RTOS, quando real-time fa rima con embedded

Giorgio Fusari

In rassegna 23 soluzioni per costruire sistemi e applicazioni più intelligenti

In un mondo tecnologico progressivamente dominato dai sistemi elettronici, dove processori e microcontroller si trovano incorporati in un crescente numero di dispositivi (smartphone, fotocamere, automobili, lavatrici e molti altri oggetti) che formano ed animano la cosiddetta 'Internet delle Cose', i sistemi operativi real-time (RTOS) stanno giocando un ruolo sempre più delicato. In maniera crescente i sistemi embedded appaiono come applicazioni complesse, dipendenti dall'interazione di decine o anche centinaia di processi e attività concorrenti, in competizione tra loro per l'utilizzo di risorse condivise. L'andamento di taluni processi dipende poi dai dati rilevati dalle reti di sensori, e tutto ciò rende sempre più difficilmente stimabili e predicibili i workload e i tempi di esecuzione delle applicazioni real-time. In tali ambienti altamente dinamici, in cui peraltro permangono vincoli in termini di costi e risorse, la classica soluzione di creare sistemi hard real-time che allocano in maniera rigida le risorse stesse, per fornire tempi di risposta corretti in tutti gli scenari possibili (ad esempio quelli di maggior sovraccarico), non è più accettabile, perché tali risorse resterebbero inutilizzate per la maggior parte del tempo. I sistemi di ultima generazione devono invece possedere un'elasticità tale da riuscire ad adattare risorse, performance e consumi di energia in maniera fluida, in risposta ai continui cambiamenti dell'applicazione. Qui

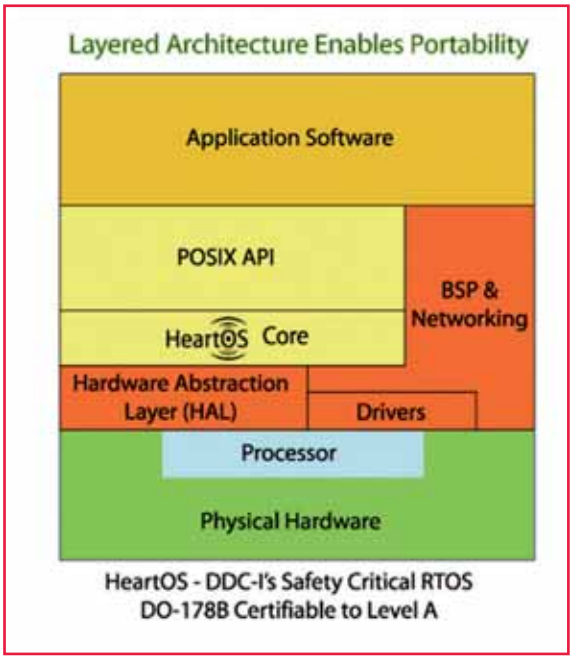

Fig. 1 - HeartOS

di seguito una mini-rassegna di alcuni fra i principali sistemi RTOS, di natura proprietaria o basati su codice open source, disponibili attualmente sul mercato.

Abassi

http://www.code-time.com

Commercializzato dalla canadese Code Time Techno-

logies, con sede a Ottawa, il kernel real-time proprietario Abassi è completamente preemptive e disponibile per un'ampia gamma di processori (Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4, MSP430, MSP430X, MIPS, AVR32, MegaAVR, 80251, 8051/8052, C2000, ColdFire) e strumenti di sviluppo. Ogni port, assicura l'azienda, è collaudato e documentato in maniera esaustiva, ed è configurabile con funzionalità e algoritmi aggiuntivi (deadlock detection, adaptive priority ceiling, asymmetric Round-Robin scheduling, hybrid interrupt stack e così via). In aggiunta, alle grandi aziende con diverse linee di prodotti e piattaforme di sviluppo, che preferiscono un modello di business basato sui costi opex rispetto ai capex, la società offre il servizio RTOS as a Service (RaaS), che fornisce accesso all'intera suite di prodotti Abassi per tutti i processori e compiler, e al supporto tecnico necessario.

AVIX

http://www.avix-rt.com

Questo sistema operativo real-time, disponibile per una varietà di processori (Atmel, Energy Micro, NXP, Fujitsu, STMicroelectronics, Texas Instruments, Toshiba, Microchip) è preemptive e la sua architettura 'segmented' (Segmented Architecture), in contrapposizione a quella unificata di altri prodotti concorrenti, dichiara l'azienda, ha la caratteristica di non disabilitare mai gli interrupt, con conseguenti vantaggi in termini di latenza (Tru Zero Latency Interrupt Support), e una completa integrazione fra servizio interrupt, routine e thread. AVIX offre caratteristiche hard real-time, e fornisce meccanismi di preemptive scheduling e Round-Robin scheduling. Per molte configurazioni, il sistema è in grado di girare out-of-the-box, ed è anche dotato di funzionalità per ridurre i consumi di energia.

BeRTOS

http://www.bertos.org

Libero da licenze e royalty, BeRTOS lascia totale libertà all'utente sul codice sorgente. Ha una struttura modulare ed è disponibile per diverse architetture (Atmel AVR, ARM7TDMI, Arm Cortex-M3, Intel/AMD x86, Intel/AMD x86-64, PowerPC).

La presenza di un wizard di configurazione con auto-selezione dei moduli in base alle dipendenze, l'integrazione dell'ambiente di lavoro IDE con i tool di sviluppo, oltre al supporto per il debug diretto sul target, facilitano il lavoro dello sviluppatore embedded. Inoltre, funzionalità del wizard come il 'Common Board Template' permettono di generare template di progetto già configurati per tutte le schede di sviluppo supportate.

ChibiOS/RT

http://www.chibios.org

Ideato per l'uso in applicazioni real-time 'deeply embedded' in cui l'efficienza di esecuzione e la compattezza del codice sono requisiti chiave, il sistema, open source, si caratterizza per un'elevata portabilità, un leggero footprint e un'architettura ottimizzata per ottenere funzionalità di context swiching (commutazione di contesto) estremamente efficienti. Gli scenari applicativi vanno dall'utilizzo nel mondo automotive, agli usi nella robotica, nella gestione dell'energia e nell'elettronica di consumo.

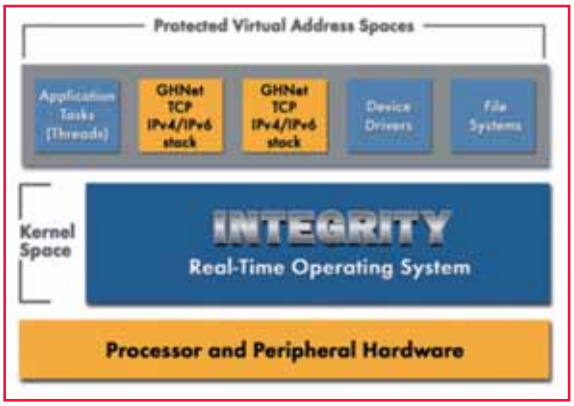

Fig. 2 - Integrity

Erika Enterprise

http://erika.tuxfamily.org

Certificato per la conformità OSEK/VDX, questo RTOS open source si posiziona come un sistema in grado di fornire supporto hard real-time (funzionalità di fixed priority scheduling e immediate priority ceiling) e utilizzabile per implementare applicazioni multithreading. Erika Enterprise è inoltre supportato in modo nativo da RT-Druid, una tool suite basata sul framework Eclipse e finalizzata alla configurazione e dispiegamento automatici di applicazioni embedded portabili su architetture multiprocessore con le necessarie prestazioni, senza dover modificare il codice sorgente dell'applicazione stessa. Fra i dispositivi supportati vi sono ARM (Cortex MX, 7TDMI), Altera Nios II, Atmel AVR5, EnSilica (eSi-RISC), Freescale (PPC e200, S12), Infineon (Aurix, Tricore), Lattice Mico32, Microchip (PIC32, dsPIC), Renesas RX200, TI MSP430.

FreeRTOS

http://www.freertos.org

Facilità d'uso, sviluppo professionale e qualità controllata (alta qualità del codice sorgente C), supporto per

34 architetture, libertà di utilizzo in prodotti commerciali senza requisiti di esposizione del codice proprietario dell'utente sono tra le principali caratteristiche di questo sistema operativo real-time. Il kernel è di piccole dimensioni (4-9 Kbyte), e la struttura del codice sorgente, prevalentemente scritta in linguaggio C, si caratterizza per una notevole portabilità.

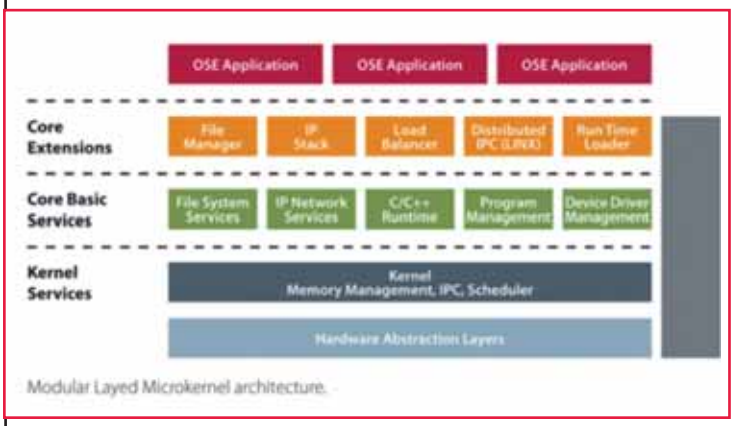

Fig. 3 - OSE

HeartOS

http://www.ddci.com

Questo RTOS hard real-time POSIX-based è leggero, veloce, e dotato delle funzionalità necessarie per la maggior parte delle applicazioni embedded di fascia medio-piccola, incluse quelle safety-critical (certificabilità per DO-178, Level A). È progettato per operare su piattaforma a 16 e 32 bit, ma è anche configurabile senza il layer POSIX, per adattarsi ai sistemi con limitazioni in termini di memoria.

Integrity

http://www.ghs.com

Garantire agli sviluppatori embedded di poter creare applicazioni con i requisiti di sicurezza, affidabilità e prestazioni più elevati possibile è l'obiettivo con cui è stato progettato Integrity. Per elevare la sicurezza, questo sistema proprietario, disponibile per numerose CPU, usa le tecnologie hardware di protezione della memoria integrate nei processori (MMU - memory-management unit) per isolare e proteggere le applicazioni embedded. La creazione di partizioni sicure fa sì che a ciascun task siano assegnate le risorse per il corretto funzionamento e assicura che il sistema operativo e i servizi utente siano al riparo da codice malevolo, compresi worm, malware come i 'cavalli di Troia', e attacchi di tipo DoS (Denial-of-Service). A differenza di altri sistemi operativi memory-protected, sottolinea Green Hills Software, Integrity non sacrifica mai le proprie performance hard real-time per mantenere i requisiti di sicurezza e protezione. Per accelerare il time-to-market, la società fornisce una gamma di middleware (file system FFS/FAT/NFS, stack di networking IPV4/IPV6, ecc.) integrato e validato per Integrity. A tutto ciò si aggiunge un supporto multicore evoluto e una robusta infrastruttura di virtualizzazione (Multivisor) in grado di gestire l'ampia varietà di funzionalità hardware disponibili negli odierni microprocessori.

LynxOS

http://www.lynuxworks.com

LynxOS si presenta come un RTOS proprietario con API (application programming interface) aperte, compatibilità con le ABI (Application Binary Interface) di Linux, e piena conformità con POSIX (Portable Operating System Interface for Unix). Le sue prestazioni, affidabilità e assoluto determinismo (requisiti hard real-time) lo rendono adatto ad applicazioni mission-critical. Nell'ultima versione (7.0), LynxOS incorpora tecnologia per aiutare gli sviluppatori embedded ad aggiungere funzionalità di security military-grade ai loro dispositivi, connessi nella 'Internet of Things' e nelle applicazioni M2M (machine-to-machine) in vari settori: aerospazio e difesa, infrastrutture di comunicazioni, automazione industriale, smart meter, gestione delle flotte, monitoraggio dei device, gestione remota dei pazienti in ambito sanitario.

µC/OS-III

http://micrium.com

Il kernel del sistema si contraddistingue per un'elevata portabilità. È scalabile (footprint da 6 a 24 Kbyte) per contenere solo le funzionalità richieste, preemptive, real-time, deterministico, multitasking e utilizzabile con microprocessori, microcontroller e DSP. Permette di gestire un elevato numero di task e livelli di priorità (tipicamente configurabili da 8 a 256) limitato solo dall'accesso del processore alla memoria. La versione µC/OS-II, fra l'altro, è stata scelta per controllare SAM (Sample Analysis at Mars), il laboratorio analitico usato dal rover Curiosity per esaminare la composizione dell'atmosfera e del suolo di Marte.

Nucleus

http://www.mentor.com

Presente su oltre tre miliardi di dispositivi embedded, dichiara Mentor, Nucleus ha funzionalità integrate

di gestione dell'alimentazione (dynamic voltage frequency scaling – DVFS; modalità deep sleep; power/clock gating, ecc.). Con questo RTOS gli sviluppatori hanno la possibilità di creare un kernel con un ingombro di soli 2K, da far funzionare su un'ampia scelta di MCU, DSP, FPGA e MPU.
Le opportunità di personalizzazione del sistema spaziano dalle applicazioni nei sistemi medicali, ai prodotti di elettronica di consumo, ai set-tpo-box, ai telefoni cellulari, ad altri device portatili.
La componente di networking incorpora un'ampia gamma di protocolli, driver e utility, per fornire un supporto di rete completo a una varietà di processori e MCU.

OSE

http://www.enea.com

Compattezza e robustezza sono due pregi di questo RTOS, che costituisce il cuore di molti sistemi embedded in diversi mercati verticali, dalle telecomunicazioni, alle applicazioni automobilistiche, all'automazione industriale. Ose è ottimizzato per sistemi Linux-enabled distribuiti e fault-tolerant, e le sue prestazioni sono rese possibili da un'architettura modulare del microkernel, che consente di scalare le performance da una singola CPU a sistemi multicore e multi-CPU distribuiti e di grandi dimensioni.

Q-kernel

http://www.quasarsoft.com

È stato sviluppato in modo specifico per processori 'convergenti', come quelli Microchip, a 16 e 32 bit, versatili e utilizzabili dalle applicazioni nel controllo industriale fino ai dispositivi portatili, ma non adatti al funzionamento con i tradizionali RTOS multithreading.
Come sistema hard real-time, Q-kernel implementa alcuni meccanismi chiave, come zero latenza per gli interrupt, impossibilità di disabilitazione degli stessi, allocazione e disallocazione della memoria secondo modalità deterministiche.

QNX Neutrino

http://www.qnx.com

Si presenta come un sistema robusto e completamente accessoriato, ma in grado di scalare verso il basso per soddisfare i requisiti richiesti dai sistemi embedded real-time con risorse limitate. Il microkernel e l'architettura modulare sono studiati per consentire agli utenti di creare sistemi embedded affidabili e altamente ottimizzati, e al contempo caratterizzati da un basso costo di possesso (TCO). L'esteso supporto POSIX facilita la portabilità delle applicazioni e, grazie all'architettura microkernel (in cui ogni driver, stack di protocolli, file system o applicazione opera esternamente al kernel stesso), ciascun componente, in caso di malfunzionamento, può essere automaticamente riavviato, senza intaccare l'operatività degli altri (sistema self-healing). Nei sistemi multicore, la tecnologia BMP (Bound multi-processing) permette a sviluppatori e system integrator di legare processi e thread a uno specifico processore senza dover fare cambiamenti nel codice.

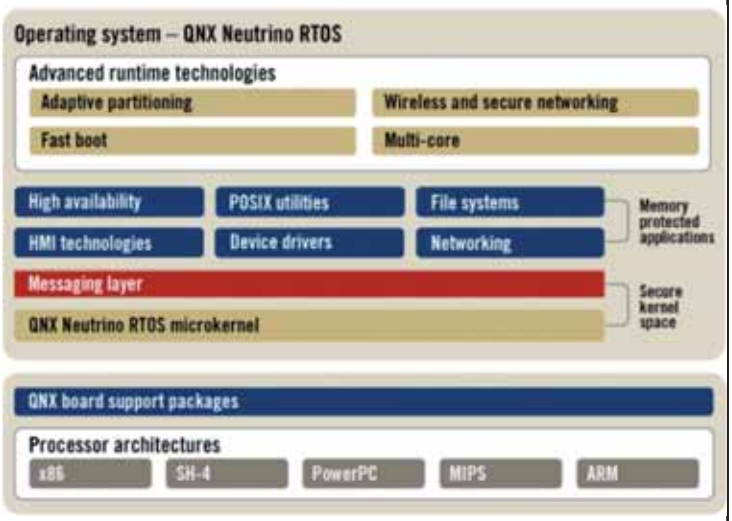

Fig. 4 - QNX Neutrino

RTX

http://www.intervalzero.com

Come componenti della piattaforma IntervalZero RTOS, RTX e RTX64 sono tasselli chiave di una soluzione che consente di trasformare Windows in un sistema operativo real-time. Tramite questi prodotti, gli OEM e gli utenti finali, dichiara la società, sono in grado di usare Windows, la tecnologia multicore e multiprocessore x86 e x64, il symmetric multiprocessing (SMP) e Ethernet real-time per ridurre del 25-50% i costi BOM (bill of material), migliorando qualità e prestazioni, scalando rapidamente la capacità, accorciando i cicli di sviluppo dei prodotti e diminuendo in modo significativo la dipendenza da hardware proprietario come i DSP.
La tecnologia IntervlZero ha ottenuto la certificazione SIL-3 (safety Integrity Level 3) con Siemens e la certificazione FDA Class II con numerosi costruttori di attrezzature medicali.

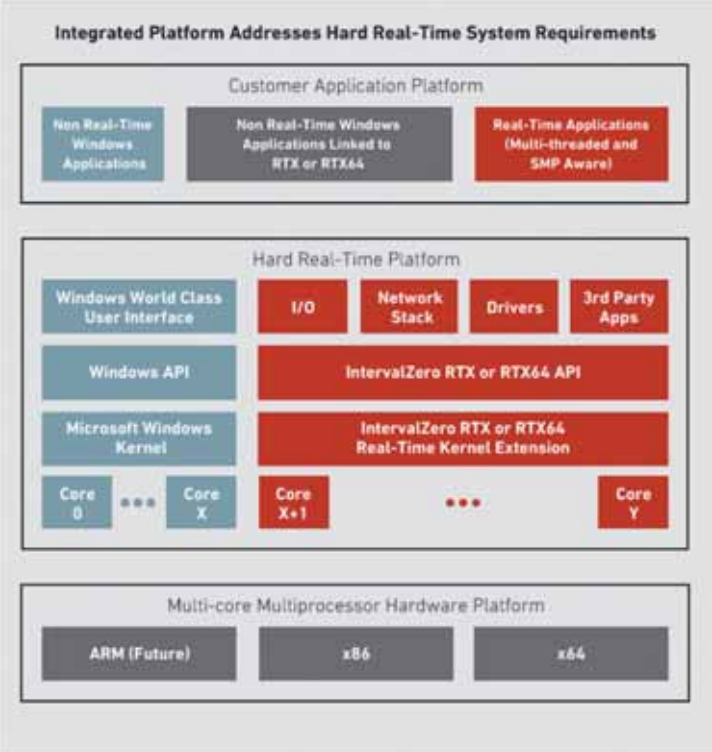

Fig. 5 - RTX

RTXC Quadros

http://www.quadros.com

L'architettura dual-kernel (Single Stack Kernel e Multi Stack Kernel) e real-time di RTXC Quadros è configurabile e scalabile per soddisfare un'ampia rosa di requisiti applicativi, su piattaforme che vanno dai microprocessori a 8, 16 e 32 bit, ai DSP (digital signal processor) ad alte prestazioni, fino ai processori multicore.

Le dimensioni del codice possono andare da meno di 10 Kbyte, al footprint tipico di 18-25 Kbyte. Le API intuitive sono progettate per fornire agli sviluppatori la flessibilità di progettazione necessaria in rapporto alla crescita delle applicazioni, e la possibilità di riutilizzare il codice applicativo, preservando gli investimenti.

SAFERTOS

http://www.highintegritysystems.com

Questo sistema operativo real-time e preemptive è certificato per quanto riguarda i requisiti di sicurezza fisica (safety) dei microcontrollori embedded, e fornisce il supporto di un gran numero di standard di sviluppo internazionali (DO178B, ISO 26262, IEC 61508, FDA510(k), IEC 62304, IEC 60601, ISO 14971) nell'ambito della safety applicata nei settori industriale, medicale, nucleare; nel mondo dei trasporti, in campo automobilistico e aerospaziale.

Salvo

http://www.pumpkininc.com

La soluzione Salvo è un RTOS progettato espressamente per indirizzare sistemi embedded a costo molto contenuto, con una memoria limitata in termini di spazio per dati e programmi. Il sistema operativo, adatto alla creazione di prodotti embedded intelligenti, sofisticati e low-cost, è certificato per l'utilizzo con svariate categorie di CPU (8051, ARM7TDMI, ARM Cortex-M3, Atmel AVR e MegaAVR, famiglia Epson S1C17, Motorola M68HC11, TI MSP430, Microchip PIC12, PIC24, PIC32, TI TMS320C2000). Salvo si posiziona inoltre come un sistema altamente configurabile, scalabile, con un set completo di funzionalità runtime. Il prodotto è royalty-free.

SCIOPTA

http://www.sciopta.com

L'architettura del kernel preemptive è specificamente progettata per fornire prestazioni real-time eccellenti mantenendo un footprint del sistema molto ridotto. Le strutture dati interne, come la gestione della memoria, la comunicazione interprocesso (IPC) e gli aspetti di timing sono stati ottimizzati. In questo RTOS, di tipo message-based, la disponibilità di un ricco set di chiamate di sistema permette il controllo delle risorse. Inoltre la gestione di tutti i componenti, dai moduli, ai processi di interrupt, alle attività prioritizzate, avviene in modo completamente dinamico (creazione e terminazione dei processi durante il runtime), con un'amministrazione degli errori in modalità centralizzata.

SMX RTOS

http://www.smxrtos.com

Il sistema, hard real-time, è sviluppato da Micro Digital. È multitasking e specificamente ideato per i sistemi embedded. La sua modularità lo rende adattabile alle esigenze di applicazioni embedded di piccole e medie dimensioni. I processori supportati sono quelli ARM Cortex, ColdFire, PowerPC, ma la portabilità è possibile anche su altre famiglie di CPU. Fra i moduli disponibili con il sistema, uno stack WiFi 802.11 con opzioni di sicurezza, uno stack TCP/IP con IPV4 e IPV6, file system FAT e flash, uno stack USB host e device; una famiglia di tool di sviluppo e un installer e bootloader SDK sicuro (uLoad), progettato in modo specifico per piattaforme embedded.

ThreadX

http://rtos.com

Un kernel sotto i 2 Kbyte, requisiti minimi di memoria RAM di 500 byte e di memoria ROM di 2 Kbyte inquadrano il profilo di questo RTOS, posizionabile nella fascia delle applicazioni 'deeply embedded'. ThreadX fornisce evoluti meccanismi di scheduling (message passing, interrupt management, servizi di messaging e così via) e, sottolinea Express Logic, è stato implementato in oltre 1,5 miliardi di prodotti elettronici, in aree che spaziano dai dispositivi consumer, all'elettronica medicale, alle attrezzature di controllo industriale.

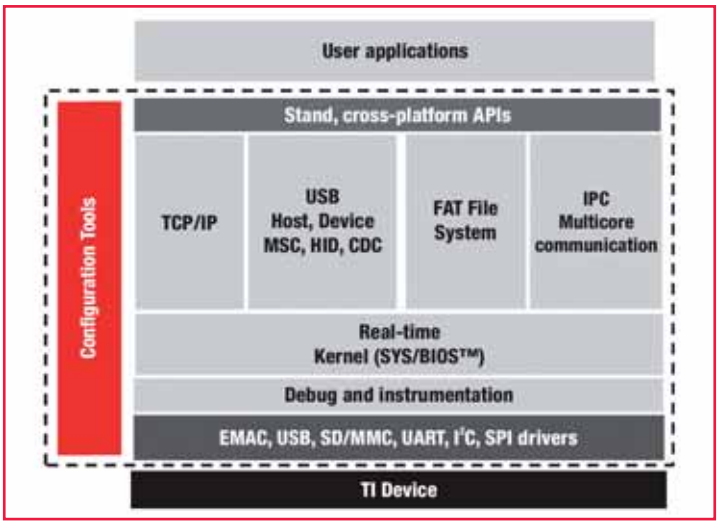

Fig. 6 - TI-RTOS

TI-RTOS

http://www.ti.com

L'obiettivo di questo RTOS per i microcontrollori Texas Instruments è abilitare un rapido processo di sviluppo, eliminando la necessità per gli ingegneri di scrivere e manutenere software di sistema (scheduler, stack di protocolli, driver, e così via).

La soluzione combina un kernel real-time con componenti middleware addizionali, includendo stack TCP/IP e USB, file system FAT e device driver. TI-RTO è anche strettamente legato all'ambiente di sviluppo integrato (IDE) CCStudio, che include strumenti in grado di assistere l'utente nella fase di debug multitasking.

VxWorks

http://www.windriver.com

Il fooprint di memoria di VxWorks è completamente configurabile e modellabile in funzione delle limitazioni che vari sistemi embedded possono manifestare sotto questo aspetto, e ciò lo rende adatto sia a dispositivi di piccole dimensioni, sia ad applicazioni di networking di grande portata. La capacità di elaborazione è completamente a 64 bit, e le prestazioni real-time si possono regolare in modo adeguato sia per ottenere un comportamento deterministico, sia rapidi tempi di risposta. Dal punto di vista dell'affidabilità, il sistema è certificato secondo rigorosi standard di safety e security. Oltre al supporto multicore, la soluzione fornisce un'ampia gamma di standard e protocolli di connettività e, in aggiunta, anche la suite di strumenti di sviluppo Workbench.