

النظم المضمنة في الزمن الحقيقي

Real Time Embedded Systems



Dr.-Eng. Samer Sulaiman

2020-2021

المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
 - وحدة المعالجة:

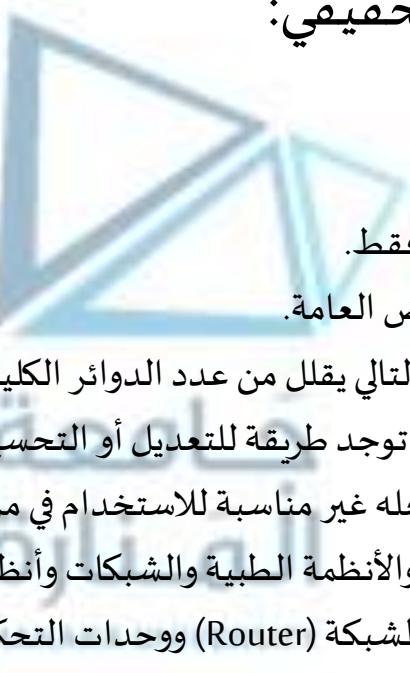


- المتحكمات الدقيقة (Microcontrollers):
 - بالمقارنة مع المعالجات الدقيقة للأغراض العامة، فإن المتحكم الدقيق هو نظام قائم بذاته
 - يتضمن أجهزة طرفية وذاكرة ومعالج
 - مصمم لأداء مهام محددة.
 - تُستخدم في الأنظمة التي يتم فيها تحديد العلاقة بين المدخلات والمخرجات بوضوح.
 - مثال:

- فأرة الكمبيوتر وألة الغسيل والكاميرا الرقمية والميكروويف والسيارة والهاتف الخلوي والساعة الرقمية.
- نظراً لأن التطبيقات محددة جداً، فهي لا تتطلب سوى القليل من الموارد مثل ذاكرة الوصول العشوائي وذاكرة القراءة فقط ومنفذ الإدخال / الإخراج
- وعليه يمكن تضمينها في شريحة واحدة مع المعالج ، وهذا بدوره يقلل الحجم والتكلفة.
- يعتبر أرخص من المعالجات الدقيقة
- يتم تصنيعها بشكل عام باستخدام تقنية (CMOS)
- هي عبارة عن نظام تصميم كفء يستخدم طاقة أقل وأكثر مناعة ضد ارتفاعات الطاقة مقارنة بالتقنيات الأخرى.

المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
 - وحدة المعالجة:



- الدوائر المتكاملة الخاصة بالتطبيقات (ASICs)
 - هو جهاز مصمم لتطبيق واحد ولغرض محدد فقط.
 - يتم استخدامه كبديل للدوائر المنطقية للأغراض العامة.
 - يدمج العديد من الوظائف في شريحة واحدة وبالتالي يقلل من عدد الدوائر الكلية المطلوبة.
 - مكلفة للغاية في التصنيع، وبمجرد تصنيعها ، لا توجد طريقة للتعديل أو التحسين
 - الافتقار إلى قابلية البرمجة والتكلفة العالية تجعله غير مناسبة للاستخدام في مرحلة النماذج الأولية لدورة تصميم النظام
 - تستخدم على نطاق واسع في أنظمة الاتصالات وأنظمة الطبية والشبكات وأنظمة الوسائط المتعددة
 - مثال الهاتف المحمولة وأجهزة توجيه الشبكة (Router) ووحدات التحكم في الألعاب.
- معظم شرائح SoC هي أيضاً ASICs (Systems-on-a-Chip) هي أيضاً ASICs
- يمكن اعتبار المتحكمات الدقيقة نوعاً من ASIC الذي ينفذ برنامجاً ويمكنه القيام بأشياء عامة
- نتيجة لذلك. بالنسبة إلى تطبيق معين ، عادةً ما تكون استخدام ASIC أكثر فعالية من استخدام الطرق القائمة على البرامج التي تعمل على المعالجات الدقيقة..

المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
 - وحدة المعالجة:



- Field-Programmable Gate Arrays (FPGAs)
 - هي ASIC قابلة للبرمجة.
 - تحتوي على شبكة منتظمة من الخلايا المنطقية التي يمكن إعادة تكوينها بسرعة.
 - مما يسهل النماذج الأولية السريعة للأنظمة المدمجة.
 - تستخدم بشكل شائع أثناء تصميم النظام.
 - يتم استبدالها عادةً في المنتج النهائي بدوائر مخصصة ، مثل رقائق ASIC ، بسبب الأداء العالي والتكلفة المنخفضة.
 - يمكن استخدامها في المنتج النهائي عندما تكون إعادة التكوين جزءاً أساسياً من وظائف نظام م ضمن في الزمن الحقيقي
 - يمكن استخدامها لحل أي مشكلة يمكن معالجتها.
 - تشمل التطبيقات المحددة لـ FPGAs معالجة الإشارات الرقمية ، والراديو المحدد بالبرمجيات ، والنماذج الأولية لـ ASIC ، والتصوير الطبي ، والرؤية الحاسوبية ، والتعرف على الكلام ، والتشفير ، والمعلوماتية الحيوية ، ومضاهاة أجهزة الكمبيوتر ، وعلم الفلك الراديوي ، والكشف عن المعادن ، ومجموعة متزايدة من المجالات الأخرى.
- كما يوجد أنواع أخرى من المعالجات التي يمكن استخدامها في تصميم الأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي
 - Application-Specific Instruction Set Processors (ASIPs)
 - Multicore Processors

المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
- الذاكرة وذاكرة التخزين المؤقت (Memory and Cache):
- هي أحد المكونات الأساسية للأنظمة المضمنة ،
- البنية الأساسية لذاكرة هي خلية الذاكرة، والتي تعتبر دائرة إلكترونية تخزن بــاً واحداً من المعلومات الثنائية
- يتم الحفاظ على قيمتها حتى يتم تغييرها من خلال عملية الضبط / إعادة التعيين.
- تُستخدم الذاكرة لتخزين كل من البرامج والبيانات.
- يجب تخزين البيانات والبرامج واعدادات FPGA في نوع من الذاكرة. والتي يجب أن يتم ذلك بطريقة فعالة.
- الكفاءة (الفعالية) هنا تعني وقت التشغيل وحجم الكود وتوفير استهلاك الطاقة.
- تتطلب كفاءة حجم الكود مترجماً جيداً ويمكن تحسينها بضغط الكود
- يمكن استغلال التسلسلات الهرمية لذاكرة من أجل تحقيق وقت تشغيل جيد وكفاءة في استخدام الطاقة.
- السبب الأساسي هو أن الذاكرة الكبيرة تتطلب طاقة أكبر لكل وصول وهي أيضاً أبطأ من الذاكرة الصغيرة.
- يفضل استخدام ذواكر أصغر وأسرع تعمل كـBuffer بين الذاكرة الرئيسية والمعالج.
- خلافاً للأنظمة الشبيهة بالكمبيوتر الشخصي ، يجب أن تضمن بنية الذاكرة الصغيرة أداءً يمكن التنبؤ به في الزمن الحقيقي.

المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي



- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:

- الذاكرة وذاكرة التخزين المؤقت (Memory and Cache):

- أنواع الذاكرة المستخدمة في الأنظمة المضمنة:

- Read-OnlyMemory (ROM): تحفظ البيانات بشكل دائمًا حتى بعد انقطاع مصدر الطاقة

- PROM (Programmable Read-Only Memory)

- EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory)

- EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)

- Flash

- بعد الفلاش أحدث إصدار من ذاكرة (ROM) وهو أكثر التقنيات شيوعاً المستخدمة في تصميم الأنظمة المضمنة

- ذاكرة الفلاش هي وسيلة تخزين إلكترونية (صلبة) يمكن محواها كهربائياً وإعادة برمجتها.

- ذاكرة الفلاش تقنياً هي نوع من EEPROM

- Random-Access Memory (RAM): تحفظ البيانات طالما مصدر الطاقة متاح. وبالتالي تفقد بياناتها بمجرد انقطاع مصدر الطاقة

- static RAM (SRAM)

- أغلى بالإنتاج

- أقل استهلاك للطاقة

- dynamic RAM(DRAM)

- أرخص بالإنتاج

- أكثر استهلاك للطاقة

- SDRAM (synchronous DRAM)

- تعتبر من أنواع الذاكرة الديناميكية DRAM

- متزامنة مع نبضات الساعة المستخدمة في النظام

المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي



- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:

- الذاكرة وذاكرة التخزين المؤقت (Memory and Cache):

- أنواع الذاكرة المستخدمة في الأنظمة المضمنة:

- Read-OnlyMemory (ROM): تحفظ البيانات بشكل دائمًا حتى بعد انقطاع مصدر الطاقة

- PROM (Programmable Read-Only Memory)

- EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory)

- EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)

- Flash

- بعد الفلاش أحدث إصدار من ذاكرة (ROM) وهو أكثر التقنيات شيوعاً المستخدمة في تصميم الأنظمة المضمنة

- ذاكرة الفلاش هي وسيلة تخزين إلكترونية (صلبة) يمكن محواها كهربائياً وإعادة برمجتها.

- ذاكرة الفلاش تقنياً هي نوع من EEPROM

- Random-Access Memory (RAM): تحفظ البيانات طالما مصدر الطاقة متاح. وبالتالي تفقد بياناتها بمجرد انقطاع مصدر الطاقة

- static RAM (SRAM)

- أغلى بالإنتاج

- أقل استهلاك للطاقة

- dynamic RAM(DRAM)

- أرخص بالإنتاج

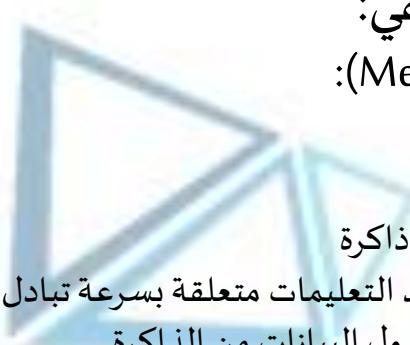
- أكثر استهلاك للطاقة

- SDRAM (synchronous DRAM)

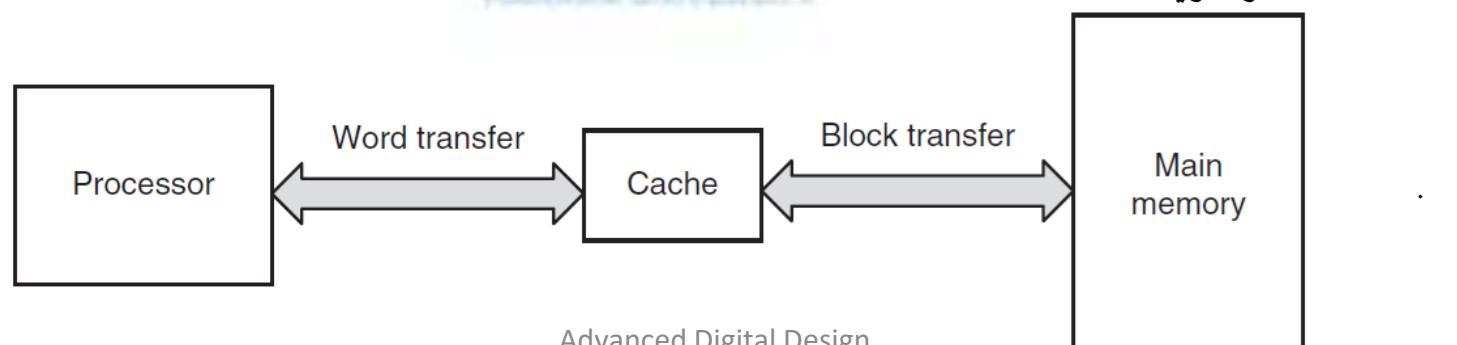
- تعتبر من أنواع الذاكرة الديناميكية DRAM

- متزامنة مع نبضات الساعة المستخدمة في النظام

المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي



- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
- الذاكرة وذاكرة التخزين المؤقت (Memory and Cache):
- أنواع الذاكر المستخدمة في الأنظمة المضمنة:
 - Cache Memory
- في الأنظمة التي تحتوي على معالج سريع مع ذاكرة
- تكون سرعة استجابة النظام لتنفيذ التعليمات المتعلقة بسرعة تبادل البيانات بين المعالج والذاكرة
- يبقى المعالج في حالة خمول حتى وصول البيانات من الذاكرة
- من أجل تحسين سرعة استجابة النظام يجب تحسين سرعة تبادل البيانات بين المعالج والذاكرة
- تستخدم ذواكر Cache التقنية المتبعة في ذواكر RAM وبسبب صغر حجمها تكون سرعة تبادل البيانات مع المعالج أسرع مقارنة مع ذواكر RAM
- تستخدم ذواكر Cache لتخزين التعليمات الأكثر استخداماً من قبل المعالج
- تم حل مشكلة بطء استجابة الأنظمة عن طريق استخدام ذواكر Cache بين المعالج والذاكرة RAM
- يقوم المعالج أولاً باختبار وجود البيانات ضمن ذاكرة Cache وفي حال عدم وجود البيانات المطلوبة ضمن ذاكرة Cache يقوم باستدعاءها من الذاكرة الرئيسية RAM



المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
- واجهات الإدخال والإخراج (I/O Interfaces):
 - تتصل المعالجات المستخدمة في الأنظمة المضمنة مع الوسط المحيط عن طريق واجهات ادخال/اخراج
 - تعمل هذه الواجهات على تحويل الإشارات والبيانات المتبادلة بين المعالجات والوسط المحيط إلى الشكل المناسب والمطلوب
 - يتم تحويل الإشارات التشابهية القادمة من وحدات الدخول إلى إشارات رقمية يمكن استخدامها ضمن المعالجات (ADC)
 - بينما يتم تحويل الإشارات الرقمية الناتجة عن المعالجات إلى إشارات تشابهية تناسب أجهزة الخرج المستخدمة (DAC)
 - مثال: في أنظمة ABS المستخدمة في السيارات نحتاج إلى:
 - ADC لتحويل إشارة الدخول والتي هي على الأغلب جهد إلى إشارة رقمية مفهومة لمعالج النظام
 - DAC لتحويل إشارة خرج معالج النظام إلى إشارة تشابهية ليتم استخدامها في عملية التحكم
 - عند تصميم الأنظمة المدمجة في الزمن الحقيقي يجبأخذ دقة وحساسية واجهات الادخال بعين الاعتبار
 - مثال: بفرض لدينا ADC بـ 16 بت و مجال دخل $[0, 5V]$
 - يمكن حساب المعاملات الضرورية لهذه الواجهة على الشكل التالي:

$$\text{Quantization levels: } L = 2^{16} = 65536$$

$$\text{Quantization intervals: } I = N - 1 = 65535$$

$$\text{Resolution: } Q = (V_{refH} - V_{refL})/I = 5/65535 = 0.000076 \text{ V}$$

$$\text{Maximum quantization error: } E = Q/2 = 0.000038 \text{ V}$$

المكونات الأساسية للنظم المضمنة في الزمن الحقيقي

- المكونات المادية للأنظمة المضمنة في الزمن الحقيقي:
 - واجهات الإدخال والإخراج (I/O Interfaces):
 - في الحياة العملية يمكن أن يتضمن النظام المضمن أكثر من واجهة إدخال/إخراج متصلة مع وحدات محاطية متعددة
 - تمتلك كل وحدة محاطية عنوان واحد فريد خاص بها
 - عندما يرغب المعالج بالتوصل مع أحدي هذه الوحدات المحاطية يجب استخدام عنوان هذه الوحدة المحاطية
 - يجب تضمين هذا العنوان ضمن التعليمات
 - يجب على واجهات الإدخال/الإخراج أن تستخلص العنوان الموجود ضمن التعليمات والتأكد فيما إذا كان تنفيذ هذه التعليمات مخصص لها أم لا
 - التقنيات المستخدمة في واجهات الإدخال والإخراج:
 - port-mapped I/O وتسمى أيضاً isolated I/O
 - يستخدم مساحة عنونة منفصلة عن الذاكرة الرئيسية ،
 - يتم تحقيقها بواسطة منفذ إدخال / إخراج إضافي ضمن الواجهة المادية لوحدة المعالجة المركزية
 - أو عن طريق ناقل مخصص للإدخال / الإخراج.
 - يتم الوصول إلى أجهزة الإدخال / الإخراج عبر مجموعة مخصصة من إرشادات المعالجات الدقيقة.
 - نظرًا لأن مساحة العنوان للإدخال / الإخراج معزولة عن مساحة الذاكرة الرئيسية ، يُشار إلى ذلك أحيانًا باسم الإدخال / الإخراج المعزول memory-mapped I/O
 - يتم تعين ذاكرة أجهزة الإدخال / الإخراج الطرفية في خريطة الذاكرة الرئيسية.
 - هناك عناوين في ذاكرة المعالج لن تتوافق فعليًا مع ذاكرة الوصول العشوائي ولكن مع ذاكرة الأجهزة الطرفية.
 - بسيط في التصميم
 - لأن I/O port-mapped يتطلب إما منفذ إضافية في المعالج أو ناقل منفصل بالكامل ، بينما لا يحتوي memory-mapped I/O على هذا التعقيد الإضافي.
 - يعتبر أيضًا أكثر كفاءة بسبب محدودية التعليمات من حيث القدرة ضمن تقنية port-mapped I/O