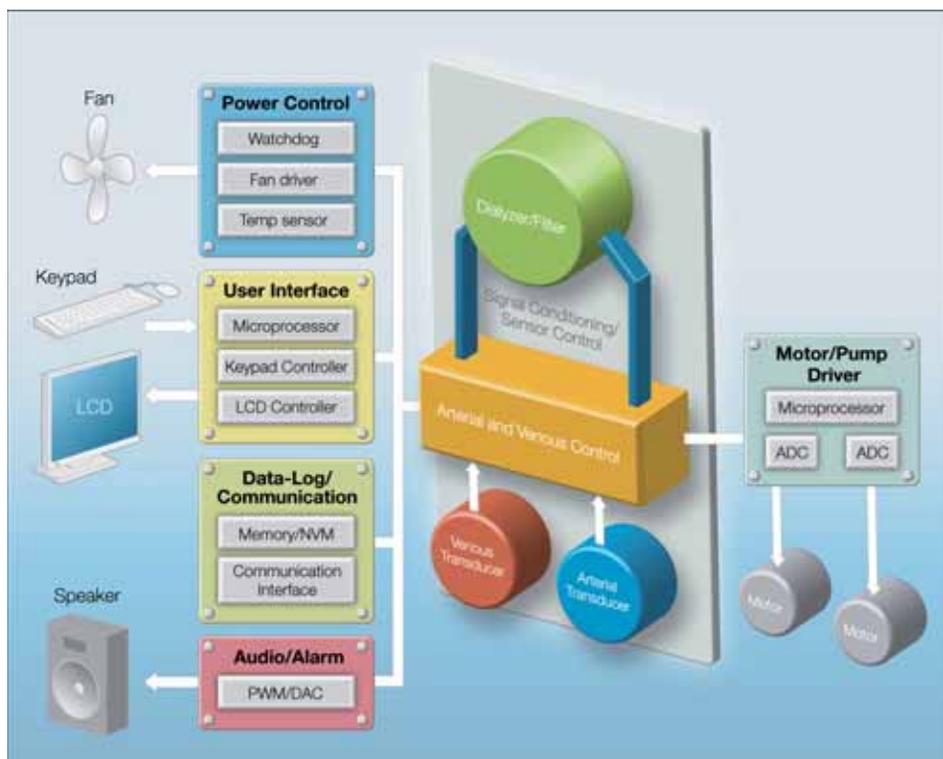


FPGA a segnali misti per applicazioni medicali avanzate

Shabnam Zarrinkhameh
Senior manager
Flash product marketing
Actel

L'eliminazione di numerosi dispositivi discreti e l'integrazione di varie funzioni in un singolo FPGA a segnali misti garantiscono una drastica riduzione dei costi, dei consumi e degli ingombri a fronte di un sensibile aumento dell'affidabilità delle apparecchiature medicali

L'incremento dei costi della sanità, la diffusione di malattie croniche, il progressivo invecchiamento della popolazione e la crescente importanza di Paesi come India, Cina e Brasile sono alcuni tra i fattori che hanno generato una forte domanda di dispositivi medicali affidabili e robusti destinati a migliorare il trattamento e la cura di milioni di pazienti in tutto il mondo e a guarire di un numero sempre maggiore di malattie. I progettisti di dispositivi medicali, a loro volta, stanno valutando nuove tecnologie atte a perfezionare le funzioni di diagnostica, monitoraggio e terapeutiche delle apparecchiature delle future generazioni. Quello delle apparecchiature medicali è un settore in rapida crescita: secondo un recente studio di Gartner questo mercato varrà 4,48 miliardi di dollari nel 2012, di cui 323 milioni ascrivibili agli FPGA. Miniaturizzazione e portabilità sono stati



gli elementi che hanno favorito la realizzazione di apparati medicali sempre più affidabili e accessibili. Attualmente i produttori operanti in questo settore stanno cercando di integrare interi sistemi in unità portabili di dimensioni assimilabili, se non inferiori, a quelle di una mano. Dispositivi medicali quali macchine per

Fig. 1 – Schema a blocchi di una macchina per emodialisi

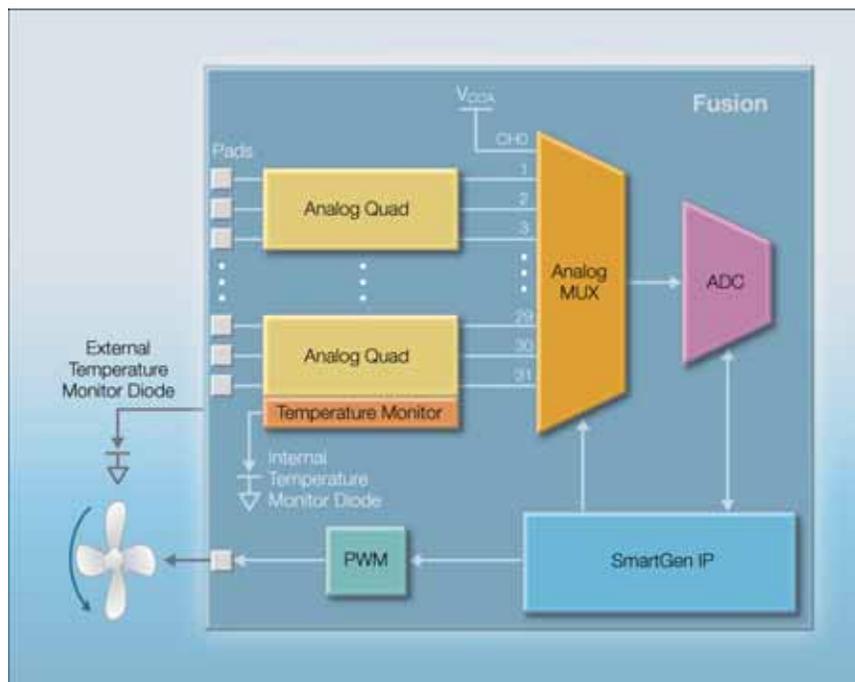


Fig. 2 – Integrazione delle funzioni di gestione termica e della potenza

emodialisi, sistemi per il monitoraggio dei pazienti ed elettrocardiografi, strumenti essenziali in ospedali e cliniche, stanno anch'essi subendo una drastica riduzione a livello dimensionale. Quelli che una volta erano apparati di grandi dimensioni che occupavano un'intera stanza, sono ora disponibili sotto forma di dispositivi presenti a bordo di ambulanze, cliniche mobili o addirittura nella borsa di un dottore da utilizzare nel caso di chiamate a domicilio.

Questi strumenti complessi, benché sempre più miniaturizzati e portatili, devono garantire un livello di affidabilità tale da consentirne l'impiego in svariate condizioni operative. Di solito apparati di questo tipo svolgevano le loro funzioni in ambienti asettici quali sale operatorie, cliniche o laboratori. Gli odierni dispositivi medici devono invece assicurare gli stessi livelli di accuratezza e affidabilità all'interno di ambulanze o

cliniche mobili. Con i dispositivi medici, d'altra parte, non c'è quasi mai spazio per errori.

Parecchi dispositivi medici per applicazioni cliniche sono strumenti elettromeccanici basati su un microprocessore che condividono un insieme comune di blocchi base tra cui: circuiti per il controllo della potenza e la gestione della temperatura, interfaccia utente comprensiva di tastiera, monitor Lcd e controllo audio, memorie flash o Eeprom per la memorizzazione dei dati e interfacce per il collegamento con altri dispositivi.

Nonostante queste analogie, le singole applicazioni mediche sono molto specifiche e complesse. Un apparato per l'elettrocardiogramma non può eliminare le scorie dal sangue mentre una macchina per emodialisi non è in grado di diagnosticare malattie cardiache.

In aggiunta ai blocchi base fondamentali, i dispositivi medici prevedono blocchi diagnostici o funzionali specifici per poter espletare i compiti ai quali sono preposti. Le macchine a ultrasuoni integrano una sonda per un trasduttore e

controlli per gli impulsi generati dal trasduttore, mentre le macchine per emodialisi utilizzano un dializzatore. Le differenze di caratteristiche e di requisiti, la necessità di integrare funzionalità complesse in spazi ridotti, i bassi consumi, l'elevata accuratezza e la necessità di garantire un funzionamento affidabile fanno dei dispositivi medici i candidati ideali per le tecnologie a semiconduttore non volatili riprogrammabili.

Gli FPGA a segnali misti basati su flash, in particolare, sono indicati per queste applicazioni grazie a caratteristiche quali elevati livelli di integrazione, possibilità di gestire in maniera "intelligente" il sistema e la potenza, dimensioni contenute e alta affidabilità. In virtù di tali specifiche, apparati medici come ad esempio una macchina per emodialisi sono in grado di soddisfare i requisiti in termini di durata delle batterie, riduzione degli ingombri e della dissipazione di calore e aumento dell'affidabilità di funzionamento.

Un esempio concreto: una macchina per emodialisi

Un apparato di questo tipo è progettato per filtrare il sangue, controllare e monitorare su base continua le pressioni del sangue venoso e arterioso, nonché somministrare gli anti-coagulanti durante il trattamento. Una seduta di emodialisi dura dalle tre alle cinque ore e viene effettuata circa tre volte a settimana. In una tipica seduta il sangue è pompato dal corpo nella macchina per emodialisi. Qui il dializzatore dell'apparato (filtro) purga il corpo dai residui metabolici, ripristina il bilancio elettrolitico nel sangue ed elimina i fluidi in eccesso dal corpo. Il sangue così purificato viene pompato nuovamente nel corpo.

Per soddisfare i requisiti funzionali critici, un apparato per emodialisi fa ricorso a parecchi microcontrollori per monitorare e controllare il flusso del sangue e di altri fluidi e gli allarmi sonori, oltre ad arrestare la macchina quando necessa-

rio (Fig. 1). In questa figura vengono evidenziate alcune delle funzionalità di una tipica macchina per emodialisi. Il blocco di controllo della potenza (Power Block) esegue il rilevamento della temperatura per attivare il circuito di pilotaggio della ventola e gestire le funzioni di backup della batteria e di watchdog. Il blocco utente (User Block) immette le informazioni relative al paziente attraverso una tastiera e un touchpad per la personalizzazione dei parametri relativi al trattamento. Esso permette inoltre all'operatore sanitario di monitorare lo stato del paziente e il trattamento durante la dialisi.

L'interfaccia di comunicazione/registrazione dati (Data-log/Communication) gestisce l'utilizzo della porta di comunicazione e delle memorie flash/Eeprom, mentre la funzione di uscita di allarme audio (Audio/Alarm) è accessibile attraverso parecchi blocchi e controllori per l'attivazione di allarmi.

Il blocco di condizionamento del segnale/controllo del sensore (Signal Conditioning/Sensor Control) è strettamente integrato con i componenti meccanici del sistema, ovvero il dializzatore e i tubi. Insieme, essi controllano il rilascio dei vari anticoagulanti, controllano e rilevano la temperatura mediante comparatori, amplificatori operazionali di precisione o di tipo general purpose e convertitori A/D, effettuano il monitoraggio della miscela e del flusso del dializzato e di altre funzioni critiche.

Il blocco di controllo della pompa e del motore e il circuito di pilotaggio (Motor/Pump Driver) è preposto alla gestione di pompe, valvole, motori ed elementi riscaldanti presenti nell'apparato mentre la sezione relativa al controllo arterioso e venoso si preoccupa di monitorare i sensori di pressione e di livello. È interessante segnalare il fatto che, sebbene i circuiti di controllo delle pompe e del motore e quelli di monitoraggio arteriosi e venosi sono specifici di questa macchina, molti altri

controllori riportati in figura 1 sono comuni a molti dispositivi medicali per applicazioni cliniche.

Integrazione di funzioni mediante FPGA a segnali misti

Gli odierni FPGA a segnali misti di tipo single chip basati su flash integrano funzioni analogiche, memoria flash, la struttura tipica di un componente programmabile e, sovente, un microprocessore standard. Grazie a queste risorse essi quindi sono in grado di espletare le funzioni di controllo e gestione termica, della potenza e del sistema dei dispositivi medicali per applicazioni cliniche – dall'accensione/spengimento alla registrazione dati, al rilevamento di valori di temperatura e tensione.

Un FPGA a segnali misti consente di sostituire una gran numero di componenti solitamente presenti sulla scheda che risultano essere ridondanti. Tra questi la memoria flash, il circuito PWM, integrati analogici discreti, sorgenti di clock e RTC (Real Time Clock). Poiché gli FPGA basati su flash memorizzano le informazioni di configurazione nelle celle della flash on-chip, non è necessario caricare dati di configurazione esterni nel corso dell'avviamento del sistema, a differenza di quel che accade con gli FPGA basati su Sram. Di conseguenza gli FPGA a segnali misti non necessitano di componenti separati per la configurazione del sistema, come ad esempio memorie Eeprom o microcontrollori, solitamente richiesti per caricare i dati di configurazione del dispositivo ogni volta che il sistema viene avviato. In questo modo è possibile ridurre i costi del sistema e gli ingombri complessivi, oltre ad aumentare i livelli di sicurezza e affidabilità.

Senza dimenticare che questi dispositivi a elevato grado di integrazione consentono ai progettisti di includere le funzioni che di solito richiedevano l'uso di parecchi componenti discreti all'interno di un singolo FPGA a segnali misti a ele-

vata affidabilità (blocchi riportati in grigio in Fig. 1).

Per esempio il blocco Power Control, che può essere formato da watchdog, circuiti di pilotaggio delle ventole e sensori di temperatura, può essere sostituito da un singolo FPGA a segnali misti. Un dispositivo programmabile di questo tipo può anche integrare tutte le funzionalità tipiche dell'intero blocco Motor/Pump Driver, microprocessore e convertitore A/D inclusi.

Le interfacce utente in una macchina di dialisi risultano tipicamente composte da tastiera, display Lcd o touch screen e altoparlante.

Un'interfaccia progettata in maniera corretta permette a un operatore sanitario di monitorare lo stato di un paziente e di somministrare il trattamento in maniera efficace. L'interfaccia utente, i blocchi Audio/Alarm e Data-log/Communication potrebbero essere tutti integrati in un unico FPGA. Il microprocessore incluso nel dispositivo e la memoria flash consentono di effettuare la registrazione dati, mentre altre soluzioni IP possono essere impiegate per la gestione di ingressi dati, allarmi e di numerosi altri compiti.

Negli apparati per emodialisi, le unità per la gestione termica e della potenza sono preposti all'esecuzione di compiti critici, come ad esempio il rilevamento della temperatura nel sangue e le operazioni di accensione/spengimento (Fig. 2). Una misura della temperatura e un controllo della potenza accurati eseguiti mediante blocchi separati può contribuire ad aumentare i costi, ma anche l'affidabilità, dell'apparecchiatura, con riflessi favorevoli sia sulla durata della stessa sia sull'efficacia del trattamento per il paziente. I circuiti analogici presenti negli attuali FPGA a segnali misti consentono di integrare e implementare funzioni critiche con estrema facilità.

readerservice@fieramilanoeditore.it
Actel **n.20**