

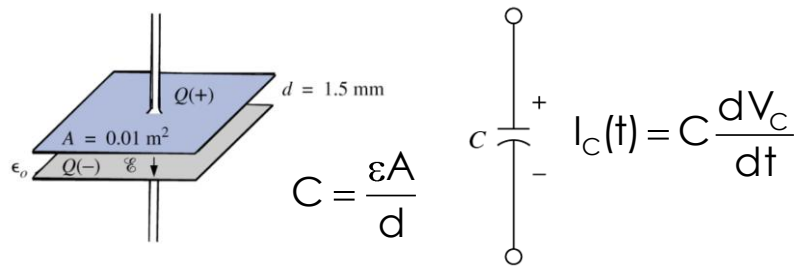
## CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA (I)

### Temario

- ▶ Capacitores
- ▶ Inductores
- ▶ Fuentes de voltaje alterno
- ▶ Fasores

## El Capacitor

- ▶ El Capacitor es un dispositivo que puede almacenar energía por medio de la separación de carga eléctrica polarizada adecuadamente por un campo eléctrico



3

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## El Capacitor

- ▶ El campo eléctrico  $\mathcal{E}$  se crea mediante la aplicación de un voltaje externo  $V$

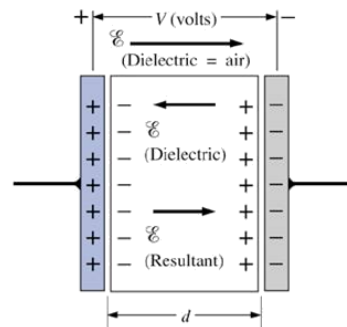
$$Q = C \cdot V$$

$$q(t) = C \cdot v(t)$$

$$i_c(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$i_c(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$

$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t) dt + V_0$$



4

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## El Capacitor

- ▶ La energía almacenada en el capacitor se determina a partir de la potencia instantánea

$$W_C = \int P_C dt$$

$$W_C = \int v_C(t) i_C(t) dt$$

$$W_C = \int v_C(t) C \frac{dv_C(t)}{dt} dt$$

$$W_C = \frac{1}{2} C v_C^2(t)$$

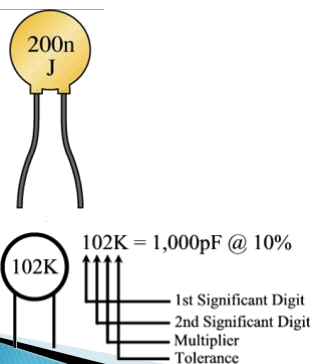
5

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## El Capacitor

- ▶ Un tipo de capacitor muy común es el cerámico, el cual requiere conocer un código para ser leída su capacidad nominal



Número	Multiplicador	Tolerancia
0	Ninguno	C 0.25pF
1	10	J 5%
2	100	K 10%
3	1000	M 20%
4	10000	D 0.5pF
5	100000	Z +80%/-20%
6	1000000	

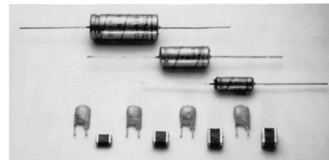
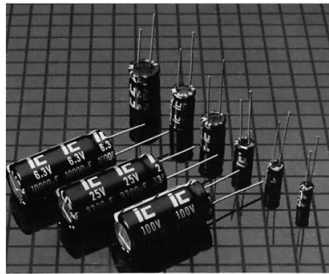
6

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## El Capacitor

- ▶ Los capacitores electrolíticos indican claramente su valor nominal, el máximo voltaje que pueden soportar y cual es su "polaridad"



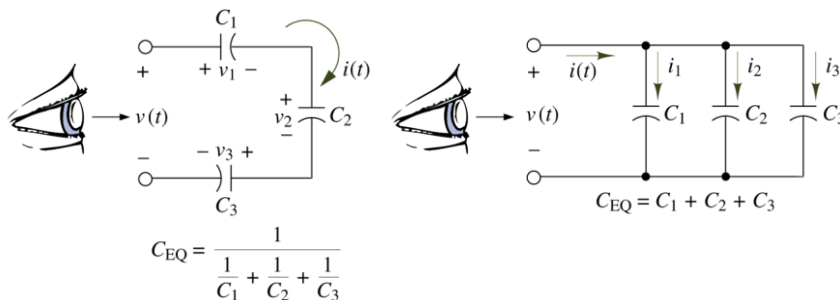
7

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## El Capacitor

- ▶ La Capacidad equivalente en serie y en paralelo



8

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## El Capacitor

- ▶ Tipos de capacitores y sus especificaciones técnicas

Material	Rango de capacitancia	Voltaje máximo
Mica	1pF a 0.1μF	100 a 600 V
Cerámica	10pF a 1μF	50 a 1000 V
Mylar	0.001μF a 10μF	50 a 500 V
Papel	1000pF a 50μF	100 a 10 <sup>5</sup> V
Electrolítico	0.1μF a 0.2F	3 a 600 V

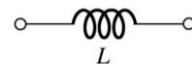
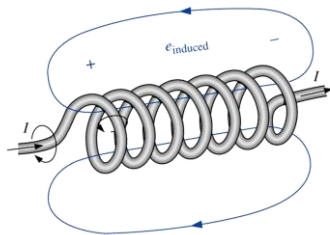
9

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## El Inductor

- ▶ El inductor es un elemento que tiene la propiedad de almacenar energía en forma de campo magnético
- ▶ Se induce un voltaje  $e$  al hacer circular una corriente por las espiras



$$V_L(t) = L \frac{di}{dt}$$

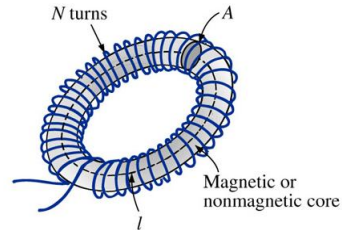
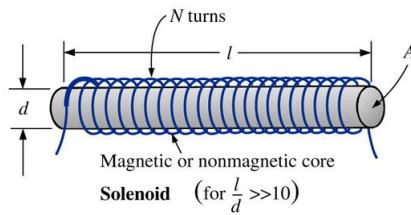
10

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## El Inductor

- ▶ Dependiendo de la geometría de las espiras, de la permeabilidad del núcleo y del número de espiras, se obtiene el valor



$$L = \frac{N^2 \mu A}{l}$$

## El Inductor

- ▶ La energía almacenada en un inductor se determina a partir de la potencia instantánea







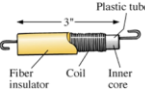


$$W_L = \int P_L dt$$

$$W_L = \int v_L(t) i_L(t) dt$$

$$W_L = \int i_L(t) L \frac{di_L(t)}{dt} dt$$

$$W_L = \frac{1}{2} Li_L^2(t)$$

# El Inductor

<p><b>Type:</b> Open Core Coil  <b>Typical Values:</b> 3 mH to 40 mH  <b>Applications:</b> Used in low-pass filter circuits. Found in speaker crossover networks.</p> 	<p><b>Type:</b> RF Chokes  <b>Typical Values:</b> 10 <math>\mu</math>H to 50 <math>\mu</math>H  <b>Applications:</b> Used in radio, television, and communication circuits. Found in AM, FM, and UHF-circuits.</p> 
<p><b>Type:</b> Toroid Coil  <b>Typical Values:</b> 1 mH to 30 mH  <b>Applications:</b> Used as a choke in AC power lines circuits to filter transient and reduce EMI interference. This coil is found in many electronic appliances.</p> 	<p><b>Type:</b> Molded Coils  <b>Typical Values:</b> 0.1 <math>\mu</math>H to 100 <math>\mu</math>H  <b>Applications:</b> Used in a wide variety of circuit such as oscillators, filters, pass-band filters, and others.</p> 
<p><b>Type:</b> Hash Choke Coil  <b>Typical Values:</b> 3 <math>\mu</math>H to 1 mH  <b>Applications:</b> Used in AC supply lines that deliver high currents.</p> 	<p><b>Type:</b> Surface Mounted Inductors  <b>Typical Values:</b> 0.01 <math>\mu</math>H to 100 <math>\mu</math>H  <b>Applications:</b> Found in many electronic circuits that require miniature components on multilayered PCB.</p> 
<p><b>Type:</b> Delay Line Coil  <b>Typical Values:</b> 10 <math>\mu</math>H to 50 <math>\mu</math>H  <b>Applications:</b> Used in color televisions to correct for timing differences between the color signal and black and white signal.</p>  <p>Labels: Plastic tube, Fiber insulator, Coil, Inner core</p>	<p><b>Type:</b> Adjustable RF Coil  <b>Typical Values:</b> 1 <math>\mu</math>H to 100 <math>\mu</math>H  <b>Applications:</b> Variable inductor used in oscillators and various RF circuits such as CB transceivers, televisions, and radios.</p> 
<p><b>Type:</b> Common Mode Choke Coil  <b>Typical Values:</b> 0.6 mH to 50 mH  <b>Applications:</b> Used in AC line filters, switching power supplies, battery charges and other electronic equipment.</p> 	

# El Inductor


- Existe un tipo de inductor de apariencia similar al de un resistor con su respectivo código de colores



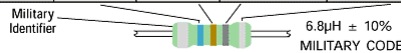
Tipo polvo molido

### INDUCTOR COLOR GUIDE

Result Is In  $\mu$ H

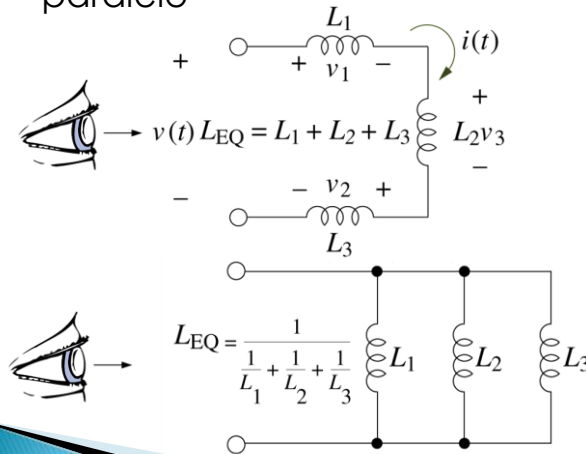
4-BAND-CODE  $\rightarrow$    $\rightarrow$  270 $\mu$ H  $\pm$  5%

COLOR	1st BAND	2nd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
BLACK	0	0	1	$\pm$ 20%
BROWN	1	1	10	Military $\pm$ 1%
RED	2	2	100	Military $\pm$ 2%
ORANGE	3	3	1,000	Military $\pm$ 3%
YELLOW	4	4	10,000	Military $\pm$ 4%
GREEN	5	5		
BLUE	6	6		
VIOLET	7	7		
GREY	8	8		
WHITE	9	9		
NONE				Military $\pm$ 20%
GOLD			0.1 / Mil. Dec. Pt.	Both $\pm$ 5%
SILVER			0.01	Both $\pm$ 10%



## El Inductor

- ▶ La inductancia equivalente en serie y en paralelo



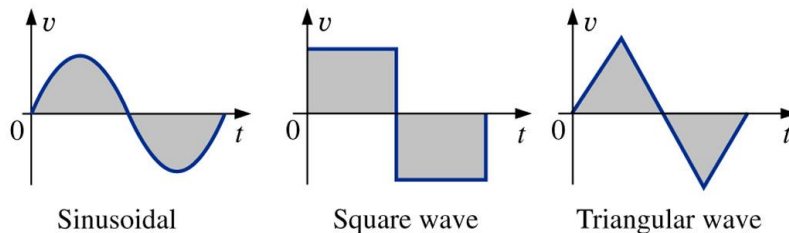
15

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Permiten generar formas de onda cuya amplitud varia con un patrón determinado
- ▶ Las mas comunes son las de forma Senoidal, la de forma cuadrada y las de forma triangular



16

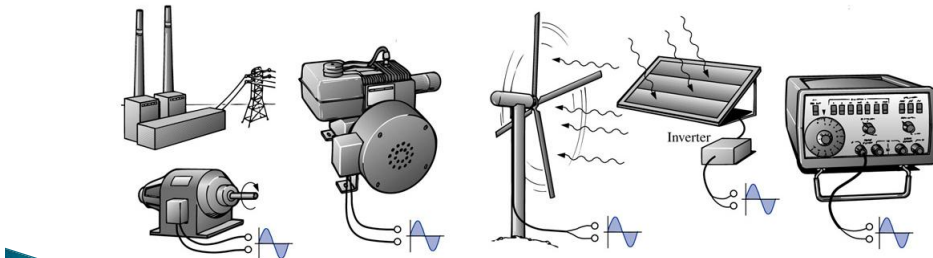
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas



## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ La más común es la senoidal
- ▶ Ellas se generan de diferentes formas pero la que es más frecuente en el mundo de la electrónica es con el generador de funciones



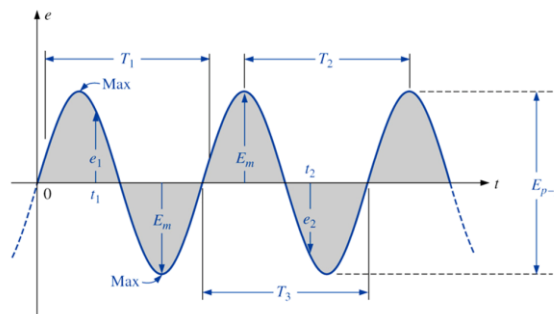
17

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Las fuentes sinodales ( $e$ ) tienen son periódicas (se repiten cada cierto tiempo), tienen una amplitud máxima ( $E_m$ ) y una pico-pico ( $E_{p-p}$ )



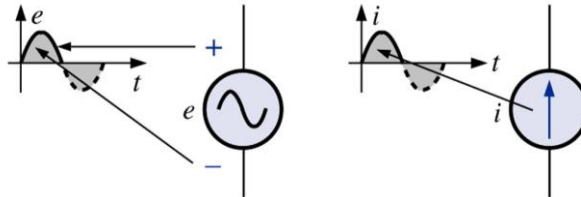
18

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Existen también las fuentes de corriente alterna
- ▶ Tienen su simbología correspondiente



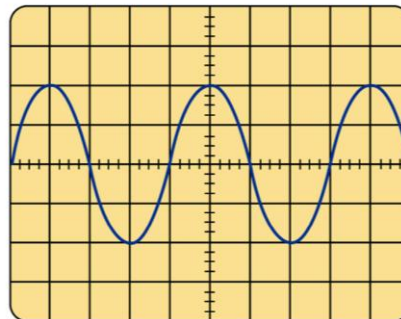
19

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Para visualizarlas y medir sus parámetros se utiliza un instrumento llamado osciloscopio



Vertical sensitivity = 0.1 V/div.  
Horizontal sensitivity = 50  $\mu$ s/div.

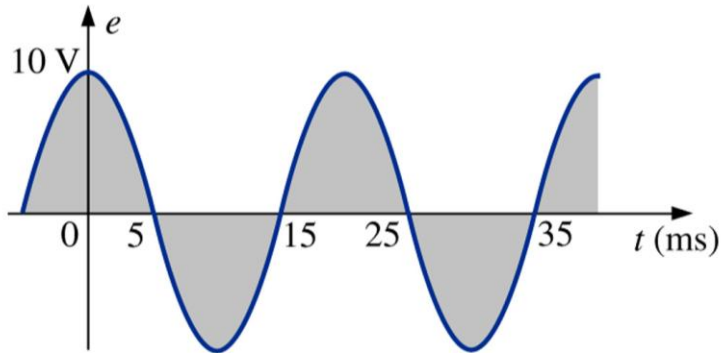
20

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- Determine los principales parámetros de la señal de voltaje alterno



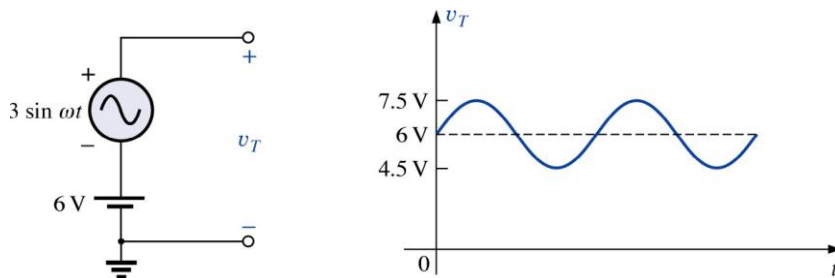
21

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- La combinación de una fuente de voltaje DC con una fuente de voltaje AC da como resultado una señal senoidal “desplazada”



22

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

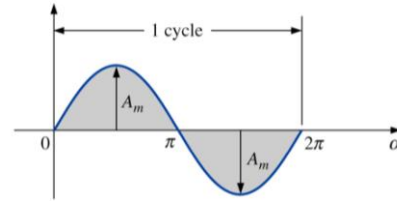
- ▶ Valor promedio (DC)

$$X_{DC} = \frac{1}{T} \int_b^T x(t) dt$$

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} A_m \sin(t) dt$$

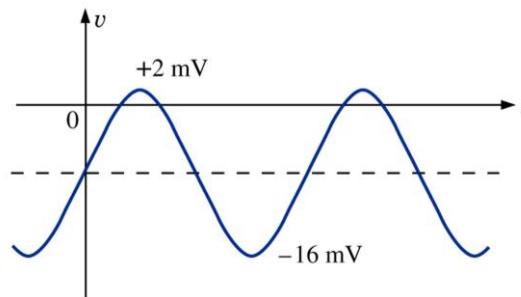
$$V_{DC} = \frac{-A_m}{2\pi} (\cos(2\pi) - \cos(0))$$

$$V_{DC} = 0$$



## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Determine el valor promedio (DC) de  $V$



$$V = 6\text{mV} + 9\text{mV}\sin(t)$$

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Aplicamos la fórmula

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (7mV + 9mV \sin(t)) dt$$

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} 7mV dt + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} 9mV \sin(t) dt$$

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} 7mV t \Big|_0^{2\pi} + \frac{1}{2\pi} -9mV \cos(t) \Big|_0^{2\pi}$$

$$V_{DC} = \frac{7mV(2\pi - 0)}{2\pi} - \frac{9mV}{2\pi} (\cos(2\pi) - \cos(0))$$

$$V_{DC} = 7mV$$

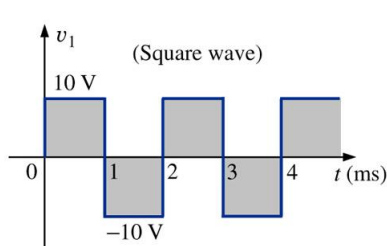
25

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

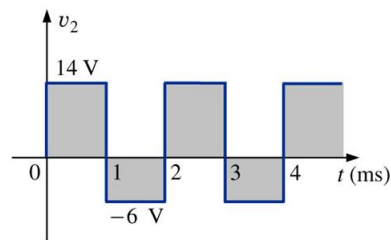
## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Determine el voltaje promedio de  $V_1$  y  $V_2$



$$V_{DC} = \frac{10V(1ms) + (-10V)(1ms)}{2ms}$$

$$V_{DC} = 0V$$



$$V_{DC} = \frac{14V(1ms) + (-6V)(1ms)}{2ms}$$

$$V_{DC} = 4V$$

26

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

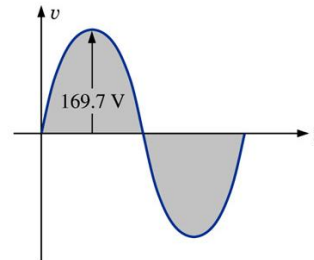
- ▶ Valor eficaz (RMS)

$$V_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T A^2 \sin^2(t) dt}$$

$$V_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(t) dt}$$

$$V_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{A^2}{2\pi} \left( \frac{1}{2} - \frac{\sin(2t)}{4} \right) \Bigg|_0^{2\pi}}$$

$$V_{\text{RMS}} = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{169.7\text{V}}{\sqrt{2}} = 120\text{V}$$



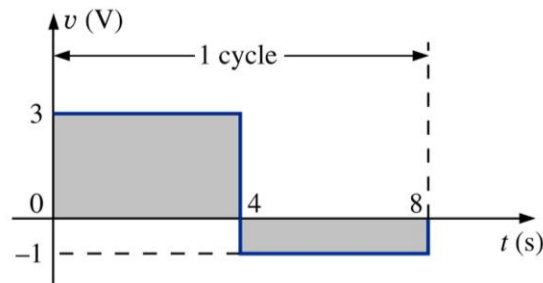
27

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Determine el valor eficaz (RMS) de V



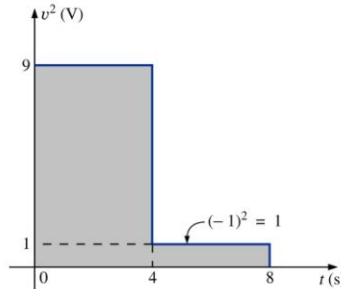
28

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Elevamos al cuadrado la señal  $V$



$$V_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{9V^2(4s) + (1V^2)(4s)}{8s}}$$

$$V_{\text{RMS}} = 2.24V$$

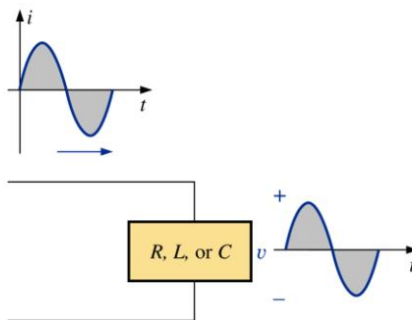
29

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ La forma de la señal de voltaje no se ve afectada cuando se aplica a los elementos  $R$ ,  $L$  o  $C$



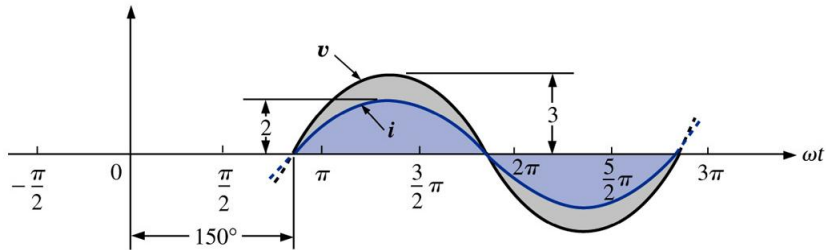
30

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ El voltaje y la corriente están “en fase”



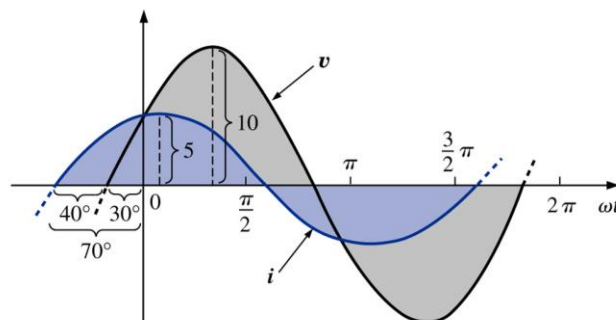
31

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ La corriente se “adelanta” al voltaje en  $40^\circ$



32

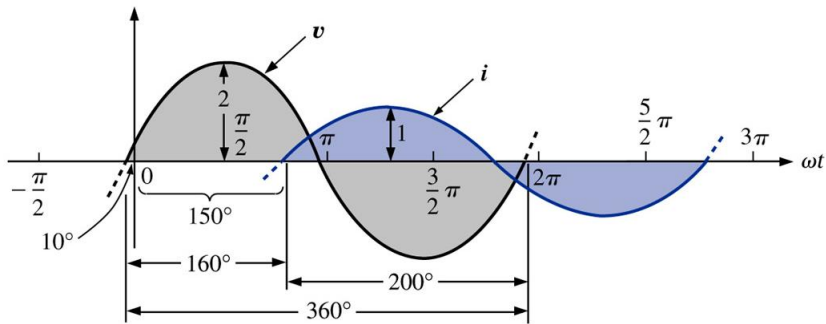
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas



## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ El voltaje se “adelanta” a la corriente en  $160^\circ$



33

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

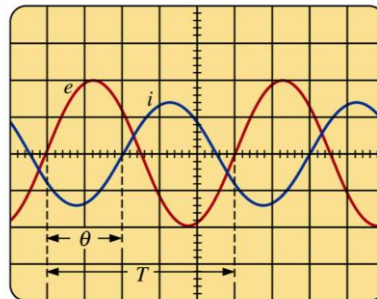
## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Se puede medir la diferencia de fase entre dos señales de voltaje utilizando el osciloscopio

$$\frac{360^\circ}{T} = \frac{\theta}{\text{Fase}}$$

$$\theta = \frac{\text{Fase}}{T} 360^\circ$$

$$\theta = \frac{2\text{div}}{5\text{div}} 360^\circ = 140^\circ$$



Vertical sensitivity = 2 V/div.  
Horizontal sensitivity = 0.2 ms/div.

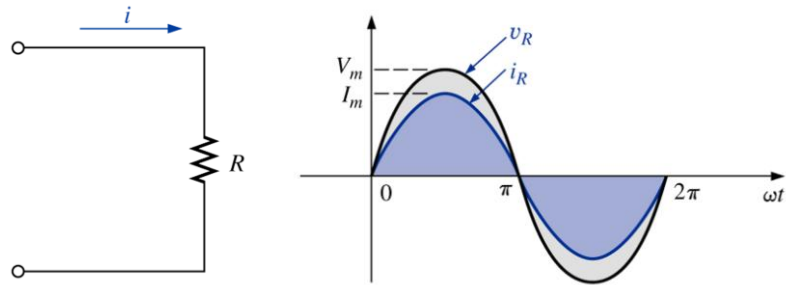
34

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ En un circuito puramente resistivo, el voltaje y la corriente están en fase



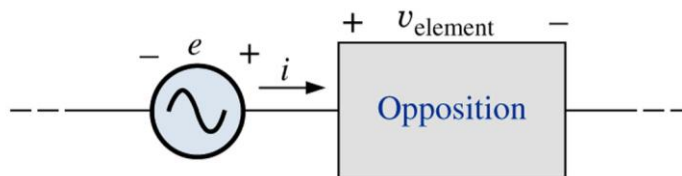
35

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ Cuando aplicamos una fuente de voltaje alterno a un circuito con elementos inductivos y capacitivos, se produce un efecto de afecta la relación de fase entre el voltaje y la corriente



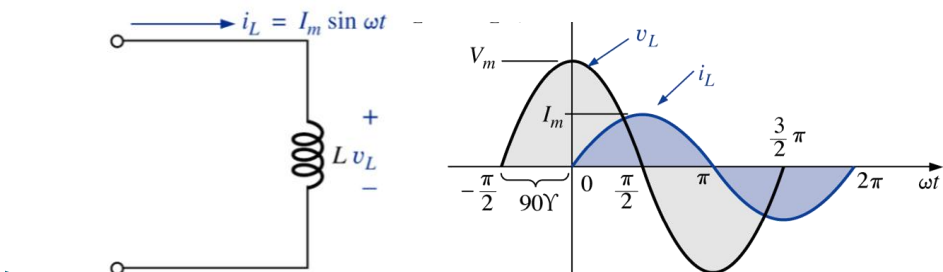
36

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ En el caso de un inductor, se produce una desfase entre la corriente y el voltaje
- ▶ El voltaje adelanta a la corriente en  $90^\circ$



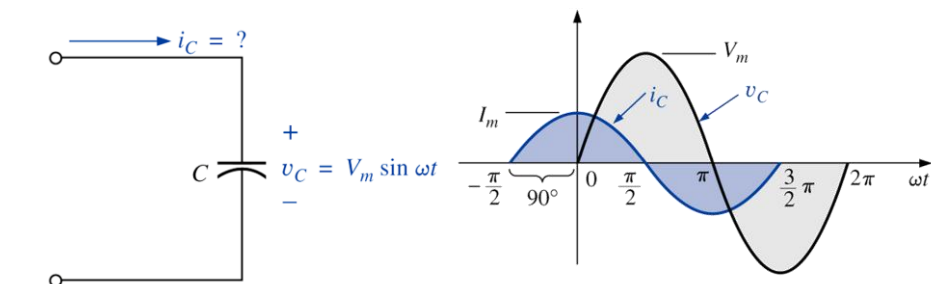
37

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fuentes de voltaje alterno

- ▶ En el caso de un capacitor, se produce una desfase entre la corriente y el voltaje
- ▶ La corriente adelanta al voltaje en  $90^\circ$



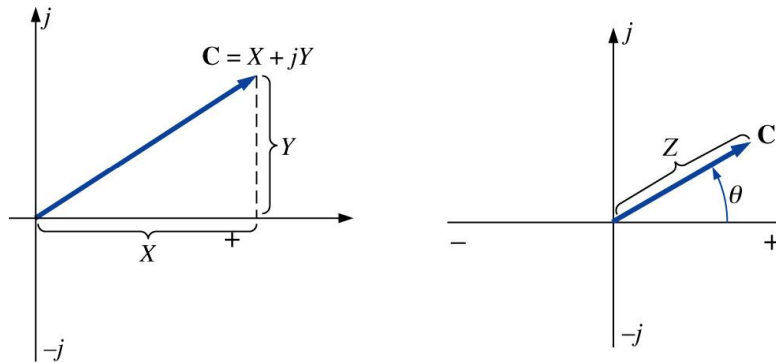
38

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

- ▶ Representación con coordenadas rectangulares y polares



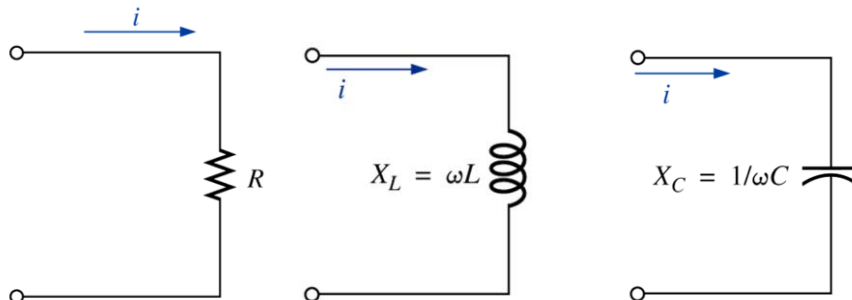
39

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

- ▶ Al utilizar fuentes que varían en el tiempo, las resistencias, inductancias y capacitancias se denominan "impedancias"



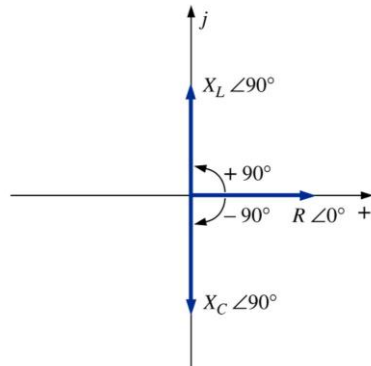
40

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

# Fasores

- ▶ Representación fasorial de las impedancias



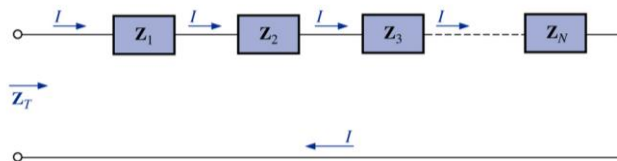
41

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

# Fasores

- ▶ Impedancia equivalente de un circuito



42

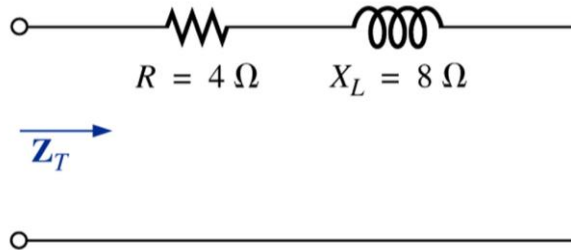
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores



Determine la impedancia equivalente del circuito mostrado y dibuje su diagrama fasorial



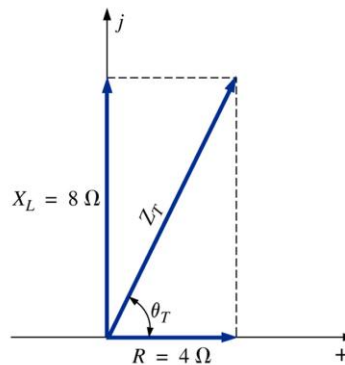
43

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

- Diagrama fasorial



44

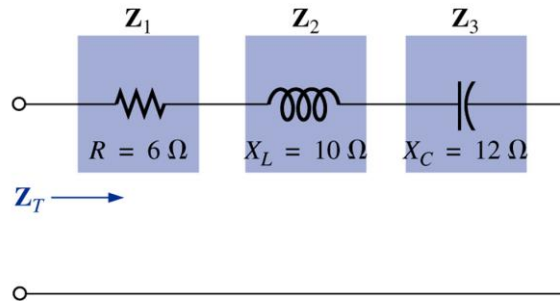
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores



Determine la impedancia equivalente del circuito mostrado y dibuje su diagrama faso



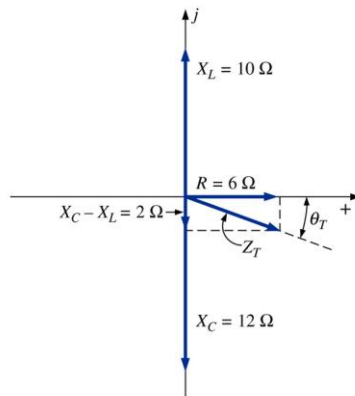
45

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

Diagrama fasorial



46

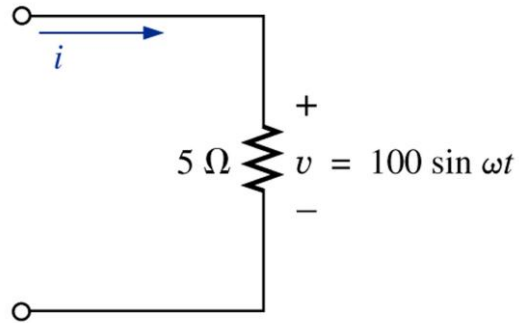
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores



Determine el valor de la corriente  $i$  y dibuje tanto las formas de onda como el diagrama fasorial



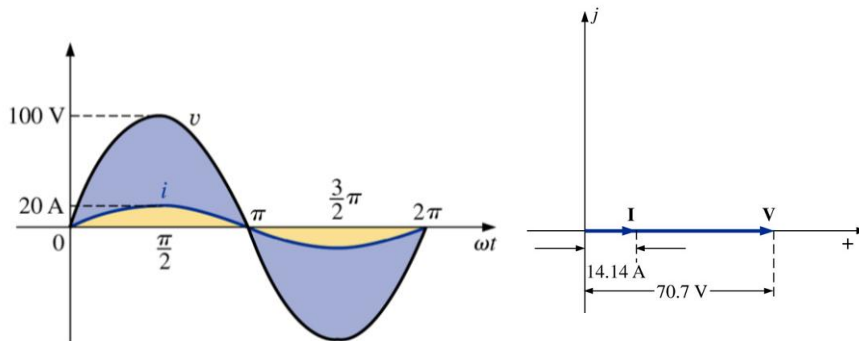
47

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

Formas de onda



48

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

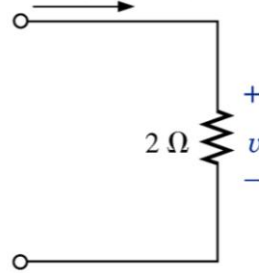


## Fasores



Determine el valor del voltaje  $v$  y dibuje tanto las formas de onda como el diagrama fasorial

$$i = 4 \sin(\omega t + 30^\circ)$$



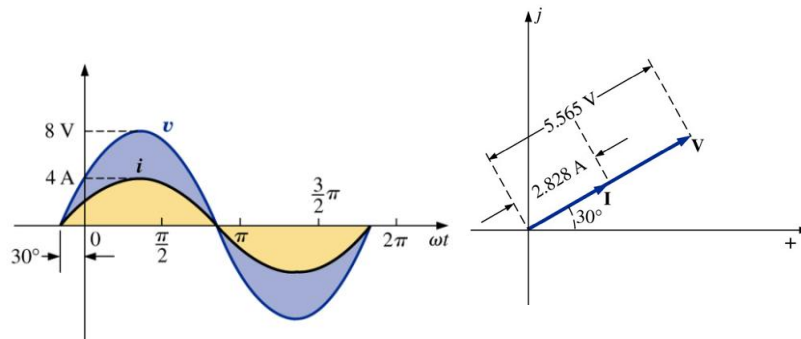
49

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

Formas de onda y diagrama fasorial



50

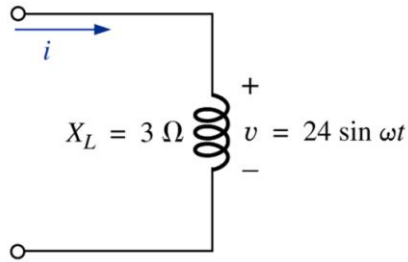
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores



Determine el valor de la corriente  $i$  y dibuje tanto las formas de onda como el diagrama fasorial



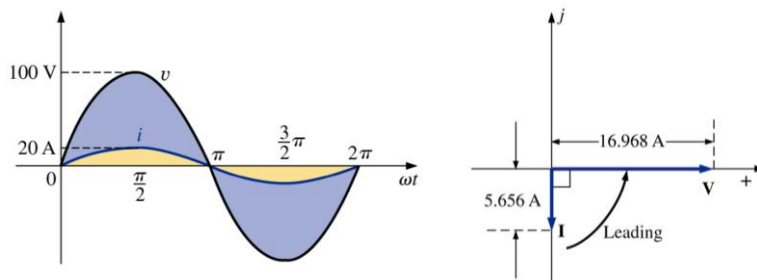
51

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

Formas de onda y diagrama fasorial



52

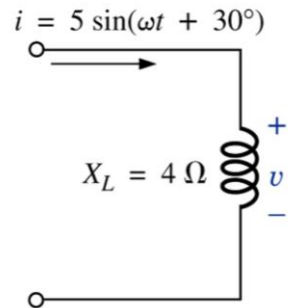
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores



Determine el valor del voltaje  $v$  y dibuje tanto las formas de onda como el diagrama fasorial



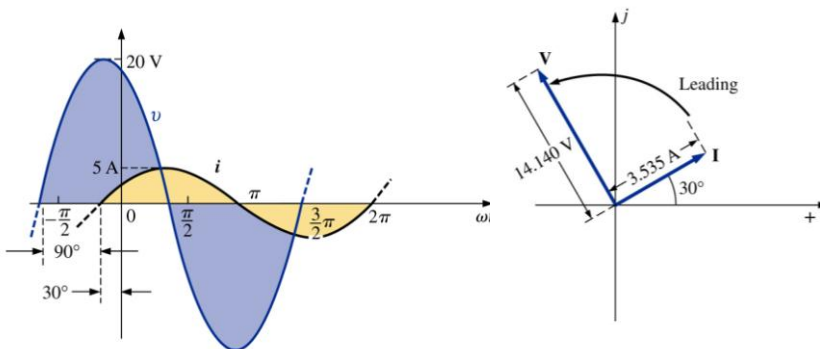
53

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

- Formas de onda y diagrama fasorial



54

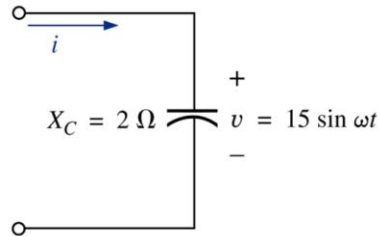
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores



Determine el valor de la corriente  $i$  y dibuje tanto las formas de onda como el diagrama fasorial



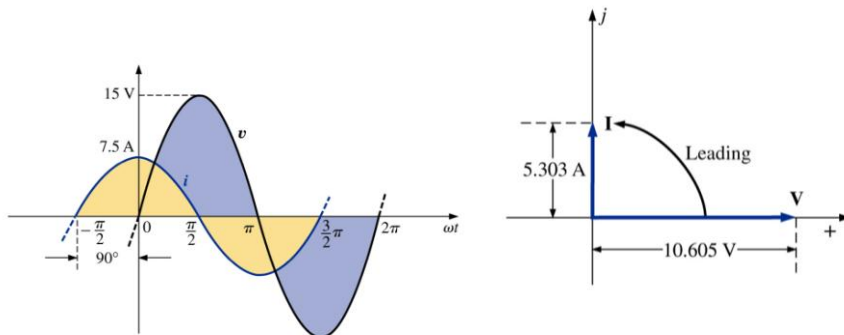
55

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

- Formas de onda y diagrama fasorial



56

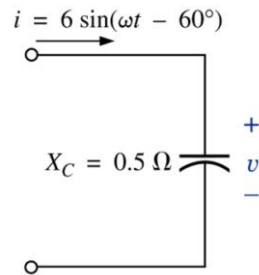
Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores



Dibuje las formas de onda y el diagrama fasorial del voltaje y la corriente en capacitor con una corriente como la indicada



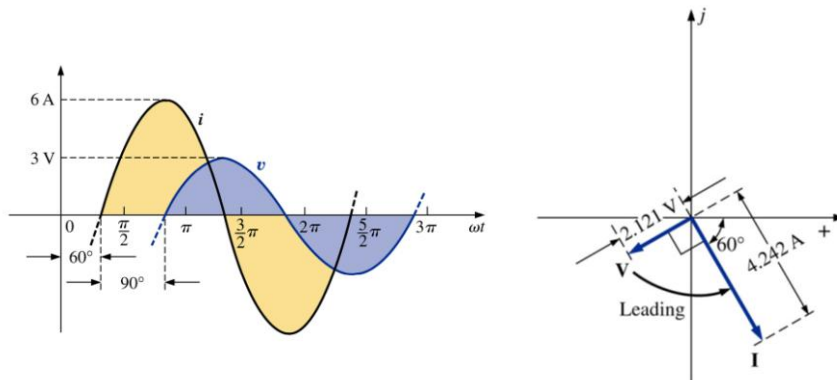
57

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Fasores

- Formas de onda y diagrama fasorial



58

Circuitos en corriente alterna (I)

Prof. Manuel Rivas

## Bibliografía

- ▶ Introductory Circuit Analysis. Robert Boylestad. Prentice – Hall. Capítulos 10, 12 y 13.