

### การออกแบบและควบคุมวงจรรวมสังเคราะห์ความถี่

### โดยใช้อาคูดีโนและโปรแกรม LabVIEW

### Design and Control the Frequency Synthesizer IC using Arduino and LabVIEW

ปิติกันต์ ภัทรภาพการ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

เลขที่ 38 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ โทรศัพท์ 0-2457-0068 ต่อ 5122 E-mail: pitikan2015@gmail.com

#### บทคัดย่อ

บทความนี้จะนำเสนอ วิธีการออกแบบและควบคุมวงจรสังเคราะห์ความถี่ที่เรียกว่า การสังเคราะห์สัญญาณดิจิทัลโดยตรง หรือ ดีเอส ซึ่งเป็นเทคนิคการสร้างสัญญาณอนาล็อกความถี่สูง ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากขบวนการนี้จะมีสัญญาณรบกวนต่ำกว่าวิธีการแบบเดิมๆ โดยใช้อุปกรณ์รวมสังเคราะห์ความถี่ AD9834 ของบริษัท Analog Devices ซึ่งสร้างสัญญาณไซน์และสามเหลี่ยมได้สูงสุดถึง 37.5 MHz และยังสามารถสร้างสัญญาณมอดูเลชั่นทางความถี่และเฟสได้ด้วย โดยบทความนี้จะได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์อาคูดีโนมาทำการควบคุมไอซีและเขียน โปรแกรมควบคุมเพื่อปรับความถี่และรูปคลื่นสัญญาณโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ซึ่งสามารถนำไปทดแทนวงจรกำเนิดสัญญาณแบบเดิมได้

คำสำคัญ: การสังเคราะห์ความถี่, อาคูดีโน, โปรแกรมแลปวิว

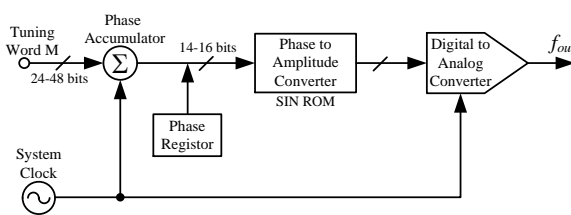
#### Abstract

This article will offer how to design and control frequency synthesis called Direct Digital Synthesis or DDS, which is a technique to generate high-frequency analog signals are widely used because it has low noise than other methods. The Integrated Circuit Frequency Synthesizer AD9834 Analog Devices company which produces sine and triangle signals up to 37.5 MHz and can generated waveform in the frequency and phase modulation. This paper can be applied Arduino microcontroller control IC and programming control to adjust frequency and type of signals using the LabVIEW program, which can implement to the replacement of the traditional oscillator.

Keywords: Frequency Synthesizer, Arduino, LabVIEW

#### 1. บทนำ

การสังเคราะห์สัญญาณดิจิทัลโดยตรง (Direct Digital Synthesis, DDS) คือเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้ในการสร้างสัญญาณอนาล็อกความถี่สูงโดยการนำสัญญาณดิจิทัลที่แปรตามเวลา มาผ่านขบวนการแปลงให้เป็นสัญญาณอนาล็อก โดยระบบ DDS นี้จะสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็วกว่าระบบสังเคราะห์ความถี่แบบเดิมเช่น Phase Lock Loop (PLL), [1] จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในระบบสื่อสาร อุตสาหกรรม หรือเครื่องมือวัดโดยแสดงไดอะแกรมของระบบ DDS ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ไดอะแกรมของระบบ DDS

จากรูปที่ 1 ระบบ DDS ประกอบไปด้วย System Clock ทำหน้าที่สร้างสัญญาณความถี่คงที่ และ Tuning Word M หรือ Frequency Register เป็นสัญญาณดิจิทัลที่กำหนดค่าความถี่ที่ผู้ใช้งานต้องการ นำสัญญาณทั้งสองมารวมกันเป็น Phase Accumulator เพื่อนำไปผ่าน SIN ROM (หรือ sin lookup table) โดยถ้าสัญญาณจาก Phase Accumulator มีค่าตรงกับค่าที่เก็บไว้ใน SIN ROM ก็จะทำให้ SIN ROM ปล่อยสัญญาณดิจิทัลออกมา และนำสัญญาณนี้ไปเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาล็อกต่อไป โดยความถี่ที่ได้จากระบบนี้จะมีค่าเป็นไปตามสมการ

$$f_{OUT} = \frac{M \times f_C}{2^n} \tag{1}$$

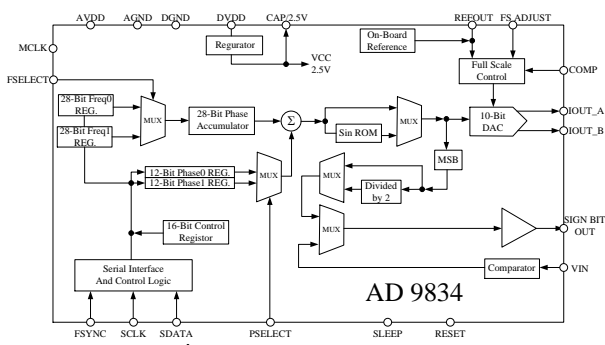
โดย  $f_{OUT}$  คือค่าความถี่จากระบบ DDS, M คือจำนวนบิตของ Tuning Word,  $f_C$  คือค่าความถี่ System Clock และ n คือจำนวนบิตของ Phase Accumulator และจากข้อจำกัดของกฎการคูณตัวอย่าง ทำให้ค่าความถี่  $f_{OUT}$  จะต้องไม่ค่าไม่เกินครึ่งหนึ่งของ  $f_C$  เสมอ



2. วงจรรวม DDS AD9834

2.1 องค์ประกอบของ DDS AD9834

AD9834 เป็นไอซีจากบริษัท Analog Devices เป็น Complete DDS ที่ใช้สัญญาณนาฬิกาได้สูงถึง 75 MHz สามารถสร้างสัญญาณไซน์ได้สูงสุด 37.5 MHz (และยังสามารถสร้างสัญญาณสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมได้ด้วย) ประกอบด้วย Numerically Controlled Oscillator หรือ NCO (Phase Accumulator 28 bit) , Frequency Modulator (Frequency Register 28 bit 2 ตัว) Phase Modulator (Phase Register 12 bit 2 ตัว), SIN ROM, Digital to Analog Converter 10 bit, วงจร Comparator และ Regulator, [2] แสดงไดอะแกรมในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ไดอะแกรมของไอซี AD9834

เนื่องจากไอซีมี Frequency Register 2 ตัว และ Phase Register 2 ตัว เราจึงสามารถสร้างสัญญาณ Frequency Shift Keying (FSK) และ Phase Shift Keying (PSK) ได้โดยการควบคุมที่ขาสัญญาณ FSELECT และ PSELECT ตามลำดับ โดยไอซีสามารถให้สัญญาณอนาล็อกเข้าพุทที่มีค่าความถี่เป็นไปตามสมการ

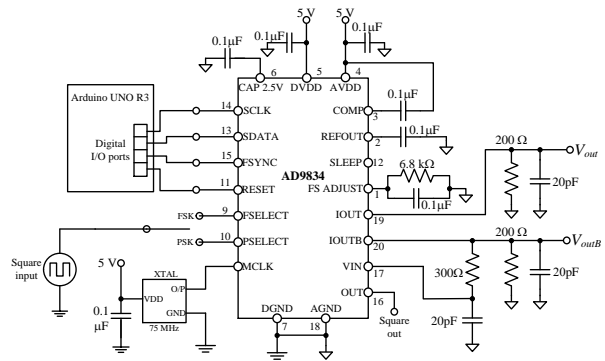
$$f_{OUT} = \frac{FREQ\_REG \times f_{MCLK}}{2^{28}} \quad (2)$$

FREQ\_REG คือค่าดิจิทัลที่บรรจุอยู่ใน Frequency Register  $f_{MCLK}$  ค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาของไอซี

การควบคุมไอซี AD9834 จะใช้โปรโตคอลการสื่อสารชนิดอนุกรม 3 เส้น (3-wire serial interface) หรือ SPI (Serial Peripheral Interface) ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม ทำให้สามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไปชนิด 8 bit มาทำการควบคุมไอซีนี้ได้ เช่นบอร์ด Arduino UNO R3 ที่ใช้ชิพ AVR ATmega238 เป็นต้น

2.2 วงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซี AD9834

จากที่ได้กล่าวมาแล้วผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซี AD9834 โดยจะทำการทดสอบการกำเนิดสัญญาณให้มีความถี่สูงสุดเท่าที่ไอซีจะทำได้ จึงขอเสนอวงจรที่เหมาะสมดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซี AD9834

จากรูปที่ 3 วงจรนี้ประกอบด้วยสัญญาณดิจิทัลอินพุท 6 ขา คือ SCLK SDATA, FSYNC เป็นสัญญาณควบคุมไอซีที่จะถูกควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา RESET มีหน้าที่ลบข้อมูลในรีจิสเตอร์ทั้งหมดขา FSELECT และ PSELECT มีหน้าที่ควบคุมสัญญาณ FSK และ PSK ตามลำดับ และด้านอนาล็อกเข้าพุท ประกอบด้วยขาสัญญาณ I<sub>OUT</sub> และ I<sub>OUTB</sub> ซึ่งจะสร้างสัญญาณไซน์หรือสามเหลี่ยมขึ้นมาพร้อมกันทั้งสองขาสัญญาณแต่จะมีเฟสตรงข้ามกันเสมอ และขา OUT จะสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมขึ้นมา โดยเกิดจากการป้อนกลับสัญญาณไซน์จากขา I<sub>OUTB</sub> และนำไปเข้าขาสัญญาณ V<sub>IN</sub> อีกครั้งหนึ่ง

3. การออกแบบโปรแกรมควบคุมไอซี AD9834 โดยใช้โปรแกรม LabVIEW

เนื่องจากโปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่มีคุณสมบัติการอินเทอร์เฟซเป็นแบบ GUI มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการควบคุมเครื่องมือวัด และการวัดทางวิศวกรรม ผู้วิจัยจึงนำโปรแกรม LabVIEW มาใช้ในการควบคุมบอร์ด Arduino UNO R3 โดยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม LabVIEW version 2014 ร่วมกับ Library LINX 3.0, [3] ซึ่งเป็น Freeware Library ที่สามารถอำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

ในการสร้างวงจรถ่ายสัญญาณนี้ ทางผู้วิจัยได้ขอนำเสนอวิธีการกำเนิดสัญญาณไซน์ สัญญาณสามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยม และสัญญาณ BPSK และ BPSK ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

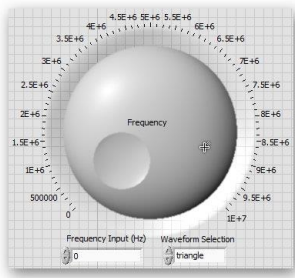
3.1 การออกแบบ Front Panel และ Block Diagram ของโปรแกรม

ในรูปที่ 4 เป็น Front Panel ของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณไซน์ สัญญาณสามเหลี่ยม และสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยออกแบบให้โปรแกรมสามารถปรับความถี่และเลือกรูปคลื่นสัญญาณได้ และในรูปที่ 5 เป็นส่วน Block Diagram ของโปรแกรม LabVIEW

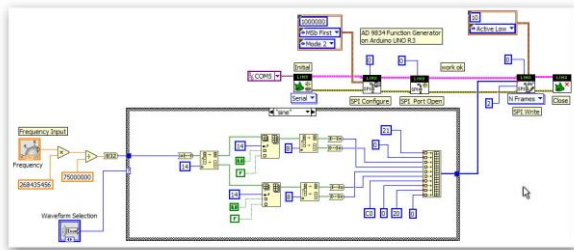
**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

Proceedings of the 9<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)

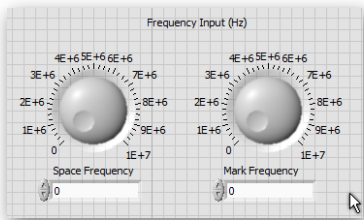


รูปที่ 4 Front Panel ของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณไซน์ สามเหลี่ยม และ สี่เหลี่ยม

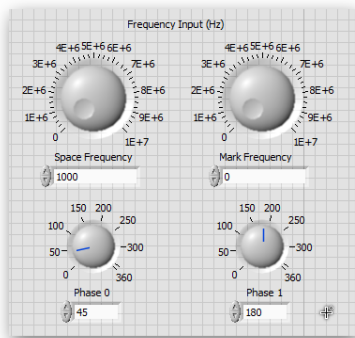


รูปที่ 5 Block Diagram ของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณไซน์ สามเหลี่ยม และ สี่เหลี่ยม

ในรูปที่ 6 เป็น Front Panel ของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณ BFSK ออกแบบให้สามารถปรับ Space และ Mark Frequency ได้ ในรูปที่ 7 เป็น Front Panel ของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณ BPSK ออกแบบให้โปรแกรมสามารถปรับมุมมองการเลื่อนเฟสได้



รูปที่ 6 Front Panel ของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณ BFSK

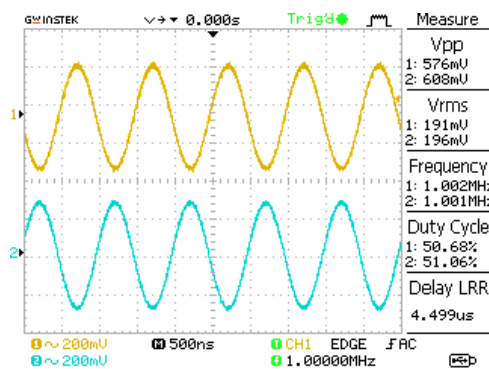


รูปที่ 7 Front Panel ของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณ BPSK

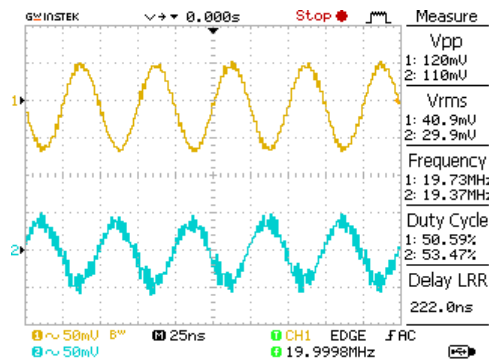
**4. การทดลองและผลการทดลอง**

เมื่อได้ออกแบบสร้างโปรแกรมได้แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการกำเนิดสัญญาณไซน์ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม สัญญาณ BFSK และ BPSK โดยใช้วงจรในรูปที่ 3 โดยทดลองให้ไอซีกำเนิดสัญญาณที่ค่าความถี่ตัวอย่างตามลำดับดังนี้

-ทดลองกำเนิดสัญญาณไซน์ที่ความถี่ 1 MHz โดยแสดงผลรูปคลื่นจาก Oscilloscope ได้ดังรูปที่ 8 โดย Ch1 (รูปคลื่นด้านบน) เป็นสัญญาณ  $V_{out}$  ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ 20 MHz ส่วน Ch2 (รูปคลื่นด้านล่าง) เป็นสัญญาณที่ไม่ผ่านวงจรกรองใดๆ และในรูปที่ 9 ได้ทดลองกำเนิดสัญญาณไซน์ที่ความถี่ 20 MHz



รูปที่ 8 รูปคลื่นสัญญาณไซน์ที่ความถี่ 1 MHz



รูปที่ 9 รูปคลื่นสัญญาณไซน์ที่ความถี่ 20 MHz

-ทดลองกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยมที่ความถี่ 1 MHz โดยแสดงผลรูปคลื่นได้ดังรูปที่ 10 โดย Ch1 เป็นสัญญาณ  $V_{out}$  ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ 20 MHz เพื่อให้สัญญาณไซน์ที่ได้มีความถี่ลดลง ส่วนสัญญาณจาก Ch2 จะไม่ผ่านวงจรกรองความถี่ใดๆ

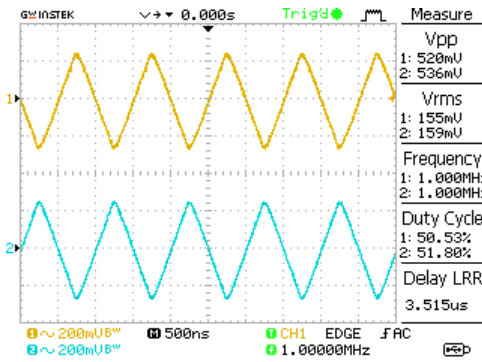
-ทดลองกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ความถี่ 1 MHz โดยแสดงผลรูปคลื่นได้ดังรูปที่ 11 พร้อมสเปกตรัม FFT โดยสัญญาณสี่เหลี่ยมจะปรากฏที่ขา OUT เพียงขาเดียว และมีเพียงสัญญาณเดียว



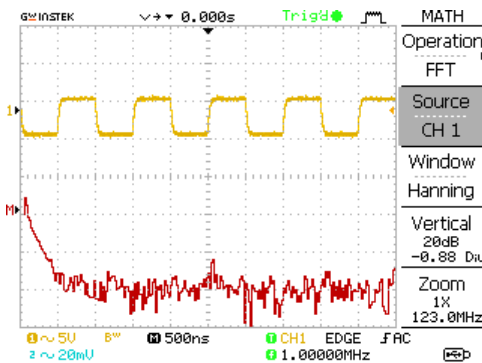
## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

Proceedings of the 9<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)

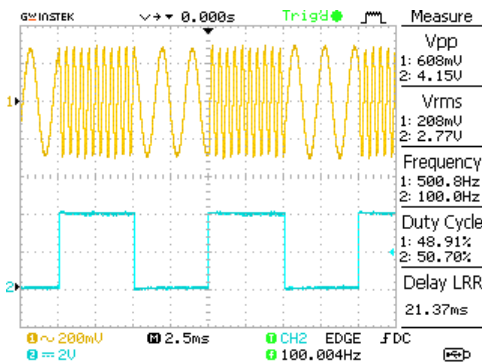


รูปที่ 10 รูปคลื่นสัญญาณสามเหลี่ยมที่มีความถี่ 1 MHz



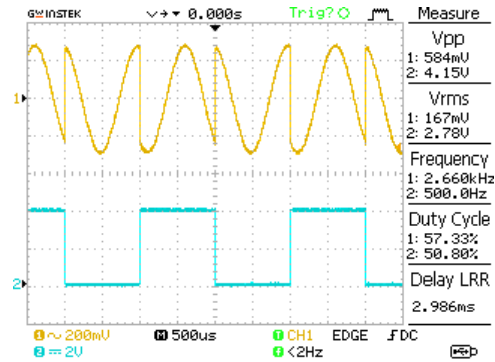
รูปที่ 11 รูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ 1 MHz และสเปกตรัม FFT

-ทดลองกำเนิดสัญญาณ BFSK โดยกำหนดให้ Mark Frequency เท่ากับ 3 kHz และ Space Frequency เท่ากับ 1 kHz โดย Ch1 เป็นสัญญาณ BFSK ที่ขา I<sub>OUT</sub> และ Ch2 เป็นสัญญาณดิจิทัลอินพุต 100 Hz ที่ขา FSELECT แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 รูปคลื่นสัญญาณ BFSK

-ทดลองกำเนิดสัญญาณ BPSK โดยให้ Mark และ Space มีความถี่เท่ากับ 1 kHz เท่ากัน แต่จะให้ลอจิกทั้งสองระดับมีค่าอัตราการเดินทางเฟสต่างกันคือ 0 องศา และ 180 องศา ตามลำดับ โดย Ch1 เป็นสัญญาณ BFSK ที่ขา I<sub>OUT</sub> และ Ch2 เป็นสัญญาณดิจิทัลอินพุต 500 Hz ที่ขา PSELECT แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 รูปคลื่นสัญญาณ BPSK

## 5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ผู้เขียนบทความจะขอสรุปผลทดลอง การวิจัย ปัญหา และข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

จากการทดลองสร้างสัญญาณไซน์พบว่า ไอซี DDS AD9834 สามารถให้ความถี่ได้สูงสุดที่มีความเพี้ยนสูงไม่มากนักจะไม่เกิน 20 MHz ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าที่ทางบริษัทระบุไว้คือ 37.5 MHz ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากสัญญาณดิจิทัลที่อยู่ใน Sin ROM มีอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสม แต่ก็พอจะแก้ไขได้บ้างโดยการใช้วงจรกรองความถี่ต่ำช่วยกรองฮาร์โมนิกออกไป ดังแสดงในรูปที่ 9 ส่วนการสร้างสัญญาณสามเหลี่ยมพบว่าสามารถให้ความถี่ได้สูงสุด (ไม่เพี้ยนมาก) ได้ไม่เกิน 3 MHz และสัญญาณสี่เหลี่ยมสามารถให้ความถี่ได้สูงสุด (ไม่เพี้ยนมาก) ได้ไม่เกิน 4 MHz สำหรับการสร้างสัญญาณ BFSK และ BPSK ก็พบว่าไอซีสามารถสร้างสัญญาณออกมาได้โดยไม่ผิดเพี้ยน โดยสัญญาณดิจิทัลอินพุตควรมีค่าไม่เกิน 1 MHz และเนื่องจากการทดลองนี้ผู้ใช้โปรแกรม LabVIEW เชื่อมต่อเข้ากับบอร์ด Arduino UNO R3 ซึ่งต้องใช้เวลาดำเนินการน้อยในการประมวลผล

## เอกสารอ้างอิง

- [1] E. Murphy and C. Slattery, "All About Direct Digital Synthesis," Analog Dialogue., vol 38-08 , Aug 2004, pp. 1-5.
- [2] L. Riordan , "20 mW Power, 2.3 to 5.5 V, 75 MHz Complete AD9834", Analog Devices USA., 2014.
- [3] M. Schwartz and O. Manickum , "Programming Arduino with LabVIEW," Birmingham: Packt Publishing, 2015.

## ประวัติผู้เขียนบทความ



อ.ปิติกันต์ รัตราชกร จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ปริญญาโทสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม