

วงจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนที่มีอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำโดยใช้มอสที่ถูกลง
ไบแอสแบบเกท-บอดี

Low Power Ring Oscillator Using VTCMOS

พัฒนา อินทนี จันท์ อัญญาโพธิ์ ชัยนิยม พลดร และ ธาดา คำแดง
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
833 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

Pattana Intani^{*}, Chan Anyapo, Chainiyom Phondon and Tada Comedang

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology
833 Rama I Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok 10330, THAILAND. E-mail: pattana@ptwit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวงจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวน ซึ่งถูกออกแบบโดยใช้มอสที่ไบแอสแบบเกท-บอดี (VTCMOS) วงจรจะมีอัตราสิ้นเปลืองกำลังงานต่ำ เหมาะสำหรับการออกแบบเป็นวงจรรวมความจุสูงมาก (VLSI) สมรรถนะจากการออกแบบวงจรโดยใช้เทคโนโลยีระดับ 90 นาโนเมตร ที่แรงดันไฟเลี้ยง 0.2 โวลต์ ผลที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSPICE พบว่าที่ความถี่ 1.9 เมกะเฮิรตซ์ วงจรรอสซิลเลเตอร์สิ้นเปลืองกำลังงานเพียง 8.26 พิโกวัตต์ และวงจรสามารถกำเนิดความถี่ได้สูงสุดที่ 104 เมกะเฮิรตซ์ และมีการสิ้นเปลืองกำลังงาน 80.3 ไมโครวัตต์

คำสำคัญ: การไบแอสแบบเกท-บอดี, วงจรรวมความจุสูงมาก

Abstract

This research presents the ring oscillator circuit designed using variable threshold CMOS (VTCMOS). The circuit is low power consumption, suitable for the design of a very large scale integrated circuit (VLSI). The performance circuit is designed using a 90 nm technology at 0.2 V of supply voltage. The simulation results with PSPICE program were found that at the frequency 1.9 MHz, the circuit power consumption is only 8.6 pW and can generate frequency up to 104 MHz, with power consumption of 80.3 μ W.

Keywords: Variable threshold CMOS, Very large scale integrated circuit

Research Paper

*Corresponding author

Received 25 March 2014

Accepted 30 April 2014

1. บทนำ

วงจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวน (Ring Oscillator) เป็นวงจรที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปพบว่าวงจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนใช้เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณเวลาให้กับวงจรรอสซิลเลเตอร์ ปัจจุบันมีผู้สนใจในการพัฒนางจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนไปใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ รวมไปถึงจนถึงเป็นส่วนประกอบของวงจรต่างๆ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของวงจรเป็นจำนวนมาก เช่น วงจรรวมความจุสูงมาก (VLSI), วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก (ADC), เฟสล็อกลูป (PLL), กำเนิดสัญญาณควบคุมแรงดัน (VCO) และ ระบบการแปลงพลังงาน (Converter) เป็นต้น [1, 2]

จากที่กล่าวมาข้างต้นในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นิยมใช้ผลึกควอทซ์ สร้างความถี่สำหรับวงจรกำเนิดสัญญาณ เนื่องจากมีความแม่นยำสูง อีกทั้งเสถียรภาพของสัญญาณที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก (Chemical shift, δ) มีค่าแปรเปลี่ยนเพียง ± 0.1 เฮอร์เซ็นต์ ที่ความถี่ 10 เมกะเฮิร์ตซ์ เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรกำเนิดสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบวงจรรวม (IC) จะมีค่าแปรเปลี่ยนสูงถึง ± 5 เฮอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับความถี่เดียวกัน แต่การออกแบบวงจรด้วยผลึกควอทซ์มีข้อด้อย คือ ทำให้วงจรมีขนาดใหญ่ และไม่สามารถนำไปประกอบในวงจรรวมความจุสูงมาก (VLSI) ได้ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในการออกแบบวงจรในภาคอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงมีการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณแบบใหม่โดยใช้ CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) ซึ่งจะมีข้อดีตรงที่ทำให้วงจรมีขนาดเล็ก และสามารถนำไปใส่รวมในวงจรรวมความจุสูงมาก (VLSI) ได้ [3, 4] การทำงานของวงจรที่สร้างจาก CMOS โดยส่วนใหญ่จะต้องใช้แรงดันไฟเลี้ยงอยู่ที่ประมาณ 0.7 โวลต์ แต่แนวโน้มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาที่มีแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่าย และมีความต้องการแรงดันไฟเลี้ยงที่ต่ำกว่า 0.7 โวลต์ [5] ด้วยเหตุนี้เองได้มีการพัฒนาเทคนิคการทำงานของ CMOS เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงต่ำมาก (Ultra Low Voltage) เช่น Weak Inversion, Level Shifter Techniques, Floating-Gate Approach, Bulk-Driven เป็นต้น ทุกๆ วงจรที่นำเสนอแสดงให้เห็นว่าสามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงที่ต่ำกว่า 0.7 โวลต์ [6]

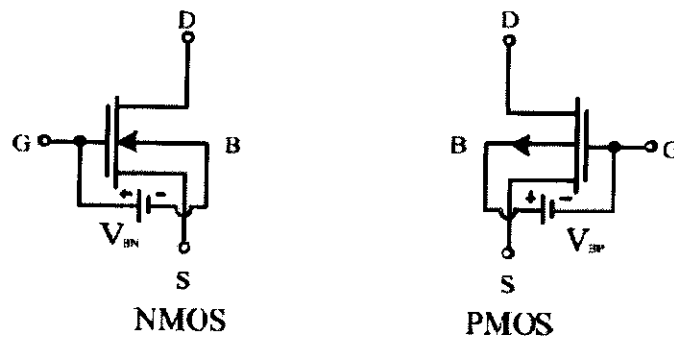
เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการออกแบบวงจรที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ และอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำ โดยใช้ออสซิลเลเตอร์แบบเกต-บอดี (Variable Threshold Voltage CMOS, VTCMOS) ซึ่งทำให้วงจรที่สร้างจาก VTCMOS ทำงานได้ที่ระดับแรงดันเพียง 0.2 โวลต์ [7, 8] อีกทั้งการไบแอสแบบเกต-บอดี ทำให้ช่วงการทำงานกว้าง และความถี่ที่วงจรสามารถทำงานได้ก็เพิ่มขึ้น ดีกว่าการไบแอสแบบเก่ามาก จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคนิคนี้ไปใช้ทดแทนการไบแอสแบบเก่าที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน แต่แรงดันที่ใช้ไบแอสแบบเกต-บอดี (V_{GS}) จะมีความสัมพันธ์กันระหว่างความเร็วในการทำงาน และอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าในวงจร ดังนั้นบทความนี้แนะนำวงจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนโดยใช้ VTCMOS และทำการออกแบบแรงดันไบแอสที่เหมาะสมให้กับ VTCMOS เพื่อให้วงจรที่นำเสนอสามารถทำงานได้ที่ความเร็วระดับปานกลาง และอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำ

2. ทฤษฎีและหลักการทํางานของ VTCMOS

ในงานวิจัยจะใช้มอสที่ถูกลบแอสแบบเกต-บอดี (VTCMOS) มาใช้เป็นอุปกรณ์หลักในการออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวน ดังนั้นในหัวข้อนี้จะขอกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของ VTCMOS พอสังเขป

2.1 การกำหนดแรงดันไบแอสแบบเกต - บอดี

รูปที่ 1 แสดงถึงโครงสร้างของ VTCMOS โดยหลักการทํางานของ VTCMOS เมื่อทำการไบแอสแบบเกต-บอดีนั้น มีการกำหนดแรงดันแรงดันระหว่างเกต-บอดีให้มีค่าคงที่ตลอดช่วงการทํางาน โดย NMOS จะไบแอสให้แรงดันไฟบวก (V_{BN}) เข้าที่ขาเกต ส่วน PMOS จะให้แรงดันไฟลบ (V_{BP}) เข้าที่ขาเกต ซึ่งแรงดันไบแอสระหว่างเกต-บอดี ($V_{GB} = V_{BN} = V_{BP}$) จะมีความสัมพันธ์กับค่าศักดาพื้นผิว (Surface potential, Ψ_s) แสดงได้ดังสมการที่ (1) [9-10]



รูปที่ 1 โครงสร้างของ VTCMOS

$$V_{GB} = V_{FB} + \Psi_s + \gamma \sqrt{\Psi_s + v_t \exp \frac{\Psi_s - 2\phi_F - V_{CB}}{2v_t}} \quad (1)$$

โดยที่

Ψ_s = ศักดาพื้นผิว (Surface potential)

V_{FB} = แรงดันแถบราบ (Flat band voltage)

γ = สัมประสิทธิ์บอดีไบแอส (Body effect factor)

V_{CB} = แรงดันภายในแชนแนล (Channel to substrate voltage)

v_t = ค่าศักดาความร้อน (Thermal voltage)

ϕ_F = ค่าเฟอร์มิของศักย์ไฟฟ้า (Fermi potential)

จากสมการที่ (1) เมื่อแรงดันภายในเซนแนล (V_{CB}) เป็นศูนย์ ค่าของศักดาพื้นผิว (Ψ_s) จะมีการเปลี่ยนแปลงตามแรงดันไบแอสระหว่างเกต-บอดี (V_{GB}) ดังนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่าเราจะสามารถกำหนดโหมดการทำงาน (Weak inversion, Moderate inversion, และ Strong inversion) ของ VTCMOS ได้จากศักดาพื้นผิว (Ψ_s)

2.2 โหมดการทำงานของ VTCMOS

ในงานวิจัยมุ่งเน้นออกแบบวงจรที่มีการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นจะทำการพิจารณาโหมดการทำงานของ VTCMOS ในโหมด Weak Inversion เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ต่ำกว่าค่าแรงดันขีดเริ่ม (Threshold voltage, V_{TH}) เมื่อกำหนดให้

$$(\Psi_s = 2\phi_F + V_P) \leq V_{CB}, \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) เมื่อ $v_i < \Psi_s$ จะได้ค่าศักดาพื้นผิว (Ψ_s) ดังนี้

$$\Psi_{S(V_{GB})} \approx \left(-\frac{\gamma}{2} + \sqrt{V_{GB} - V_{FB} + \frac{\gamma^2}{4}} \right)^2. \quad (3)$$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไบแอสระหว่างเกต-บอดี (V_{GB}) และศักดาพื้นผิว (Ψ_s) ในโหมด Weak Inversion สามารถแสดงค่าของกระแสเดรน (I_{DS}) ได้ในสมการที่ (4) [10]

$$I_{DS} = I_{SO} \cdot e^{\left(\frac{V_P - V_S}{v_i} \right)} - I_{SO} \cdot e^{\left(\frac{V_P - V_D}{v_i} \right)}, \quad (4)$$

เมื่อ V_P คือ แรงดันพินช์ออฟ (Pinch-off voltage) และ I_{SO} คือ ค่ากระแสจำเพาะของทรานซิสเตอร์ (transistor specific current) ซึ่งแสดงได้ในสมการที่ (5) และ (6) ตามลำดับ

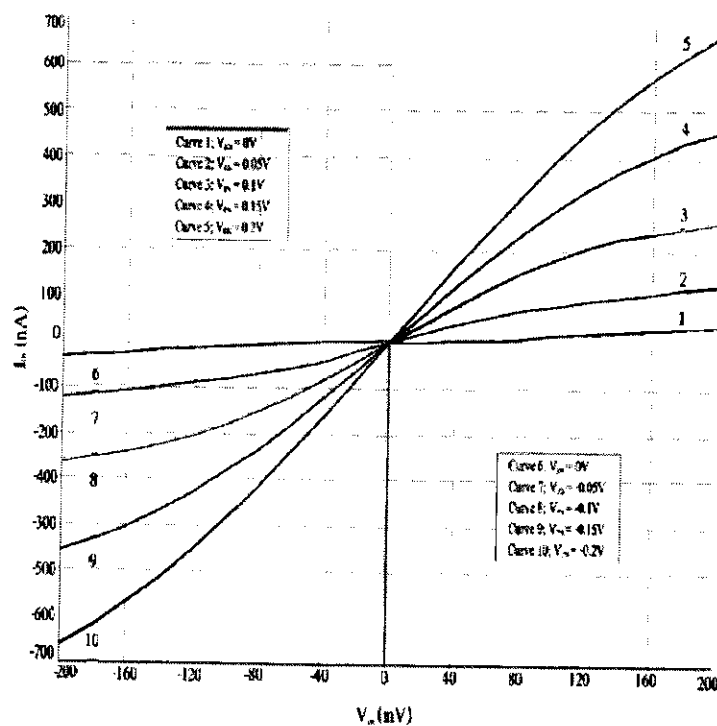
$$V_P = \frac{V_{GB} + V_{TO}}{n}, \quad (5)$$

$$I_{SO} = 2n\mu C_{OX} \frac{W}{L} v_i^2, \quad (6)$$

โดยที่ V_{TO} คือ แรงดันขีดเริ่มเมื่อกำหนดให้ศักดาพื้นผิว (Ψ_s) มีค่าเป็นสองเท่า ของค่าเฟอร์ตักย์ไฟฟ้า (Fermi potential) และ n คือ Slope Factor ดังแสดงในสมการที่ (7)

$$\frac{1}{n} = 1 - \frac{\gamma}{2\sqrt{V_{GS} - V_{TO} + \left(\frac{\gamma}{2} + \sqrt{\Psi_0}\right)^2}} \quad (7)$$

เพื่อยืนยันทฤษฎีและหลักการทํางานของ VTCMOS ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เมื่อปรับค่าแรงดัน แรงดันไบแอส ระหว่างเกต-บอดี ($V_{GB} = V_{BN} = V_{BP}$) ของ VTCMOS มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง ± 0.2 โวลต์ โดยใช้มอสเทคโนโลยีขนาด 90 นาโนเมตร ผลที่ได้จากการจำลองการทํางานโดยใช้โปรแกรม PSPICE สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสเดรน (I_{DS}) ได้ในรูปที่ 2



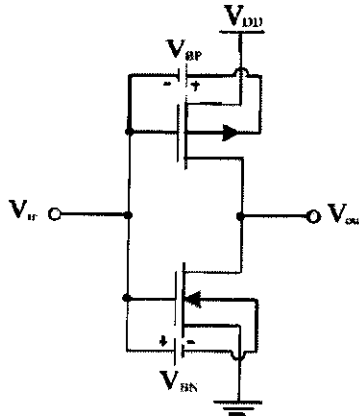
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง I_{DS} - V_{GB} เมื่อ $V_{DS} = \pm 0.2V$

3. หลักการออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวน

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบโดยใช้หลักการของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกันเป็นวงแหวน ในหัวข้อนี้กล่าวถึงหลักการวงจรอินเวอร์เตอร์โดยใช้ VTCMOS รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการสั่นเปลืองกำลังไฟฟ้า ดังนี้ต่อไป

3.1 วงจรอินเวอร์เตอร์โดยใช้ VTCMOS

การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์จะใช้ VTCMOS ประกอบไปด้วย NMOS และ PMOS อย่างละหนึ่งตัว [9] แสดงได้ในรูปที่ 3 และจำนวนอันดับของวงจรอินเวอร์เตอร์ต้องเป็นจำนวนเลขคี่ [1, 4] เพื่อให้สามารถวิเคราะห์เงื่อนไขการกำเนิดสัญญาณได้ โดยใช้ค่าหน่วงเวลาของวงจรอินเวอร์เตอร์ (T) แต่ละวงจรมาทำให้เกิดความถี่ [12] แสดงได้ในสมการที่ (8)



รูปที่ 3 วงจรอินเวอร์เตอร์โดยใช้ VTCMOS

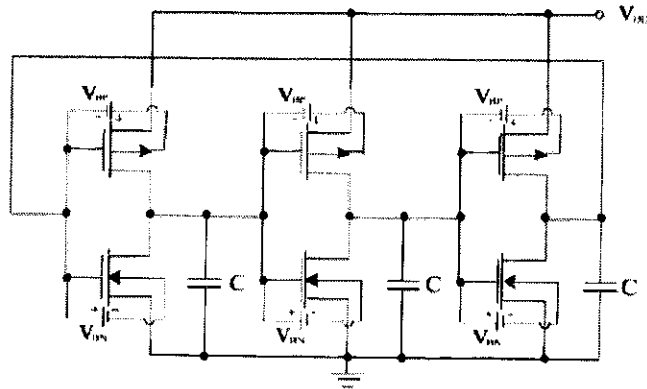
$$F_{CLK} = \frac{1}{nT} \quad (8)$$

เมื่อพิจารณาอัตราการสั่นเปลืองกำลังไฟฟ้าของวงจรออสซิลเลเตอร์จะเกิดขึ้นเมื่อแรงดันอินพุทของอินเวอร์เตอร์มีค่าเข้าใกล้ $V_{DD}/2$ และการสูญเสียเชิงความจุ (Capacitive losses) ที่เกิดจากระยะเวลาการเก็บและคายของอินเวอร์เตอร์ [13] แสดงได้ในสมการที่ (9)

$$P = n \frac{CV_{DD}^2}{T_{CLK}} \quad (9)$$

เมื่อ n คือ จำนวนของวงจรรออินเวอร์เตอร์ที่นำมาต่อกันเป็นวงแหวน และ C คือ ผลรวมของค่าความจุที่ขาออกของอินเวอร์เตอร์

ในงานวิจัยนี้เสนอวงจรรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนโดยใช้วงจรรออินเวอร์เตอร์หน่วงเวลาด้วยตัวเก็บประจุ (Slowing inverters by extra capacitors) เพื่อลดผลของตัวเก็บประจุแบบไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งแปรผันตรงกับขนาดของ VTCMOS ที่ใช้ในการออกแบบวงจร โดยค่าตัวเก็บประจุแบบไม่เป็นเชิงเส้นจะจำกัดความเร็วในการทำงานของวงจร [4, 16] วงจรรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนโดยใช้ VTCMOS แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนโดยใช้ VTCMOS

3.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า

การสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าของวงจรรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนโดยใช้ VTCMOS จากสมการที่ (9) โดยละเลยผลของ Cross conduction losses ของ VTCMOS สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้ดังนี้

$$P = \frac{W}{L} \cdot \frac{V_{DD}^2 (V_{DD} - V_{TM})^2}{2(V_{DD} - 2V_{TM}) \left(\frac{1}{kK_{PP}} + \frac{1}{K_{PN}} \right)} \quad (10)$$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของอัตราส่วนการปรับความกว้าง (W) ของ VTCMOS ($W_p = kW_N$, $L_p = L_N$), และ $K_{PP, PN}$ คือ ค่าความนำไฟฟ้า (Conductance Parameter, $\mu A/V^2$) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (10) การสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าจะไม่ขึ้นอยู่กับค่าของจำนวนของวงจรรออินเวอร์เตอร์ที่นำมาต่อกันเป็นวงแหวน (n) และเมื่อพิจารณาความถี่ของการ

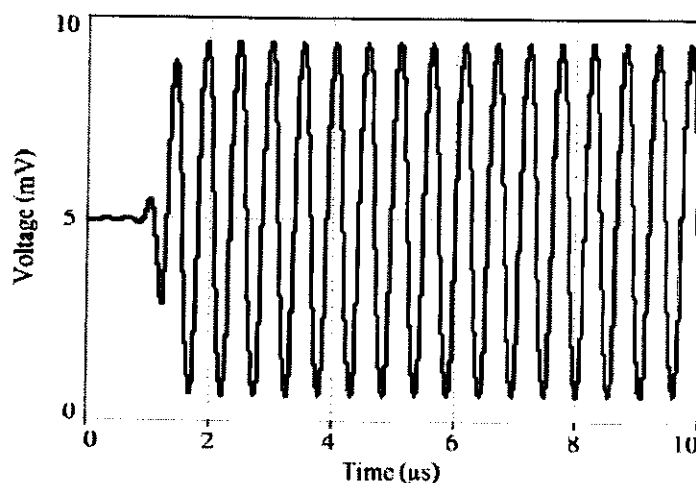
กำเนิดสัญญาณในสมการที่ (8) และพิจารณาค่า T จากสมการที่ (11) จากสมการนี้เราจะเห็นว่าการปรับขนาดของ W จะไม่ส่งผลต่อความถี่ในการกำเนิดสัญญาณ

$$T = \frac{2C_{ox}L^2(k+1)(V_{DD} - 2V_T)}{(V_{DD} - V_{TM})^2} \left(\frac{1}{kK_{PP}} + \frac{1}{K_{PN}} \right). \quad (11)$$

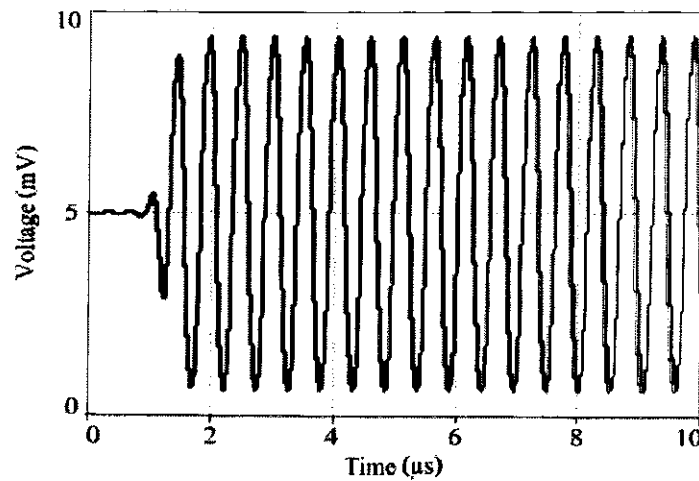
ดังนั้นในการออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนให้มีอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำ จะสามารถทำได้โดยการออกแบบให้ค่าของ W มีค่าต่ำที่สุด และยังสามารถกำหนดความถี่ที่ต้องการนำไปใช้งานได้โดยการปรับขนาดของ L [14-15]

4. ผลจำลองการทำงาน

การออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนในงานวิจัยนี้จะใช้เทคโนโลยีทรานซิสเตอร์ CMOS ขนาด 90 นาโนเมตร ของบริษัท IBM [17] ในการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSPICE โดยค่าของ W จะถูกกำหนดไว้ด้วยอัตราส่วนขนาดต่ำสุดที่ $0.12 \mu\text{m}$ และขนาดของ L จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ $0.12 \mu\text{m}$ โดยที่ $V_{DD} = 0.01 \text{ V}$, $V_{BN,BP} = 0.2 \text{ V}$, และ $C = 0.01 \text{ pF}$ จากผลการจำลองการทำงานวงจรสามารถกำเนิดความถี่ได้ 1.9 MHz และมีอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าเพียง 8.26 pW แสดงได้ในรูปที่ 5 ต่อมาเพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของความถี่กำเนิดสัญญาณในสมการที่ (8) จะปรับขนาดของ $L = 0.08 \mu\text{m}$ ให้มีค่าต่ำที่สุดเพื่อดูผลของความถี่ โดยกำหนดให้ $V_{DD} = 0.41 \text{ V}$, $V_{BN,BP} = 0.2 \text{ V}$, และ $C = 0.01 \text{ pF}$ จากผลการจำลองการทำงานวงจรสามารถกำเนิดความถี่ได้ถึง 104 MHz และสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าเพียง $80.3 \mu\text{W}$ แสดงได้ในรูปที่ 6



รูปที่ 5 ผลของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ขนาด W/L มีค่าเท่ากับ 1



รูปที่ 6 ผลของวงจรรอสซิลเลเตอร์ที่ขนาด W/L มีค่าเท่ากับ 1.5

ผลของวงจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนในรูปที่ 5 และ 6 พบว่าผลการจำลองการทำงานที่ได้ มีความสอดคล้องตามสมการที่ (8) และสมการที่ (10) ตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ข้างต้น ดังนั้นในการออกแบบ หรือการนำวงจรไปใช้งานควรคำนึงถึงการออกแบบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจรให้มีความเหมาะสม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการสรุปการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อความถี่ในการกำเนิดสัญญาณ รวมไปถึงจนถึงอัตราการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า แสดงได้ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวงจร และพัฒนางจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนสำหรับผู้สนใจ

ตารางที่ 1 แสดงถึงการปรับค่าความยาว (L) ของทรานซิสเตอร์เปรียบเทียบกับ การปรับแรงดันไฟเลี้ยง (V_{DD}) ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับสมการที่ (11) ความถี่ในการกำเนิดสัญญาณจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ในกรณีที่ L มีค่าน้อยลง และ V_{DD} มีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้วงจรสามารถปรับความถี่ในการกำเนิดสัญญาณได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 1.90 MHz ถึง 104 MHz

ตารางที่ 2 เป็นผลที่ได้จากการปรับความกว้างของทรานซิสเตอร์ (W) โดยค่า W จะส่งผลต่อการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าจากตารางแสดงให้เห็นว่า ถ้า W มีค่าน้อยการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าก็จะมีค่าลดลงตามไปด้วย และต่อมากจะสังเกตเห็นว่าจากการวิเคราะห์การเพิ่มประสิทธิภาพการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า W จะไม่ส่งผลต่อความถี่ในการกำเนิดสัญญาณ แต่ในทางปฏิบัติความถี่ของสัญญาณจะมีค่าลดลงเล็กน้อย อันเนื่องมาจากการปรับค่า W ของ NMOS มีค่าน้อยจนเกินไป ซึ่งตัวเก็บประจุไม่สามารถคายประจุได้ทันทีทำให้ผลของค่าประจุที่ไม่มีออกไซด์ที่แซนแนล (C_{ox}) มีผลต่อความถี่ในการกำเนิดสัญญาณ

ตารางที่ 1 ความถี่ในการกำเนิดสัญญาณเมื่อปรับขนาดของ L ให้มีขนาดตั้งแต่ 0.08 μm - 0.12 μm เมื่อ $W = 0.12 \mu\text{m}$ และ $V_{DD} = 0.01 - 0.41$ โวลต์

W/L	Ring Oscillator Frequency (MHz)				
	$V_{DD}=0.01\text{V}$	$V_{DD}=0.05\text{V}$	$V_{DD}=0.10\text{V}$	$V_{DD}=0.20\text{V}$	$V_{DD}=0.41\text{V}$
1.50	2.85	14.20	28.40	56	104
1.33	2.55	12.70	25.30	50	97.6
1.20	2.30	11.40	22.10	45	89.9
1.09	2.05	10.40	20.70	41	81.6
1.00	1.90	9.50	19	37	75.1

ตารางที่ 2 อัตราการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าเมื่อปรับขนาด W ให้มีขนาดตั้งแต่ 0.08 μm - 0.12 μm เมื่อ $L = 0.12 \mu\text{m}$ และ $V_{DD} = 0.01$ โวลต์

W/L	Ring Oscillator Power Consumption (Watt)	
	Frequency (MHz)	Power Consumption (pW)
0.67	1.82	5.67
0.75	1.84	6.32
0.83	1.86	6.97
0.92	1.89	7.61
1.00	1.90	8.26

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนโดยใช้ VTCMOS เพราะจะทำให้วงจรที่ออกแบบมีขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับกรออกแบบวงจรด้วยผลึกควอทซ์ อีกทั้งยัง VTCMOS ที่นำมาออกแบบวงจรมันสามารถทำให้วงจรทำงานได้ที่ระดับแรงดันไปเลี้ยงที่ต่ำ 0.01 ถึง 0.41 โวลต์ และมีการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำที่สุดเท่ากับ 5.67 พิโกวัตต์ และการออกแบบใช้เทคโนโลยี CMOS ขนาด 90 นาโนเมตร การวิเคราะห์และออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนในงานวิจัยนี้จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของอัตรา

สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้ากับความถี่โดยการปรับค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ หรือพัฒนาสำหรับ
ผู้ที่สนใจ

เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Arya, K.R. Debasish and K.M. Asish, "Design and Performance Analysis of Ring Oscillators," International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), Vol. 2, No. 7, pp. 2378-2383, 2013.
- [2] A. Richelli, L. Colalongo, M. Quarantelli, M. Carmina, and Zs.M. Kovács-Vajna, "A Fully Integrated Inductor-Based 1.8–6-V Step-Up Converter," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 39, No. 1, pp. 242-245, 2004.
- [3] Y.W. Bai and H.C. Chen, "An Adjustable Design For The Real Time Clock of High-End Server Systems," Proc. IEEE Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 183-188, 2008.
- [4] N. Kiattimaneeerata and E. Leelarasmee, "A Triangular Ring Oscillator with frequency independent of threshold voltage," Proc. The 33rd Electrical Engineering Conference, pp. 1040-1044, 2010.
- [5] H.F. Achigui, C.JB. Fayomi and M. Sawan, "1-V DTMOS-Based Class-AB Operational Amplifier: Implementation and Experimental Results," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.41, No.11, pp. 2440-2448, 2006.
- [6] F. Teb, S. Dabbous and S.A. Vlassis, "A Survey of Non-conventional Techniques for Low-voltage Low-power Analog Circuit Design," Radioengineering. June 2013; 22(2): 415-427. [Online]. Available: Computers & Applied Sciences Complete, Ipswich, MA. [January 17, 2014].
- [7] K. Ragini, M. Satyam, and B.C. Jinaga, "VTMOS Circuits Realization through DTMOS Circuits," International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 2, No. 9, pp. 379-396, 2013.
- [8] Munir A. Al-Absi, (2002). "A new biasing technique for the MOS transistor and its applications in analogue IC design," PhD Thesis, UMIST, Manchester.
- [9] K. Ragini, M. Satyam, and B.C. Jinaga, "VTMOS Circuits Realization through DTMOS Circuits" International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 2, No. 9, 2013.
- [10] N. Weste and K. Eshraghian, (1993). Principles of CMOS VLSI Design, A System perspective, Reading, M.A. Addison - Wesley.
- [11] K. Misiakos and D. Tsamakis, "Accurate measurements of the silicon intrinsic carrier density from 78 to 340 K," Journal of Applied Physics, Vol. 74, No. 5, pp. 3293, 1993.

- [12] G. Jovanovic and M. Stojcev. A method for improvement stability of a CMOS voltage controlled ring oscillators. ICEST 2007, Vol. 2, pp. 715-718, 2007.
- [13] J. Segura and C.F. Hawkins, (2004). "CMOS electronics, how it works, how it fails," Book IEEE edition, ISBN 0-471-47669-2.
- [14] T. Matsuda, et al. "A combined test structure with ring oscillator and inverter chain for evaluating optimum high-speed/low-power operation," Proc. of International Conference on Microelectronic Test Structures, 2003.
- [15] V. Michal, "On the low-power design, stability improvement and frequency estimation of the CMOS ring oscillator," Radioelektronika, International Conference, Vol. 1, No. 4, pp. 17-18, 2012.
- [16] Generating Switched-Capacitor Filter Clock, Application note 724 of MAXIM. Internet: www.maxim-ic.com [January 20, 2014].
- [17] Wafer Electrical Test Data and SPICE Model Parameters: 2014 The MOSIS Service, USC Information Sciences Institute. Internet: <http://www.mosis.com/> [January 20, 2014].

ประวัติผู้เขียนบทความ



ดร.พัฒนา อินทนิ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า มทม. สำเร็จการศึกษาปริญญาโท วศ.ม.วิศวกรรมไฟฟ้า สจล. ระดับปริญญาโท และระดับปริญญาเอก D.Eng. (Energy and Environment Science) Nagaoka University of Technology (Japan) ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

งานวิจัยที่สนใจ: พลังงานทางเลือก อิเล็กทรอนิกส์กำลัง การประมวลสัญญาณดิจิทัล และการออกแบบวงจรรวม



นาย จันทร อัญญาโพธิ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วศ.บ. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน สำเร็จการศึกษาปริญญาโท M.Eng.(Electrical and Electronics Engineering) Nagaoka University of Technology (Japan) ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน

เทคโนโลยีปทุมวัน

งานวิจัยที่สนใจ: พลังงานทางเลือก อิเล็กทรอนิกส์กำลัง



นาย ชัยนิยม พลตร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี ปทส. ไฟฟ้ากำลัง สปท. สำเร็จการศึกษาปริญญาโท คอ.ม.วิศวกรรมไฟฟ้า มจพ. ปัจจุบันเป็นกรรมการผู้จัดการ บริษัทจีเอ็ม ออโตเมชัน จำกัด
งานวิจัยที่สนใจ: อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

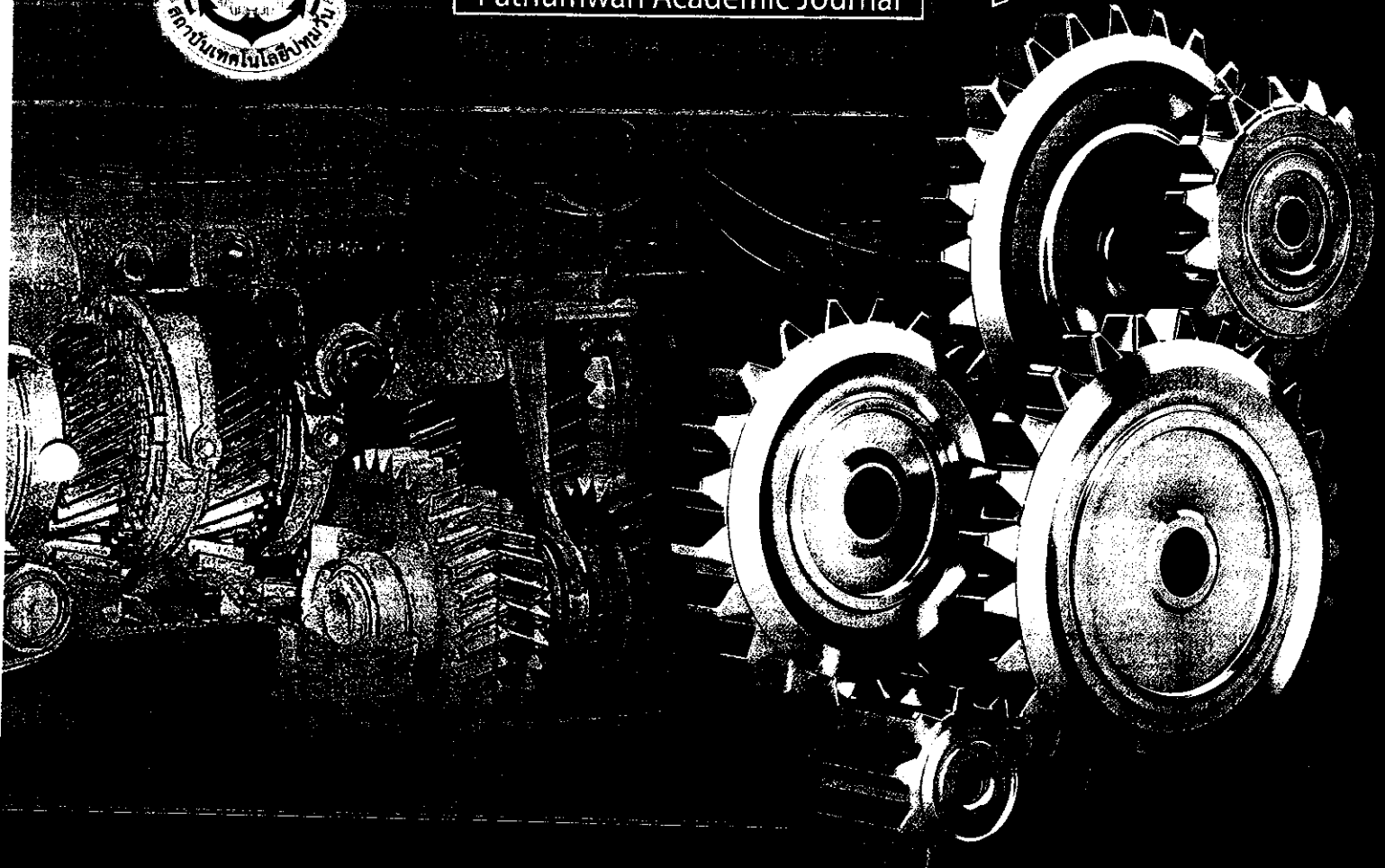


นาย ชาดา คำแดง สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี คอ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า มจพ. สำเร็จการศึกษาปริญญาโท คอ.ม. ไฟฟ้า มจพ. ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
งานวิจัยที่สนใจ: การออกแบบวงจรรวม



วารสาร วิชาการปทุมวัน

Pathumwan Academic Journal



1

สหสัมพันธ์เชิงประจักษ์ในการทำนากำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
Empirical Correlations for Predicting Electric Power of Centrifugal Pump

11

วงจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนที่มีอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำโดยใช้มอสที่ถูกลไบเอสแบบเกตท-บอดี
Low Power Ring Oscillator Using VTCMOS

25

การปรับปรุงเครื่องจักรกลซีเอ็นซีขนาดเบา
The Improvement of CNC Light Machine

37

ภาวะผู้นำเชิงสถานการณ์ของภาครัฐและภาคเอกชนที่ส่งผลต่อการบริหารงานองค์กร
The Situational Leadership of Government Sector and Private Sector Affecting on Organization Management

49

ความขัดแย้งทางความคิดกับประชาธิปไตยในสังคมไทย
Thai Democratic Thought and Conflict

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณากลับกรองบทความวิชาการและบทความวิจัย ฉบับที่ 6 - 9

ศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนากร

ศาสตราจารย์ ดร.สายสมร ถ้ายอง

รองศาสตราจารย์ ดร.จูลินี เทียนไทย

รองศาสตราจารย์ ดร.ชวงค์ พงษ์เจริญพานิช

รองศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร กิณเรศ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิราวรรณ ชินวิริยสิทธิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.เวทิน ปิยวัฒน์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เค่นดวง

รองศาสตราจารย์ ดร.เสถียร รัชญศรีรัตน์

รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพนาน โด

รองศาสตราจารย์ ดร.อุษา ฮัมฟรี

รองศาสตราจารย์กฤษฎา ประศาสน์วุฒิ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ จารุมิศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญยุทธ โกสิทธิ์วงษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณิดา วรรณพิรุณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรณัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรมาศ จันทร์สา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิสรา ทรงศรีวิทยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีศนา เพชรบูรณิน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพรวพิสุทธิ์ จันทร์เทศ

ดร.กฤษณีย์ อุทุมพร

ดร.ชยากร ภูมาศ

ดร.ณัฐญา คุ่มทรัพย์

ดร.ณัฐพล วงศ์เยาว์

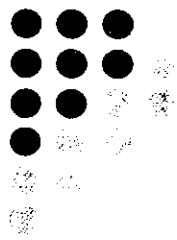
ดร.ธงชัย กลิ่นหรั่ง

ดร.บุญสม บุญบรรณ

ดร.มงคล คำมูล

ดร.วรากร โกศัยเสวี

ดร.อาคม ลักษณะสกุล



Contents

วารสารวิชาการปทุมวัน ปีที่ 4 ฉบับที่ 9 มกราคม - เมษายน 2557
Pathumwan Academic Journal Vol. 4, No. 9, January - April 2014

หน้า

บทความวิจัย

Research Papers

- สหสัมพันธ์เชิงประจักษ์ในการทำนายกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
Empirical Correlations for Predicting Electric Power of Centrifugal Pump
มานพ พิพัฒน์หัตถกุล ทรงธรรม เหล่าสุวรรณ และ ฉัตรชัย เปล่งสะอาด
Manop Pipathattakul, Songtam Laosuwan and Chatchai Plengsaard 1
- วงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนที่มีอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำโดยใช้มอสที่ถูกลง
Low Power Ring Oscillator Using VTCMOS
พัฒนา อินทนิ จันทร์ อัญญา โปธิ์ ชัยนิยม พลนคร และ ธาดา คำแดง
Pattana Intani, Chan Anyapo, Chainiyom Phondon and Tada Comedang 11
- การปรับปรุงเครื่องจักรกลซีเอ็นซีขนาดเบา
The Improvement of CNC Light Machine
จิตติพงษ์ ผิวเผือก อนุวัฒน์ พรหมเดช และ ก่อสุขน ศาตะโยธิน
Chitipong Pewpuak, Anuwat Promdatch and Kosuchon Satayotin 25
- ภาวะผู้นำเชิงสถานการณ์ของภาครัฐและภาคเอกชนที่ส่งผลต่อการบริหารงานองค์การ
The Situational Leadership of Government Sector and Private Sector Affecting on
Organization Management
จิตาภา จันทะบุรี และ ศุภสิทธิ์ จารุพัฒน์ศิริ
Chidapa Chantaburi and Suprasith Jarupathirun 37