

Trasmissioni a elevata velocità

Mariano Severi (*)

Fra i protocolli aperti impiegati per trasmissioni high bit rate figura lo standard Aurora, introdotto da Xilinx

Aurora è uno standard di comunicazione a basso livello per trasmissioni punto-punto introdotto nel 2002 da Xilinx, nota azienda operante nel campo delle logiche programmabili. Scalabile, indipendente e aperto, questo standard può essere utilizzato per trasportare protocolli industriali di più alto livello, quali TCP/IP o proprietari. Copre gli strati physical layer (livelli elettrici, encoding del clock, codifica dei simboli, data stripping) e data link layer (controllo di flusso, inizializzazione e gestione degli errori); non definisce invece procedure di error detection, recovery e data-switching. Può tipicamente essere utilizzato in sistemi low-cost, che richiedano canali di trasmissione a elevato bit rate, fino anche a 100 Gbps. Applicazioni tipiche di Aurora includono connessioni on-board chip-to-chip, board-to-board su backplane tipo Atca, video streaming e video data offload, nonché trasferimenti simplex long-haul.

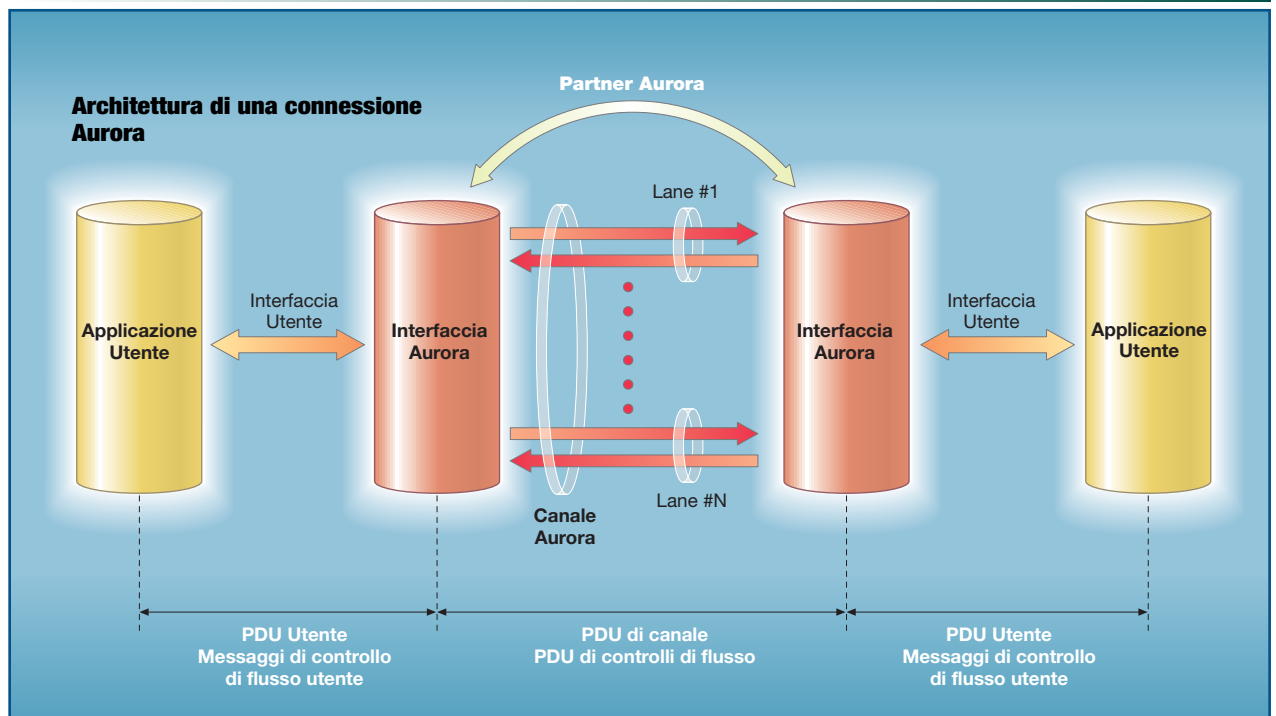
Xilinx distribuisce gratuitamente, previa registrazione, la licenza per un core Aurora in Fpga Virtex-II Pro e Virtex-4 FX, con capacità di trasferimento dati da 622 Mbps a 100 Gbps, utilizzando fino a 24 transceiver multi-gigabit Rocket-IO. Incluso nella licenza vi è un bus functional model che consente la generazione di stimoli e il monitoring della risposta per la verifica funzionale di nodi in grado di supportare lo standard; il modello è compatibile con i più diffusi simulatori presenti oggi sul mercato.

Caratteristiche tecniche

Il protocollo di trasmissione definito dallo standard Aurora è di tipo seriale, sincrono, con codifica di canale di tipo NRZ. Il segnale elettrico è di tipo differenziale; ne sono specificate le caratteristiche per trasmissioni a 1,25, 2,5 e 3,125 Gbps (trasmissioni a baud-rate diversi sono comunque consentite, ma non vengono forniti i relativi parametri di riferimento). Nel primo caso, per esempio, è richiesta una tensione picco-picco compresa tra 800 e 1.600 mV, con tempo di salita minimo 60 ps e skew inferiore a 25 ps. Per ridurre il degrado dell'apertura dell'occhio in ingresso al ricevitore, a causa d'interferenze intersimbolo e jitter dei

Standard introdotto nel 2002 da Xilinx, Aurora è adatto ad applicazioni che richiedano una trasmissione a elevato bit rate





segnali, è suggerita l'adozione di tecniche di equalizzazione passiva e adattativa.

A livello logico un canale Aurora consiste di una o più 'lane', ognuna delle quali costituisce una connessione seriale full-duplex; i nodi connessi sono indicati come 'partner' di canale. Le informazioni scambiate tra l'interfaccia host e il nodo Aurora possono essere dati generici, indicati come PDU (Protocol Data Unit) utente, o messaggi di controllo di flusso per protocolli di più alto livello. I caratteri spediti attraverso le lane sono invece PDU di canale e di controllo di flusso. Sono previsti due diversi schemi di codifica a livello di data link layer. Il primo utilizza simboli 8B/10B per la trasmissione delle informazioni; il secondo, invece, introdotto nella successiva versione 1.3 dello standard emessa nel 2004, si basa su gruppi 64B/66B. Nell'impianto 8B/10B i caratteri 'Data' dello schema di codifica sono utilizzati per trasferire i dati utente, mentre i caratteri 'K' servono a costruire sequenze di simboli di controllo della connessione; tali sequen-

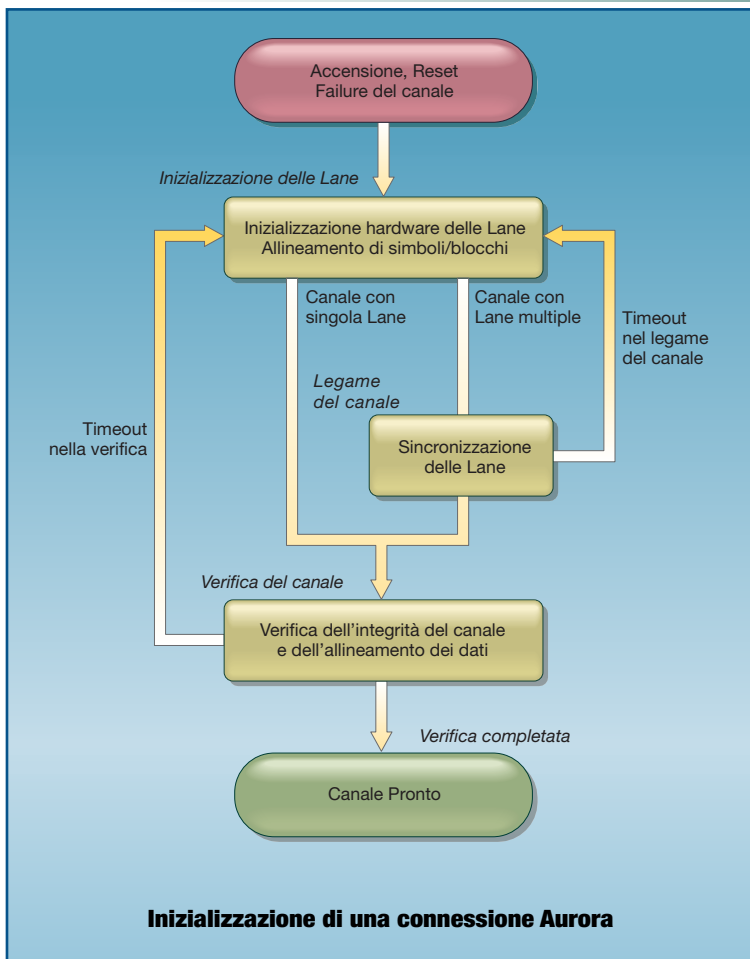
ze sono elencate in tabella, unitamente alla relativa codifica in termini di caratteri 8B/10B.

Sono definiti i seguenti tipi di messaggi, che vengono scambiati sulla linea (indicati in ordine decrescente per quanto concerne la priorità di spedizione nei casi di concorrenza):

- sequenze di compensazione del clock, che consistono di sei insiemi ordinati /CC/ inviati almeno ogni 10 mila gruppi di codici, per consentire di compensare eventuali differenze fino a 200 ppm tra le frequenze dei clock di riferimento dei nodi partner;
- sequenze d'inizializzazione, che comprendono i simboli /SP/, /K/, /SPA/, /I/, /A/ e /N/ scambiati durante le fasi d'inizializzazione della linea;
- sequenze di controllo di flusso native;
- PDU di controllo di flusso utente, utilizzati per la trasmissione dei messaggi di controllo di flusso utente;
- PDU di canale, utilizzati per la trasmissione dei PDU utente. Il PDU di canale è delimitato all'inizio e alla fine dalle

CODICI DI CONTROLLO DELLA LINEA NEL PROTOCOLLO AURORA 8B/10B

Codici/Sequenze di controllo	Indicatore	Codifica
Idle	/I/	Sequenza di /K/, /R/, /A/
Sincronizzazione e Polarità	/SP/	/K28.5/D10.2/D10.2/D10.2/
Sincronizzazione e Riconoscimento della Polarità	/SPA/	/K28.5/D12.1/D12.1/D12.1/
Verifica	/I/	/K28.5/D8.7/D8.7/D8.7/
Inizio di PDU di canale	/SCP/	/K28.2/K27.7/
Fine di PDU di canale	/ECP/	/K29.7/K30.7/
Pad o Inizio di PDU di controllo di flusso utente	/P/ or /SUF/	/K28.4/
Virgola	/K/	/K28.5/
Spazio	/R/	/K28.0/
Legame del canale	/A/	/K28.3/
Compensazione del clock	/CC/	/K23.7/ K23.7/
Inizio di PDU di controllo di flusso nativo	/SNF/	/K28.6/



coppie di simboli /SCP/ e /ECP/ e racchiude i dati utente codificati come caratteri dati 8B/10B. Nel caso in cui il numero di byte utente sia dispari, viene eseguito il 'padding' con un ottetto 0x9C codificato successivamente mediante il simbolo /P/. Nel caso di utilizzo di lane multiple, il protocollo prevede che i PDU vengano decomposti sulla base di singole coppie di simboli, che vengono quindi inviate parallelamente sulle diverse linee;

- sequenze 'idle', introdotte qualora non vi siano dati da inviare o non sia consentito spedire PDU utente. In questo caso, lo standard prevede l'invio di pattern idle che consistono di sequenze pseudo-random di simboli /K/ e /R/ (fino a un massimo di 32) delimitate da un /A/ iniziale e finale.

Procedure del protocollo

Il protocollo Aurora prevede un meccanismo insito di controllo di flusso per regolare il traffico dati tra i partner e un meccanismo per la trasmissione dei messaggi di controllo di flusso utente per livelli di scambio più alti. Nel caso dello schema di codifica 8B/10B, per esempio, le sequenze di controllo di flusso nativo consistono di due ottetti. Il primo è il carattere /SNF/ utilizzato come delimitatore iniziale; il secondo rappresenta invece il numero di caratteri idle che si richiede al nodo partner di inserire in risposta. È previsto che il nodo trasmettitore interrompa entro un ritardo massimo definito a priori (comunque inferiore a 256 intervalli di

simbolo) la trasmissione dei dati, oppure attenda il completamento del PDU utente corrente. In ogni caso, il nodo ricevitore è in grado, in questo modo, di controllare il data rate effettivo sul link. Allo stesso modo, le sequenze di controllo di flusso utente sono delimitate dal simbolo /SUF/ seguito da un carattere di controllo e fino a 16 ottetti appartenenti al messaggio utente. Diversamente dai dati utente, tuttavia, tali sequenze non possono essere interrotte da simboli idle, caratteri di controllo di flusso o procedure d'inizializzazione. La procedura d'inizializzazione del link prevede tre passi:

- lane initialization: procedura che consente l'inizializzazione della singola lane attraverso lo scambio di sequenze di simboli di controllo, in modo da sincronizzare i due nodi partner;
- channel bonding: procedura che viene eseguita nel caso in cui un canale utilizzi lane multiple e che consente di allineare le diverse lane, compensando eventuali skew introdotti da differenti lunghezze di traccia o variazione nelle specifiche elettriche di connettori e circuiti integrati. Nel caso di sistemi basati su codifica 8B/10B, la procedura comprende una fase iniziale di allineamento mediante lo scambio di sequenze /I/ e una fase di verifica basata sulla valida ricezione delle sequenze /A/;
- channel verification: procedura eseguita per verificare il corretto allineamento dei dati ricevuti verso l'interfaccia utente e la capacità del canale di trasferire dati validi; prevede l'invio simultaneo in entrambe le direzioni e il controllo delle sequenze di verifica /V/.

Attenti agli errori!

La procedura d'inizializzazione viene eseguita all'accensione del sistema, dopo un reset o una condizione di errore o guasto. Sono previsti due tipi di errore: 'soft error' e 'hard error'. La prima tipologia include errori di parità e di simbolo; il protocollo prevede che la frequenza di errore sia costantemente monitorata. Come per la maggior parte dei sistemi multi-Gbps, è attesa una frequenza di errore variabile, come ordine di grandezza, da un errore al minuto in applicazioni caratterizzate da scarsa integrità di segnale, a un errore al giorno o all'anno in sistemi estremamente affidabili. Sono classificate, invece, come hard error le condizioni di: 'overflow-underflow' dei buffer di ricezione/trasmissione, numero eccessivo di soft error, reset di uno dei partner rilevato dalla ricezione di una sequenza d'inizializzazione, interruzione della connessione fisica tra i nodi. Gli hard error sono considerati condizioni catastrofiche; il protocollo prevede che la connessione sia reinizializzata e che eventuali dati ricevuti in corrispondenza dell'occorrenza di errori di questo tipo siano scartati. ■

Xilinx readerservice.it n. 35

(*) Fonte: www.xilinx.com/products/design_resources/conn_central/grouping/aurora.htm