



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

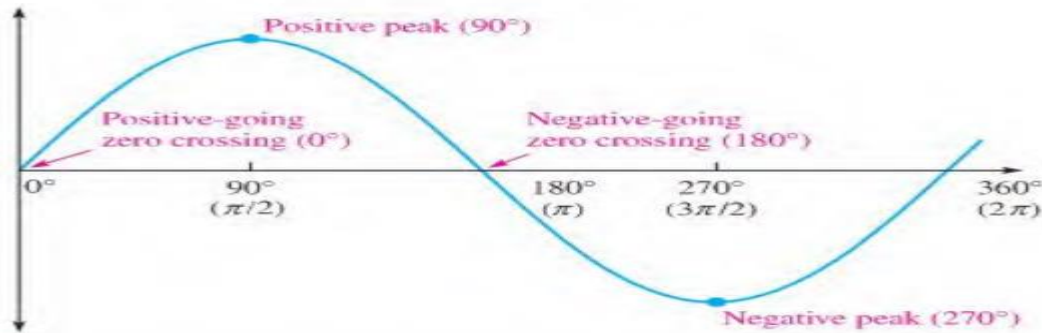
Lecturer of experimental physics

# Lecture (7)

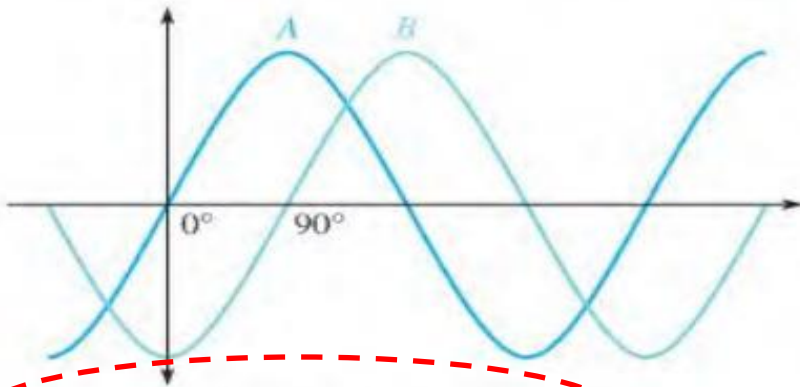
## Phase of a Sine Wave

The phase of a sine wave is an angular measurement that specifies the position of that sine wave relative to a reference.

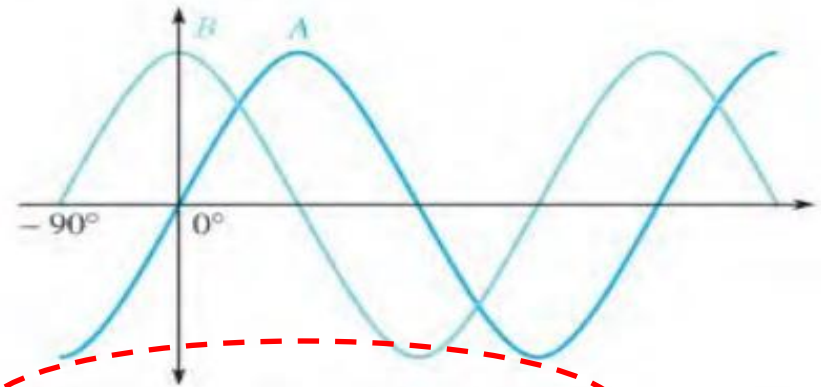
طور الموجة عند أي لحظة يصف موضع الموجة عند هذه اللحظة بالنسبة لنقطة مرجعية. فلو كانت الموجة مثلا  $\sin$  فأنت تعلم كيفية تغير قيمها عند كل قيمة للزاوية و يُمكن القول بأن كل قيمة للزاوية هي الطور اللحظي.



في حالة موجتين A, B بينهما فرق في الطور و ليكن  $\pi/2$ ، يُمكن حدوث ما يلي:



(a) A leads B by  $90^\circ$ , or B lags A by  $90^\circ$ .



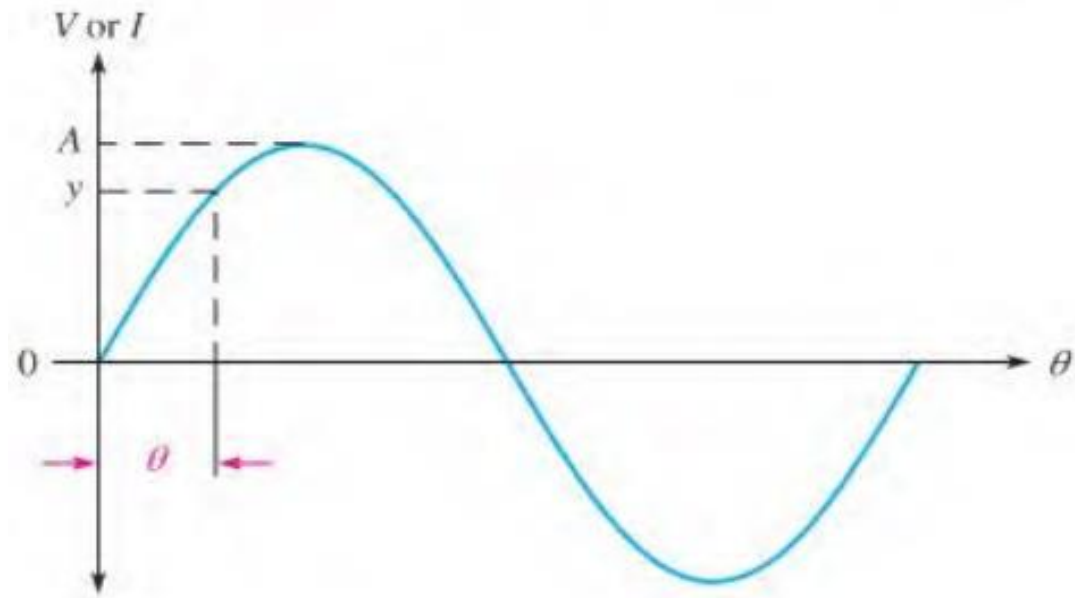
(b) B leads A by  $90^\circ$ , or A lags B by  $90^\circ$ .

A سابقة ل B بمقدار  $\pi/2$  = B متأخرة عن A بمقدار  $\pi/2$

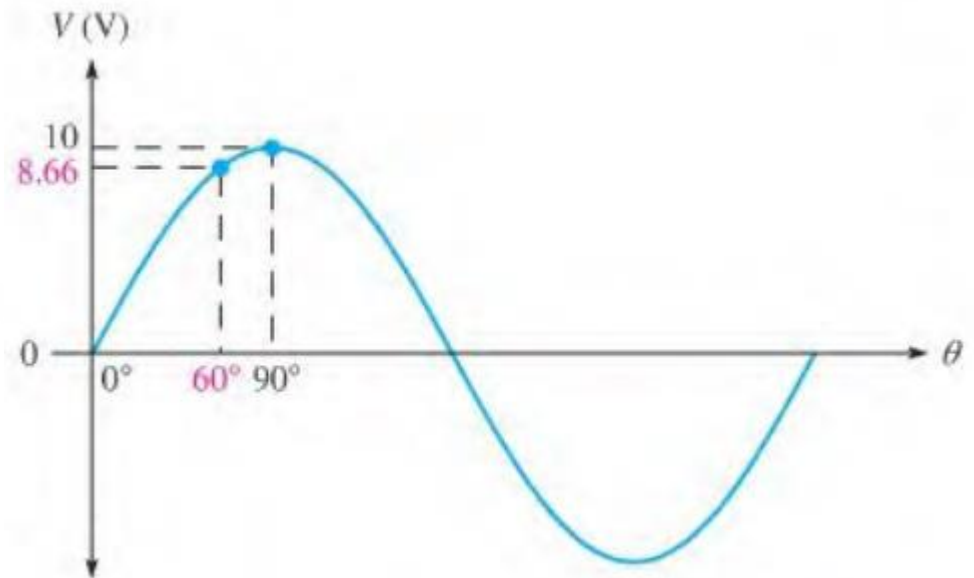
B سابقة ل A بمقدار  $\pi/2$  = A متأخرة عن B بمقدار  $\pi/2$

# The Sine Wave Formula

$$y = A \sin \theta$$



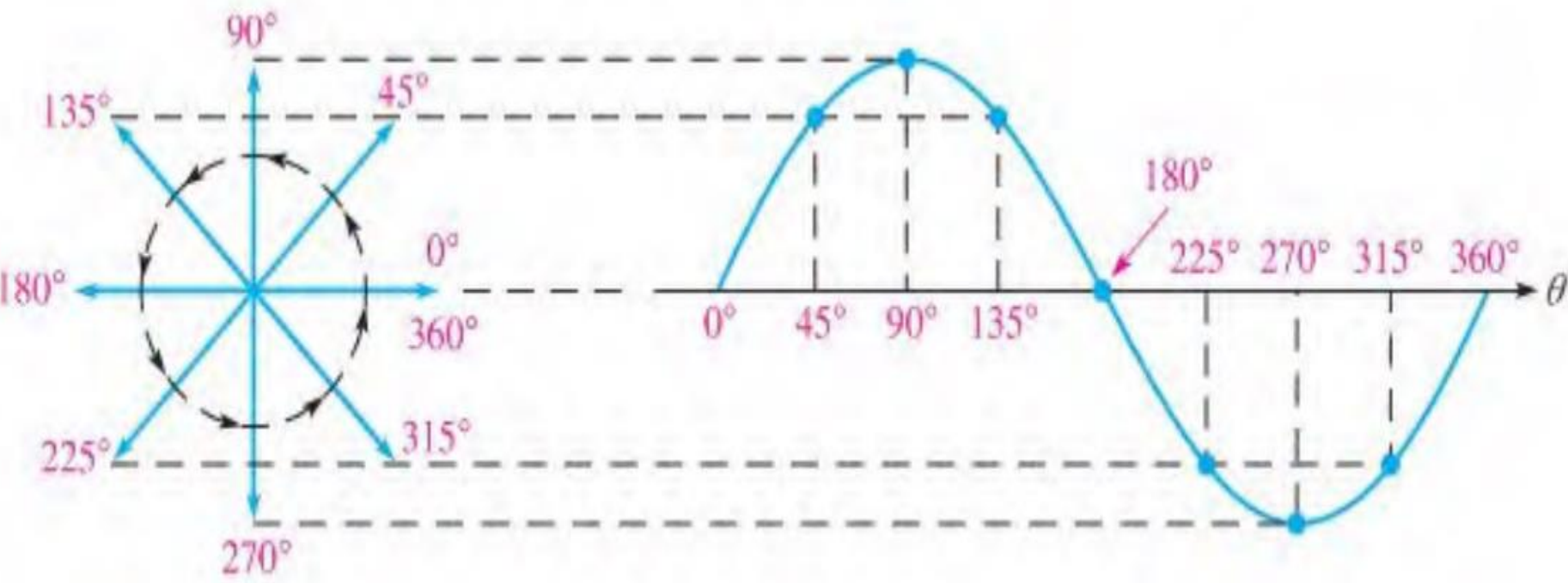
$$v = V_p \sin \theta = (10 \text{ V}) \sin 60^\circ = (10 \text{ V})(0.866) = 8.66 \text{ V}$$



# Phasor Representation of a Sine Wave

A full cycle of a sine wave can be represented by rotation of a phasor through 360 degrees.

The instantaneous value of the sine wave at any point is equal to the vertical distance from the tip of the phasor to the horizontal axis.



# AC circuits

An AC circuit is a circuit contains one or more of the passive components R, L and C (connected in series or parallel) while the power supply is an AC source.

يفقد التيار الكهربائي شيئاً من طاقته سواء على شكل طاقة مخزنة كما في الملف أو المكثف أو طاقة مبددة أو طاقة للقيام بشغل كما في المقاومات. **الممانعة أو المعاوقة** بالنسبة للتيار المتردد تكافئ **المقاومة** بالنسبة للتيار المستمر. و نجد أن كلمتي **الممانعة أو المعاوقة** هما الأعم للتعبير عن المقاومة و مقلوبها يُسمى **المسامحة**.

Impedance (الممانعة أو المعاوقة): it is the ratio between  $v$  and  $i$   $Z = \frac{v}{i} \quad (\Omega)$

or  $Z = \frac{V_m}{I_m} \quad (\Omega)$  To not depend on time

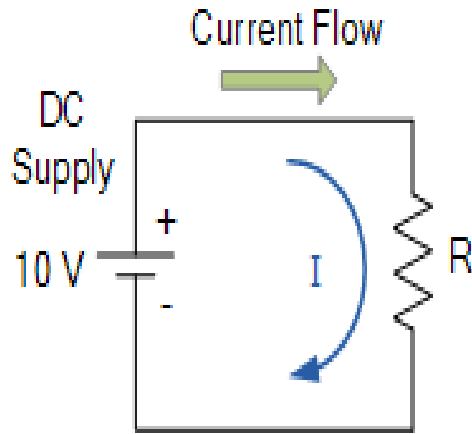
Admittance **المسامحة**  $Y = \frac{1}{Z} \quad \Omega^{-1}$

في دوائر التيار المتردد، الممانعة لها مقدار و زاوية طور (الزاوية بين اتجاهي الجهد و التيار) و ليس مقدار فقط كما في دوائر التيار المستمر

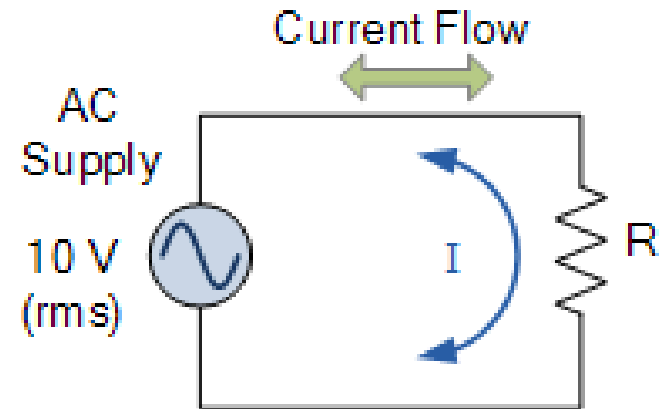
في دوائر التيار المتردد التي سندرسها، يتم فرض صيغة لشكل التيار أو الجهد لنصل لصيغتي الممانعة **impedance** و فرق الطور **phase difference**. و ذلك بتطبيق ما تعلمناه من مفاهيم خاصة بالتيار المتردد.

# (1) Impedance and phase difference of a pure resistor (R)

## دائرة مقاومة نقية



المقاومة الأومية لها نفس السلوك في دوائر التيار المستمر و المتردد. عند تطبيق أي جهد على المقاومة فالتيار لا يحتاج لنمو كدالة في الزمن.



Assume  $v(t) = V_m \sin(\omega t) = V_p \sin(\omega t)$  (1)

From Ohm's law  $i(t) = \frac{v(t)}{R} = \frac{V_m}{R} \sin(\omega t) = I_m \sin(\omega t)$  (2)

من المعادلتين (1) و (2) يتضح أن لا يوجد فرق في الطور بين  $v$ ,  $i$  في حالة مقاوم نقي. أي أن

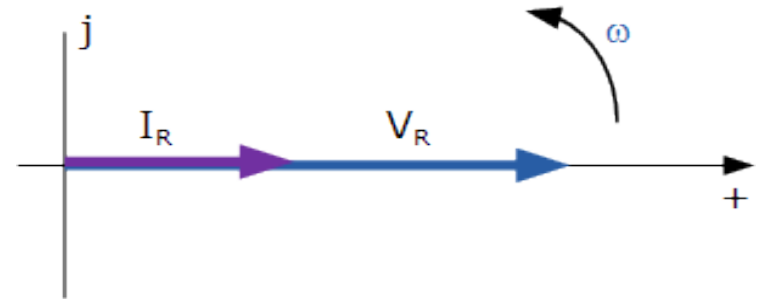
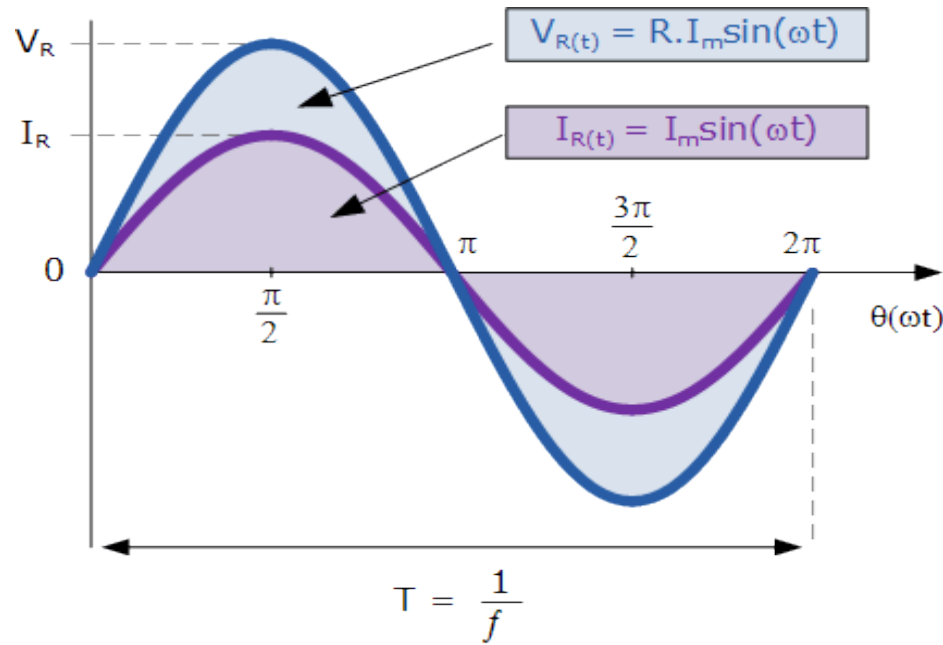
phase difference  $\phi = \text{zero}$

Also, Impedance  $Z = \frac{V_m}{I_m} = R$

و يُمكن تمثيل هذه النتائج الجبرية التي حصلنا عليها بطريقتين أخريين:

التمثيل البياني للجهد و  
التيار في حالة مقاوم نقي

التمثيل الطوري (الاتجاهي)  
للجهد و التيار في حالة مقاوم  
نقي



Phasor Diagram for AC Resistance

Sinusoidal Waveforms for AC Resistance

من هنا يتضح اتفاق الجهد و التيار و عدم تقدم أو تأخر (تخلف) أحدهما على الآخر في حالة المقاوم النقي. و لكن هذا لن يتحقق مع دوائر بها عناصر أخرى كالملف أو المكثف.

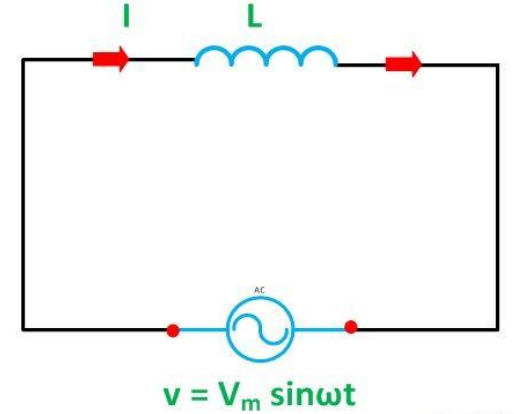


## (2) Impedance and phase difference of a pure inductor (L)

دائرة ملف نقي سيظهر تأثير

(Inductive reactance  $X_L$  (المُفاعلة الحثية)

بنفس الطريقة سنفترض دالة جهد و منها نحصل على شكل دالة التيار و  
العلاقة بينهما نحصل منها على المعاوقة و فرق الطور



Circuit Globe

$$\text{Assume } v(t) = V_m \sin(\omega t) \quad (1)$$

But

$$i(t) = \frac{1}{L} \int v(t) dt = \frac{1}{L} \int V_m \sin(\omega t) dt = \frac{V_m}{L} \int \sin(\omega t) dt = -\frac{V_m}{\omega L} \cos(\omega t)$$

$$i(t) = +\frac{V_m}{\omega L} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) = I_m \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (2)$$

ثابت التكامل يُحذف لأن  
التكامل محدود لكل دورة

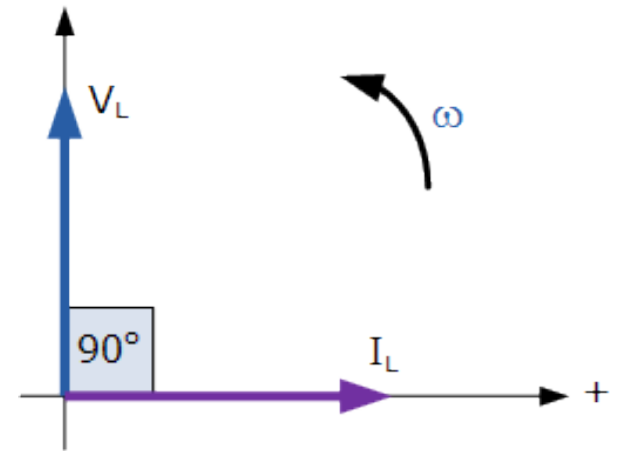
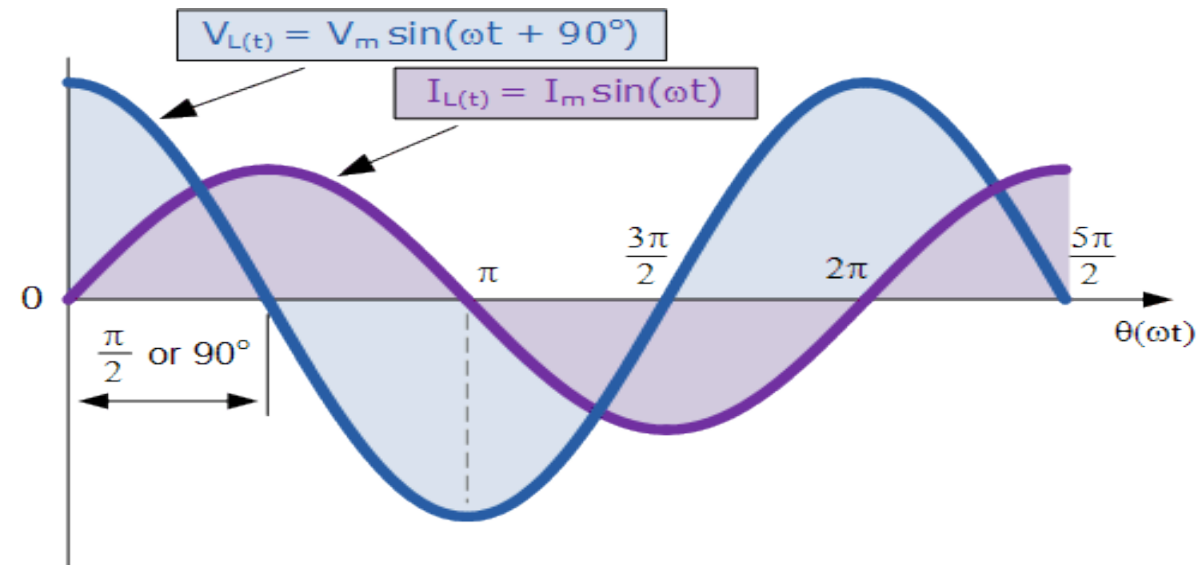
من المعادلتين (1) و (2) يتضح أن الجهد يسبق التيار بزاوية طور  $\frac{\pi}{2}$  في حالة ملف حثي نقي. أي أن  $\phi = \frac{\pi}{2}$   
أو يُقال أن التيار لاحقاً للجهد

$$\text{Also, } Z = \frac{V_m}{I_m} = X_L = \omega L = 2\pi f L$$

و يُمكن تمثيل هذه النتائج الجبرية التي حصلنا عليها بطريقتين أخريين:

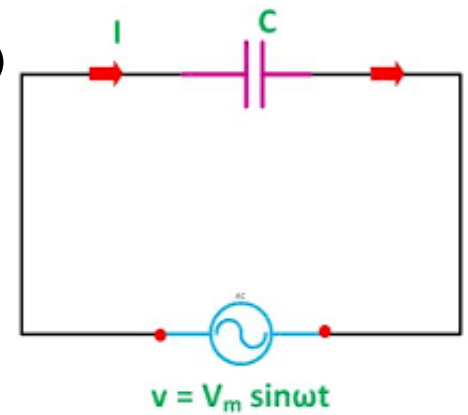
التمثيل البياني للجهد و  
التيار في حالة ملف حث  
نقي

التمثيل الطوري (الاتجاهي) للجهد  
و التيار في حالة ملف حث نقي



### (3) Impedance and phase difference of a pure capacitor (C)

Capacitive reactance  $X_C$  يظهر تأثير المُفاعلة السعوية



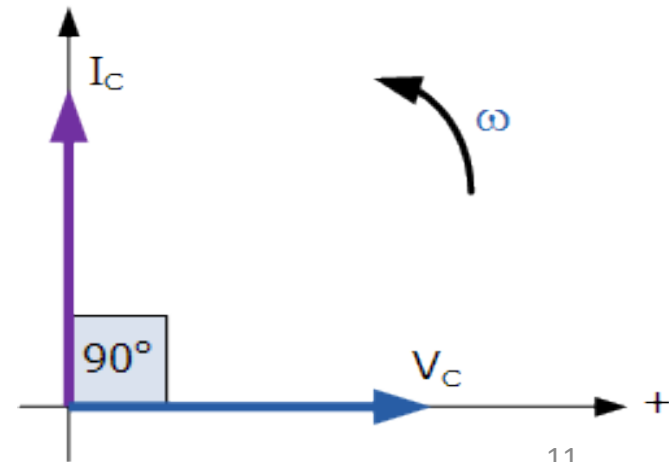
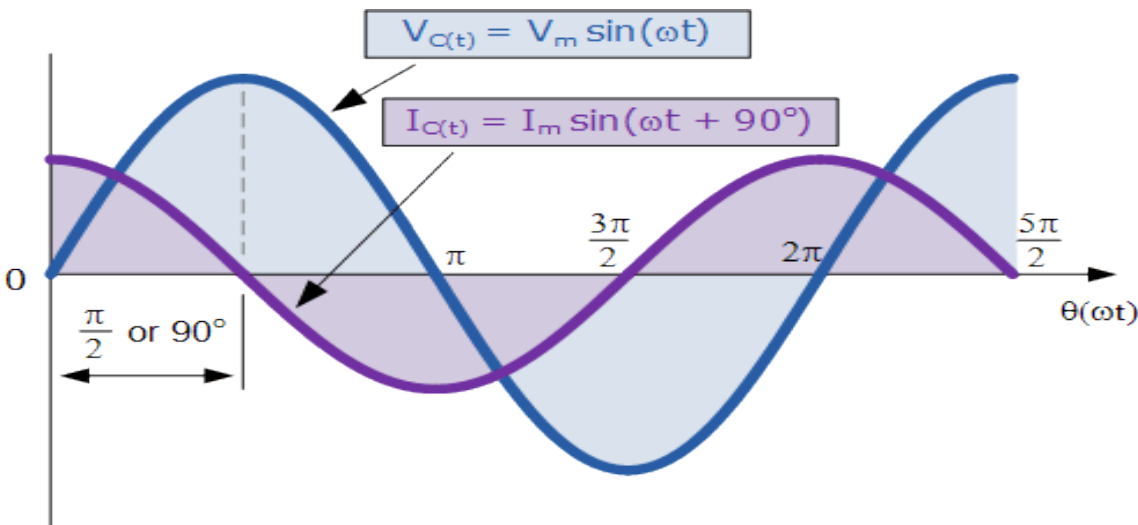
Assume  $v(t) = V_m \sin(\omega t)$  (1)

But  $i(t) = C \frac{dv(t)}{dt} = C \frac{d}{dt} (V_m \sin(\omega t)) = C\omega V_m \cos(\omega t)$

$i(t) = C\omega V_m \cos(\omega t) = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$  (2)

من المعادلتين (1) و (2) يتضح أن الجهد يتأخر عن التيار بزاوية طور  $\frac{\pi}{2}$  في حالة مكثف سعوي نقي.  $\phi = \frac{\pi}{2}$  أو يُقال أن الجهد لاحقاً للتيار

$$Z = \frac{V_m}{I_m} = X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$



# Lecture (8)

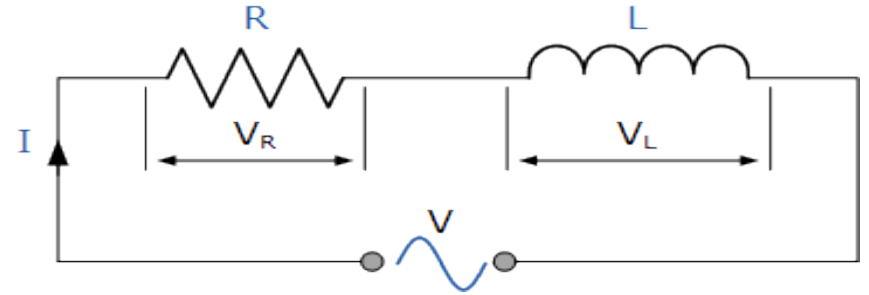
و الآن بعد دراسة كل حالة منفردة، سنبدأ بدراسة دوائر تيار متردد بها عنصرين أو ثلاثة. في هذه الحالة سيكون التأثير الإجمالي مُركَّب و قيمة فرق الطور لن تكون صفر أو  $\frac{\pi}{2}$ . التحليلات الرياضية كالمعتاد مع إضافة استخدام قوانين كيرشوف كما سنرى

#### (4) Impedance and phase difference of R, L, C in series:

دوائر مقاومة-ملف-مكثف على التوالي

سنبدأ بعنصرين فقط مقاومة و ملف

##### a- Series Resistance-Inductance Circuit R, L



Assume  $i(t) = I_m \sin(\omega t)$  (1)

From Kirchhoff's voltage law

$$v_t = v_R + v_L \quad (2)$$

$$v_R = iR = RI_m \sin(\omega t)$$

الجهود على المقاومة معروف من قانون أوم

$$v_L = ??$$

و لكن الجهود على الملف يُمكن حسابه كما يلي:

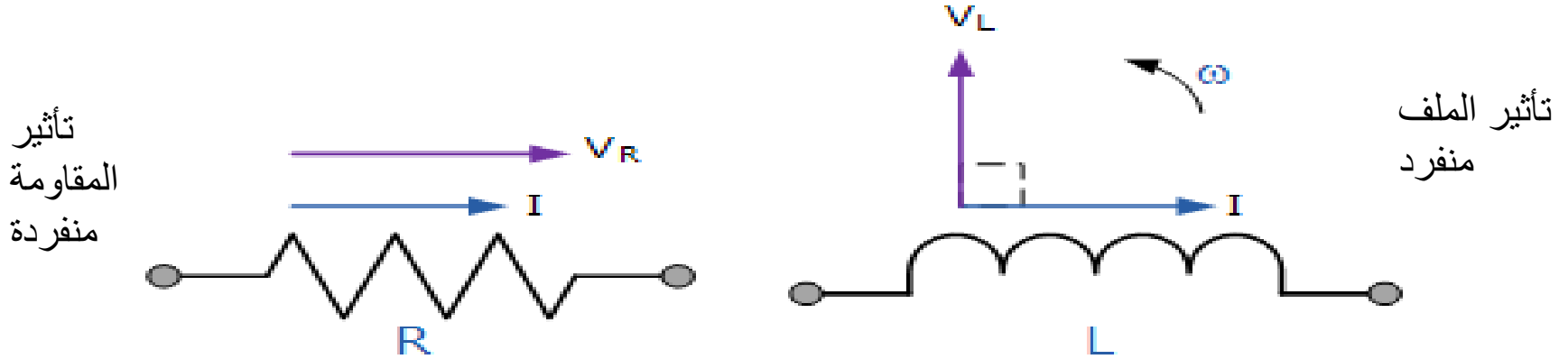
The current is constant in a series circuit

$$i = \frac{1}{L} \int v_L dt \longrightarrow v_L(t) = L \frac{di(t)}{dt} = LI_m \frac{d}{dt} \sin(\omega t) = LI_m \omega \cos(\omega t)$$

$$v_t(t) = RI_m \sin(\omega t) + LI_m \omega \cos(\omega t)$$

و بالتالي تُصبح المعادلة (2) على الصورة

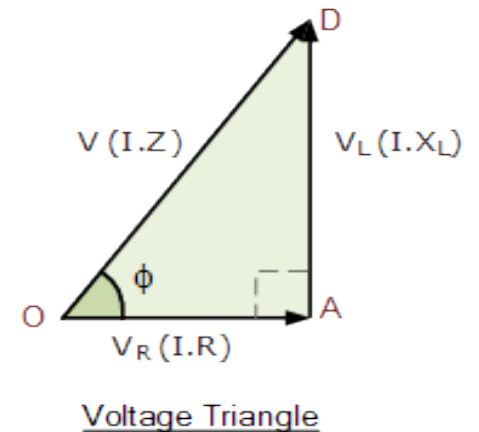
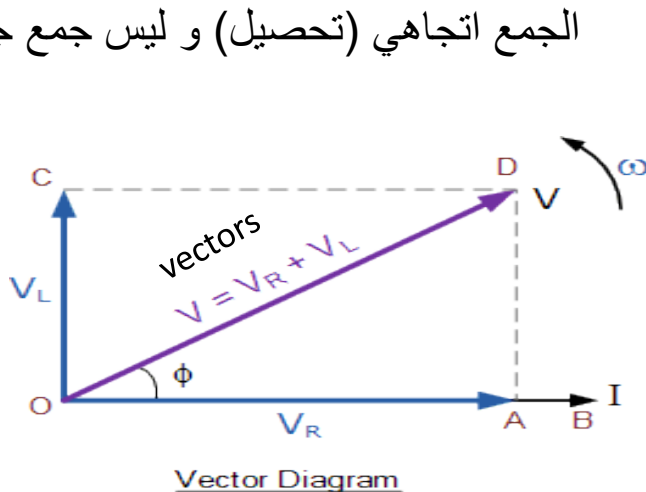
من المعادلة الأخيرة: نجد أن الجزء الخاص بالمقاومة يتفق فيه الجهد مع التيار كما نعلم و الجزء الخاص بالجهد على الملف فإنه يسبق التيار بمقدار  $\frac{\pi}{2}$  حيث يكون تأثير كل منهما منفرداً كما هو موضح بالمتجهات في الشكل التالي



و لذلك تكون محصلة الجهد الكلي عبارة عن:

$$v_t = \sqrt{(v_R)^2 + (v_L)^2}$$

From triangle (**phasor**). It is not an algebraic summation of amplitudes  
الجمع اتجاهي (تحصيل) و ليس جمع جبري



$$Z = \frac{V_m}{I_m} = \frac{\sqrt{(I_m R)^2 + (I_m X_L)^2}}{I_m} = \sqrt{(R)^2 + (X_L)^2}$$

$$\tan \phi = \frac{v_L}{v_R} = \frac{I_m X_L}{I_m R} = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi f L}{R} \quad \longrightarrow \quad \phi = \tan^{-1}\left(\frac{2\pi f L}{R}\right)$$

$$\text{If } R \gg \omega L \quad \omega L/R \rightarrow 0 \quad \text{or} \quad \phi = 0^\circ$$

أي تكون الحالة عبارة عن مقاومة نقية.

$$\text{If } R \ll \omega L \quad \omega L/R \rightarrow \infty \quad \text{or} \quad \phi = 90^\circ = \pi/2$$

أي تكون الحالة عبارة عن ملف حثي نقي.

بنفس الطريقة يُمكن استنتاج العلاقات الخاصة بدائرة **مقاومة و مكثف** على التوالي و كذلك في حالة دائرة بها **مقاومة و ملف و مكثف** على التوالي



## b- Series Resistance-Capacitance Circuit R, C

Assume  $i(t) = I_m \sin(\omega t)$  (1)

From Kirchhoff's law  $v_t = v_R + v_C$  (2)

$v_R = iR = RI_m \sin(\omega t)$        $v_C = ??$

The current is constant in a series circuit

$$i = \frac{dQ}{dt} = \frac{Cdv}{dt}$$

$$\frac{dv_C(t)}{dt} = \frac{i}{C} = \frac{I_m}{C} \sin(\omega t)$$

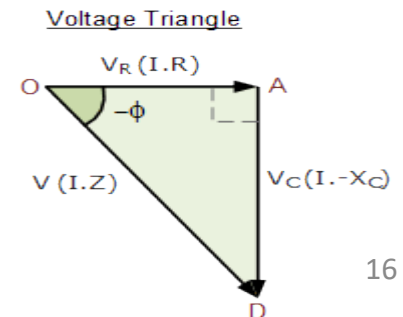
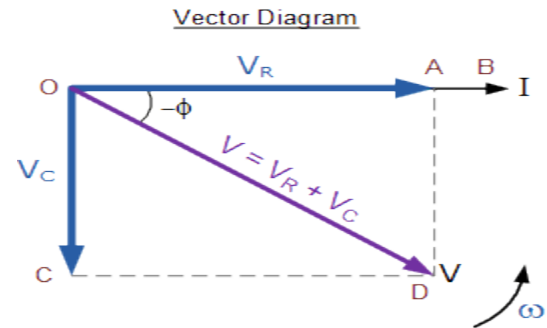
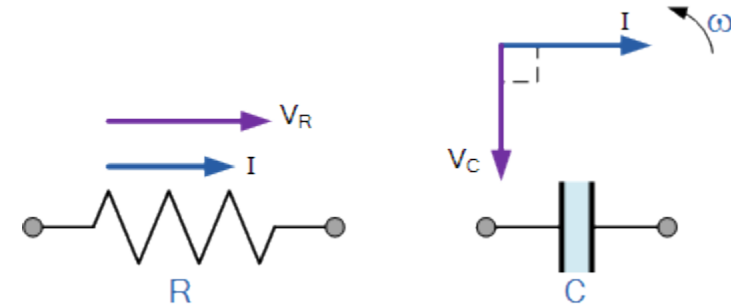
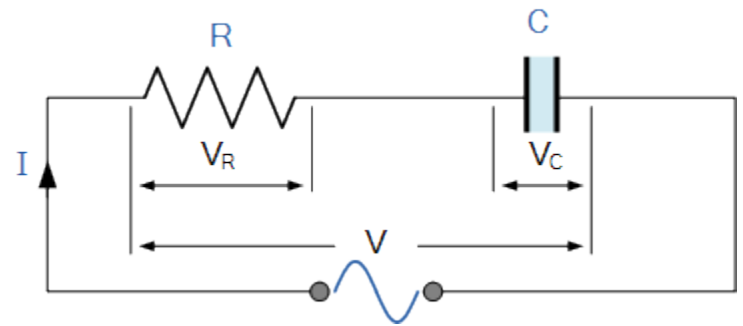
$$v_C = \frac{1}{C} \int I_m \sin(\omega t) dt = -\frac{I_m}{\omega C} \cos(\omega t)$$

$$v_t = RI_m \sin(\omega t) - \frac{I_m}{\omega C} \cos(\omega t)$$

From triangle  $v_t = \sqrt{(v_R)^2 + (v_C)^2}$        $Z = \sqrt{(R)^2 + (-1/\omega C)^2}$

$$\tan \phi = \frac{v_C}{v_R} = -\frac{I_m X_C}{I_m R} = -\frac{X_C}{R} = -\frac{1}{2\pi f CR}$$

$$\phi = \tan^{-1}\left(-\frac{1}{2\pi f CR}\right)$$





$$\text{If } R \gg 1/\omega C \quad (1/\omega C)/R \rightarrow 0 \quad \text{or} \quad \phi=0^\circ$$

أي تكون الحالة عبارة عن مقاومة نقية.

$$\text{If } R \ll 1/\omega C \quad (1/\omega C)/R \rightarrow \infty \quad \text{or} \quad \phi=90^\circ = \pi/2$$

أي تكون الحالة عبارة عن سعة نقية.

### c- Series Resistance-Inductance-Capacitance Circuit R, L, C

Assume  $i(t) = I_m \sin(\omega t)$  (1)

From Kirchhoff's law  $v_t = v_R + v_L + v_C$  (2)

$$v_R = iR = RI_m \sin(\omega t)$$

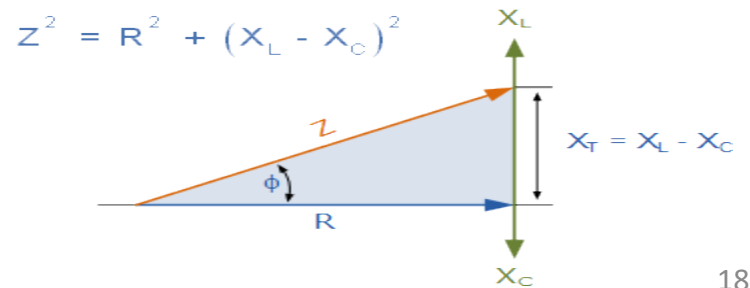
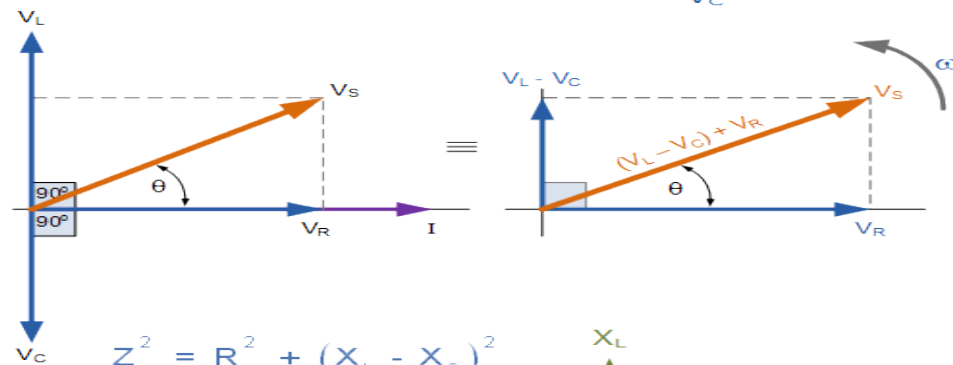
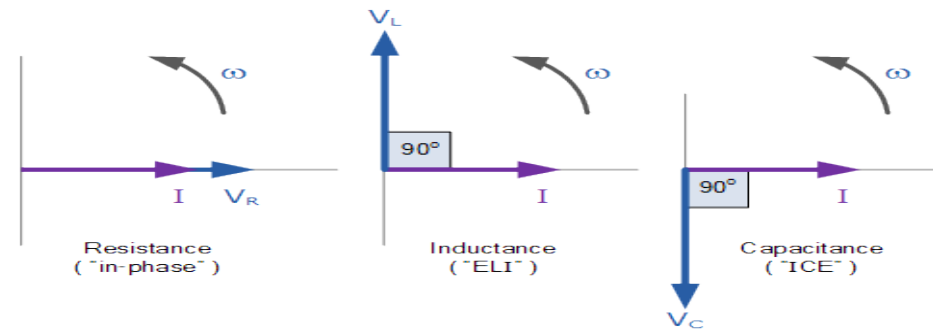
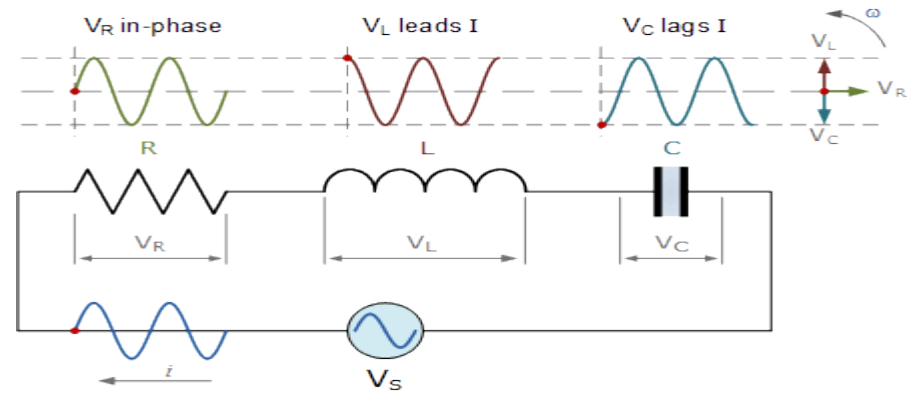
$$v_C = -\frac{I_m}{\omega C} \cos(\omega t) \quad v_L = LI_m \omega \cos(\omega t)$$

$$v_t = RI_m \sin(\omega t) + LI_m \omega \cos(\omega t) - \frac{I_m}{\omega C} \cos(\omega t)$$

From triangle  $v_t = \sqrt{(v_R)^2 + (v_L - v_C)^2}$

$$Z = \sqrt{(R)^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

$$\tan \phi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}$$



If  $\omega L > 1/\omega C$   $\phi$  is positive

و يكون التأثير العام (السائد) للدائرة هو تأثير حثي و بالتالي يكون التيار متأخراً عن الجهد

If  $\omega L < 1/\omega C$   $\phi$  is negative

و يكون التأثير العام (السائد) للدائرة هو تأثير سعوي و بالتالي يكون التيار سابقاً للجهد

**و لكن هناك حالة مهمة جداً و هي حالة الرنين resonance و التي تحدث عندما:**

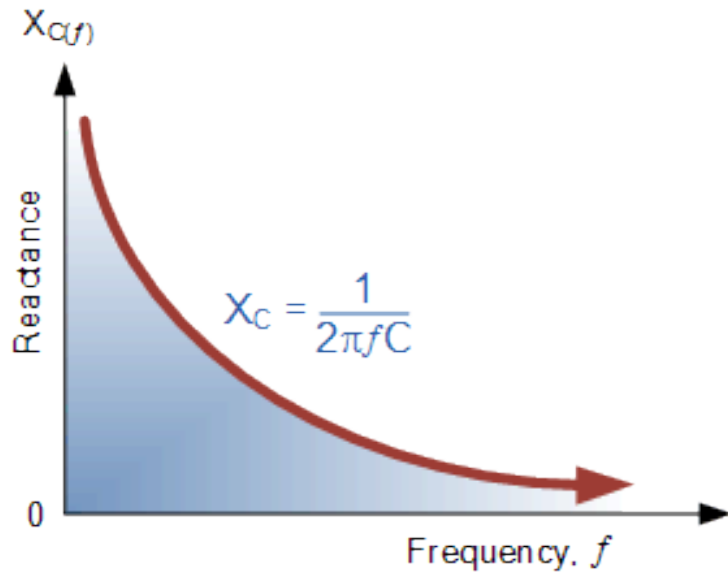
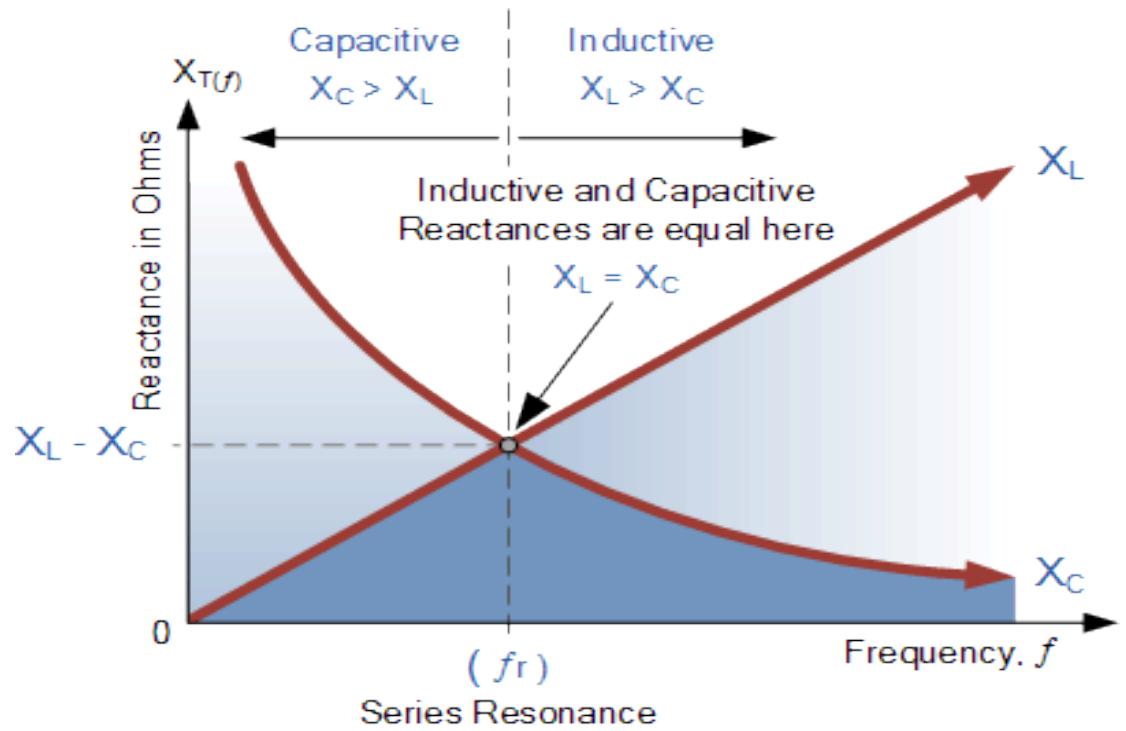
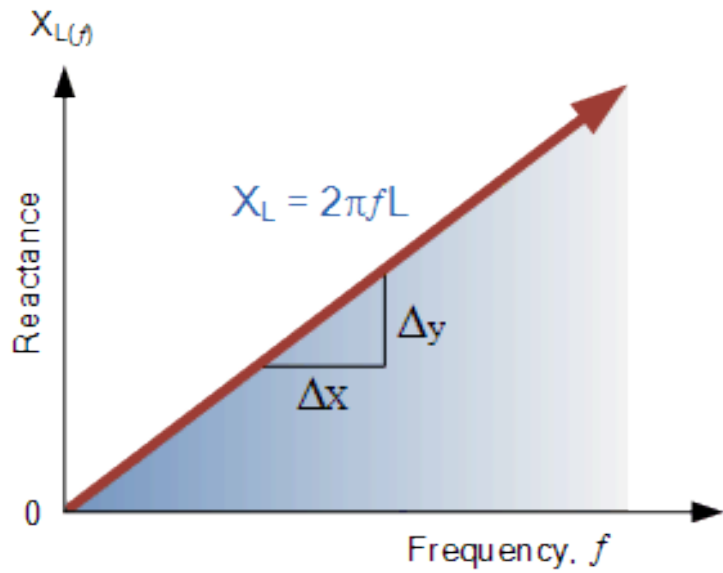
If  $\omega L = 1/\omega C$  resonance effect

أي أنه عند قيمة معينة للتردد (from a wave generator) و عند ثبوت قيم  $L, C$  تتساوي قيم الممانعة الحثية و المفاعلة السعوية و يكون للدائرة خاصية أومية (أي يكون الاعتماد في أي شيء آخر كالممانعة الكلية مثلاً على قيمة المقاومة).

$$2\pi f_o L = \frac{1}{2\pi f_o C} \longrightarrow f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (\text{Hz})$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \text{zero}} = R$$

$Z$  is minimum and  $i$  is maximum

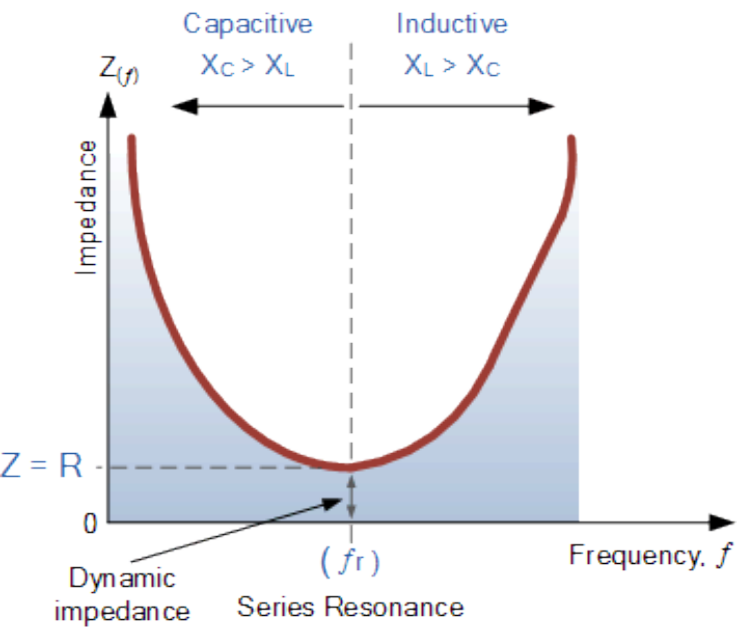


$$X_L = X_C \Rightarrow 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$f^2 = \frac{1}{2\pi L \times 2\pi C} = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

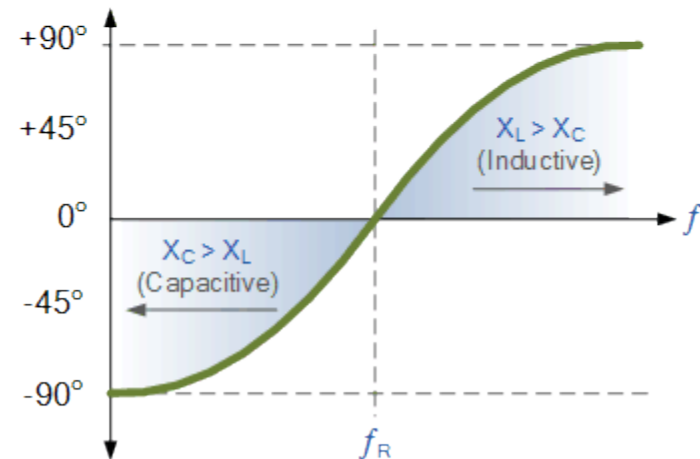
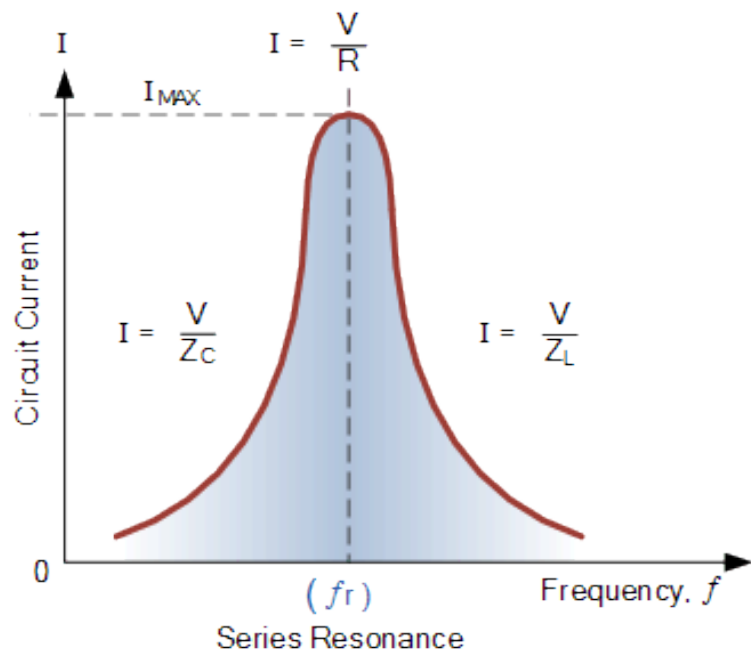
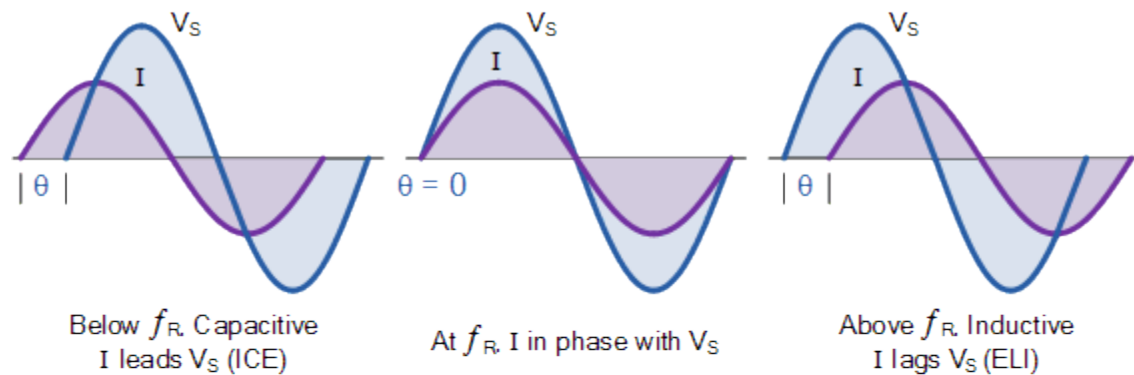
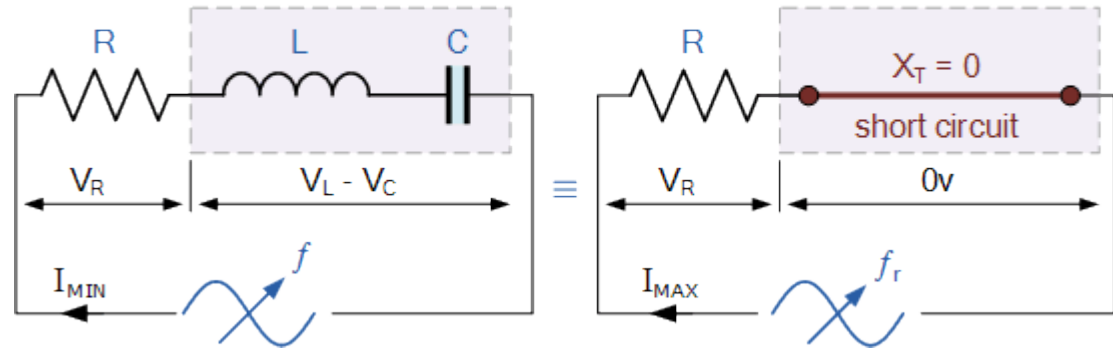
$$f = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 LC}}$$

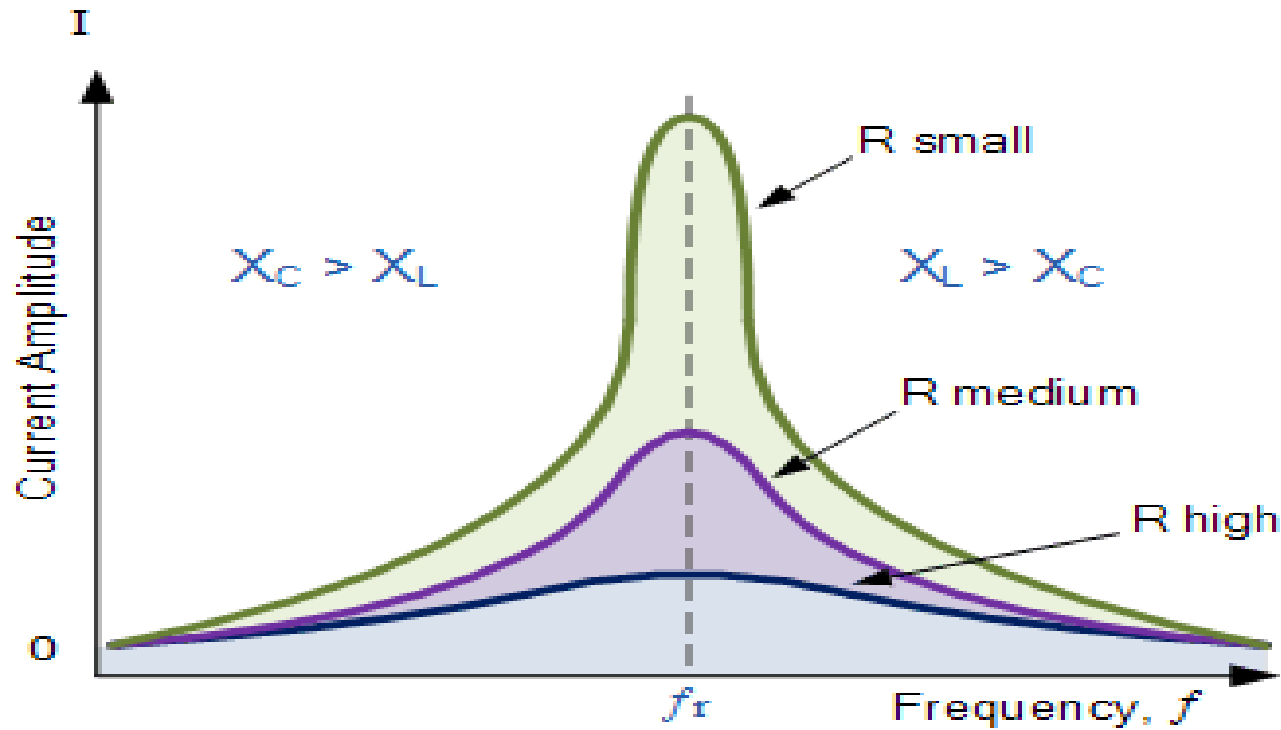
$$\therefore f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \text{ (Hz)} \quad \text{or} \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ (rads)}$$



Either side of resonance the voltage drop =  $V_L - V_C$

At resonance the voltage drop equals zero





لدوائر الرنين العديد من الاستخدامات في الدوائر الإلكترونية كدوائر المكبرات و أجهزة الاستقبال و الإشارة الاتصالات و غيرها.

لاحظ أنه يُمكن تطبيق نفس الحسابات في حالة دوائر التوازي و لكن سنستخدم قانون كيرشوف للتيار بدلاً من قانون كيرشوف للجهد. و يُمكن الوصول لحالة الرنين كذلك في دوائر التوازي و يكون فيها السلوك معكوساً مع حالة التوالي. و هناك أيضاً دوائر بها توالي و توازي معاً و لكن سنكتفي بحالات التوالي التي درسناها فقط.

دورة الالكترونيات العملية 42- دوائر الرنين

### مثال (1):

في دائرة RL توالي تتكون من  $R=20\text{ Ohm}$  و  $L=0.06\text{ H}$  و كان التيار لاحقاً للجهد بزاوية مقدارها  $80^\circ$  أوجد  $f$ .

### الحل:

$$\tan \phi = \frac{v_L}{v_R} = \frac{iX_L}{iR} = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi fL}{R} = \frac{\omega L}{R}$$

$$\omega = \frac{R}{L} \tan \phi = \frac{20 (\Omega) \tan 80^\circ}{0.06 (H)} = 1840.4 \text{ rad/s}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1840.4 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)}{2\pi (\text{rad})} = 300 \left(\frac{1}{\text{s}}\right) = 300 \text{ Hz}$$

### مثال (2):

في دائرة L, R توالي كانت  $L=0.02\text{ H}$  و كانت معاوقة الدائرة هي  $17.85\ \Omega$ . فإذا كان الجهد المؤثر جهداً جيبياً و التيار لاحقاً للجهد بزاوية مقدارها  $63.4^\circ$  فأوجد  $R, \omega$ .

$$\tan \phi = \frac{\omega L}{R} \quad R = \frac{L}{\tan \phi} \omega = \frac{0.02}{\tan 63.4^\circ} \omega = 0.01\omega$$

### الحل:

$$\text{But} \quad Z = \sqrt{(R)^2 + (\omega L)^2} \quad Z^2 = (R)^2 + (\omega L)^2$$

$$17.85^2 = (0.01\omega)^2 + (0.02\omega)^2 \quad \omega = 798.3 \text{ rad/s}$$

$$R = 0.01\omega = 0.01 \times 798.3 = 7.983\ \Omega$$

# Lecture (9)



## Passive filters (غير الفعالة) المرشحات الخاملة

A filter permits a signal with certain frequencies to pass while it blocks the signal with other frequencies.

المرشح filter الكهربى يسمح بتمرير بعض الترددات و لا يسمح (أو يمنع) بمرور الترددات الأخرى.

أبسط أنواع المرشحات هي التي يتم تصميمها باستخدام مقاومات و مكثفات (RC- filters) أو مقاومات و ملفات (RL- filters). و هذه هي المرشحات الخاملة passive أو غير الفعالة لاعتمادها فقط على العناصر الخاملة.

و سنركز في دراستنا على حالة RC-filters فقط.

يتم استخدام مصدر جهد (دخل) يسمح بتغيير التردد wave generator.

جهد الخرج يعتمد على التردد و يرتبط بقيمة جهد الدخل.

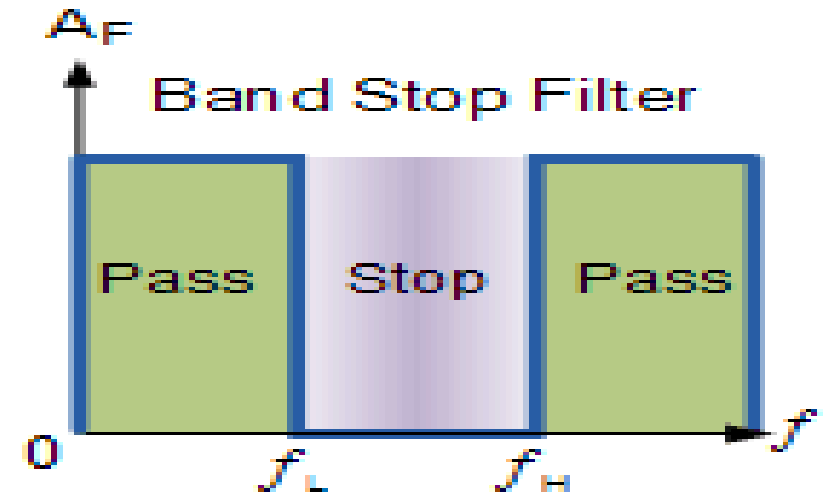
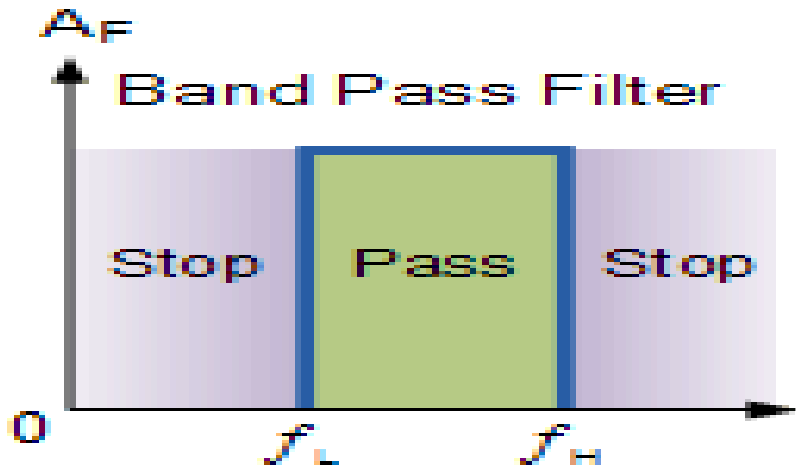
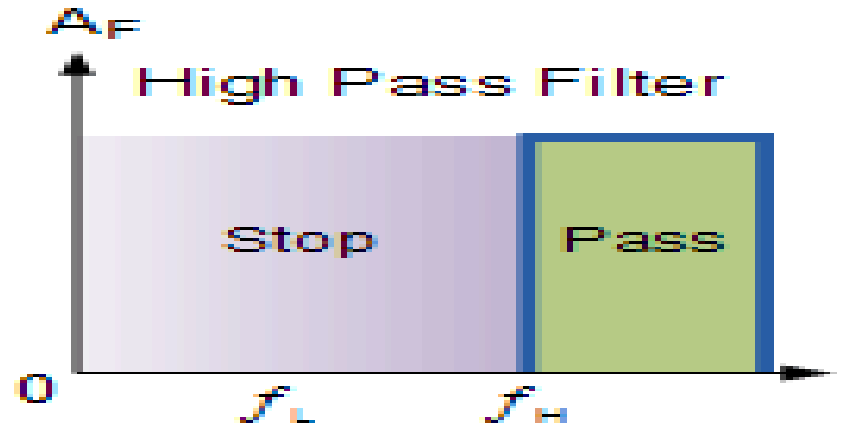
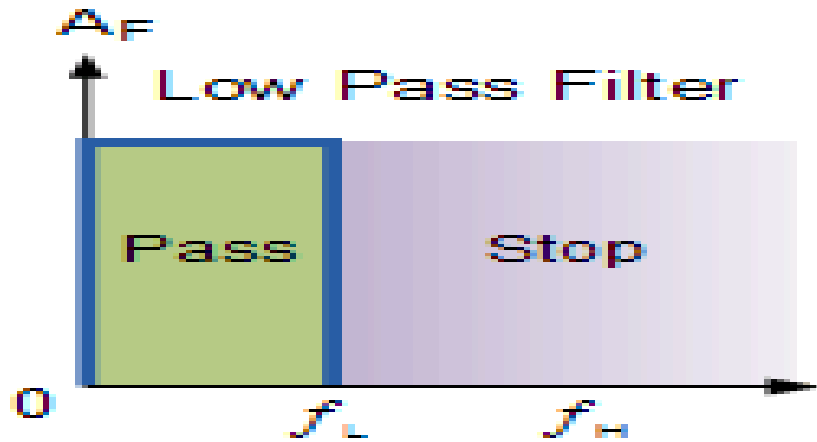
تستخدم المرشحات أساساً في دوائر الإتصال التليفونية و التلغرافية و أجهزة الراديو.



Television signal splitter consisting of a high-pass filter (left) and a low-pass filter (right). The antenna is connected to the screw terminals to the left of center.

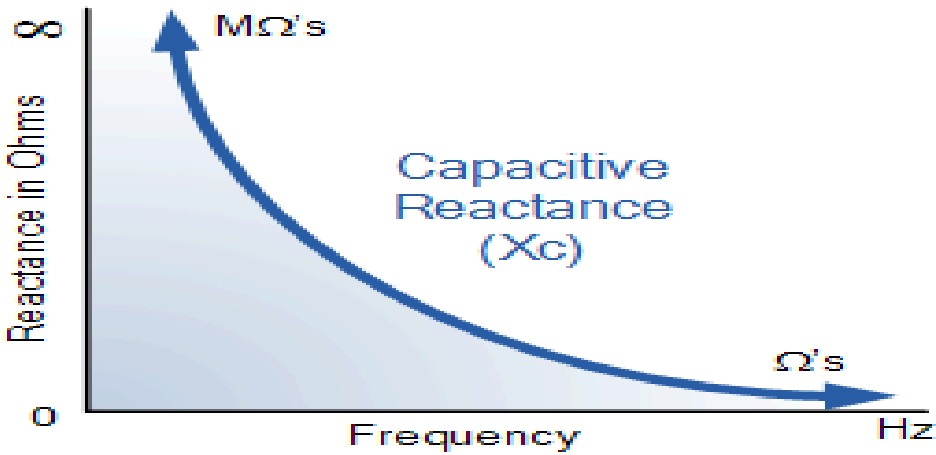
مدى شريط السماح: هو المدى من الترددات المسموح له بالمرور خلال دائرة المرشح الكهربائي.  
مدى شريط المنع: هو المدى من الترددات غير المسموح له بالمرور خلال دائرة المرشح الكهربائي.

**Types of filters:**



**Ideal Filter Response Curves** منحنيات استجابة المرشحات المثالية

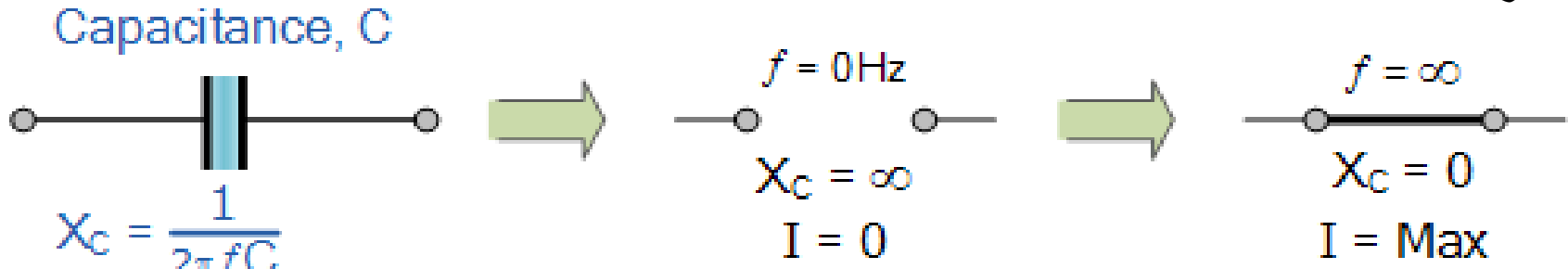
# Capacitance reactance (for RC filters)



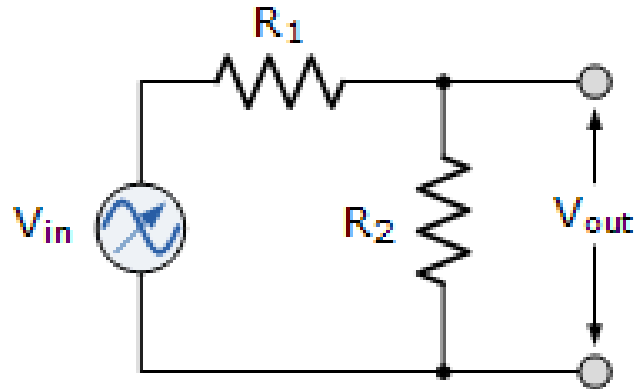
من دراستك حتى الآن عرفت أن

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

لمكثف ما ذو سعة ثابتة  $C$  يُمكن تغيير التردد من خلال مولد الموجات. يلعب التردد دور مهم هنا في التحكم في معاوقة المكثف و بالتالي المعاوقة الكلية للدائرة.



Reminder: Voltage Divider

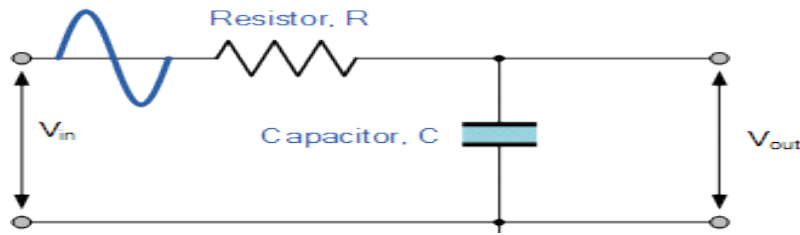


$$V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$$

## مرشح السماح المنخفض Passive Low Pass Filter

الدائرة بسيطة كما بالشكل، يتم قياس جهد الخرج على طرفي المكثف عند الترددات الصغيرة تكون قيمة المفاعلة كبيرة و بالتالي طبقاً لقانون مجزئ الجهد يتم قياس قيمة جهد خرج كبيرة و لكن أقل من قيمة جهد الدخل الذي يتم تقسيمه على المقاوم و المكثف طبقاً لقانون كيرشوف و تجزئ الجهد.

بزيادة التردد تقل المفاعلة السعوية بحيث يتم قياس قيمة جهد أصغر على المكثف و لذا فإن جهد الخرج على المكثف كان كبيراً عند الترددات الصغيرة و لكنه قل عند الترددات العالية.



$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = R \quad R_2 = X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = V_{in} \frac{X_C}{Z}$$

$$gain = \frac{V_{out}}{V_{in}} \leq 1 \text{ at low frequencies}$$

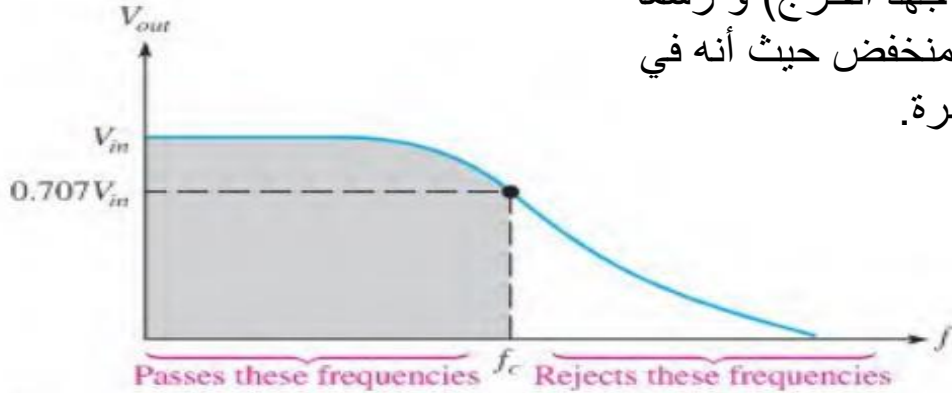
و لكن قيمته نقل حتى تنعدم عند الترددات الكبيرة و هذه هي خصائص مرشح السماح المنخفض و الشكل المقابل يبين رمزه



# Real frequency response of a passive low pass filter.

## المرشحات الحقيقية بالمقارنة بالنموذجية (أو المثالية)

عند اتباعنا للقوانين السابقة و حساب الكسب (أو حتى جهد الخرج) و رسمه بيانياً مع التردد، نجد الشكل الحقيقي لمرشح السماح المنخفض حيث أنه في الحقيقة ليس مثالياً كالشكل المشار له في بداية المحاضرة.



و لذلك نحتاج لحساب ما يسمّى ب تردد القطع  $f_c$  الذي سنعتبر الترددات الأقل منه هي المسموح بها و الأعلى منه غير مسموح به أو بمعنى آخر نريد معرفة منطقة صلاحية (أو عمل) هذا المرشح. قيمة تردد القطع تحقق العلاقة التالية

The critical (cut-off) frequency  $f_c$  of the filter is the frequency which verifies the relation:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_c C} = R \quad \longrightarrow \quad f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

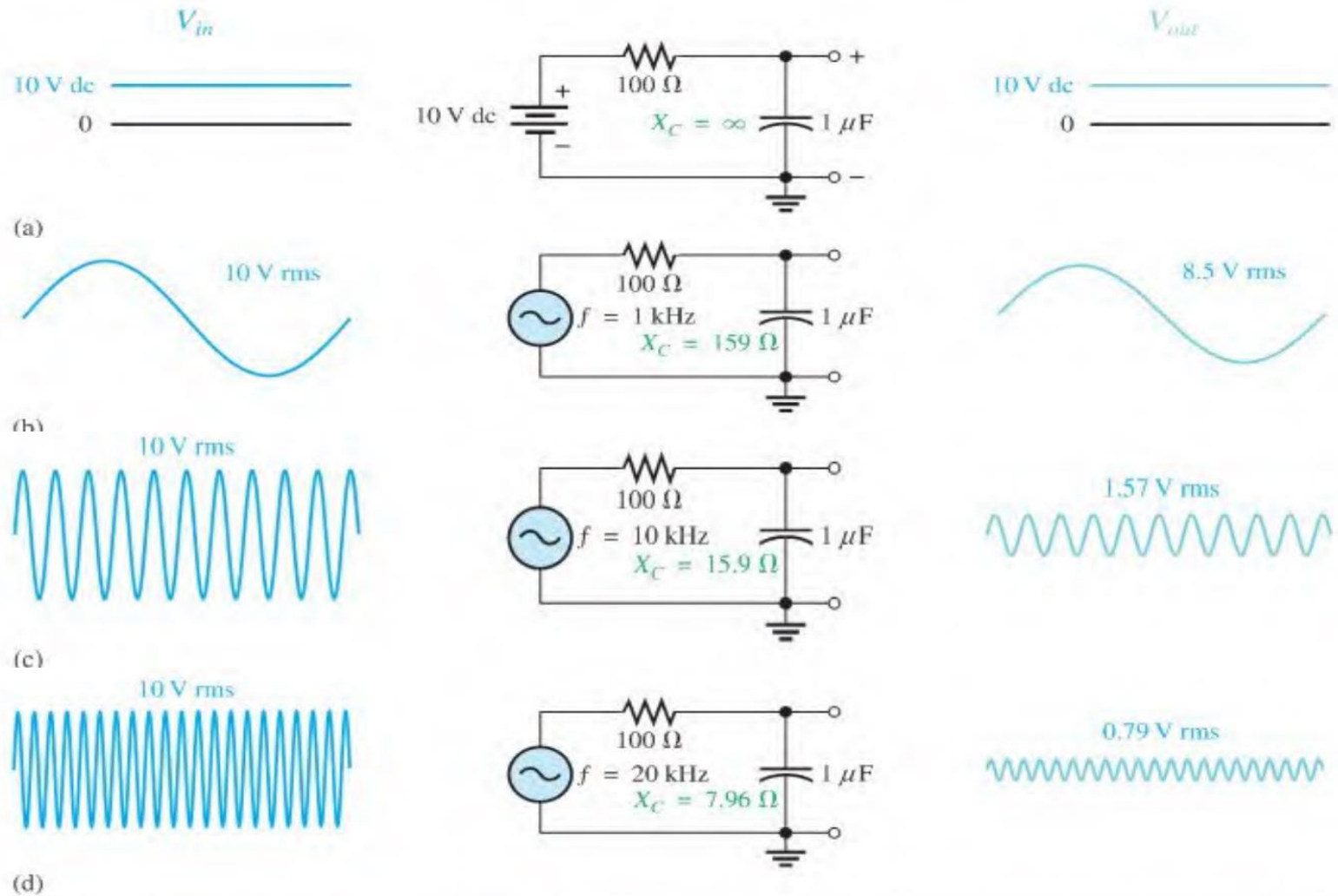
و منه يكون:

$$V_{out} = \left( \frac{R}{\sqrt{R^2 + R^2}} \right) V_{in} = \left( \frac{R}{\sqrt{2R^2}} \right) V_{in} = \left( \frac{R}{R\sqrt{2}} \right) V_{in} = \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) V_{in} = 0.707V_{in}$$

$$gain = \frac{V_{out}}{V_{in}} \geq 0.707$$

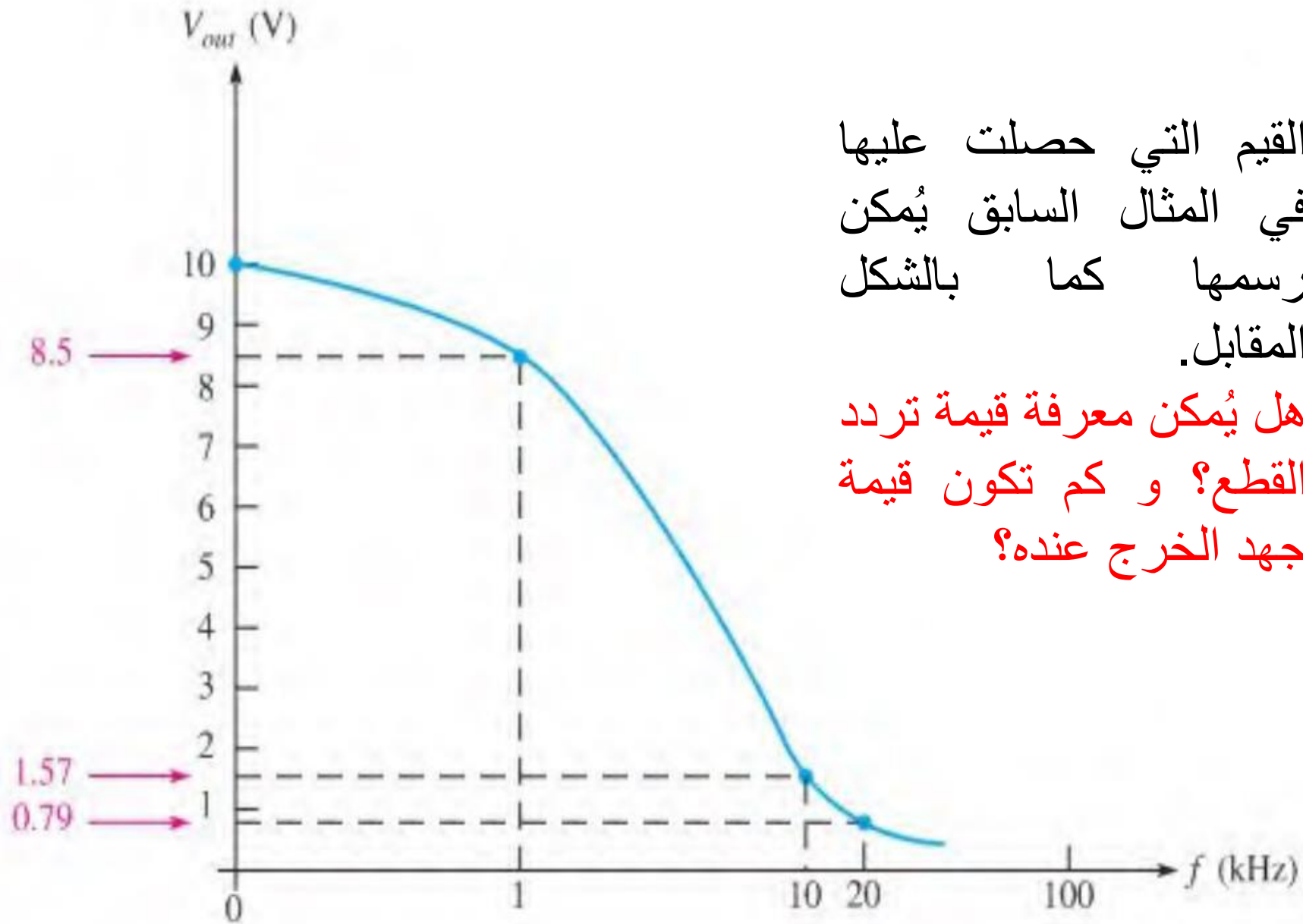
و بالتالي فمنطقة عمل المرشح هي التي فيها ال 29

و الآن لاحظ هذا المثال: يُمكنك افتراض قيم مختلفة للتردد بدءاً من الصفر (و بالتالي تكون المفاعلة أقصى قيمة) و حتى قيم تردد عالية جداً و ذلك عند تثبيت قيم سعة المكثف و المقاومة الأومية و جهد الدخل. و عند كل قيمة تفترضها للتردد، يُمكن حساب قيمة المفاعلة و بالتالي جهد الخرج و كذلك يُمكن تمثيل ذلك بيانياً للتوضيح.



### Low-pass filtering action

هنا أهملنا التغير في الطور phase shifts are not indicated



القيم التي حصلت عليها في المثال السابق يُمكن رسمها كما بالشكل المقابل.

هل يُمكن معرفة قيمة تردد القطع؟ و كم تكون قيمة جهد الخرج عنده؟

A **Low Pass Filter** circuit consisting of a resistor of 4.7 k $\Omega$  in series with a capacitor of 47 nF is connected across a 10 v sinusoidal supply. Calculate the output voltage (  $V_{OUT}$  ) at a frequency of 100 Hz and again at frequency of 10 kHz.

**Voltage Output at a Frequency of 100Hz.**

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 47 \times 10^{-9}} = 33,863 \Omega$$

$$V_{OUT} = V_{IN} \times \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = 10 \times \frac{33863}{\sqrt{4700^2 + 33863^2}} = 9.9v$$

**Voltage Output at a Frequency of 10,000Hz (10kHz).**

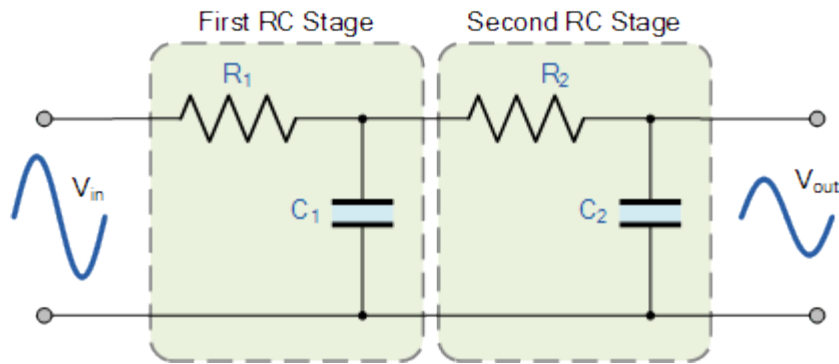
$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 10,000 \times 47 \times 10^{-9}} = 338.6 \Omega$$

$$V_{OUT} = V_{IN} \times \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = 10 \times \frac{338.6}{\sqrt{4700^2 + 338.6^2}} = 0.718v$$

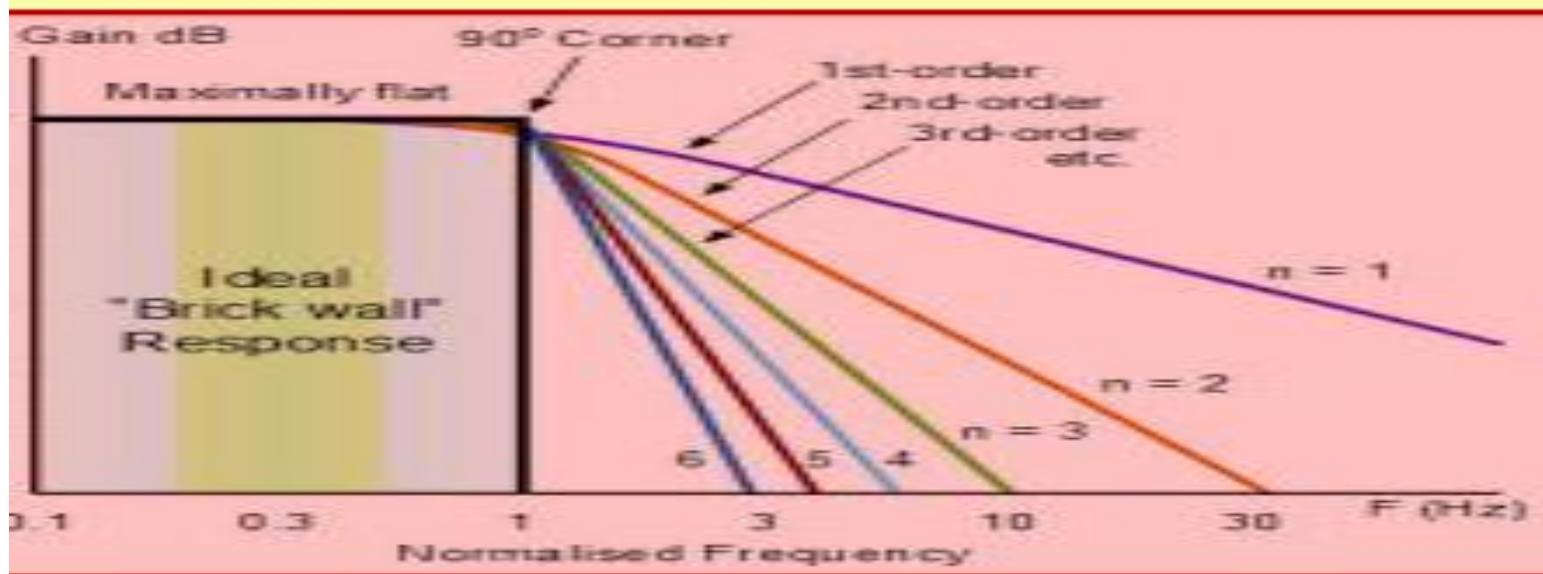


## Second-order Low Pass Filter

مرشحات السماح المنخفض من الرتبة الثانية و فيها يتم الجمع بين مرشحين بحيث يكون خرج الأول هو دخل الثاني. و يُمكن زيادة العدد للحصول على higher order filters و الغرض من ذلك زيادة كفاءة المرشح و محاولة الوصول لمرشح مثالي و يُعطى تردد القطع كما بالمعادلة.

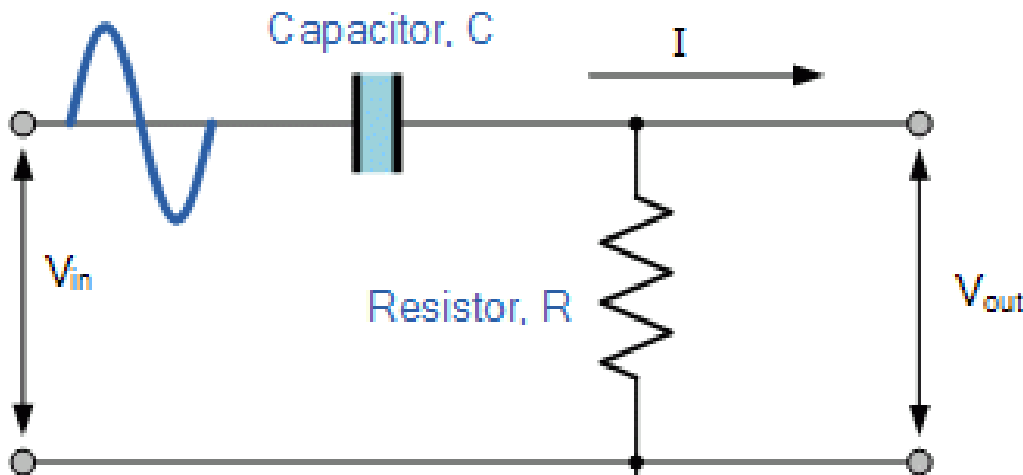


$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}} \text{ Hz}$$



## مرشح السماح العالي Passive High Pass Filter

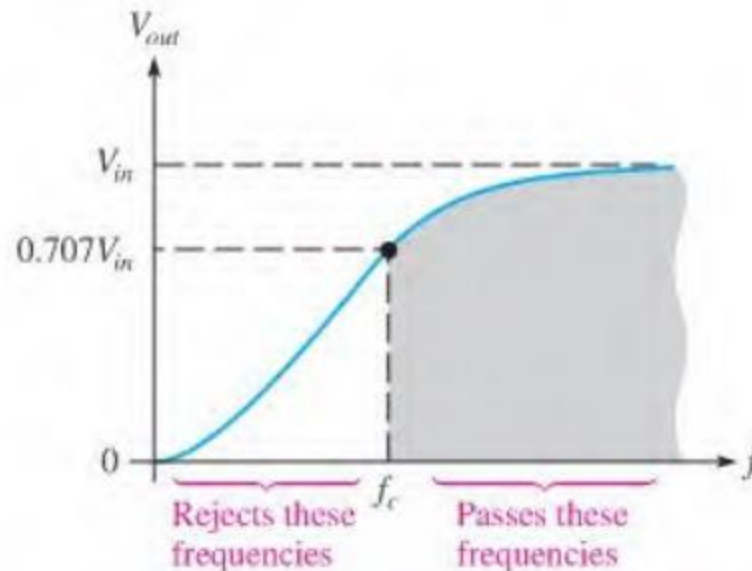
A High Pass Filter is the exact opposite to the low pass filter circuit as the two components have been interchanged with the filters output signal now being taken from across the resistor  
عكس الحالة السابقة. و جهد الخرج يتم قياسه على طرفي المقاومة الأومية.



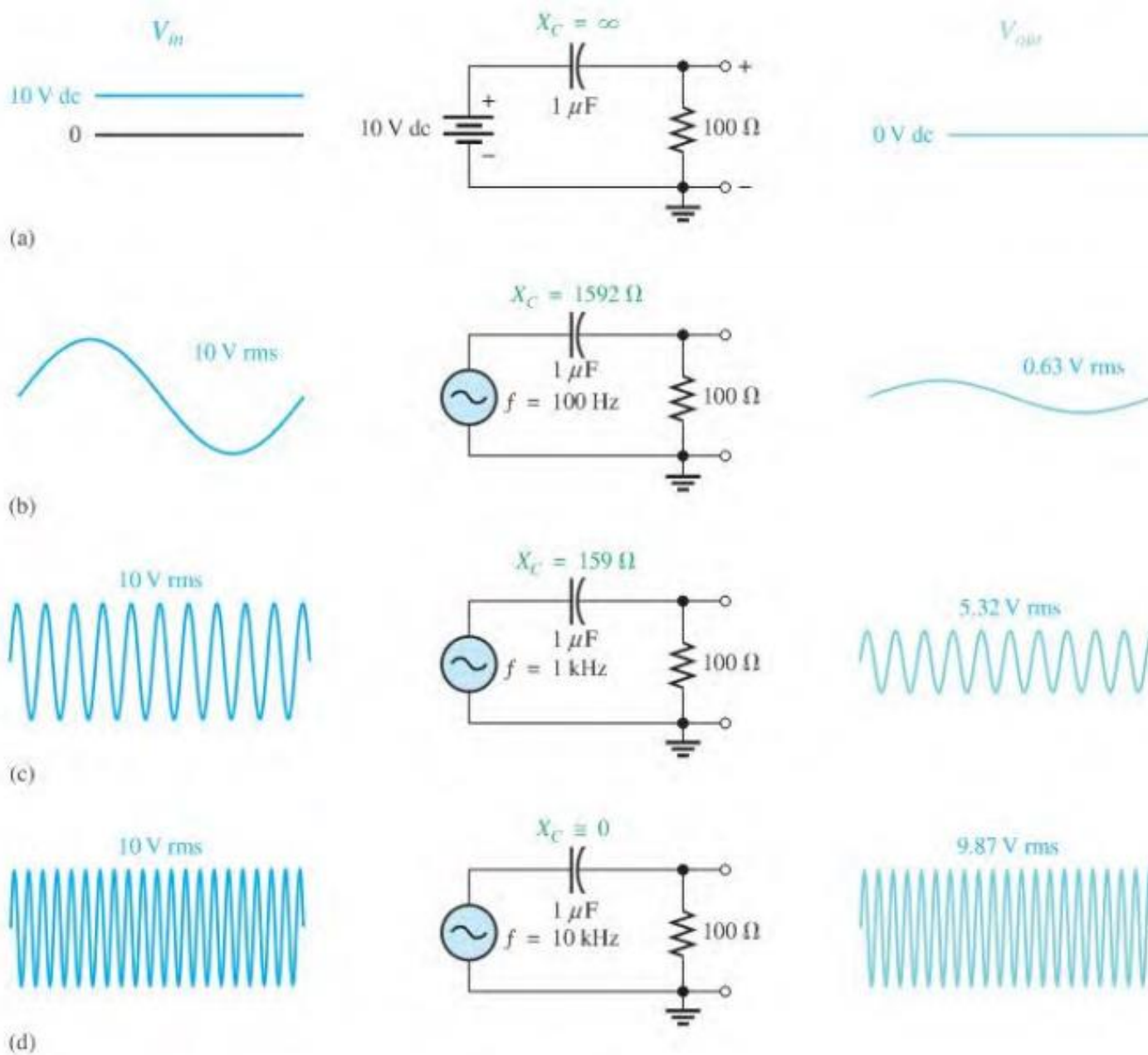
$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{R}{Z}$$

at low  $f$ :  $X_C \rightarrow \infty$ ,  $V_{out} = 0$

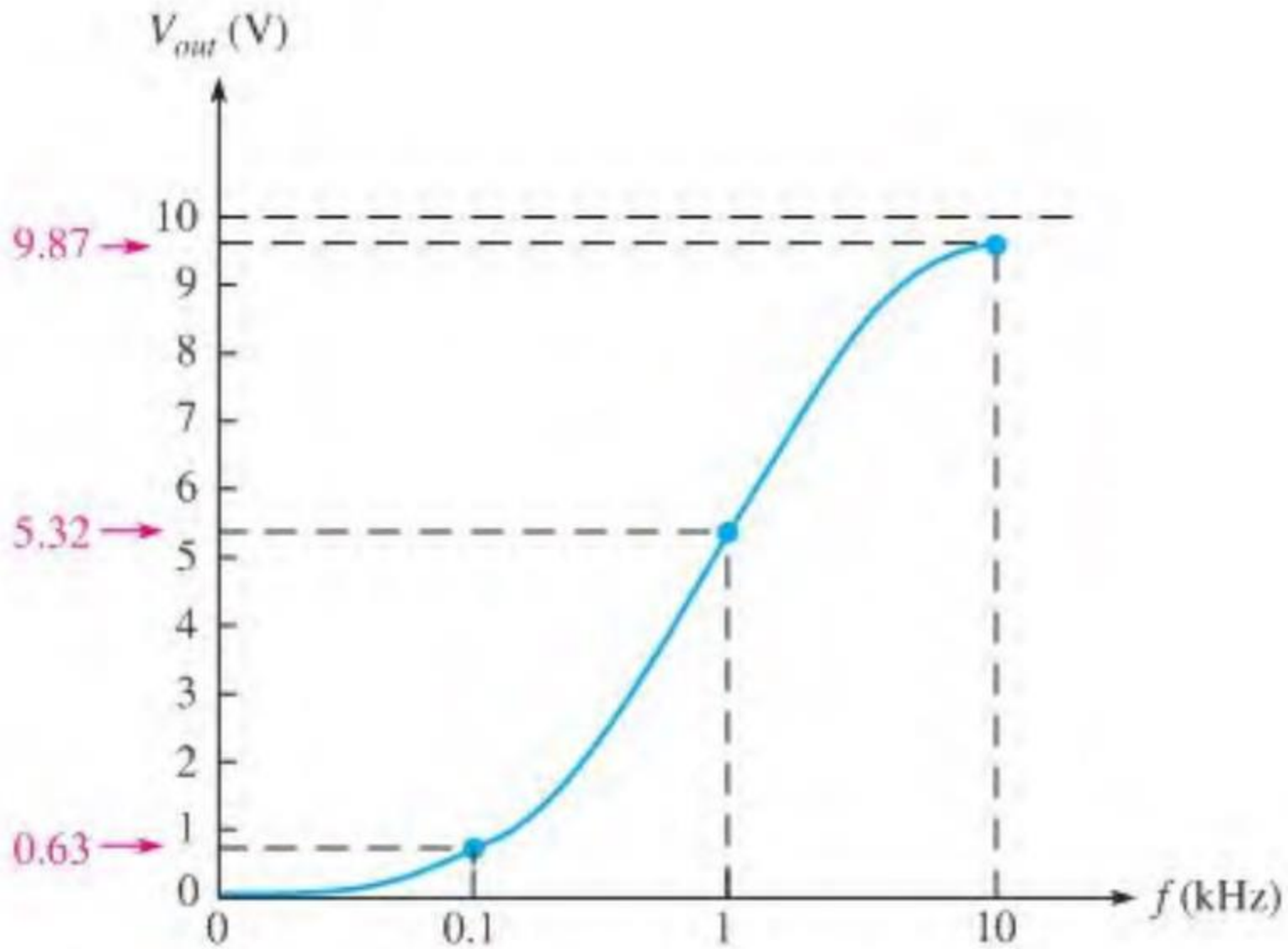
at high  $f$ :  $X_C \rightarrow 0$ ,  $V_{out} = V_{in}$



$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$



High-pass filtering action (phase shifts are not indicated).

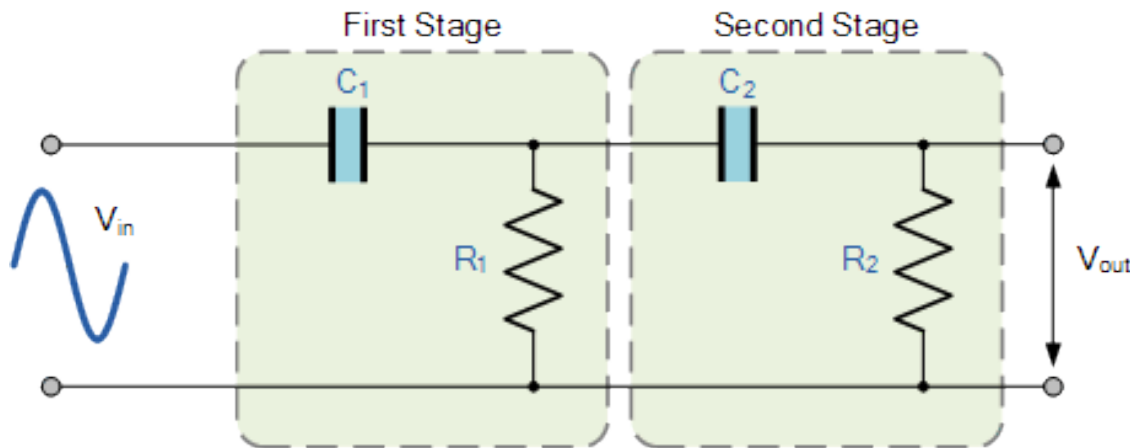


Calculate the cut-off or “breakpoint” frequency ( $f_c$ ) for a simple passive high pass filter consisting of an 82 pF capacitor connected in series with a 240 kΩ resistor.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 240,000 \times 82 \times 10^{-12}} = 8,087 \text{ Hz or } 8 \text{ kHz}$$

### Second-order High Pass Filter

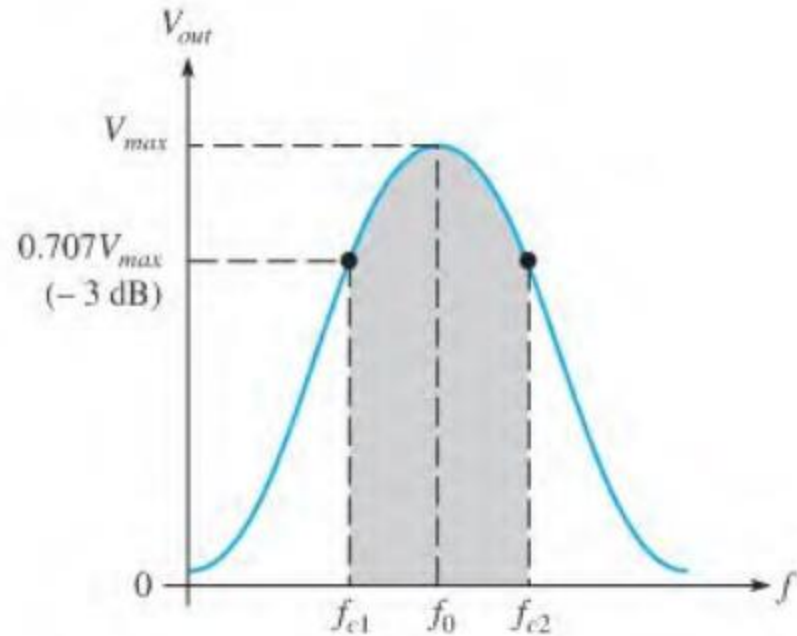
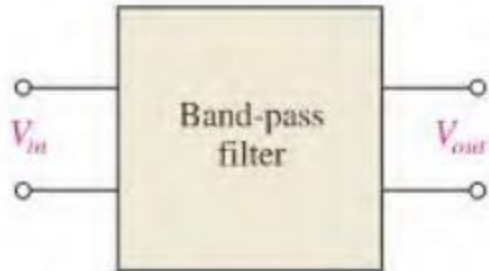
Again as with low pass filters, high pass filter stages can be cascaded together to form a second order (two-pole) filter as shown.



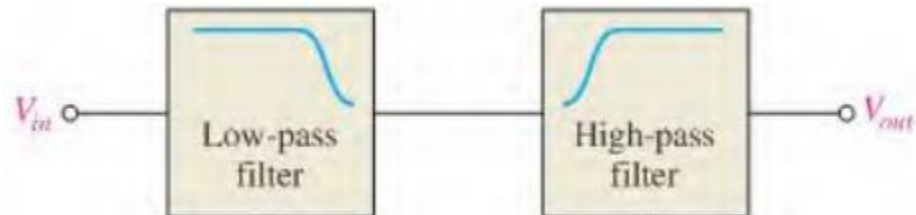
$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}} \text{ Hz}$$

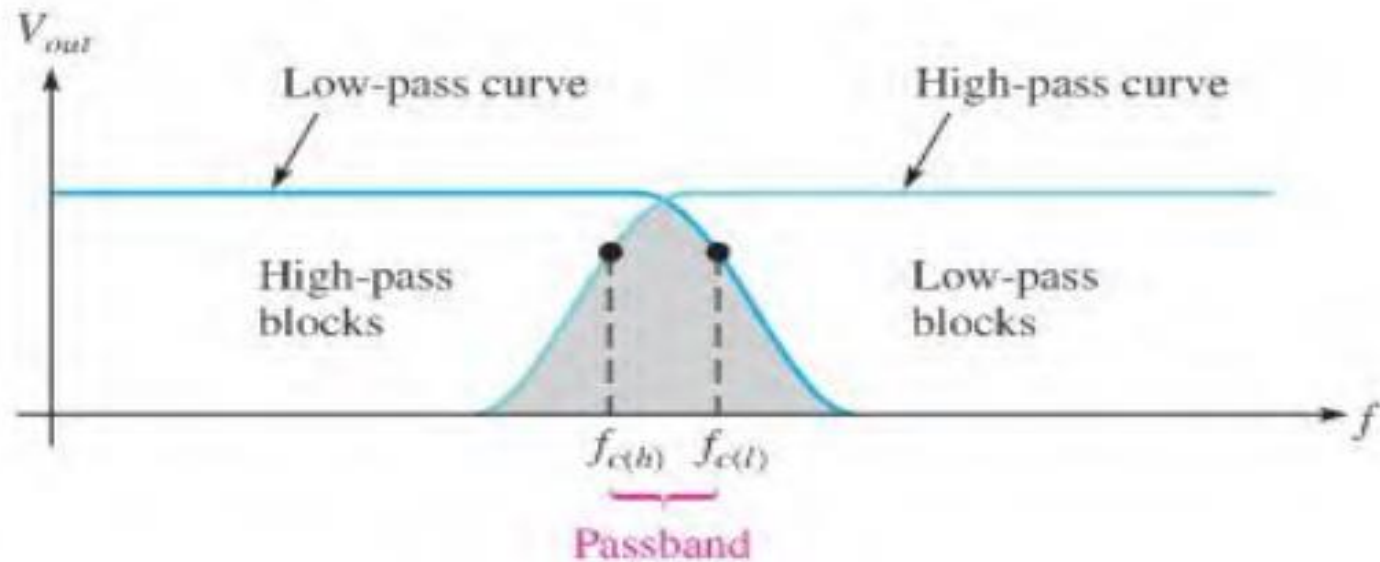
## Passive Band Pass Filter

A band-pass filter allows a certain band of frequencies to pass and attenuates or rejects all frequencies below and above the pass band.



$$BW = f_{c2} - f_{c1}$$



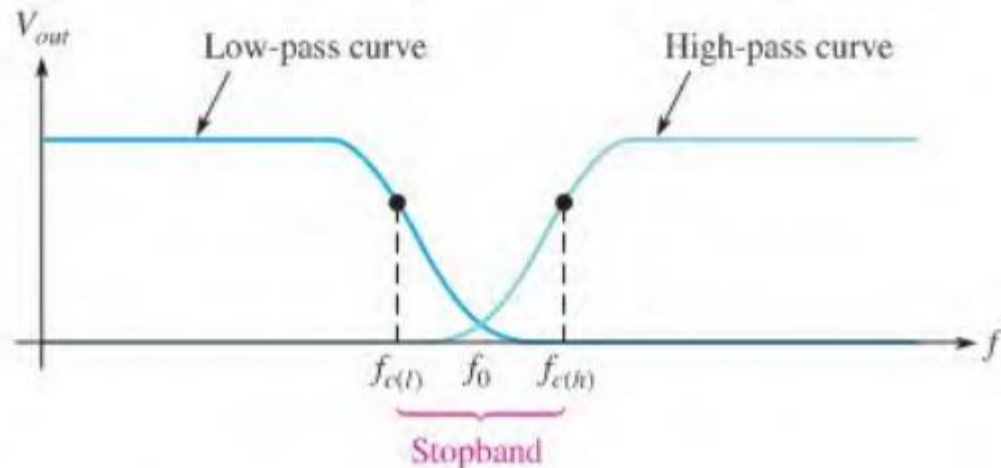
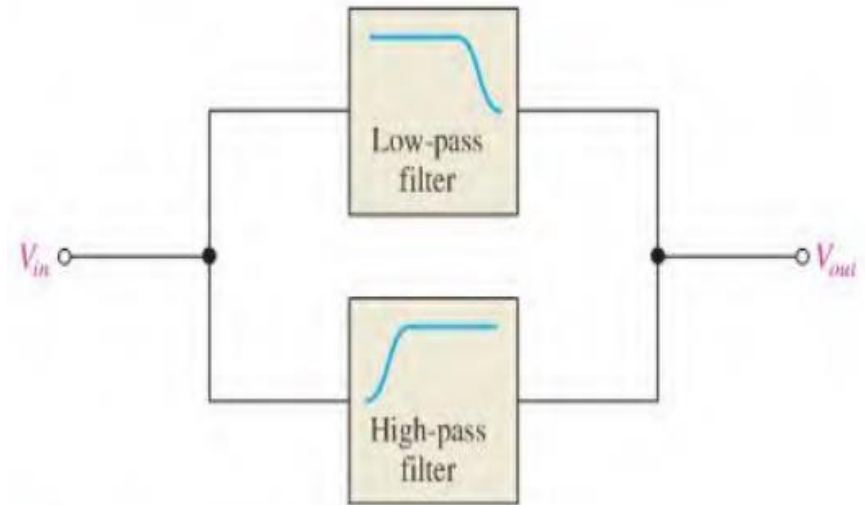
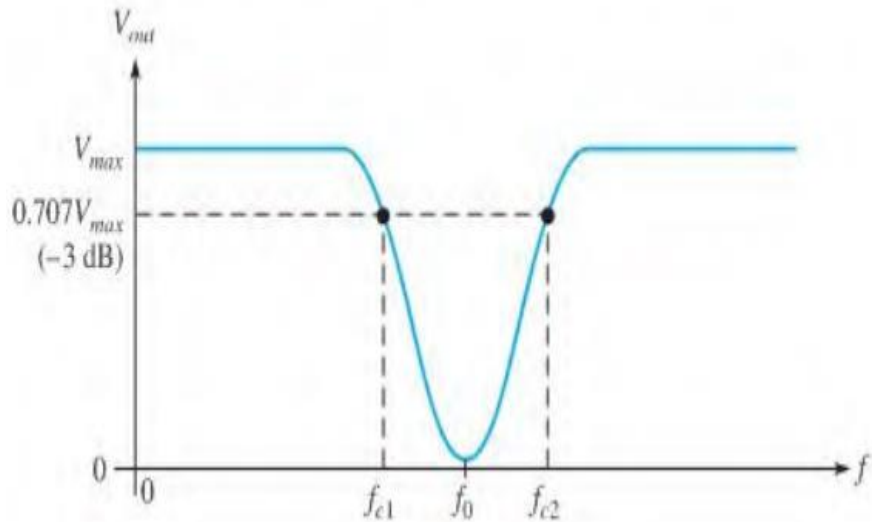


A high-pass filter with  $f_c = 2$  kHz and a low-pass filter with  $f_c = 2.5$  kHz are used to construct a band-pass filter. Assuming no loading effect, what is the bandwidth of the passband?

$$BW = f_{c(l)} - f_{c(h)} = 2.5 \text{ kHz} - 2 \text{ kHz} = 500 \text{ Hz}$$

## Band-Stop Filters

A band-stop filter is essentially the opposite of a band-pass filter in terms of the responses. A band-stop filter allows all frequencies to pass except those lying within a certain stopband.



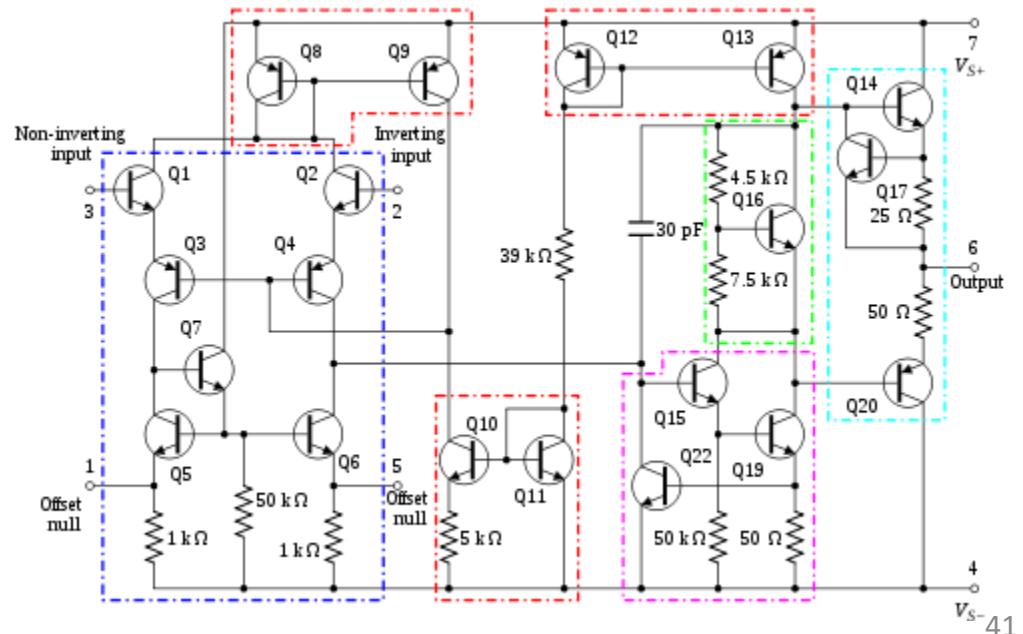
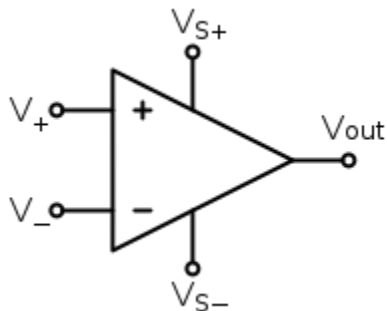


## Limitations of passive filters:

- They can not generate gain greater than 1
- They may require bulky and expensive inductors if they are based on inductors.
- They perform poorly at frequencies below the audio frequency range (300-3000 Hz) while they are useful at high frequencies.

How to overcome these limitations?

Using active filters which are based on operational amplifiers.



دورة الالكترونيات العملية 98- الفلاتر و المرشحات غير الفعالة ((Passive Filters)

<https://www.youtube.com/watch?v=1wWSp1A9sAA&t=7s>

The end

*Thank  
you*

