



دورة الأنظمة المدمجة وبرمجة المتحكمات الدقيقة: لغة C المدمجة ومعالجات ARM Cortex-M ونظام RTOS



دورة الأنظمة المدمجة وبرمجة المتحكمات الدقيقة: لغة C المدمجة ومعالجات ARM Cortex-M ونظام RTOS

مقدمة:

دورة الأنظمة المدمجة وبرمجة المتحكمات الدقيقة بلغة C المدمجة على معالجات ARM Cortex-M مع نظام RTOS دورة تدريبية مدتها خمسة أيام لمهندسي الإلكترونيات والأجهزة الدقيقة وتطوير المنتجات، وتنتهي بإعداد حزمة البرمجيات الثابتة لمسجل بيانات المستشعرات. تخسر الجهات التي تصنع الأجهزة القائمة على المتحكمات الدقيقة أو تتولى صيانتها وقتاً وسمعة بسبب برمجيات ثابتة تتوقف في الميدان أو تستنزف البطاريات أو تفوت المقاطعات أو يتعذر تحديثها بأمان بعد الإطلاق. يكتب المرشحون برمجيات ثابتة بلغة C أو يعدّلونها في عملهم، وتقدم الدورة في صورة مختبر عملي على لوحات تطوير Cortex-M مع مسابر التصحيح، وتقدم كور كونسبت هذه الدورة في الأنظمة المدمجة.

أهداف الدورة:

- إسقاط البرمجيات الثابتة للجهاز على خريطة ذاكرة Cortex-M وملف المعالج، واختيار بنية الحلقة الرئيسية أو البنية القائمة على المقاطعات أو نظام RTOS
- كتابة مشغلات بلغة C المدمجة على مستوى المسجلات لمنافذ GPIO والمؤقتات وإشارات PWM والمحول التناظري الرقمي ADC والنقل المباشر للذاكرة DMA، ومراجعتها وفق إرشادات MISRA C لكتابة لغة C الآمنة في الأنظمة المدمجة
- ضبط أولويات متحكم المقاطعات NVIC ومعالجات المقاطعات التي تتشارك البيانات مع شيفرة التطبيق دون إفسادها
- تنفيذ الاتصال عبر UART و SPI و I2C و CAN وتشخيص أخطاء النواقل بمحلل الإشارات المنطقية ومسبار التصحيح
- تصميم مهام نظام RTOS وطوابيره وأقفال الاستبعاد المتبادل بما يمنع انعكاس الأولوية والجمود، وضبط أوضاع السكون وفق ميزانية الطاقة
- بناء برمجيات ثابتة قابلة للتحديث مع مؤقت المراقبة وكشف انخفاض الجهد ومسار تحديث عبر محمل الإقلاع واختبارات وحدات تعمل على الحاسب المضيف

الفئة المستهدفة:

- مهندسو تصميم الإلكترونيات المسؤولون عن البرمجيات الثابتة للتحكمات الدقيقة في المنتجات الجديدة
- مهندسو الأجهزة الدقيقة المسؤولون عن المستشعرات الذكية والمرسلات وأجهزة جمع البيانات
- مهندسو المنتجات المسؤولون عن صيانة البرمجيات الثابتة وتحديثها في الأجهزة العاملة في الميدان
- مهندسو الاختبار والتحقق المسؤولون عن فحص سلوك البرمجيات الثابتة على منصات الاختبار
- مهندسو العتاد الذين يتولون مسؤوليات البرمجيات الثابتة ضمن فرق تجمع العتاد والبرمجيات

محاور الدورة:

اليوم 1: بنية الأنظمة المدمجة والتركيب الداخلي للمتحكم الدقيق وخريطة الذاكرة

- النموذج الكتلي للنظام المدمج من مدخل المستشعر إلى مخرج الاتصال
- ملفات معالجات ARM Cortex-M من ARMv6-M إلى ARMv8.1-M
- خريطة ذاكرة المتحكم الدقيق للذاكرة الوميضية وذاكرة SRAM ومسجلات الطرفيات
- المقارنة بين الحلقة الرئيسية والبنية القائمة على المقاطعات ونظام RTOS
- مراجعة الوضع الحالي لشفيرة البرمجيات الثابتة في جهاز قائم

اليوم 2: أساسيات لغة C المدمجة وسلاسل الأدوات والتصحيح على الشريحة

- الكلمات volatile constg وأنواع الأعداد الصحيحة ثابتة العرض في C المدمجة
- أقنعة معالجة البتات والوصول إلى المسجلات عبر تراكب الهياكل
- سلسلة أدوات المترجم المتقاطع وملف الربط وشفيرة بدء التشغيل
- فئات إرشادات MISRA C وفحصها بأدوات التحليل الساكن
- مسابر التصحيح SWD وJTAG ونقاط التوقف ونقاط المراقبة

اليوم 3: منافذ GPIO والمؤقتات والمقاطعات والمحولات التناظري الرقمي ومشغلات النواقل التسلسلية

- إعداد منافذ GPIO بنمط الدفع والسحب والمصرف المفتوح ومعالجة ارتداد المدخلات
- مؤقتات العتاد ومؤقت SysTick وتوليد إشارات PWM
- أولويات المقاطعات في NVIC ومعالجتها وحماية البيانات المشتركة
- أخذ العينات بالمحول ADC ونقل DMA وتحجيم إشارات المستشعرات
- كتابة مشغلات UART وSPI وI2C والتحقق منها بمحلل الإشارات المنطقية

اليوم 4: شبكات CAN وتصميم خفض الطاقة ومهام نظام RTOS واعتمادية البرمجيات الثابتة

- التحكم في إطارات CAN وعدادات الأخطاء والتعافي من حالة فصل الناقل
- أوضاع السكون منخفضة الطاقة وميزانية مصادر الإيقاظ
- تصميم مهام RTOS بالأولويات والطوابير والإشارات
- حالات انعكاس الأولوية والجمود ووراثة الأولوية في أفعال الاستبعاد المتبادل
- مؤقت المراقبة وكشف انخفاض الجهد وتحديث البرمجيات الثابتة عبر محمل الإقلاع

اليوم 5: مختبر بناء مسجل بيانات المستشعرات مع الإبلاغ عبر ناقل CAN

- متطلبات مسجل البيانات وتوزيع الأطراف وخطة الطرفيات
- مختبر مهمة جمع بيانات المستشعرات وتنفيذ المخزن المؤقت الدائري
- مختبر إرسال رسائل CAN واختبار حقن الأعطال
- مختبر اختبارات الوحدات على الحاسب المضيف وقياس تيار السكون
- استكمال حزمة البرمجيات الثابتة لمسجل بيانات المستشعرات ومراجعتها مع الأقران

المهارات التي ستكتسبها:

- تطوير المشغلات على مستوى المسجلات
- تصميم أولويات المقاطعات
- تشخيص النواقل التسلسلية
- تقسيم مهام نظام RTOS
- إعداد ميزانية الطاقة للبرمجيات الثابتة
- التصحيح على الشريحة
- التحليل الساكن للشفيرة
- تصميم تحديث البرمجيات الثابتة

لماذا تحضر هذه الدورة:

- تسليم حزمة البرمجيات الثابتة لمسجل بيانات المستشعرات، بمشغلاتها وتصميم مهامها ونتائج اختباراتها وأرقام استهلاك الطاقة، إلى قائد الفريق الهندسي المسؤول عن الإصدار التالي للجهاز
- المفاضلة بين الحلقة الرئيسية والبنية القائمة على المقاطعات ونظام RTOS لمنتج جديد، وتبرير أولويات المهام وأحجام المكس
- تفادي أعطال الميدان واستنزاف البطاريات والأجهزة المعطلة نهائياً بسبب بيانات مشتركة غير محمية أو إغفال خدمة مؤقت المراقبة أو تحديثات غير آمنة
- نقل قوالب المشغلات وقائمة مراجعة MISRA C وإجراء تشخيص النواقل إلى الأقران الذين يكتبون البرمجيات الثابتة

الخاتمة:

بعد العودة إلى العمل يسلم المشاركون قائد الفريق الهندسي حزمة البرمجيات الثابتة لمسجل بيانات المستشعرات، وتضم مشغلات على مستوى المسجلات وخريطة مهام نظام RTOS وتعريفات رسائل CAN ونتائج اختبارات الوحدات وميزانية طاقة مقيسة. وتستطيع الوحدة اعتمادها تصميمًا مرجعيًا عند اختيار بنية البرمجيات الثابتة للمنتج التالي القائم على متحكم دقيق، وعند وضع قواعد كتابة الشيفرة ومراجعتها للفريق. وبعد أول استخدام في مشروع فعلي تراجع الوحدة نتائج التحليل الساكن وعدد مرات إعادة الضبط بمؤقت المراقبة أثناء الاختبار وتيار السكون المقيس مقابل الميزانية.

الأسئلة الشائعة:

ما الذي يحتاج المشاركون إلى معرفته قبل دورة الأنظمة المدمجة وبرمجة المتحكمات الدقيقة؟

يحتاج المشاركون إلى قراءة المخططات الإلكترونية وكتابة لغة C بما فيها الدوال والمؤشرات والهياكل، وتفيدته خبرة سابقة في تحميل البرامج على متحكم دقيق وتصحيحها. ولا تفترض الدورة معرفة سابقة بنظام RTOS، ويساعد وصف موجز لجهاز يدعمه على ربط كل مختبر ببرمجياته.

بم تختلف دورة الأنظمة المدمجة وبرمجة المتحكمات الدقيقة عن دورات برمجة PLC أو صيانة الإلكترونيات؟

تعلم الدورة كتابة البرمجيات الثابتة بلغة C مباشرة على مسجلات المتحكم الدقيق وطرفياته وفوق نظام RTOS. أما دورات PLC فتبرمج المتحكمات الصناعية بلغات المخطط السلمي والكتل الوظيفية، ودورات صيانة الإلكترونيات تتحرى أعطال اللوحات على مستوى المكونات دون كتابة شيفرة.

متى تحتاج البرمجيات الثابتة في الأنظمة المدمجة إلى نظام RTOS بدلا من الحلقة الرئيسية؟

يصبح نظام RTOS مجديا حين تعمل عدة أنشطة معا بمهل مختلفة، مثل أخذ عينات المستشعرات وخدمة ناقل وتسجيل البيانات. وتناسب الحلقة الرئيسية الأجهزة البسيطة، أما نظام RTOS فيضيف الجدولة والطوابير وأقفال الاستبعاد المتبادل مع استهلاك أكبر للذاكرة ومخاطر انعكاس الأولوية.

ماذا يعود به المشاركون من دورة الأنظمة المدمجة وبرمجة المتحكمات الدقيقة؟

يعود المشاركون بحزمة البرمجيات الثابتة لمسجل بيانات المستشعرات، وتضم مشغلات Cortex-M للمؤقتات والمحولات ADC والنواقل التسلسلية وتصميم مهام RTOS وشيفرة الإبلاغ عبر CAN واختبارات وحدات على الحاسب المضيف وسجل مراجعة MISRA C وميزانية طاقة مقيسة، قابلة للتكييف مع جهاز في وحدته.