

## วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่ที่มีการตรวจจับจำนวนครั้งและ ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงแรงดัน

อดิศักดิ์ มนต์ประภัสสร\*

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่ที่มีการตรวจจับจำนวนครั้งของการเพิ่มแรงดันและ ระยะเวลาของการเพิ่มแรงดัน ในวงจรตรวจจับแรงดันแบบปกติที่ใช้ฮอปแอมป์ (OA) จะตรวจจับได้เฉพาะค่าแรงดันสูงสุดของระดับแรงดันที่ตรวจจับเท่านั้น แต่วงจรตรวจจับแรงดันแบบใหม่ที่น่าสนใจใช้ OA ร่วมกับฮอปแอมป์ป้อนกลับกระแส (CFA) จะตรวจจับได้ทั้งค่าแรงดันสูงสุด จำนวนครั้งของการเพิ่มแรงดัน และระยะเวลาของการเพิ่มแรงดัน โดยนำสัญญาณเอาต์พุตของวงจรที่เป็นสัญญาณพัลส์ (pulse) ไปประมวลผล ทำให้วงจรตรวจจับแรงดันแบบใหม่ที่น่าสนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กว้างกว่าเดิม วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่ที่น่าสนใจได้มีการตรวจสอบการทำงานโดยใช้โปรแกรม PSPICE เพื่อยืนยันการทำงานที่สอดคล้องกับทฤษฎี

**คำสำคัญ:** การตรวจจับแรงดันสูงสุด การตรวจจับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงแรงดันสูงสุด การตรวจจับระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงแรงดัน

---

\*รองศาสตราจารย์ 422 research center สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพฯ 10160

Email: aone\_mon@hotmail.com

## A new peak detector circuit with changing-peak number and time detectors

Adisak Monpapassorn\*

### Abstract

This paper presents a new peak detector circuit with changing-peak number and time detectors. For a conventional (OA) peak detector, the circuit can detect only the peak voltage. But, for the new proposed peak detector, it consists of an OA and a current-feedback opamp (CFA); it can detect not only the peak voltage, but also changing-peak number and time by means of an output pulse. Absolutely, the new proposed peak detector yields wider applications than the conventional one. The proposed peak detector is verified by the PSPICE program to ensure that it can operate as the theory.

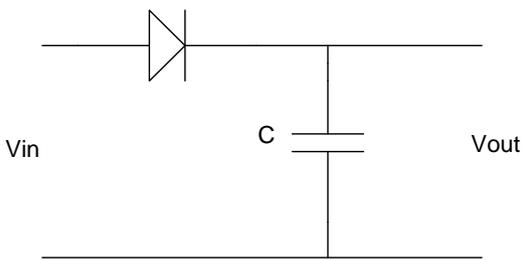
**Keywords:** Peak detector, changing-peak number detector, changing-peak time detector

---

\* Associate Professor, 422 research center, Department of Electronic Engineering, South-East Asia University, Bangkok 10160, Thailand.

1. บทนำ

วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดคือวงจรที่ให้ค่าแรงดันเอาต์พุตเท่ากับค่าแรงดันสูงสุดของแรงดันทางอินพุตและจะคงค่าแรงดันสูงสุดนั้นไว้จนกว่าแรงดันอินพุตจะมีค่าแรงดันใหม่ที่สูงกว่าเดิม เอาต์พุตก็จะเปลี่ยนไปเป็นค่าแรงดันใหม่นั้น วงจรจะทำงานลักษณะแบบนี้ไปเรื่อยๆ ตราบใดที่ยังไม่มีการรีเซ็ตวงจรเพื่อให้เริ่มทำงานใหม่



รูปที่ 1 วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบง่าย

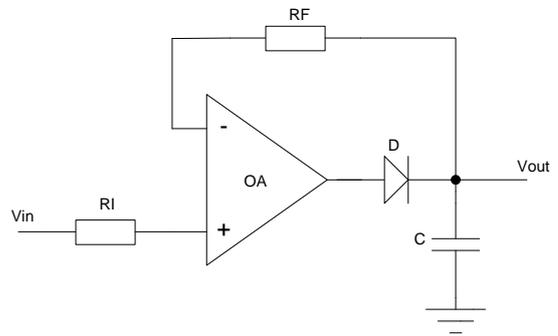
สำหรับวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบง่ายที่ใช้แค่ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเริ่มต้นไดโอดจะนำกระแสเมื่อแรงดันทางอินพุตเป็นบวก และตัวเก็บประจุจะทำการเก็บประจุโดยจะมีแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุเท่ากับค่าแรงดันอินพุตลบด้วยค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนำกระแส  $V_T$  (0.3V สำหรับไดโอดชนิดเยอรมันเนียมและ 0.7V สำหรับไดโอดชนิดซิลิคอน) ดังสมการ

$$V_{out} = V_{in} (peak) - V_T \quad (1)$$

หลังจากที่ตัวเก็บประจุเก็บประจุไว้แล้ว แรงดันบวกที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุจะถูกคงค่าแรงดันไว้ ถ้าแรงดันอินพุตใหม่น้อยกว่าค่าแรงดันของตัวเก็บประจุรวมกับ  $V_T$  ไดโอดจะเป็นไบอัสกลับและจะไม่นำกระแส แต่ถ้าแรงดันอินพุตใหม่มีค่ามากกว่าแรงดันของตัวเก็บประจุรวมกับ  $V_T$  ไดโอดจะเป็นไบอัสตรงและจะนำกระแสเพื่อให้ตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุและจำค่าแรงดันที่เกิดจากแรงดันอินพุตใหม่นั้น

สำหรับวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบง่ายนี้ ข้อเสียก็คือแรงดันเอาต์พุตจะไม่ใช่ค่าแรงดันอินพุตสูงสุด

ตามสมการที่ (1) เนื่องจากส่วนหนึ่งของแรงดันไปตกคร่อมอยู่ที่ไดโอด ( $V_T$ )



รูปที่ 2 วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดที่ใช้ออปแอมป์

เพื่อแก้ไขปัญหาวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบง่ายที่ใช้ตัวเก็บประจุและไดโอด วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบออปแอมป์ดังในรูปที่ 2 ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง การทำงานของวงจรคือ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่าศูนย์ เอาต์พุตของออปแอมป์จะเป็นบวก ไดโอดจะเป็นไบอัสตรง แรงดันเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราขยายรูปเปิดที่สูงมากของออปแอมป์จนมีค่าเท่ากับแรงดันอินพุต ที่จุดนี้ แรงดันที่ขาอินพุตบวกของออปแอมป์จะเท่ากับแรงดันที่ขาอินพุตลบของออปแอมป์ซึ่งป้อนกลับมาจากเอาต์พุตผ่าน  $R_F$  วงจรก็จะล๊อคการทำงาน ทำให้ค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรมีค่าเท่ากับค่าแรงดันอินพุตที่ตัวเก็บประจุเก็บประจุไว้

ถ้าแรงดันอินพุตใหม่มีค่าแรงดันต่ำกว่าแรงดันของตัวเก็บประจุ ไดโอดจะไม่นำกระแสเพราะแรงดันที่ขาอินพุตลบของออปแอมป์มีค่ามากกว่าแรงดันที่ขาอินพุตบวกทำให้เอาต์พุตของออปแอมป์เป็นแรงดันลบ วงจรจะรอจนกว่ามีแรงดันอินพุตใหม่ที่มีค่าสูงกว่าแรงดันของตัวเก็บประจุ ไดโอดจะนำกระแส และตัวเก็บประจุจะจำค่าแรงดันใหม่นั้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้ก็คือออกแบบสร้างวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่ที่ใช้อุปกรณ์แยกส่วนซึ่งสามารถหามาได้และสร้างได้จริงสำหรับคนส่วนมากในหลายๆประเทศเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่นี้ ได้ออกแบบเพื่อเพิ่มฟังก์ชันการทำงานแบบใหม่ให้กับวงจรคือ สามารถ

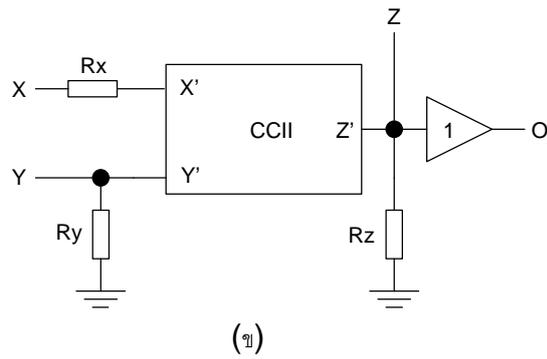
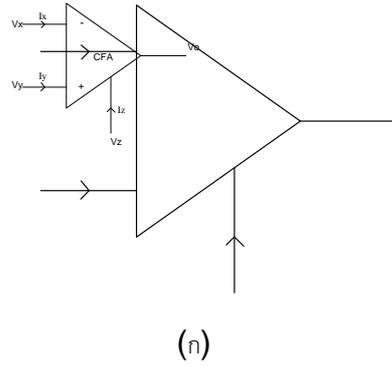
ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงแรงดันทางเอาต์พุตไปเป็นค่าสูงสุดได้ว่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันทั้งหมดกี่ครั้ง ในแต่ละครั้งห่างกันและใช้เวลานานเท่าใด เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในเชิงสถิติ หรือนำไปประมวลผลในการแจ้งเตือน หรือแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติหรือให้คนเข้าไปแก้ไขก็ตาม (โดยทั่วไป แรงดันอินพุตของวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดจะได้จาก ทรานส์ดิวเซอร์ที่แปลงพลังงานในรูปแบบต่างๆ เป็นแรงดันไฟฟ้า)

2. วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่

ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส (CFA) ดังรูปที่ 3 (Analog Devices 1990) ถูกนำมาใช้ร่วมกับออปแอมป์แบบธรรมดา (OA) ในวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่ที่มีการตรวจจับจำนวนครั้งและระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ด้วยข้อดีของ CFA ที่ให้ย่านความถี่ทำงานที่คงที่ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับอัตราการขยายลูปปิด ให้อัตราสแควร์ที่สูง และมีค่าความต้านทานเอาต์พุตต่ำ ทำให้มันถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในวงจรกำเนิดความถี่ วงจรกรองความถี่ และวงจรเลียนแบบ immittance (Abuelmaatti and Al-Shahrani 1996, Fabre 1993, Gunes and Anday 1997, Lui and Hwang 1994, Lui et al. 1994, Meng and Yu 1996)

การทำงานของ CFA ตามรูปที่ 3(ก) เป็นไปตามสมการ

$$\left. \begin{matrix} I_y = 0 \\ V_x = V_y \\ I_z = I_x \\ V_o = V_z \end{matrix} \right\} \quad (2)$$

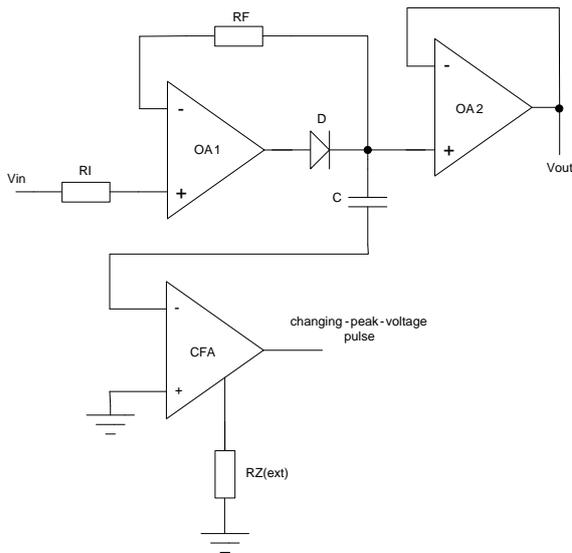


รูปที่ 3 ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส (ก) สัญลักษณ์ แรงดัน และกระแสที่โหนดต่างๆ และ (ข) วงจรสมมูลย์

รูป 3(ข) แสดงวงจรมมูลย์ของ CFA โดย  $R_x$  จะมีค่าต่ำมากที่สุดอยู่ในย่านสิบโอห์ม ส่วน  $R_y$  และ  $R_z$  จะมีค่าสูงมากที่สุดในย่านสิบลูกกะโหลก (Analog Devices 1990)

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้นำ CFA มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับ OA ในวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานแบบใหม่ของ CFA ที่ไม่มีเปิดเผยมาก่อน ในรายงานวิจัยเปิดตามวารสารต่างๆ โดยจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุด ให้สามารถตรวจจับจำนวนครั้งและระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงแรงดันได้ด้วย สิ่งนี้จะนำไปสู่การประยุกต์ใช้งานที่กว้างขวางและสร้างประโยชน์มากขึ้น

วงจรตรวจจับแรงดันแบบใหม่ที่ใช้ CFA ร่วมกับ OA แสดงในรูปที่ 4 การทำงานของวงจรมีดังนี้คือ OA1  $R_f$   $R_1$  D และ C ทำหน้าที่เป็นวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบทั่วไปที่ได้อธิบายการทำงานไปแล้วในหัวข้อบทนำ สิ่งที่ไม่เหมือนกับวงจรที่ได้อธิบายไปแล้วคือ C ไม่ได้ต่อลงกราวนด์ แต่ถ้าเราพิจารณาสมการที่ (2) และรูปที่ 3(ก)



รูปที่ 4 วงจรถรวจจับแรงดันสูงสุดที่นำเสนอ

อย่างละเอียดจะพบว่าที่ขาอินพุตลบของ CFA ก็คือ กราวด์เพราะว่าตามสมการที่ (2) แรงดันที่ขาอินพุตบวกของ CFA จะไปปรากฏที่ขาอินพุตลบ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่ากระแสไหลผ่าน C จะเป็น ดังสมการ

$$i = C \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

จากสมการ C คือค่าความจุของตัวเก็บประจุมีหน่วย

เป็นฟารัด ส่วน  $\frac{dv}{dt}$  เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ (โวลต์ต่อวินาที) ซึ่งเมื่อตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุ อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันนี้เริ่มแรกจะมีค่าสูงสุด จากนั้นจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ และจะเป็น 0 เมื่อตัวเก็บประจุเก็บประจุเต็ม

สมการนี้แสดงให้เห็นว่ากระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุจะมีค่าลดลงเรื่อยๆและจะมีค่าเป็น 0 เมื่อมันเก็บประจุเต็ม

กระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุนี้จะสะท้อนไปเป็น  $I_Z$  ตามสมการที่ (2) เนื่องจากค่าความต้านทานภายใน  $R_Z$  ที่สูงมากของ CFA (Analog Devices 1990) ถ้าเรานำตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานสูงมากๆ ( $R_{Z(ext)}$ ) มาต่อที่ โหนด Z กับกราวด์ ถ้ามีกระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุ ไม่ว่า กระแสนั้นจะมีค่ามากหรือน้อยเพียงใด ก็จะทำให้แรงดัน  $V_Z$  อิ่มตัว นั่นคือทุกครั้งที่ตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุ เรา

จะได้สัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการอิมิตัวของแรงดันที่โหนด Z โดย  $V_O$  จะมีค่าเท่ากับ  $V_Z$  นี้ ตามสมการที่ (2)

กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ทุกครั้งที่แรงดันอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าสูงสุดใหม่ ตัวเก็บประจุทำการชาร์จเก็บประจุ จะมีกระแสไหลเข้าขาอินพุตลบของ CFA โดย กระแสนี้จะถูกสะท้อนไปที่ขา Z ของ CFA ตามสมการที่ (2) ถ้าเราต่อค่าความต้านทานค่ามากๆ ( $R_{Z(ext)}$ ) ที่ขา Z ลงกราวด์ ทุกครั้งที่ตัวเก็บประจุมีการเก็บประจุเพื่อเพิ่มแรงดันเนื่องจากแรงดันอินพุตมีค่าสูงขึ้น ก็จะได้สัญญาณพัลส์ปรากฏตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_Z$  โดยสัญญาณพัลส์นี้จะไปปรากฏออกที่เอาต์พุต  $V_O$  ตามสมการที่ (2) เนื่องจากค่าความต้านทานทางเอาต์พุตของบัพเฟอร์อิน CFA มีค่าต่ำมากๆ (Analog Devices 1990) ดังนั้นสัญญาณนี้จึงพร้อมที่จะนำไปใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องการวางจรรยาบรรณเพิ่มเติม

ส่วน OA2 ทำหน้าที่เป็นวงจรบัพเฟอร์เพื่อป้องกันแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุถูกโหลด เพื่อให้ตัวเก็บประจุคงค่าแรงดันสูงสุดไว้ได้นานมากๆเพราะว่าความต้านทานอินพุตของวงจรบัพเฟอร์มีค่าสูงมาก และเพิ่มความสามารถในการขับโหลดเนื่องจากวงจรบัพเฟอร์มีค่าความต้านทานทางเอาต์พุตที่ต่ำมาก

สำหรับการรีเซ็ตวงจรเพื่อให้เริ่มทำงานใหม่นั้นสามารถทำได้โดยต่อตัวต้านทานค่าน้อยๆอนุกรมกับสวิทช์รีเซ็ต (กดต่อวงจร ปลดปล่อยวงจร) แล้วนำไปต่อคร่อมตัวเก็บประจุ C

อัตราการตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรจะขึ้นอยู่กับอัตราสลับของ OA ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าอัตราสลับของ CFA มาก (Analog Devices 1990, Abuelmaatti and Al-Shahrani 1996, Fabre 1993, Gunes and Anday 1997, Lui and Hwang 1994, Lui et al. 1994, Meng and Yu 1996) ดังนั้นถ้าต้องการให้วงจรตอบสนองได้เร็วขึ้นจะต้องใช้ออปแอมป์ความถี่สูง ที่มีค่าอัตราสลับสูงๆ

กล่าวคืออัตราสลับของ OA จะเป็นตัวกำหนดอัตราการตอบสนองเชิงความถี่ของวงจร ในการนำวงจรไปใช้งาน ถ้านำวงจรไปใช้กับทรานสดิวเซอร์ที่ตรวจจับพลังงานต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่รวดเร็วนักเช่นระดับ

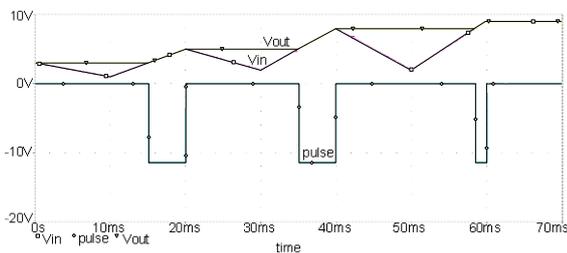
ของเหลว หรืออุณหภูมิ ออกแบบทั่วไปที่มีอัตราสลับไม่สูงมากซึ่งหาได้ง่ายและราคาถูกก็เพียงพอต่อการใช้งาน แต่ถ้าจะนำวงจรไปใช้งานกับการตรวจจับพลังงานที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วกะทันหัน ก็จำเป็นที่จะต้องใช้อาที่มีอัตราสลับสูงๆ ซึ่งจะหาได้ยากและมีราคาแพงกว่ามาก

### 3. ผลการทดลอง

วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่ที่น่าเสนอได้

ถูกตรวจสอบการทำงานโดยใช้โปรแกรม PSPICE โดย OA ที่ใช้เป็นเบอร์ LM741 และ CFA ที่ใช้เป็นเบอร์ AD844 แรงดันที่จ่ายให้กับ OA และ CFA คือแรงดัน +15 V และ -15 V ไดโอดที่ใช้ในวงจรเป็นเบอร์ 1N4148 ตัวเก็บประจุค่าเท่ากับ 1 uF ค่าความต้านทาน  $R_f = R_i = 10 \text{ k}\Omega$  และค่าความต้านทาน  $R_{Z(\text{ext})} = 100 \text{ k}\Omega$

รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_{in}$   $V_{out}$  และ changing-peak-voltage pulse แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การทำงานของวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่

จากรูปที่ 5 จะสังเกตได้ว่าทุกครั้งที่มีแรงดันอินพุตมีค่าสูงกว่าค่าเดิม แรงดันเอาต์พุตก็จะเปลี่ยนตามไปเป็นแรงดันค่าสูงกว่านั้น และจะคงแรงดันนั้นไว้ จนกว่าแรงดันอินพุตจะมีค่าสูงขึ้นอีก จึงเปลี่ยนตามไปเป็นค่าสูงใหม่

และทุกครั้งที่มีแรงดันอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าที่สูงกว่าเดิมนั้น ที่เอาต์พุต changing-peak-voltage pulse จะให้สัญญาณพัลส์ลบ ซึ่งถ้าเราต้องการพัลส์บวก ก็สามารถเอาไปเข้าวงจรขยายแบบกลับเฟสเพื่อแปลงเป็นสัญญาณพัลส์บวกได้ สัญญาณพัลส์นี้สำคัญมาก ซึ่งจะทำให้วงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่ายและกว้างขวางขึ้นกว่าวงจรตรวจจับแรงดันแบบเดิม โดยจะสามารถบอกได้ว่า

การเปลี่ยนแปลงแรงดันทางเอาต์พุตไปเป็นค่าสูงสุดมีทั้งหมดกี่ครั้ง ในแต่ละครั้งห่างกันและใช้เวลานานเท่าใด เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในเชิงสถิติ หรือนำไปประมวลผลในการแจ้งเตือน หรือแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติหรือให้คนเข้าไปแก้ไขก็ตาม (โดยทั่วไป แรงดันอินพุตของวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดจะได้จากทรานสดิวเซอร์ที่แปลงพลังงานในรูปแบบต่างๆ เป็นแรงดันไฟฟ้า)

### 4. สรุป

บทความนี้เสนอวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุดแบบใหม่ ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงแรงดันทางเอาต์พุตไปเป็นค่าสูงสุดได้ว่ามี การเปลี่ยนแปลงแรงดันทั้งหมดกี่ครั้ง ในแต่ละครั้งห่างกันและใช้เวลานานเท่าใด เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในเชิงสถิติ หรือนำไปประมวลผลในการแจ้งเตือนหรือแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น โดยวงจรที่นำเสนอ นำ OA มาใช้งานร่วมกับ CFA ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานแบบใหม่ของ CFA ที่ยังไม่มีการรายงานในงานวิจัยแบบเปิดมาก่อนด้วย

เอาต์พุตของวงจรตรวจจับแรงดันแบบใหม่ที่น่าเสนอทั้งสองเอาต์พุตมีค่าความต้านทานทางเอาต์พุตต่ำมาก สามารถเอาไปใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องการวงจรมีเพอร์มิทติวออกต่อเพิ่ม

### 5. เอกสารอ้างอิง

- Analog Devices (1990). *Linear products data book*, Norwood.
- Abuelmaatti, M.T., and Al-Shahrani, S.M. (1996). New universal filter using two current-feedback amplifiers. *International Journal of Electronics*, vol. 80, 753-756.
- Fabre, A. (1993). Insensitive voltage-mode and current mode filters from commercially available transimpedance opamps. *Proceedings of IEE, Part G*, vol. 140, 319-321.

Gunes, E.O., and Anday, F. (1997). CFA based fully integrated  $n$ th-order lowpass filter. *Electronics Letters*, vol. 33, 571-573.

Liu, S.I., and Hwang, Y.S. (1994). Realisation of R-L and C-D impedances using a current-feedback amplifier and its applications. *Electronics Letters*, vol. 30, 380-381.

Liu, S.I., Shih, C.S., and Wu, D.S. (1994). Sinusoidal oscillators with single element control using a current-feedback amplifier. *International Journal of Electronics*, vol. 77, 1007-1013.

Meng, X.R., and Yu, Z.H. (1996). CFA based fully integrated Tom-Thomas biquad. *Electronics Letters*, vol. 32, 722-723.