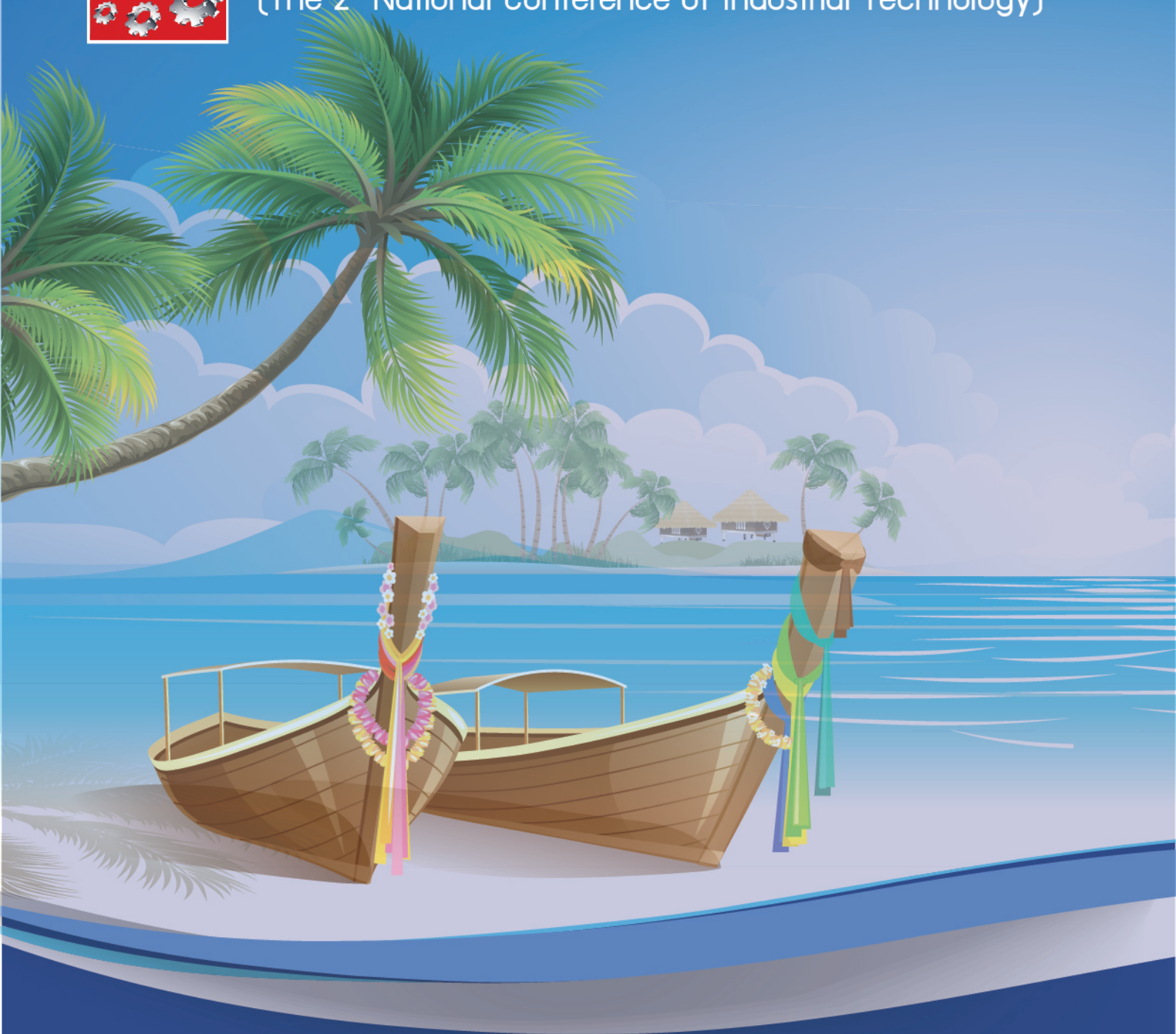




การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 2 (The 2nd National Conference of Industrial Technology)



สาขาของบทความ

กลุ่มไฟฟ้า

กลุ่มเครื่องกล อุตสาหการ การผลิต

กลุ่มอิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม คอมพิวเตอร์

กลุ่มออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กลุ่มการจัดการอุตสาหกรรม

กลุ่มอื่น ๆ

กลุ่มวิจัยเพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้

25 - 26 ตุลาคม 2559

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

สารบัญ

หน้า

กลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

วงจรกำเนิดสัญญาณควอเตอร์โหนดกระแสอันดับสามโดยใช้ CCCFTA 190

การพัฒนาสื่อการสอนทางวิศวกรรมศาสตร์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง 195

การศึกษาด้านการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาบนสื่อออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 201

การพัฒนาชุดทดลองการควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO 208

การพัฒนากล่องส่งงานอัจฉริยะด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 215

ระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติสำหรับแปลงผัก 220

การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากแผ่นกระเบื้องปูพื้นโดยใช้วิธีทางเพียโซอิเล็กทริก 226

กลุ่มเครื่องกล อุตสาหการ การผลิต

กระบวนการขึ้นรูปการถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตรทฤษฎีใหม่ในด้านเครื่องยนตการเกษตร 232

ผลของสัดส่วนพื้นที่ช่องลมออกต่อการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน 237

การหาค่าความร้อนที่เข้าสู่อาคารเพื่อเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี 245

การวางแผนคลังสินค้าแบบสัดส่วนการรับ-ส่งสินค้าร่วมกับหลักการวิเคราะห์แบบ ABC กรณีศึกษา : บริษัทบีซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน) 251

เครื่องขนส่งอุปกรณ์ทางการแพทย์ในโรงพยาบาลขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 257

เครื่องทดสอบגעבודความดัน 264

การออกแบบและสร้างเครื่องอัดกลีบดอกไม้จันทร์ 268

วงจรกำเนิดสัญญาณควอดเรเจอร์โหมดกระแสอันดับสามโดยใช้ CCCFTA A Current-mode Third-order Quadrature Oscillator Based on CCCFTAs

ธาดา คำแดง

สาขาอุตสาหกรรมศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Email : tada.c@tru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์แบบควอดเรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้ current-controlled current follower transconductance amplifier (CCCFTA) ลักษณะเด่นของวงจรถูกนำเสนอ คือสามารถควบคุมเฟสและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณได้อย่างอิสระจากกันด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ วงจรถูกนำเสนอประกอบด้วย CCCFTA จำนวน 3 ตัว และตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวด์อีก 3 ตัว นอกจากนี้แล้ววงจรถูกนำเสนอยังมีเอาต์พุตโวลต์ที่เสถียรซึ่งง่ายต่อการต่อкасцептโน้ตโหมดกระแส ผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice พบว่าวงจรถูกนำเสนอได้สอดคล้องกับที่คาดการณ์ไว้ตามทฤษฎี วงจรมีอัตราการบริโภคกำลังงานเท่ากับ 19.2mW ที่แหล่งจ่ายแรงดัน $\pm 0.8V$

คำสำคัญ: CCCFTA, โหมดกระแส, วงจรกำเนิดสัญญาณ

Abstract

This article presents a current-mode quadrature oscillator using current-controlled current follower transconductance amplifier (CCCFTA) as active elements. The oscillation condition and oscillation frequency can be electronically/orthogonally controlled via input bias currents. The proposed circuit consists of 3 CCCFTAs and 3 grounded capacitors. The proposed circuit, due to high output impedances, is enable easy cascading in current-mode. The PSpice simulation results are depicted, and the given results agree well with the theoretical anticipation. The power consumption is approximately 19.2mW at $\pm 0.8V$ supply voltages.

Keywords: CCCFTA, Current-mode, Oscillator

1. คำนำ

วงจรกำเนิดสัญญาณเป็นวงจรที่มีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น ระบบสื่อสาร ระบบเครื่องมือวัด และระบบประมวลผลสัญญาณ [1] เป็นต้น โดยวงจรกำเนิดสัญญาณนิยมพัฒนาให้สามารถกำเนิดสัญญาณควอดเรเจอร์ หรือสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่มีเฟสต่างกัน 90° เพื่อนำไปใช้ในระบบสื่อสาร เช่น ในการมอดูเลตสัญญาณ SSB เป็นต้น [2-

3] จากการศึกษาพบว่าการสังเคราะห์วงจรกำเนิดสัญญาณ ไซน์ ทั้งในโหมดแรงดันและโหมดกระแสล้วนแล้วแต่เป็นการสังเคราะห์ขึ้นจากฟังก์ชันอันดับสองทั้งสิ้น [4-7]

จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าการสังเคราะห์วงจรกำเนิดสัญญาณจากฟังก์ชันอันดับสอง เมื่อเปรียบเทียบกับวงจรกำเนิดสัญญาณอันดับสาม วงจรกำเนิดสัญญาณอันดับสามจะให้สัญญาณที่มีความเพี้ยนทางฮาร์โมนิคต่ำกว่า [8-11] จึงทำให้มีผู้นำนเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณอันดับสามโดยใช้อุปกรณ์

ชนิดต่างๆ เช่น OTA, วงจรสายพานกระแสยุคที่สองที่ควบคุมด้วยกระแส (CCCII) โดยวงจรใน [9] อยู่ในโหมดแรงดัน ส่วนวงจรใน [10-11] อยู่ในโหมดกระแสแต่ต้องใช้ OTA จำนวน 3 ตัวและ CCCII จำนวน 4 ตัวตามลำดับ จึงอาจทำให้วงจรมีความซับซ้อน

ในทศวรรษที่ผ่านมา มีความพยายามที่จะลดแรงดันไฟเลี้ยงในวงจรอิเล็กทรอนิกส์เนื่องมาจากความต้องการที่ต้องใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิคการทำงานในโหมดกระแส (current-mode) ซึ่งมีข้อดีหลายประการเมื่อเทียบกับเทคนิคการทำงานในโหมดแรงดันได้แก่ มีพิสัยพลวัตกว้าง (larger dynamic range) มีแบนด์วิธกว้าง และบริโภคกำลังไฟฟ้าต่ำ [12]

เมื่อเร็วๆ นี้ ได้มีผู้นำเสนออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใหม่อีกหนึ่งชนิด คือ current-controlled current follower transconductance amplifier (CCCFTA) โดยลักษณะเฉพาะของ CCCFTA มีทรานซิสเตอร์ภายในจำนวนน้อย จึงทำให้มีอัตราดิ่งกำลังไฟฟ้าต่ำ และเมื่อออกแบบเป็นชิปไอซีจะทำให้มีขนาดเล็ก ซึ่งถือได้ว่า CCCFTA เป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์หลายอย่างในการออกแบบวงจรที่มีการประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงจรรองความถี่ และวงจรกำเนิดสัญญาณ [13]

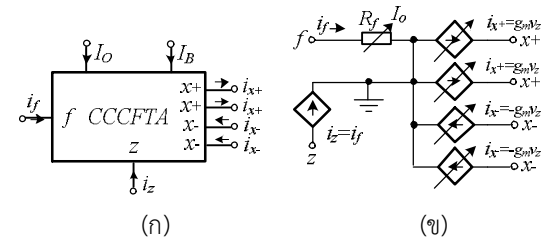
จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น บทความนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเสนอโครงสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณควอดเรเจอร์โหมดกระแส ซึ่งวงจรที่นำเสนอมีข้อดี คือสามารถควบคุมค่าความถี่และเฟสของการกำเนิดสัญญาณได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์อย่างเป็นอิสระต่อกัน สามารถกำเนิดสัญญาณได้ความถี่ในย่านกว้าง โครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อนประกอบไปด้วยเพียง CCCFTA จำนวน 3 ตัว ต่อร่วมกับตัวเก็บประจุที่ลงกราวด์อีก 3 ตัว โดยไม่ต้องใช้ตัวต้านทานภายนอก

2. หลักการทำงานของวงจร

2.1 Current-controlled current follower transconductance amplifier (CCCFTA)

เนื่องจากวงจรที่นำเสนอประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักคือ CCCFTA มีสัญลักษณ์และวงจรสมมูลดังรูปที่ 1 (ก) และ (ข) ตามลำดับ หัวข้อนี้จึงขอกล่าวถึง CCCFTA พอสังเขป

ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของ CCCFTA แสดงด้วยสมการในเชิงเมทริกซ์ได้ดังนี้



รูปที่ 1 สัญลักษณ์ และวงจรสมมูล

$$\begin{bmatrix} v_f \\ i_z \\ i_{x1+} \\ i_{x2+} \\ i_{x1-} \\ i_{x2-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_f & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +g_m \\ 0 & 0 & +g_m \\ 0 & 0 & -g_m \\ 0 & 0 & -g_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_f \\ 1 \\ v_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

โดยที่ CCCFTA จะมีค่าความต้านทานอินพุตที่ขา f (R_f) มีค่าจำกัด ซึ่ง R_f สามารถควบคุมได้จากกระแสไบแอส I_o ดังสมการต่อไปนี้

$$R_f = \frac{1}{g_{mm2} + g_{mm4}}, g_{mmi} = \sqrt{2I_o \mu_0 C_{ox} (W/L)_i} \quad (2)$$

ค่าความนำถ่ายโอนของ CCCFTA สามารถควบคุมได้ที่ I_B ดังแสดงได้ตามสมการที่ (3)

$$g_m = \sqrt{I_B \mu_0 C_{ox} (W/L)} \quad (3)$$

2.2 การวิเคราะห์สมการของวงจรกำเนิดสัญญาณ

หลักการทำงานของวงจรประกอบไปด้วย CCCFTA และตัวเก็บประจุ โดยวงจรกำเนิดสัญญาณควอดเรเจอร์โหมดกระแสอันดับสาม แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรเท่ากับ

$$s^3 C_1 C_2 C_3 + s^2 g_{m2} C_1 C_3 + s g_{m1} g_{m2} C_3 + g_{m1} g_{m2} g_{m3} = 0 \quad (4)$$

จากสมการที่ (4) จะได้เงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณ และความถี่ในการกำเนิดสัญญาณดังนี้

$$g_{m2}C_3 = g_{m3}C_2 \quad (5)$$

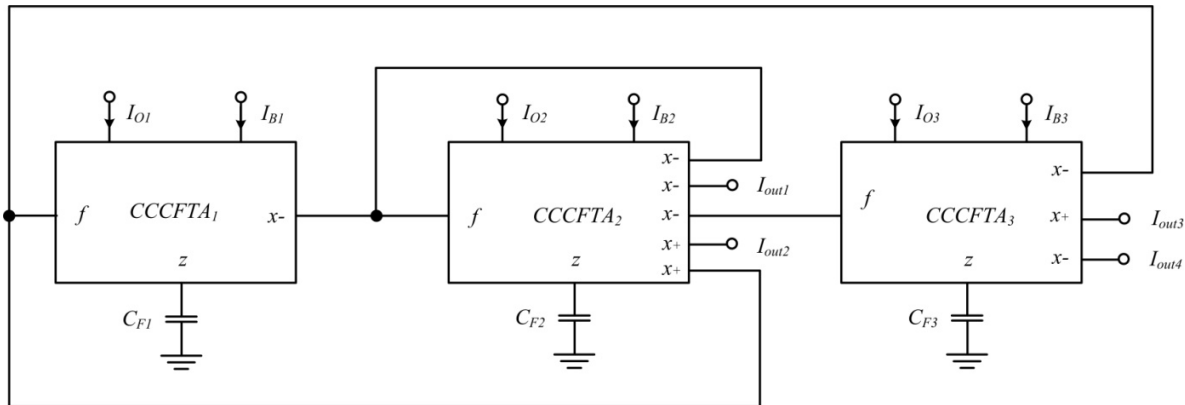
$$\omega_o = \sqrt{\frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (6)$$

จากสมการที่ (3) วงจรจะสามารถปรับเงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณ และความถี่ในการกำเนิดสัญญาณได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์จากกระแส I_{B1} , I_{B2} , และ I_{B3} อย่างเป็นอิสระจากกัน

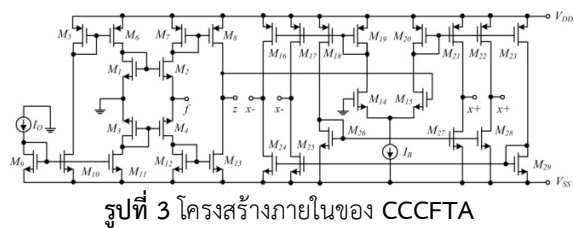
เพื่อยืนยันการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณควอดเทรเจอร์โหมดกระแสอันดับสาม ที่สามารถปรับค่าความถี่ได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้แอกทิฟบิลด์บล็อก CCCFTA ดังรูปที่ 3 ถูกตรวจสอบคุณสมบัติและประสิทธิภาพของการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice และใช้ Model MOSIS $0.5 \mu m$ [13] ซึ่งแรงดันไฟเลี้ยงวงจรที่ใช้มีค่า $V_{DD} = -V_{SS} = 0.8V$, $I_{O1} = I_{O2} = I_{O3} = 300 \mu A$, $I_{B1} = I_{B2} = I_{B3} = 1mA$, และ $C_1 = C_2 = C_3 = 0.5nF$

รูปที่ 4 เป็นสัญญาณเอาต์พุตในสภาวะกำเนิดสัญญาณ และรูปที่ 5 เป็นสัญญาณเอาต์พุตในสภาวะอยู่ตัว ซึ่งพบว่าสัญญาณทั้งสี่เป็นรูปคลื่นไซน์ และมีความต่างเฟสกัน 90° รูปที่ 6 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณที่ความถี่ 550 kHz ซึ่งมีค่าผิดเพี้ยนทางฮาร์โมนิกส์เท่ากับ 7.8%

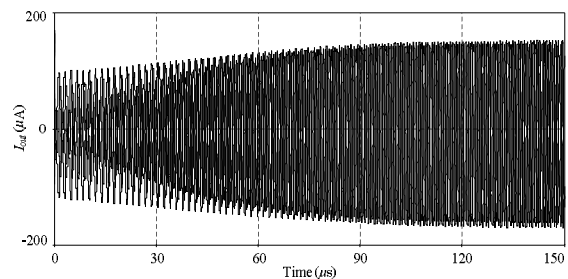
3. ผลการจำลองการทำงาน



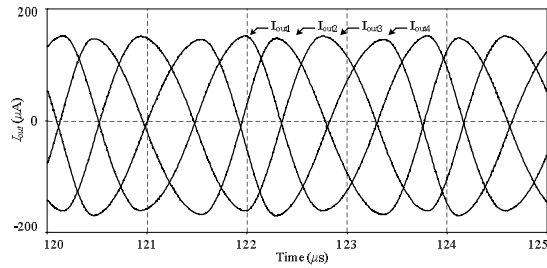
รูปที่ 2 วงจรกำเนิดสัญญาณควอดเทรเจอร์โหมดกระแสอันดับสามที่นำเสนอ



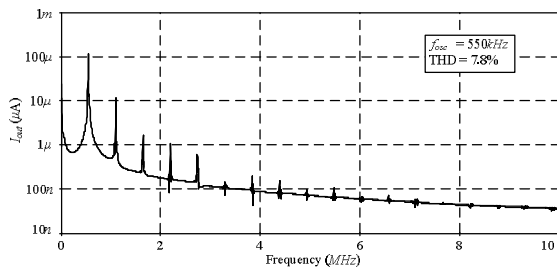
รูปที่ 3 โครงสร้างภายในของ CCCFTA



รูปที่ 4 สัญญาณเอาต์พุตในสภาวะกำเนิดสัญญาณ

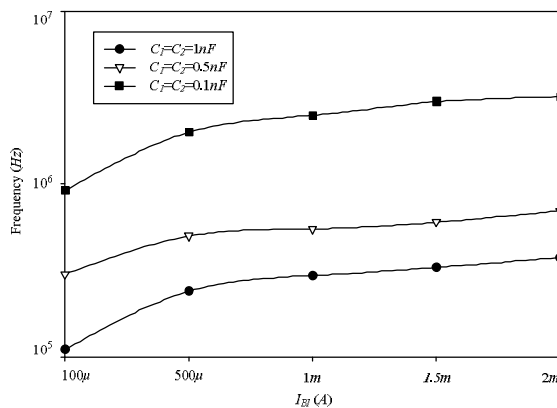


รูปที่ 5 สัญญาณเอาต์พุตในสภาวะอยู่ตัว



รูปที่ 6 สเปกตรัมของสัญญาณที่มีความถี่ 550kHz

นอกจากนี้ได้ทำการปรับเปลี่ยนค่ากระแสไบแอส I_{B1} และกำหนดให้ตัวเก็บประจุ $C_1 = C_2 = C_3$ มีค่า 1 nF, 0.5 nF และ 0.1 nF ตามลำดับ ซึ่งได้ผลดังแสดงในรูปที่ 7 สังเกตได้ว่าค่าความถี่มีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับที่ได้วิเคราะห์ไว้ในสมการที่ (6)



รูปที่ 7 ความถี่ของการกำเนิดสัญญาณเมื่อเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุและกระแสไบแอส I_{B1}

4. ผลการจำลองการทำงาน

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ชนิดควอเตอร์โคมดกระแสโดยใช้เพียง CCCFTA จำนวน 3 ตัว ต่อร่วมกับตัวเก็บประจุที่ลงกราวด์อีก 3 ตัว ทำให้

วงจรสามารถควบคุมความถี่ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ และเป็นอิสระจากเงื่อนไขการกำเนิดสัญญาณ วงจรมีอัตราการใช้พลังงานเท่ากับ 19.2mW ที่แรงดันไฟเลี้ยง $\pm 0.8V$

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] I. A. Khan, and S. Khawaja "An integrable gm-C quadrature oscillator", Int. J. Electron., vol. 87, pp. 1353-1357, 2000.
- [2] R. Holzel "A simple wide-band sine wave quadrature oscillator", IEEE Trans. Instrum., Meas., vol 42, pp 758-760, 1993.
- [3] M.T. Ahmed, I.A. Khan and N. Minhaj "On transconductance-C quadrature oscillators", Int. J. Electron., vol. 83, pp. 201-207, 1997.
- [4] J.J. Chen., C.C. Chen, H.W. Tsao and S.I. Liu, "Current-mode oscillator using single current follower", Electron. Lett., vol. 27, pp.2056-2059, 1991.
- [5] A.R. Vazquez, B.L. Barranco, J.L. Huertas and E.S. Sinencio, "On the design of voltage-controlled sinusoidal oscillators using OTA's", IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 37, pp. 198-211, 1990.
- [6] R. Senani, "Simple sinusoidal oscillator using opamp compensation poles", Electron. Lett., vol.29, pp.452-453, 1993.
- [7] D.R. Bhaskar and R. Senani, "New current-conveyor based single resistance-controlled/voltage-controlled oscillator employing grounded capacitors", Electron. Lett., vol.29, pp.612-614, 1993.
- [8] M.E. Van Valkenburg, Analog filter design, Holt Sounders, 1987.
- [9] P. Prommee and K. Dejhan, "An integrable electronic-controlled quadrature sinusoidal oscillator using CMOS operational transconductance amplifier", Int. J. Electron., vol.89, pp. 365-379, 2002.

- [10] T. Tsukutani, Y. Sumi and Y. Fukui, Y, “Electronically controlled current-mode oscillators using MO-OTAs and grounded capacitors”, Frequenz Journal of Communications, vol. 60, pp.220-223, 2006.
- [11] S. Maheshwari and I.A. Khan, “Current controlled third-order quadrature oscillator”, IEE Proc., Circuits Devices Syst., vol.152, pp. 605-607, 2005.
- [12] C. Toumazou, F.J. Lidgey and D.G. Haigh, Analogue IC design: the current-mode approach, Peter Peregrinus, London, 1990.
- [13] N.Herencsar, j. Koton, K.Vrba, Lahiri, O. Cicekoglu, “Current controlled CFTA-based current-mode SITO universal filter and quadrature oscillatro,” 2010 International Conferent on Applied Electronics (AE), pp.1-4, 2010.