جامعة دمياط - كلية العلوم - قسم الفيزياء

Electric circuits course (103 Ph.)

Faculty of Science

Physics + Phys. & comp.

A course Presented by:

Dr./ Ahmed S. El-Tawargy

د./ أحمد صلاح الدين التوارجي

Lecturer of experimental physics

Lecture (6)

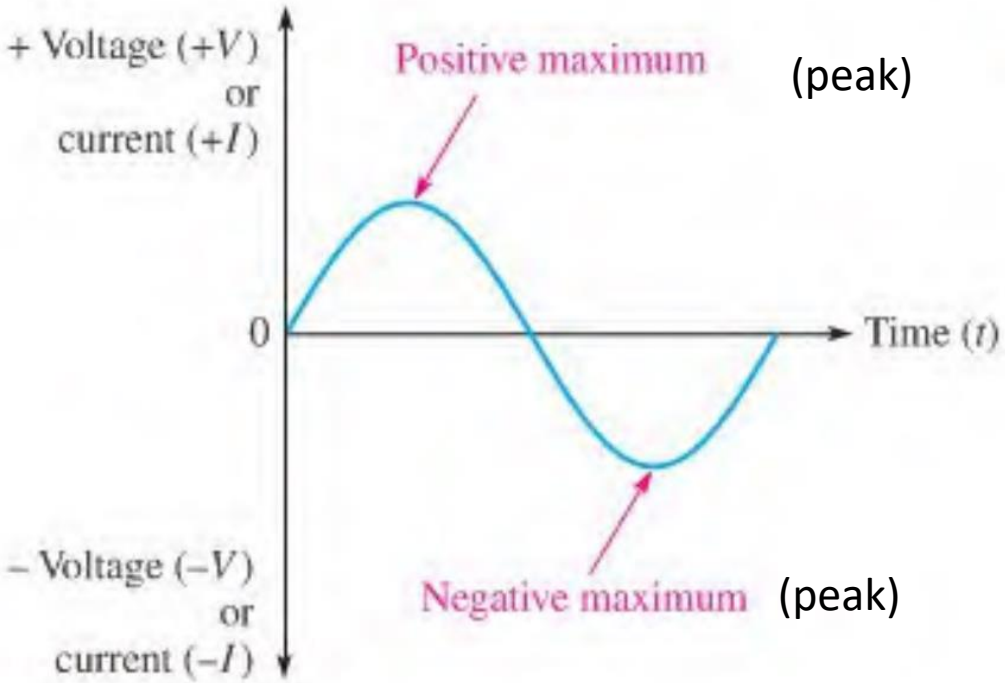
Alternating current (a.c.) circuits

دوائر التيار المتردد

Alternating Current and Voltage

The sinusoidal waveform or sine wave is the fundamental type of alternating current (ac) and alternating voltage.

الشكل الموجي (sin or cos) نستخدمه غالباً للتعبير عن شكل الجهد أو التيار المتردد و الي ينتج من المولدات الكهربية.



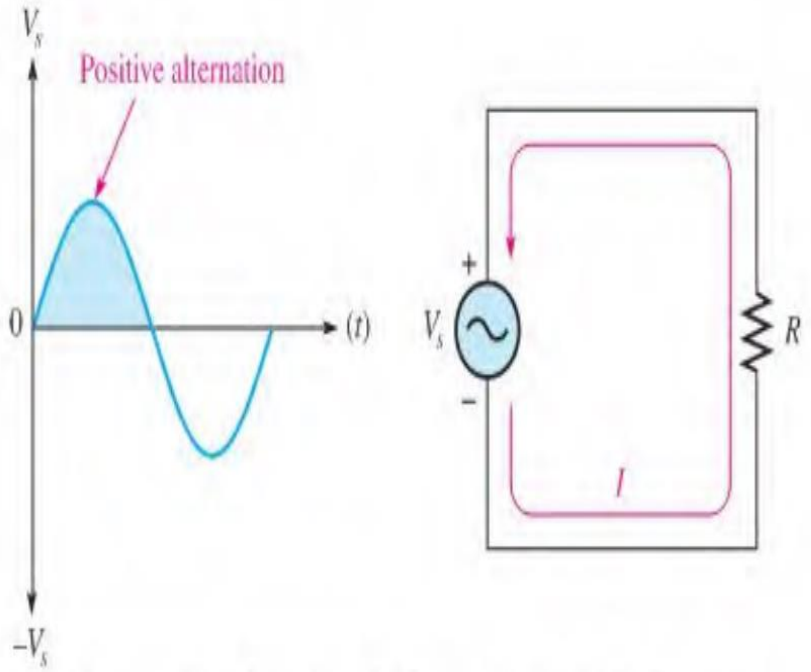
Symbol for a sinusoidal voltage source.

The combined positive and negative alternations make up one cycle of a sine wave.

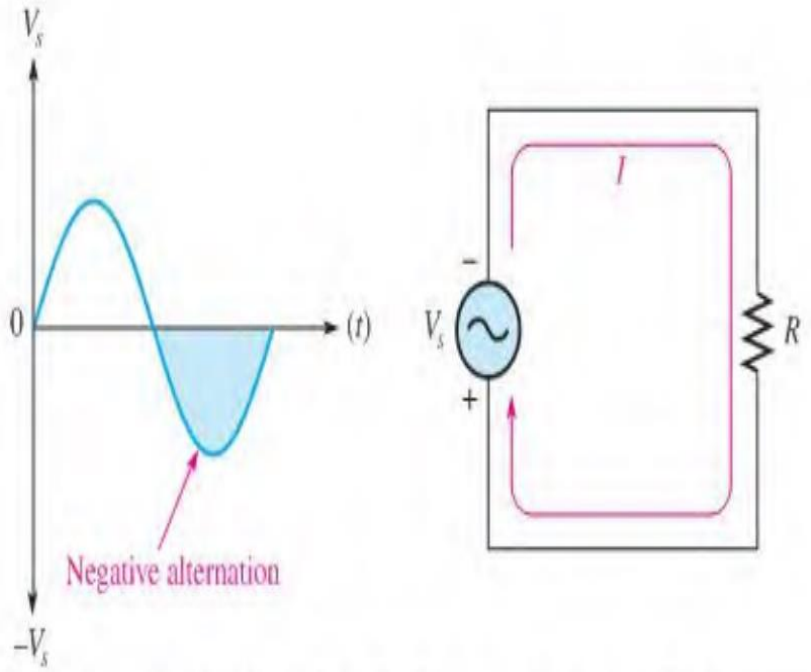
الدورة الواحدة بها نصف موجب و نصف سالب.

Polarity of a Sine Wave

A sine wave changes polarity at its zero value; i.e., it alternates between positive and negative values.



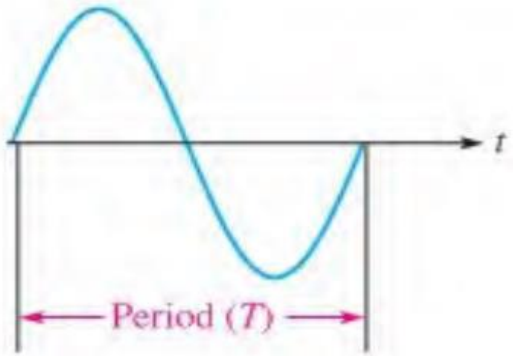
(a) During a positive alternation of voltage, current is in the direction shown.



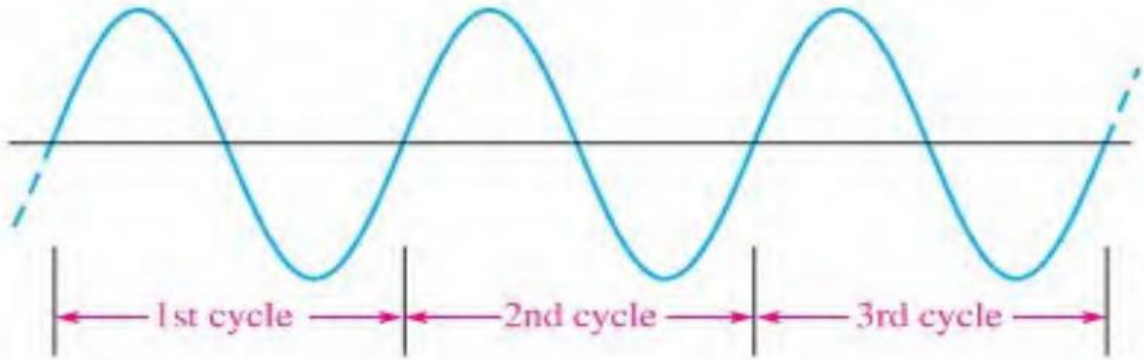
(b) During a negative alternation of voltage, current reverses direction, as shown.

Period of a Sine Wave

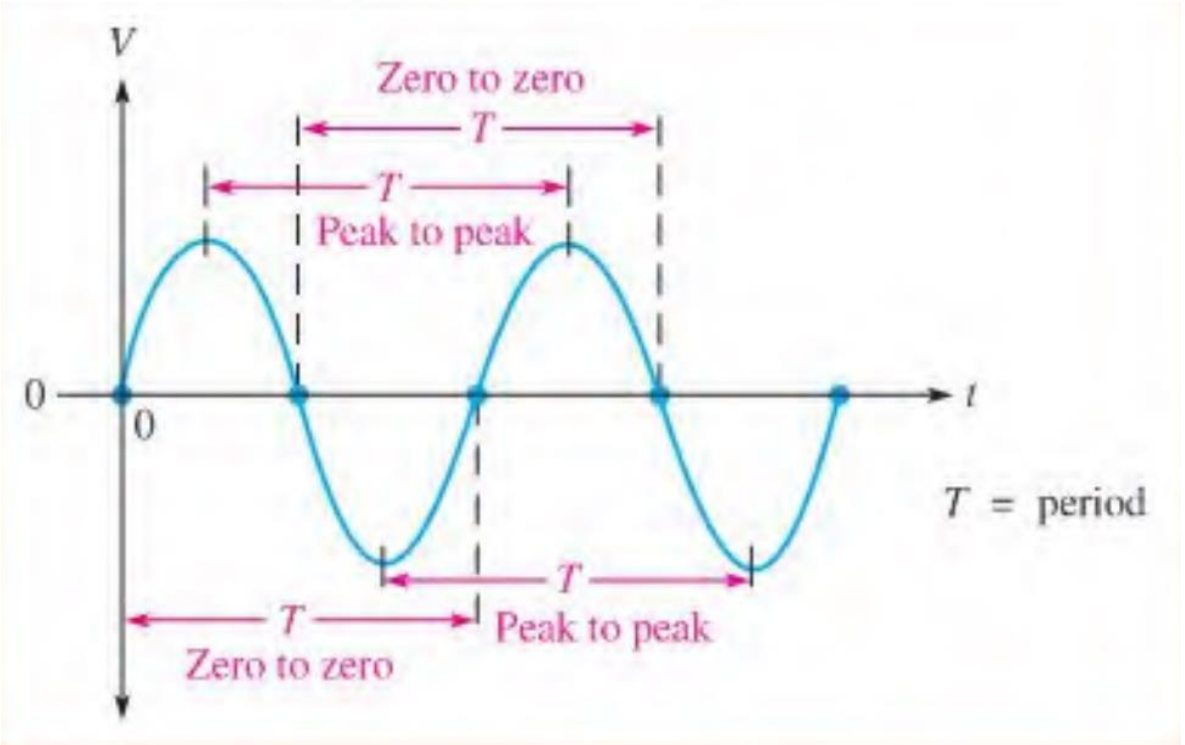
The time required for a sine wave to complete one full cycle is called the period (T).



(a)



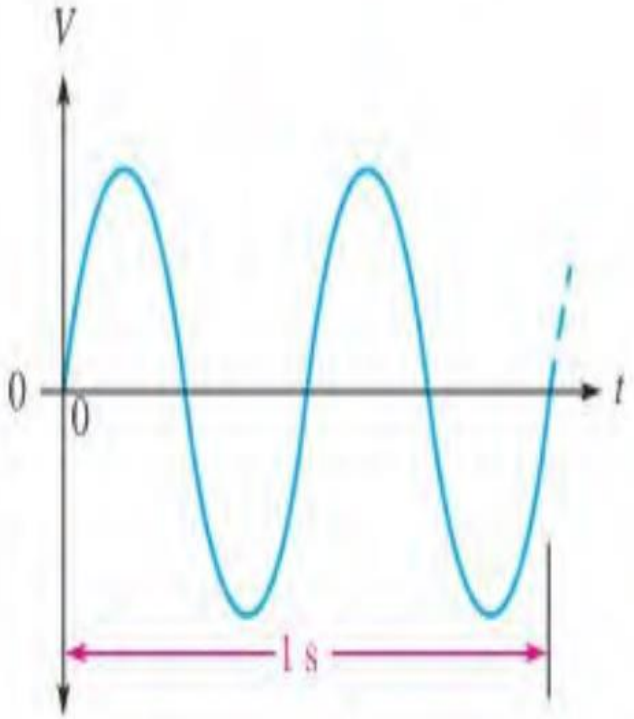
(b)



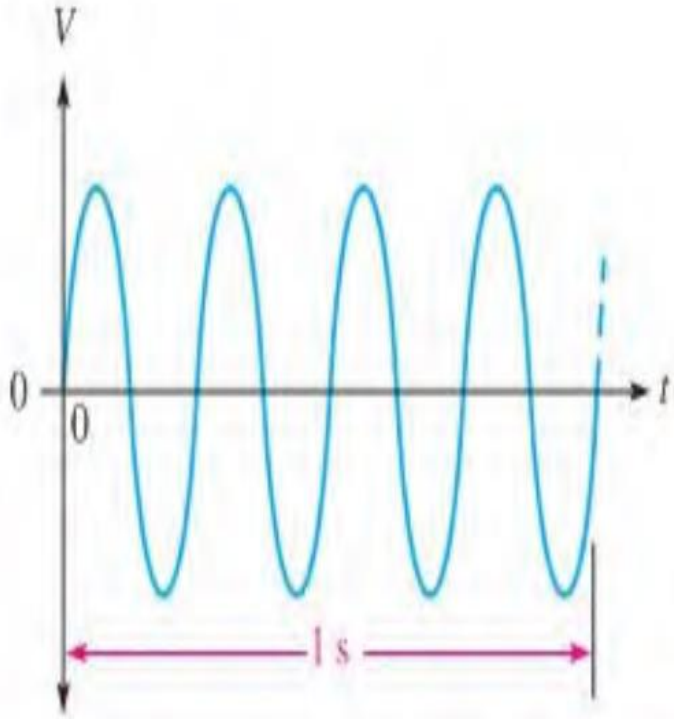
Frequency of a Sine Wave

Frequency (f) is the number of cycles that a sine wave completes in one second.

التردد و الزمن الدوري معكوسين لبعضهما كما تعلم. تردد التيار الكهربي في مصر 50هرتز بينما فرق الجهد 220 فولت.



(a) Lower frequency: fewer cycles per second



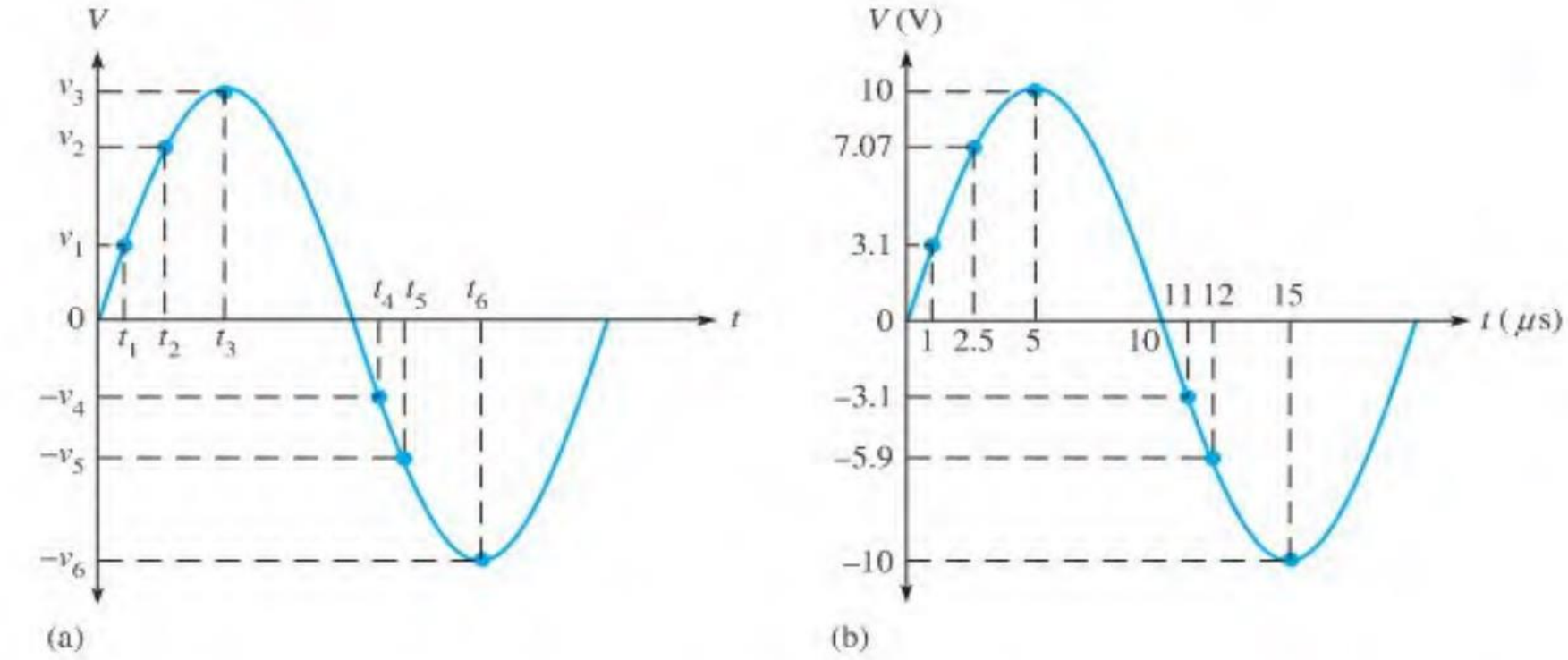
(b) Higher frequency: more cycles per second

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

Instantaneous Value القيمة اللحظية

This instantaneous value is different at different points along the curve.



Instantaneous values are ***positive during the positive alternation and negative during the negative alternation***.

Instantaneous values of voltage and current are symbolized by *lowercase v and i* respectively.

القيمة اللحظية للجهد أو التيار ليست ثابتة. فالجهد مثلاً يبدأ من الصفر و يصل لأقصى قيمة ثم يُعاود الهبوط ليصل للنصف الآخر من الدورة و هكذا و بالتالي فعند كل لحظة زمنية له قيمة مختلفة.

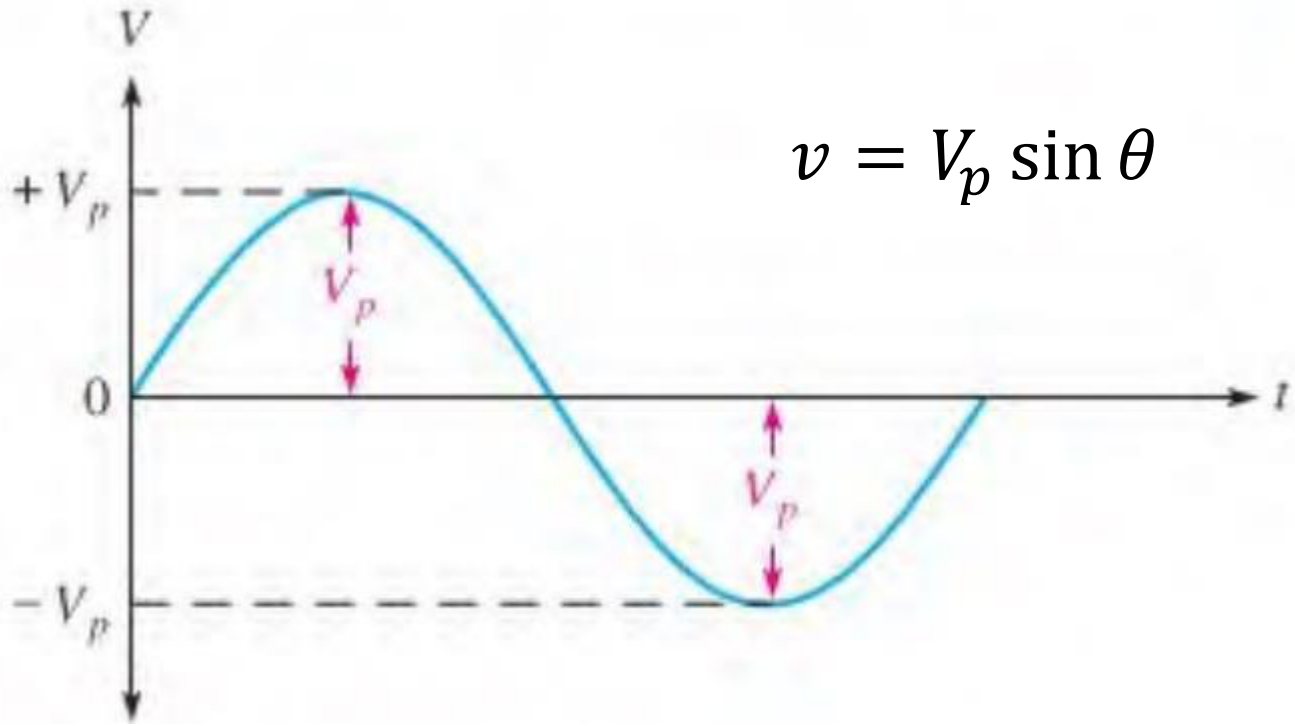
Peak Value القيمة العظمى (الذروة)

The peak value of a sine wave is the value of voltage (or current) at the positive or the negative maximum (peak) with respect to zero. Since the positive and negative peak values are equal in magnitude, a sine wave is characterized by a single peak value.

أقصى قيمة يصل لها الجهد أو التيار و تُسمى سعة الموجة و نرمز لها ب V_p أو I_p

The peak value is also called the amplitude.

و بالتالي نجد أن العلاقة بين القيم اللحظية و القيمة العظمى للجهد و التيار هي (و ذلك في حالة الاعتماد على دالة sin)

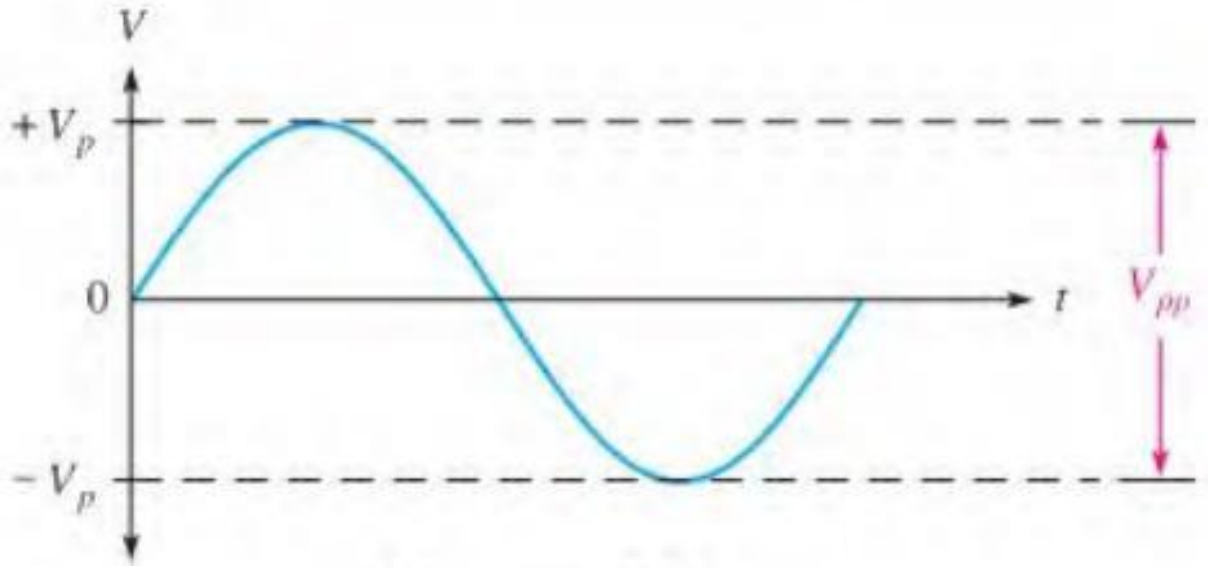


$$v = V_p \sin\theta \qquad i = I_p \sin\theta$$

Peak-to-Peak voltage (or current) Value

The peak-to-peak value of a sine wave, as shown in Figure, is the voltage or current from the positive peak to the negative peak. It is always twice the peak value.

مقدار الجهد أو التيار من القمة للقمة



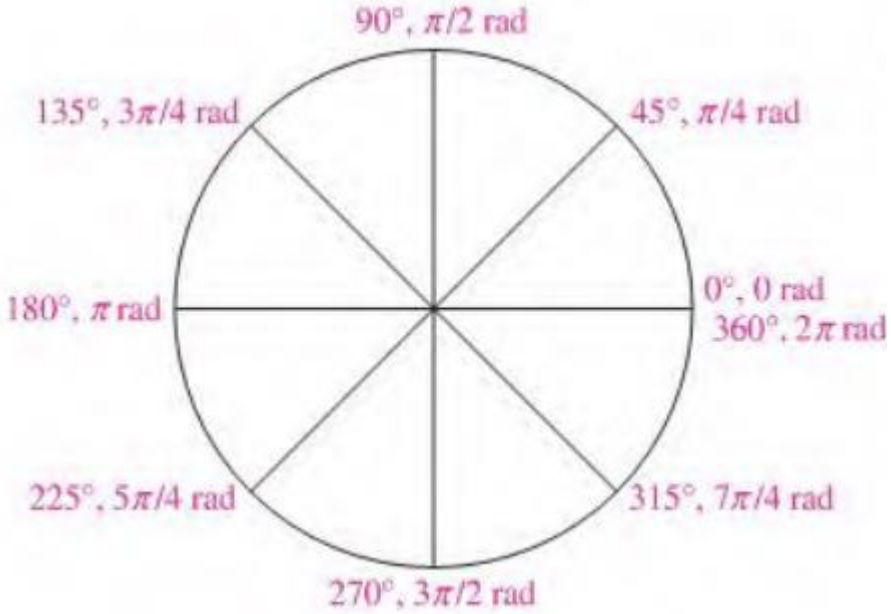
$$V_{pp} = 2V_p$$

$$I_{pp} = 2I_p$$

Angular Measurement of a Sine Wave

$$\text{rad} = \left(\frac{\pi \text{ rad}}{180^\circ}\right) \times \text{degrees}$$

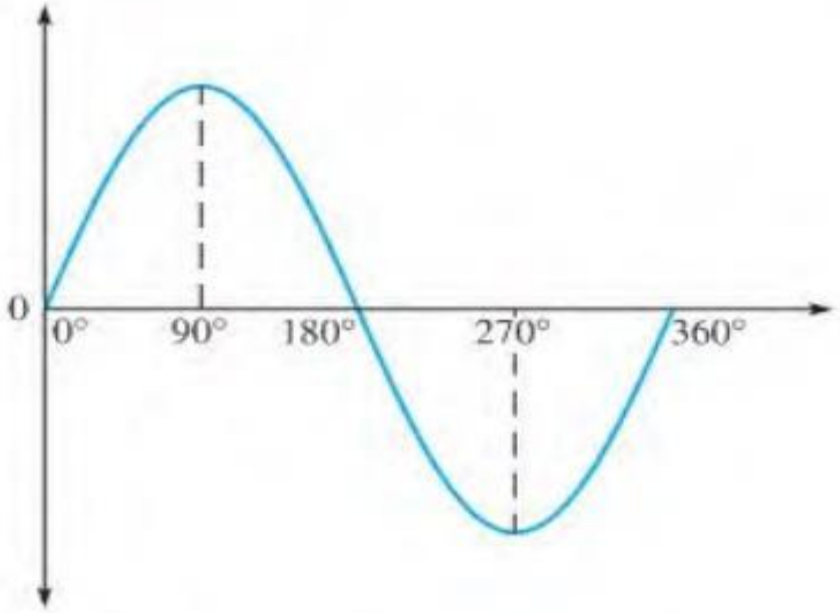
$$\text{degrees} = \left(\frac{180^\circ}{\pi \text{ rad}}\right) \times \text{rad}$$



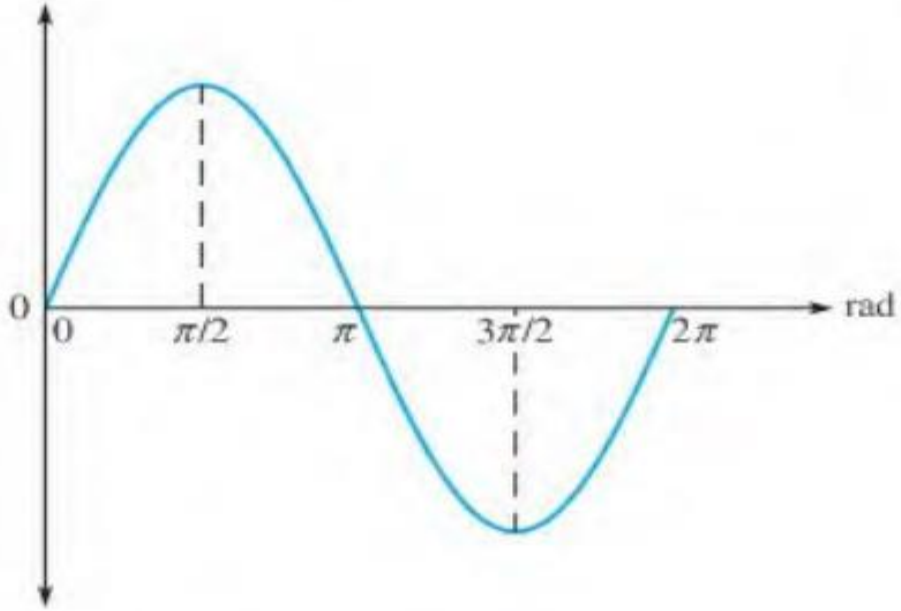
(a) Convert 60° to radians. **(b)** Convert $\pi/6$ rad to degrees.

(a) $\text{Rad} = \left(\frac{\pi \text{ rad}}{180^\circ}\right)60^\circ = \frac{\pi}{3}\textbf{ rad}$

(b) $\text{Degrees} = \left(\frac{180^\circ}{\pi \text{ rad}}\right)\left(\frac{\pi}{6}\text{ rad}\right) = \mathbf{30^\circ}$



(a) Degrees



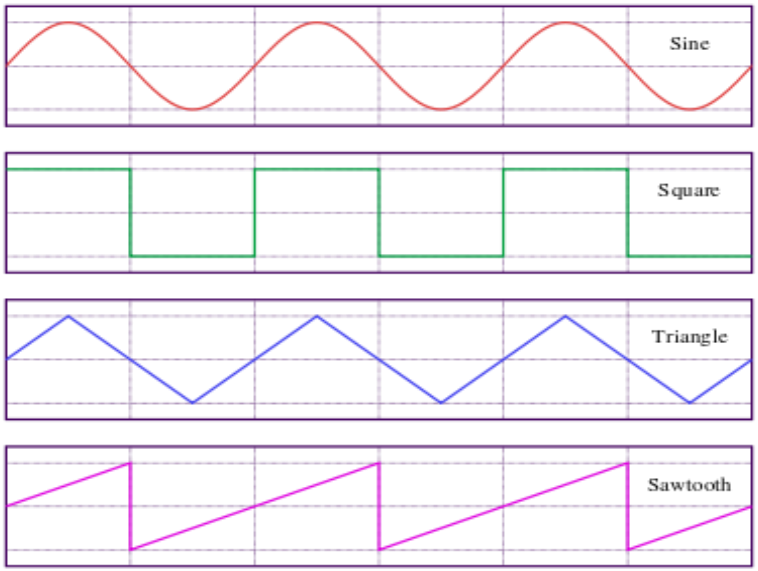
(b) Radians

DEGREES (°)	RADIANS (RAD)
0	0
45	$\pi/4$
90	$\pi/2$
135	$3\pi/4$
180	π
225	$5\pi/4$
270	$3\pi/2$
315	$7\pi/4$
360	2π

Oscilloscope راسم الذبذبات (الإشارات)

An oscilloscope is a laboratory instrument commonly used to display and analyze the waveform of electronic signals. In effect, the device draws a graph of the instantaneous signal voltage as a function of time.

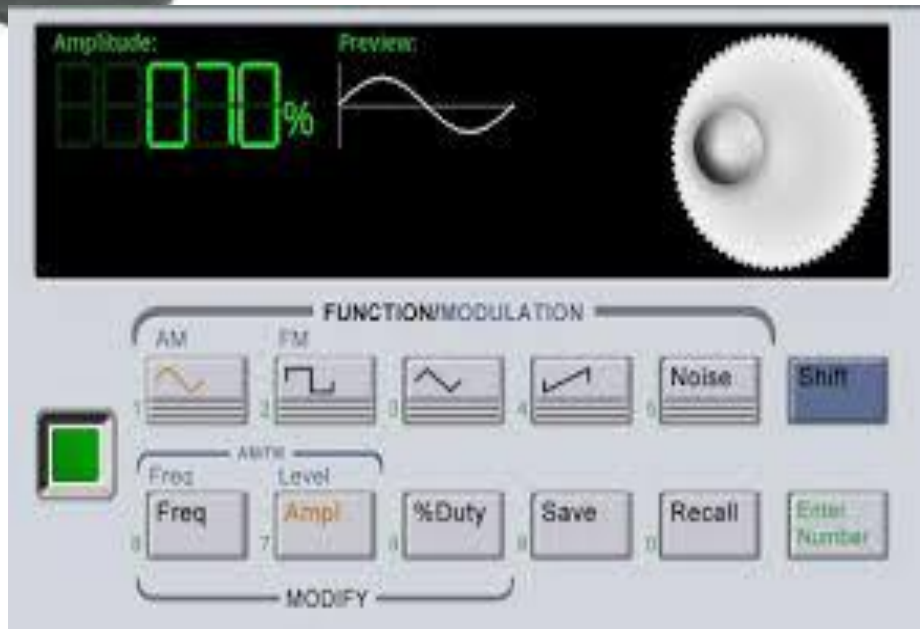
يُستخدم جهاز الاوسليكوب لرسم كهربية مترددة و بالتالي يُمكن حساب التردد و السعة و الزمن الدوري و ما يتعلق بالموجة.



[How to use an oscilloscope with an AC source]

https://www.youtube.com/watch?v=g0tBJlOEz00

و يُمكن توليد موجات كهربية مترددة باستخدام مولد الموجات (أو الذبذبات)
Waveform generator



Sine Wave Generator

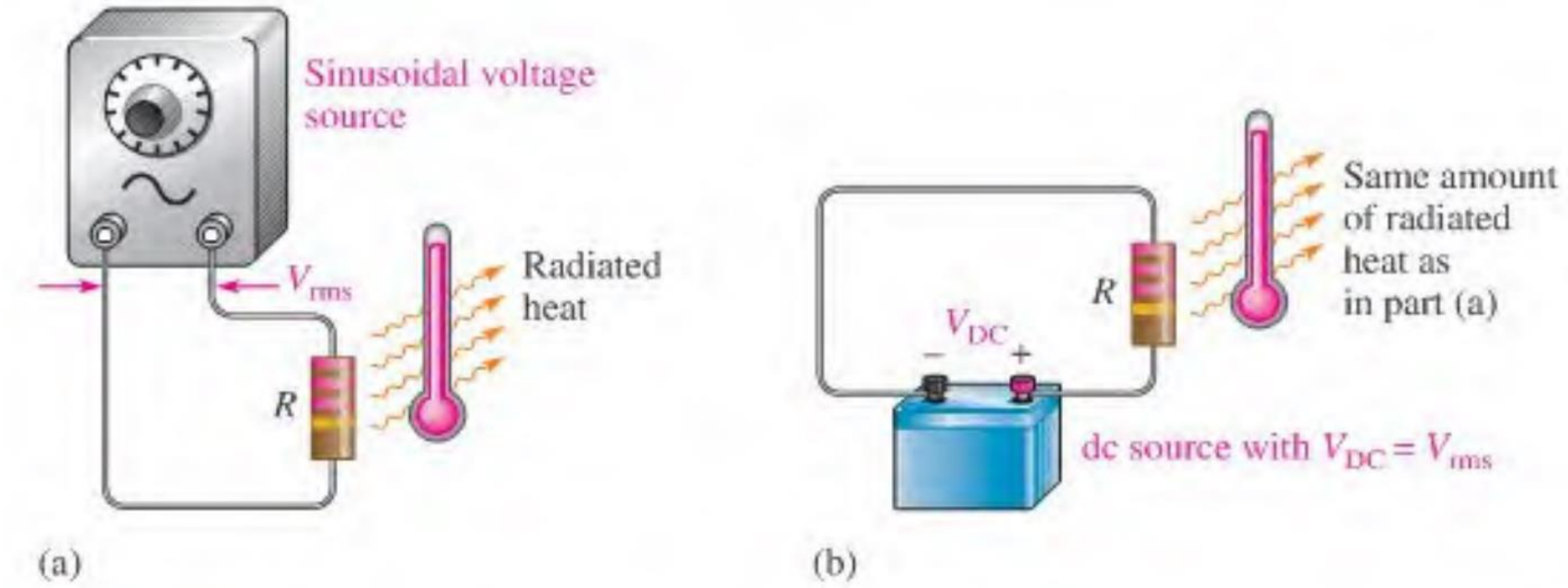
http://www.falstad.com/circuit/e-sine.html

Root mean square (RMS) Value (effective value) *جذر متوسط المربعات (أو القيمة الفعالة)*

عند قياس الجهد المتردد بجهاز الفولتميتر فأن ما تقوم بقياسه هو قيمة وحيدة للجهد و تُسمى القيمة الفعالة. فعند قياسك للقيمة 220 فولت لكهرباء المنزل تكون هي القيمة الفعالة و ليست اللحظية أو العظمى. القيمة الفعالة هي جذر متوسط المربعات لكل قيم الجهد كما سنرى طريقة حسابها في الشريحة التالية.

The rms value of a sinusoidal voltage is equal to the dc voltage that produces the same amount of heat in a resistance (electrical power) as does the sinusoidal voltage.

القيمة الفعالة للجهد المتردد يُمكن تعريفها بأنها هي قيمة الجهد المُستمر الذي ينتج نفس كمية الحرارة عند تطبيقه على مقاومة ما.



To calculate V_{rms} over one period لحساب القيمة الفعالة لدورة موجية كاملة

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v^2 d\theta}$$

احصائياً من تعريف جذر متوسط المربعات نجد أن قيمة الجهد الفعالة لدورة واحدة تكتب على الصورة:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} (V_p \sin\theta)^2 d\theta} \longrightarrow V_{rms} = \left(\frac{{V_p}^2}{2\pi}\int_0^{2\pi} (\sin\theta)^2 d\theta\right)^{\frac{1}{2}}$$

But, to remove the square, we can write:

$$sin^2\theta = \frac{1-\cos 2\theta}{2}$$

$$V_{rms} = \left(\frac{{V_p}^2}{2\pi}\int_0^{2\pi} \left(\frac{1}{2} - \frac{\cos 2\theta}{2}\right) d\theta\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = \left(\frac{{V_p}^2}{2\pi}\left(\frac{\theta}{2}\begin{Bmatrix}2\pi\\0\end{Bmatrix} - \frac{1}{6}\sin 2\,\theta\begin{Bmatrix}2\pi\\0\end{Bmatrix}\right)\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707 V_p$$

Similarly, I_{rms}=0.707 I_p

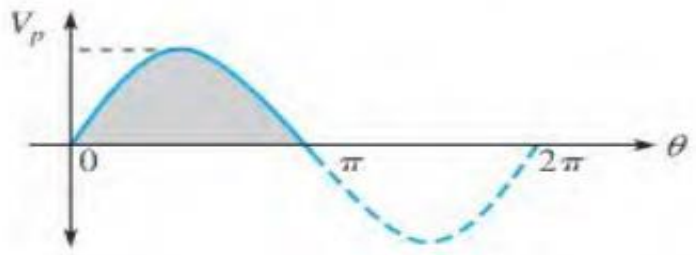
Average Value القيمة المتوسطة

The average value of a sine wave taken ***over one complete cycle is always zero*** because the positive values (above the zero crossing) offset the negative values (below the zero crossing). .متوسط الموجة بصفر نظراً لتساوي نصفيها الموجب و السالب

و لكن لحساب القيمة المتوسطة سنتعامل مع نصف دورة فقط
و من هنا نُعرف القيمة المتوسطة بأنها المساحة المحصورة بنصف الموجة مقسومة على طول المسافة الأفقية المقطوعة بنصف الموجة.

The average value is the total area under the half-cycle curve divided by the distance in radians of the curve along the horizontal axis.

$$V_{avg} = \frac{\text{area}}{\pi}$$



لحساب المساحة تحت المنحنى، نحسبها من التكامل كما يلي:

To find the area, we use integral calculus.

$$V_{avg} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_p \sin\theta \, d\theta = \frac{V_p}{\pi}(-\cos\theta)\Big|_0^{\pi}$$

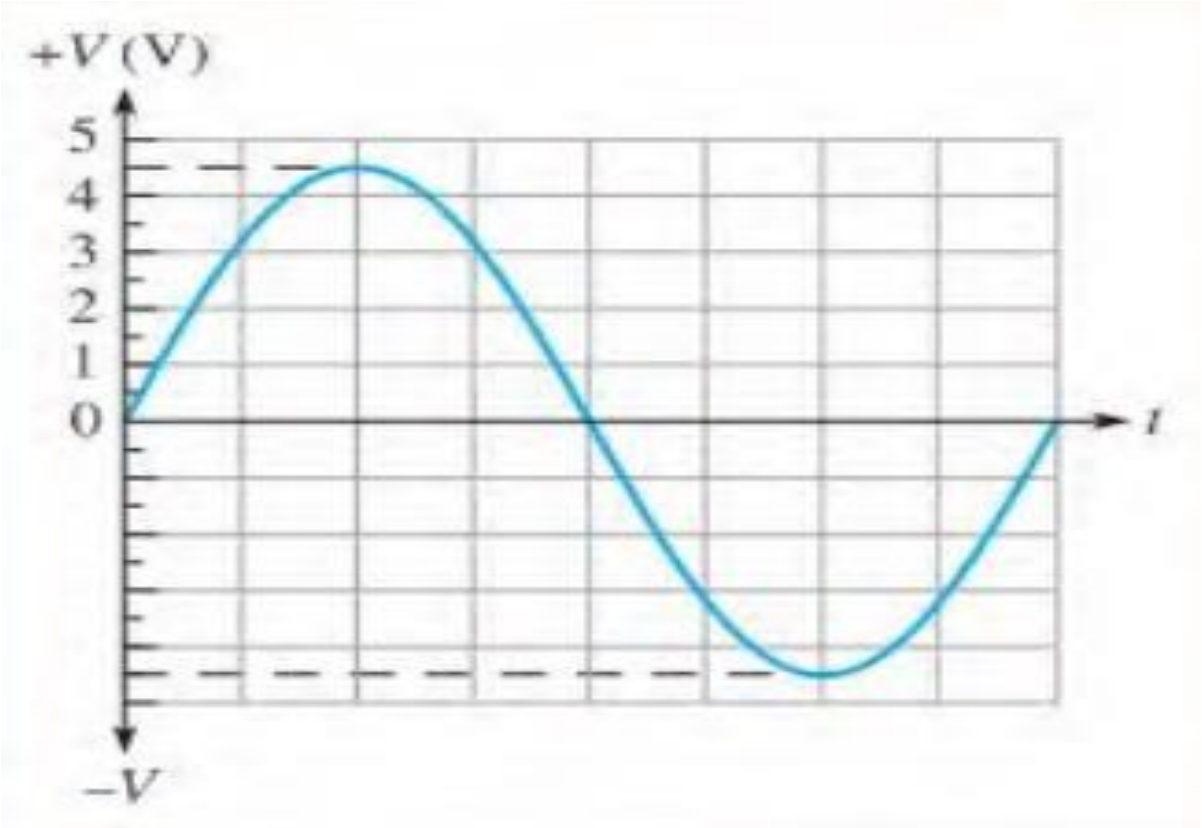
$$= \frac{V_p}{\pi}[-\cos\pi - (-\cos 0)] = \frac{V_p}{\pi}[-(-1) - (-1)]$$

$$= \frac{V_p}{\pi}(2) = \frac{2}{\pi}V_p = 0.637V_p$$

Now, we have:

$v = V_p \sin\theta$	$V_{pp} = 2V_p$	V_{rms}=0.707 V_p	V_{avg}=0.637 V_p
$i = I_p \sin\theta$	$I_{pp} = 2I_p$	I_{rms}=0.707 I_p	I_{avg}=0.637 I_p
لحساب القيم اللحظية	لحساب قيم القمة-القمة	لحساب القيم الفعالة	لحساب القيم المتوسطة خلال نصف دورة

Determine V_p, V_{pp}, V_{rms}, and the half-cycle V_{avg} for the sine wave in Figure



V_p = **4.5 V** is read directly from the graph. From this, calculate the other values.

$$V_{pp} = 2V_p = 2(4.5\text{ V}) = \mathbf{9\text{ V}}$$
$$V_{rms} = 0.707V_p = 0.707(4.5\text{ V}) = \mathbf{3.18\text{ V}}$$
$$V_{avg} = 0.637V_p = 0.637(4.5\text{ V}) = \mathbf{2.87\text{ V}}$$