

วงจรคลิประแสบวกแบบซีมอสและการ ประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรแปลงสัญญาณ ดิจิทัลเป็นแอนะล็อกแบบใหม่

อดิศักดิ์ มนต์ประภัสสร เสน่ห์ โมตรีจิตร และศักรินทร์ โสหนั่นทะ
1ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรคลิประแสบวกแบบใหม่ที่ใช้มอสเฟตทั้งหมดเพียง 7 ตัวเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้แนะนำการประยุกต์ใช้งานของวงจรคลิประแสที่นำเสนอเป็นวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกโหมตกระแส วงจรคลิปรที่นำเสนอจะประกอบด้วยวงจรสะท้อนกระแสและวงจรเรียงกระแส จุดเด่นของวงจร คลิปรที่นำเสนอคือวงจรสามารถที่จะปรับระดับการคลิปรได้ด้วยกระแส ผลการทดลองเลียนแบบการทำงานของวงจรโดยใช้โปรแกรม PSPICE ด้วยโมเดลของมอสเฟตขนาด 0.5 μm จาก MIETEC เพื่อตรวจสอบการทำงานของวงจรคลิปรและวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกที่นำเสนอพบว่าวงจรคลิปรที่นำเสนอเหมาะกับการประยุกต์ใช้งานในการประมวลผลสัญญาณเชิงเส้นโหมตกระแส วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกที่นำเสนอเหมาะสำหรับแปลงสัญญาณดิจิทัลที่มีจำนวนบิตมากโดยให้ข้อดีในด้านของพื้นที่ชิปที่ใช้

A CMOS Positive Current Clipping and A New D/A Converter Application

Adisak Monpapassorn Sanae Maitreechit and Sakarin Sonanta
Assistant Professor, Department of Electronic Engineering, South-East Asia University

Abstract

This paper presents a CMOS positive current clipping that uses only seven MOSFETs. In addition, an application of the proposed current clipping as a new current mode D/A converter is introduced. The proposed clipping consists of current mirrors and a current rectifier. One can control a clipping point by means of current-controlled, which is a feature. Simulation results by using the PSPICE with a $0.5\ \mu\text{m}$ MOSFET (MIETEC) show that the proposed clipping and the proposed D/A converter are suitable for application in current mode analogue signal processing. The proposed current mode D/A converter is suitable for converting the many-bits digital signal with the advantage in view of a chip area.

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าวงจรคลิปปริสทธิภาพสูงจะใช้โอปแอมป์ร่วมกับซีเนอร์ไดโอด [T.L. FLOYD, 1994] ซึ่งเป็นวงจรในโหมดแรงดัน โดยจุดคลิปปสามารถกำหนดได้ด้วยค่าแรงดันของซีเนอร์ไดโอด การที่จะเปลี่ยนจุดคลิปปของวงจรจะต้องเปลี่ยนซีเนอร์ไดโอดซึ่งค่อนข้างยุ่งยากและยังไม่เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านการควบคุมอัตโนมัติ นอกจากนี้ การใช้โอปแอมป์ซึ่งทราบกันดีอยู่แล้วว่ามีค่าความถี่ทำงานไม่สูงมาก ใช้แรงดันและกำลังงานสิ้นเปลืองสูง และวงจรของโอปแอมป์ส่วนมากยังใช้ตัวต้านทานแบบเพสซีฟเป็นส่วนประกอบ ทำให้เมื่อนำไปสร้างเป็นวงจรรวมมีความยุ่งยากและใช้พื้นที่ชิปในการสร้างมาก

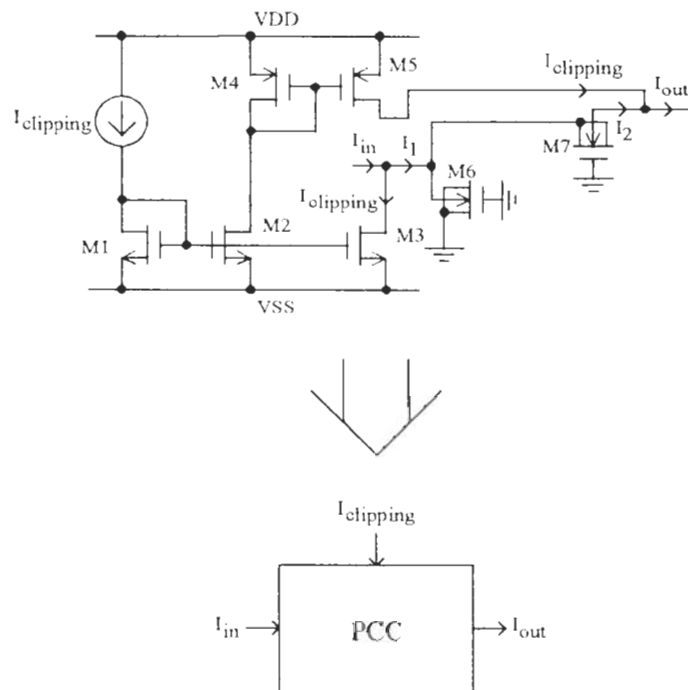
บทความนี้นำเสนอวงจรคลิปปกระแสแบบใหม่ซึ่งมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) วงจรใช้มอสเฟตทั้งหมดซึ่งง่ายต่อการนำไปสร้างวงจรรวม
- 2) วงจรใช้แรงดันต่ำเพียงแค่ $\pm 1\ \text{V}$ ซึ่งจะทำให้การสิ้นเปลืองกำลังงานของวงจรต่ำด้วย
- 3) เราสามารถเปลี่ยนจุดคลิปปของวงจรได้โดยการใช้กระแสควบคุมทำให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในระบบควบคุมอัตโนมัติ
- 4) วงจรทำงานในโหมดกระแส ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า วงจรในโหมด

กระแสที่มีความถี่ทำงานที่สูงกว่าวงจรในโหมดแรงดัน[C. Toumazou, F.J. Lidgey, and D.G. Haigh, 1990]

- 5) วงจรคลิปโหมดกระแสที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับวงจรแปลงแรงดันเป็นกระแสและวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน เป็นวงจรคลิปโหมดแรงดันด้วยจุดเด่นที่คล้ายๆ กัน

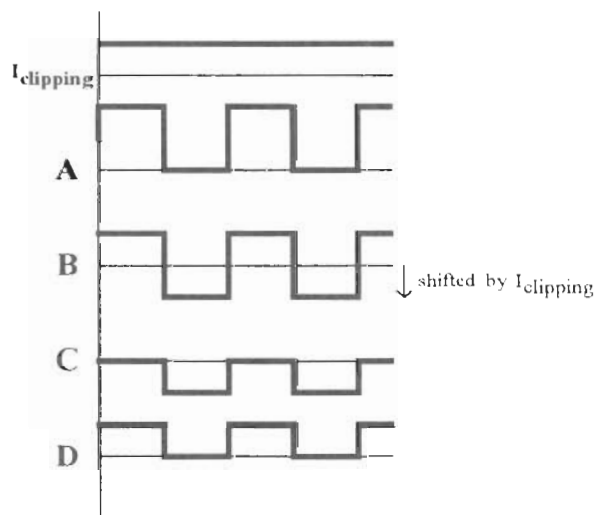
นอกจากนั้น บทความนี้ยังได้กล่าวถึงการทำวงจรคลิปกระแสบวกที่นำเสนอไปสร้างเป็นวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกแบบใหม่ที่เหมาะสมกับการแปลงสัญญาณดิจิทัลที่มีจำนวนบิตมาก โดยวงจรจะให้จุดเด่นที่เหนือกว่าวงจรแบบอื่นๆ ในด้านของจำนวนอุปกรณ์ พื้นที่ชิปที่ใช้ และความเที่ยงตรง วงจรคลิปกระแสบวกที่นำเสนอ



รูปที่ 1 วงจรคลิปกระแสบวกที่นำเสนอและบล็อกไดอะแกรม

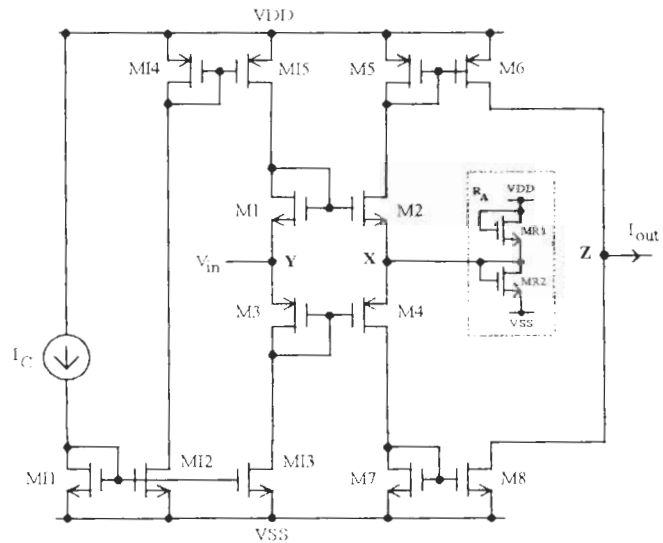
วงจรคลิปปกระแสบวกที่นำเสนอแสดงในรูปที่ 1 วงจรจะประกอบด้วย มอสเฟตทั้งหมด 7 ตัว มอสเฟต M1 M2 และ M3 เป็นวงจรสะท้อนกระแส รวมทั้งมอสเฟต M4 และ M5 ก็เป็นวงจรสะท้อนกระแสด้วย กระแส $I_{clipping}$ ถูกสะท้อนโดย M1 และ M3 ถึงขาเดรนของ M3 นอกจากนั้น กระแส $I_{clipping}$ ยังถูกสะท้อนโดย M1 M2 M4 และ M5 ถึงขาเดรนของ M5 ด้วย

มอสเฟต M6 และ M7 เป็นมอสเฟตแบบเอ็นแชนแนลทำหน้าที่เป็นไดโอด [A. Monpapassorn, K. Dejhan, and F. Cheevasuvit. 2001] ขาเดรนและขาซอสที่ถูกต่อเข้าด้วยกันเป็นขาแคโทด ส่วนขาซอสเบสเป็นขาแอโนด การทำงานของวงจรคลิปปกระแสบวกที่นำเสนอเป็นไปตามรูปที่ 2 ดังต่อไปนี้คือ กระแสอินพุตบวก (I_{in}) ดังกราฟ A ของรูปที่ 2 จะถูกเลื่อนระดับลงมาเท่ากับค่ากระแส $I_{clipping}$ ด้วยการทำงานของวงจรสะท้อนกระแส M1 และ M3 ดังได้อธิบายไปแล้ว ได้เป็นกระแส I_1 ดังกราฟ B ของรูปที่ 2 ไหลเข้าวงจรเรกติฟายกระแส สัญญาณอีกบวกจะถูก M6 บายพาสลงกราวด์ ส่วนสัญญาณเชิงลบจะไหลผ่าน M7 ไปเป็น I_2 ดังกราฟ C ของรูปที่ 2 กระแส I_2 จะถูกเลื่อนระดับไปทางบวกเท่ากับ $I_{clipping}$ ด้วยการทำงานของวงจรสะท้อนกระแส M1 M2 M4 และ M5 ดังที่ได้อธิบายไปแล้ว ได้ผลลัพธ์เป็นกระแสเอาต์พุต (I_{out}) ดังกราฟ D ของรูปที่ 2 สังเกตได้ว่าสัญญาณกราฟ D คือ สัญญาณที่ต่ำกว่าจุดคลิปป ดังนั้น วงจรที่นำเสนอทำงานเป็นวงจรคลิปปกระแสบวก



รูปที่ 2 การทำงานของวงจรคลิปปกระแสบวก

เราสามารถที่จะประยุกต์วงจรคลิป์ที่นำเสนอให้ทำงานในโหมดแรงดันได้ โดยเพิ่มวงจรแปลงแรงดันเป็นกระแสทางอินพุต และเพิ่มวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดันทางเอาต์พุต สำหรับวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสที่ทางผู้เขียนได้เลือกใช้ วงจรดังแสดงในรูปที่ 3 เนื่องจากเห็นว่าเหมาะสมในการใช้ในงานนี้



รูปที่ 3 วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส

สำหรับวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสดังรูปที่ 3 นั้นใช้วงจรสายพานกระแส CCH+ [E. Bruun, 1993] ต่อรวมกับตัวต้านทานแบบมอสเฟต [Z. Wang, 1990] การทำงานของวงจรสายพานกระแสสามารถอธิบายเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสที่โหนด X Y และ Z ดังนี้คือ

$$\left. \begin{array}{l} i_Y = 0 \\ v_X = v_Y \\ i_Z = i_X \end{array} \right\} \quad (1)$$

สำหรับตัวต้านทานแบบมอสเฟตในรูปที่ 3 ประกอบด้วย MR1 และ MR2 ซึ่งทำงานในย่านอิ่มตัว ค่าความต้านทานของมันคือ

$$R = \frac{1}{2KV_{DT}} \quad (2)$$

เมื่อ MR1 และ MR2 มีคุณสมบัติที่เหมือนกัน $K = \mu C_{OX} W / L$, μ เป็นโมบิลิตี้ของแคเรีย, C_{OX} คือ ค่าความเก็บประจุที่เกาต่อหน่วยพื้นที่, W และ L เป็นความกว้างและความยาวของแชนแนล $V_{DT} = V_{DD} - V_T = -(V_{SS} + V_T)$; $V_{DD} = -V_{SS}$, V_T เป็นแรงดันขีดเริ่มของมอสเฟต จากสมการที่ (1) และ (2) กระแสเอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสคือ

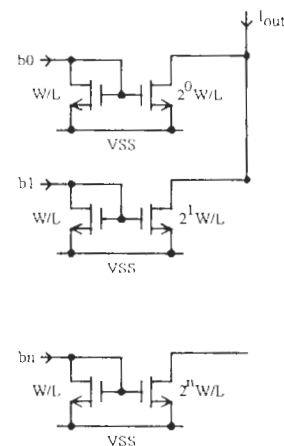
$$I_{out} = V_{in} 2KV_{DT} \quad (3)$$

กระแสนี้เมื่อถูกคลิป์แล้วจะป้อนผ่านตัวต้านทานแบบมอสเฟตอีกตัวที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุตของวงจรคลิป์กระแสอีกทีหนึ่งเพื่อแปลงกระแสกลับมาเป็นแรงดัน ด้วยเหตุนี้ จุดแรงดันคลิป์คือ

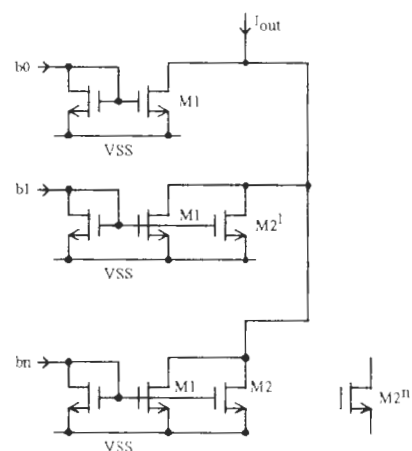
$$V_{clipping} = \frac{I_{clipping}}{2KV_{DT}} \quad (4)$$

วงจรแปลงสัญญาณดิจิตัลเป็นแอนะล็อกแบบใหม่ที่สร้างจากวงจรคลิป์กระแสบวก

วงจรแปลงสัญญาณดิจิตัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกถูกใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกที่ถูกนำไปประมวลผลด้วยวิธีการทางดิจิตัลกลับคืนเป็นสัญญาณแอนะล็อก ในโหมดกระแส (อินพุตและเอาต์พุตของวงจรเป็นกระแส) วงจรแบบที่ง่ายที่สุดจะใช้วงจรสะท้อนกระแสแบบง่ายดังรูปที่ 4 ค่าสัดส่วนหรือน้ำหนักของกระแสในแต่ละบิต ($2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^n$, เมื่อ n คือ จำนวนบิตของสัญญาณดิจิตัล) สามารถกำหนดได้จากอัตราส่วน W/L ของมอสเฟต อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าวงจรสะท้อนกระแสแบบง่ายมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง วิธีการที่จะลดค่าความผิดพลาดนี้คือใช้วงจรสะท้อนกระแสแบบวินสันหรือวงจรสะท้อนกระแสแบบแคสโคดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ [D. Johns, and K. Martin. 1997] อย่างไรก็ตาม วงจรสะท้อนกระแสแบบวินสันและแบบแคสโคดใช้แรงดันสูงและยังคงมีค่าความผิดพลาดอยู่ (น้อยกว่าวงจรสะท้อนกระแสแบบง่าย) ค่าความผิดพลาดจากอัตราส่วนสะท้อนกระแสยังคงปรากฏในทุกค่าน้ำหนักของแต่ละบิตสัญญาณดิจิตัลที่แปลง (ค่าน้ำหนักมากจะมีค่าความผิดพลาดมากกว่า) ซึ่งเกิดจากค่าความผิดพลาดที่ขึ้นกับกระแสเอาต์พุตของวงจรสะท้อนกระแสเพราะว่าค่าความต้านทานระหว่างเดรนและซอร์สของมอสเฟตไม่ได้เป็นอนันต์) ซึ่งนำมาสู่ค่าความผิดพลาดของสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุต



รูปที่ 4 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกที่ใช้การกำหนดค่า W/L ของมอสเฟต



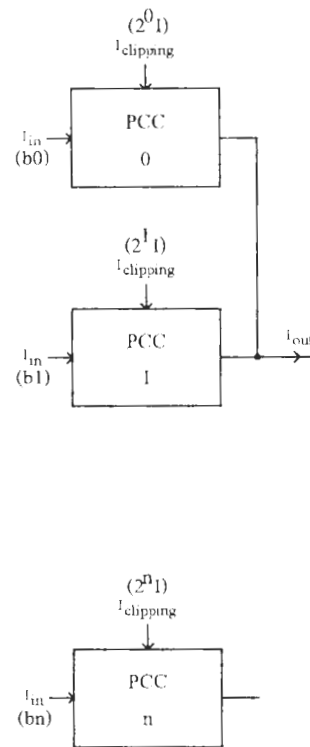
รูปที่ 5 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกที่ใช้มอสเฟตที่มี W/L เท่ากัน

วิธีการแก้ปัญหาค่าความผิดพลาดที่ไม่เท่ากันในแต่ละค่าน้ำหนักคือ ใช้มอสเฟตที่มีอัตราส่วน W/L เท่ากัน (ค่ากระแสเดรนที่โลจิก “1” ของมอสเฟตแต่ละตัวเท่ากัน) โดยค่าน้ำหนักของบิตสามารถได้รับโดยขึ้นอยู่กับจำนวนของมอสเฟตที่ต่อวงจรในรูปที่ 5 อย่างไรก็ตาม ถ้าจำนวนบิตของสัญญาณดิจิทัลมีจำนวนมาก เราจะต้องใช้มอสเฟตเป็นจำนวนมากด้วยสำหรับวงจรในรูปที่ 5 เช่นกันสำหรับวงจรในรูปที่ 4 ถ้าจำนวนบิตของสัญญาณดิจิทัลมาก ค่า W ของมอสเฟตก็จะยิ่งมากตาม สิ่งเหล่านี้นำมาซึ่งการใช้พื้นที่ชิป

ของไอซีที่กว้าง นอกจากนี้วงจรในรูปที่ 4 และ 5 ยังไม่สามารถปรับอัตราขยายหรือสโลปของการแปลงได้ด้วยกระแสหรือแรงดัน (ต้องปรับที่อัตราส่วน W/L เท่านั้น) ทำให้วงจรไม่มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกแบบใหม่ในรูปที่ 6 เป็นวงจรที่มีความเที่ยงตรงสูง และใช้พื้นที่ชิปน้อยกว่าวงจรในรูปที่ 4 และ 5 เมื่อทำงานกับสัญญาณดิจิทัลอินพุตที่มีจำนวนบิตมาก นอกจากนี้ วงจรยังสามารถปรับเกนหรือสโลปได้ด้วยกระแสจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกในรูปที่ 6 เราจะพบว่า การกำหนดน้ำหนักของแต่ละบิตสัญญาณดิจิทัล ทำได้โดยการกำหนดค่ากระแสคลิป์ของวงจรคลิป์ กระแสบวกที่นำมาใช้ โดยค่ากระแสคลิป์สูงสุด ($2^N I$) จะต้องไม่มากกว่าค่ากระแสโลจิก "1" ของสัญญาณดิจิทัล สัญญาณกระแสที่ถูกคลิป์ตามค่าน้ำหนักของแต่ละบิตจะถูกนำมารวมกันทางเอาต์พุตของวงจรซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกนั่นเอง จากวงจรเราจะพบว่าเราสามารถที่จะเพิ่มวงจรคลิป์กระแสบวก 1 วงจรต่อจำนวนบิตสัญญาณดิจิทัลอินพุตที่เพิ่มขึ้น 1 บิตเท่านั้น ดังนั้นอัตราการเพิ่มของพื้นที่ชิปต่อบิตจะคงที่ ไม่เหมือนในกรณีวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกในรูปที่ 4 และ 5 ที่อัตราการเพิ่มพื้นที่ชิปจะเป็นสัดส่วนกับ 2^N

นอกจากนั้น เราสามารถที่จะปรับเกนหรือสโลปของวงจรโดยกำหนดจาก $I_{clipping}$ ซึ่งอาจที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในระบบควบคุมอัตโนมัติอีกด้วย สำหรับในด้านของความเที่ยงตรงที่เหนือกว่าวงจรแบบอื่นนั้นได้มาจากการที่เราสามารถกำหนดค่ากระแสที่ถูกสะท้อนในวงจรสะท้อนกระแสแบบง่ายในวงจรคลิป์กระแส ($I_{clipping}$) ให้อยู่ในย่านที่การสะท้อนกระแสมีค่าความผิดพลาดต่ำ โดยมากจะกำหนดในย่านกระแสต่ำๆ ซึ่งจะทำให้วงจรใช้กำลังงานต่ำด้วย สำหรับวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกในรูปที่ 4 และ 5 นั้น กระแสที่สะท้อนในวงจรจะเท่ากับกระแสโลจิก "1" หรือมากกว่า โดยเราไม่สามารถกำหนดกระแสสะท้อนได้



รูปที่ 6 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตัลเป็นแอนะล็อกโหมดกระแสแบบใหม่
 ที่ใช้วงจรรณลีประแสบวกร

ผลการทดลอง

เพื่อดูวอสอบการทำงานของวงจรรณลีประแสบวกรแลวงจรแปลงสัญญาณดิจิตัลเป็นแอนะล็อกที่นำเสนอ เราจะทำการเลียนแบบการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม PSPICE ด้วยโมเดลของมอสเฟตขนาด $0.5\mu m$ จาก MIETEC ดังในตารางที่ 1 แหล่งจ่ายแรงดันที่ใช้คือ $V_{DD} = 1V$ แล $V_{SS} = -1V$ อัตราส่วน W/L ของ M1 ถึง M5 คือ $10\mu m / 0.5\mu m$ แลของ M6 กับ M7 คือ $2\mu m / 0.5\mu m$ ในการทดลองเราจะทำการป้อนสัญญาณพัลส์ขนาด $10\mu A_{peak}$ ดังรูปบนของรูปที่ 7 แลจะป้อน $I_{clipping} = 3\mu A$ กระแสเอาต์พุตดังรูปล่างของรูปที่ 7 คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานขนาด 1Ω ที่นำมาต่อไว้ทางเอาต์พุตของวงจรรณลีประแสบวกร สำหรับค่าความต้านทานตัวนี้ ในทางปฏิบัติก็คือค่าความต้านทานอินพุตของวงจรโหมดกระแสในภาคถัดไป โดยปกติวงจรโหมดกระแสที่

ดีจะมีค่าความต้านทานอินพุตต่ำ สังเกตจากการทำงานในรูปที่ 7 วงจรคลิปปกระแสบวกที่นำเสนอมีการทำงานเป็นไปตามทฤษฎีการออกแบบ สำหรับย่านทำงานของวงจรคลิปปที่นำเสนอขึ้นขึ้นอยู่กับการทำงานของมอสเฟต M1 ถึง M5 ซึ่งจะต้องทำงานอยู่ในย่านอิ่มตัวเท่านั้นเพื่อทำให้การสะท้อนกระแสเป็นไปอย่างถูกต้อง โดยค่ากระแส $I_{clipping}$, I_m ค่าความต้านทานอินพุตของวงจรโหมดกระแสที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุต กับค่าแหล่งจ่ายแรงดัน V_{DD} และ V_{SS} จะต้องไม่ทำให้การทำงานของมอสเฟตไม่อยู่ในย่านอิ่มตัว [D. Johns, and K. Martin. 1997] ในการทดลองเลียนแบบการทำงานด้วยสัญญาณไซน์ขนาด $10\mu A_{peak}$ พบว่า วงจรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องถึงความถี่ 10 MHz ในการเลียนแบบการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกที่นำเสนอเราใช้วงจรแบบอินพุต 3 บิตโดยกำหนดให้ $I = 1\mu A$ สำหรับกระแสคลิปป และกำหนดให้สัญญาณดิจิทัลมีลอจิก "0" = 0A และลอจิก "1" = $10\mu A$ รูปที่ 8 แสดงการทำงานที่เป็นไปตาม ทฤษฎีสำหรับวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกที่นำเสนอ โดยวงจรใช้กำลังงานแค่ $42\mu W$ สังเกตได้ว่าสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตมีความเที่ยงตรงสูงในทุกค่าสัญญาณดิจิทัลอินพุต

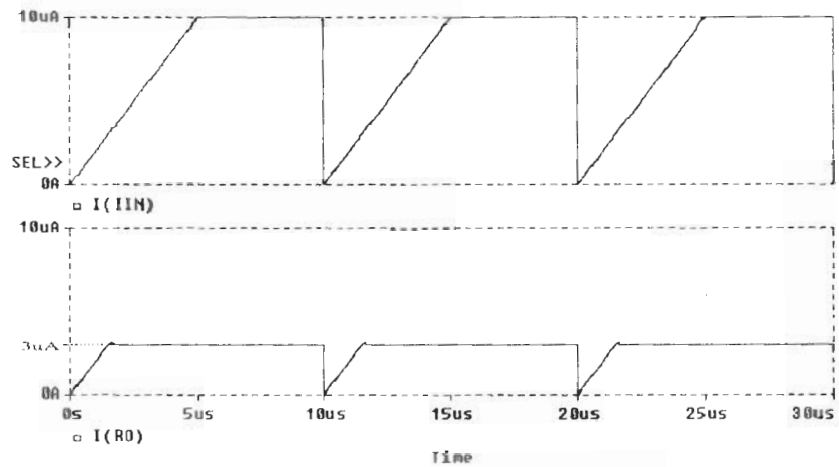
ตารางที่ 1 โมเดลของมอสเฟตที่ใช้ในการเลียนแบบการทำงาน

```

.MODEL NM NMOS LEVEL=3
+UO=460.5 TOX=1.0E-8 TPG=1 VTO=0.62 JS=1.08E-6
+XJ=0.15U RS=417 RSH=2.73 LD=0.04U VMAX=130E3
+NSUB=1.71E17 PB=0.761 ETA=0.00 THETA=0.129 PHI=0.905
+GAMMA=0.69 KAPPA=0.10 CJ=76.4E-5 MJ=0.357 CJSW=5.68E-10
+MJSW=0.302 CGSO=1.38E-10 CGDO=1.38E-10 CGBO=3.45E-10
+KF=3.07E-28 AF=1 WD=+0.11U DELTA=+0.42 NFS=1.2E11
+DELL=0U LIS=2 ISTMP=10 TT=0.1E-9

.MODEL PM PMOS LEVEL=3
+UO=100 TOX=1.0E-8 TPG=1 VTO=-0.58 JS=0.38E-6
+XJ=0.10U RS=886 RSH=1.81 LD=0.03U VMAX=113E3
+NSUB=2.08E17 PB=0.911 ETA=0.00 THETA=0.120 PHI=0.905
+GAMMA=0.76 KAPPA=2 CJ=85E-5 MJ=0.429 CJSW=4.67E-10
+MJSW=0.631 CGSO=1.38E-10 CGDO=1.38E-10 CGBO=3.45E-10
+KF=1.08E-29 AF=1 WD=+0.14U DELTA=0.81 NFS=0.52E11
+DELL=0U LIS=2 ISTMP=10 TT=0.1E-9

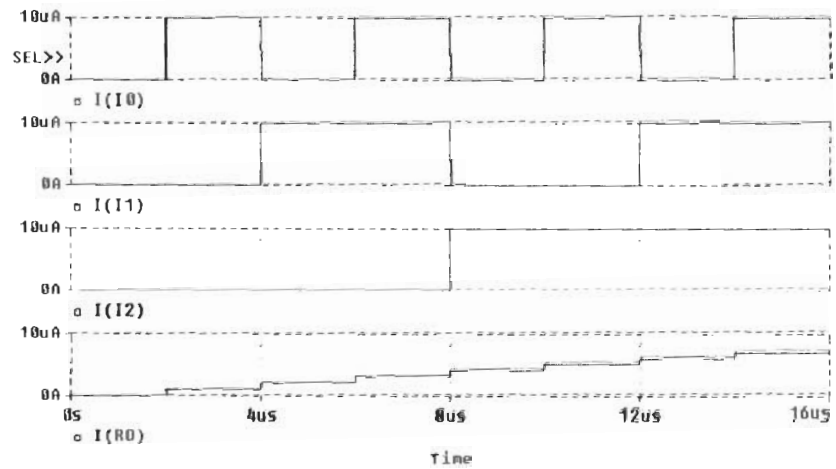
```



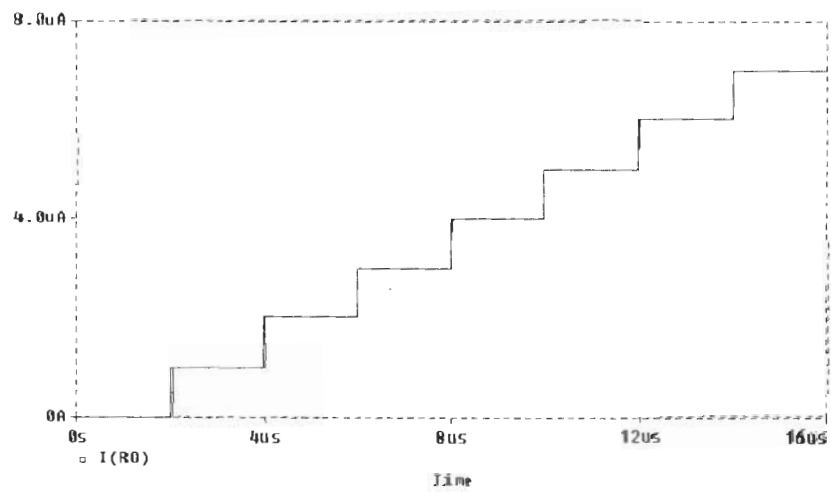
รูปที่ 7 การทำงานของวงจรรถลิปะกระแสบวกที่นำเสนอ

สรุป

บทความนี้นำเสนอวงจรรถลิปะกระแสบวกแบบใหม่ที่ใช้มอสเฟตทั้งหมด 7 ตัว และการปะยุกตีใช้งานเป็นางจระปลงสัญญาณดิจิตัลเป็นแอะนะลือกแบบใหม่ วงจรรถลิปะที่นำเสนอมีจุดเด่นคือ มีโครงสร้างเป็น MOSFET ทั้งหมด ใช้แรงดันทำงานต่ำ จุดจรรถลิปะสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยใช้กระแสควบคุม วงจระทำงานในโหมดกระแสจึงมีย่านความถี่ทำงานกว้าง นอกจากนี้วงจรรถลิปะที่นำเสนอยังสามารถทำงานในโหมดแรงดันได้ด้วยการนำไปต่อร่วมกับวงจระเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสและวงจระเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน วงจรรถลิปะที่นำเสนอเหมาะสำหรับนำไปปะยุกตีใช้งานในการประมวลผลสัญญาณเชิงเส้นโหมดกระแส สำหรับวงจระปลงสัญญาณดิจิตัลเป็น แอะนะลือกแบบใหม่ที่ใช้วงจรรถลิปะที่นำเสนอ นั้นมีจุดเด่นในด้านความเที่ยงตรง การใช้พื้นที่ชิปที่น้อยกว่าวงจระแบบอื่นสำหรับการทำงานกับสัญญาณดิจิตัลที่มีจำนวนบิตมาก และอัตราการขยายหรือสโลปของวงจระสามารถควบคุมได้ด้วยกระแสตั้งได้อธิบายไปแล้ว ในการใช้งาน เนื่องจากข้อจำกัดที่ว่าค่ากระแสคลิปลสูงสุด ($2^N I$) จะต้องไม่มากกว่าค่ากระแสโลจิก "1" ดังนั้น จำนวนบิตสูงสุด (n) ของสัญญาณดิจิตัลอื่น พุดจะถูกกำหนดโดยค่ากระแสโลจิก "1" และค่ากระแส I ถ้าเราต้องการให้วงจระทำงานกับจำนวนบิตของอินพุตที่มากจะต้องกำหนดค่ากระแส I ให้ตัว



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกที่นำเสนอ
(ก) อินพุตและเอาต์พุต และ (ข) เวกเตอร์ที่ถูกลบ

เอกสารอ้างอิง

- T.L. Floyd, 1994. **Basic operational amplifiers and linear integrated circuits**. USA: Macmillan.
- C. Toumazou, F.J. Lidgey, and D.G. Haigh, 1990. **Analogue IC design: the current mode approach**. UK: Peter Peregrinus.
- A. Monpapassorn, K. Dejhan, and F. Cheevasuwit. 2001. "CMOS dual output current mode half-wave reetifier." **International Journal of Electronics**. 88: 1073-1084.
- E. Bruun, 1993. "CMOS high speed, high precision current conveyor and current feedback amplifier structures." **International Journal of Electronics**. 74: 93-100.
- Z. Wang. 1990. "2-MOSFET transresistor with extremely low distortion for output reaching supply voltages." **Electronics Letters**. 26: 951-952.
- D. Johns, and K. Martin. 1997. **Analog integrated circuit design**. New York: John Wiley & Sons.