

# CONSUMI ULTRA BASSI PER I MICROCONTROLLORI

Lucio Pellizzari

I microcontrollori ultra-low power servono a far funzionare più a lungo possibile le applicazioni IoT alimentate a batteria, ma vanno scelti valutando con attenzione le loro prestazioni

L'Embedded Microprocessor Benchmark Consortium (EEMBC) ha presentato questa primavera la prima versione della piattaforma di valutazione specificatamente pensata per i core dei microcontrollori a consumo ultra-basso, o Ultra-Low Power (ULP), che stanno attualmente conquistando un gran numero di ambienti applicativi. EEMBC ULPBench è stato più volte annunciato dal consorzio l'anno scorso ed era molto atteso dai costruttori perché la rapida proliferazione delle applicazioni per Internet of Things (IoT) richiedeva una metodologia di riferimento autorevole per la valutazione e la certificazione delle prestazioni a consumo ultra-basso dei microcontrollori. C'è voluto quasi un anno intero di lavoro al Working Group che se ne occupava, ma finalmente a marzo ULPBench è stato ufficialmente battezzato come piattaforma di test di riferimento per accertare l'efficienza di quei core CPU con polarizzazione inferiore a 30 mA @ 3V che devono essere in grado di funzionare correttamente centellinando l'energia accumulata in una batteria locale allo scopo di farla durare per almeno qualche anno. Le applicazioni di questo tipo sono numerosissime e si trovano nei dispositivi medicali impiantabili o indossabili, nei sistemi di sorveglianza o sicurezza, nell'automazione degli edifici, nello smart metering, nei dispositivi di energy-harve-

sting e in tutti i nuovi prodotti per IoT. La piattaforma ULPBench è costituita da alcuni test specifici come l'ULPBench-CoreProfile che serve per misurare l'efficienza della CPU in tutte le condizioni possibili di tem-



Fig. 1 – La piattaforma ULPBench del consorzio EEMBC consente ai progettisti di valutare le prestazioni dei microcontrollori a consumo ultra-basso con criteri autorevoli e orientati alle applicazioni

porizzazione e alimentazione considerando svariati tipi di ambienti applicativi, mentre l'EnergyMonitor sorveglia con precisione le modalità del consumo di energia e riporta tutto all'interfaccia grafica che consente una chiara visualizzazione dei risultati. EEMBC ULPBench è un prezioso strumento per chi deve progettare e poi fabbricare i prodotti elettronici a bassissimo consumo perché permette di dimensionare innanzi tutto le periferiche attorno al microcontrollore come transceiver, I/O e motori crittografici e poi so-

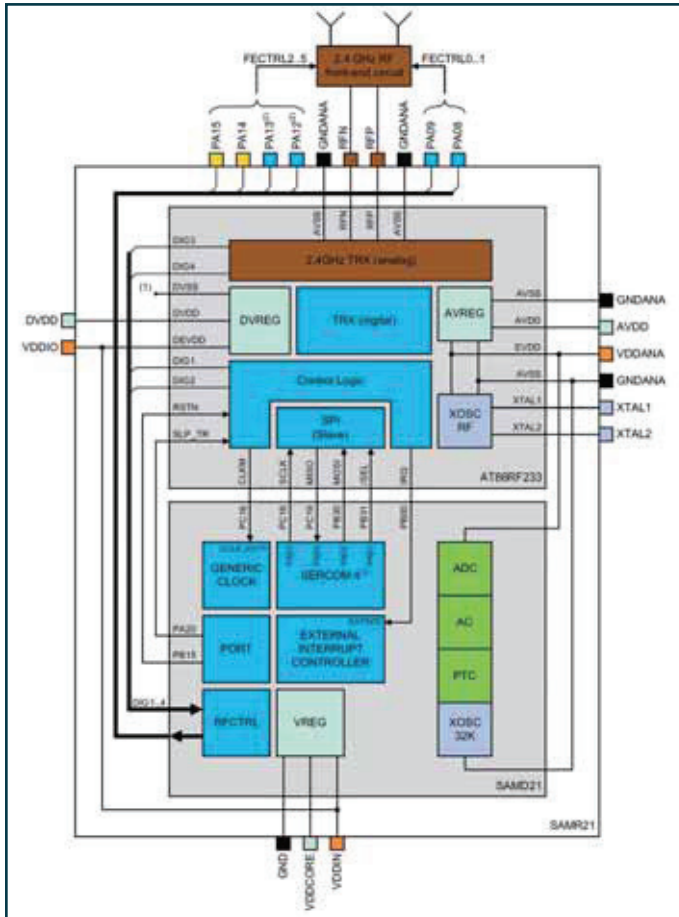


Fig. 2 – Schema a blocchi del microcontrollore ultra-low power Atmel SmartConnect SAM R21 che incorpora anche un transceiver per Wi-Fi e ZigBee

prattutto le batterie per stabilirne la durata prevista con certezza. Queste decisioni sono particolarmente difficili esaminando i datasheet dei microcontrollori che sono sempre diversi per ciascun costruttore e ostacolano un chiaro confronto dei dispositivi rendendo più rischiosa la scelta di quello più adatto a ogni applicazione. L'ULPBench offre una valutazione autorevole e affidabile sull'efficienza energetica dei microcontrollori che può essere personalizzata in base alle diverse esigenze applicative e quindi permette di stabilire minuziosamente i consumi dei sistemi nel tempo. Inoltre, è stato presentato con un costo iniziale di soli 75 \$.

### MCU Ultra-Low Power

Atmel ha arricchito la sua famiglia di microcontrollori SmartConnect pensati per le applicazioni IoT con nuovi modelli ultra-low power e con una scelta ancora più ampia di front-end wireless come Wi-Fi e ZigBee. Lo SmartConnect ZigBee SAM R21 mantiene lo stesso core ARM Cortex M0+ a 32 bit con clock di 48 MHz usato da tutti i dispositivi della famiglia ma incorpora un evoluto transceiver a radiofrequenza per la banda ISM a 2,4 GHz con velocità di 250 kB/s che supporta gli standard di connessione wireless Wi-Fi

802.15.4, Ipv6/6LoWPAN e ZigBee. A bordo si trovano fino a 256 kByte di memoria Flash, 32 kByte di Sram, fino a otto canali ADC con risoluzione di 12 bit e velocità di 350 kcps e fino a cinque interfacce SERCOM. Viene fornito in package Qfn a 32 pin da 5x5 mm con 16 I/O programmabili oppure a 48 pin da 7x7 mm con 28 I/O, entrambi con tolleranza termica estesa da -40 fino a +125 °C.

**Lapis Semiconductor** è la sussidiaria Rohm specializzata delle memorie e nei microcontrollori e offre un'ampia gamma di questi dispositivi a consumo ultra-basso tutti con l'architettura proprietaria nX-U8/100 che conferisce robustezza e li rende ottimi per le applicazioni automotive e medicali. I nuovi ML620Q503/Q504/Q506 con CPU RISC a 16 bit "U16 Core" hanno rispettivamente a bordo 32, 64 e 128 kByte di memoria Flash, 2 kByte di Flash dati e 2, 6 e 12 kByte di RAM, oltre a dodici canali di conversione A/D ad approssimazioni successive con risoluzione di 12 bit, due A/D con risoluzione di 24 bit, due I2C, due SPI e due Uart. Con il clock a 16 MHz i consumi sono limitati a 250 µA/MHz in piena operatività e 0,3 µA in standby. Stesse prestazioni e stessi consumi ultra-bassi ma con in dotazione anche

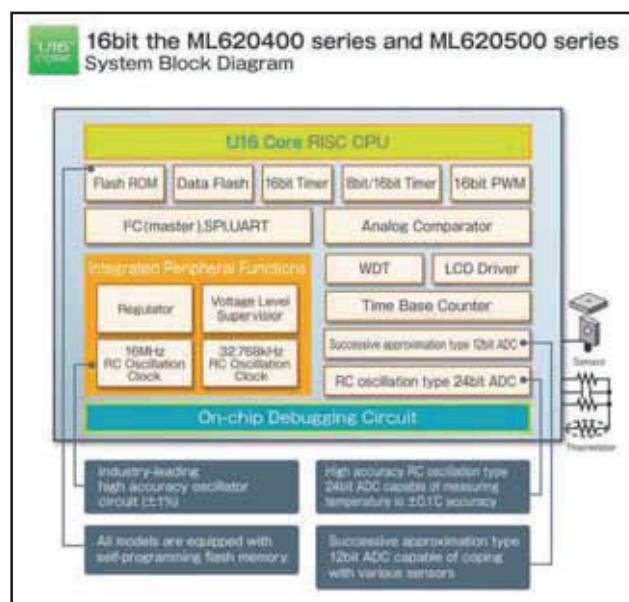
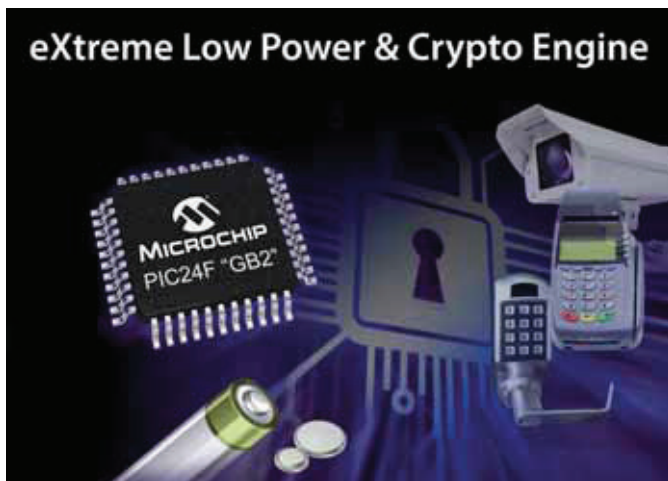


Fig. 3– Consumano 250 µA/MHz in piena operatività i microcontrollori Lapis Semiconductor ML620Q50x e hanno a bordo dodici ADC da 12 bit e due da 24 bit

un driver per un pannello LCD sono i microcontrollori ML620Q404/Q406.

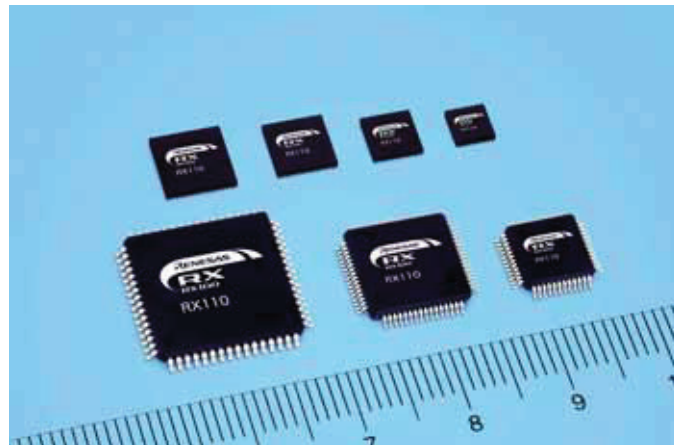
**Microchip** amplia la sua famiglia dei microcontrollori PIC eXtreme Low Power, o XLP, introducendo un nuovo modello che offre anche funzionalità crittografiche. La nuova serie dei PIC24F "GB2" ha la CPU a 16 bit, è equipaggiata con 128 kByte di Flash e 8 kByte di RAM e integra in hardware un motore di crittografia CryptoEngine AES/DES/3DES dotato al suo interno di



**Fig. 4** – I nuovi Microchip eXtreme Low Power PIC24F "GB2" consumano 180  $\mu$ A/MHz e integrano un completo motore crittografico hardware AES/DES/3DES

un generatore casuale RNG, Random Number Generator, e di una chiave OTP, One-Time-Programmable, di fino a 512 bit per la protezione dati. Il consumo in piena operatività è di 180  $\mu$ A/MHz con appena 3 nA in modalità Sleep mentre il package è Qfn a 28 pin o a 44 pin e ospita anche dodici canali ADC con risoluzione di 12 bit. In opzione si possono affiancare appositi moduli transceiver Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth e Bluetooth Low Energy con cui aggiungere ai PIC 24 "GB2" la connettività wireless.

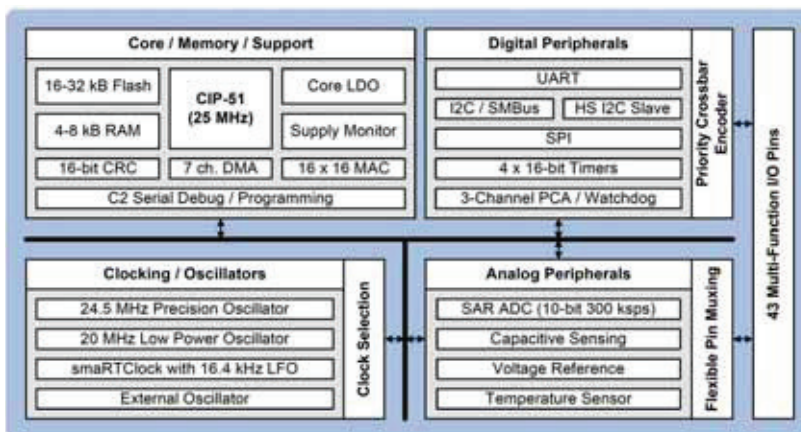
**Renesas Electronics** ha ulteriormente perfezionato la tecnologia Renesas True Low Power che contraddistingue i suoi microcontrollori per IoT con architettura a 32 bit e quindi ha introdotto la nuova



**Fig. 5** – Hanno architettura CISC a 32 bit i nuovi Renesas True Low Power RX100 con potenza di calcolo di 1,56 Dhrystone MIPS/MHz e 3,08 Coremark/MHz ma il consumo è limitato a 100  $\mu$ A/MHz

serie RX100 per le applicazioni entry-level. Il core è CISC a 32 bit con clock di 32 MHz ma la sua unità algebrica può eseguire operazioni fino a 80 bit e grazie a ciò offre una potenza di calcolo di 1,56 Dhrystone MIPS/MHz e 3,08 Coremark/MHz con un consumo di 100  $\mu$ A/MHz e con un tempo di risveglio di 4,8  $\mu$ s. La memoria Flash è di 128 kByte cui si aggiungono 16 kByte di RAM e ci sono tre modalità operative a piena potenza e altrettante tre a potenza ridotta. Gli RX100 sono fatti in modo da permettere una agevole migrazione dai precedenti modelli RX600 e RX200.

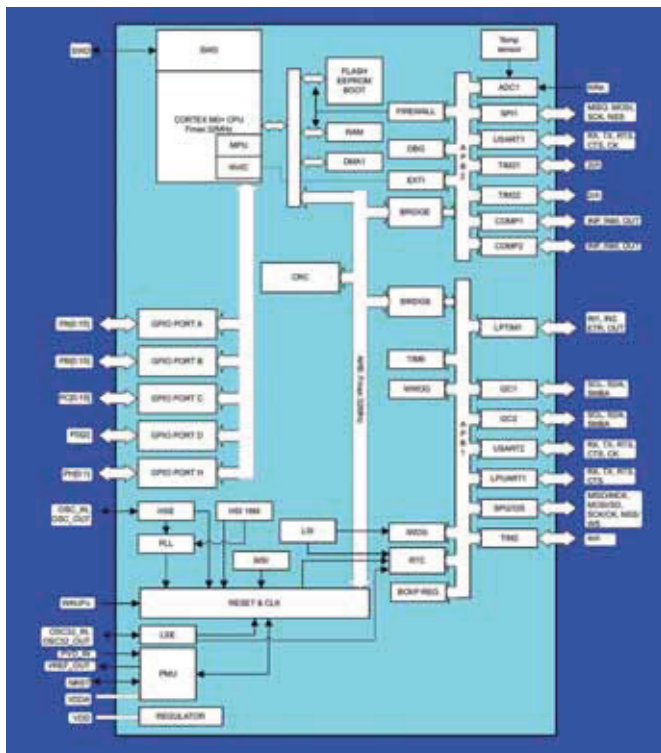
**Silicon Labs** ha realizzato i suoi microcontrollori ultra-low power a 8 bit della famiglia C8051F9xx con un'ampia dotazione di moduli a segnali misti adatti a



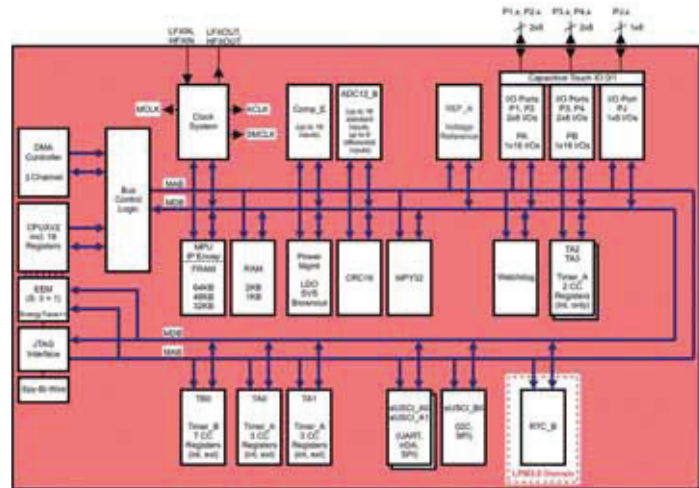
**Fig. 6** – I nuovi Silicon Labs C8051F97x con core a 8 bit eseguono le operazioni algebriche da 16x16 bit, consumano 200  $\mu$ A/MHz e sono in package Qfn da 24 pin e 4x4 mm

tutte le applicazioni industriali. Come gli altri numerosi modelli anche la più recente serie C8051F97x ha il core 8051 con clock di 25 MHz e consuma 200  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  in piena operatività e 55 nA in modalità sleep. L'unità algebrica può eseguire le moltiplicazioni con accumulo da 16x16 bit e ci sono ben sette canali DMA per l'accesso diretto alla memoria. In questo dispositivo troviamo fino a 32 kByte di memoria Flash e fino a 8 kByte di RAM, un convertitore A/D con risoluzione di 12 bit e velocità di 75 ksp/s, un oscillatore interno di precisione di 24,5 MHz e 48 I/O generici, il tutto contenuto in package QFN da 24 pin e 4x4 mm.

**STMicroelectronics** ha introdotto due nuovi modelli nell'ampia famiglia STM32 con core RISC a 32 bit ARM Cortex M0+ e clock di 32 MHz caratterizzati dai consumi ultra-bassi oltre che da una dotazione flessibile e adattabile alle applicazioni. I nuovi STM32L051x6/8 hanno una potenza di calcolo di 0,95 DMIPS/MHz, consumano a regime 139  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  e incorporano 64 kByte di memoria Flash, 2 kByte di Eeprom e 8 kByte di RAM oltre a un ampio set di periferiche fra cui un convertitore ADC con risoluzione di 12 bit, due comparatori e ben nove timer a 16 bit: un



**Fig. 7 - Schema a blocchi dei microcontrollori ultra-low power STM32L051x6/8 che consumano 139  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  ed esprimono una potenza di calcolo di 0,95 DMIPS/MHz**



**Fig. 8 - Texas Instruments propone i microcontrollori MSP430FR58xx e 9xx con core RISC a 16 bit e 32, 48 o 64 kByte di memoria Flash di tipo FRAM in molte configurazioni per un consumo limitato a 100  $\mu\text{A}/\text{MHz}$**

low-power timer (LPTIM), tre timer general-purpose, un temporizzatore centrale, un RTC, un SysTick e due watchdog. Fra le interfacce ci sono due I2C, due SPI, una I2S, due Usart e una low-power Uart (LPUART). L'alimentazione va da 1,65 a 3,6 V mentre la tolleranza termica è estesa da -40 a +125 °C.

**Texas Instruments** ha introdotto due nuove famiglie di microcontrollori ultra-low power con architettura RISC a 16 bit, clock di 16 MHz e memoria Flash di tipo FRAM. Ci sono dieci modelli sia per gli MSP430FR58xx sia per gli MSP430FR59xx e per tutti il consumo in piena operatività è di 100  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  e scende a 0,4  $\mu\text{A}$  in standby e a 0,02  $\mu\text{A}$  in modalità shutdown. La dotazione di memoria ferroelettrica FRAM varia secondo i modelli e può essere di 32, 48 oppure 64 kByte accompagnata da 1 o 2 kByte di Sram mentre a bordo troviamo un moltiplicatore hardware a 32 bit, sedici canali di conversione A/D con risoluzione di 12 bit, sedici comparatori analogici e un Flexible Clock System che permette di selezionare dieci diverse modalità di temporizzazione. La differenza fra i modelli 8xx e 9xx è che nei secondi c'è anche un coprocessore crittografico per la codifica AES a 128 o a 256 bit. I package sono Vqfn a 40 o 48 pin da 6x6 e 7x7 mm oppure Tssop da 38 pin e 12,5x6,2 mm. ■