

# Microcontrollori per inverter solari

Ralf Hickl  
Microcontroller support  
Rutronik Elektronische Bauelemente

Un'analisi dei punti di forza e di debolezza dei principali microcontrollori che sono adatti per l'uso negli inverter

**F**ino ad ora, il mercato fotovoltaico ha registrato una crescita eccellente con tassi di aumento superiori a due cifre. Tuttavia, la concorrenza a livello internazionale sta diventando più aspra, costringendo i produttori a introdurre innovazioni e a rivedere i prezzi dei componenti dei sistemi. In qualità di consulente completamente indipendente, il distributore offre agli sviluppatori un valido supporto nella selezione e nella progettazione di componenti idonei dal punto di vista sia tecnologico,

sia commerciale. Questo richiede non solo una conoscenza completa dei componenti, ma anche delle applicazioni stesse e del mercato in generale. Rutronik ha riunito queste competenze nel proprio team dedicato al mercato verticale delle energie rinnovabili, all'interno del quale ingegneri di prodotto e field application engineer focalizzati sulla progettazione con componenti attivi, passivi ed elettromeccanici lavorano a stretto contatto con gli specialisti in campo wireless e dei display. Essi hanno anche

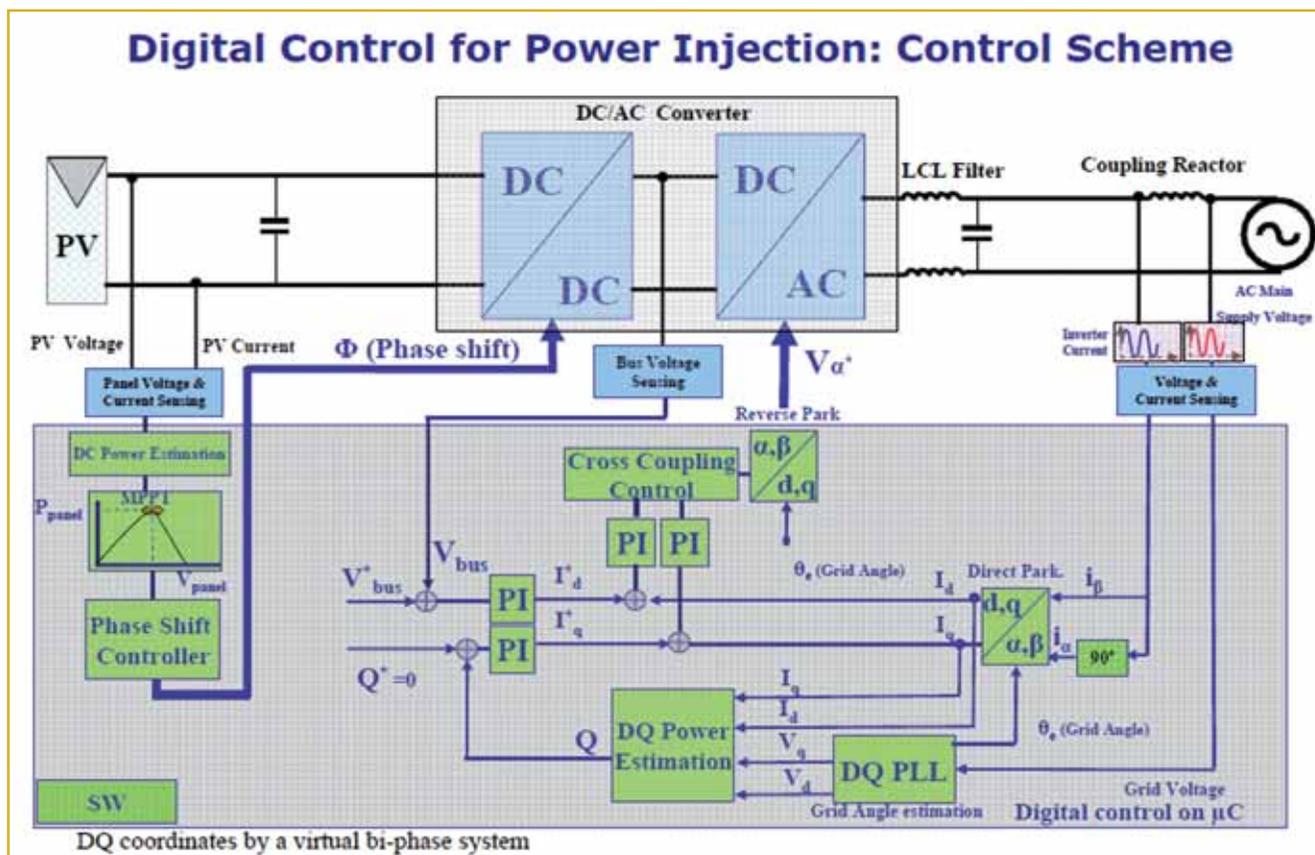


Fig. 1 – Diagramma a blocchi del progetto di riferimento di un inverter solare di STMicroelectronics. L'unità di alimentazione comprende un convertitore DC/DC controllabile con un inverter di rete a valle. In verde sono evidenziati i blocchi delle funzioni software per il Tracciamento di Punto di Massima Potenza (MPPT) oltre al controllo della potenza attiva e passiva del modello vettoriale

ampiamente a che fare con gli inverter PV. Uno dei componenti chiave che potrebbero avere un impatto significativo sull'efficienza di questi inverter è il microcontrollore.

### Variazioni del circuito e diagramma a blocchi

La figura 1 mostra i blocchi funzionali di un tipico inverter solare con una stringa del modulo fotovoltaico (PV): un convertitore DC/DC con Tracciamento del Punto di Massima Potenza (MPPT) è seguito da un inverter DC/AC di rete. In relazione alle prestazioni di connessione alla rete elettrica, l'inverter è progettato a fase singola con un H-bridge o come trifase con un bridge a 6 impulsi. Relativamente nuovi sulla scena sono i microinverter - piccoli inverter solari montati direttamente su ciascun modulo PV. A causa dei volumi previsti, i microinverter sono particolarmente sensibili ai prezzi. Anche le dimensioni dell'installazione rivestono un ruolo più importante rispetto agli inverter solari convenzionali a stringa. Il microcontrollore deve essere in grado di espletare le seguenti funzioni:

- misura e conversione analogico/digitale delle variabili di stato come le temperature, le correnti e le tensioni;
- tracciamento del Punto di Massima Potenza (MPPT). Il microcontrollore moltiplica la corrente e la tensione per l'alimentazione elettrica;
- funzioni di protezione da sovratemperatura, sovracorrente, e così via. Sono qui necessari dei meccanismi di disconnessione rapida per proteggere sia il dispositivo sia l'operatore;
- la sincronizzazione di rete con accuratezza di fase per cui si deve determinare l'angolo di rete corrente;
- diversi anelli di controllo in relazione al modello matematico. Questo comporta l'esecuzione di calcoli simili a quelli usati anche per il controllo vettoriale a orientamento di campo degli azionamenti in AC. In particolare, questi includono le operazioni di elaborazione trigonometrica con cui i vettori di corrente e di tensione sono trasformati in un senso o nell'altro in vari sistemi di coordinate parzialmente rotanti;
- la generazione dei segnali di controllo per i semiconduttori di potenza, di modo che il grado di efficienza sia il più alto possibile e vengano generate meno armoniche. Sono richiesti a questo scopo opportuni timer PWM (Pulse-Width Modulation) o due controllori di posizione con isteresi;
- interfacce utente e di comunicazione. Con i microinverter, i cavi di alimentazione in particolare forniscono uno strato fisico, quindi la comunicazione su linee elettriche (PLC).

I requisiti sono molto simili a quelli per il controllo degli azionamenti elettrici. Il motore che è pilotato dall'inverter solare è il generatore sincrono che si trova presso la società di fornitura dell'energia. Tutti i principali produttori mettono attualmente a disposizione microcontrollori che sono adatti per l'uso negli inverter. Essendo basati su diverse tecnologie, essi hanno punti di forza e di debolezza diversi.



Fig. 2 - RX62T fa parte della gamma di controllori per motori RX Extreme Microcontroller a 32 bit di Renesas in tecnologia da 90 nm

### Microcontrollori a confronto

Il componente RX62T fa parte della gamma di controllori per motori RX Extreme Microcontroller a 32 bit di Renesas, fabbricati in tecnologia da 90 nm. Una importante componente chiave di Renesas è la tecnologia Flash MONOS, che consente l'esecuzione del codice anche a frequenze di clock di 100 MHz senza stati di attesa. Quando abbinata a un microcontrollore RX, questa tecnologia assicura prestazioni massime di elaborazione di 165 DMIPS. Una parte della ROM è anche specificata come flash dati con un massimo di 30.000 cicli di cancellazione. Questo consente di eliminare una EEPROM esterna. Il core di CPU, sviluppato di recente, è molto efficace nel codice e raggiunge una potenza di elaborazione di 1,65 DMIPS/MHz. L'unità a virgola mobile integrata (FPU) offre una precisione singola, come previsto dallo standard IEEE-754. Sono inoltre disponibili due comandi MAC e un registro a scorrimento per l'aritmetica a 32 bit interi per l'elaborazione dei segnali digitali. Queste funzionalità matematiche rendono il modulo idealmente adatto per algoritmi a elevata intensità di elaborazione, come quelli eseguiti negli inverter solari.

Per quanto riguarda le periferiche, Renesas poteva attingere a una vasta gamma di risorse: lo stadio di ingresso analogico con i due ADC indipendenti, ciascuno con una risoluzione da 12 bit, è progettato senza compromessi per l'uso



Fig. 3 - STM32 di STMicroelectronics abbinato al diffuso processore ARM Cortex-M3 con periferiche allo stato dell'arte



**Fig. 4 - Il dsPIC33 di Microchip è un controllore di segnali digitali da 16 bit, quindi una MCU con funzionalità DSP, o un DSP con le caratteristiche di un microcontrollore**

negli inverter. Il tempo di conversione minimo è di appena 1  $\mu$ s. Ciascuno dei sei ingressi analogici è dotato di un amplificatore operazionale con guadagno programmabile (PGA) e di un elemento di campionamento e mantenimento (S/H). Per un rapido arresto dei segnali PWM, le uscite dei PGA sono anche posizionate su comparatori a sei finestre, di modo che le funzioni di protezione siano attive anche senza influenza da parte del software e senza latenza. Questo rende l'RX62T ideale per l'integrazione. La disponibilità di un'ampia gamma di componenti analogici integrati permette di ridurre significativamente il numero di componenti esterni richiesti per l'elaborazione dei segnali nell'inverter solare. Per controllare il dispositivo di potenza sono disponibili un MTU3 (Motor Timer Unit) e un GPT (General Purpose Timer). Le unità di temporizzazione fanno parte della gamma SH e operano con frequenze di clock in ingresso fino a 100 MHz.

STM32 di STMicroelectronics ha avuto un'accoglienza favorevole da parte del mercato, perché combina il popolare processore ARM Cortex-M3 con periferiche allo stato dell'arte. Esso si distingue inoltre per l'ottimo rapporto prezzo/prestazioni. STMicroelectronics ha già documentato l'idoneità degli inverter solari con un progetto di riferimento per un dispositivo da 3 kW, in cui l'STM32 esegue tutti gli algoritmi e genera tutti i segnali di controllo per i convertitori ZTV push-pull con rettificazione sincrona modulata a spostamento di fase e per l'inverter per la rete elettrica.

dsPIC33 di Microchip è un controllore di segnali digitali da

16 bit, quindi una MCU con funzionalità DSP, o un DSP con le caratteristiche di un microcontrollore. Microchip ha lanciato la propria sottofamiglia di controllori di inverter, dotata di opportuni temporizzatori e di diversi ADC veloci. Sono disponibili istruzioni di moltiplicazione e di divisione per l'aritmetica a virgola fissa. Naturalmente, un dsPIC può anche gestire la moltiplicazione e l'accumulo in un ciclo. Per applicazioni di alimentazione a commutazione, come il convertitore DC/DC o l'inverter per la rete elettrica in un inverter solare, i dispositivi dsPIC33FJxxGS costituiscono la prima scelta perché sono dotati di un modulo PWM di alimentazione che può essere sincronizzato con frequenze fino a 120 MHz. Il modulo offre fino a nove canali ed è adatto per il controllo di ponti interi o di mezzi ponti, essendo essi richiesti, ad esempio, anche per i PWM a cambiamento di fase con transizione a tensione zero (ZVT). Microchip offre alcuni progetti di riferimento basati sulla gamma GS, da cui è possibile prendere dei moduli per un inverter solare. È disponibile il "Progetto di Riferimento per



**Fig. 5 - Il dispositivo XC878 di Infineon è stato progettato specificamente per applicazioni inverter**

UPS digitali a onda sinusoidale pura" per gli inverter a singola fase per la rete elettrica e il "Progetto di riferimento per l'alimentazione digitale AC/DC" per i convertitori step-up e per i convertitori riduttori, e anche per i convertitori ZVT push-pull con correzione sincrona e modulata dello spostamento di fase. Infineon sta andando verso una direzione completamente diversa con i microcontrollori a 8 bit della propria serie XC800: un core di CPU semplice (8051) è circondato da periferiche potenti che ne riducono carico. Ad esempio, il dispositivo XC878 è stato progettato specificamente per applicazioni inverter. Il CORDIC (Coordinate Rotation Digital Computer) esegue le funzioni trigonometriche importanti per la trasformata di coordinate Park.

In parallelo a questo, il controllore contiene anche un'unità di moltiplicazione e di divisione (MDU). Questo dà luogo, assieme alla struttura di temporizzazione all'interno della periferica CAPCOM6 per la generazione del segnale PWM, a una combinazione potente in cui la CPU fornisce dati alle periferiche e recupera i risultati appena dopo qualche impulso.

Tutti i microcontrollori qui presentati sono raccomandati per l'uso negli inverter solari in termini di integrazione, di potenza di elaborazione e di rapporto prezzo/prestazioni. L'RX è il più recente e assicura la massima integrazione dei componenti analogici. L'STM32 offre la gamma più ampia di alloggiamenti e di memorie. Il dsPIC è predestinato per l'aritmetica rapida a 16 bit. Il dispositivo XC878 beneficia in ultima analisi delle competenze nel controllo dell'elettronica di potenza, che Infineon ha incorporato all'interno delle periferiche. ■