

CANopen, outsider di successo

Armando Martin

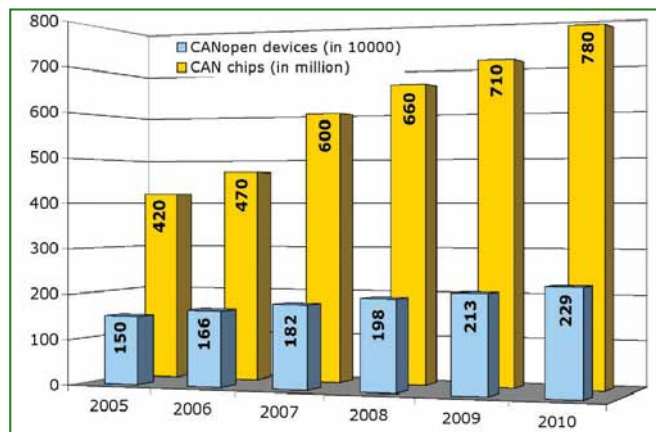
Efficienza, costi contenuti e comunicazione flessibile. Con queste credenziali CANopen è diventato leader nei settori embedded e automotive, oltre a essere uno dei bus di campo in più forte crescita negli ultimi 15 anni.

L'indipendenza da singole aziende lo rende appetibile a una vasta comunità di produttori, progettisti e utilizzatori.

Quello delle reti di comunicazione è uno dei principali terreni di competizione e sviluppo nell'industria. Nel novero dei protocolli e dei bus di campo CANopen non solo ha imposto la propria leadership nel mondo embedded e automotive, ma ha raggiunto la quasi totalità dei segmenti applicativi. CANopen e la piattaforma CAN (Controller Area Network) sono destinati a progredire a vele spiegate anche nel prossimo futuro. La crescente domanda di elettronica, specie nella produzione automobilistica, ha indotto i produttori di semiconduttori a integrare CAN su un vasto numero di dispositivi. Questa situazione ha progressivamente messo di fronte molti altri settori a una tecnologia matura, standardizzata e indipendente. Negli ultimi vent'anni, l'ampia disponibilità di componenti (chip, ricetrasmittitori, microcontrollori, tool di sviluppo) si è accompagnata a una sensibile diminuzione dei costi. Vi sono poi aspetti strettamente tecnologici che hanno decretato il successo di questo protocollo. CAN implementa solo i primi due livelli della pila ISO/OSI (cfr Box 1), ma prevede molti strumenti di sviluppo per protocolli ad alto livello. Con questo meccanismo si possono connettere in rete numerosi dispositivi, pur mantenendo stringenti vincoli temporali e impedendo che un solo nodo metta in crisi l'intero sistema. Il cablaggio, basato su doppino intrecciato, risulta estremamente semplice e flessibile. E ancora, i nodi possono essere aggiunti o rimossi senza dover riconfigurare il sistema. Un altro motivo per cui CAN è particolarmente apprezzato dai progettisti è l'elevata affidabilità. L'immunità ai disturbi è infatti assicurata dall'adesione allo standard ISO 11898 che regola il funzionamento dei chip di interfaccia anche in condizioni estreme, mentre la rilevazione degli errori e la richiesta di ritrasmissione viene gestita direttamente dall'hardware con cinque diversi metodi (due a livello di bit e tre a livello di messaggio). Complessivamente questi controlli riducono la probabilità di errore non rilevato al di sotto di 10^{-13} . Per di più ciascun nodo è in grado di rilevare il proprio malfunzionamento e di autoescludersi dal bus.

L'evoluzione di CAN

Nel 1986 Robert Bosch presentò CAN al congresso SAE (Society of Automotive Engineers) a Detroit. CAN è un proto-



Andamento e proiezioni delle vendite CAN chip (fonte: Strategy Analytics 2005) e CANopen device (fonte: IMS Research 2007)

collo di comunicazione seriale di tipo broadcast che permette il controllo real-time distribuito con un livello di sicurezza molto elevato. Fu progettato per gestire brevi messaggi (fino a 8 byte) con accesso multi-master (collisioni risolte in base alla priorità) e per offrire un alto livello di affidabilità (15 bit CRC per ogni messaggio). Inizialmente fu studiato per consentire la comunicazione fra i dispositivi elettronici montati a bordo degli autoveicoli, benché agli esordi, nel nord Europa, CAN raccolse maggiori favori nel settore tessile, nei sistemi di trasporto ferroviari e navali, e in alcune macchine di controllo, salvo poi diffondersi in tutti i settori con marcate necessità real-time. Nel 1987 furono immessi nel mercato il primo chip CAN 82526 (Intel) e il controllore CAN 82C200 (Philips Semiconductors). Nel 1992 Holger Zeltwanger riunì produttori e utenti nell'associazione internazionale CiA (CAN in Automation) per standardizzare il protocollo e promuoverne la diffusione. Uno dei primi e più impegnativi compiti della CiA fu l'estensione dello standard al livello applicativo del modello ISO/OSI (di cui CAN descrive solo i primi due livelli). L'approdo fu il protocollo CAL (CAN Application Layer), ben presto relegato a un ambito poco più che teorico per le difficoltà introdotte a livello progettuale. Con lo stesso obiettivo, ma stavolta con esito positivo, la CiA (CAN in Automation) giunse nel 1995 (progetto Esprit) all'implementazione del livello applicativo CANopen, definendo un framework robusto per sistemi programmabili, dispositivi, interfacce e profili di comunicazione. Fu subito la chiave di volta, in quanto interi segmenti industriali (es. macchine di stampa, applicazioni navali, sistemi medicali) iniziarono ad adottare massicciamente CANopen come sistema di comunicazione tra controllori, sensori e azionamenti. Parallelamente, nel corso degli anni 90 Milacron, Allen Bradley e Honeywell Microswitch svilupparono un progetto alternativo di comunicazione e controllo basato su CAN. Ne scaturirono due protocolli di alto livello abbastanza simili: DeviceNet e SDS (Smart Distributed System). Quest'ultimo, nato soprattutto per l'interconnessione di sensori e attuatori binari in lunghe catene di montaggio, si affermò solamente come soluzione interna di Honeywell Microswitch. Viceversa, Allen Bradley promosse la specifica di

La Scheda di CANopen

Ente promotore	CiA (CAN in Automation), www.can-cia.org
Apertura	22 produttori chip, oltre 300 costruttori di dispositivi e sistemi, specifiche aperte
Anno di introduzione	1995
Tempo di ciclo	<1 ms (256 digitali: 16 nodi con 16 I/O) 5 ms polling @ 1 Mbps (128 analogici: 16 nodi con 8 I/O)
Trasferimento di un blocco di 128 byte 1 nodo	<2.5 ms
Procedura di accesso	Master/slave, punto a punto multi-cast, multi-master
Topologia	Linea a tronco, linea di caduta
Standard	CiA DS301, DS40x EN 50325-4
Distanze	Da 25 a 1000 m (a seconda della velocità)
Velocità trasmissione dati	Da 10 kbps a 1 Mbps
N° max stazioni / nodi	127
Interfaccia elettrica (mezzo fisico)	Doppino intrecciato, segnale e potenza opzionale
Dimensione trasferimento dati	Messaggio variabile 8 byte
Politica arbitraggio	Carrier Sense Multiple Access Bit Arbitration non distruttiva
Controllo errori	15 Bit CRC
Diagnostica	Controllo errori e messaggi di emergenza

DeviceNet nell'ambito dell'associazione ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) e in seguito nel progetto di comunicazione industriale CIP (Common Industrial Protocol). Forte di vantaggiose funzionalità plug&play e off-the-shelf, DeviceNet è diventato nel tempo un bus industriale leader negli Stati Uniti e diffuso anche in Europa. Pur avendo in comune con CANopen la derivazione da CAN e l'adesione alla norma EN 50325, DeviceNet è ottimizzato per l'automazione di fabbrica, mentre CANopen esprime il massimo potenziale nelle reti embedded. Oltre ai già citati SDS e DeviceNet, dalla necessità di definire i livelli applicativi di CAN sono nati altri protocolli tra i quali LIN (Local Interconnect Network) impiegato con successo nel settore automobilistico per piccole reti di area grazie alla semplicità di utilizzo e al basso costo di implementazione, CANKingdom (proto-

Modello ISO/OSI

Il modello di riferimento strutturato ISO/OSI è alla base di tutti i sistemi di comunicazione. In ambito industriale non sempre vengono sfruttati tutti e sette i livelli, mentre è netta la separazione tra applicazione e comunicazione. In CAN sono definiti solo i livelli 1 e 2, quello fisico (physical layer) relativo ai segnali elettrici e ai cablaggi e quello di scambio dati (data link layer), il quale specifica la struttura di un messaggio e le informazioni di accesso al bus condiviso. Il data link layer è a sua volta implementato attraverso l'object layer e il transfer layer. Il primo si occupa del filtraggio dei messaggi arrivati, della gestione dei messaggi da trasmettere e dell'interfaccia con l'application layer. Il secondo definisce le modalità di trasferimento: formato dei messaggi, arbitraggio, segnalazione e correzione degli errori, esclusione dei nodi malfunzionanti, sincronizzazione e bit-timing. Le proprietà dell'object layer dipendono dal particolare hardware che lo implementa. Le caratteristiche del transfer layer costituiscono invece il nucleo del protocollo CAN e sono quindi rigidamente specificate. I livelli dal 3 al 6 (rete, trasporto, sessione, presentazione) non sono presenti. Il livello 7 (application layer) definisce l'interfaccia tra un nodo del bus e la corrispondente applicazione, è definibile liberamente e istanzialmente la base del CANopen. La definizione completa di tale livello (comprendente framework, profili, dizionario oggetti) e i dettagli di interfaccia degli utenti verso il bus sono lasciati al progettista.

collo che definisce delle primitive di comunicazione in base a un approccio secondo cui i nodi sono al servizio della rete) e SeleCAN introdotto da Selectron.

Introduzione a CANopen

Fino al 1999 CANopen era normato dalle specifiche CAL (CiA DS-201 - DS-207), dopodiché venne emessa la specifica di riferimento CiA DS-301 tutt'ora in vigore. CANopen è attualmente la tecnologia di comunicazione leader nelle reti embedded e all'interno degli autoveicoli. Ma è anche un bus industriale generalista poiché offre una grande versatilità di configurazione e viene utilizzato in molti campi dal medicale al militare, dalla nautica al trasporto pubblico, al building automation, packaging, automazione per l'edilizia, plastica, tessile, produzione IC, sistemi di controllo ascensori, veicoli su rotaia e varie tipologie di

macchine (es. stampa, distributori bevande, lavorazioni cantieristiche). Grazie al ruolo armonizzatore della CiA (di cui fanno parte tutti i principali attori del settore), lo sviluppo di CANopen coinvolge "democraticamente" un'ampia base di aziende costruttrici e utilizzatrici. Questo protocollo si è dimostrato efficiente e low cost dotato di funzionalità plug&play e che si distingue per un approccio flessibile garantito dai cosiddetti profili applicativi (*application profile*). CANopen presenta una comunicazione flessibile ma deterministica: la risoluzione dei conflitti avviene tramite controllo ad accesso multiplo Bit Arbitration non distruttivo. Inoltre supporta sia il modello di comunicazione producer-consumer, sia quello client-server. Dal momento che come tecnologia di base è compresa in molti componenti a basso costo, CANopen trova un habitat ideale nelle applicazioni *cost-sensitive*, *high volume* e con prestazioni medie. Le funzionalità fornite da CANopen permettono la configurazione di ogni nodo di rete attraverso unità master o tool dedicati. I parametri di configurazione determinano il comportamento della comunicazione di un dispositivo e permettono di scegliere quali dati di processo (data field) sono contenuti, in quale messaggio (identificatore) e quando questo messaggio è triggerato. Va sottolineato che la maggior parte delle funzioni di comunicazione sono opzionali. Ciò significa che un dispositivo deve solo implementare le funzioni effettivamente utilizzate, il che contribuisce fortemente all'ottimizzazione dell'applicazione. Al fine di riuscire a scambiare o sostituire facilmente i nodi di differenti costruttori, CANopen assicura ulteriori strumenti di standardizzazione come il cosiddetto profilo di dispositivo (*device profile*) che specifica il comportamento desiderato della comunicazione per una particolare applicazione. È infatti disponibile un certo numero di device profile (es. CiA 401 per moduli I/O, CiA 402 per azionamenti, CiA 406 per encoder ecc.) e di nuovi ne vengono costantemente aggiunti. In sostanza le reti CANopen connettono PLC e altri controllori proprio a tali dispositivi. Le specifiche originali di CANopen sono state estese a servizi di comunicazione aggiuntivi e a

Dizionario degli Oggetti

Al centro della tecnica CANopen vi è il dizionario degli oggetti (object dictionary), ovvero una lista che descrive le funzioni complete di un dispositivo CANopen, specificando, tra le altre cose, il tipo di oggetto (es. variabile, array, record) e la modalità di accesso in rete. Per accedere ai dati del dizionario sono previsti due meccanismi: PDO (Process Data Object) e SDO (Service Data Object). I messaggi scambiati durante la comunicazione sfruttano un numero limitato di identificatori (CAN Object Identifier, COB-ID), i quali sono definiti per difetto secondo un preciso schema di allocazione molto importante nel progetto del sistema. In sostanza ciascun oggetto di comunicazione richiede uno o più identificatori CAN che contengono anche informazioni sulla priorità e sull'accesso al bus di un determinato messaggio. I PDO sono trasmessi in un singolo messaggio CAN attraverso una comunicazione di tipo producer-consumer. Uno specifico PDO può essere trasmesso da un solo dispositivo della rete, ma può essere ricevuto da più utilizzatori della rete. Grazie agli SDO è invece possibile accedere a una qualsiasi voce del dizionario oggetti ed effettuare qualsiasi tipo di scambio dati tra due utilizzatori della rete con un meccanismo di tipo peer-to-peer. Gli oggetti relativi al controllo della rete (NMT, SYNC ecc.) hanno priorità più alta rispetto ai PDO e agli SDO. L'oggetto NMT (Network Management) è una sorta di macchina a stati CANopen: inizializzazione, pre-operativo, operativo, disattivazione sono gli stati definiti. Gli oggetti di pulsazione (heartbeat) e sorveglianza (guarding) vengono utilizzati per controllare la presenza di utilizzatori nella rete e per verificarne il corretto comportamento. L'oggetto SYNC può essere considerato un clock centralizzato ed è prodotto ciclicamente dal generatore di sincronismo. L'oggetto di emergenza consiste in un unico messaggio CAN ed è utilizzato per comunicare errori locali del dispositivo alla rete.

protocolli per profili di applicazione. Le definizioni fornite nel dispositivo e i profili applicativi sono la premessa per la realizzazione di dispositivi interoperabili e facili da integrare. Le reti embedded richiedono dati di processo standardizzati, parametri di configurazione e informazioni di diagnostica. In CANopen queste informazioni sono trasmesse tramite i PDO (Process Data Object) e gli SDO (Service Data Object). CANopen assicura anche una gestione standardizzata della rete grazie al messaggio NMT e a quello di *heartbeat*. Tutti questi servizi di comunicazione sono mappati in uno o più messaggi CAN. Per ottenere la sincronizzazione delle attività di rete, CANopen offre l'oggetto SYNC. Altri oggetti di comunicazione CANopen sono l'etichetta temporale per la creazione di un unico orologio di sistema, il messaggio di emergenza (EMCY) per comunicare errori locali, il messaggio di *boot-up* per segnalare che un nuovo utilizzatore della rete è pronto, e il messaggio di controllo degli errori per verificare le attività degli utilizzatori della rete. I servizi di gestione della rete consentono di commutare un dispositivo CANopen attraverso la macchina a stati finiti NMT slave e possono essere molto utili agli integratori nelle fasi di sviluppo, test e diagnostica. In queste fasi un valido supporto viene anche da ambienti di simulazione dedicati. Nella progettazione del sistema è importante specificare in dettaglio il livello fisico. La specifica CANopen definisce semplicemente il bit-timing e la lunghezza massima della rete per differenti bit-rate. Nelle reti CANopen è inoltre prevista la trasmissione digitale differenziale che rende pressoché immuni i cavi di collegamento dai disturbi elettrici. Non ultima, la scelta di cavi e connettori può dipendere dalla topologia di rete. Quella standard CANopen è una linea bus a tronco, ma con l'uso di ripetitori sono possibili topologie a stella e ad albero.

Uno sguardo al mercato

Dal 1989 a oggi sono stati venduti circa 2 miliardi di chip con controllori CAN. Dopo più di 20 anni la tecnologia CAN, lungi dall'essere invecchiata, gode di ottima salute, cresce significativamente nei drive e nei sensori elettrici e si prevede possa entrare su larga scala nei settori emergenti safety, building automation e home entertainment. Nello specifico CANopen è premiato per il fatto di non richiedere pagamenti di licenze e per offrire funziona-

Profili

I processi di configurazione e ottimizzazione di reti e dispositivi CANopen (da parte di progettisti e utenti) sono basati sui cosiddetti "profili" gestiti in specifiche aree di memoria del dizionario. I profili di dispositivi (device profile) descrivono il comportamento predefinito dei dispositivi, nei quali è possibile implementare anche funzioni aggiuntive. Il profilo di dispositivo specifica quali dati vengono mappati e che evento scatenante genera una trasmissione PDO. Il lungo elenco dei device profile disponibili comprende: moduli di I/O e joystick (CiA DS-401); azionatori elettrici e controller di movimento e posizione (CiA DSP-402); misurazione e controllo temperatura e pressione, sensori e controller ad anello chiuso (CiA DS-404); dispositivi programmabili IEC 61131-3 (CiA 405); encoder (CiA DS-406); controllo trasmissione idrostatica, componenti idraulici (CiA DS-408); inclinometri (CiA 410); apparati medicali (CiA 412); controllo porte automatiche (CiA DSP-416); controllo ascensori (CiA DSP-417). I profili applicativi (application profile) definiscono il sistema completo di comunicazione. Pertanto essi raggiungono un più alto grado di funzionalità plug&play rispetto ai profili di dispositivi. I profili applicativi dividono il sistema complessivo in unità funzionali più piccole, i dispositivi virtuali, i quali possono essere implementati in un unico dispositivo fisico. Il profilo applicativo specifica, per tutti i dispositivi virtuali, gli oggetti dell'area dei profili standardizzati e definisce i PDO. I primi profili applicativi vennero sviluppati dai costruttori di macchine di stampa in offset. In seguito fu la volta dei costruttori di estrusori e di dispositivi di presa. Più recentemente sono stati definiti application profile per sistemi meccanici e per apparati medicali. Sono al momento in fase di sviluppo profili applicativi CANopen per veicoli pubblici e sistemi di pesatura. Infine, il profilo di comunicazione (communication profile) definisce i servizi predisposti a ricevere e trasmettere gli oggetti sul bus.

lità complete con l'eventuale impiego di stack di protocolli e driver sviluppati da numerose software house. Un altro vantaggio è la disponibilità di vari strumenti e servizi dedicati allo sviluppo, alla configurazione e alla diagnostica di dispositivi e sistemi (è pubblicata annualmente dalla CiA la lista aggiornata di prodotti e produttori "CANopen Product Guide"). Una delle maggiori spinte alla diffusione di CAN e CANopen è comunque dettata dalla necessità di realizzare macchine e sistemi con reti embedded in forme modulari e standard. Nell'automotive si attende il boom nel mercato asiatico e nordamericano, dopo che quello europeo è stato sbancato sulla spinta dei produttori di semiconduttori (es. Infineon, Motorola) dalla metà degli anni '90 in poi. Anche la recente introduzione del protocollo TTCAN (basato su trasmissione time-triggered di messaggi CAN) contribuirà ad allungare la vita totale della tecnologia CAN di altri 10-15 anni. E l'Italia? Il nostro è il terzo mercato europeo di apparati CANopen dopo Germania e Svizzera e vanta ben 44 aziende affiliate alla CiA (dato aggiornato a maggio 2007).

readerservice.it - n. 40