

# النظم المضمنة في الزمن الحقيقي

## Real Time Embedded Systems

جامعة  
المنارة  
HARAMA UNIVERSITY

Dr.-Eng. Samer Sulaiman

2020-2021

# مفاهيم عامة

## • نظم الزمن الحقيقي Real-time Systems:

### • الخصائص المشتركة:

- يجب أن تكون العناصر الفيزيائية الأنظمة يمكن الاعتماد عليها:
- تشمل الاعتمادية الجوانب التالية للنظام:
  - الموثوقية (Reliability):
    - هي احتمالية عدم فشل النظام
    - قابلية الصيانة (Maintainability):
      - هي احتمالية إصلاح فشل النظام خلال فترة زمنية معينة.
    - التوفر (Availability):
      - التوفر هو احتمال توفر النظام. يجب أن تكون الموثوقية وقابلية الصيانة عالية من أجل تحقيق التوافر العالي
    - الأمان (Safety):
      - يصف الخاصية التي لن يتسبب فيها النظام في أي ضرر
    - الأمن (Security):
      - يصف الخاصية التي تظل فيها البيانات السرية سرية وأن الاتصال الحقيقي مضمون.

# مفاهيم عامة

## • نظم الزمن الحقيقي Real-time Systems:

### • الخصائص المشتركة:

#### • الفعالية (Efficiency):

• يجب أن تكون الأنظمة المضمنة فعالة.

• يمكن استخدام المعايير التالية لتقييم كفاءة وفعالية الأنظمة المضمنة:

• الطاقة (Energy): تعد كفاءة الطاقة الحاسوبية سمة أساسية لتقنيات منصة التنفيذ

• كفاءة زمن التشغيل (Run-time efficiency):

• يجب أن تستغل الأنظمة المضمنة بنية الأجهزة المتاحة قدر الإمكان.

• يجب تجنب أوجه القصور الناتجة عن التخطيط السيء للتطبيقات للمنصات.

• حجم الكود البرمجي (Code size):

• عادةً ما يتم تخزين الكود البرمجي المطلوب تشغيله على نظام مضمن مع النظام والذي في أغلب الأحيان لا يحتوي ذاكرة تخزين كافية، لذلك يجب أن يكون حجم الكود البرمجي صغيراً قدر الإمكان للتطبيق المطلوب.

• الوزن (Weight):

• يجب أن تكون جميع الأنظمة المضمنة خفيفة الوزن.

• غالباً ما يكون الوزن المنخفض حجة مهمة لشراء نظام معين.

• التكلفة (Cost):

• القدرة على تلبية المتطلبات باستخدام أقل قدر من موارد الأجهزة والطاقة.

• من أجل تقليل استهلاك الطاقة، يجب أن تكون ترددات الساعة وجهد الإمداد أصغر ما يمكن. أيضاً،

• يجب استخدام الأجهزة الضرورية فقط وبالتالي حذف المكونات التي لا تعمل على تحسين وقت تنفيذ الحالة الأسوأ (مثل العديد من ذاكرات التخزين المؤقت أو وحدات إدارة الذاكرة).

# مفاهيم عامة



- نظم الزمن الحقيقي Real-time Systems:
- الخصائص المشتركة:
  - تحليل النظام السيبراني الفيزيائي
  - غالباً ما يتم توصيل الأنظمة المضمنة بالبيئة المادية من خلال مجموعة من الحساسات التي تجمع المعلومات حول تلك البيئة والمحركات التي تتحكم في تلك البيئة.
  - غالباً ما يتجاهل تحليل وتصميم النظام المضمن الارتباط الفيزيائي السابق وعضواً عنه يتم التركيز على برمجة وحدات التحكم الدقيقة.
  - وعليه يمكن المساعدة في تحرير تصميم النظام المضمن من برمجة وحدات التحكم الدقيقة.
- تحقيق قيود الزمن الحقيقي:
  - قد يؤدي عدم إكمال عمليات المعالجة خلال إطار زمني معين إلى خسارة فادحة في الجودة التي يوفرها النظام (على سبيل المثال جودة الصوت أو الفيديو) أو قد يتسبب في ضرر للمستخدم (على سبيل المثال ، في حالة السيارات والقطارات أو الطائرات لا تعمل بالطريقة المتوقعة).
- نظام التفاعلي (reactive system):
  - هو النظام الذي يتفاعل باستمرار مع بيئته ويتم تنفيذه بوتيرة تحددها تلك البيئة
- أنظمة هجينة (hybrid systems):
  - تعتبر العديد من الأنظمة المدمجة أنظمة هجينة
  - بمعنى أنها تحتوي على أجزاء تشابهية ورقمية.
- استخدام واجهات مخصصة تتكون من أزرار ضغط وأدوات تحكم أخرى
  - لا يمكن التنبؤ بأن معالجة المعلومات متضمنة
- مخصص لتطبيق معين:
  - هناك سببان رئيسيان لذلك:
    - قد يؤدي تشغيل برامج إضافية إلى جعل هذه الأنظمة أقل موثوقية.
    - لا يمكن تشغيل برامج إضافية إلا إذا كانت هذه الأنظمة تحتوي على ذاكرة غير مستخدمة.
  - وهو ما يناقض خصائص الأنظمة الفعالة وهو: يجب عدم وجود موارد غير مستخدمة في نظام فعال.
- حالياً تتجه الأنظمة إلى كونها ديناميكية ومتعددة المهام مثل الهواتف الذكية
- تعتبر مجال قليل الاهتمام ضمن التدريس والمناقشات العامة
- شمولية المعدات اللازمة لجعل الموضوع ممتعاً وعملياً. بالإضافة إلى أن الأنظمة المضمنة بالزمن الحقيقي معقدة جداً

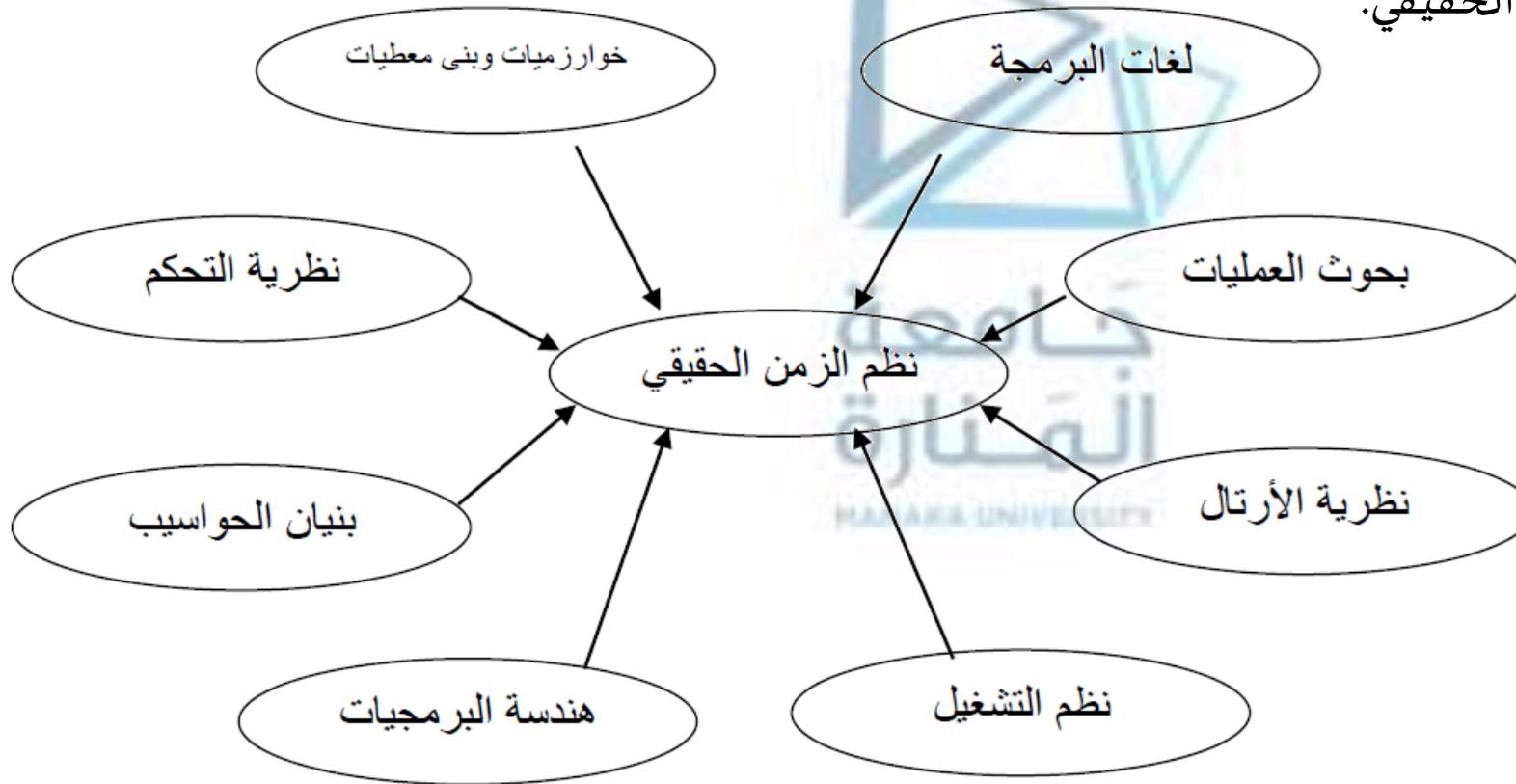
# مفاهيم عامة

- نظم الزمن الحقيقي Real-time Systems:
- بعض التحديات في تصميم الأنظمة المضمنة:
  - يجب أن تكون الأنظمة المضمنة موثوقة، حيث يتجاوز مستوى الاعتمادية المستوى التقليدي للأنظمة الشبيهة بأجهزة الكمبيوتر (متعددة المهام)
  - التوافق بين الكفاءة والمرونة
  - مثال: يوفر تعيين المواصفات للأجهزة أفضل كفاءة في استخدام الطاقة. إلا أن تنفيذ الأجهزة باهظة الثمن ويتطلب أوقات تصميم طويلة.
  - لذلك لا توفر تصميمات الأجهزة المرونة الكافية لتغيير التصميمات حسب الحاجة
  - يجب أن تفي الأنظمة المضمنة بالعديد من المتطلبات غير الوظيفية مثل قيود الزمن الحقيقي وكفاءة الطاقة ومتطلبات الاعتمادية.
  - تعتبر عملية الحصول على المتطلبات غير الوظيفية من الأمور الصعبة
  - يجب على الأنظمة المضمنة تأكيد قيود الزمن الحقيقي، حيث تعتبر إدارة الزمن من أكبر التحديات
  - تتمتع الأنظمة الحقيقية بأنها متزامنة بشكل عميق. وبالتالي ، فإن إدارة التزامن هي تحدٍ رئيسي آخر.
  - الأنظمة المدمجة الحقيقية معقدة.
  - مثال: يجب معرفة ما إذا كان بإمكاننا إضافة نظام GPS إلى مصادر المعلومات في السيارة دون زيادة التحميل على شبكة الاتصال.
  - لغات البرمجة التقليدية ليست أفضل طريقة لوصف الأنظمة المتزامنة المعتمدة على الزمن.

# مفاهيم عامة

• نظم الزمن الحقيقي Real-time Systems:

• المجالات المرتبطة بنظم الزمن الحقيقي:



# مفاهيم عامة

- نظم الزمن الحقيقي Real-time Systems:
- الأمور الواجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم النظم:
  - اختيار العتاد المادي والبرمجيات وإيجاد الحل الأمثل بالكلفة الأقل.
  - تحديد مواصفات النظام وتصميمه واختيار التمثيل الأفضل لسلوكه الزمني.
  - فهم الفروق بين لغات البرمجة المختلفة ومدى ملاءمتها لنظم الزمن الحقيقي.
  - تصميم النظام بحيث تكون وثوقيته وتحمله للأخطاء أكبر ما يمكن.
  - اختبار النظام بدقة.
  - الاستفادة من تقنية النظم المفتوحة والمتوافقة قدر الإمكان.
- النظام المفتوح هو مجموعة مستقلة وقابلة للتوسع من التطبيقات التي تتعاون لتعمل كنظام متكامل
- قياس وتقدير زمن الاستجابة للإجراءات ومحاولة تصغيرها قدر الإمكان، وإجراء تحليل لإمكانية جدولة الإجراءات،
- أي إمكانية إيجاد ترتيب ما لجدولة الإجراءات بحيث تحترم جمعها حدودها الزمنية المطلوبة

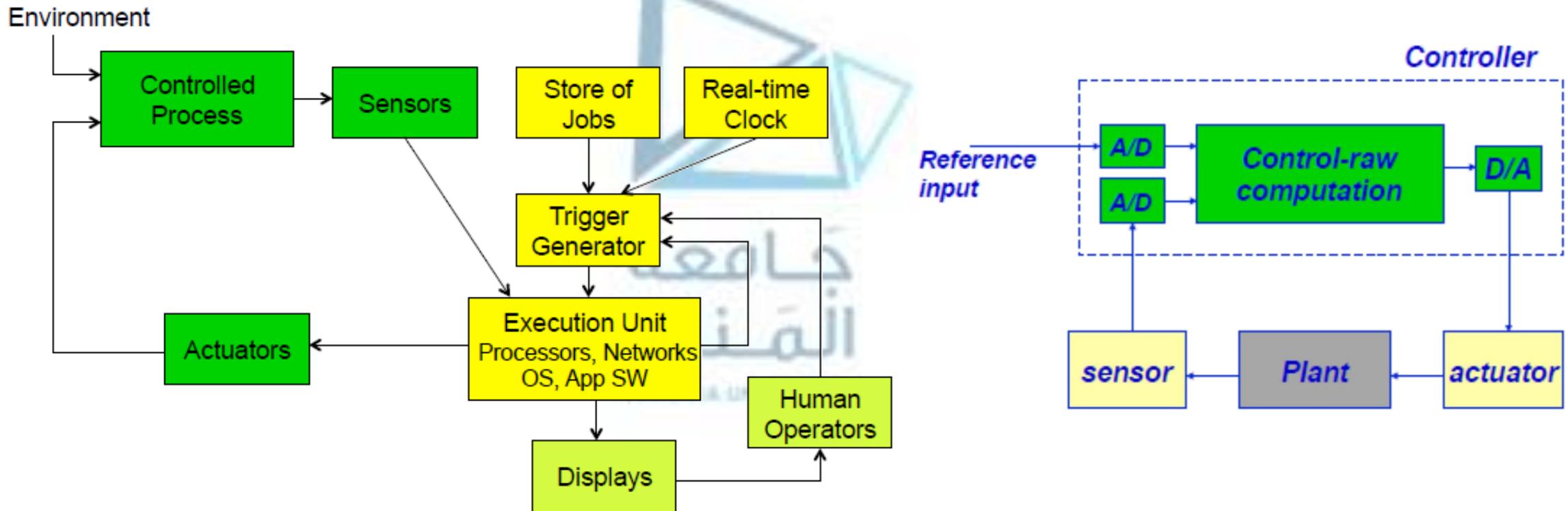
# مفردات المنهاج

- أساسيات النظم المضمنة في الزمن الحقيقي
- عناصر وتقنيات النظم المضمنة في الزمن الحقيقي
- تصميم النظم المضمنة في الزمن الحقيقي



# المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

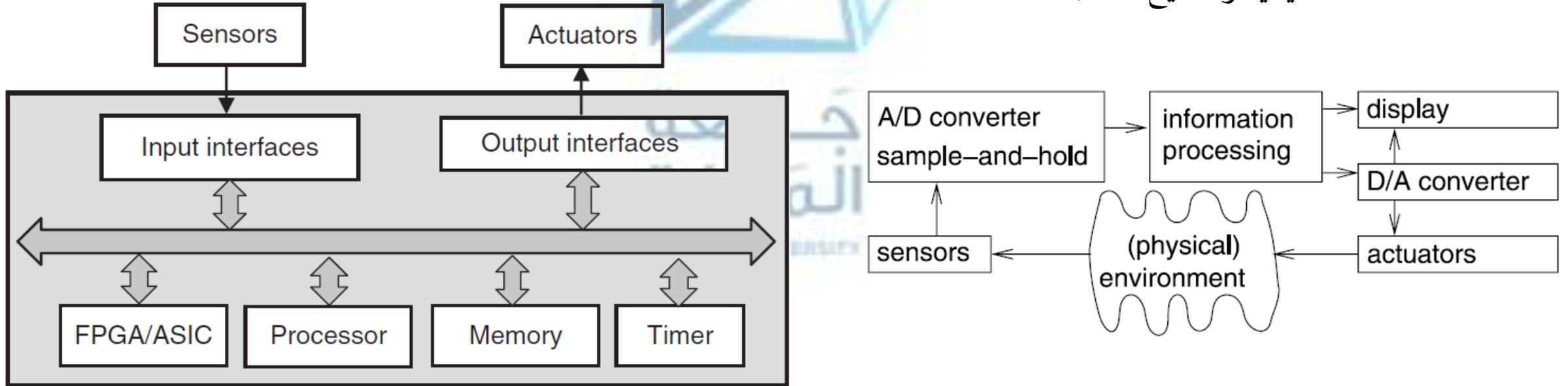
- الهيكلية العامة للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:



# المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

• المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:

• هناك اختلاف كبير في مجموعة مكونات الأجهزة المستخدمة في الأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي والتي تتراوح من الأنظمة الصغيرة مثل تلك الموجودة في ماكينات صنع القهوة والساعات الرقمية إلى الأنظمة الكبيرة والمعقدة مثل أنظمة التحكم في السكك الحديدية ومفاتيح الاتصالات المتنقلة .،



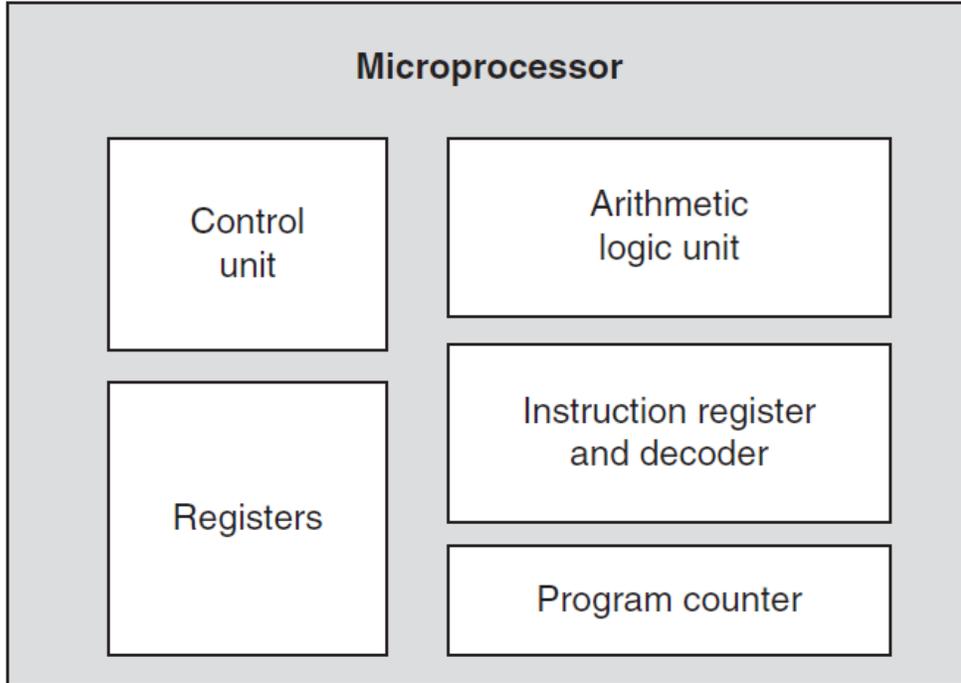
# المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

## • المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:

### • وحدة المعالجة:

- تختلف المعالجات المستخدمة في الأنظمة المضمنة حسب الحاجة إلى المعالجة الحسابية للتطبيق المضمن
  - تقع ضمن فئتين عامتين.
  - المعالجات الدقيقة للأغراض العامة
  - المعالجات ذات الأغراض الخاصة.
- تعتبر المتحكمات الدقيقة والدوائر المتكاملة الخاصة بالتطبيقات (ASICs) أكثر المعالجات ذات الأغراض الخاصة شيوعاً
- الميزة الرئيسية للمعالجات هي مرونتها.
- باستخدام المعالجات ، يمكن تغيير السلوك العام للأنظمة المضمنة بمجرد تغيير البرنامج الذي يعمل على تلك المعالجات.
- متطلبات التغييرات في السلوك:
  - لتصحيح أخطاء التصميم
  - لتحديث النظام إلى معيار جديد
  - من أجل إضافة ميزات إلى النظام السابق.
- لهذا السبب، أصبحت المعالجات شائعة جداً.
- يجب أن تكون المعالجات المضمنة فعالة ولا تحتاج إلى أن تكون مجموعة تعليمات متوافقة مع أجهزة الكمبيوتر الشخصية شائعة الاستخدام (أجهزة الكمبيوتر). لذلك ، قد تختلف بنيتها عن تلك الموجودة في أجهزة الكمبيوتر.

# المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي



## • المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:

### • وحدة المعالجة:

#### • المعالجات الدقيقة (Microprocessors):

- تستخدم العديد من الأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي معالجات دقيقة للأغراض العامة.
- تحتوي على جميع وظائف وحدة المعالجة المركزية (CPU) أو معظمها..
- تم تصميمها لأداء العمليات الحسابية والمنطقية التي تستخدم وحدات تخزين صغيرة تسمى السجلات.
- يحتوي على وحدة تحكم مسؤولة عن توجيه المعالج لتنفيذ تعليمات البرنامج المخزن.
- تتصل مع كل من وحدة الحساب والمنطق (ALU) والذاكرة.
- يتم تخزين جميع التعليمات التي يتم جلبها من الذاكرة في سجل التعليمات كقيم ثنائية.
- يقرأ مفكك التشفير تلك القيم ويخبر وحدة الـ ALU بالوحدات الوظيفية التي يجب تنشيطها من أجل أداء الوظيفة.
- تقوم وحدة الحساب والمنطق (ALU) بتنفيذ العمليات الحسابية الصحيحة والعمليات المنطقية على مستوى البت.
- يقوم عداد البرنامج بتخزين عنوان التعليمات التالية ليتم تنفيذها.
- تعتمد النظام الثنائي في تنفيذ وظائفها وعملياتها

# المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

• المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:

• وحدة المعالجة:

• المعالجات الدقيقة (Microprocessors):

• متطلبات الكفاءة:

• كفاءة الطاقة:

• يجب تحسين البنى من أجل كفاءة استخدام الطاقة

• يجب التأكد من عدم فقدان الكفاءة في عملية إنشاء البرامج.

• بعض التقنيات المستخدمة:

• تقنية الـ Gated clocking:

• يتم فصل أجزاء من المعالج عن نبضات الساعة أثناء فترات الخمول

• تقنية إدارة الطاقة الديناميكية (Dynamic power management DPM):

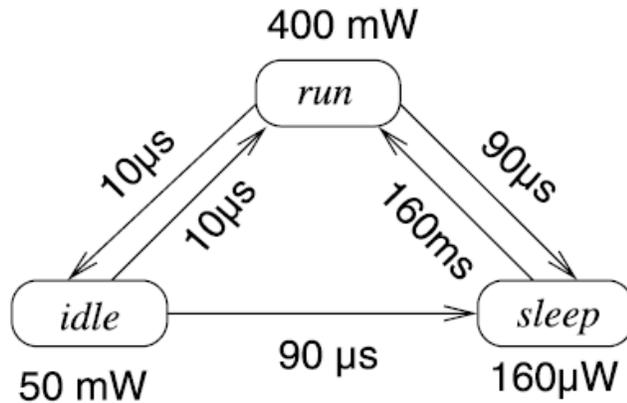
• تتمتع المعالجات بعدة حالات لتوفير الطاقة بالإضافة إلى حالة التشغيل القياسية.

• لكل حالة من حالات توفير الطاقة استهلاك طاقة مختلف ووقت مختلف للانتقال إلى حالة التشغيل

• تقنية مقياس الجهد الديناميكي (Dynamic voltage scaling DVS):

• يعتمد على حقيقة أن استهلاك الطاقة لمعالجات CMOS يزداد تربيعاً مع جهد التغذية  $V_{dd}$ .

• تغيير الجهد ليناسب جهد إدخال الترانزستور المطلوب لتشغيل الترانزستور



# المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
  - وحدة المعالجة:
    - المعالجات الدقيقة (Microprocessors):
      - متطلبات الكفاءة:
        - كفاءة حجم الكود البرمجي:
          - يعد تقليل حجم الكود أمرًا مهمًا جدًا للأنظمة المضمنة
          - بسبب كون محركات الأقراص الثابتة غير متوفرة عادةً ولأن سعة الذاكرة عادةً ما تكون محدودة جدًا أيضًا.
          - يعتبر متطلب هام في الأنظمة الموجودة على شريحة (SoCs)
          - تتواجد الذاكرة والمعالجات على نفس الشريحة. والتي تسمى بالذاكرة المضمنة (المدمجة).
          - تصنيع الذاكرة المدمجة أكثر تكلفة من تصنيع رقائق الذاكرة المنفصلة، حيث يجب أن تكون عمليات تصنيع الذكريات والمعالجات متوافقة.
        - بعض التقنيات المستخدمة:
          - البنية المعمارية CISC:
            - تم تصميم معالجات RISC القياسية من أجل السرعة وليس لكفاءة حجم الكود، بينما معالجات الـ CISC تم تصميمها بالفعل من أجل كفاءة حجم الكود،
            - حيث كان يجب توصيلها بذواكر بطيئة ولم يتم استخدام ذواكر الـ Cache.
          - تقنيات الضغط:
            - تستخدم من أجل تقليل كمية السيليكون اللازمة لتخزين التعليمات وكذلك لتقليل الطاقة اللازمة لجلب هذه التعليمات،
            - يتم تخزين التعليمات بشكل متكرر في الذاكرة في شكل مضغوط مما يقلل من المساحة وكذلك الطاقة اللازمة لجلب التعليمات.
            - نظرًا لمتطلبات عرض الحزمة المنخفضة، يمكن أن تكون عملية جلب التعليمات أسرع أيضًا.

# المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
  - وحدة المعالجة:
    - المعالجات الدقيقة (Microprocessors):
      - متطلبات الكفاءة:
        - كفاءة زمن التشغيل:
          - من أجل تلبية قيود الزمن دون الحاجة إلى استخدام ترددات ساعة عالية
          - يمكن تخصيص بنية النظام لمجالات تطبيق معينة: مثل معالجة الإشارات الرقمية (DSP)
          - يمكن تصميم معالجات مجموعة التعليمات الخاصة بالتطبيق (ASIPs)
        - مثال: معالجات معالجة الإشارات الرقمية (DSP)
        - توفر معالجات DSP عددًا من الميزات الأخرى الموجهة لمجال التطبيقات:
          - نماذج عنونة مخصصة
          - وحدات توليد عناوين منفصلة
          - وحدة حساب تشبعي: يؤدي التشبع الحسابي إلى تغيير طريقة معالجة حالات الـ overflows و underflows
          - يتم إرجاع نتيجة أقرب ما يمكن إلى النتيجة الحقيقية. بحيث يتم إرجاع أكبر قيمة في حالة الـ overflows بينما يتم إرجاع أصغر قيمة في حالة الـ underflows.
          - وحدة الحساب للفاصلة الثابتة
          - تزيد وحدة الحساب للفاصلة العائمة من تكلفة المعالجات واستهلاكها للطاقة.
          - تم تقدير أن 80٪ من معالجات DSP لا تمتلك وحدة فاصلة عائمة
        - القابلية في الزمن الحقيقي (Real-time capability):
          - تم تصميم بعض ميزات المعالجات الحديثة المستخدمة في أجهزة الكمبيوتر لتحسين متوسط وقت تنفيذ البرامج.
          - غالباً ما يكون من الصعب ، إن لم يكن من المستحيل ، التحقق فعلياً من أنها تحسن زمن التنفيذ الأسوأ.
          - في مثل هذه الحالات ، قد يكون من الأفضل عدم تنفيذ هذه الميزات.