ألأنظمة المدمجة Systems Embedded Embedded system: computing systems designed النظام المضمن: أنظمة الحوسبة المصممة لغرض معين. .purpose specific a for ألأنظمة المدمجة في كل مكان! !everywhere are systems Embedded 2 Embedded Systems are getting more complex ر Modern تعقيدا أصبحت ألأنظمة المضمنة أكب high-end cars have over one hundred processors. تحتوي السيارات الحديثة المتطورة على أكثر من مائة معالج. Increasing number ofsensors, actuators, smart control, GUI.. زيادة عدد أجهزة االستشعار والمحركات الذكية التحكم ، واجهةالالل_ المستخدم الرسومية .. دمج البيانات الذكي. .fusion data Intelligent F-35 Lightning II Helmet Mounted Display System نظام عرض مثبت على خوذة Optical Track. المسار البصري. ... are more Interconnected ... ترابطا ر أكب Command-and-control network – real-time integration of vehicles, people, command. شبكة القيادة والتحكم ـ التكامل في الوقت الحقيقي للمركبات وألشخاص والقيادة. Geotagging: useful or scary? 4 + وضع العالمات الجغرافية: مفيد أم مخيف؟ ● Many other examples ● العديد من ألمثلة ألخرى شبكة الطاقة Grid Power– ألنظمة الطبية Medicalsystems– النقل Transportation– – Etc. CPS – the next evolution CPS – 5 ل التطور التا Cyber-physicalsystems: integration of computation with physical processes. Still build on top of embedded computing systems. Interaction with the physical environment is promoted to a “first class citizen”. يائية ز ألنظمة السيربانية الف ب : تكامل الحساب مع العمليات المادية. زن ي عىل أنظمة الحوسبة المضمنة ال تزال تب . يتم تعزيز التفاعل مع البيئة المادية إىل "مواطن من الدرجة ألولىل". Promotes interaction and integration ofsubsystemsز الفرعية ألنظمة يعزز التفاعل والتكامل ب Classic safety-critical embedded systems: black boxes ذات الكالسيكية المدمجة ألنظمة ألهمية الحرجة للسالمة: الصناديق السوداء CPS: white-boxes, open protocols CPS: المفتوحة الربوتوكوالت ، البيضاء الصناديق ألهداف الرئيسية :goals Main Co-design the cyber and physical part of the system ي تصميم الجزء السيربان ز ي ز المشاركة ف والمادي من النظام Engineer a “system of systems” "هندسة "ألنظمة نظام CPS applications تطبيقات CPS Several new application only possible thanks to the CPS revolution! العديد من التطبيقات الجديدة ممكنة فقط بفضل ثورة CPS Integrated operating room: seemingly connect medical devices, plug-and-play functionality غرفة عمليات متكاملة: يبدو – Currently: a cable mess حاليا: فوضى في الكابالت – ● Smart power grid: predict and response to varying conditions in supply and demand of power. شبكة الطاقة الذكية: المتغيرة في العرض والطلب على الطاقة ● An other ignored requirement for sustainable energy... 6 شرط آخر تم تجاهله ل الطاقة المستدامة... CPS applications تطبيقات CPS Other application are an evolution of existing systems. التطبيقات ألخرى هي تطور ألنظمة القائمة. Unmanned Arial Vehicles بدون طيار Arial مركبات Autonomous Vehicles 7 المركبات ذاتية القيادة CPS Requirements متطلبات CPS 8 أمان Safety 1. All such systemsinteract with the environment. تتفاعل جميع هذه ألنظمة مع البيئة. System failure can have catastrophic consequences. يمكن أن يكون لفشل النظام عواقب وخيمة. System correctness depends on both logical results and the time at which results are produced (real-time). تعتمد صحة النظام على كل من النتائج المنطقية والوقت الذي تكون فيه النتائج يتم إنتاجها)في الوقت الحقيقي(. أداء Performance 2. Safety is number#1 requirement, but we still need to achieve sufficient performance. ، 1 # السالمة هي المتطلبات رقم لكننا ما زلنا بحاجة إىل تحقيق ما يكفي اداء Many systems are resource constrained (in either weight, power, cost, etc.) قابلية التشغيل البيني. إلخ.(، سواء في الوزن أو القوة أو التكلفة العديد من ألنظمة مقيدة بالموارد) Interoperability 2. Individual subsystems connected by open protocols. ألنظمة الفرعية الفردية المتصلة ببروتوكوالت مفتوحة. CPS as multidisciplinary approach كنهج متعدد التخصصات CPS 9 CPS design requires competences in... يتطلب تصميم CPS هندسة الكمبيوتر ... كفاءات في Architecture Computer CAD & Embedded Design CAD المضمن والتصميم هندسة البرمجيات Engineering Software تحكم Control التحقق

الرسمي Verification Formal تحليل الوقت الحقيقي Analysis Time-Real ... plus whatever engineering field(s) are related to the design of the plant/actuator. ... / بالإضافة إلى أي مجال)مجاالت(هندسية مرتبطة بتصميم مصنع مشغل Problem: all such field and subfields have very different design & development conventions. المشكلة: كل هذه الحقول والحقول الفرعية لها اصطالحات تصميم وتطوير مختلفة جدا. Perhaps we need a new science of CPS design? ربما نحتاج إلى علم جديد لتصميم CPS؟ CPS Challenges – Design Abstractions تجريدات التصميم ـ CPS تحديات We could argue that the biggest design challenge is in abstractions – the entire ECE design is a stack-based process. يمكننا أن نجادل بأن التحدي ألكبر للتصميم يكمن في التجريد ـ الكل تصميم هو عملية قائمة على المكدسECE. ● Unfortunately, most such abstractions do not directly encapsulate characteristics of the environment such as: لسوء الحظ ، فإن معظم هذه التجريدات ال تلخص ● بشكل مباشر خصائص البيئة مثل: التزامن Concurrency– ألهمية Criticality– توقيت Timing– ● It is very hard to predict if the cyber part will meet the requirements of the physical part! 10 ● من الصعب جدا التنبؤ بما إذا كان الجزء السيبراني سيلبي متطلبات الجزء المادي! Current Design Flowالحا ل تدفق التصميم The picture below exemplifies a typical design flow for an avionic subsystem. توضح الصورة أدناه تدفق تصميم نموذجي لنظام فرعي إلكتروني للطيران. Analysis is required to verify that requirements are met. التحليل مطلوب للتحقق من استيفاء المتطلبات. Analysis can only be performed after implementation. Recipe for disaster! ال يمكن إجراء التحليل إال بعد التنفيذ. وصفة لكارثة! 11 Current Design Flowالحا ل تدفق التصميم The picture below exemplifies a typical design flow for an avionic subsystem. توضح الصورة أدناه تدفق تصميم نموذجي لنظام فرعي إلكتروني للطيران. Analysis is required to verify that requirements are met. التحليل مطلوب للتحقق من استيفاء المتطلبات. Analysis can only be performed after implementation. Recipe for disaster! ال يمكن إجراء التحليل إال بعد التنفيذ. وصفة لكارثة! 12 In 2007, 12 F-22s were going from Hawaii to Japan. في متجهة من هاواي إلى اليابانFعام 2007 ، كانت 12 طائرة من طراز ـ22 تعرضت. All 12 experienced multiple crashes. جميع ال 12 لحوادث متعددة. ال يوجد مالحة navigation No ال توجد أنظمة فرعية للوقود subsystems fuel No إعادة التشغيل لم تساعد help t'didn Rebooting F-22 has 1.7 million lines of code. 22ـ على 1.7 مليون سطر من التعليمات Fيحتوي البرمجية. F-22 Raptor CPS Challenges- Safety تحديات CPS - 14 السالمة Safety is hard to guarantee in interconnected and interdependent systems. ابطة والمب ر ألنظمة المب ر ي ز يصعب ضمان السالمة ف . 1 ابطة والمب ر ألنظمة المب ر ي ز يصعب ضمان السالمة ف . Do not trust communication channels. االتصال قنوات ي ز ال تثق ف . Ex: medical plug-and-play initiative is looking to interconnect medical devices using wirelesstechnology. على سبيل المثال: تتطلع مبادرة التوصيل والتشغيل الطبية إلى ربط ألجهزة الطبية باستخدام التكنولوجيا الالسلكية. Problem: what happens if somebody jams the signal? المشكلة: ماذا يحدث إذا قام شخص ما بتشويش إلشارة؟ يجب أن يكون كل نظام فرعي آمنا بشكل مستقل .safe independently be must subsystem Each 2. Do not trust the users. يز المستخدم ي ز ال تثق ف . Users are an (unfortunate) part of the systems. جزء المستخدمون. ألنظمة من(مؤسف) Users are very error prone: over 90% of avionic accidents are caused by flight crew/controllers. ر المستخدمون عرضة للخطأ: من أكب ٪90 من حوادث الط بان ناتجة عن الط بان الطاقم / وحدات التحكم. System must be protected against user mistakes المستخدم أخطاء من النظام حماية يجب CPS Challenges- Safety تحديات CPS - 3 السالمة. Do not trust lower-criticality subsystems. ال تثق في 4. ألنظمة الفرعية ذات ألهمية المنخفضة. Medical pacemaker composed of multiple subsystems. جهاز تنظيم ضربات القلب الطبي يتكون من أنظمة فرعية متعددة. Life-critical functionalities: base pacing, wiring, battery وظائف حيوية للحياة: السرعة ألساسية ، ألسالك ، البطارية Non-critical functionalities: adaptive pacing, logging, programming, RF communication. الوظائف غير الحرجة: السرعة التكيفية ، والتسجيل ، والبرمجة ، واتصاالت

الترددات الالسلكية. ▯ Protect life-criticalsubsystem. ▯ حماية النظام الفرعي الحرج للحياة. Pacemaker 15 CPS ال تثق في ألنظمة 4. Challenges- Safety تحديات CPS – السالمة 3. Do not trust lower-criticality subsystems. الفرعية ذات ألهمية المنخفضة. ▯ Medical pacemaker composed of multiple subsystems. ▯ جهاز تنظيم ضربات القلب الطبي يتكون من أنظمة فرعية متعددة. ▯ Life-critical functionalities: base pacing, wiring, battery ▯ وظائف حيوية للحياة: السرعة ألساسية ، ألسالك ، البطارية ▯ Non-critical functionalities: adaptive pacing, logging, programming, RF communication. ▯ الوظائف غير الحرجة: السرعة التكيفية ، والتسجيل ، والبرمجة ، واتصاالت الترددات الالسلكية. ▯ Protect life-criticalsubsystem. ▯ حماية النظام الفرعي الحرج للحياة. Pacemaker 16 التحقق والاعتماد Certification & Verification 17 How do we ensure safety? السالمة؟ نضمن كيف التحقق الرسمي Verification Formal 1. ▯ Build a model of the systems. ▯ لألنظمة نموذج بناء. Prove (mathematically) that the system satisfiessome safety property. ▯ أثبت)رياضيا(أن النظام يفي ببعض خصائص السالمة. ▯ Problem#1: no good model for the whole system. ▯ ال يوجد نموذج جيد للنظام بأكمله :1 # المشكلة. ▯ Problem#2: model is not implementation. المشكلة شهاده. 2 # تنفيذا ليس النموذج Certification 2. ▯ Usually a process-based mechanism: show that you have performed all process step according to some standard . عادة ما تكون آلية testing. قائمة على العملية: أظهر أنك قد أجريت جميع العمليات خطوة وفقا لبعض المعايير. عادة ما يتضمن اختبارات مكثفة extensive includes Typically▯ مكلف جدا. expensive Very▯ CPS Challenges- Integration تحديات CPS – التكامل Putting the system together is much more challenging that implementing the يعد تجميع النظام معا subsystems individual Quiz (avionic systems): can you guess. أكثر صعوبة من تنفيذ ألنظمة الفرعية الفردية what % of $ goes in implementation vs debugging? اختبار)أنظمة إلكترونيات الطيران(: هل يمكنك تخمين النسبة المئوية من $ التي تذهب في التنفيذ مقابل تصحيح؟ 20 Implementation 80 تنفيذ% Debugging & Verification تصحيح% ألخطاء والتحقق Avionic Development Cost تكلفة تطوير إلكترونيات الطيران ● Individual productivity forsafetycritical code is reported as 6 lines/day! ● يتم إلبالغ عن التعليمات البرمجية ـ إلنتاجية الفردية للسالمة مليون سطر / 6 = 776 man-years – 1.7 22:F776 = 6 / الحرجة على أنها 6 أسطر / يوم! 18 – F22: 1.7 million lines سنة عمل – Perhaps the US$66.7billion program cost is not a surprise... ربما 66.7 مليار دوالر أمريكي تكلفة ... البرنامج ليست مفاجأة ● Clearly the design process must be improved... ● من الواضح أنه يجب تحسين عملية ... التصميم CPS Challenges- Timing Predictability إمكانية التنبؤ بالتوقيت ـ CPSتحديات The biggest architectural challenge. التحدي المعماري ألكبر. The lowest abstraction layer (transistors) is pretty deterministic – we know how to compute exact timings. أدنى طبقة تجريد)ترانزستورات(جميلة حتمية ـ نحن نعرف كيفية حساب التوقيتات الدقيقة. However, higher levels lose all concept of timing. ومع ذلك ، فإن المستويات ألعلى تفقد كل مفهوم التوقيت. ▯ Deep pipelining, caches, out-of-order and speculative execution... خطوط ألنابيب العميقة ، المخابئ ، خارج الترتيب والمضاربة تنفيذ... ▯ Thread models, locking, interrupts... ▯ نماذج الخيط ، القفل ، المقاطعات ... This is fine for general purpose computing, but not for CPS – the physicalsystem uses real time! ولكن ليس ل ، هذا جيد للحوسبة لألغراض العامة ـ CPSيستخدم النظام المادي الوقت الفعلي! (by Prof. Edward Lee) 19 CPS Challenges- Timing Predictability إمكانية التنبؤ بالتوقيت ـ CPSتحديات We need to ensure that computation alwaysfinishes within guarantee time windows-> We are interested in worst-case performance, not average performance! نحن بحاجة إلى التأكد من أن الحساب ينتهي دائما في غضون فترات زمنية predictability Timing ▯ The time that the system requires to perform an operation should exhibit little variation مضمونة ـ نحن مهتمون بألداء ألسوأ ، وليس متوسط ألداء! إمكانية التنبؤ بالتوقيت الوقت الذي يتطلبه النظام إلجراء عملية ▯ Such time should be easy to compute ▯ يجب أن يكون هذا الوقت سهل الحساب ▯ It should not be affected by other parallel operations in the system. ▯ يجب أن تظهر تباينا طفيفا ال ينبغي أن تتأثر بالعمليات الموازية ألخرى.

كيب وقابلية الب ر الوقت الحقيق ر 21 تعتمد 20 Real-Time and Composability (by Prof. Edward Lee) .في النظام
صحة النظام على: :on depends correctness System Logical correctness: system produces correct results.
 الصواب المنطقي: ينتج النظام نتائج صحيحة . Temporal correctness: system produces results at the right time. الصواب الزمني: ينتج النظام نتائج في الوقت المناسب .Timing (real-time) analysis = verify temporal correctness. تحليل التوقيت)في الوقت الفعلي(= التحقق من الصحة الزمنية. من الناحية المثالية ، نريد تحليال قابال للتركيب analysis composable want we ,Ideally التحقق من كل نظام فرعي بمعزل عن غيره isolation in subsystem each Verify Then verify that there interaction is correct في التفاعل صحة من تحقق ثم لسوء الحظ ، هذا صعب للغاية ... الممارسة العملية ...practice in hard very is this ,Unfortunately Main issue: hardware and software resources shared among multiple subsystems. القضية الرئيسية: موارد ألجهزة والبرمجيات المشتركة بين أنظمة فرعية متعددة.