التحكم الحديث 1

Modern Control 1

كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية – جامعة حلب
د. أسعد كعدان

المحاضرة 3 – نمذجة نظم التحكم – تابع النقل

What is mechatronic system simulation?

Introduction to concepts

LMS Imagine.Lab Amesim™

A world leading platform for physical simulation of mechatronic systems

نمذجة نظم التحكم

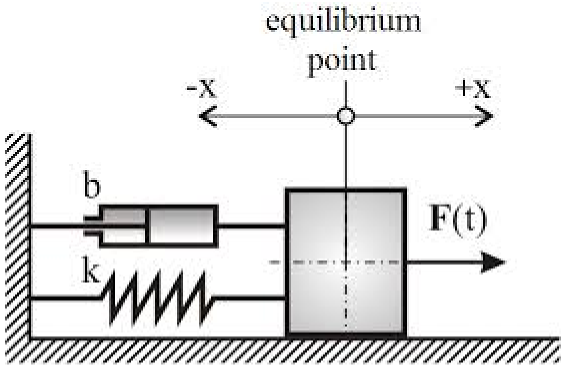
توصف الأنظمة الستاتيكية بعلاقات رياضية جبرية أما الأنظمة الخطية الديناميكية فتوصف بمعادلات تفاضلية خطية ذات معاملات ثابتة (غير متغيرة زمنياً)

1. **نمذجة الأنظمة الميكانيكية**
   a. كتلة Mass
   b. نابض Spring
   c. مخمد Damper
2. **نمذجة الأنظمة الكهربائية**
   a. مقاومة
   b. ملف
   c. مكثف
   d. عناصر فعالة (مضخمات)
3. **نمذجة الأنظمة الكهروميكانيكية**
   a. مولد التيار المستمر
   b. محرك التيار المستمر
   c. التاكوميتر Tachometer (مقياس السرعة)

نمذجة نظم التحكم

1. نمذجة الأنظمة الميكانيكية

a. نمذجة الكتلة في الحركة الانسحابية



$$\mathrm{F}(t) = ma(t) = m\frac{dv(t)}{dt} = m\frac{d_2x(t)}{dt^2}$$

نمذجة الكتلة في الحركة الدورانية

$$\mathrm{T}(t) = I\alpha(t) = I\frac{d\omega(t)}{dt} = I\frac{d_2\theta(t)}{dt^2}$$

b. نمذجة النابض في الحركة الانسحابية

$$\mathrm{F}(t) = K(x_i(t) - x_o(t))$$

نمذجة النابض في الحركة الدورانية

$$\mathrm{T}(t) = K(\theta_i(t) - \theta_o(t))$$

نمذجة نظم التحكم

1. نمذجة الأنظمة الميكانيكية

c. نمذجة المخمد في الحركة الانسحابية

$$F(t) = Cv(t) = C\frac{dx(t)}{dt}$$

نمذجة المخمد في الحركة الدورانية

$$T(t) = C\omega(t) = C\frac{d\theta(t)}{dt}$$

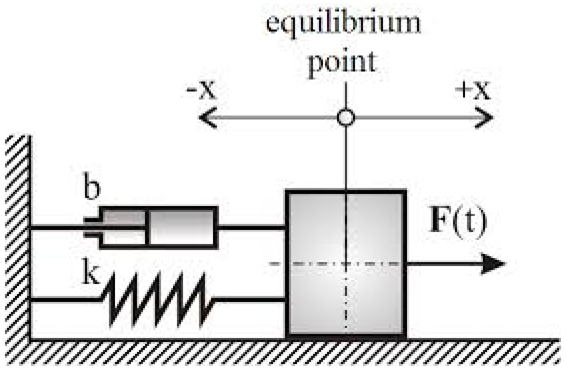
كيف نجمع تأثير العناصر السابقة مع بعضها البعض؟

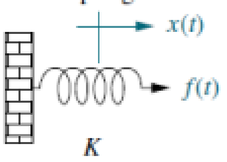
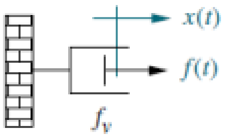
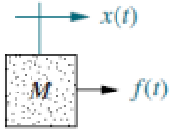
باستخدام قانون نيوتن في الحركة الانسحابية

$$\sum F(t) = ma(t)$$

وفي الحركة الدورانية

$$\sum T(t) = I\alpha(t)$$



Component	Force-velocity	Force-displacement
Spring 	$f(t) = K\int_0^t v(\tau)d\tau$	$f(t) = Kx(t)$
Viscous damper 	$f(t) = f_v v(t)$	$f(t) = f_v\frac{dx(t)}{dt}$
Mass 	$f(t) = M\frac{dv(t)}{dt}$	$f(t) = M\frac{d^2x(t)}{dt^2}$

نمذجة نظم التحكم

2. نمذجة الأنظمة الكهربائية

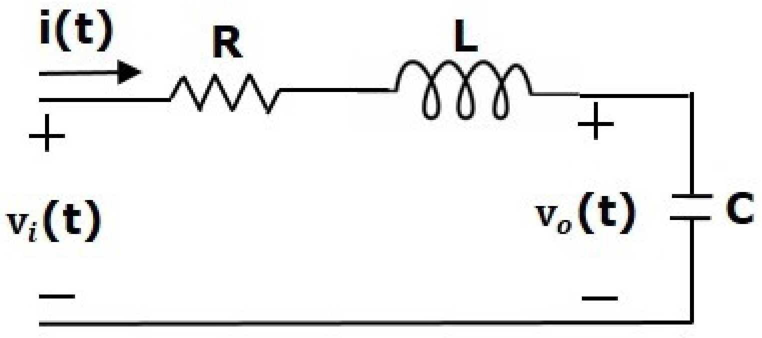
العناصر غير الفعالة Passive Elements لا تنتج طاقة بالتالي طاقة الخرج أقل من الدخل:

a. نمذجة الجهد على طرفي المقاومة

$$v_1(t) - v_2(t) = Ri(t)$$

نمذجة التيار المار في المقاومة

$$i(t) = \frac{1}{R}(v_1(t) - v_2(t))$$



b. نمذجة الجهد على طرفي المحارضة (الملف)

$$v_1(t) - v_2(t) = L\frac{di(t)}{dt}$$

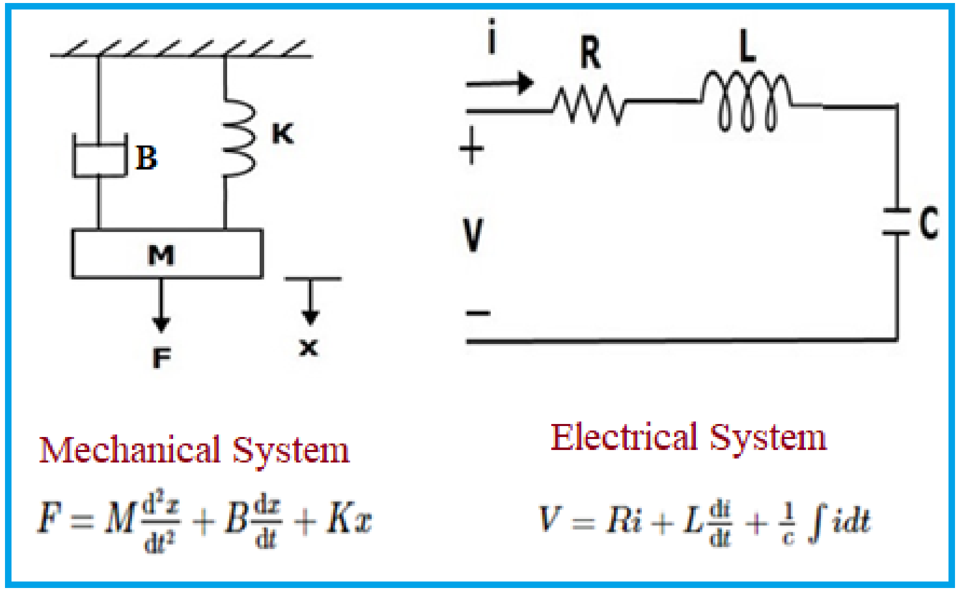
نمذجة التيار المار في المحارضة (الملف)

$$i(t) = \frac{1}{L}\int(v_1(t) - v_2(t))dt$$

نمذجة نظم التحكم

2. نمذجة الأنظمة الكهربائية

العناصر غير الفعالة Passive Elements لا تنتج طاقة بالتالي طاقة الخرج أقل من الدخل:



c. نمذجة الجهد على طرفي المكثف

$$v_1(t) - v_2(t) = \frac{1}{C}\int i(t)dt$$

نمذجة التيار المار في المكثف

$$i(t) = C\frac{d\big(v_1(t) - v_2(t)\big)}{dt}$$

كيف نجمع تأثير العناصر السابقة مع بعضها البعض؟

باستخدام قانون كيرشوف للجهود

$$\sum_{loop} V_i = \sum_{loop} E_i \rightarrow \sum_{loop} (E_i - V_i) = 0$$

وقانون كيرشوف للتيارات

$$\sum_{loop} I_i = 0$$

نمذجة نظم التحكم

2. نمذجة الأنظمة الكهربائية

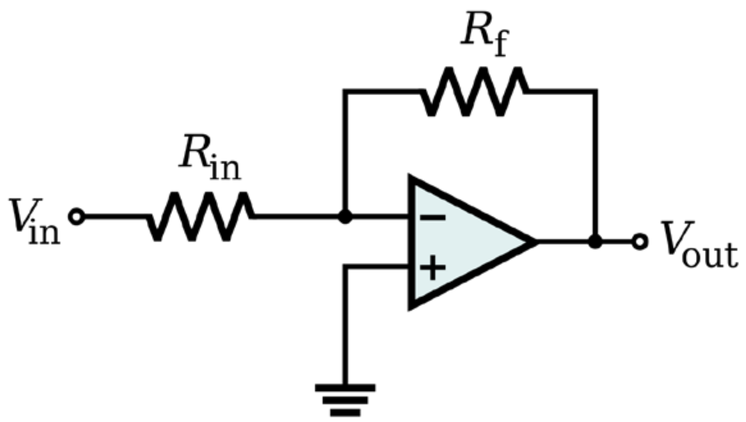
العناصر الفعالة **Active Elements** تكون طاقة خرجها أكبر من دخلها مثل المضخمات العملياتية Operational Amplifiers

العلاقة بين جهد خرج المضخم e_o وجهود الدخل e_1,e_2 :

$$e_o = K(e_2 - e_1) = -K(e_1 - e_2)$$

تتعلق معادلات المضخم التفاضلي بطريقة توصيله.

a. المضخم العاكس



$$e_o = \frac{R_2}{R_1} e_i$$

باستبدال المقاومات بممانعات

$$e_o = \frac{Z_2}{Z_1} e_i$$

نمذجة نظم التحكم

2. نمذجة الأنظمة الكهربائية

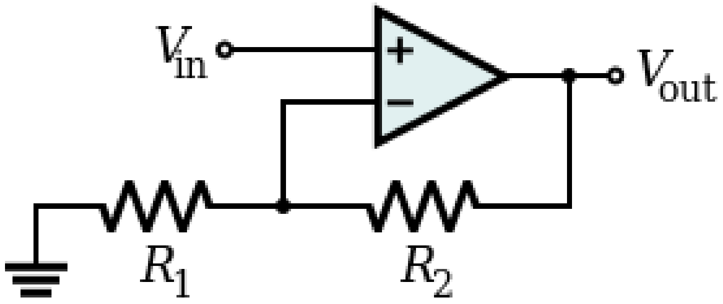
العناصر الفعالة Active Elements تكون طاقة خرجها أكبر من دخلها مثل المضخمات العملياتية Operational Amplifiers

العلاقة بين جهد خرج المضخم e_o وجهود الدخل e_1,e_2 :

$$e_o = K(e_2 - e_1) = -K(e_1 - e_2)$$

تتعلق معادلات المضخم التفاضلي بطريقة توصيله.

b. المضخم غير العاكس



$$e_o = (1 + \frac{R_2}{R_1})e_i$$

باستبدال المقاومات بممانعات

$$e_o = (1 + \frac{Z_2}{Z_1})e_i$$

نمذجة نظم التحكم

3. نمذجة الأنظمة الكهروميكانيكية

تحتوي على جزء كهربائي وأخر ميكانيكي مثل المولدات والمحركات وبالتالي تمتلك هذه الأنظمة معادلتين تفاضليتين واحدة تصف الجزء الكهربائي وأخرى تصف الجزء الميكانيكي.

a. نمذجة مولدات التيار المستمر

$$\frac{dv_o}{dt} + \frac{R_f}{L_f} v_o = \frac{K_j}{L_f} v_i$$

b. نمذجة محركات التيار المستمر – **تحكم بجهد الثابت وتحكم بجهد الدوار**

$$\frac{L_f}{R_f}\frac{J_m}{C_m}\frac{d^2\omega}{dt^2} + \left(\frac{L_f}{R_f} + \frac{J_m}{C_m}\right)\frac{d\omega}{dt} + \omega = \frac{K_T'}{R_f C_m} v_i$$

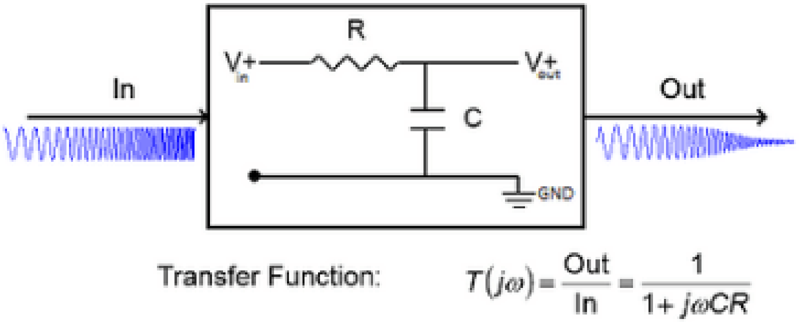
$$\frac{R_a J_m}{K_T'' K_v''}\frac{d\omega}{dt} + \left(1 + \frac{R_a C_m}{K_T'' K_v''}\right)\omega = \frac{1}{K_v''} v_i$$

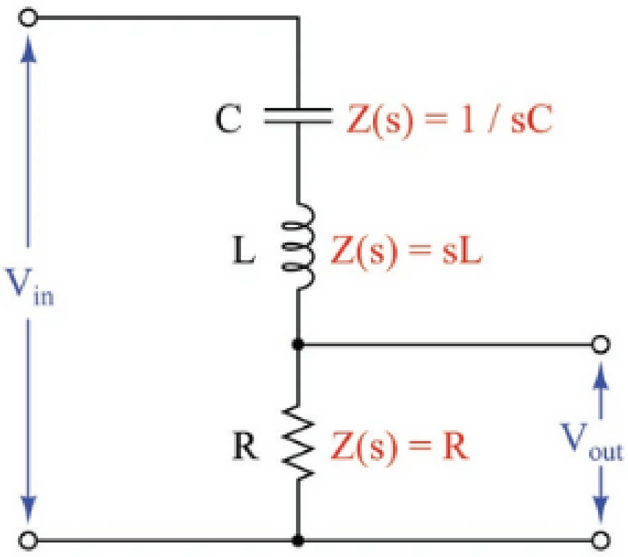
توابع الانتقال

تابع النقل هو نسبة **تحويل لابلاس للخرج** على **تحويل لابلاس للدخل** عندما تكون الشروط الابتدائية صفرية:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{\mathcal{L}[y(t)]}{\mathcal{L}[u(t)]}$$

What is a Transfer Function?

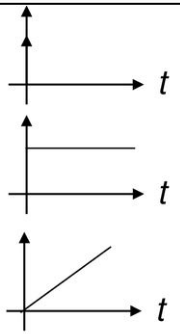




توابع الانتقال

Laplace Transform Table

Item no.		f(t)	F(s)
1.	Impulse	$\delta(t)$	1
2.	Step	$u(t)$	$\frac{1}{s}$
3.	Ramp	$tu(t)$	$\frac{1}{s^2}$
4.		$t^n u(t)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
5.		$e^{-at}u(t)$	$\frac{1}{s+a}$
6.		$\sin \omega t u(t)$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$
7.		$\cos \omega t u(t)$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$



لماذا نستخدم **تحويل لابلاس**؟

- جميع الاشارات في العالم الحقيقي **زمنية** أي متغيرة مع الزمن، فالإنسان يمتلك قدرة فيزيولوجية ونفسية على استيعاب مفهوم الزمن ولكن **أغلب الأنظمة تمتلك ترددات مختلفة متراكبة** – التردد مفهوم صعب الادراك على العقل البشري.
- نهتم بدراسة **تغير مقدار معين أو إشارة ما مع الزمن** >> كثير من الأنظمة الفيزيائية يتم نمذجتها باستخدام معادلات تفاضلية.
- المعادلات التفاضلية **صعبة الحل** >> حلولها عبارة عن إشارات أسية وجيبية أسية (sinusoids)
- **تحويل فورييه Fourier Transform** يحلل الإشارة إلى عناصرها الترددية (مجموعة من الاشارات الجيبية الأسية) بالتالي **ينقلنا من المجال الزمني إلى المجال الترددي**
- تحويل فورييه يطبق على إشارة واحدة... ماذا لو أردنا دراسة تغييرات هذه الإشارة (أي معادلتها التفاضلية)؟ >> نضرب الإشارة بتابع أسي ونطبق تحويل فورييه للحصول على **تحويل لابلاس Laplace Transform**
- تحويل لابلاس يساعدنا في **حل المعالة التفاضلية بشكل جبري!**