงานของวงจรที่ความถี่ 1 MHz นั้นสามารถหาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะนำมาใช้สร้างวงจรรับส่งได้ง่าย

วงจรส่งสัญญาณข้อมูลผ่านสายส่งกำลัง (รูปที่ 2) ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ภายในวงจรประกอบด้วยส่วนของข้อมูล (Data) ซึ่งสร้างผ่านอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม และส่วนของตัวกำเนิดความถี่ (Oscillator) ซึ่งสร้างผ่านอุปกรณ์สร้างความถี่ (PWM)

โดยทั้งสองส่วนนี้เป็นโครงสร้างที่มีอยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วไม่จำเป็นต้องสร้างเพิ่มขึ้นมาใหม่ อีก นอกจากนี้ยังมีส่วนของวงจรขยายกำลังความถี่สูง (Muhammad, 2001) ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์และหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง โดยทางต้านทุติยภูมิของหม้อแปลงต่อเข้ากับสายส่งกำลัง

สัญญาณข้อมูลที่เป็นดิจิทัลจะถูกมอดูเลตกับคลื่นพาหะความถี่ 1 MHz ด้วยแอนเทนา (มณฑล, 2543) สัญญาณข้อมูลและสัญญาณพาหะ (ภาพที่ 7) จะส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณเพื่อส่งออกไปในสายส่งกำลัง โดยรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรมีดังนี้

สัญญาณที่จุด a (ภาพที่ 8) ของวงจรส่งสัญญาณเป็นสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตด้วยแอนเทนาแล้ว จากรูปจะเห็นได้ว่าภายใต้สัญญาณข้อมูลมีคลื่นพาหะรวมอยู่ด้วย

สัญญาณที่จุด b (ภาพที่ 9) ของวงจรส่งสัญญาณผ่านสายส่งกำลัง สัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วผ่านตัวเก็บประจุ C1 เพื่อกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Steve, 2002) ออกไปทำให้ที่จุดนี้มีสัญญาณทั้งซิกบวกและซิกลบ

สัญญาณที่จุด c (ภาพที่ 10) ของวงจรส่งสัญญาณผ่านสายส่งกำลัง สัญญาณจะถูกขยายโดยทรานซิสเตอร์และหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทางต้านทุติยภูมิของหม้อแปลงต่อเข้ากับสายส่งกำลัง

การรับสัญญาณจากสายส่งกำลัง

วงจรรับสัญญาณข้อมูลจากสายส่งกำลัง (ภาพที่ 3) ประกอบด้วยตัวเชื่อมสัญญาณจากสายส่งกำลัง L1 และ L2 คลื่นพาหะซึ่งมีข้อมูลรวมอยู่ด้วยจะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งจะขยายเฉพาะคลื่นพาหะความถี่ 1 MHz เท่านั้นโดยการปรับความถี่ของวงจรเรโซแนนซ์ L3, C5

จากนั้นสัญญาณจะถูกปรับระดับแรงดันให้เหมาะสมเพื่อที่จะสร้างเป็นสัญญาณดิจิทัลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในขั้นตอนนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์ Q2 เป็นตัวปรับระดับสัญญาณ และ D1 เป็นตัวตรวจจับข้อมูล (Detector) เพื่อตัดคลื่นพาหะและสัญญาณ

ความถี่สูงอื่นๆออกไปทำให้เหลือเพียงสัญญาณข้อมูลสุดท้ายจะเป็นส่วนที่สร้างสัญญาณแบบตรรกะ (Logic) โดยใช้แอนเทนาเพื่อทำให้ระดับสัญญาณเหมาะสมสำหรับการประมวลผลทางดิจิทัล ผลการทดลองวัดสัญญาณ ณ จุดต่างๆ ของวงจรรับสัญญาณ ขณะส่งสัญญาณผ่านสายส่งเป็นระยะทาง 50 เมตรได้ดังนี้

สัญญาณผ่านสายส่งที่ส่งผ่านตัวเชื่อมสัญญาณ L1 และ L2 นั้นมีขนาดเล็กมากและมีความถี่อื่นๆ นอกเหนือจากคลื่นพาหะที่ต้องการปะปนอยู่ (ไม่สามารถใช้ ออสซิลอสโคปในการแยกสัญญาณได้) แต่เมื่อนำไปผ่านวงจรขยายความถี่สูงซึ่งกรองเอาเฉพาะคลื่นพาหะแล้ว ก็จะสามารถมองเห็นสัญญาณของคลื่นพาหะซึ่งมีข้อมูลรวมอยู่ด้วยอย่างชัดเจน (ภาพที่ 11) และเมื่อนำคลื่นพาหะมาปรับระดับให้เหมาะสมพร้อมทั้งคัดกรองเอาเฉพาะข้อมูลออกมาจะได้สัญญาณข้อมูลซึ่งไม่มีคลื่นพาหะปะปนอยู่แต่ยังมีระดับแรงดันไม่คงที่ (ภาพที่ 12) สุดท้ายเมื่อนำสัญญาณมาผ่านแอนเทนาอีกจะทำให้ได้ระดับแรงดันคงที่ 5 V (ภาพที่ 13) ซึ่งสามารถนำสัญญาณที่ได้นี้ไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการควบคุมหรือการแสดงผลการทำงานได้

การรับและส่งข้อมูลผ่านสายส่งโดยใช้วงจรที่นำเสนอนี้สัญญาณข้อมูลที่ได้รับ (ภาพที่ 13) จะเหมือนกับสัญญาณที่ส่งมาจากวงจรส่งสัญญาณ (ภาพที่ 6) ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าการรับส่งข้อมูลระยะใกล้ (50 เมตร) ไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้เหมาะในการนำระบบนี้ไปประยุกต์ใช้ในครัวเรือนหรือในโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งได้

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์ระดับสัญญาณรบกวนภายในสายส่งกำลังทำให้ทราบระดับและช่วงความถี่ของสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบสื่อสารผ่านสายส่งกำลังทำให้สามารถเลือกความถี่ของคลื่นพาหะและนำไปใช้สำหรับการออกแบบวงจรรับส่งได้

การนำไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีอยู่แล้วในเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ นั้น มาเพิ่มระบบสื่อสารผ่านสายส่งกำลัง ทำให้สามารถออกแบบวงจรรับส่งที่มีอุปกรณ์น้อยชิ้นและมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมหรือแสดงผลการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องติดตั้งสายสัญญาณควบคุมเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลังภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือวัดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณบริษัท เคพีอี รีเซิร์ช จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

มงคลทองสงคราม. 2543. ทฤษฎีดิจิทัล. พิมพ์ครั้งที่ 4.

สำนักพิมพ์ หจก. วี. เจ. ปรีณิตัง

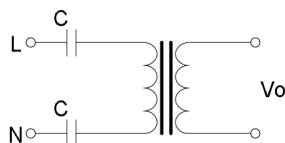
Tanaka, M. 1988. High frequency noise power spectrum, impedance and transmission loss of power line in Japan on intra-building power line communication. IEEE Transactions on Consumer Electronics 34(2): 321-326.

Tanaka, M. 1989. Transmission Characteristics of a Power Line used for Data Communications at High Frequencies. IEEE Transactions on Consumer Electronics 35(1): 37-42

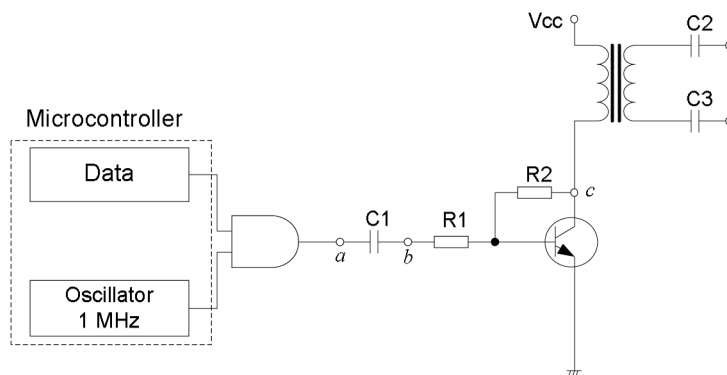
Yong-tao, M., Kai-hua, L., Zhi-jun, Z., Lie-xiao, Y. and Xiao-lin, G. 2010. Modeling the Colored Background Noise of Power Line Communication Channel Based on Artificial Neural Network Wireless and Optical Communications Conference (WOCC), 2010 19th Annual: 1-4

Muhammad, H., Rashid. 2001. Power Electronics Handbook. Edition-In-Chief. Canada: ACADEMIC PRESS.

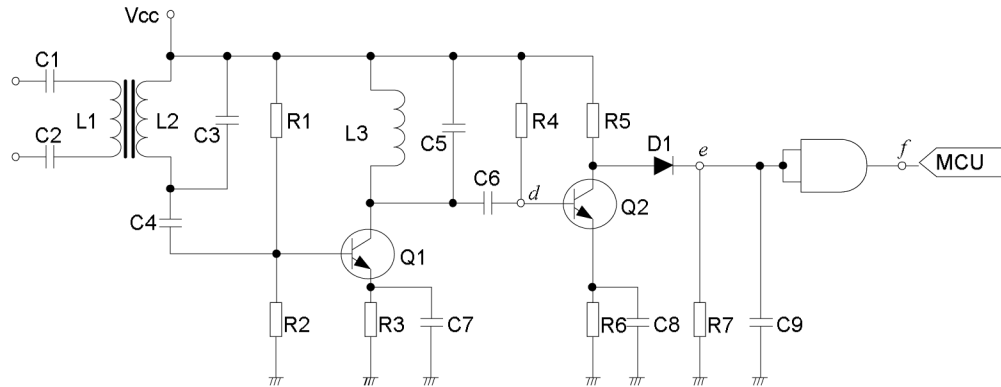
Steve Winder. 2002. Analog and Digital Filter Design. Second Edition. United States of America: Newnes.



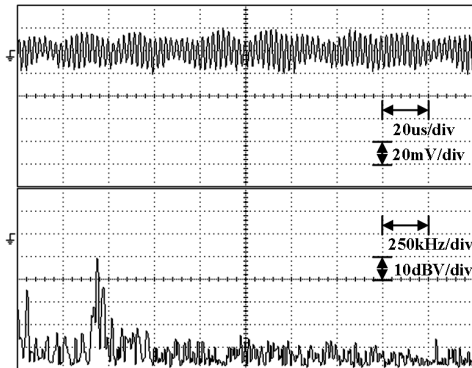
ภาพที่ 1 วงจรการทดสอบสัญญาณรบกวน



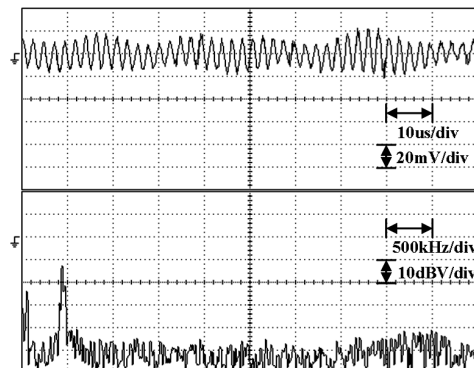
ภาพที่ 2 วงจรส่งสัญญาณข้อมูลผ่านสายส่งกำลัง



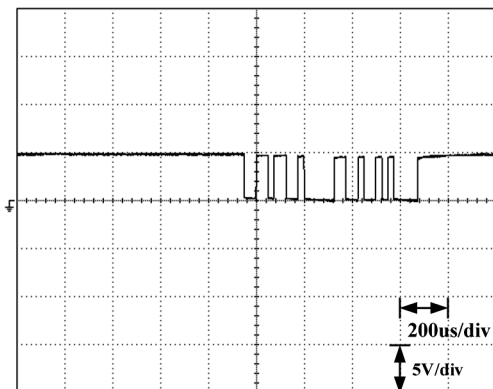
ภาพที่ 3 วงจรรับสัญญาณข้อมูลจากสายส่งกำลัง



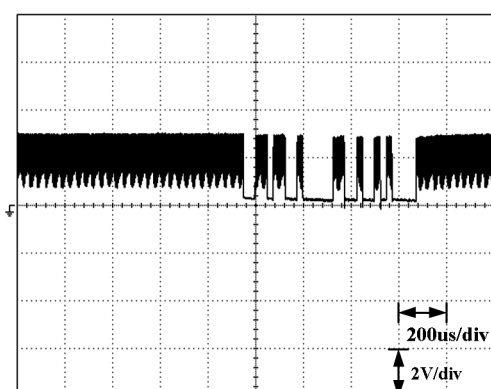
ภาพที่ 4 สัญญาณรบกวนจากสายส่งช่วงความถี่ตั้งแต่ 0-2.5 MHz



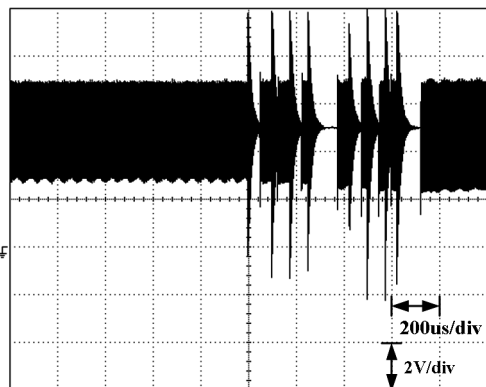
ภาพที่ 5 สัญญาณรบกวนจากสายส่งช่วงความถี่ตั้งแต่ 0-5 MHz



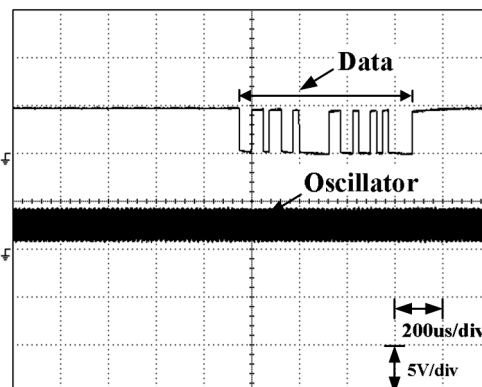
ภาพที่ 6 สัญญาณข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์



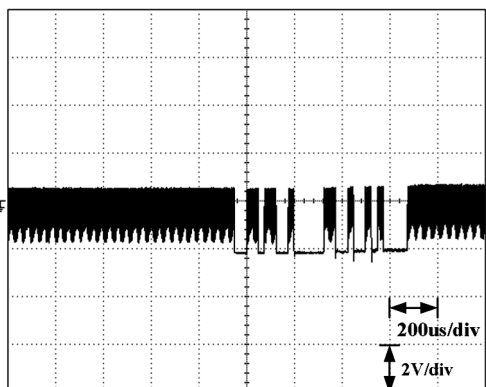
ภาพที่ 7 สัญญาณข้อมูลและคลื่นพาหะ



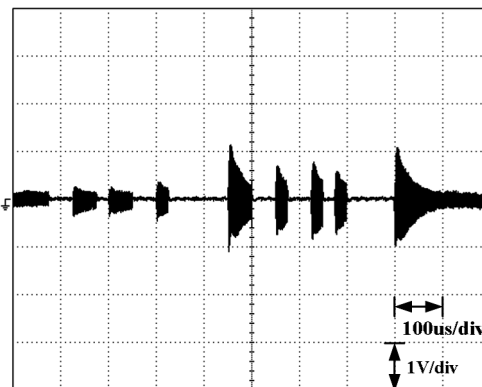
ภาพที่ 8 สัญญาณข้อมูลผ่านสายส่งกำลังที่จุด a ของ วงจรส่ง



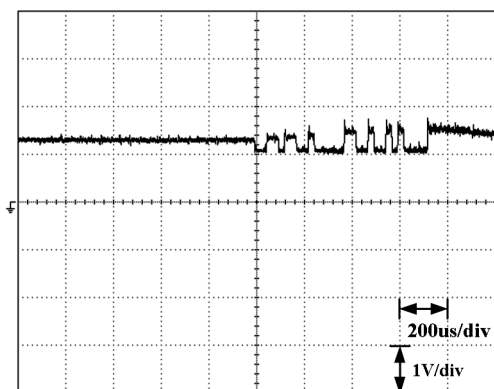
ภาพที่ 9 สัญญาณข้อมูลผ่านสายส่งกำลังที่จุด b ของ วงจรส่ง



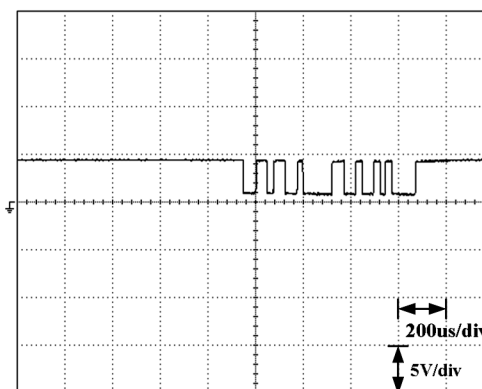
ภาพที่ 10 สัญญาณข้อมูลผ่านสายส่งกำลังที่จุด c ของ วงจรส่ง



ภาพที่ 11 สัญญาณข้อมูลจากสายส่งกำลังที่จุด d ของ วงจรรับ



ภาพที่ 12 สัญญาณข้อมูลจากสายส่งกำลังที่จุด e ของ วงจรรับ



ภาพที่ 13 สัญญาณข้อมูลจากสายส่งกำลังที่จุด f ของ วงจรรับ