



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

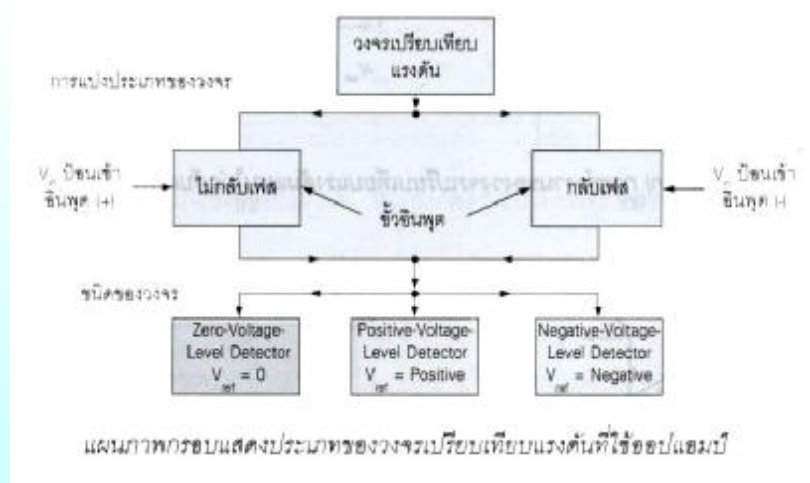
วงจรตรวจวัดแรงดันศูนย์

วงจรตรวจวัดแรงดันบวก

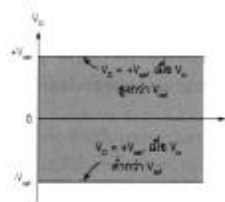
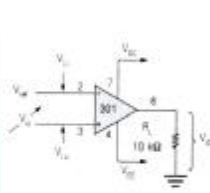
วงจรตรวจวัดแรงดันลบ



ประเภทของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน



การวิเคราะห์ห้วงจร



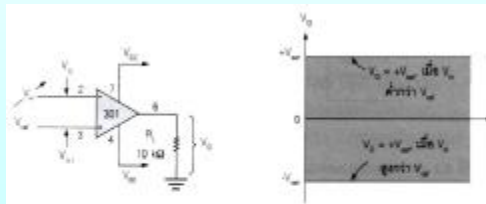
(ก) การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบไม่กลับเฟส

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. $V_o = +V_{sat}$, $V_{in} < V_{ref}$

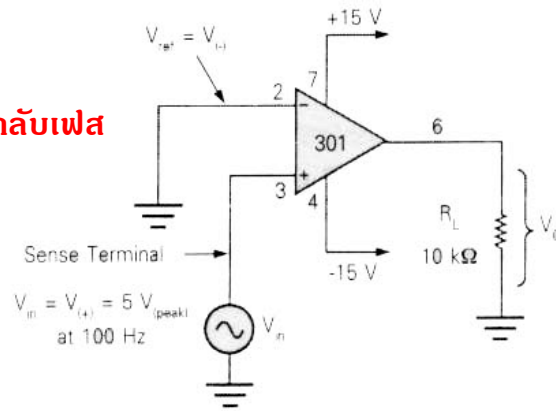


(ข) การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบกลับเฟส



วงจรตรวจับแรงดันศูนย์

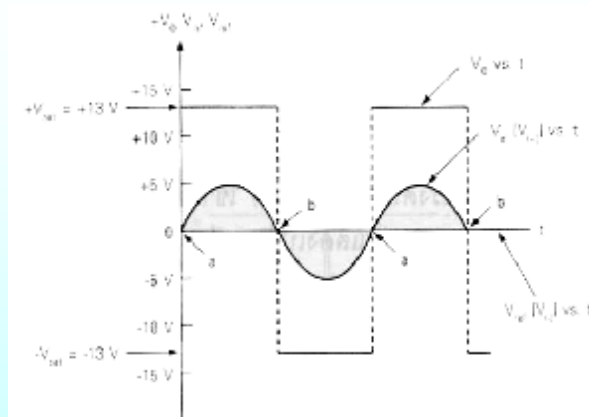
แบบไม่กลับเฟส



(ก) วงจรตรวจวัดแรงดันศูนย์แบบไม่กลับเฟสโดยออปแอมป์เบอร์ 301



วงจรตรวจับแรงดันศูนย์

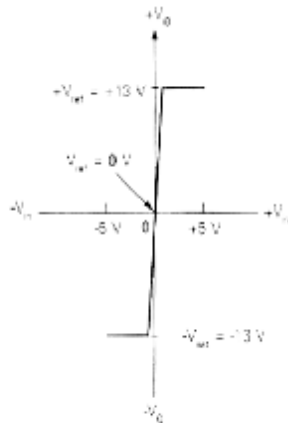


$V_o = +V_{sat}$ เมื่อ $V_{in} > 0$ และ

$V_o = -V_{sat}$ เมื่อ $V_{in} < 0$



วงจรถอดแอมป์แรงดัน

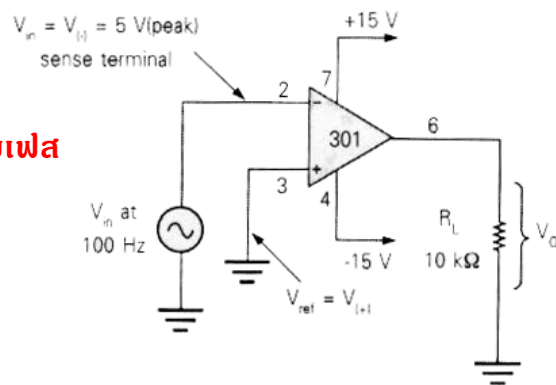


(ค) กราฟฟังก์ชันการถ่ายโอนระหว่าง V_o และ V_i



วงจรถอดแอมป์แรงดัน

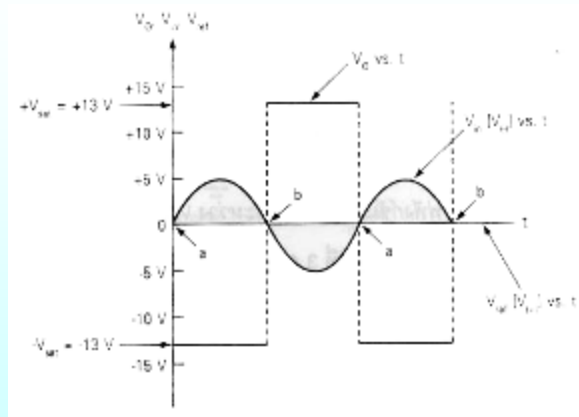
แบบกลับเฟส



(ก) วงจรถอดแอมป์แรงดันแบบกลับเฟสโดยออปแอมป์เบอร์ 301



วงจรตรวจจับแรงดันศูนย์

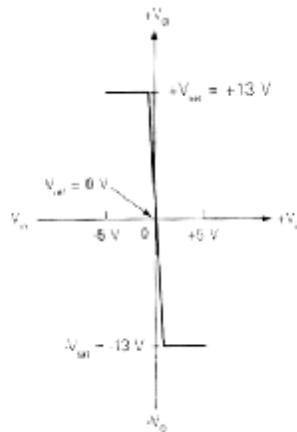


$V_o = -V_{sat}$ เมื่อ $V_{in} > 0$

$V_o = +V_{sat}$ เมื่อ $V_{in} < 0$



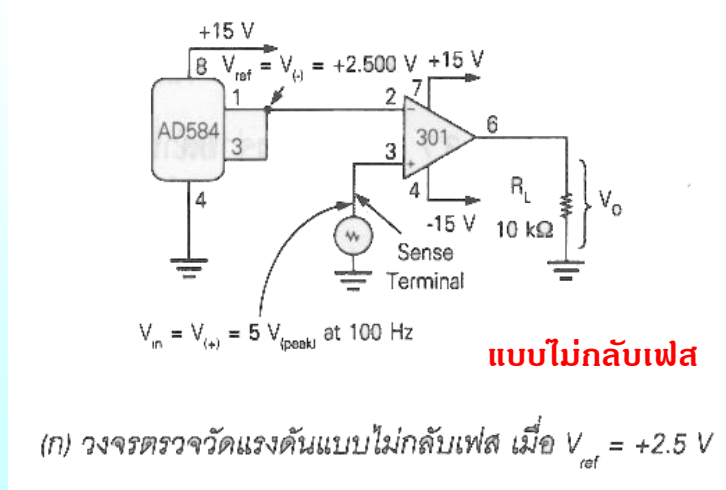
วงจรตรวจจับแรงดันศูนย์



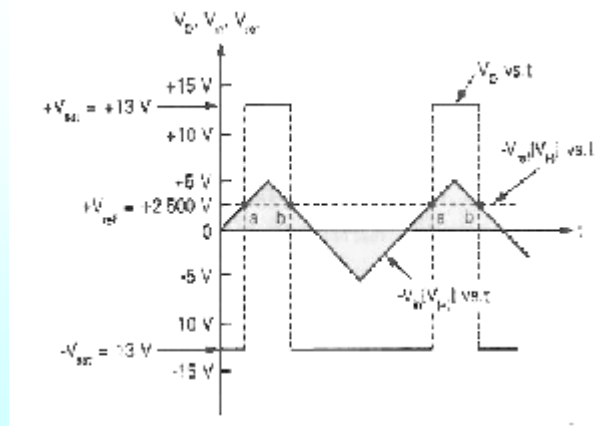
(ดู) กราฟฟังก์ชันการถ่ายโอนระหว่าง V_o และ V_{in}



วงจรตรวจจับแรงดันบวก



วงจรตรวจจับแรงดันบวก

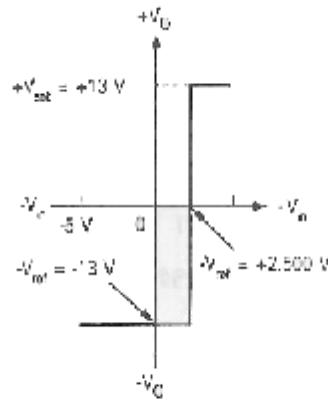


$V_o = +V_{sat}$ เมื่อ $V_{in} > V_{ref}$ ($V_{in} > +2.5V$)

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



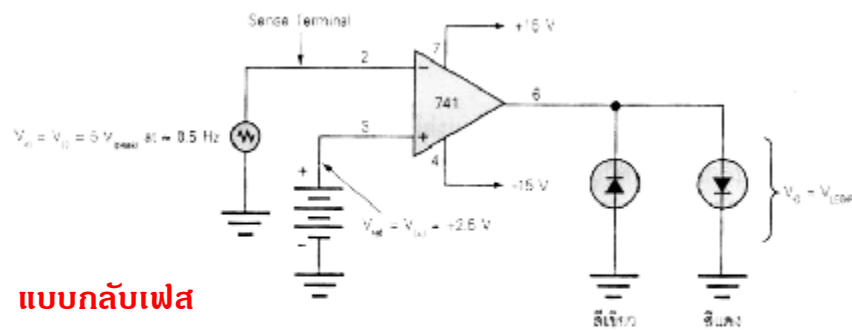
วงจรตรวจจับแรงดันบวก



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



วงจรตรวจจับแรงดันบวก

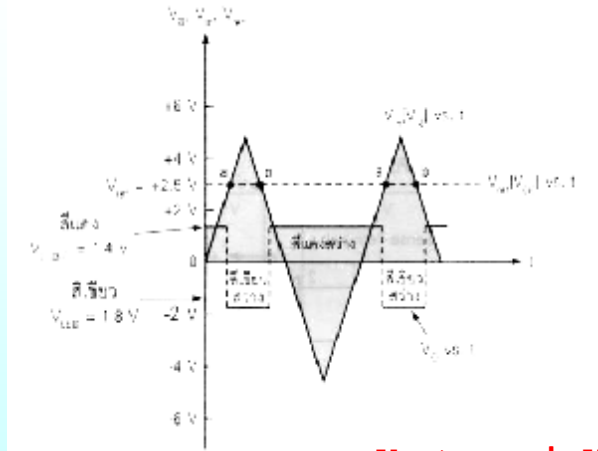


แบบกลับเฟส

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



วงจรตรวจจับแรงดันบวก

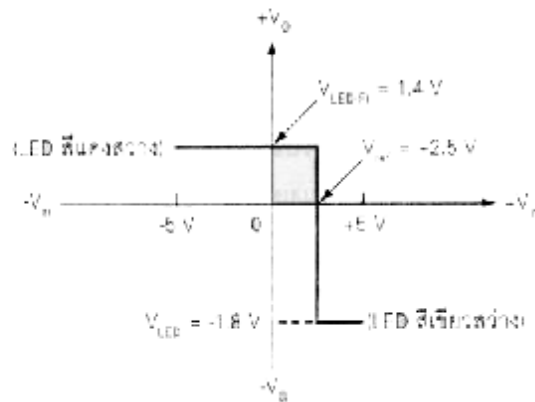


V_o เป็นลบ เมื่อ $V_{in} > V_{ref}$

V_o เป็นบวก เมื่อ $V_{in} < V_{ref}$



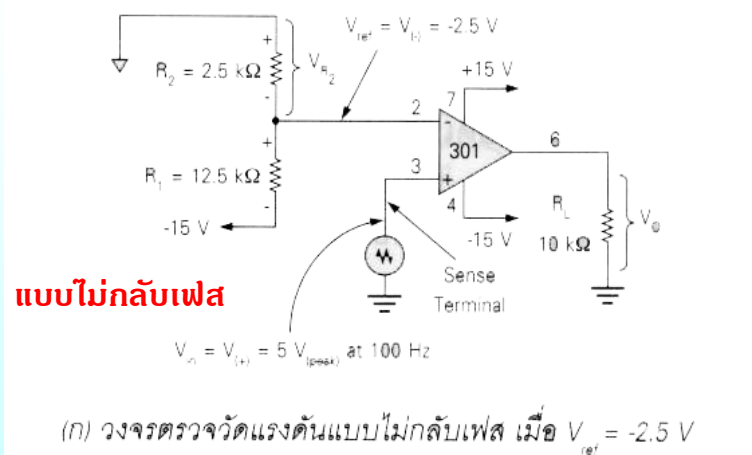
วงจรตรวจจับแรงดันบวก



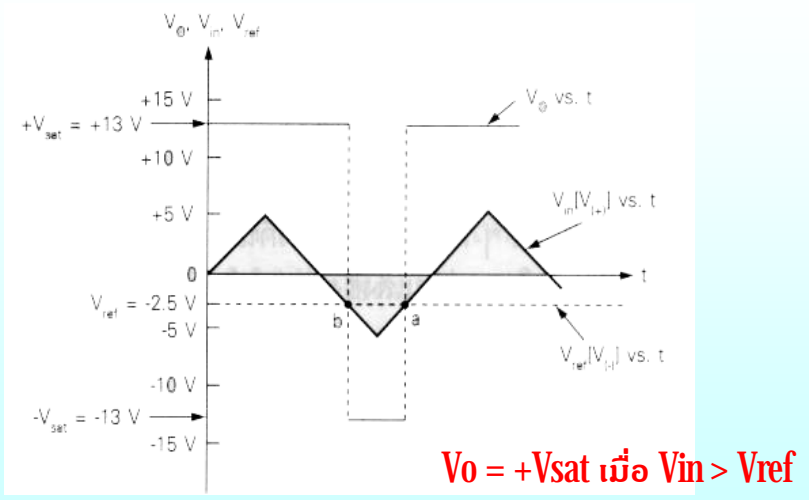
(ค) กราฟฟังก์ชันการถ่ายโอนของ V_o และ V_{in} เมื่อ $V_{ref} = 12.5 V$



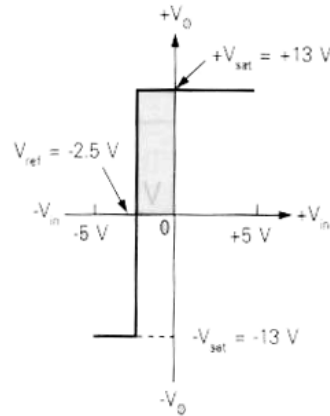
วงจรตรวจจับแรงดันลบ



วงจรตรวจจับแรงดันลบ



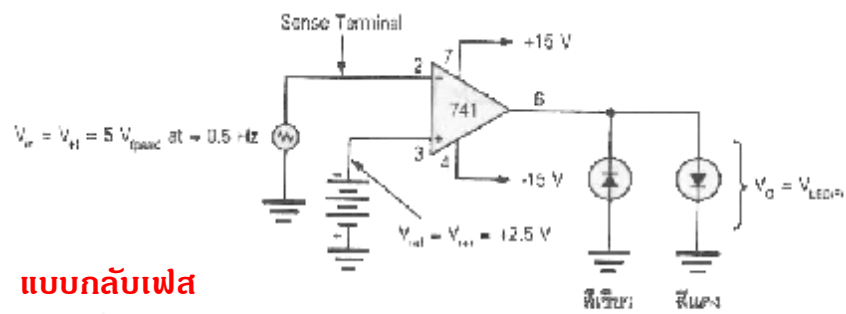
วงจรตรวจจับแรงดันลบ



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



วงจรตรวจจับแรงดันลบ

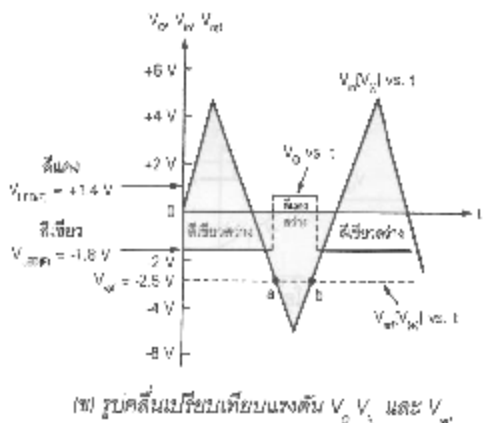


แบบกลับเฟส

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



วงจรตรวจจับแรงดันลบ

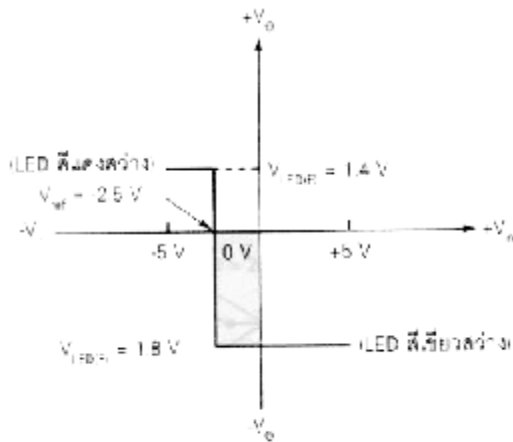


V_o เป็นลบ เมื่อ $V_{in} > V_{ref}$

V_o เป็นบวก เมื่อ $V_{in} < V_{ref}$

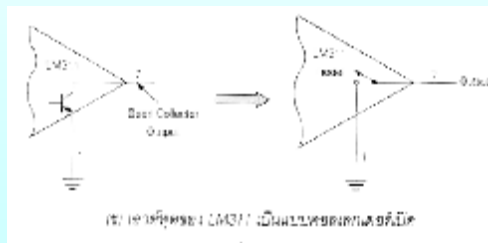
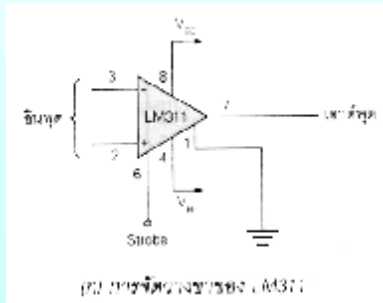


วงจรตรวจจับแรงดันลบ



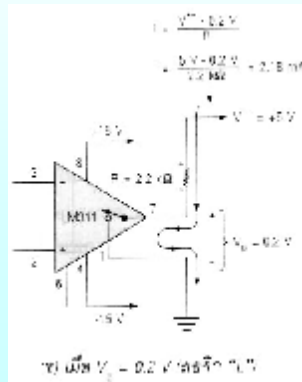
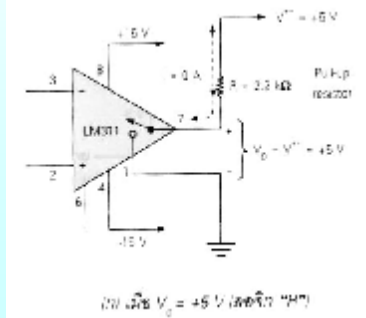
ตัวเปรียบเทียบแรงดันความละเอียดสูง เบอร์ LM311

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



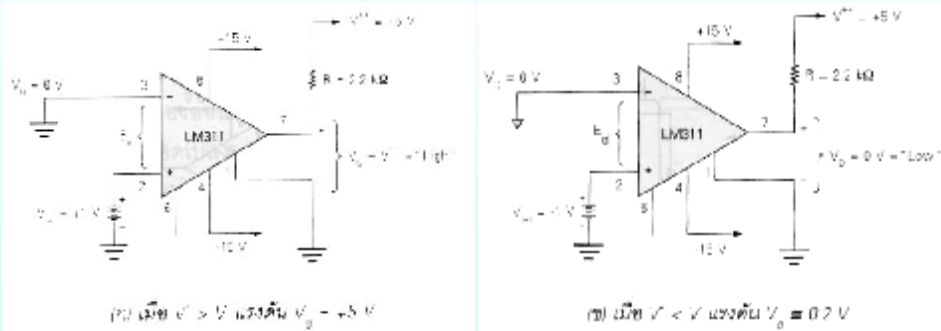
ตัวเปรียบเทียบแรงดันความละเอียดสูง เบอร์ LM311

ข้อเอาต์พุต เป็นเอาต์พุตแบบคอลเลเตอร์เปิด (Open Collector Output) ข้อดีของเอาต์พุตแบบคอลเลเตอร์เปิด คือสามารถต่อเอาต์พุตของออปแอมป์ไปยังวงจรรวมดิจิทัลแบบทีทีแอลหรือซีเอ็มอสได้โดยตรง ด้วยการต่อตัวต้านทานพูลอัพ



ตัวเปรียบเทียบแรงดันความละเอียดสูง เบอร์ LM311

ข้อสังเกต สถานะการทำงานของสวิตช์ทางเอาต์พุตจะทำงานในสถานะเปิดวงจรหรือปิดวงจร จะขึ้นอยู่กับผลต่างของแรงดันอินพุต (V_D)

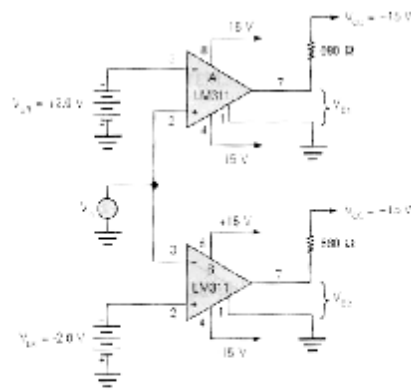


ตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดวส์

ตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดวส์ คือ วงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ใช้โอปแอมป์ 2 ตัว ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับแรงดันอ้างอิง 2 ค่า



ตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดวต์



วงจรของตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดวต์นี้ซึ่งค้น
เมื่อใช้ตัวเปรียบเทียบค่าอัตโนมัติเบอร์ LM311

เงื่อนไขการเปรียบเทียบแรงดัน

1. เมื่อ $V_{UR} > V_{in} > V_{LR}$

$$V_{O1} \text{ และ } V_{O2} = 0V$$

2. เมื่อ $V_{in} > V_{UR}$

$$V_{O1} = +15V, V_{O2} = 0V$$

3. เมื่อ $V_{in} < V_{LR}$

$$V_{O1} = 0V, V_{O2} = +15V$$

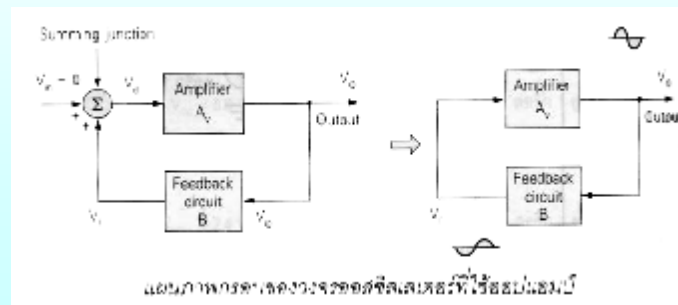


วงจรกำเนิดสัญญาณ



วงจรรอสซิลเลเตอร์

วงจรรอสซิลเลเตอร์ คือ วงจรที่ทำหน้าที่กำเนิดหรือสร้างสัญญาณการทางไฟฟ้า เช่น สัญญาณไซน์ สัญญาณสี่เหลี่ยม หรือ สามเหลี่ยม เป็นต้น ซึ่งสามารถทำงานโดยไม่ต้องมีสัญญาณอินพุท



ชนิดของวงจรรอสซิลเลเตอร์

ชนิดของวงจรรอสซิลเลเตอร์ 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)

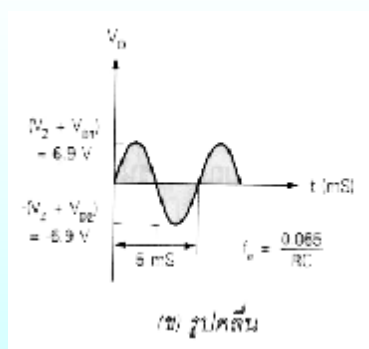
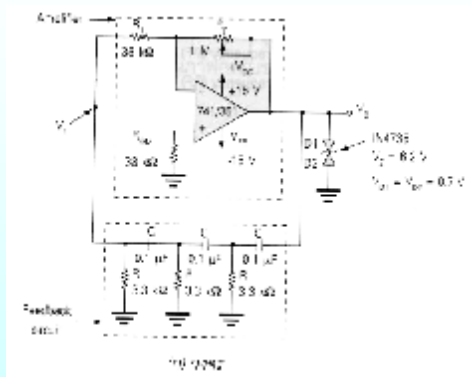
วงจรวินบริดจ์ (Wien Bridge Oscillator)

วงจรรควอเดรเจอร์ (Quadrature Oscillator)

ซึ่งวงจรเหล่านี้ จะมีส่วนของวงจรม้วนกลับเป็นแบบ RC Oscillator



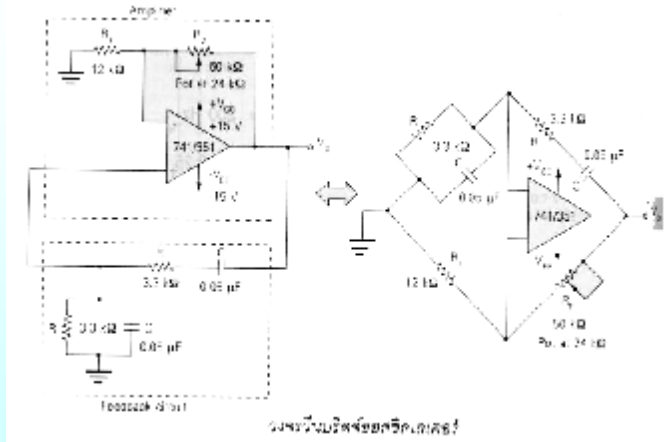
วงจรกำเนิดคลื่นไซน์



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



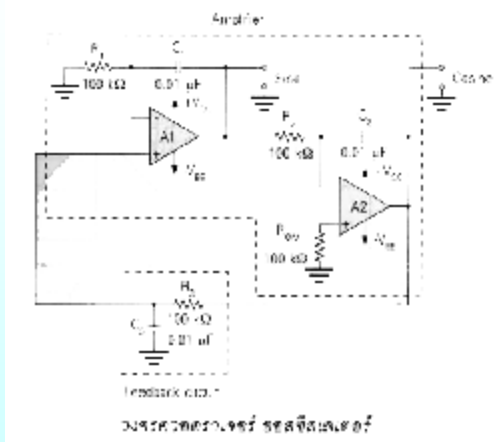
วงจรวินบรีดจ์ออกสเตอริโอ



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



ควอคราเจอร์ ออตสเตอริโอ



โดยที่ $f_o = \frac{1}{2pRC} = \frac{0.159}{RC}$, $A_v = \frac{1}{B} = 1.414$

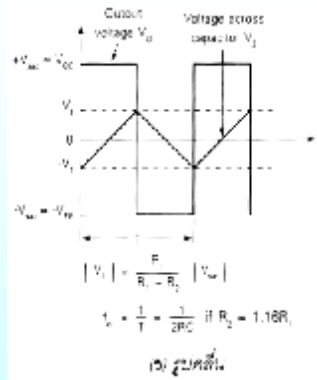
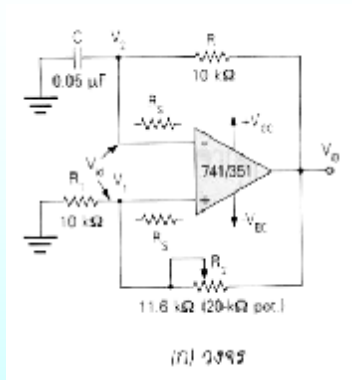


วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม

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



วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม



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

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

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

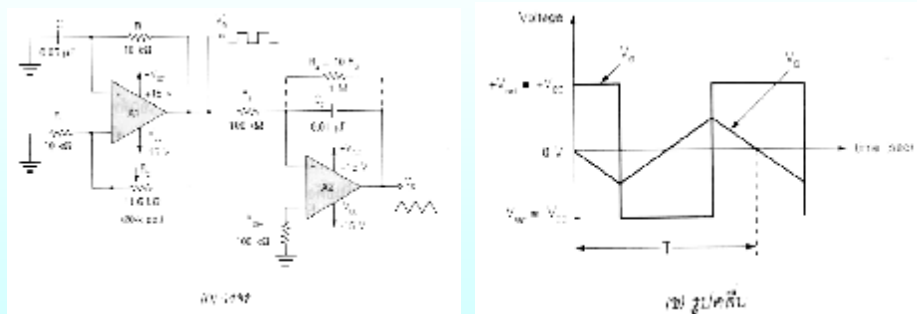


วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม

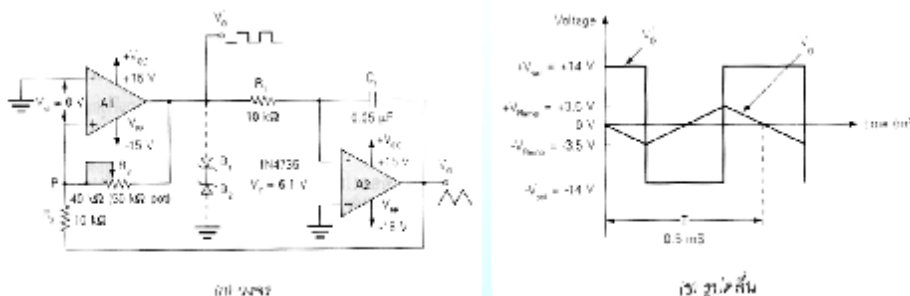
หลักการกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม โดยใช้วงจรออปแอมป์ คือ ใช้ออปแอมป์ 2 ตัว ตัวแรกทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม และออปแอมป์ตัวที่ 2 ทำหน้าที่เป็นวงจรมินทิเกรเตอร์ ซึ่งจะทำการอินทิเกรตสัญญาณสี่เหลี่ยมให้กลายเป็นสัญญาณสามเหลี่ยม



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

