



**Department of Computer Engineering**  
**Faculty of Engineering**  
**Prince of Songkla University**

# **Advanced Analog and Digital Systems**



241-309: Advanced Analog and Digital Systems

1

## **Chapter 4**

**วงจรเปรียบเทียบและวงจรกำเนิดสัญญาณ**  
**Comparator & Oscillator**



**Computer Engineering**

## เนื้อหา

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน  
วงจรกำเนิดสัญญาณ



Computer Engineering

## วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน ที่ใช้ออปแอมป์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

วงจรเปรียบเทียบแบบกลับเฟส

วงจรเปรียบเทียบแบบไม่กลับเฟส

ทั้งสองประเภทนี้ แบ่งตามชนิดของการทำงานได้ 3 ชนิด คือ

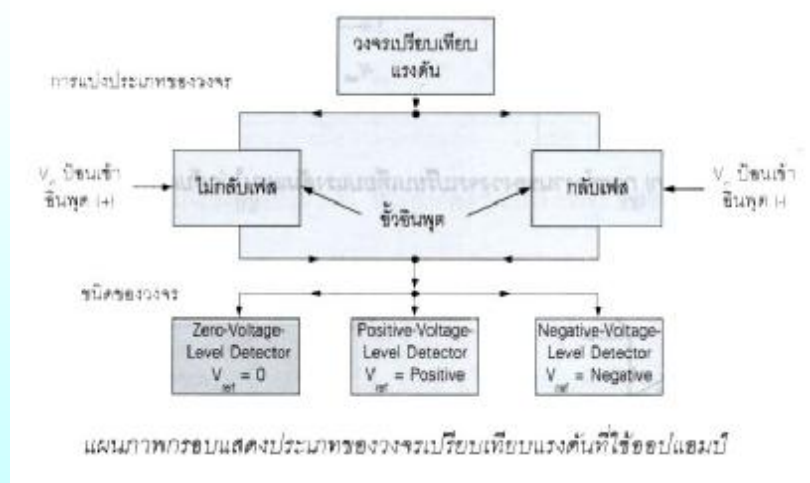
วงจรตรวจวัดแรงดันศูนย์

วงจรตรวจวัดแรงดันบวก

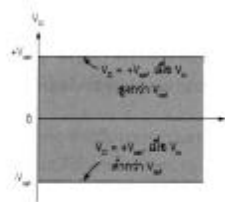
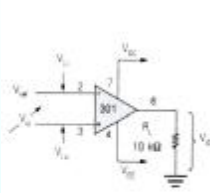
วงจรตรวจวัดแรงดันลบ



## ประเภทของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน



## การวิเคราะห์ห้วงจร



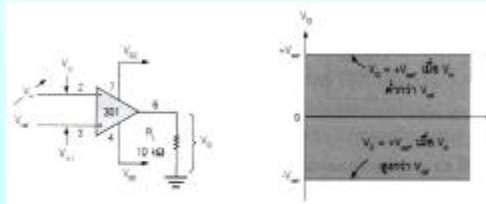
(ก) การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบไม่กลับเฟส

### แบบไม่กลับเฟส

1.  $V_o = +V_{sat}$  ,  $V_{in} > V_{ref}$
2.  $V_o = -V_{sat}$  ,  $V_{in} < V_{ref}$

### แบบกลับเฟส

1.  $V_o = -V_{sat}$  ,  $V_{in} > V_{ref}$
2.  $V_o = +V_{sat}$  ,  $V_{in} < V_{ref}$

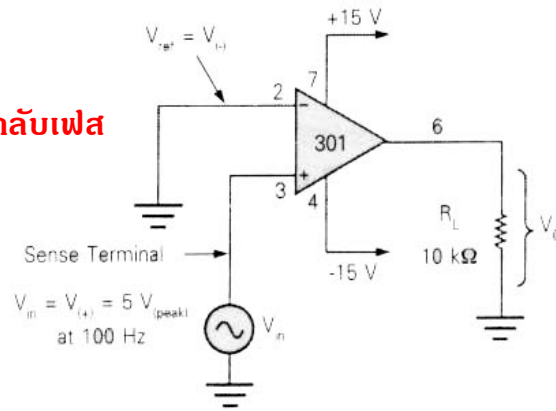


(ข) การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบกลับเฟส



## วงจรตรวจจับแรงดันศูนย์

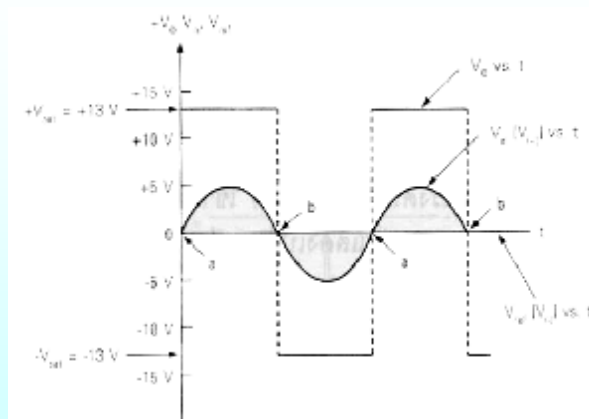
**แบบไม่กลับเฟส**



(ก) วงจรตรวจวัดแรงดันศูนย์แบบไม่กลับเฟสโดยออปแอมป์เบอร์ 301



## วงจรตรวจจับแรงดันศูนย์

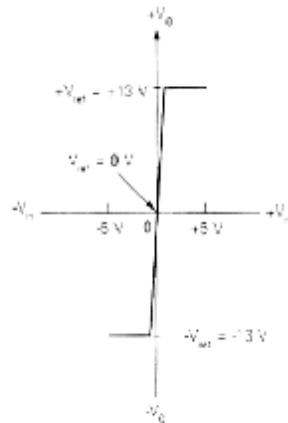


$V_o = +V_{sat}$  เมื่อ  $V_{in} > 0$  และ

$V_o = -V_{sat}$  เมื่อ  $V_{in} < 0$



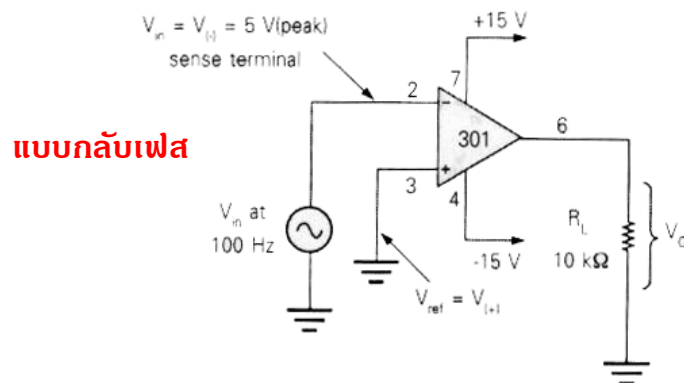
## วงจรถอดแอมป์แรงดัน



(ค) กราฟฟังก์ชันการถ่ายโอนระหว่าง  $V_o$  และ  $V_i$



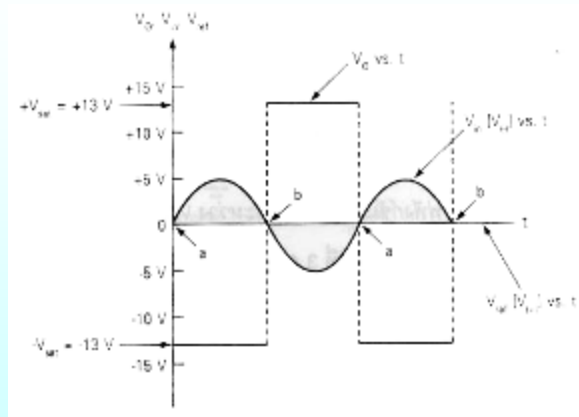
## วงจรถอดแอมป์แรงดัน



(ก) วงจรถอดแอมป์แรงดันแบบกลับเฟสโดยออปแอมป์เบอร์ 301



## วงจรตรวจจับแรงดันศูนย์

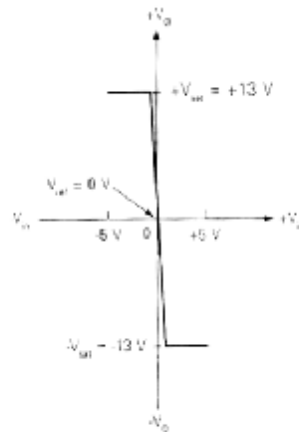


$V_o = -V_{sat}$  เมื่อ  $V_{in} > 0$

$V_o = +V_{sat}$  เมื่อ  $V_{in} < 0$



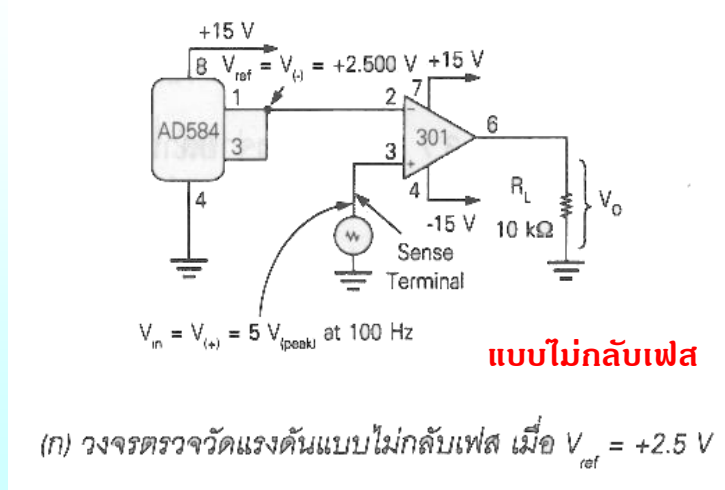
## วงจรตรวจจับแรงดันศูนย์



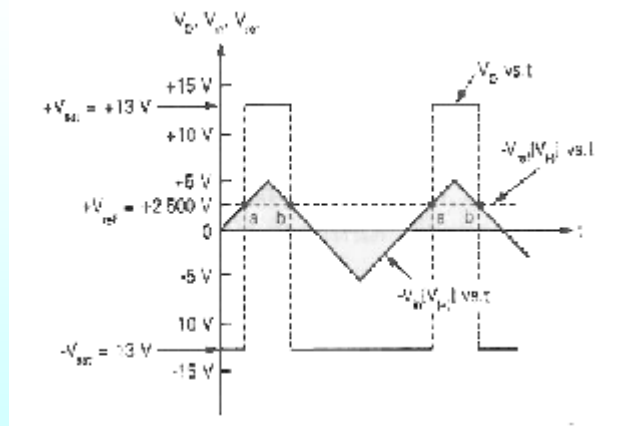
(ดู) กราฟฟังก์ชันการถ่ายโอนระหว่าง  $V_o$  และ  $V_{in}$



### วงจรตรวจจับแรงดันบวก



### วงจรตรวจจับแรงดันบวก

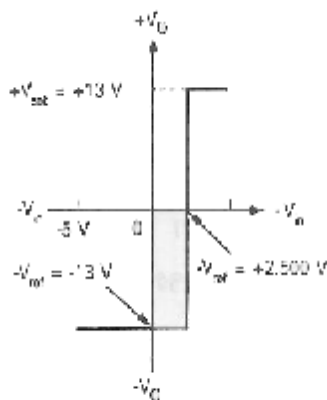


$V_o = +V_{sat}$  เมื่อ  $V_{in} > V_{ref}$  ( $V_{in} > +2.5V$ )

$V_o = -V_{sat}$  เมื่อ  $V_{in} < V_{ref}$  ( $V_{in} < +2.5V$ )



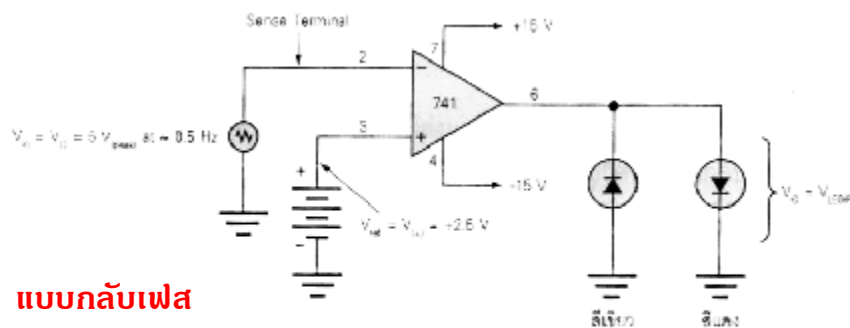
### วงจรตรวจจับแรงดันบวก



(ค) พิกัดขึ้นการถ่ายโอนของแรงดัน  $V_o$  และ  $V_n$  เมื่อ  $V_{ref} = +2.5\text{ V}$



### วงจรตรวจจับแรงดันบวก



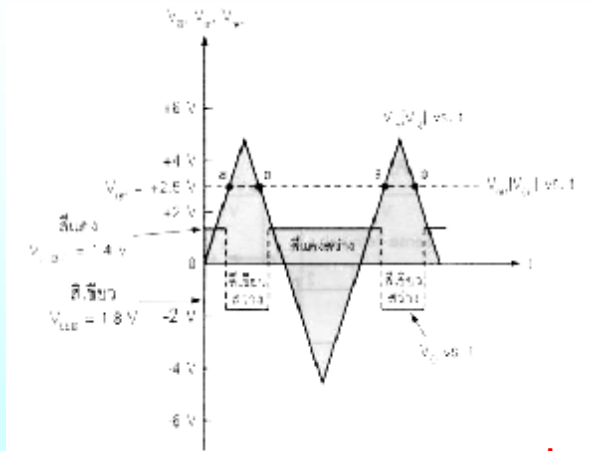
**แบบกลับเฟส**

(ก) วงจรตรวจวัดแรงดันแบบกลับเฟส เมื่อ  $V_{ref} = +2.5\text{ V}$  และใช้ไดโอดเปล่งแสง 2 ตัวแสดงการทำงาน





### วงจรตรวจจับแรงดันบวก

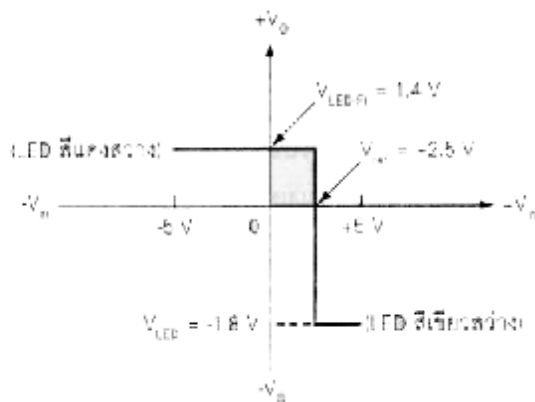


$V_o$  เป็นลบ เมื่อ  $V_{in} > V_{ref}$

$V_o$  เป็นบวก เมื่อ  $V_{in} < V_{ref}$



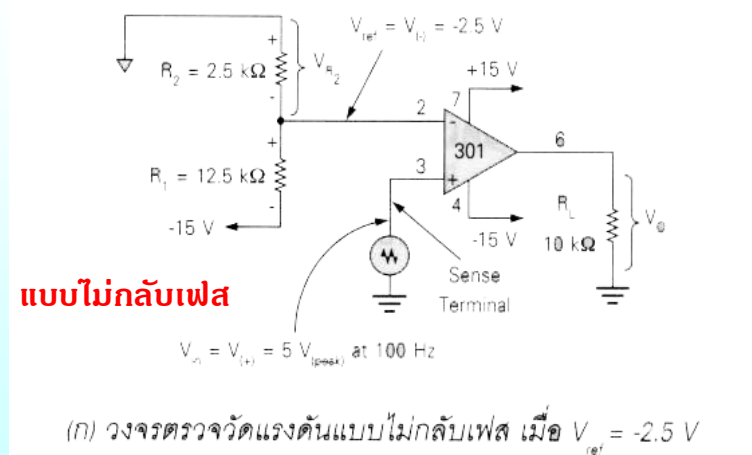
### วงจรตรวจจับแรงดันบวก



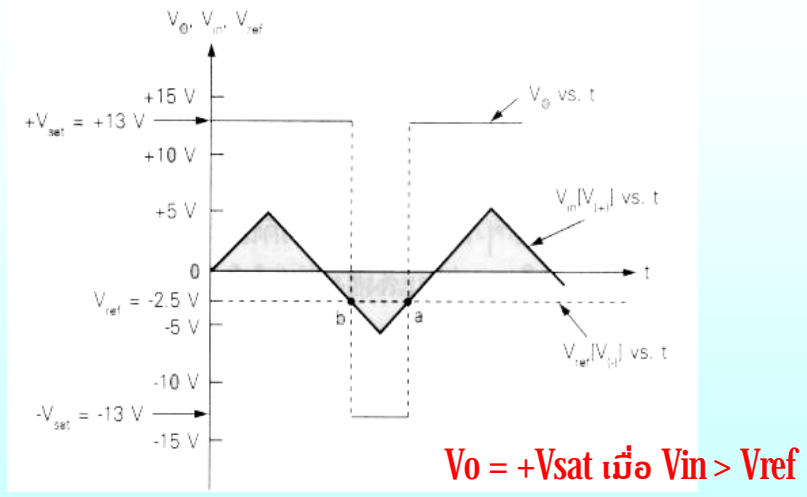
(ค) กราฟฟังก์ชันการถ่ายโอนของ  $V_o$  และ  $V_{in}$  เมื่อ  $V_{ref} = 12.5\text{ V}$



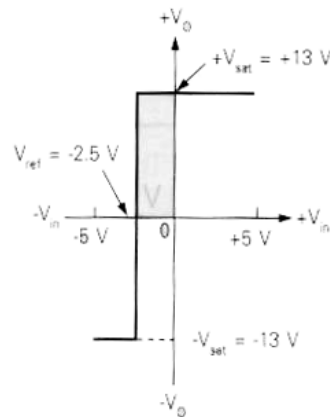
### วงจรตรวจจับแรงดันลบ



### วงจรตรวจจับแรงดันลบ



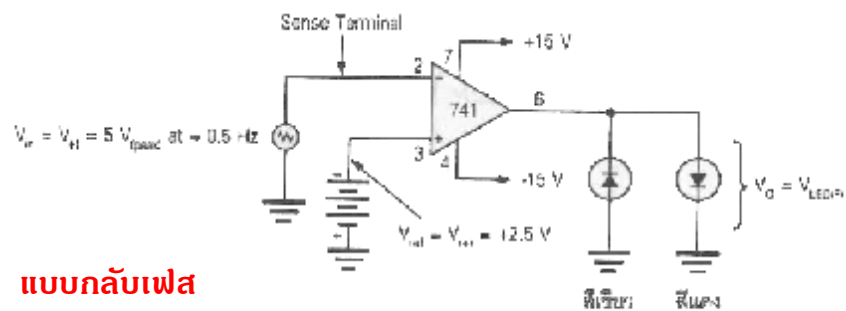
### วงจรตรวจจับแรงดันลบ



(ค) ฟังก์ชันการถ่ายโอนของแรงดัน  $V_o$  และ  $V_{in}$  เมื่อ  $V_{ref} = -2.5 V$



### วงจรตรวจจับแรงดันลบ

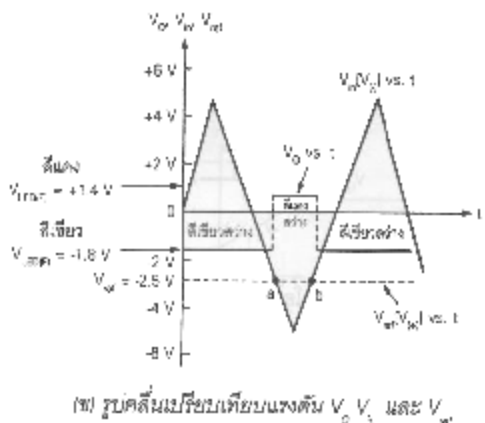


#### แบบกลับเฟส

(ก) วงจรตรวจจับแรงดันแบบกลับเฟสเมื่อ  $V_{ref} = -2.5 V$   
และใช้ไดโอดเปล่งแสง 2 ตัวแสดงการทำงาน



### วงจรตรวจจับแรงดันลบ

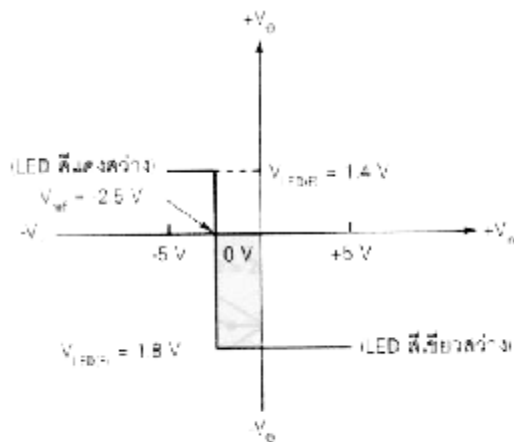


$V_o$  เป็นลบ เมื่อ  $V_{in} > V_{ref}$

$V_o$  เป็นบวก เมื่อ  $V_{in} < V_{ref}$

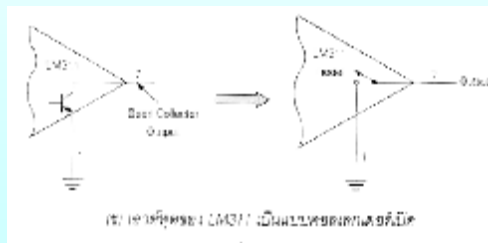
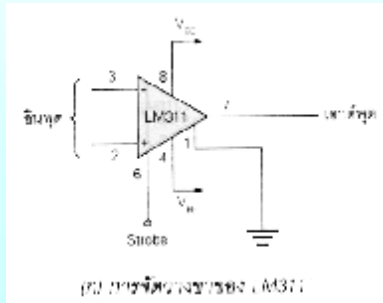


### วงจรตรวจจับแรงดันลบ



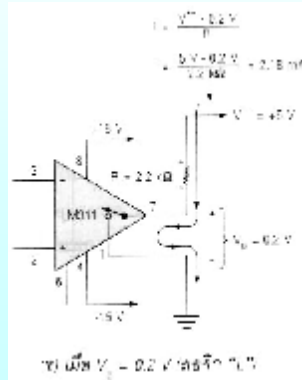
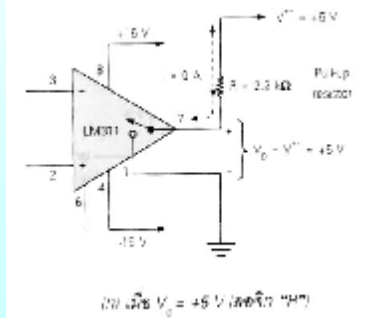
## ตัวเปรียบเทียบแรงดันความละเอียดสูง เบอร์ LM311

ออปแอมป์เบอร์ LM311 เป็น Precision Voltage Comparator ใช้งานได้ดีในย่านอุณหภูมิ  $0^{\circ} - 70^{\circ} \text{C}$  สามารถไบแอสด้วยแรงดันตั้งแต่  $+5\text{V}$  และไม่มากกว่า  $\pm 18\text{V}$  โดยค่าทั่วไปนิยมใช้แรงดันไบแอส  $\pm 15\text{V}$



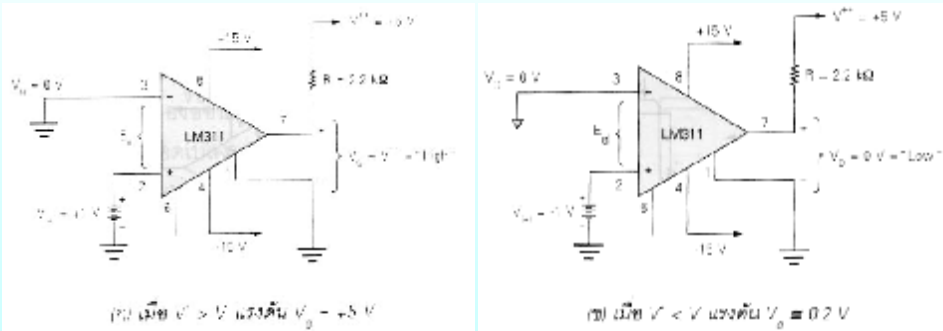
## ตัวเปรียบเทียบแรงดันความละเอียดสูง เบอร์ LM311

**ข้อเอาต์พุต** เป็นเอาต์พุตแบบคอลเลเตอร์เปิด (Open Collector Output) ข้อดีของเอาต์พุตแบบคอลเลเตอร์เปิด คือสามารถต่อเอาต์พุตของออปแอมป์ไปยังวงจรรวมดิจิทัลแบบทีทีแอลหรือซีเอ็มอสได้โดยตรง ด้วยการต่อตัวต้านทานพูลอัพ



## ตัวเปรียบเทียบแรงดันความละเอียดสูง เบอร์ LM311

**ข้อสังเกต** สถานะการทำงานของสวิตช์ทางเอาต์พุตจะทำงานใน  
สถานะเปิดวงจรหรือปิดวงจร จะขึ้นอยู่กับผลต่างของแรงดันอินพุต ( $V_D$ )

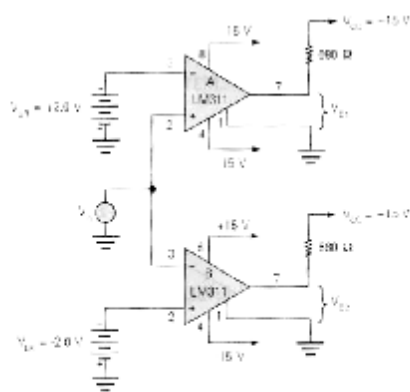


## ตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดวส์

ตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดวส์ คือ วงจรเปรียบเทียบ  
แรงดันที่ใช้โอปแอมป์ 2 ตัว ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับ  
แรงดันอ้างอิง 2 ค่า



## ตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดวส์



วงจรของตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดวส์นี้ซึ่งค้น  
เมื่อใช้ตัวเปรียบเทียบสัญญาณเอมพีเชอร์ LM311

เงื่อนไขการเปรียบเทียบแรงดัน

1. เมื่อ  $V_{UR} > V_{in} > V_{LR}$   
 $V_{O1}$  และ  $V_{O2} = 0V$
2. เมื่อ  $V_{in} > V_{UR}$   
 $V_{O1} = +15V$ ,  $V_{O2} = 0V$
3. เมื่อ  $V_{in} < V_{LR}$   
 $V_{O1} = 0V$ ,  $V_{O2} = +15V$

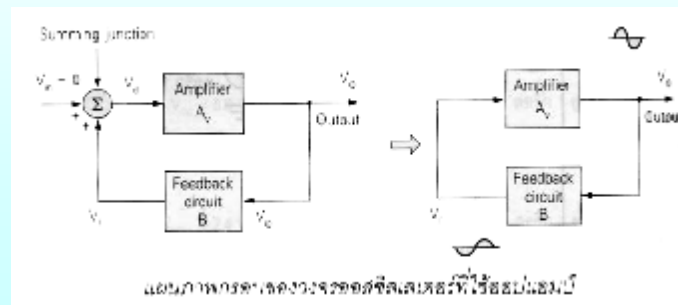


## วงจรกำเนิดสัญญาณ



## วงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ คือ วงจรที่ทำหน้าที่กำเนิดหรือสร้างสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น สัญญาณไซน์ สัญญาณสี่เหลี่ยม หรือ สามเหลี่ยม เป็นต้น ซึ่งสามารถทำงานโดยไม่ต้องมีสัญญาณอินพุต



## ชนิดของวงจรออสซิลเลเตอร์

ชนิดของวงจรออสซิลเลเตอร์ จะแยกตามชนิดของอุปกรณ์ในวงจรป้อนกลับ ซึ่งแยกออกเป็น 3 ชนิด คือ

ชนิดของวงจรป้อนกลับ	ความถี่ออสซิลเลเตอร์	รูปคลื่นเอาต์พุต
1. RC Oscillator	Audio Frequency(AF)	Sinusoidal
2. LC Oscillator	Radio Frequency(RF)	Square wave
3. Crystal Oscillator		Triangle or Sawtooth wave, etc





## วงจรกำเนิดคลื่นไซน์

วงจรกำเนิดคลื่นไซน์หรือวงจรรอสซิลเลตคลื่นไซน์ มีหลายวงจรที่นิยมใช้กันมาก คือ

วงจบบีบเลื่อนเฟส (Phase Shift Oscillator)

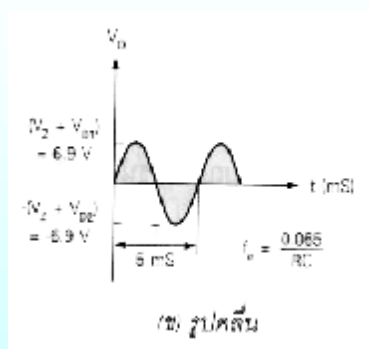
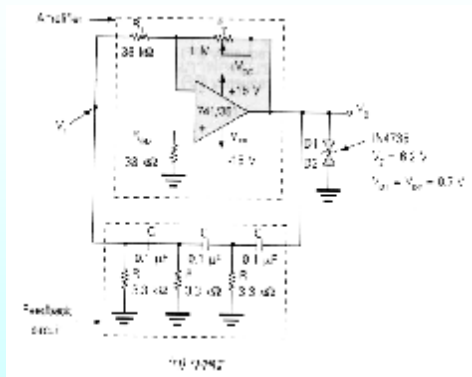
วงจรวินบริดจ์ (Wien Bridge Oscillator)

วงจรรควอเดรเจอร์ (Quadrature Oscillator)

ซึ่งวงจรเหล่านี้ จะมีส่วนของวงจรป้อนกลับเป็นแบบ RC Oscillator



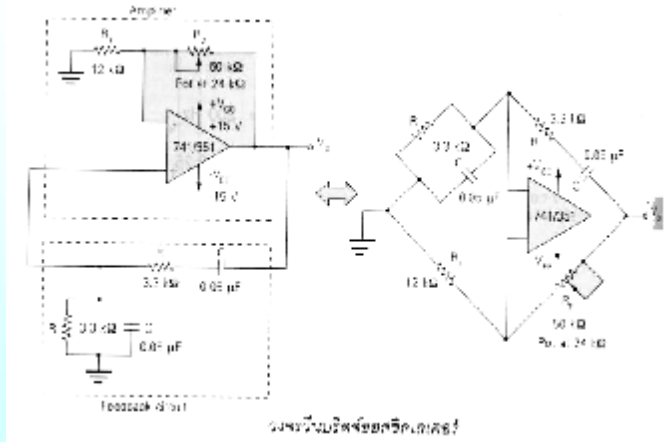
## วงจรกำเนิดคลื่นไซน์



โดยที่  $f_o = \frac{1}{2p\sqrt{6RC}} = \frac{0.065}{RC}$  ,  $R_F = 29R_1$



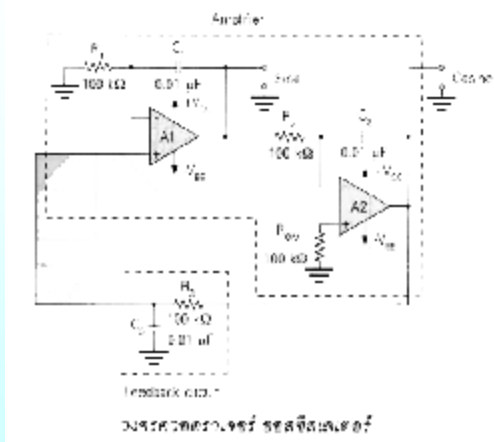
### วงจรวินบรีดจ์ออกซิดเดเตอร์



โดยที่  $f_o = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{0.159}{RC}$  ,  $A_V = \frac{1}{B} = 3$  or  $A_V = 1 + \frac{R_F}{R_1} = 3$   
 $R_F = 2R_1$  35



### ควอคราเจอร์ ออกซิดเดเตอร์



โดยที่  $f_o = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{0.159}{RC}$  ,  $A_V = \frac{1}{B} = 1.414$

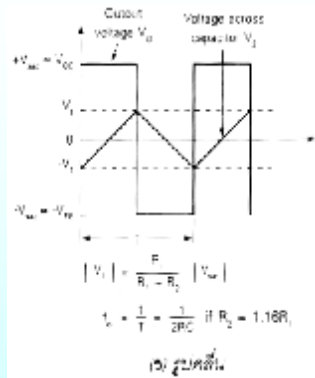
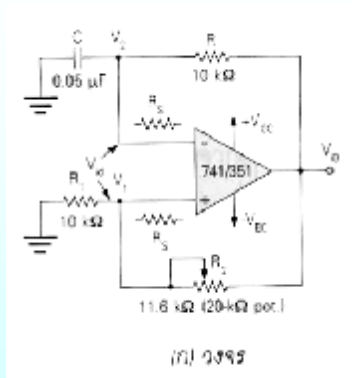


## วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม

วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม จะให้กำเนิดสัญญาณเอาต์พุตเป็นคลื่นสี่เหลี่ยมเรียกได้หลายชื่อ เช่น Free-Running หรือ Astable Multivibrator เป็นต้น แรงดันเอาต์พุต จะมีค่าเท่ากับ  $+V_{sat}$  และ  $-V_{sat}$  และค่าความกว้างของพัลส์เอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับค่า RC



## วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม



โดยที่  $V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (+V_{sat})$   
 $-V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (-V_{sat})$

$$f_o = \frac{1}{2RC \ln\left(\frac{2R_1 + R_2}{R_2}\right)}$$

$$f_o = \frac{1}{2RC} \quad \text{if } R_2 = 1.16R_1$$

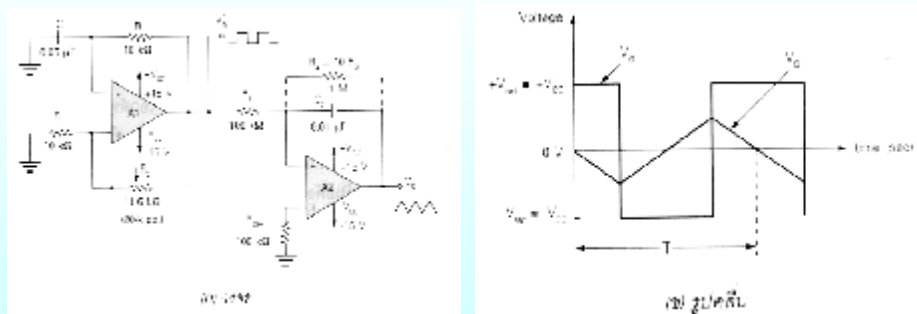


## วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม

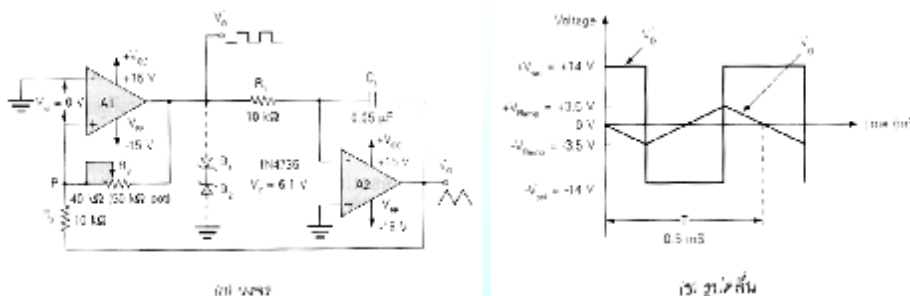
หลักการกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม โดยใช้วงจรออปแอมป์ คือ ใช้ออปแอมป์ 2 ตัว ตัวแรกทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม และออปแอมป์ตัวที่ 2 ทำหน้าที่เป็นวงจรมินิเกรเตอร์ ซึ่งจะทำการอินทิเกรตสัญญาณสี่เหลี่ยมให้กลายเป็นสัญญาณสามเหลี่ยม



## วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม



## วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยมที่ปรับปรุงแล้ว



โดยที่

$$T = (2R_1C_1) \frac{V_{O(p-p)}}{V_{sat}} \quad \text{if } V_{in} = -V_{sat}, V_O = V_{O(p-p)}, C = 0$$

$$f_o = \frac{R_3}{4R_1C_1R_2} \quad \text{if } V_{sat} = | +V_{sat} | = | -V_{sat} |$$



จบ

