

# الاستجابة الزمنية للأنظمة الديناميكية

مدرس المقرر  
الدكتور نسمة أبو طبق  
جامعة المنارة

- نمذجة الأنظمة الديناميكية
- الاستجابة الزمنية لنظام تناسبي، تكاملي.
- الاستجابة الزمنية لنظام درجة أولى.
- الاستجابة الزمنية لنظام درجة ثانية.

# نمذجة الأنظمة الديناميكية

- النظام هو صندوق له دخل وخرج بالتالي يكون نموذج النظام هو العلاقة الرياضية التي تربط الخرج مع الدخل.
- يعبر عن النظام بمعادلات تفاضلية من مراتب مختلفة وتكون درجة النظام هي نفسها مرتبة النظام
- لسهولة التعامل مع نموذج النظام يتم تحويله من المستوى الزمني إلى المستوى اللاپلاسي.
- لإيجاد الاستجابة الزمنية للنظام لدخل معين يتم إيجاد الخرج في المستوى اللاپلاسي أولاً بالنسبة لهذا الدخل ثم إجراء تحويل لابلاس العكسي.

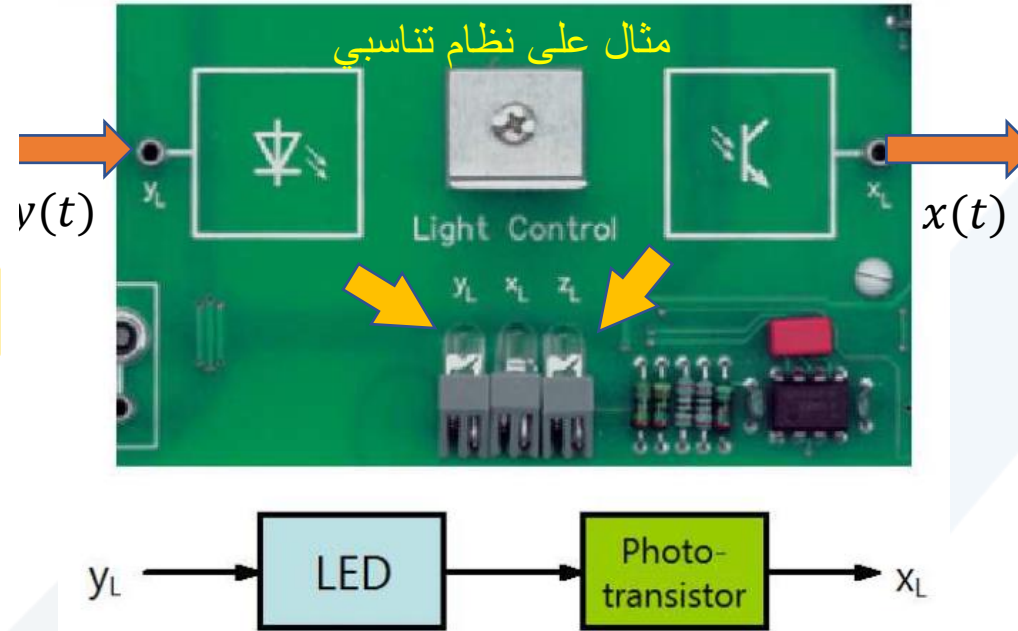
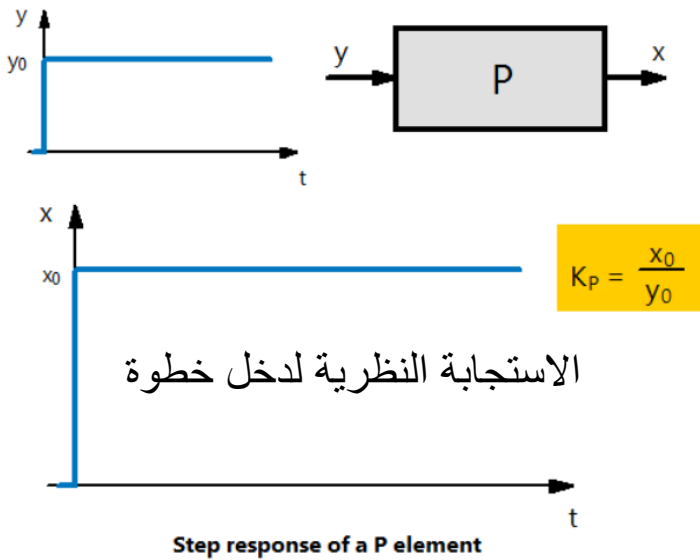


# أنواع الأنظمة حسب الاستجابة الزمنية

- النظام التناسبي: يكون تابع النقل عبارة عن ربح بحت بالتالي خرج النظام يعادل دخله مضروب بثابت.
- النظام التكاملي: خرجة تكامل لإشارة دخله.
- النظام درجة أولى PT1:
- النظام درجة ثانية PT2:
- نظم من درجات أعلى يمكن تشكيلها من الأنواع السابقة.

# النظام التناسبي (النظام الضوئي)

- النظام التناسبي: يكون تابع النقل عبارة عن ربح بحت بالتالي خرج النظام يعادل دخله مضروب بثابت.



$$x(t) = K_P \cdot y(t)$$

$$X(s) = K_P \cdot Y(s)$$

$$y(t) \xrightarrow{K_P} x(t)$$

$$Y(s) \xrightarrow{K_P} X(s)$$

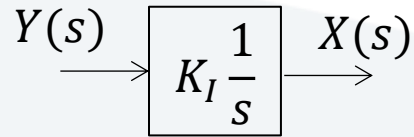
عملياً يحدث تأخير زمني بسيط في الخرج عن الدخل

نظام ضوئي مؤلف من ديود ضوئي مرسل يحول الجهد لضوء وترانزيستور ضوئي مستقبل يحول الضوء إلى جهد

# النظام التكاملي

$$X(s) = K_I \frac{1}{s} \cdot Y(s)$$

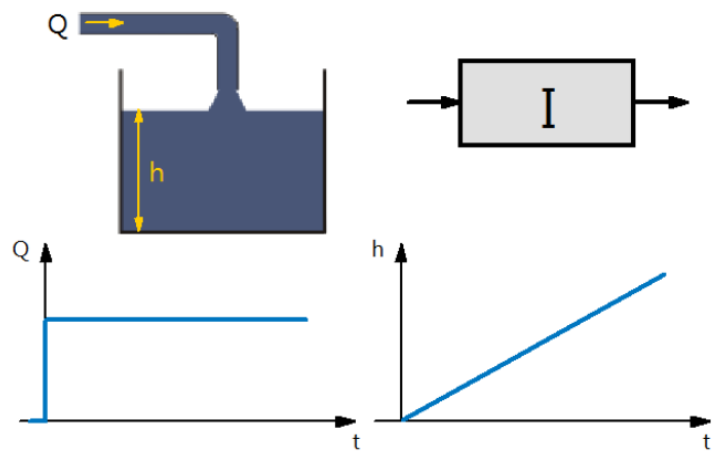
$$X(s) = \frac{1}{T_I s} \cdot Y(s)$$



$$x(t) = K_I \int_0^t y(t) dt$$

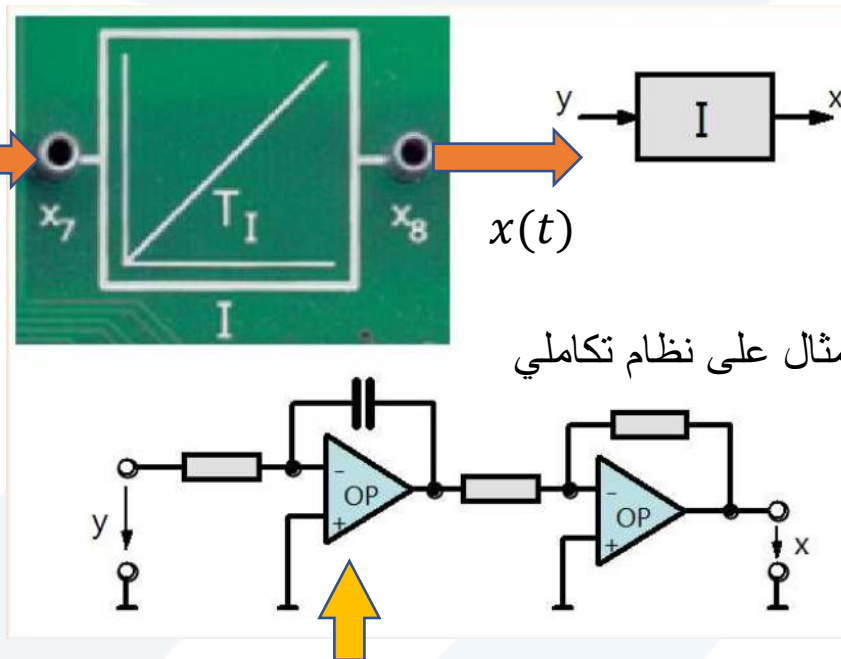
$$x(t) = K_I y_0 t = \frac{\Delta x}{\Delta t} t$$

$$K_I = \frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{1}{y_0}$$



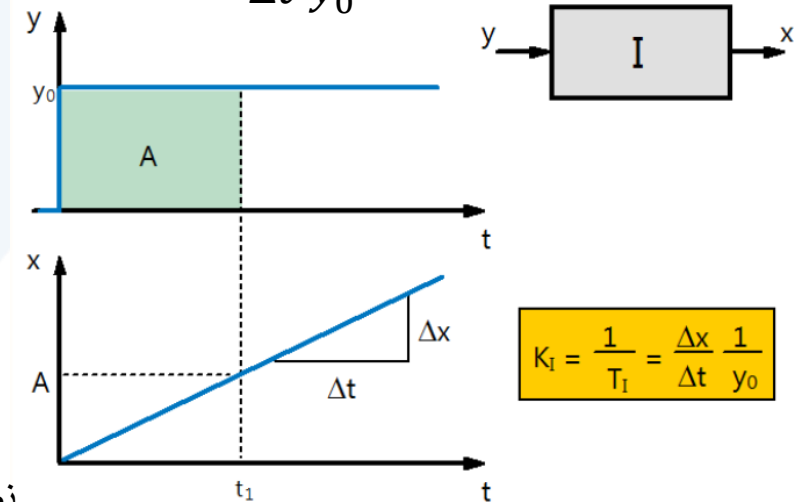
An example of an I element: Water tank

الاستجابة النظرية لدخل خطوة  
لخزان مياه دون تفريغ



مثال على نظام تكاملي

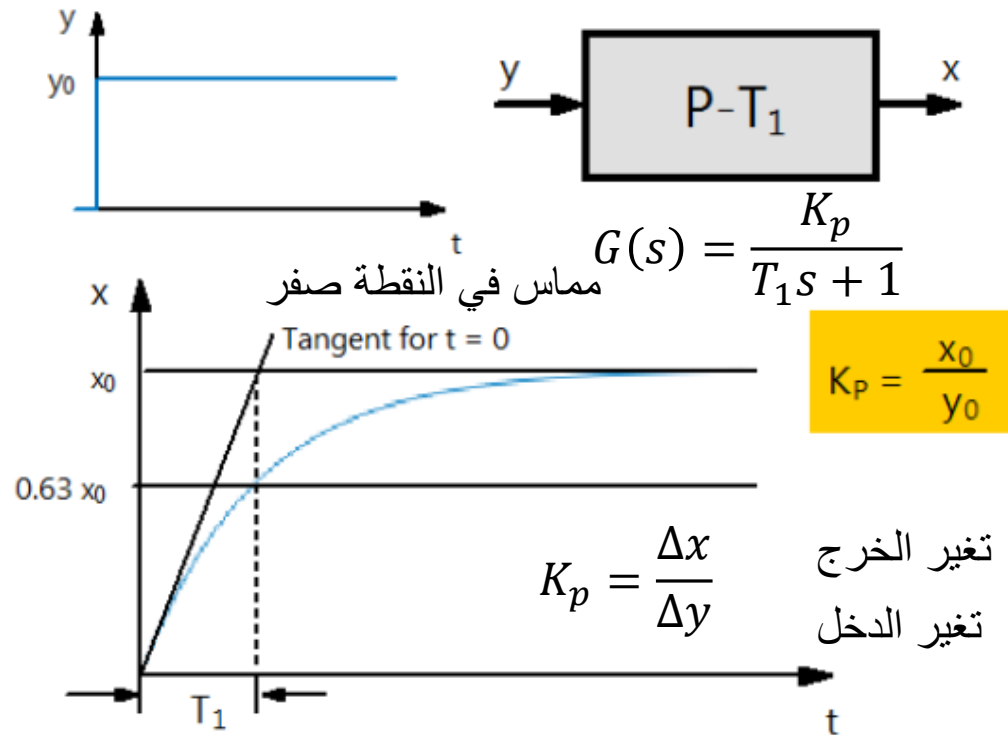
نظام تكاملي عبارة عن مضخم عمليات تكاملي مع قالب إشارة



$$K_I = \frac{1}{T_I} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{1}{y_0}$$

# نظام درجة أولى PT1

تحديد الثابت الزمني  $T_1$  للنظام درجة أولى

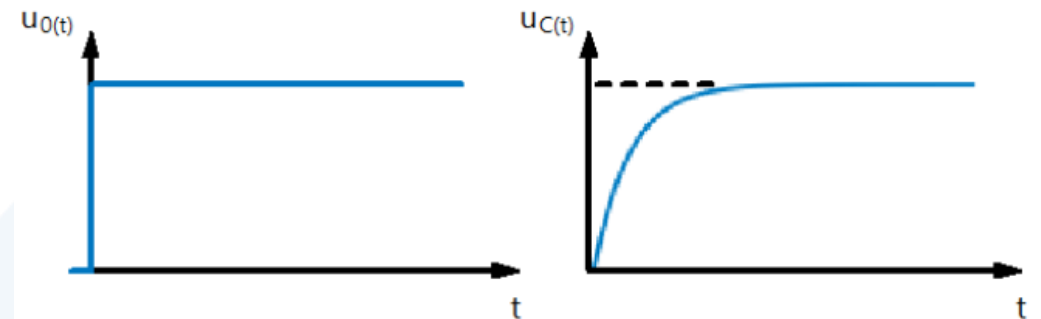
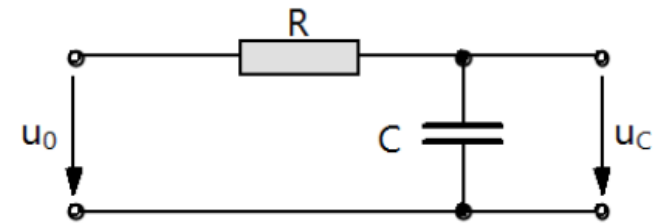


Determination of the PT1 time constants according to the 63% method

مثال على النظام درجة أولى دائرة RC

$$G(s) = \frac{1}{RCs + 1}$$

$$G(s) = \frac{1}{T_1 s + 1}$$



Step-response of an RC element

# نظام درجة أولى PT1

$$\frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{K_p}{T_1s + 1} \quad \text{تابع النقل}$$

$$X(s) = \frac{K_p}{T_1s + 1} Y(s) \quad \text{تحويل لابلاس للخروج}$$

$$X(s) = \frac{K_p}{T_1s + 1} \frac{y_0}{s} \quad \text{الدخل خطوة}$$

$$X(s) = \frac{K_p}{T_1s + 1} \frac{y_0}{s} = \frac{A}{T_1s + 1} + \frac{B}{s} = \frac{As + BT_1s + B}{(T_1s + 1)s} \quad \text{تفريق الكسور}$$

$$As + BT_1s + B = K_p y_0$$

$$A + BT_1 = 0 \quad A = -BT_1$$

$$B = K_p y_0 = x_0 \quad A = -x_0 T_1$$

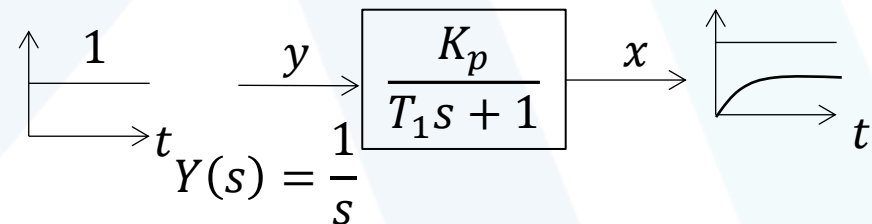
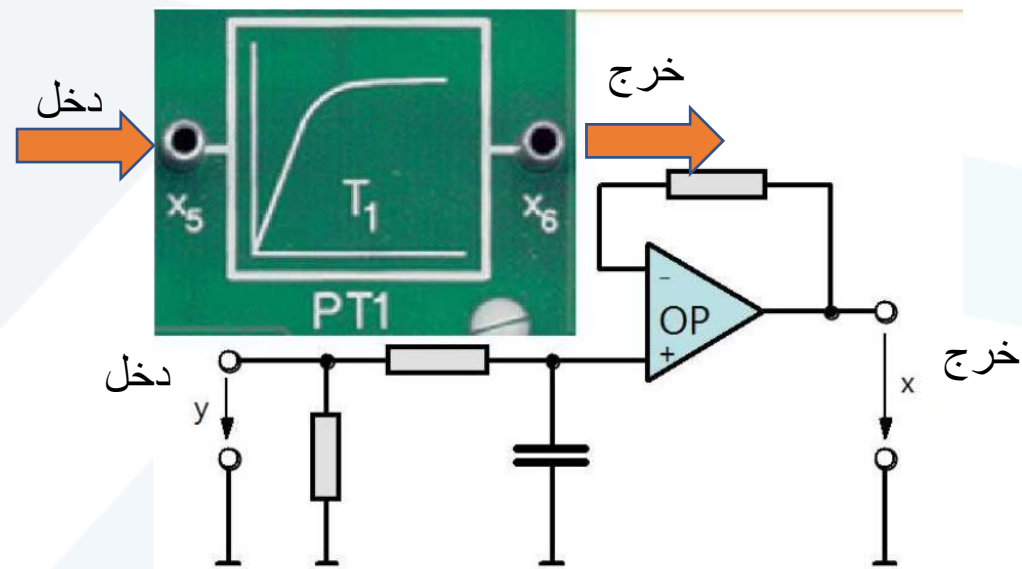
$$X(s) = \frac{-x_0 T_1}{T_1s + 1} + \frac{x_0}{s}$$

$$X(s) = x_0 \left( \frac{1}{s} - \frac{T_1}{T_1s + 1} \right)$$

$$X(s) = x_0 \left( \frac{1}{s} - \frac{1}{s + \frac{1}{T_1}} \right)$$

تحويل لابلاس العكسي

$$\text{الاستجابة الزمنية} \quad x(t) = x_0 (1 - e^{-\frac{1}{T_1}t})$$





# استجابة نظام درجة أولى لدخل خطوة واحدة

$$x(t) = x_0(1 - e^{-\frac{1}{T_1}t})$$

$$t = 0 \rightarrow x(0) = 0$$

$$t = T_1 \rightarrow x(T_1) = x_0 \left(1 - e^{-\frac{T_1}{T_1}}\right) = x_0(1 - e^{-1}) = 0.632x_0$$

$$t \rightarrow \infty \rightarrow x(\infty) = x_0 \quad \text{الخرج لا يعادل الدخل}$$

إذا كان تابع النقل

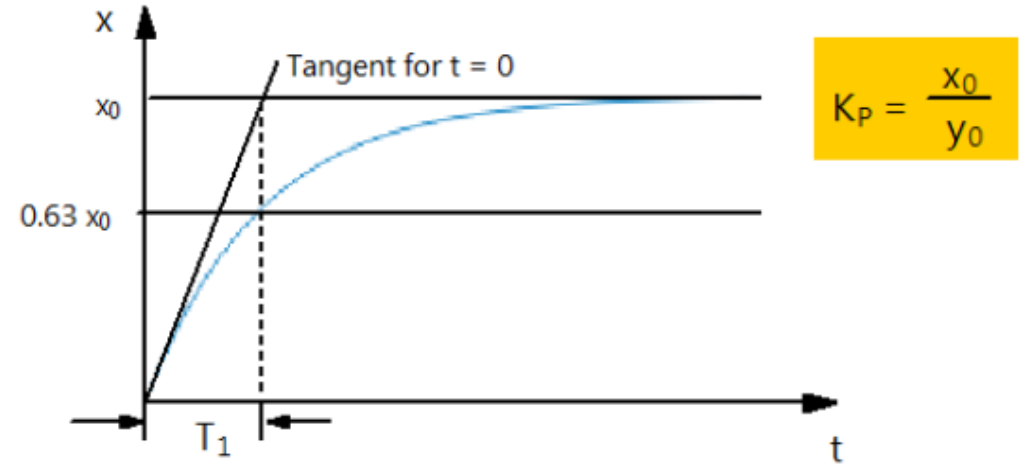
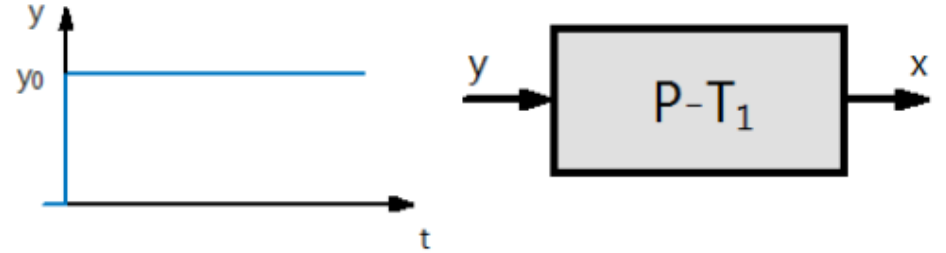
$$\frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{1}{T_1s + 1}$$

والدخول خطوة واحدة

$$Y(s) = \frac{1}{s}$$

$$x(t) = (1 - e^{-\frac{1}{T_1}t})$$

يمكن اعتبار أن النظام وصل لقيمته النهائية عند زمن من ثلاثة إلى خمسة أضعاف الثابت الزمني

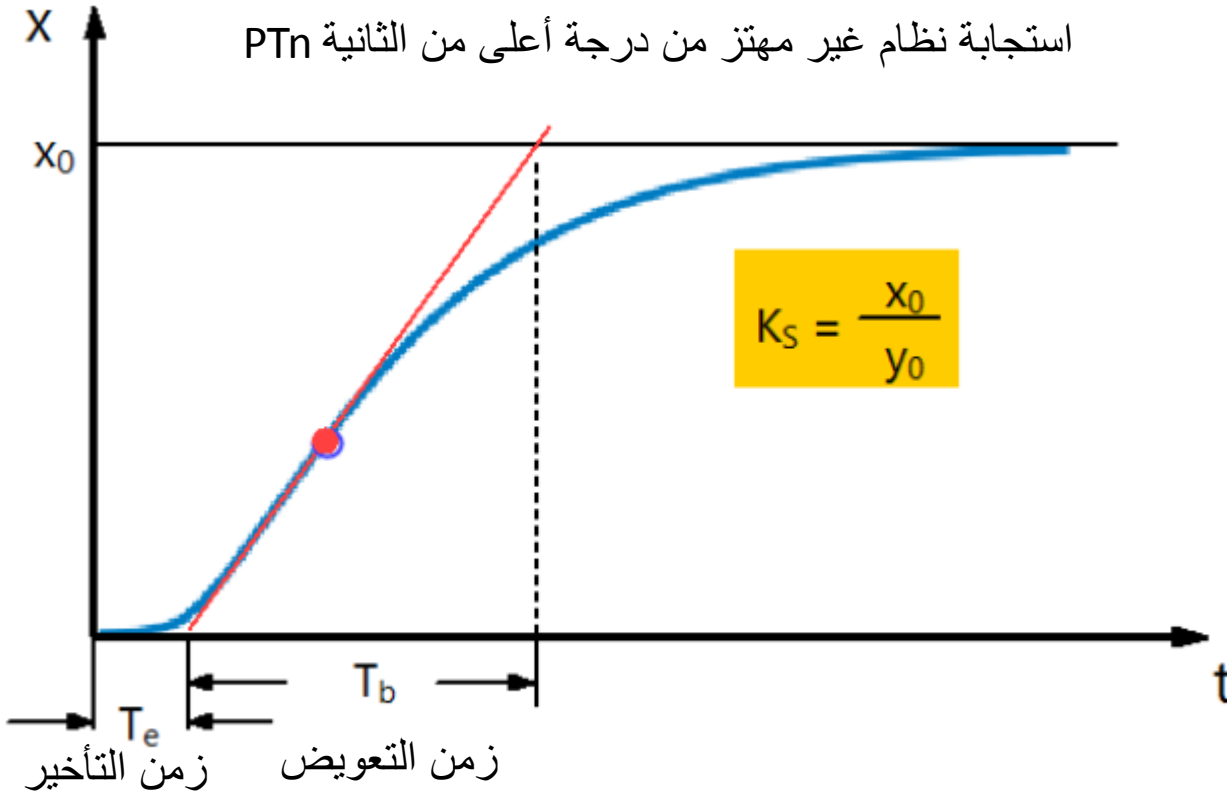


Determination of the PT1 time constants according to the 63% method

# النظام درجة ثانية

عدة أنظمة PT1 على التسلسل

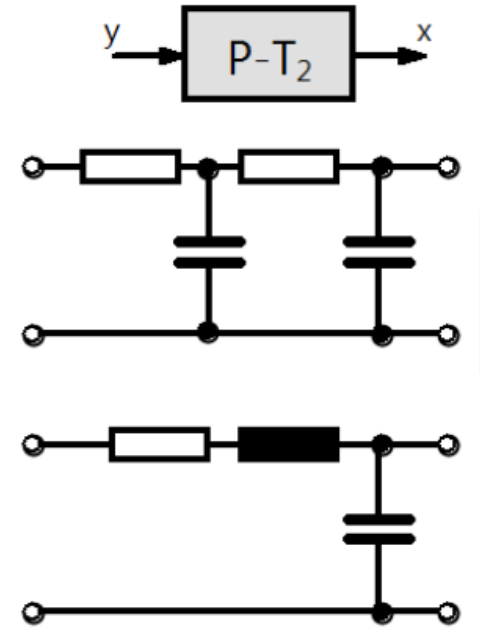
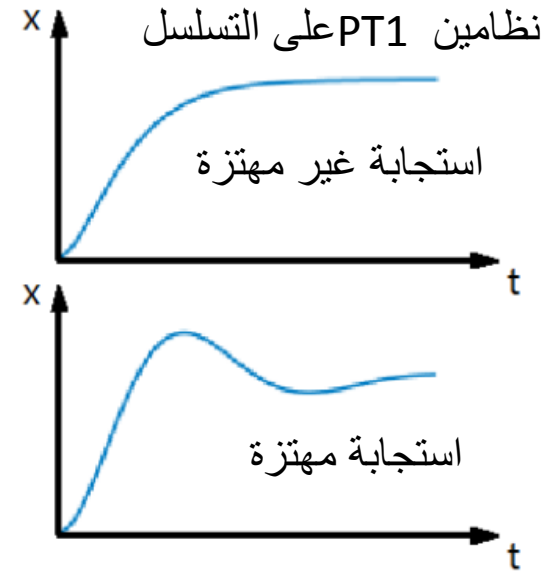
استجابة نظام غير مهتز من درجة أعلى من الثانية PTn



Determination of the delay time  $T_e$  and compensation time  $T_b$  according to the inflectional tangent method

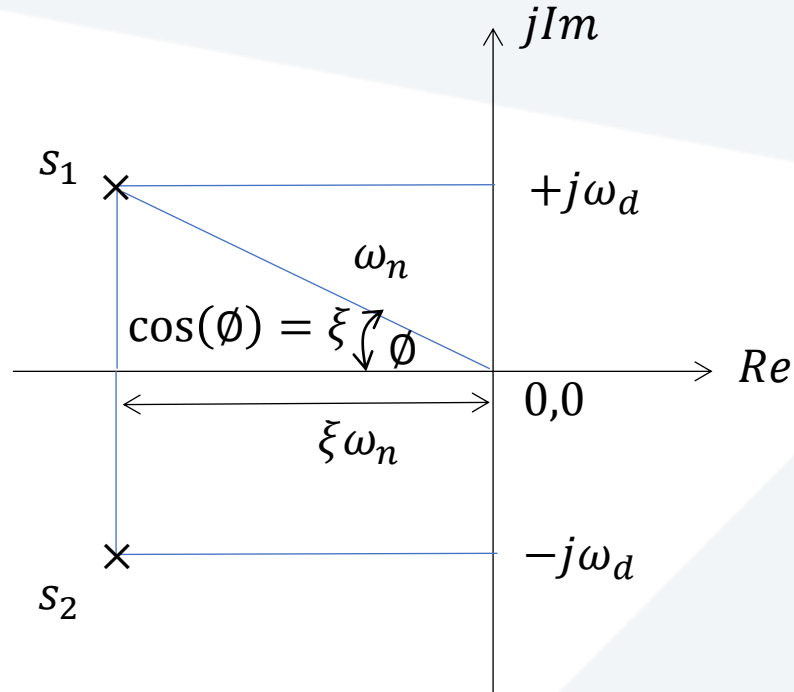
استجابة مع تعويض

Step responses of PT2 elements, capable and incapable of oscillating



يحتوي عنصري تخزين طاقة  
ملف ومكثف أو مكثفين

# النظام درجة ثانية



تابع النقل النموذجي  $G(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$

$\xi$  نسبة التخماد يؤثر على تخامد النظام والتجاوز الأعظمي  
 $\omega_n$  التردد الطبيعي غير المتخامد تحدد سرعة الاستجابة العابرة

التردد الطبيعي المتخامد للنظام  $\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$

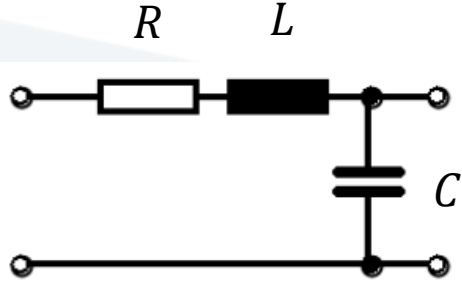
$$s_{1,2} = Re \pm jIm$$

$$s_{1,2} = -\xi\omega_n \pm j\omega_d$$

أوجد أقطاب النظام من معرفة محددات الاستجابة وبالعكس

$$\xi \quad \omega_n \quad \longleftrightarrow \quad s_{1,2}$$

# النظام درجة ثانية



تابع النقل النموذجي  $G(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$

$$G(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

$$G(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{\frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$2\xi\omega_n = \frac{R}{L}$$

$$\xi = \frac{R}{2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

$\xi$  نسبة التخماد يؤثر على تخامد النظام والتجاوز الأعظمي

$\omega_n$  التردد الطبيعي غير المتخامد تحدد سرعة الاستجابة العابرة

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$$

التردد الطبيعي المتخامد للنظام

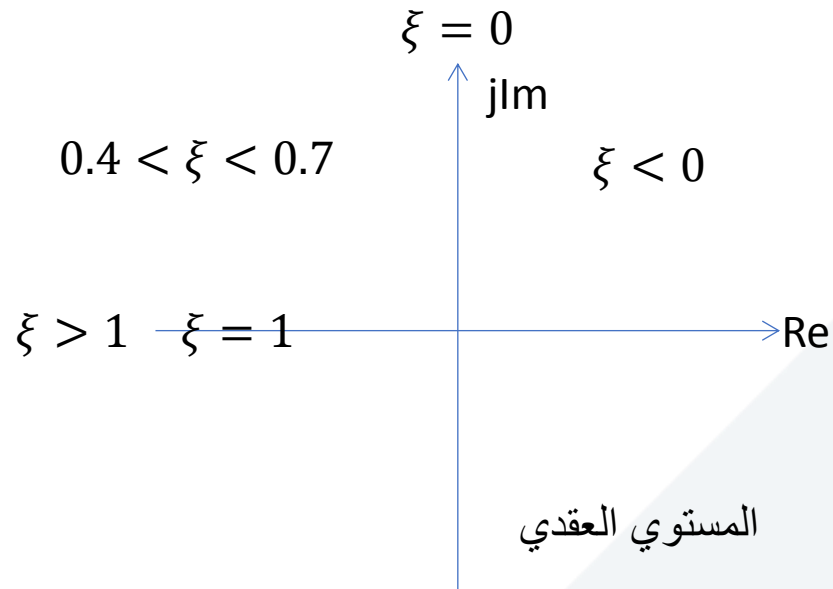
$$s_{1,2} = Re \pm jIm$$

$$s_{1,2} = -\xi\omega_n \pm j\omega_d$$

$$0.4 < \xi < 0.7$$

# النظام درجة ثانية

$$G(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$



$$s_{1,2} = -\xi\omega_n \pm j\omega_d$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$$

$$s_{1,2} = -\omega_n$$

$$s_{1,2} = \pm j\omega_n$$

$$s_{1,2} = -\left(\xi\omega_n \pm \omega_n \sqrt{\xi^2 - 1}\right)$$

$\omega_n$

$\xi$

نظام قليل التخماد  $0.4 < \xi < 0.7$

نظام ذو تخامد حرج  $\xi = 1$

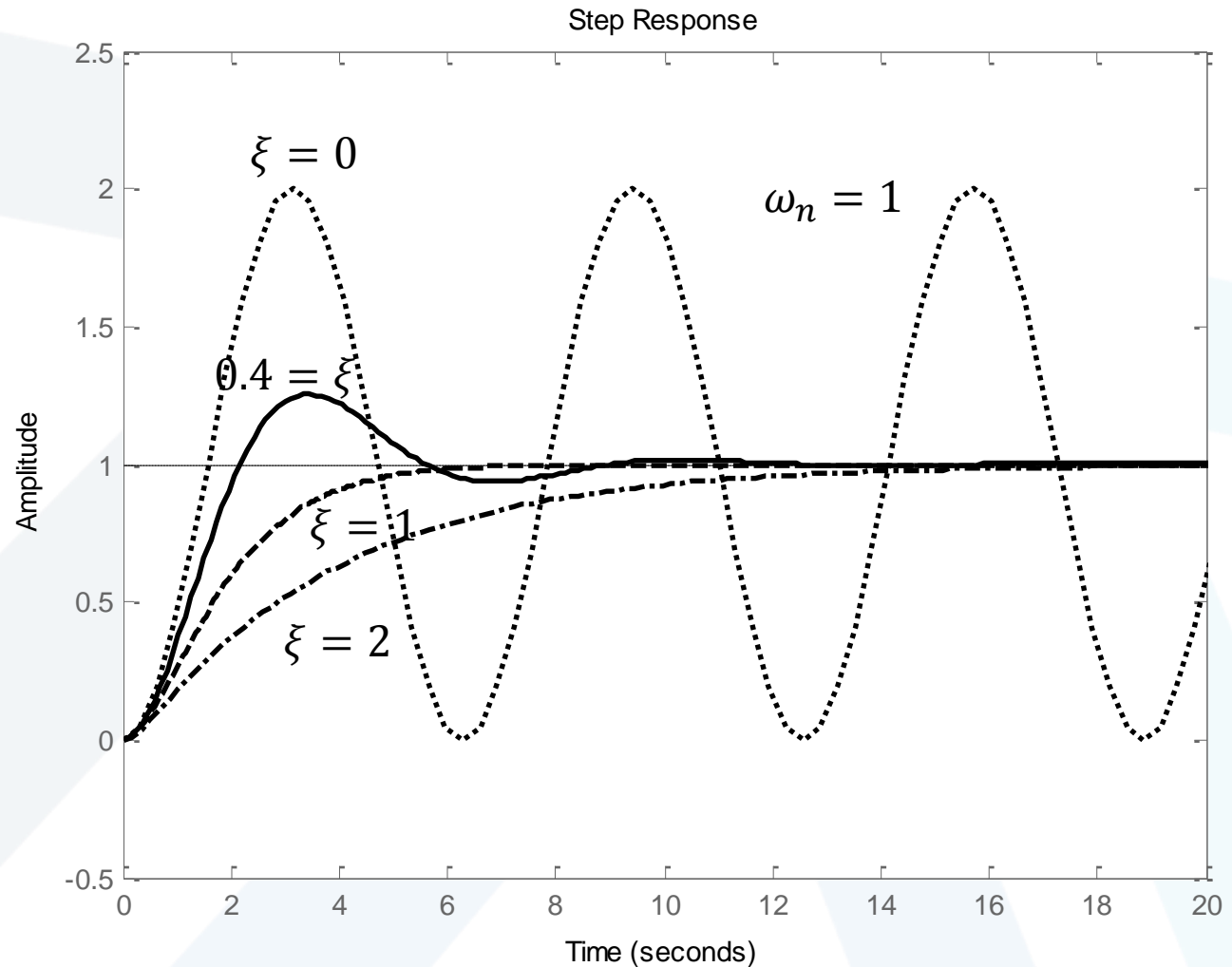
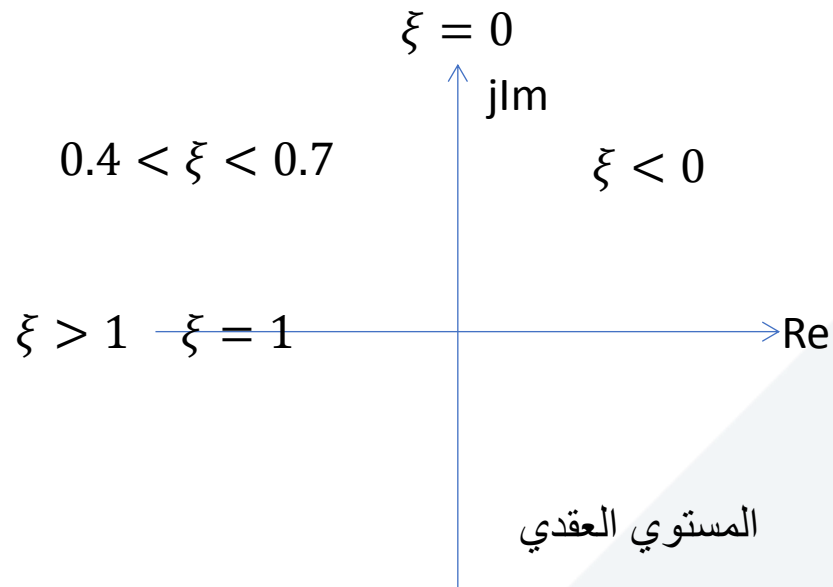
نظام مهتز غير متخامد  $\xi = 0$

نظام غير مستقر  $\xi < 0$

نظام ذو تخامد زائد  $\xi > 1$

# استجابة النظام درجة ثانية

$$G(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$





مدرس المقرر الدكتور نسمت أبو طبق