Op Amp Oscillators

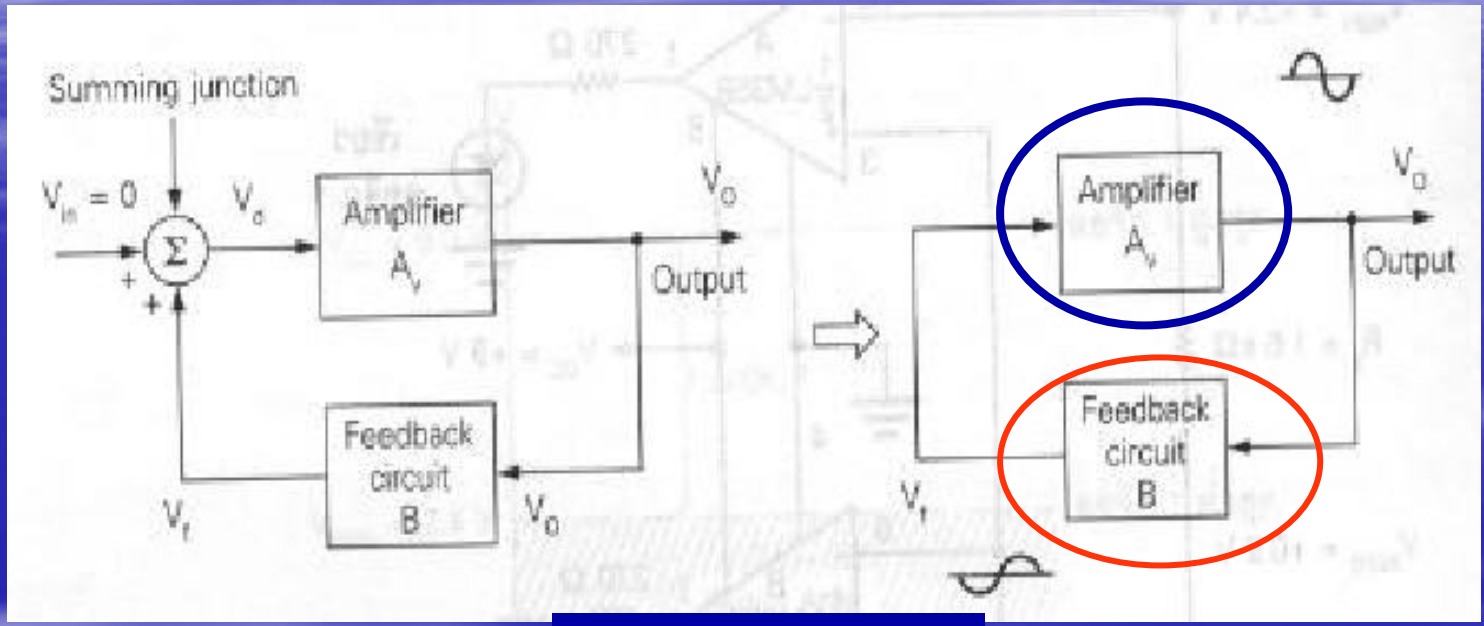
Op Amp signal generator

Napat Watjanatepin

EE department

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Oscillator block diagram



AF = 20Hz-20KHz

ชนิดของวงจรป้อนกลับ	ความถี่ออสซิลเลต	รูปคลื่นเอาต์พุต
1. RC Oscillator	Audio Frequency (AF)	Sinusoidal
2. LC Oscillator	Radio Frequency (RF)	Square wave
3. Crystal Oscillator	**RF = 30k-300MHz**	Triangle or Sawtooth wave, etc

Sine wave Oscillator/generator

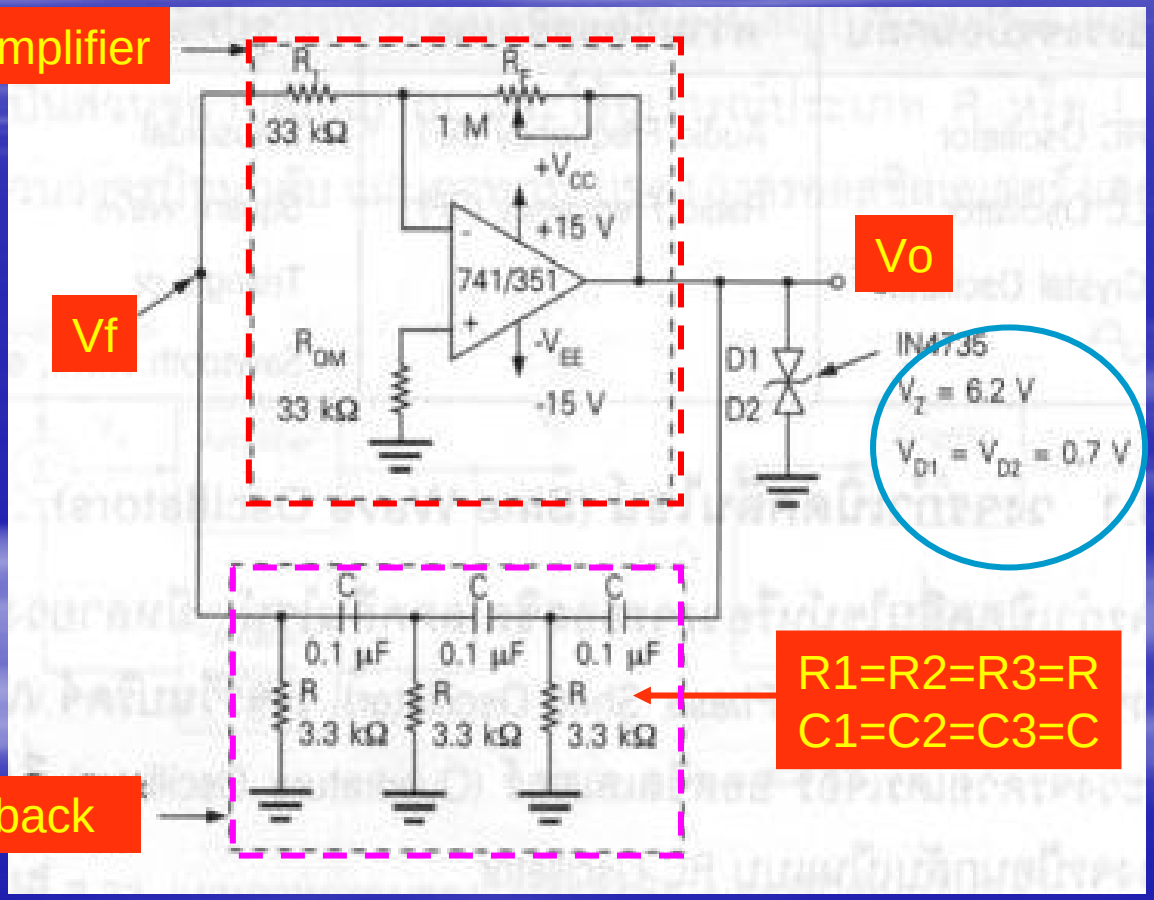
1. Phase shift oscillator

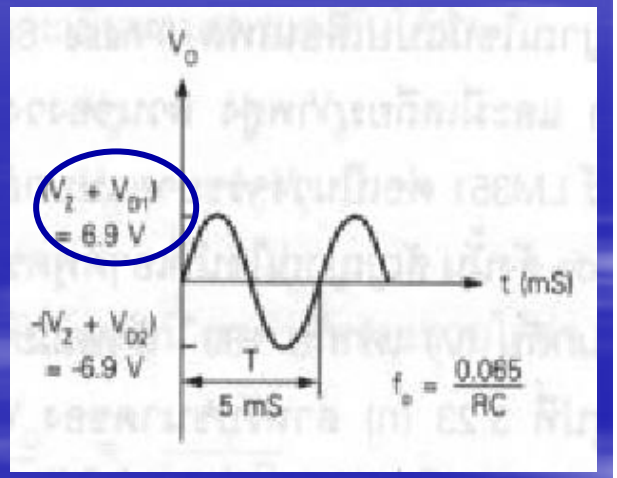
2. Wine bridge oscillator

3. Quadrature oscillator

Sine wave Oscillator

1. Phase shift oscillator





Sine wave Oscillator

1. Phase shift oscillator

สมการความถี่เอาต์พุต (f_o) ของวงจร คือ

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{6RC}} = \frac{0.065}{RC}$$

ที่ความถี่ f_o ค่าอัตราขยายของวงจรขยาย (A_V) จะไม่เกิน 29 ดังนั้น

$$\left|\frac{R_F}{R_1}\right| = 29$$

$$R_F = 29\,R_1$$

Sine wave Oscillator

1. Phase shift oscillator

EX

จงออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์แบบเลื่อนเฟส ต้องการสัญญาณเอาต์พุตที่ความถี่ 200 Hz และกำหนดให้ C = 0.1 μF และให้ $R_1 \geq 10\ R$

กำหนดให้ $C = 0.1\ \mu F,\ f_o = 200\ Hz$

ดังนั้น $R = \dfrac{0.065}{(200) \times 0.1\ \mu F} = 3.25\ k\Omega$

และ $R_1 \geq 10\ R$

$\therefore\ R_1 = 10 \times 3.25\ k\Omega = 32.5\ k\Omega$

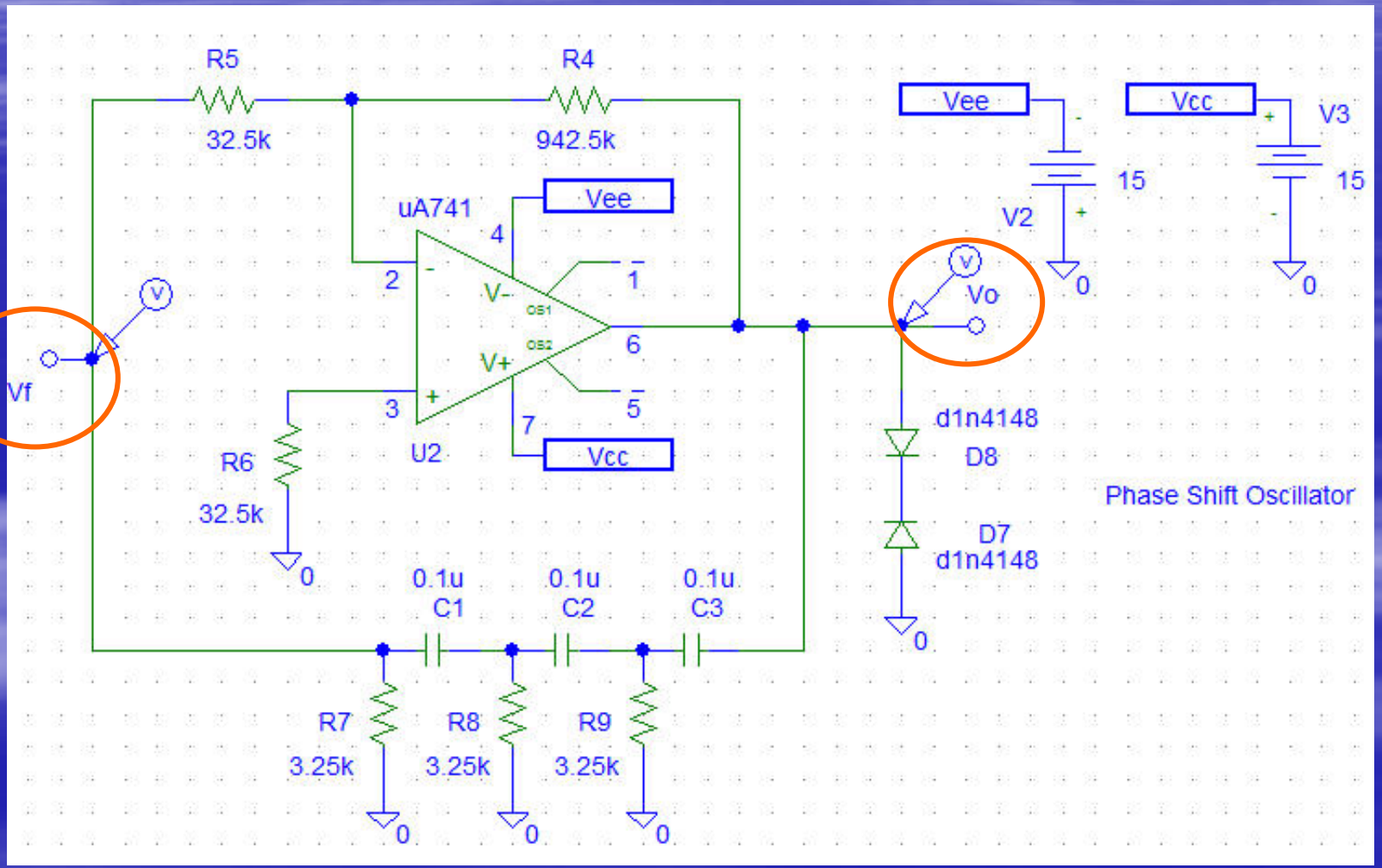
$R_F = 29\ R_1$

$= 29 \times 32.5\ k\Omega$

$\therefore\ R_F = 942.5\ k\Omega$

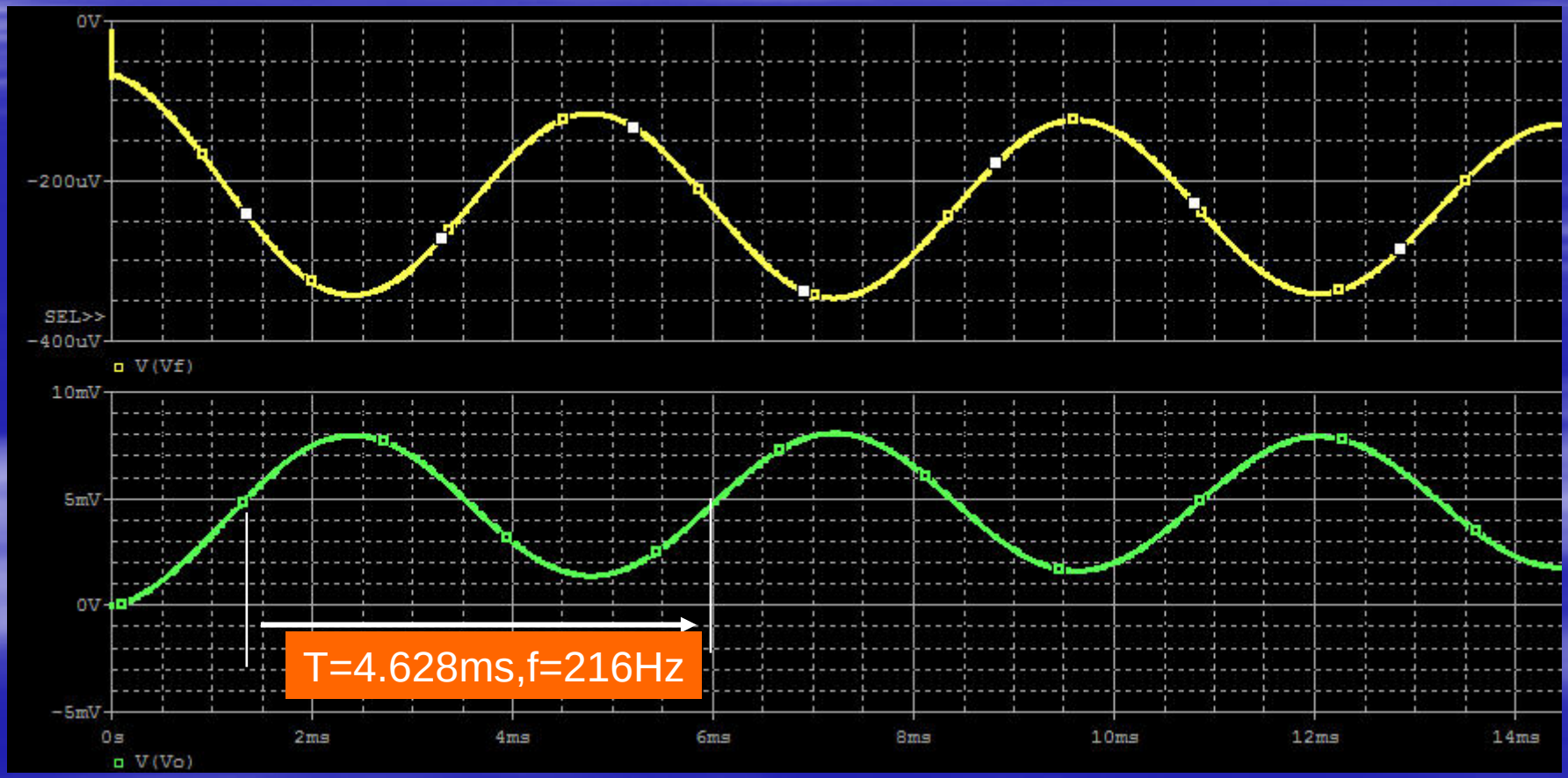
Sine wave Oscillator

PSpice simulation phase shift oscillator



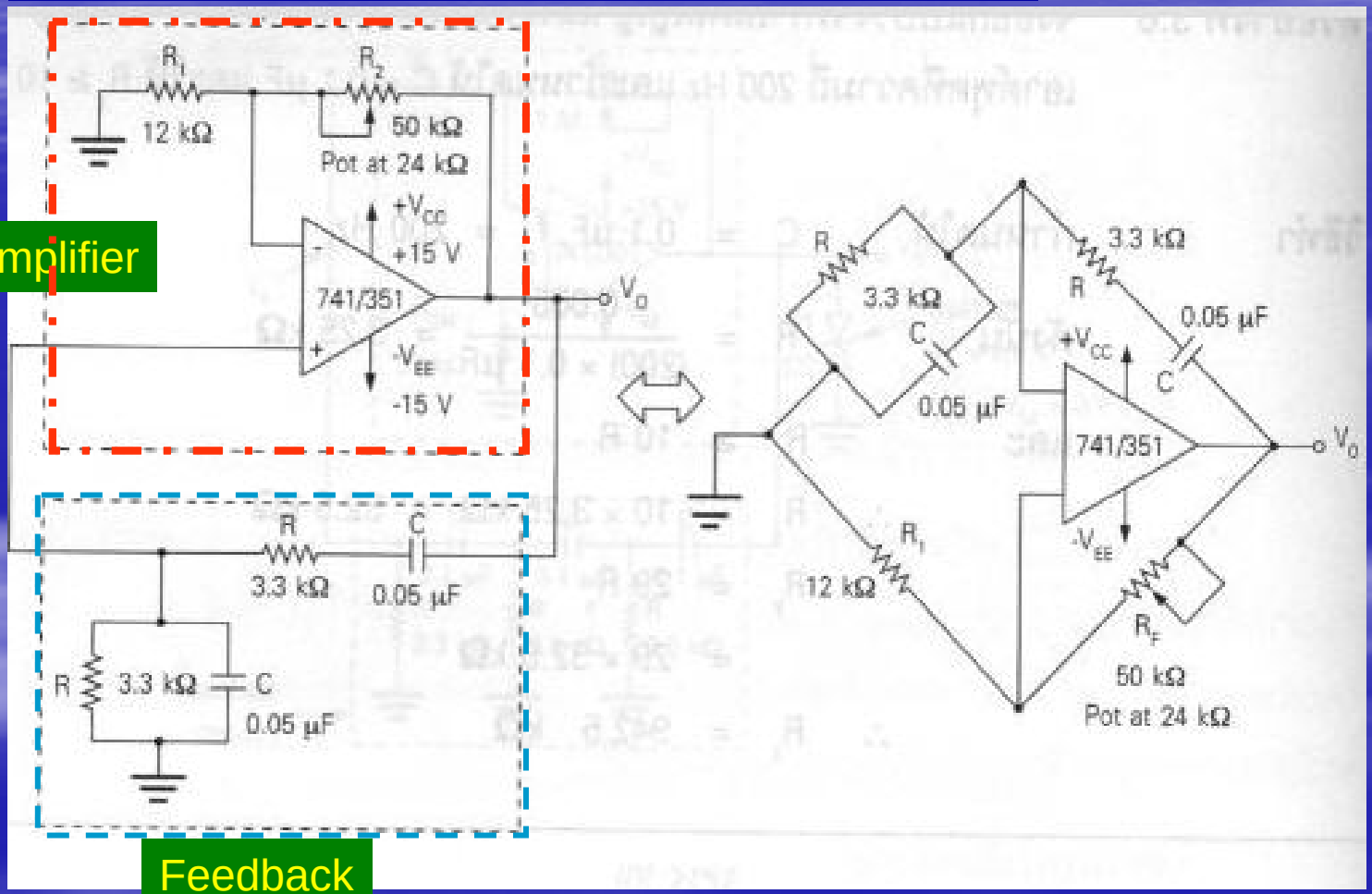
Sine wave Oscillator

PSpice simulation oscillator waveform



Sine wave Oscillator

2. Wine bridge oscillator



Sine wave Oscillator

2. Wine bridge oscillator

Output frequency , resonance freq

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{0.159}{RC}$$

Voltage gain

$$Av = 1+\{R_f/R_1\} = 3$$

$$R_f = 2R_1$$

Sine wave Oscillator

2. Wine bridge oscillator

จงออกแบบวงจรวีนบริดจ์ออสซิลเลเตอร์ โดยกำหนดให้กำเนิดสัญญาณไซน์ที่ความถี่ f_o = 965 Hz โดยกำหนดให้ C = 0.05 μF และ R_1 = 12 kΩ

กำหนดให้ $C = 0.05\ \mu F,\ f_o = 965\ Hz,\ R_1 = 12\ k\Omega$

จากสมการ $$f_o = \frac{0.159}{RC}$$

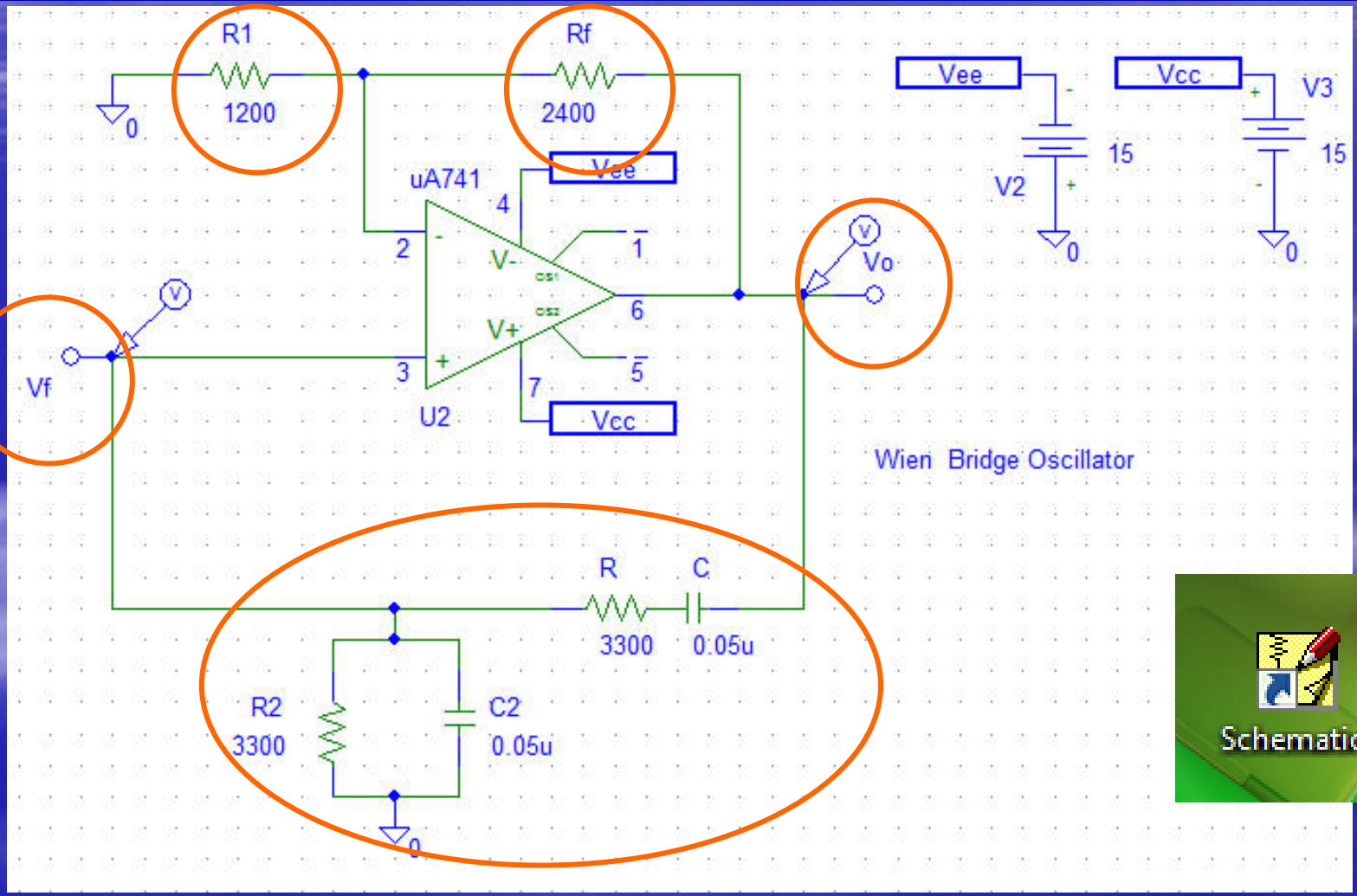
$$R = \frac{0.159}{(965)\ (0.05 \times 10^{-6}\ F)} = 3.3\ k\Omega$$

จากสมการ $$R_F = 2\ R_1$$

$$R_F = 2(12\ k\Omega) = 24\ k\Omega$$

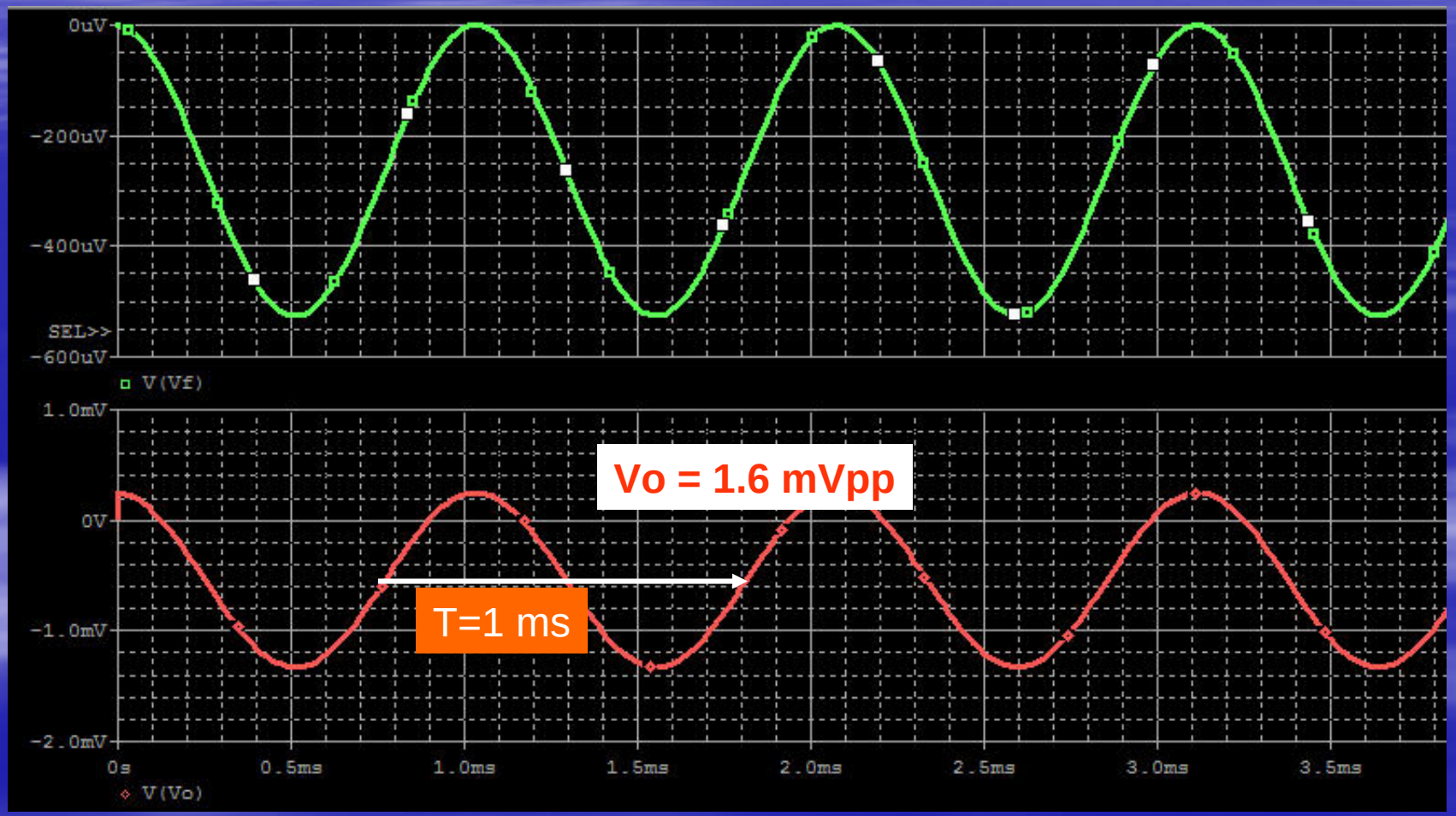
Sine wave Oscillator

PSpice simulation wine bridge oscillator



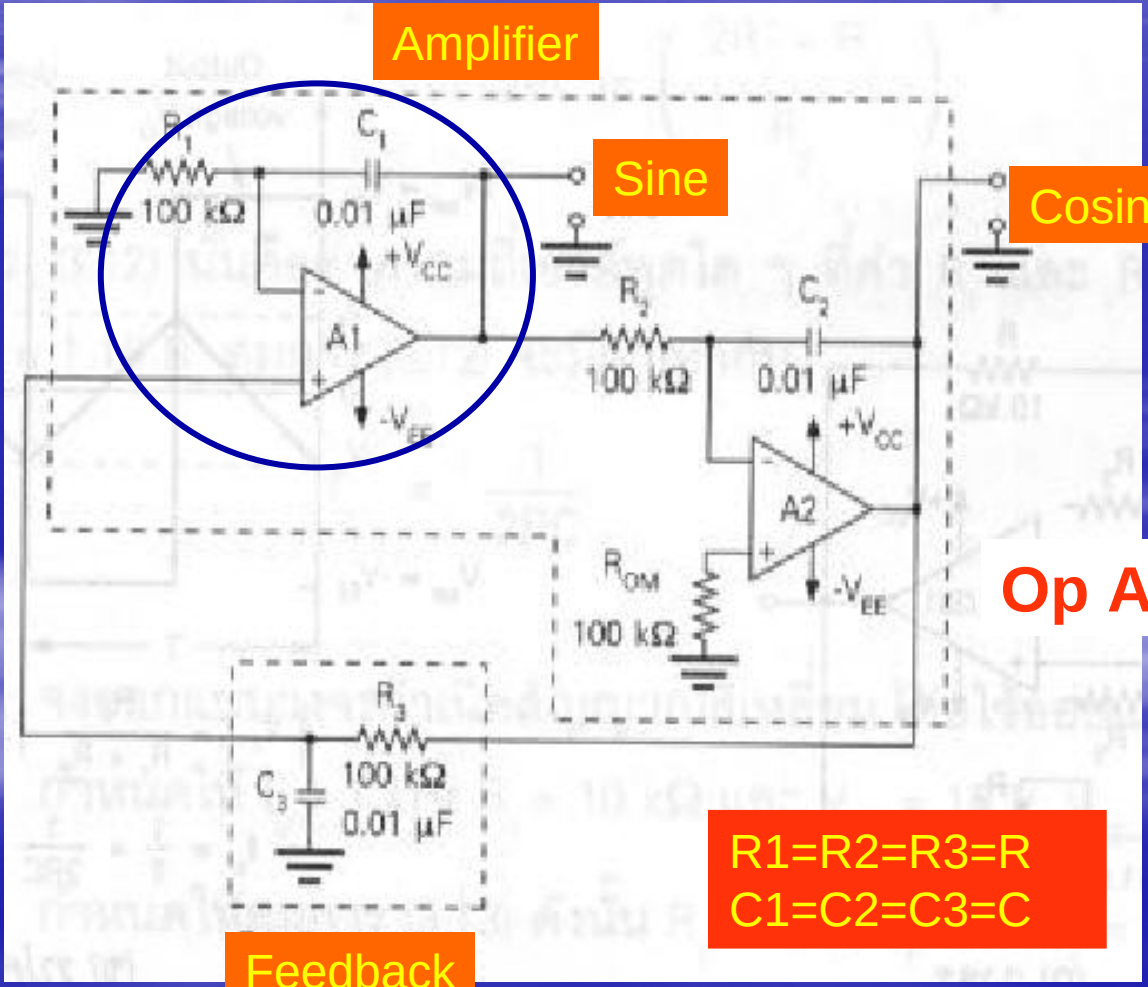
Sine wave Oscillator

PSpice simulation wine bridge oscillator



Sine wave Oscillator

3. Quadrature oscillator



$$f_o = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{0.159}{RC}$$

$$A_V = \frac{1}{B} = 1.414$$

Op Amp A1,A2 = Integrator

R1=R2=R3=R
C1=C2=C3=C

Sine wave Oscillator

3. Quadrature oscillator

EX

จงออกแบบวงจรควอดราเจอร์ ออสซิลเลเตอร์ที่ให้กำเนิดสัญญาณเอาต์พุตที่ความถี่ f_o = 159 Hz กำหนดให้ C = 0.01 μF

f_o = 159 Hz, C = 0.01 μF

$$R = \frac{0.159}{(159)(0.01 \times 10^{-6})} = 100\ k\Omega$$

$C = C_1 = C_2 = C_3 = 0.01\ \mu F$

$R = R_1 = R_2 = R_3 = 100\ k\Omega$

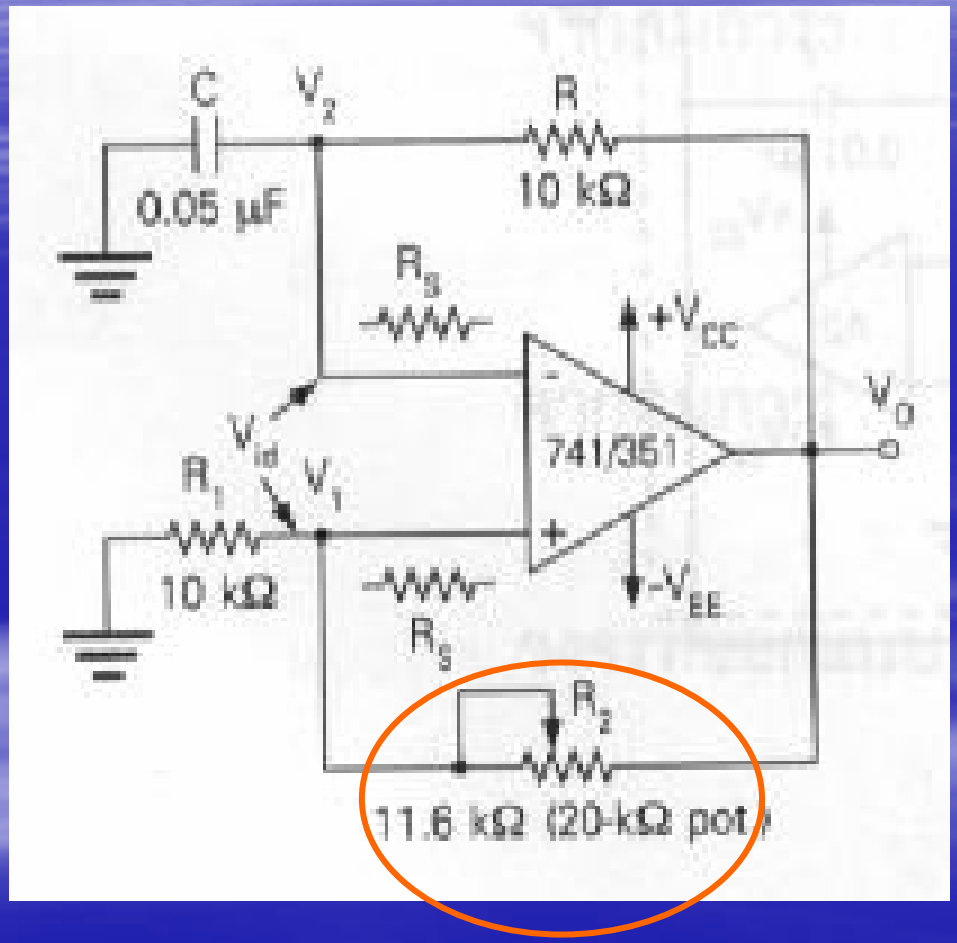
Square wave Oscillator

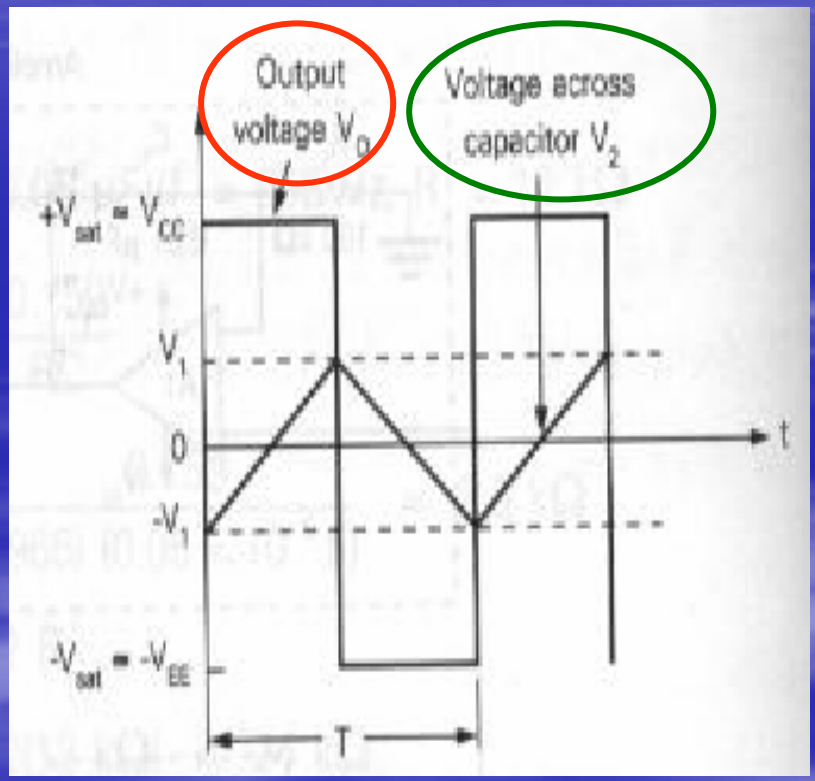
With Op-Amp

Free-running

Astable multivibrator

Square wave Oscillator





Square wave Oscillator

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

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

Capacitor voltage,V_2

50% duty cycle($t_1=t_2$)

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

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

If $R_2 = 1.16R_1$

$$f_o = \frac{1}{2RC}$$

Square wave Oscillator

Ex จงออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยใช้ออปแอมป์เบอร์ 741

กำหนดให้ $f_o = 1$ kHz $R_1 = 10$ kΩ และ $V_{CC} = 15$ V, $V_{EE} = -15$ V

กำหนดให้สมการ (3.13) ดังนั้น $R_2 = 1.16 R_1$ และ $R_1 = 10$ kΩ ดังนั้น

$R_2 = 1.16\ (10\ \text{k}\Omega) = 11.6\ \text{k}\Omega$

เลือก C ค่า 0.05 μF และใช้สมการที่ (3.13) คำนวณหาค่า R ได้ว่า

Square wave Oscillator

$$f_o = \frac{1}{2RC}$$

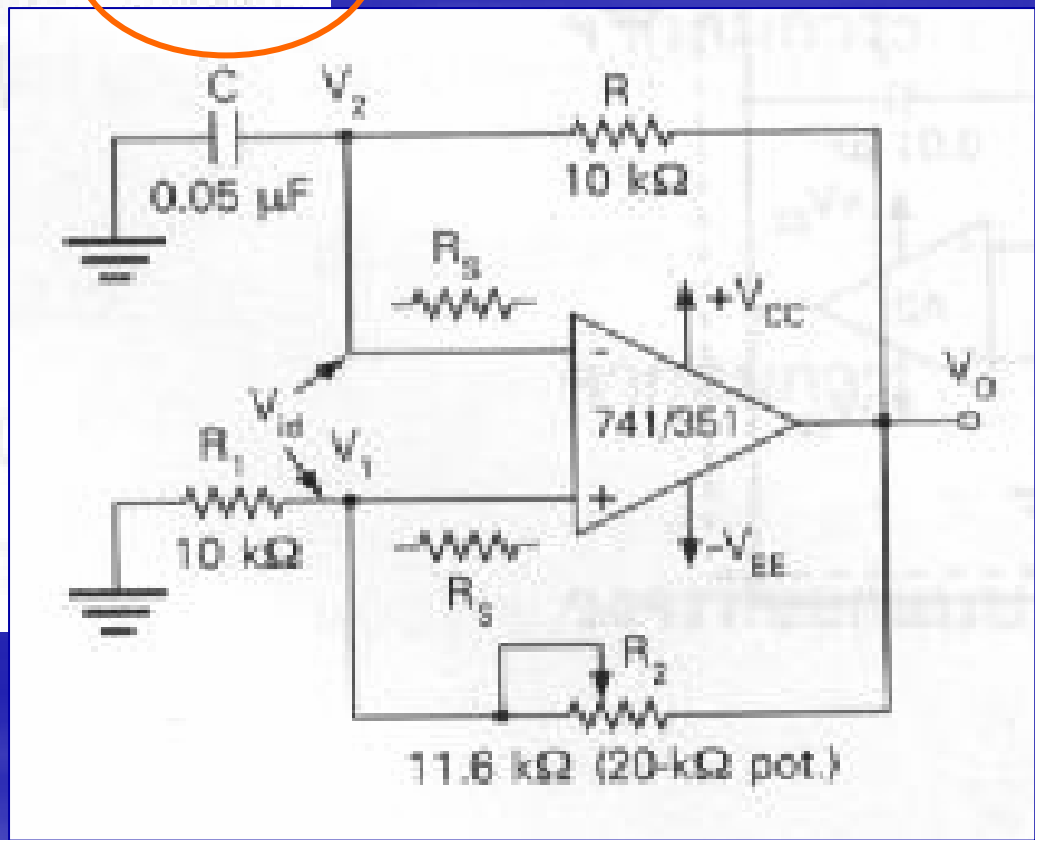
$$R = \frac{1}{2(1{,}000)(0.05 \times 10^{-6})} = 10\ \text{k}\Omega$$

$R_1 = 10\ \text{k}\Omega$

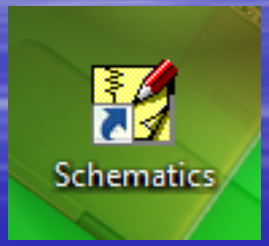
$R_2 = 11.6\ \text{k}\Omega$

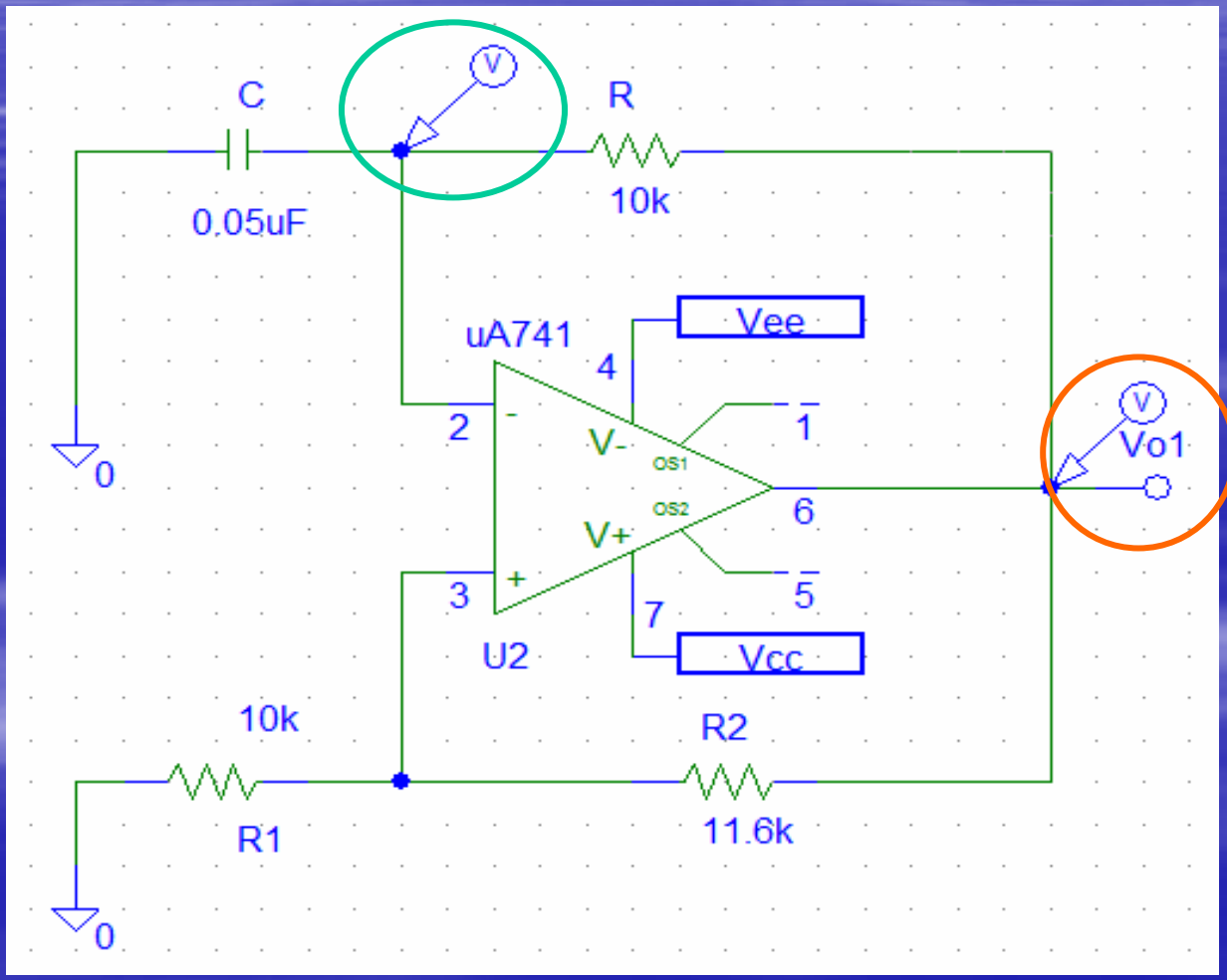
$R = 10\ \text{k}\Omega$

$C = 0.05\ \mu\text{F}$

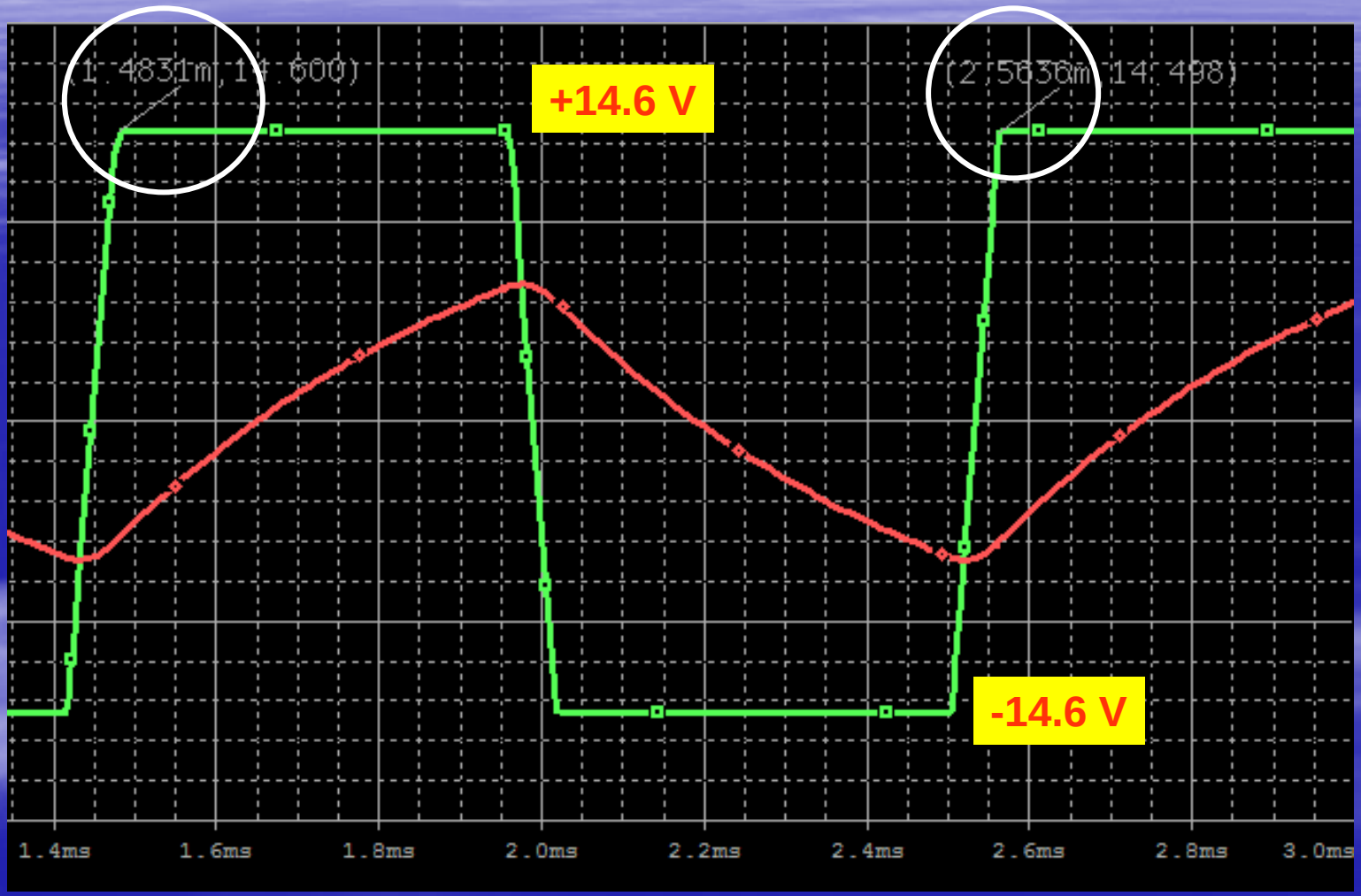


PSpice simulation





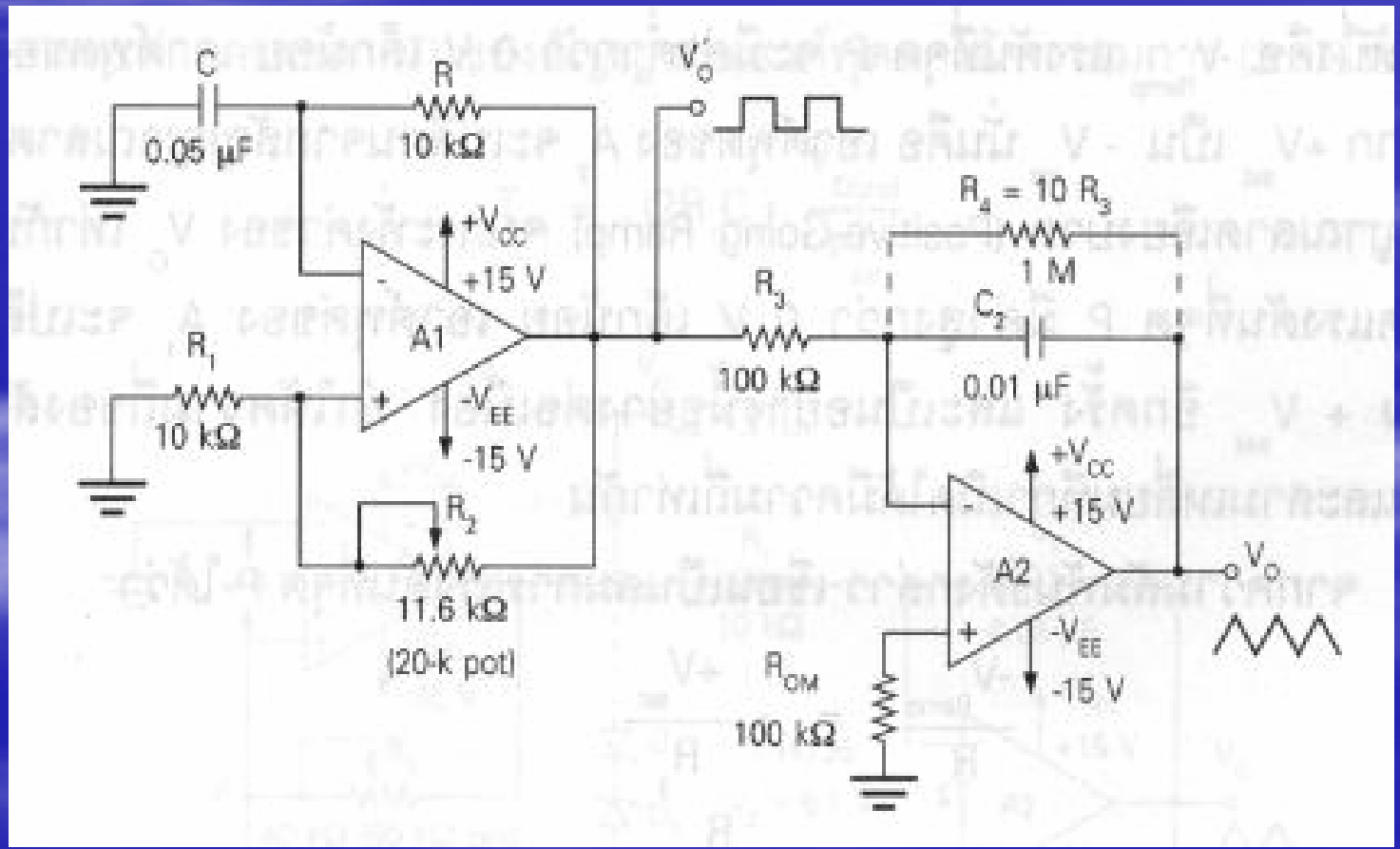
PSpice simulation



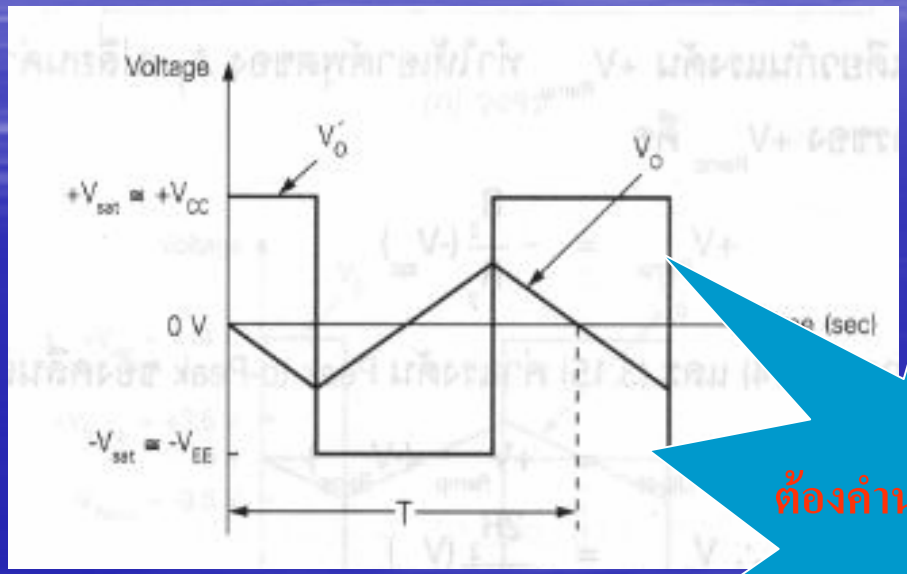
T = 1.0785ms Fo = 927 Hz

Triangle wave Oscillator/generator

Square wave + Integrator



Triangle wave Oscillator/generator



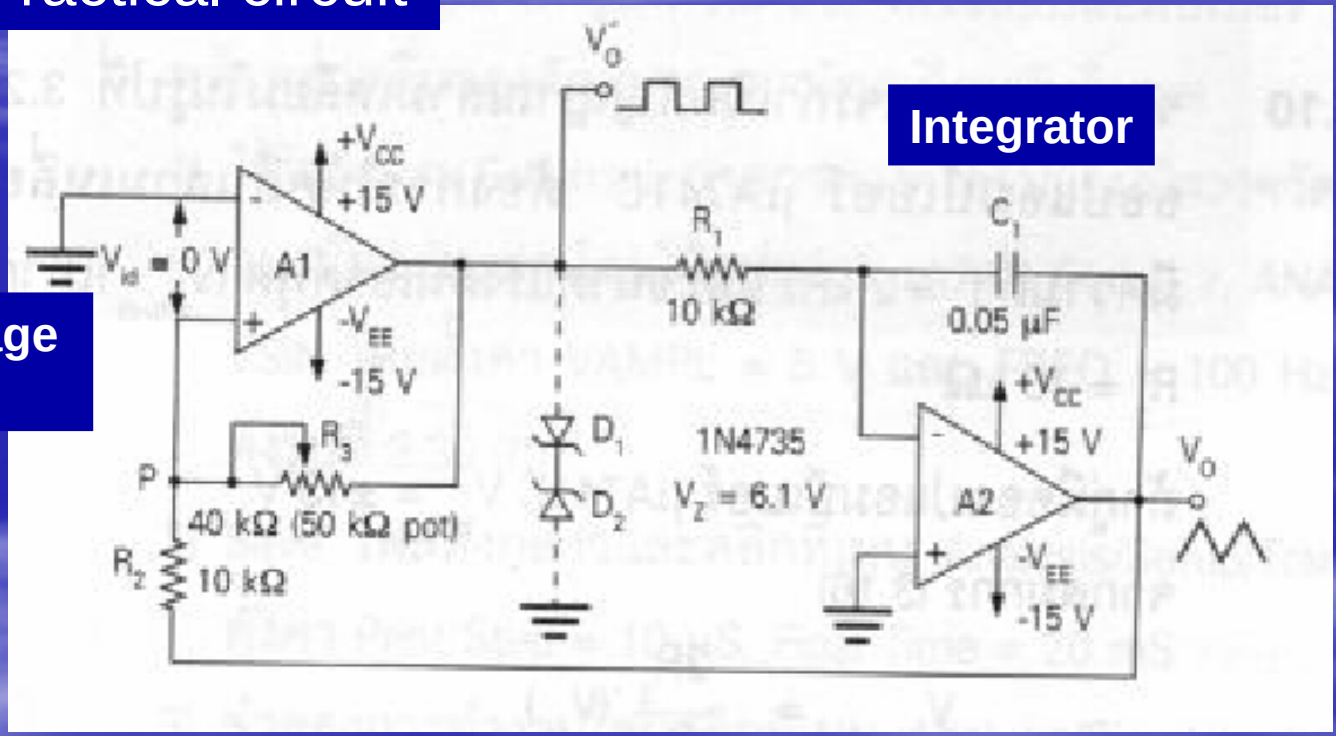
ยุ่งยากเพราะ
ต้องคำนวณค่าทั้ง 2 วงจร
มีข้อจำกัด

Design recommended

1. $5R_3C_2 > T/2$
2. $T = R_3C_2$
3. $R_4 = 10R_3$

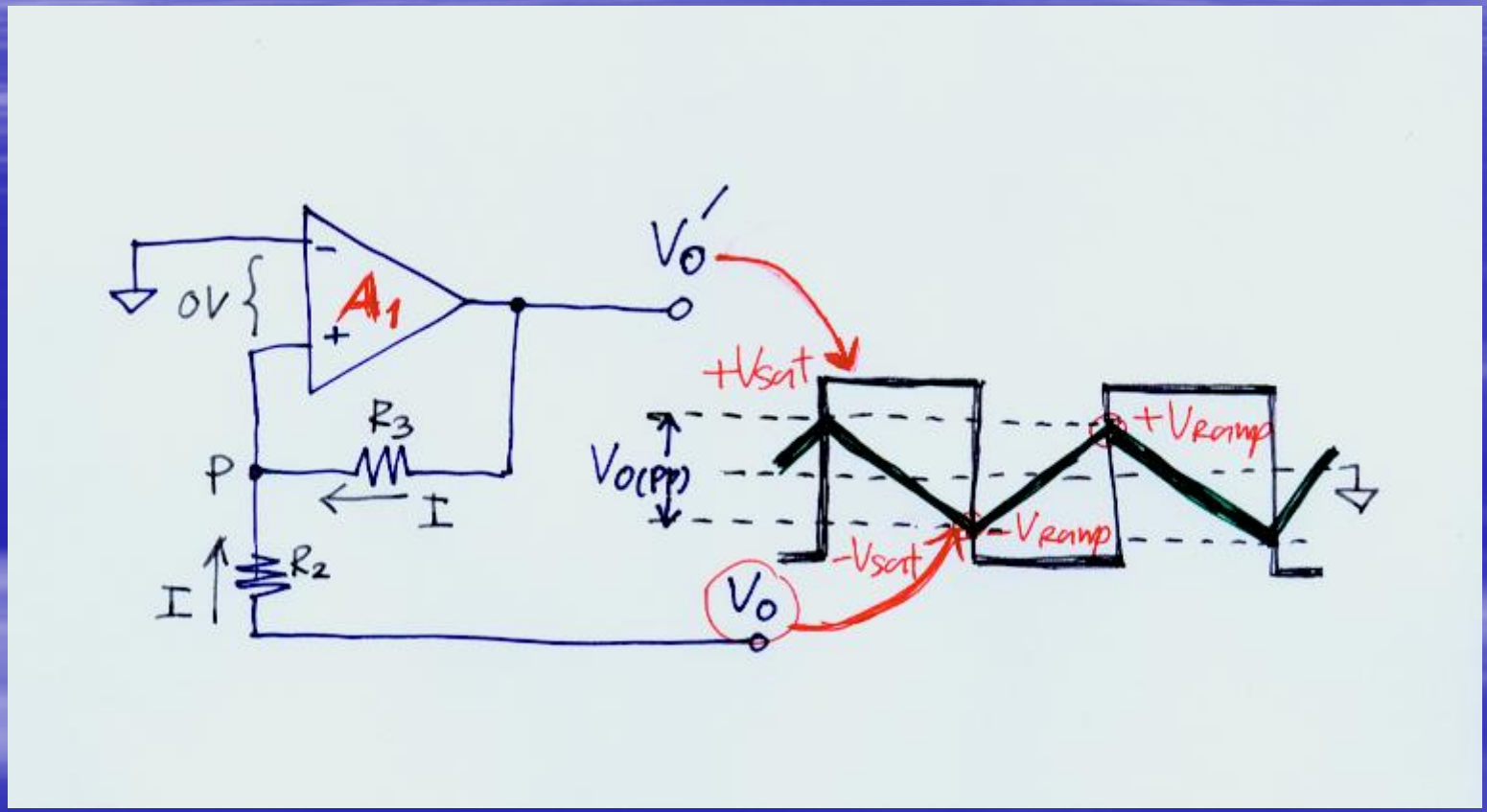
Triangle wave Oscillator/generator

Practical circuit



Frequency of Vo' = Vo

Triangle wave Oscillator/generator



จากรูป $V_o'/R_3 = V_o/R_2$

Triangle wave Oscillator/generator

$V_o'/R_3 = V_o/R_2$ ---(1)

แต่ $V_o' = +V_{sat}$ และ $V_o = -V_{sat}$

(กำหนดให้ $+V_{sat} = -V_{sat}$ และ $+V_{ramp} = -V_{ramp}$)

ดังนั้น จาก (1) $V_{sat}/R_3 = V_{ramp}/R_2$ ---(2)

$V_{ramp} = (R_2/R_3)V_{sat}$ ---(3)

$V_{o(pp)} = 2V_{ramp}$

$= 2(R_2/R_3)V_{sat}$ ---(4)

Triangle wave Oscillator/generator

So, if Vin = -Vsat

$$V_{O(p\text{-}p)} = -\frac{1}{RC}\int_{0}^{\frac{T}{2}} (-V_{sat})\, dt$$

$$\therefore V_{O(p\text{-}p)} = \left(\frac{V_{sat}}{R_1 C_1}\right)\left(\frac{T}{2}\right)$$

Triangle wave Oscillator/generator

ค่าคาบเวลา (T) ของสัญญาณเอาต์พุตหาได้จาก

$$T = (2R_1C_1)\frac{V_{O(p\text{-}p)}}{V_{sat}}$$

$V_{sat} = \left|+V_{sat}\right| = \left|-V_{sat}\right|$ เมื่อแทนค่า V_o จากสมการ (3.16) ได้ว่า

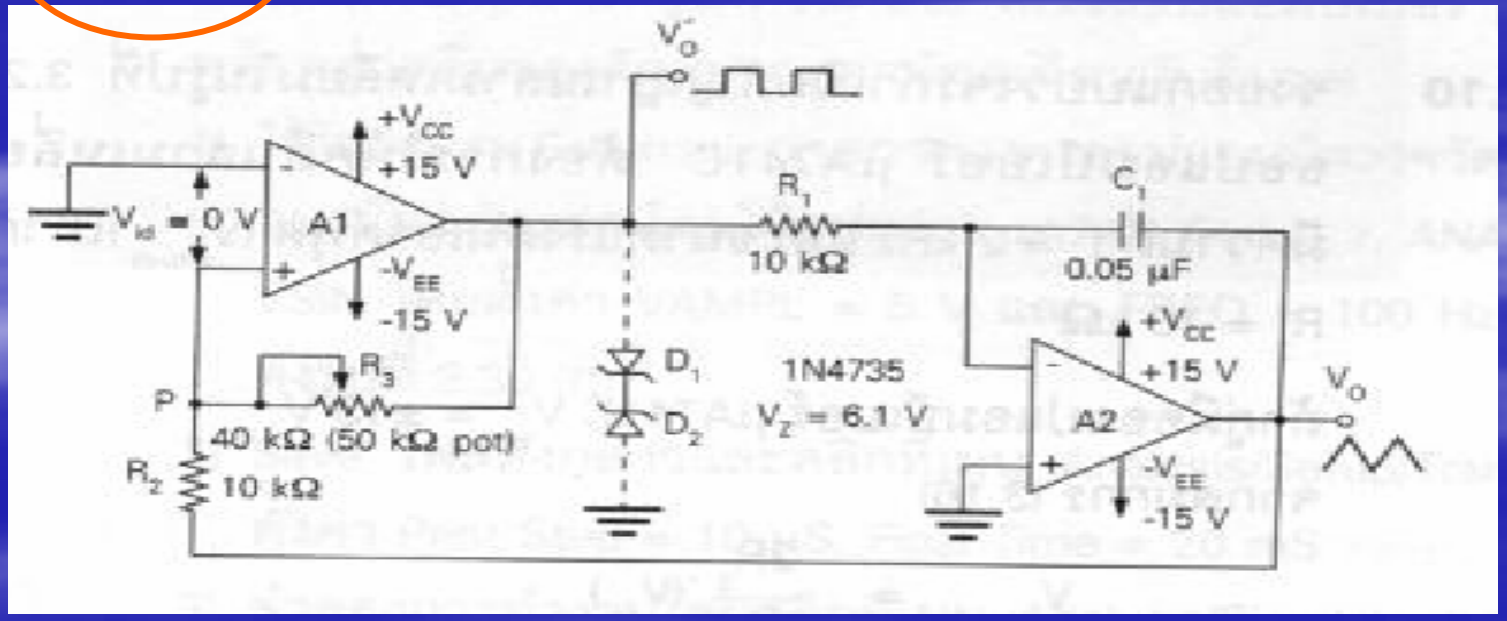
$$T = \frac{4R_1C_1R_2}{R_3} \qquad \text{.....(3.19)}$$

$$f_o = \frac{R_3}{4R_1C_1R_2}$$

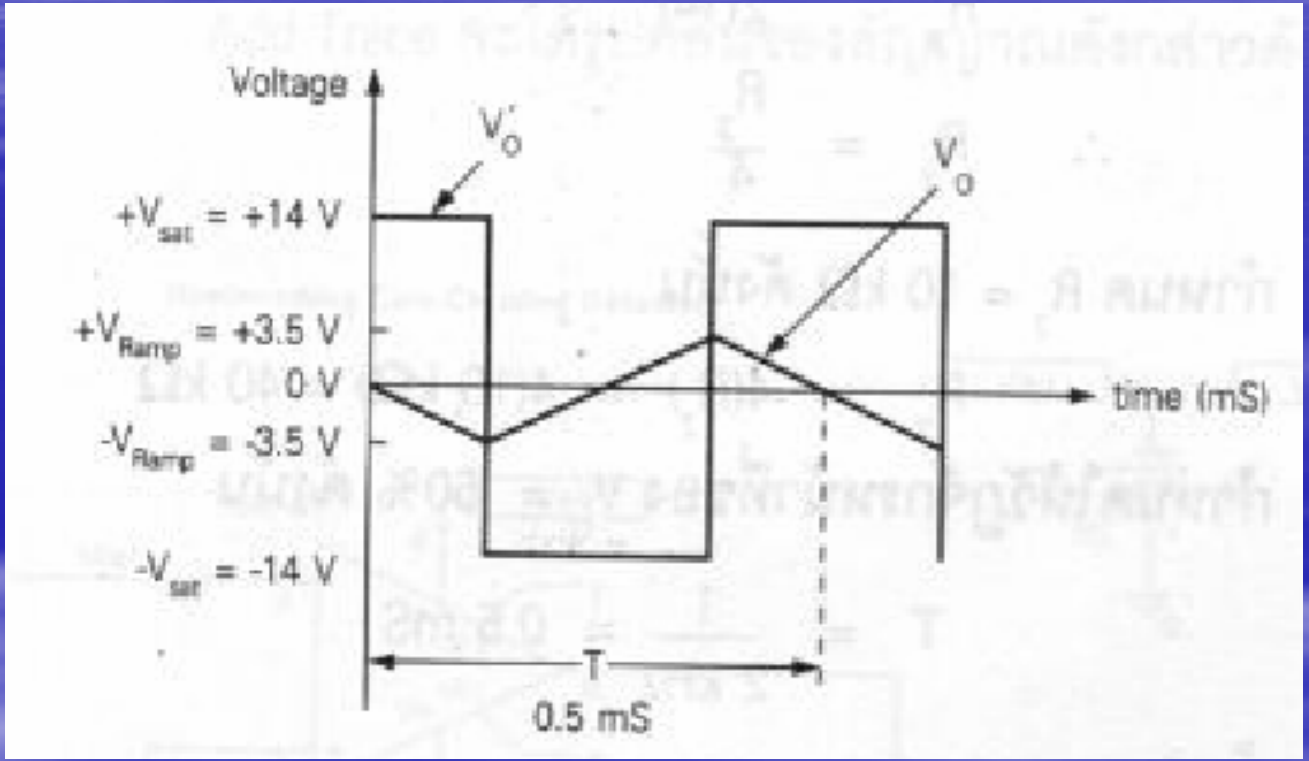
Triangle wave Oscillator/generator

Ex

จงออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยมในรูปที่ 3.29 ด้วยไอซีออปแอมป์เบอร์ μA741C ต้องการให้คลื่นสามเหลี่ยมเอาต์พุตมีความถี่ f_o = 2 kHz และขนาดแรงดันเอาต์พุต ($V_{O(p\text{-}p)}$)เท่ากับ 7 V และ R_2 = 10 kΩ



Triangle wave Oscillator/generator



Triangle wave Oscillator/generator

ถ้าคู่มีออปแอมป์เบอร์ μA741C $V_{sat} = \pm$ **14 V**

จากสมการ (3.16)

$$V_{O(p\text{-}p)} = \frac{2R_2}{R_3}(V_{sat})$$

$$\frac{R_2}{R_3} = \frac{7}{2(14)}$$

$$\therefore \quad R_2 = \frac{R_3}{4}$$

Triangle wave Oscillator/generator

กำหนด R_2 = 10 kΩ ดังนั้น

$$R_3 = 4(R_2) = 4(10\ k\Omega) = 40\ k\Omega$$

กำหนดให้วัฏจักรหน้าที่ของ V_o = 50% ดังนั้น

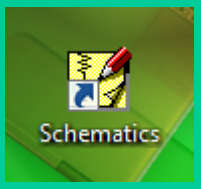
$$T = \frac{1}{2\ kHz} = 0.5\ mS$$

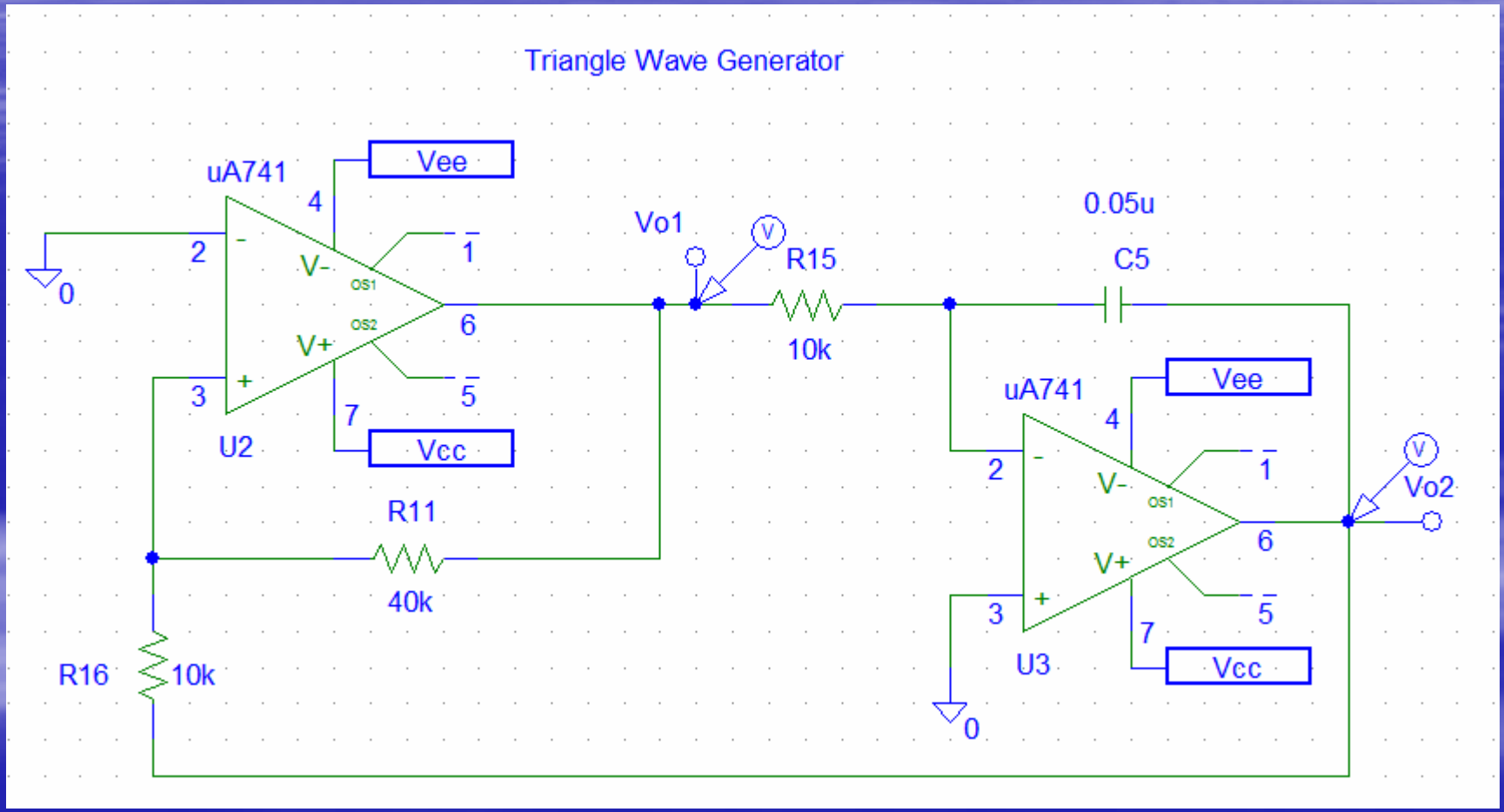
นั้นคือ $R_1C_1 = 0.5\ mS$

กำหนดให้ $C_1 = 0.05\ \mu F$

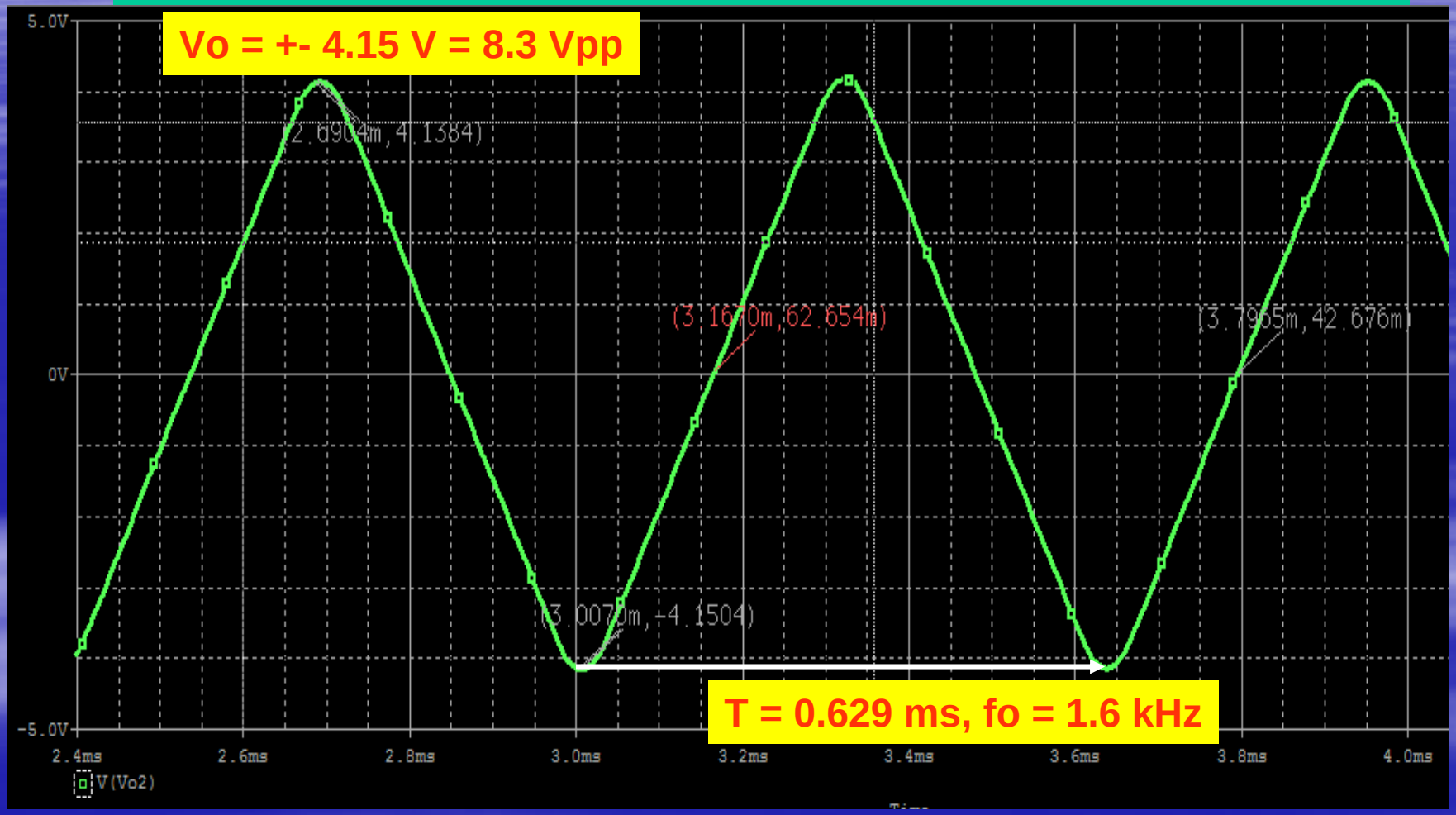
ดังนั้น $$R_1 = \frac{0.5\ mS}{0.05\ \mu F} = 10\ k\Omega$$

PSpice simulation





PSpice simulation



End of Chapter 4