

التحكم الحديث 1

Modern Control 1

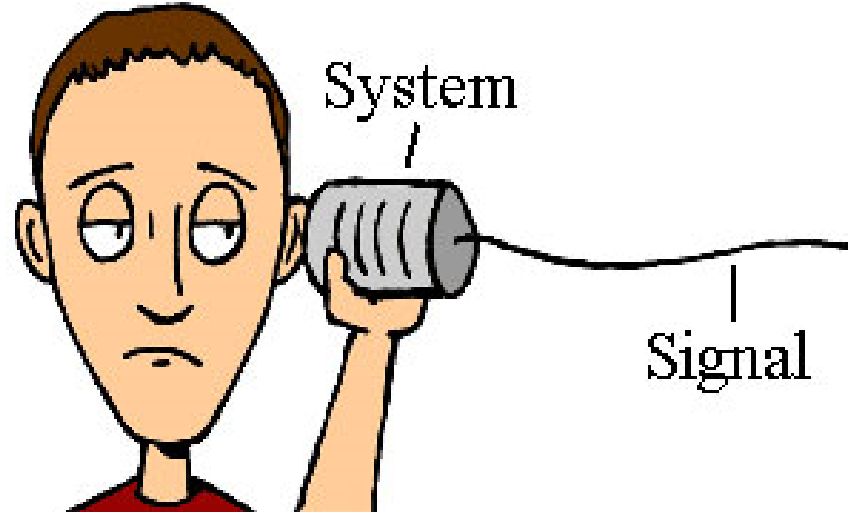
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية – جامعة حلب
د. أسعد كعدان

المحاضرة 2 – الإشارات والأنظمة – نمذجة نظم التحكم

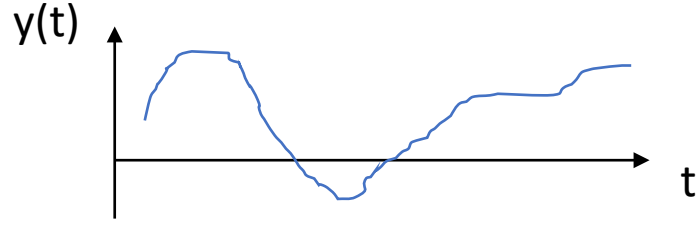
الإشارات والأنظمة

الإشارة **Signal**: وصف لتغير مقدار فيزيائي مع الزمن.

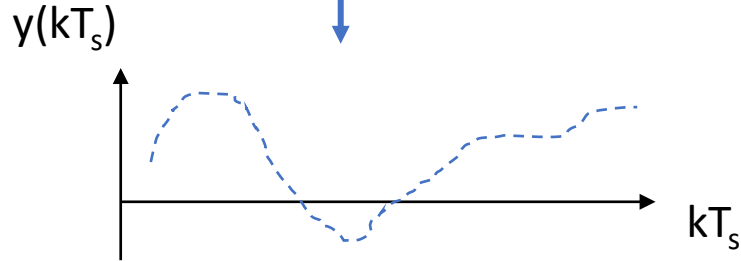
النظام **System**: مجموعة من العناصر الفيزيائية المرتبطة مع بعضها البعض للقيام بعمل ما. ويكون لكل نظام مجموعة إشارات دخل ومجموعة إشارات خرج قد تكون من نفس الطبيعة الفيزيائية أو من طبيعة مختلفة.



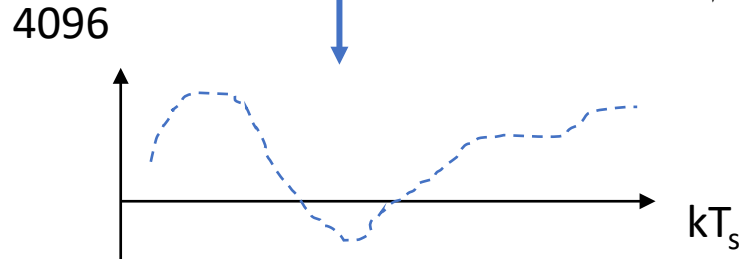
أنواع الإشارات



تقطيع Sampling



تكميم Quantization



1. الإشارة المستمرة Continuous Signal:

لها قيمة محددة ومعروفة عند أي لحظة زمنية. لاحظ أن قيمة هذه الإشارة على محوري المطال والزمن يمكن أن تأخذ أي عدد حقيقي.

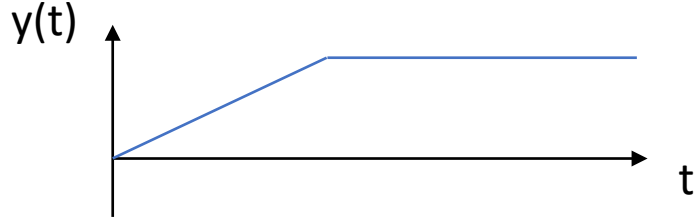
2. الإشارة المتقطعة زمنياً Time-sampled Signal:

لها قيم محددة ومعروفة عند لحظات زمنية محددة فقط تسمى لحظات أخذ العينات. عادة ما يكون الفرق بين هذه اللحظات الزمنية منتظماً ويسمى **دور تقطيع الإشارة Sampling Period**. لاحظ أن قيمة هذه الإشارة (مطالها) يمكن أن يأخذ أي عدد حقيقي.

3. الإشارة الرقمية Digital Signal:

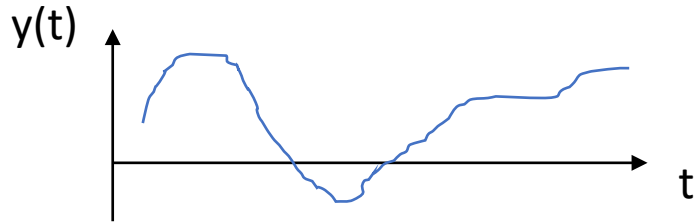
هي إشارة متقطعة زمنياً ولكن مطالياً تأخذ قيم محددة فقط وفق التشفير الثنائي.

أنواع الإشارات



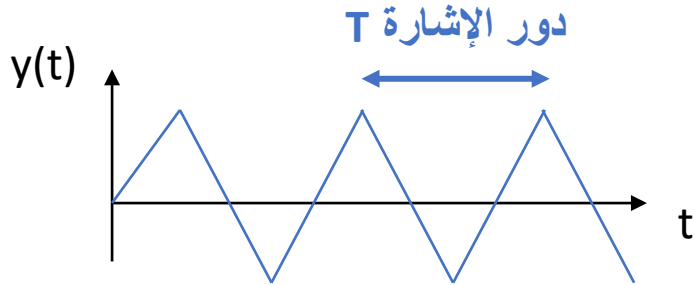
4. الإشارة المحددة **Deterministic Signal**:

يمكن وصفها بعلاقة رياضية.



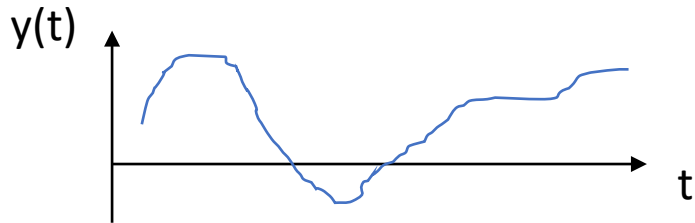
5. الإشارة العشوائية **Stochastic Signal**:

لا يمكن وصفها بعلاقة رياضية ولكن يمكن معرفة احتمال أن تأخذ هذه الإشارة مجموعة من القيم لذلك نستطيع وصفها **بتوابع توزيع احتمالية**.



6. الإشارة الدورية **Periodic Signal**:

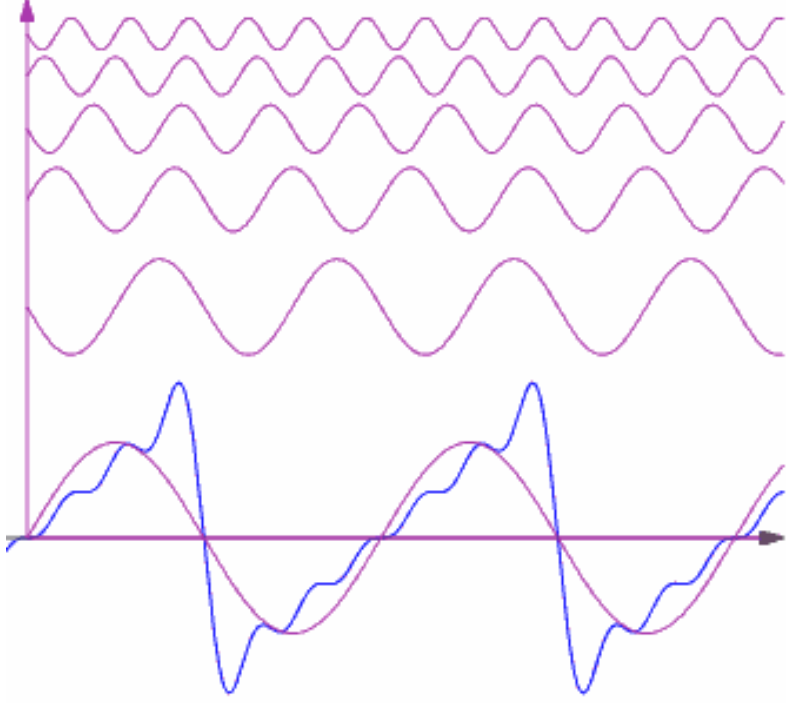
تكون قيمها متكررة خلال فترات زمنية متساوية تسمى **دور الإشارة**.



7. الإشارة غير الدورية **Aperiodic Signal**:

كل إشارة غير دورية ☺

أنواع الإشارات



8. الإشارة الأساسية **Basic Signal**:

لا يمكن تحليلها إلى إشارات أخرى أي لا يمكن كتابتها كمجموع إشارتين أو أكثر.

9. الإشارة المركبة **Composite Signal**:

يمكن تحليلها إلى مجموعة من الإشارات الأساسية. باستخدام **سلسلة فورييه**

Fourier Series يمكن كتابة أي إشارة دورية كمجموع إشارات جيبية

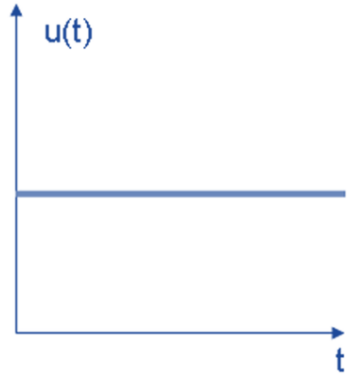
بترددات مختلفة.

Try me!

<https://www.mathsisfun.com/calculus/fourier-series-graph.html>

أنواع الإشارات

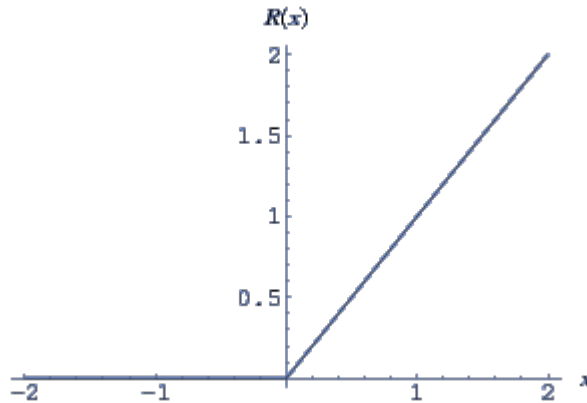
10. إشارة القفزة الواحدة Unit Step Signal:



$$u_s(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$$

11. الإشارة المتصاعدة Ramp Signal:

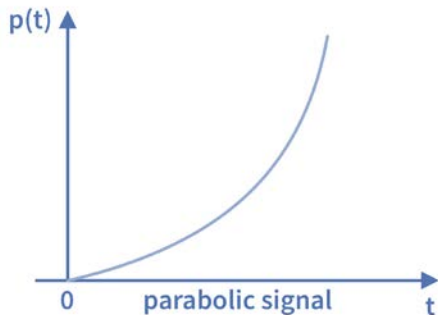
تكامل القفزة الواحدة.



$$r(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t & t \geq 0 \end{cases}$$

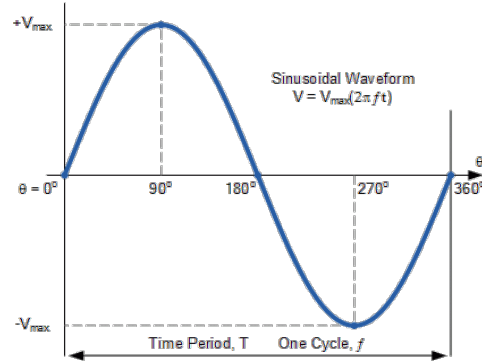
12. الإشارة القطعية Parabolic Signal:

تكامل الإشارة المتصاعدة.



$$r(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t^2 & t \geq 0 \end{cases}$$

أنواع الإشارات

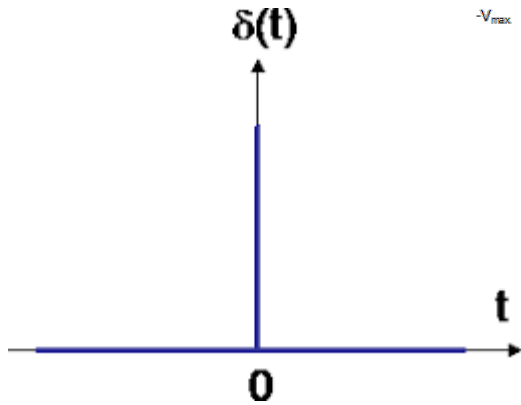


13. الإشارة التوافقية أو الجيبية :Harmonic Signal

$$e^{\pm(j\omega t + \theta)} = \cos(\omega t + \theta) \pm j \sin(\omega t + \theta)$$

14. نبضة ديراك :Dirac Impulse

مشتق القفزة الواحدة.

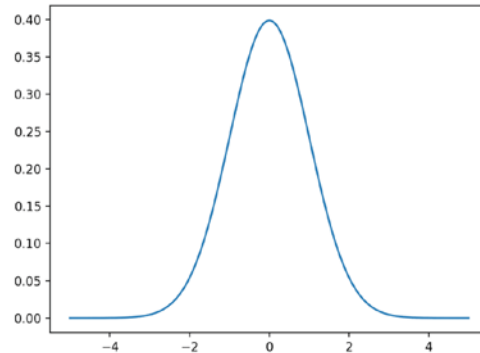


$$\delta(t) = \begin{cases} 0 & t \neq 0 \\ \infty & t = 0 \end{cases} \quad \text{وتحقق الخاصية التالية} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$$

15. الإشارة العشوائية الغوسية :Gaussian Distribution

إشارة عشوائية وتابع التوزيع الاحتمالي لها:

$$g(t) = \frac{1}{T} e^{-\pi\left(\frac{t}{T}\right)^2}$$



أنواع الأنظمة

1. الأنظمة الستاتيكية والأنظمة الديناميكية Static & Dynamic Systems

- خرج النظام **الستاتيكي** يتعلق بالدخل الحالي للنظام **ولا يتعلق بماضي الدخل أو مستقبه**..
 - مثال: مقسم جهد.
 - يمكن توصيفه بمعادلة جبرية.
- خرج النظام **الديناميكي** يتعلق بالدخل الحالي للنظام **ويتعلق بماضي الدخل أيضاً**..
 - مثال: مكثف.
 - يتم توصيفه بمعادلة تفاضلية.

أنواع الأنظمة

2. الأنظمة الخطية والأنظمة اللاخطية Linear & Non-Linear Systems

- **النظام الخطي** تكون العلاقة بين مكوناته خطية (أي جبرية – جمع وطرح وضرب بثابت)
- أي عند تطبيق مجموع عدة إشارات على الدخل، يكون الخرج هو مجموع خرج النظام لكل إشارة على حدى.
$$u_1(t) \rightarrow y_1(t)$$
$$u_2(t) \rightarrow y_2(t)$$
$$a_1 u_1(t) + a_2 u_2(t) \rightarrow a_1 y_1(t) + a_2 y_2(t)$$
- الأنظمة والعلاقات الخطية تسهل بشكل كبير الحسابات الرياضية.
- **النظام اللاخطي** تكون العلاقة بين مكوناته غير خطية (قسمة، ضرب، جذر، أس .. الخ)
- جميع الأنظمة تقريباً في العالم الحقيقي غير خطية.
- مثال 5-1 ص 26

أنواع الأنظمة

2. الأنظمة الخطية والأنظمة اللاخطية Linear & Non-Linear Systems

• هل يمكن تقريب الأنظمة غير الخطية إلى أنظمة خطية؟

• نعم هذا ما يحدث معظم الوقت عند دراسة نظم التحكم << لتسهيل العمليات الحسابية

• يتم التقريب حول **نقطة عمل** – أي أننا نتعامل مع النظام ضمن مجال محدود

فقط ونختار مجال صغير بشكل مقصود يجعل سلوك النظام تقريباً خطي

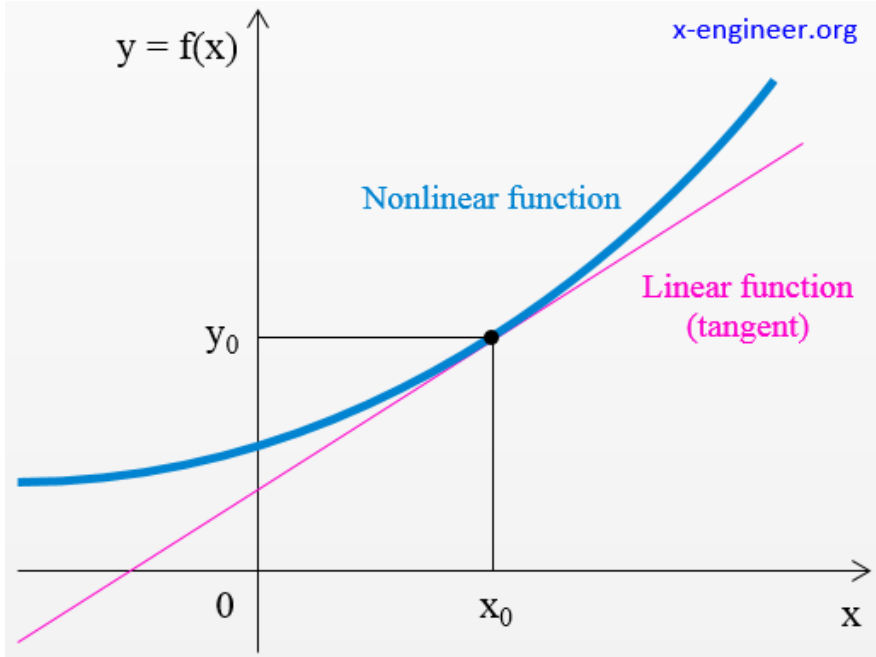
داخل هذا المجال.

• يتم التقريب باستخدام سلسلة تايلور (مجموع المشتقات)

$$\Delta y = f'(u_0)\Delta u$$

• مثال 6-1 ص 27

• مثال 7-1 ص 30



أنواع الأنظمة

3. الأنظمة المستمرة والأنظمة المتقطعة والأنظمة المختلطة Continuous, Discrete & Hybrid Systems

- أنظمة ذات إشارات دخل وخرج مستمرة أو متقطعة أو مختلطة.

4. الأنظمة المحددة والأنظمة العشوائية Deterministic & Stochastic Systems

- أنظمة تتعامل مع إشارات محددة أو عشوائية.

5. الأنظمة المتغيرة زمنياً والأنظمة غير المتغيرة زمنياً Time-Variant & Time-invariant Systems

- النظام المتغير زمنياً **تتغير** بنيته وبالتالي **نموذجه الرياضي** وبالتالي خرجة (عند تطبيق نفس الدخل) **مع الزمن**.
- النظام غير المتغير زمنياً **لا تتغير** بنيته وبالتالي **نموذجه الرياضي** وبالتالي خرجة (عند تطبيق نفس الدخل) **مع الزمن**.

أنواع الأنظمة

• ما هو LTI؟

Linear Time Invariant

النموذج الرياضي للنظام (المعادلة الفرقية)
خطي بالنسبة ل y

أمثال المتحول y في النموذج الرياضي للنظام (المعادلة الفرقية) غير متغيرة بالنسبة للزمن (أي بالنسبة ل k)

LTI



$$y(k+2) + 0.7y(k+1) - 0.07y(k)u(k) = 0$$



$$y(k+4) + \sin(1.2k)y(k+1) = 120y(k)$$



$$k^3y(k-2) - \cos(k)y(k-1) = y(k)$$



$$13y(k-2) - y^3(k-1) = y(k)$$

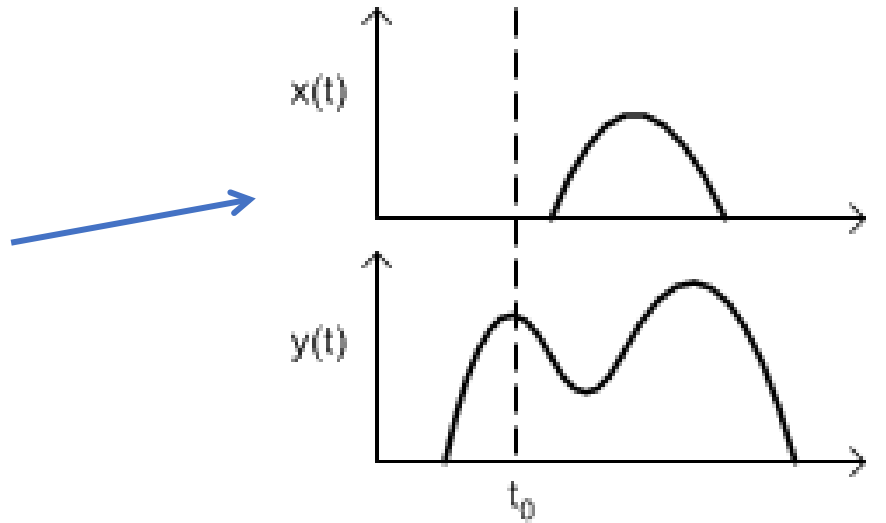


أنواع الأنظمة

6. النظام السببي والنظام غير السببي Causal & Non-Causal Systems

- النظام السببي لا يعتمد خرجه على القيم المستقبلية للدخل أي يحتاج إلى سبب (دخل) من أجل الخرج أي لا يسبق خرجه دخله.
- النظام غير السببي لا يحتاج إلى سبب (دخل) حتى يكون له خرج أي لا يسبق خرجه دخله.
- جميع الأنظمة في العالم الحقيقي سببية..

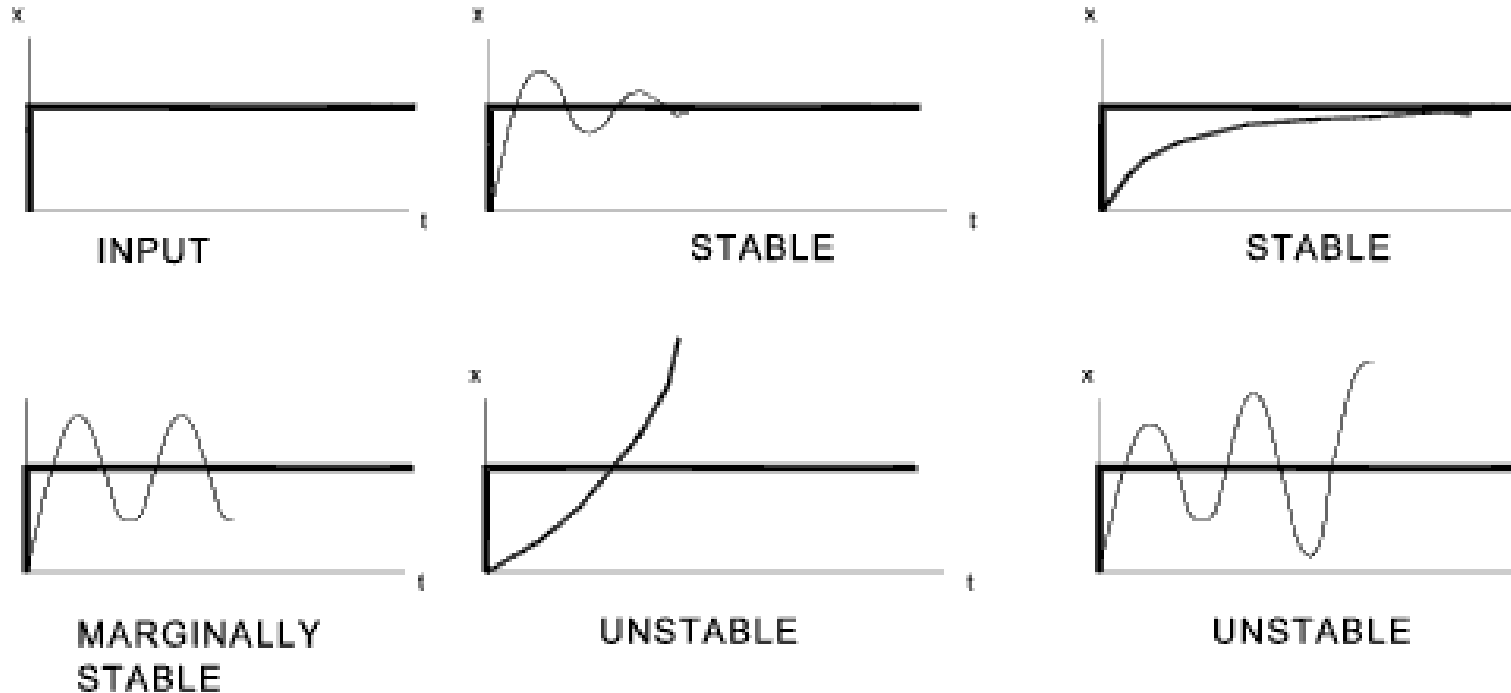
نسمي هذا النظام غير سببي non causal
لأن الخرج يستجيب قبل تطبيق الدخل



أنواع الأنظمة

7. الأنظمة المستقرة وغير المستقرة Stable & Unstable Systems

- النظام **المستقر** يكون خرجه محدود من أجل دخل محدود.
- النظام **غير المستقر** يكون خرجه غير محدود من أجل دخل محدود.



أنواع الأنظمة

8. أنظمة الحلقة المفتوحة والمغلقة Open-Loop & Closed-Loop Systems

- نظام الحلقة المفتوحة يعتمد خرجه على دخله فقط.
- نظام الحلقة المغلقة يعتمد خرجه على دخله وخرجه معاً.

