

# التحكم الحديث 2 (التحكم الرقمي)

## Modern Control 2 (Digital Control)

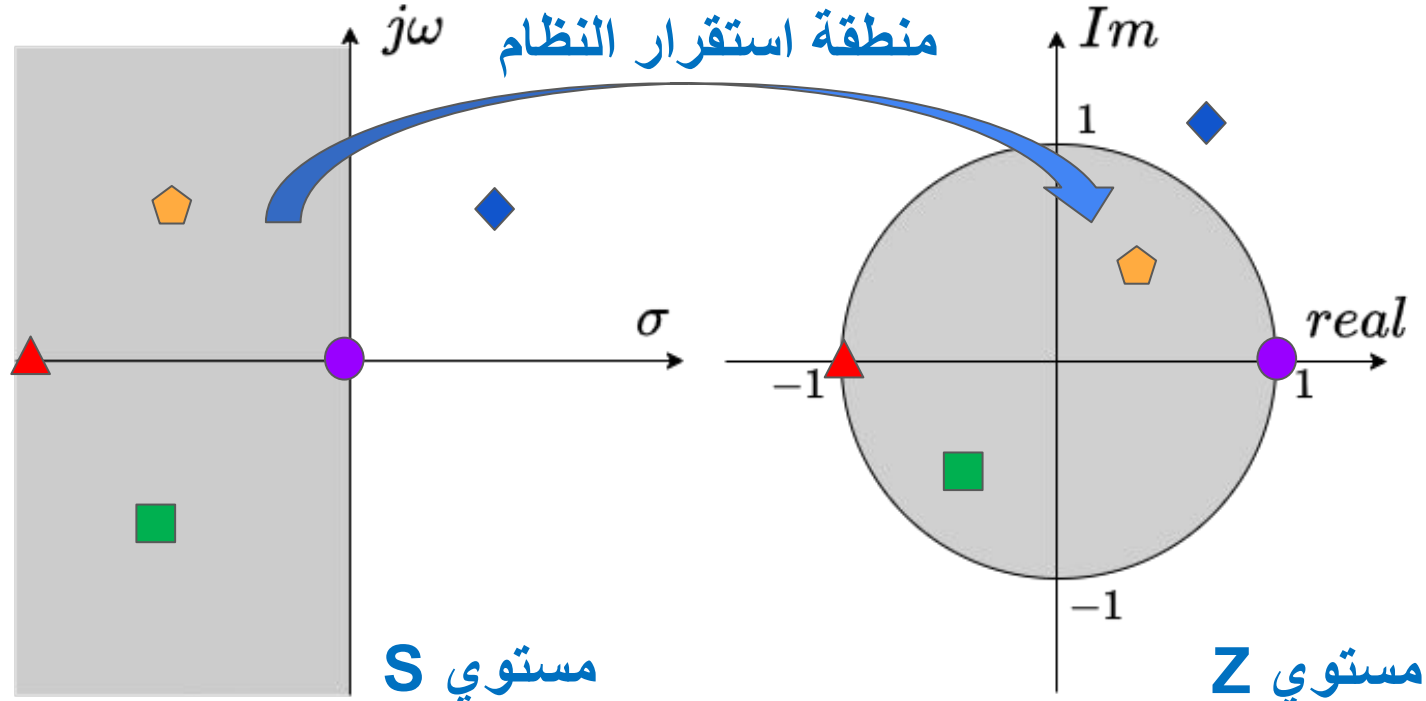
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية – جامعة حلب

المحاضرة 4 - التحكم الرقمي – الأنظمة المتقطعة

# التحويل بين فضاء لابلاس وفضاء Z

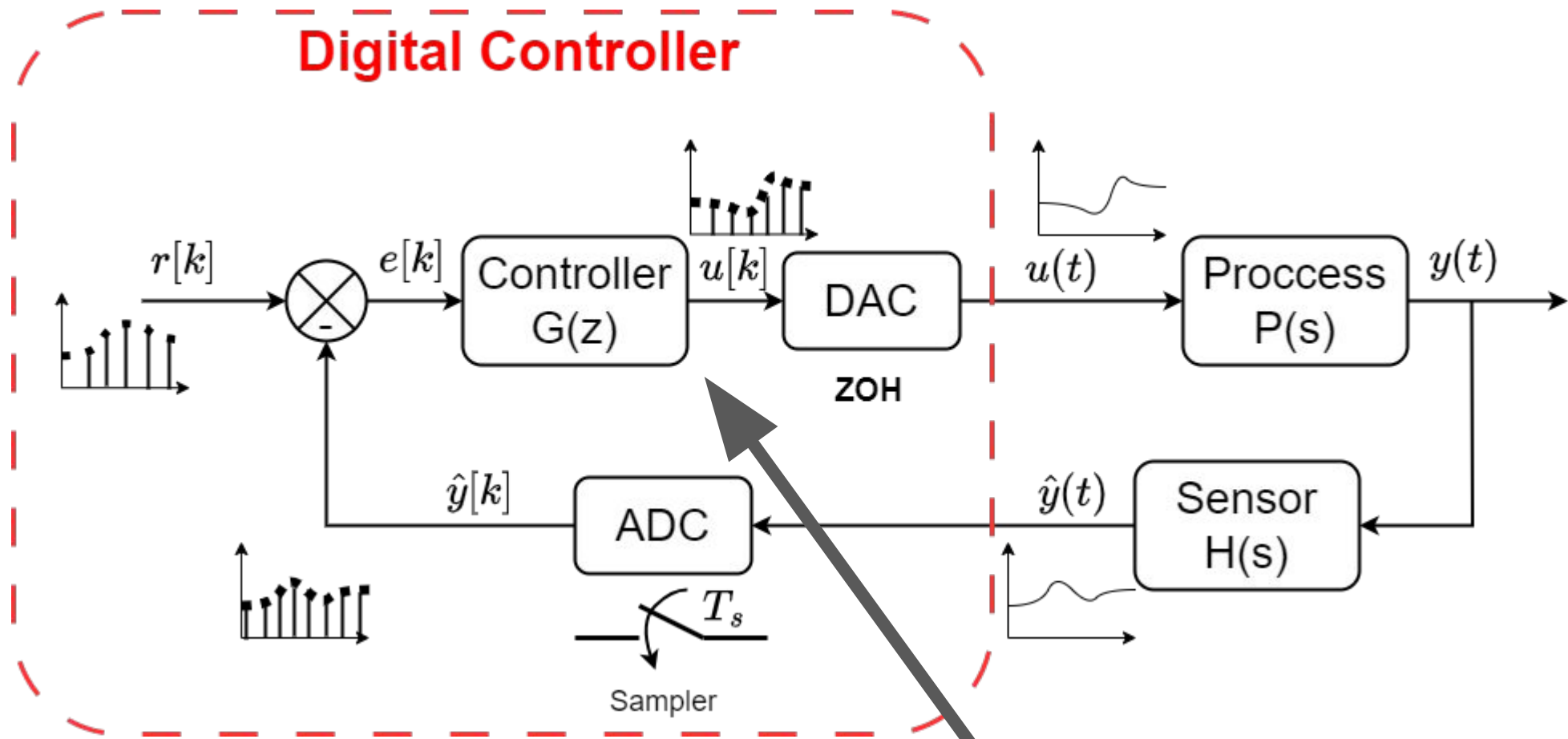
إن تصميم أنظمة التحكم والذي يتم في الزمن المستمر أو فضاء لابلاس يمكن تنفيذه عملياً من خلال العناصر التشابهية ولكن من أجل تنفيذه على أنظمة رقمية نحتاج إلى تحويله إلى فضاء Z. نعلم أنه في مستوي S إن متغير لابلاس يعطى بالشكل  $s = \sigma + \omega j$  حيث يكون نظام التحكم مستقراً إذا كانت جذور المعادلة المميزة له تحوي قيم حقيقية سالبة.

للانتقال من فضاء لابلاس إلى فضاء Z وجدنا أن  $z = e^{sT} \Rightarrow z = e^{\sigma T} e^{j\omega T}$



بالتالي يكون نظام التحكم الرقمي المعروف في فضاء Z مستقراً إذا كانت جذور المعادلة المميزة له تقع ضمن الدائرة الواحدة في مستوي

# التحويل بين فضاء لابلاس وفضاء Z



كيف يمكن تصميم المتحكم  $G(z)$  من أجل التحكم بالعملية؟

# التحويل بين فضاء لابلاس وفضاء Z

كيف يمكن تصميم المتحكم  $G(z)$  من أجل التحكم بالعملية؟

أفضل طريقة هي تصميم المتحكم  $G(s)$  الذي يمكنه التحكم بالعملية بالشكل المقبول وفقا للعلاقة  $z = e^{sT}$  نقوم بالحصول على  $G(z)$

**مثال:** بفرض المتحكم المعطى بتابع النقل  $G(s) = \frac{s+3}{s+5}$

نعلم أن  $z = e^{sT}$  إذا بكتابة  $s$  بدلالة  $z$  نحصل على  $s = \frac{\ln(z)}{T}$  نقوم باستبدال  $s$  في علاقة المتحكم نحصل على

$$G(z) = \frac{\frac{\ln(z)}{T} + 3}{\frac{\ln(z)}{T} + 5}$$

هذا الشكل غير خطي ولا يمكننا ايجاد تحويل Z العكسي لتطبيق هذا المتحكم في الأنظمة الرقمية.

لذلك نحن بحاجة إلى تقريب  $z = e^{sT}$  إلى شكل خطي. لهذا الهدف يوجد مجموعة من الطرق

## التحويل بين فضاء لابلاس وفضاء Z

طريقة أويلر: فيها نفرض  $z = e^{sT} \approx 1 + sT \Rightarrow s \approx \frac{z-1}{T}$

طريقة الفروق الخلفية: فيها نفرض  $z = e^{sT} \approx \frac{1}{1-sT} \Rightarrow s \approx \frac{z-1}{zT}$

طريقة Tustin: فيها نفرض  $z = e^{sT} \approx \frac{1+s\frac{T}{2}}{1-s\frac{T}{2}} \Rightarrow s \approx \frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1}$

# التحويل بين فضاء لابلاس وفضاء Z

**مثال:** بفرض المتحكم المعطى بتابع النقل  $G(s) = \frac{s+3}{s+5}$

من أجل تردد تقطيع  $T = 0.02\text{sec}$  وفق طريقة Tustin نستبدل  $s \approx \frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1}$  نحصل على تابع نقل المتحكم في فضاء Z.

$$G(z) = \frac{0.981z-0.9238}{z-0.9048}$$

لتطبيق هذا المتحكم في النظام الرقمي (معالجات أو متحكمات مصغرة) يجب تحويله إلى معادلة فرقية باستخدام تحويل Z العكسي.

يمكن تحويل النظام المستمر إلى متقطع باستخدام ماتلاب.

# التحويل بين فضاء لابلاس وفضاء Z

**طريقة أويلر:** الطرف الأيسر لمستوي S يقابل كامل المستوي Z بالتالي إذا كان النظام المستمر مستقر فإن النظام المتقطع الناتج يمكن أن يكون غير مستقر لذلك يجب استخدامها بحذر.

**طريقة الفروق الخلفية:** الطرف الأيسر لمستوي S يقابل المجال داخل الدائرة الواحدة في المستوي Z بالتالي إذا كان النظام المستمر مستقر فإن النظام المتقطع يبقى مستقراً

**طريقة Tustin:** الطرف الأيسر لمستوي S يقابل المجال داخل الدائرة الواحدة في المستوي Z بالتالي إذا كان النظام المستمر مستقر فإن النظام المتقطع يبقى مستقراً