

EtherCAT – il Fieldbus Ethernet



EtherCAT[®] 
Technology Group



- 3 Un bus di campo forse non è tutto...
- 4 Una panoramica su EtherCAT
- 6 EtherCAT Technology Group
- 8 Perché Utilizzare EtherCAT?
- 10 Tecnologia in Dettaglio
 - 10 EtherCAT: Tecnologia Basata su Ethernet
 - 11 Come funziona EtherCAT?
 - 12 Il Protocollo EtherCAT
 - 14 Topologia Flessibile
 - 16 Distributed Clock per una Precisa Sincronizzazione
 - 18 Diagnostica e Localizzazione Errori
 - 19 Interfaccia di diagnostica EtherCAT MainDevice-independent
 - 21 Requisiti di Alta Disponibilità
 - 22 EtherCAT G: Funzionalità EtherCAT estesa a livello Gigabit
- 24 Panoramica di Sistema
 - 26 EtherCAT P: segnale e alimentazione su un solo cavo
 - 28 Safety over EtherCAT
 - 30 Profili di Comunicazione
 - 33 EtherCAT Automation Protocol (EAP)
 - 35 Integrazione di Altri Bus di Campo
 - 36 EtherCAT, Industrie 4.0 e IoT
- 38 Implementare Interfacce EtherCAT
 - 40 Implementare un MainDevice (MDevice)
 - 42 Implementare un SubDevice (SDevice)
 - 44 Conformità e Certificazione
- 47 Contatti

... ma la macchina è nulla senza di esso!

Non solo il bus di campo è un componente centrale dell'architettura di sistema, ma le sue prestazioni determinano quelle dell'intera applicazione. Il bus di campo è anche un elemento chiave nel determinare i costi del sistema, il tempo per la sua messa in servizio e la sua robustezza. Questo è il motivo per cui un buon ingegnere sceglie la tecnologia bus di campo come primo passo di un progetto.

Abbiamo scritto questo prospetto per presentarvi EtherCAT, il "fieldbus Ethernet". Oltre a scoprire EtherCAT, capirete cosa lo rende il più veloce protocollo Ethernet

industriale. Questo prospetto introduce anche EtherCAT Technology Group (ETG), la più vasta organizzazione bus di campo al mondo. Speriamo soprattutto di convincervi che EtherCAT è la scelta giusta per le vostre applicazioni. Qualora abbiate domande, non esitate a contattarci. Abbiamo una passione per EtherCAT e non vediamo l'ora di poterla condividere con voi.

A nome di EtherCAT Technology Group,
Martin Rostan, Direttore Esecutivo,
EtherCAT Technology Group



Martin Rostan, Direttore Esecutivo,
EtherCAT Technology Group



Il team ETG in occasione di
un Global Strategy Meeting.

EtherCAT è una tecnologia Ethernet Industriale caratterizzata da topologia flessibile, elevate prestazioni, bassi costi e semplicità d'uso. Introdotta nel 2003, è divenuta standard internazionale nel 2007. EtherCAT Technology Group promuove EtherCAT ed è responsabile del suo costante sviluppo. EtherCAT è una tecnologia aperta: può essere utilizzata e implementata da chiunque.

Come funziona

Il principio di funzionamento unico di EtherCAT risiede nella modalità di processamento dei frame Ethernet: ogni nodo legge e scrive i propri dati nel frame senza interrompere l'avanzamento di quest'ultimo. Ciò comporta un migliore utilizzo della banda (un frame per ciclo è spesso sufficiente per la comunicazione) eliminando al contempo la necessità di switch o hub.

Prestazioni di Rete

Il modo unico in cui EtherCAT processa i frame lo rende la soluzione Ethernet industriale più veloce; nessun'altra tecnologia può superarlo in termini di utilizzo della banda e di prestazioni.

Topologia Flessibile

Una rete EtherCAT può supportare fino a 65.535 dispositivi senza restrizioni circa la topologia: linea, dropline, albero, stella – o qualunque loro combinazione. Il layer fisico Fast Ethernet consente collegamenti fino a 100 m, e distanze maggiori sono possibili mediante fibra ottica. EtherCAT consente inoltre un'ulteriore flessibilità topologica mediante funzionalità aggiuntive quali Hot Connect o ridondanza di cavo.

È versatile

EtherCAT si presta ad architetture sia centralizzate che decentralizzate. Può supportare comunicazione MainDevice-SubDevice, MainDevice-MainDevice e SubDevice-SubDevice ed integrare bus di campo subordinati. La comunicazione a livello di impianto è possibile sfruttando l'infrastruttura esistente tramite EtherCAT Automation Protocol.

È facile

Al confronto di bus di campo classici, EtherCAT è una scelta ovvia: gli indirizzi dei nodi vengono impostati in modo automatico, non è richiesta alcuna taratura di rete e la diagnostica integrata consente di individuare semplicemente gli errori. Nonostante queste caratteristiche avanzate, EtherCAT è semplice da utilizzare: non sono presenti switch da configurare, né è richiesta una complessa gestione di indirizzi MAC o IP.

È economico

EtherCAT offre i vantaggi di Ethernet industriale al costo di un bus di campo. Come? Innanzitutto non sono richiesti componenti infrastrutturali attivi.

Il dispositivo MainDevice (MDevice) non necessita di una scheda hardware dedicata e i SubDevice (SDevice) integrano chip compatti ed economici disponibili da molteplici fornitori. Inoltre, non è richiesta una competenza specifica in tecnologie IT per mettere in servizio il sistema.

Ethernet Industriale

EtherCAT supporta tecnologie internet standard senza compromettere il determinismo della rete. Il protocollo "Ethernet over EtherCAT" consente di trasportare FTP, HTTP, TCP/IP o altri protocolli analoghi.

Sicurezza Funzionale

Safety over EtherCAT è proprio come EtherCAT stesso – essenziale e veloce.

La sicurezza funzionale è integrata direttamente nel bus di campo, con la possibilità di realizzare architetture a logica di sicurezza sia centralizzata che decentralizzata. Grazie all'approccio "black channel", Safety over EtherCAT è utilizzabile anche con altri sistemi bus di campo.

Tecnologia Aperta

EtherCAT è una tecnologia aperta standardizzata a livello internazionale, il che significa che chiunque è in grado di utilizzare la tecnologia in una forma compatibile. Essere una tecnologia aperta non significa però che chiunque può modificare EtherCAT in modo arbitrario per adattarlo alle proprie necessità: questo impedirebbe infatti qualsiasi interoperabilità. EtherCAT Technology Group, la più vasta organizzazione bus di campo a livello mondiale, è responsabile del continuo sviluppo di EtherCAT in modo che quest'ultimo si mantenga aperto e garantisca allo stesso tempo l'interoperabilità.

È collaudato

EtherCAT è attualmente utilizzato in tutto il mondo in una gamma di applicazioni senza eguali. EtherCAT è usato nella costruzione di macchine, in sistemi di misura, in dispositivi medicali, all'interno di autoveicoli e in innumerevoli dispositivi embedded.



Gli stand fieristici di ETG presentano la tecnologia in sé così come la varietà di prodotti EtherCAT.



ETG tiene regolarmente assemblee regionali dei propri membri.

EtherCAT Technology Group mantiene la tecnologia EtherCAT aperta a tutti i potenziali utilizzatori. L'organizzazione riunisce costruttori di dispositivi, fornitori di tecnologia e utilizzatori finali allo scopo di diffondere ulteriormente la tecnologia EtherCAT.

Essa comprende numerosi Technical Working Group all'interno dei quali gli esperti discutono vari aspetti specifici della tecnologia. Tutte queste attività sono focalizzate verso un fine comune: garantire la stabilità e l'interoperabilità di EtherCAT. È grazie a ciò se esiste una sola versione di EtherCAT, e non una nuova ogni anno.

ETG organizza vari Plug Fest ogni anno in Europa, Asia, e America. In tale occasione gli sviluppatori di dispositivi EtherCAT si radunano allo scopo di testare i propri prodotti garantendone l'interoperabilità. Utilizzando l'EtherCAT Conformance Test Tool ufficiale, ogni costruttore verifica la conformità dei propri dispositivi prima di immetterli sul mercato. A fronte del superamento di un test presso un laboratorio accreditato, inoltre, ETG rilascia ai costruttori un certificato di conformità.

ETG organizza anche seminari e workshop internazionali e rappresenta EtherCAT nelle fiere di tutto il mondo. Vengono inoltre offerti guide prodotto, stand fieristici condivisi ed esposizioni in occasione dei seminari per aiutare i propri membri a commercializzare i propri prodotti.

ETG possiede il più elevato numero di membri tra le organizzazioni bus di campo a livello mondiale. La lista dei membri è disponibile sulla homepage. Il fattore decisivo non è comunque rappresentato dal numero di membri, bensì da quanto tali membri sono attivi all'interno di ETG. Sia il numero sia la varietà dei dispositivi EtherCAT è senza paragoni, e il tasso di adozione di EtherCAT in Europa, Asia e America è straordinario.

Diventa membro

La membership ETG è aperta a tutte le aziende, siano essi costruttori di dispositivi o utilizzatori. I membri ETG:

- Hanno accesso alle specifiche tecniche e al forum per sviluppatori.
- Contribuiscono all'ulteriore sviluppo di EtherCAT tramite i Technical Working Group.
- Ricevono supporto all'implementazione da parte di ETG
- Ottengono stack software, tool e accesso ad altri prodotti di sviluppo
- Hanno l'autorizzazione ad utilizzare i loghi EtherCAT e ETG
- Possono pubblicizzare i propri prodotti e servizi nella EtherCAT Product Guide ufficiale, così come in occasione di fiere e altri eventi ETG ufficiali.

Statuto, modulo di registrazione, e informazioni aggiuntive sono disponibili: info@ethercat.org e www.ethercat.org

Standardizzazione internazionale Attività globali

EtherCAT Technology Group è partner ufficiale di IEC. EtherCAT e Safety over EtherCAT sono standard IEC (IEC 61158 e IEC 61784). Questi standard non definiscono solamente i livelli inferiori del protocollo, ma anche il livello applicativo e i profili per specifiche famiglie di dispositivi come azionamenti. SEMI™ (Semiconductor Equipment and Materials International) ha accettato EtherCAT come standard di comunicazione (E54.20) per l'industria dei semiconduttori. I Task Group all'interno del Semiconductor Technical Working Group (TWG) di ETG hanno definito profili e guide implementative per dispositivi specifici del settore.

La specifica EtherCAT è disponibile inglese, giapponese, coreano e cinese.

EtherCAT Technology Group opera a livello globale. Esperti negli uffici ETG di Germania, Cina, Giappone, Corea, e USA supportano i membri ETG prima, durante e dopo l'implementazione dei propri dispositivi.

Lo sviluppo della tecnologia avviene all'interno dei Technical Working Group (TWG), che definiscono estensioni e uniformano il comportamento dei dispositivi attraverso profili di comunicazione e guide implementative. Tutti i membri sono incoraggiati a contribuire attivamente ai TWG.



In molti Paesi EtherCAT è anche uno standard nazionale, come in Corea e Cina.

Pietre miliari di EtherCAT



Perché Utilizzare EtherCAT?

EtherCAT

Il principio di funzionamento unico di EtherCAT ne fa la “scelta dell’ingegnere”. Inoltre, le seguenti funzionalità sono vantaggiose per svariate applicazioni.

1. Prestazioni superiori

EtherCAT è di gran lunga la tecnologia Ethernet industriale più veloce, e garantisce una sincronizzazione dell’ordine di nanosecondi.

Questo è un gran vantaggio per le applicazioni in cui il processo viene controllato e misurato attraverso il bus. L’elevata velocità di reazione permette di ridurre i tempi di attesa nelle transizioni tra fasi del processo, il che aumenta notevolmente l’efficienza dell’applicazione. Infine, l’architettura di EtherCAT – a parità di tempo ciclo – reduce tipicamente il carico della CPU del 25–30% in confronto ad altri bus di campo. Se applicate al meglio, le prestazioni di EtherCAT consentono una migliore accuratezza, maggiori volumi di produzione e quindi costi inferiori.

2. Topologia flessibile

Con EtherCAT la struttura della macchina determina la topologia di rete, e non viceversa. In sistemi Ethernet industriale convenzionali esistono limitazioni sul numero di switch o hub collegabili in cascata, il che condiziona la topologia di rete complessiva. Queste limitazioni non sussistono con EtherCAT, per il quale non è richiesto l’utilizzo di switch o hub. In breve, EtherCAT non offre limitazioni per quanto riguarda la topologia di rete. Architetture a linea, albero, stella o combinazioni di queste sono possibili con un numero di nodi quasi illimitato. Singoli nodi o parti di rete possono inoltre essere disconnessi e poi riconnessi –

anche in un punto diverso della rete – durante il funzionamento. La topologia a linea può essere estesa ad un anello per ottenere una ridondanza di cavo: tutto ciò di cui il MainDevice necessita è una seconda porta di rete, mentre i SubDevice supportano la ridondanza in modo naturale. Questo rende possibile lo spegnimento di dispositivi durante il funzionamento della macchina.

3. È semplice e robusto

Configurazione, diagnostica e manutenzione sono fattori che influiscono sui costi del sistema. EtherCAT rende tutti questi aspetti più semplici: gli indirizzi vengono assegnati automaticamente, e non è pertanto richiesta una loro configurazione manuale. Il ridotto carico di rete e la struttura peer-to-peer migliorano l’immunità ai disturbi elettromagnetici. La rete individua potenziali disturbi e consente di localizzarli con precisione, il che reduce drasticamente i tempi di ricerca guasti. Durante l’avvio la rete confronta la topologia reale con quella configurata, individuando qualunque discrepanza. Le prestazioni di EtherCAT sono utili anche durante la fase di configurazione, in quanto eliminano la necessità di un dimensionamento della rete. Grazie all’ampia banda, è possibile trasmettere traffico TCP/IP insieme ai dati di controllo. Non essendo però EtherCAT basato su TCP/IP, non è richiesta una gestione di indirizzi MAC o IP, né l’intervento di esperti IT per configurare switch e router.

4. Sicurezza integrata

Sicurezza funzionale come parte integrante dell’architettura di rete? È possibile con Safety over EtherCAT (FSoE). FSoE è testato sul campo grazie a dispositivi certificati presenti sul mercato dal 2005. Il protocollo soddisfa i requisiti per sistemi SIL 3 e si presta ad architetture di controllo sia centralizzate che decentralizzate. L’approccio integrato e la semplicità del protocollo consentono di contenere i costi. Inoltre, i dati possono essere ricevuti e processati anche da un controllore non di sicurezza.

5. Sostenibilità

EtherCAT offre i vantaggi di Ethernet industriale a prezzi simili o inferiori a quelli dei bus classici. Il solo hardware richiesto dal MainDevice è una porta di rete, non sono necessarie costose schede di interfaccia o co-processori. EtherCAT SubDevice Controller sono disponibili da diversi fornitori e in differenti formati: ASIC, FPGA, o come opzione in microprocessori standard. Dato che tali controllori si fanno carico di tutte le funzionalità più critiche, EtherCAT non pone vincoli sulle prestazioni della CPU interna al SubDevice, il che comporta una riduzione dei costi. Dato che EtherCAT non richiede switch o altri componenti infrastrutturali attivi, vengono eliminati anche i costi per l’installazione, configurazione e manutenzione di questi ultimi.

Per queste ragioni, EtherCAT è utilizzato in:

- Robotica
- Macchine utensili
- Packaging
- Macchine di stampa
- Lavorazione plastica
- Presse
- Industria dei semiconduttori
- Banchi di test
- Macchine pick & place
- Sistemi di misura
- Impianti energetici
- Sottostazioni
- Trattamento materiali
- Smistamento bagagli
- Controllo palcoscenici
- Sistemi di assemblaggio
- Industria cartaria
- Controllo gallerie
- Macchine saldatrici
- Gru e scavatori
- Macchine agricole
- Applicazioni offshore
- Segherie
- Manifatture infissi
- Sistemi di domotica
- Lavorazione ferro e acciaio
- Impianti eolici
- Macchine di trivellazione
- Veicoli a guida automatica
- Spettacolo
- Dispositivi medicali
- Lavorazione legno
- Realizzazione vetri piani
- Sistemi di pesatura
- Impianti siderurgici
- ...



Tecnologia in Dettaglio

EtherCAT: Tecnologia basata su Ethernet

EtherCAT è Ethernet industriale ed utilizza frame e layer fisico così come definiti dallo standard Ethernet IEEE 802.3. Esso si propone però di rispondere anche alle specifiche esigenze dell'automazione industriale, dove:

- Sono richieste prestazioni hard real-time con tempi di risposta deterministici.
- Il sistema è normalmente costituito da molti nodi, ciascuno dei quali scambia una quantità di dati ciclici di processo contenuta.
- I costi dell'hardware hanno un rilievo maggiore che in ambito IT e office.

Questi requisiti non permettono dal punto di vista pratico di utilizzare una rete Ethernet standard a livello di campo. Inviando un telegramma Ethernet distinto per ogni nodo, l'utilizzo effettivo della banda di comunicazione diminuisce significativamente nel caso di pochi byte di dati di processo ciclici: la minima lunghezza di un telegramma Ethernet è infatti 84 byte (incluso l'Inter Frame Gap), del quale 46 byte utilizzabili per i dati di processo. Ad esempio, per un azionamento che invia al MainDevice 4 byte di dati di ingresso corrispondenti alla posizione attuale e all'informazione di stato e riceve da esso 4 byte di dati di uscita equivalenti alla posizione comandata e all'informazione di controllo, l'utilizzo di banda effettivo per ciascun telegramma risulta essere $4/84 = 4.8\%$. Inoltre l'azionamento ha normalmente un tempo di reazione tra la ricezione dei dati di uscita e la trasmissione dei corrispondenti dati di ingresso. Alla fine, non rimane molto del rateo di trasmissione di 100 Mbit/s.

Protocolli software, come quelli utilizzati nel mondo IT per l'instradamento (IP) e la connessione (TCP), richiedono inoltre un overhead addizionale per ogni nodo determinando ulteriori ritardi.

Come funziona EtherCAT?

EtherCAT supera le problematiche descritte nella sezione precedente grazie al suo efficiente principio di funzionamento, in base al quale un singolo frame è di norma sufficiente a scambiare i dati di processo di ingresso e di uscita con tutti i nodi!

Il MainDevice EtherCAT invia un telegramma che attraversa tutti i nodi. Ogni SubDevice EtherCAT legge i dati di uscita ad esso destinati e scrive quelli da esso prodotti nel frame "al volo" ("on-the-fly"), mentre quest'ultimo continua a propagarsi verso i nodi successivi. Il ritardo subito dal frame è pari al solo tempo di attraversamento fisico del SubDevice. L'ultimo nodo di un segmento o ramo reinvia il messaggio in direzione del MainDevice avvalendosi della comunicazione full-duplex di Ethernet.

La percentuale di utilizzo effettivo dei telegrammi sale a oltre il 90%, e grazie alla comunicazione full-duplex il flusso di dati teorico è addirittura superiore a 100 Mbit/s.

Il MainDevice EtherCAT è l'unico nodo della rete in grado di inviare attivamente i frame; tutti gli altri nodi non fanno altro che inoltrare tali frame. Questo principio previene ritardi di durata variabile e garantisce prestazioni deterministiche.

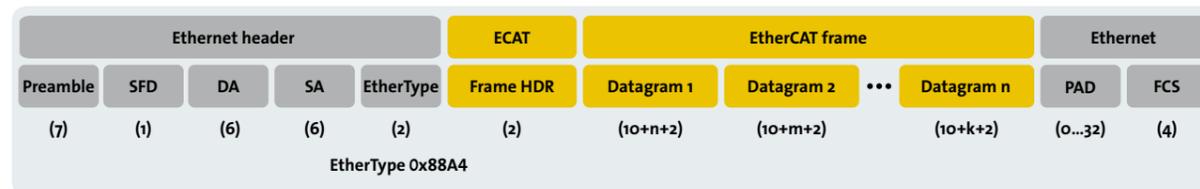
Il MainDevice utilizza un Media Access Controller (MAC) standard, senza necessità di un processore dedicato alla comunicazione. Questo consente di implementare un dispositivo MainDevice su qualunque piattaforma hardware dotata di una porta di rete, indipendentemente dal Sistema Operativo o dal software applicativo utilizzato.

I dispositivi EtherCAT SubDevice integrano un cosiddetto EtherCAT SubDevice Controller (ESC) in grado di processare i frame on-the-fly a livello puramente hardware, il che rende le prestazioni della rete predicibili e indipendenti dalla particolare implementazione dei dispositivi SubDevice.



Il Protocollo EtherCAT

EtherCAT utilizza frame Ethernet standard. I frame EtherCAT sono identificati da un EtherType 0x88A4. Essendo EtherCAT ottimizzato per pochi dati di processo ciclici, è possibile evitare l'utilizzo di ingombranti stack software come TCP/IP o UDP/IP.



EtherCAT in un frame Ethernet standard (in base alla specifica IEEE 802.3)

Per consentire una comunicazione Ethernet classica tra i nodi, i telegrammi TCP/IP possono essere trasferiti tramite tunneling attraverso un canale aciclico senza impattare sullo scambio di dati deterministico.

Durante la fase di avvio, il MainDevice (MDevice) configura e mappa i dati ciclici di processo nei SubDevice. Ogni SubDevice può scambiare quantità di dati variabili, da un bit ad alcuni byte o perfino kilobyte di dati.

Ogni frame EtherCAT contiene uno o più datagram. Il datagram header indica quale tipo di accesso il dispositivo MainDevice richiede:

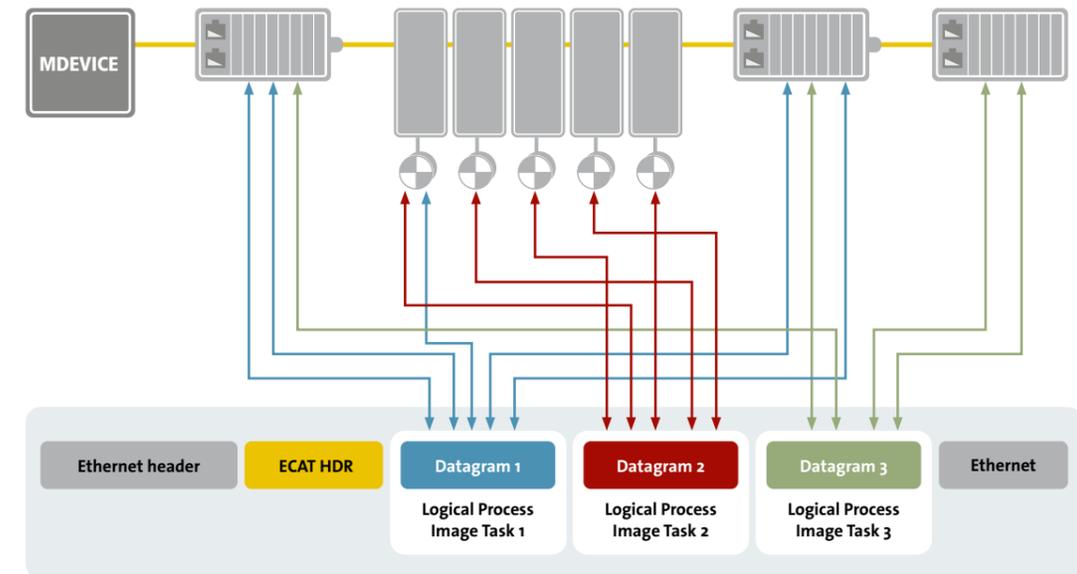
- Lettura, scrittura o lettura+scrittura
- Accesso ad uno specifico SubDevice tramite indirizzamento diretto, o accesso a più SubDevice attraverso indirizzamento logico (indirizzamento implicito)

L'indirizzamento logico è utilizzato per lo scambio dei dati di processo ciclici. Ciascun datagram indirizza uno specifico sottinsieme dell'immagine di processo della rete, la cui dimensione massima complessiva può raggiungere i 4 GByte. Durante la configurazione iniziale, ad ogni SubDevice viene assegnata una collocazione specifica in tale spazio di indirizzamento globale. SubDevice allocati nello stesso intervallo possono essere indirizzati dallo stesso datagram. Dato che i datagram contengono tutta l'informazione relativa all'accesso ai dati, il MainDevice può decidere quando e a quali dati accedere. Per esempio, il MainDevice può utilizzare tempi ciclo veloci per accedere ai dati dei servoazionamenti, e tempi ciclo più lenti per campionare gli I/O. Questo semplifica il funzionamento del MainDevice rispetto ad altri bus di campo, nei quali i dati di ogni nodo devono essere letti individualmente, ordinati da un processore, e copiati in memoria. In EtherCAT, il

MainDevice deve solo riempire un singolo frame EtherCAT con nuovi dati di uscita, e inviare il frame al controllore MAC tramite Direct Memory Access (DMA).

Quando il MAC riceve un frame con nuovi dati di ingresso, il MainDevice può trasferire il frame sempre via DMA nella memoria del controllore – il tutto senza che la CPU debba effettuare attivamente alcuna operazione di copiatura.

Accanto ai dati ciclici, ulteriori datagram possono essere utilizzati per la comunicazione asincrona o basata su evento.



Aggiungere dati di processo on-the-fly

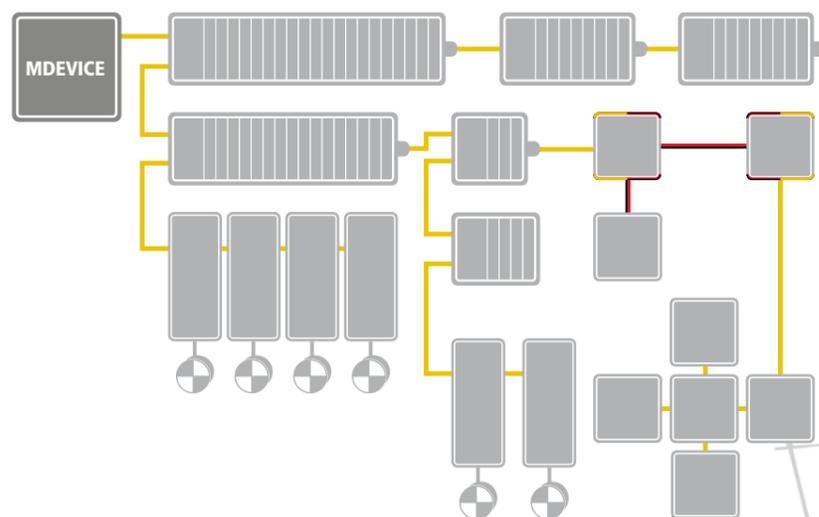
Oltre che tramite indirizzamento logico, il MainDevice può accedere a un SubDevice in base alla posizione di quest'ultimo nella rete. Questo metodo è utilizzato in fase di configurazione iniziale per determinare la topologia della rete e confrontarla con quella attesa.

Dopo aver verificato la configurazione della rete, il MainDevice può assegnare ad ogni nodo un indirizzo preconfigurato e comunicare con il nodo stesso attraverso tale indirizzo fisso. Questo consente di accedere ai singoli dispositivi anche qualora la topologia della rete venga modificata, come in applicazioni Hot Connect. Esistono due soluzioni per la comunicazione SubDevice-to-SubDevice. Un SubDevice può inviare dati direttamente ad

un altro nodo collocato a valle nella rete. Dato che i frame EtherCAT vengono processati solamente nel percorso di andata, questo tipo di comunicazione diretta dipende dalla topologia della rete ed è adatta in modo particolare ad architetture di macchina fisse (es. macchine per stampa o confezionamento). Una comunicazione SubDevice-to-SubDevice completamente flessibile passa invece attraverso il MainDevice e richiede due cicli di comunicazione (non necessariamente due cicli del controllore). Grazie alle eccellenti prestazioni di EtherCAT, questa modalità di comunicazione SubDevice-to-SubDevice risulta comunque più veloce di quella realizzabile con altre tecnologie bus di campo.

Topologia Flessibile

Linea, albero, stella, o cascata: EtherCAT supporta praticamente tutte le topologie. EtherCAT consente di implementare una topologia a daisy-chain o a linea pura con centinaia di nodi senza le limitazioni che normalmente si determinano quando switch o hub vengono posti in cascata.



Topologia flessibile – linea, albero o stella

In fase di cablaggio, la combinazione di linee con diramazioni o segmenti in cascata è particolarmente vantaggiosa: le porte necessarie per creare le diramazioni sono direttamente integrate in molti moduli di I/O, per cui non sono richiesti switch aggiuntivi o altri componenti infrastrutturali attivi.

La classica topologia a stella di Ethernet può ovviamente essere anch'essa utilizzata. Macchine modulari o che prevedano cambi di utensile richiedono che segmenti di rete o singoli nodi vengano connessi e disconnessi durante il funzionamento. Gli EtherCAT SubDevice Controller supportano già il presupposto per la funzionalità di Hot Connect. Se un nodo adiacente viene disconnesso, la porta si chiude automaticamente cosicché il resto della rete può continuare a funzionare senza interruzioni. Rapidi tempi di reazione <math>< 15 \mu\text{s}</math> garantiscono un passaggio senza soluzione di continuità.

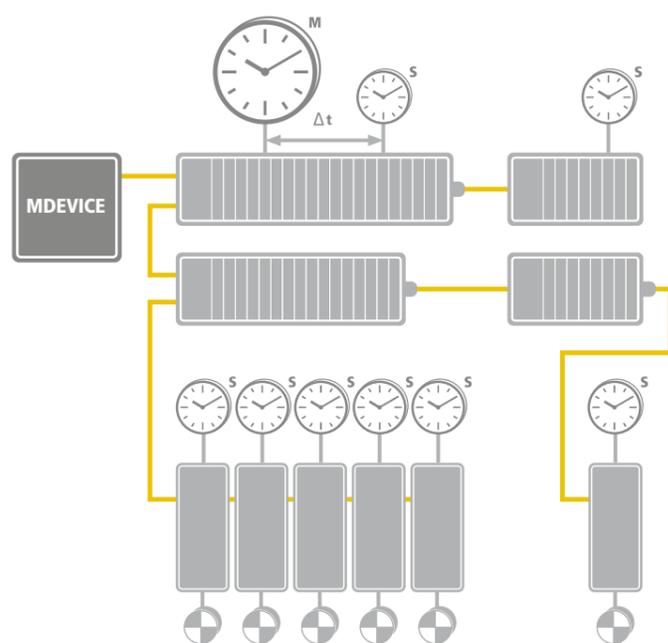
EtherCAT offre una grande flessibilità in termini di tipologia di cavi, e ogni segmento può utilizzare il mezzo fisico più adatto alla situazione. Cavi Ethernet industriale economici possono essere utilizzati per la connessione tra nodi distanti fino a 100 m utilizzando lo standard 100BASE-TX. La tecnologia EtherCAT P consente inoltre la trasmissione di dati e alimentazione sullo stesso cavo: questa opzione consente la connessione di dispositivi come ad esempio sensori con una singola linea. Possono essere utilizzate anche fibre ottiche (di tipo 100BASE-FX), ad esempio per coprire distanze di collegamento superiori a 100 m.

Una rete EtherCAT può includere fino a 65.535 dispositivi, e l'espandibilità della rete è dunque praticamente infinita. Dato il numero in pratica illimitato di nodi, dispositivi modulari come sistemi di I/O possono essere realizzati in modo tale che ogni modulo sia un SubDevice EtherCAT indipendente e autonomo. Pertanto, è possibile eliminare il bus di estensione locale; le elevate prestazioni di EtherCAT raggiungono ogni modulo direttamente e senza ritardi, in quanto l'accoppiatore non è chiamato ad effettuare alcuna conversione di protocollo.

Distributed Clock per una Precisa Sincronizzazione

In applicazioni consistenti in processi distribuiti nello spazio e che richiedano azioni simultanee, un'esatta sincronizzazione è di particolare importanza. È il caso, ad esempio, di più azionamenti che eseguano movimenti coordinati.

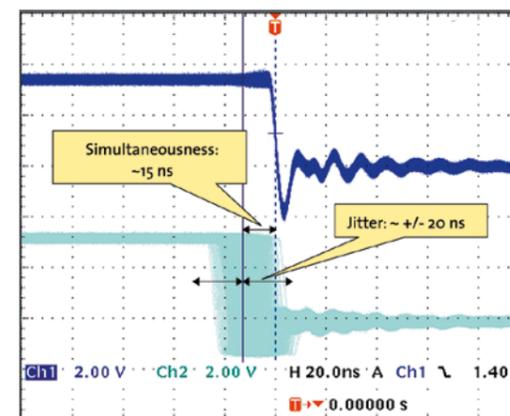
Rispetto una comunicazione completamente sincrona, la cui qualità è influenzata immediatamente da errori di comunicazione, i clock distribuiti sincronizzati possiedono un'elevata tolleranza nei confronti del jitter di comunicazione. Perciò, l'approccio EtherCAT per la sincronizzazione dei nodi è basato sui distributed clock (DC).



Sincronizzazione completamente hardware con compensazione dei ritardi di propagazione.

La regolazione dei clock nei singoli nodi avviene a livello completamente hardware. Il riferimento temporale del primo SubDevice DC è distribuito ciclicamente a tutti gli altri dispositivi del sistema. Con questo meccanismo, i clock dei SubDevice possono essere sincronizzati precisamente a quello del clock di riferimento. Il jitter di sincronizzazione risultante è di molto inferiore a 1 μ s.

Poiché il riferimento temporale inviato dal clock di riferimento giunge agli altri SubDevice con un certo ritardo di propagazione, quest'ultimo deve essere misurato e compensato per ogni SubDevice in modo da garantire sincronismo e simultaneità. Il ritardo è misurato durante la fase di avvio della rete e – se necessario – anche a regime, garantendo un errore nella simultaneità dei clock di molto inferiore a 1 μ s.



Sincronismo e simultaneità – traccia di due dispositivi di uscita digitale separati da 300 nodi e 120 m di cavo.

Dato che tutti i nodi condividono lo stesso riferimento temporale, essi possono attivare le proprie uscite simultaneamente o acquisire i propri ingressi con un timestamp altamente preciso. In applicazioni di controllo assi, la stabilità del tempo ciclo è altrettanto importante quanto il sincronismo e la simultaneità. In tali applicazioni, la velocità è normalmente derivata dalla posizione misurata, per cui è fondamentale che le misure di posizione avvengano ad intervalli equidistanti di tempo: fluttuazioni anche minime nell'istante di misura della posizione possono tradursi in un errore maggiore nella velocità calcolata, specialmente in caso di tempi ciclo veloci. Con EtherCAT, le misure di posizione sono attivate dal preciso clock locale e non dal bus, il che garantisce un'accuratezza molto maggiore.

Inoltre, l'utilizzo dei distributed clock alleggerisce anche le specifiche sul dispositivo MainDevice; dato che azioni come la misura della posizione vengono innescate dal clock locale invece che dalla ricezione del frame, al MainDevice non sono richiesti requisiti particolari relativamente all'invio dei frame. Questo consente di implementare il MainDevice a livello completamente software su un hardware Ethernet standard. Perfino un jitter dell'ordine di grandezza di microsecondi non riduce l'accuratezza dei clock distribuiti! Dato che tale accuratezza non dipende da quando avviene la regolazione del clock, l'istante esatto di trasmissione del frame diventa irrilevante. Il MainDevice deve solamente garantire che il telegramma EtherCAT venga inviato con anticipo sufficiente rispetto all'istante in cui il segnale DC all'interno dei dispositivi SubDevice innesca l'attuazione delle uscite.

Diagnostica e Localizzazione Errori

L'esperienza con i fieldbus convenzionali ha mostrato come le proprietà di diagnostica giochino un ruolo fondamentale nel determinare la disponibilità della macchina e i tempi di messa in servizio.

Oltre all'individuazione degli errori, in fase di ricerca guasti è importante anche la loro localizzazione. EtherCAT consente di scansionare e confrontare durante la fase di avvio la topologia reale della rete con quella configurata, esupporta in modo intrinseco anche molte altre funzionalità di diagnostica.

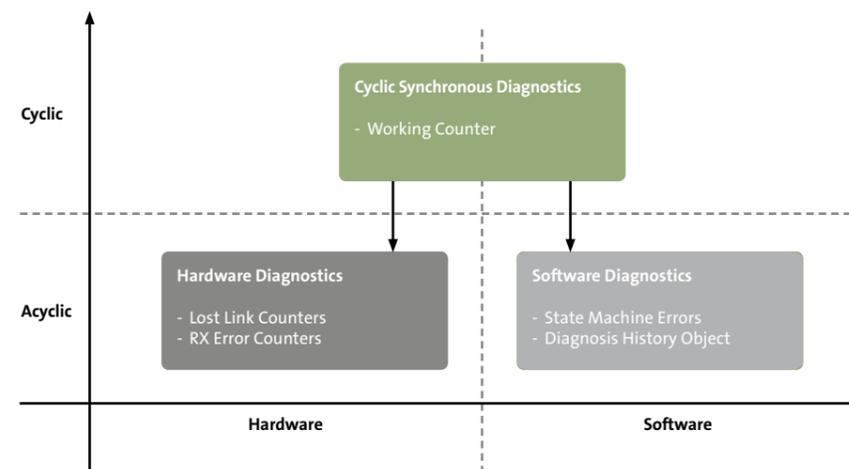
EtherCAT SubDevice Controller in ogni nodo effettua un controllo di ridondanza ciclico su ciascun frame. I dati contenuti nel frame ricevuto sono inoltrati all'applicazione del SubDevice solo se quest'ultimo è valido. Se viene individuato un errore, un corrispondente contatore viene incrementato e i nodi successivi vengono informati sul fatto che il frame è corrotto. Anche il dispositivo MainDevice riconoscerà che il frame è stato danneggiato e scarterà i dati. Il MainDevice può localizzare dove il frame è stato corrotto inizialmente analizzando i singoli contatori di errore dei SubDevice. Ciò costituisce un vantaggio enorme in confronto ai fieldbus convenzionali, nei quali gli errori si propagano sull'intero mezzo fisico rendendo impossibile localizzarne la sorgente. EtherCAT consente di individuare e localizzare disturbi occasionali prima che il problema possa impattare sul funzionamento della macchina.

Grazie all'efficiente utilizzo della banda di comunicazione di EtherCAT, che è ordini di grandezza migliore rispetto alle tecnologie Ethernet industriale basate su frame individuali per ogni SubDevice, la probabilità di errori causati da disturbi è molto inferiore a parità di tempo ciclo. E, nel caso di tempi ciclo molto veloci – caso tipico per EtherCAT – il tempo di riavvio della rete a seguito di errori è molto inferiore.

All'interno dei frame, il Working Counter consente di monitorare la consistenza dei dati in ogni datagram. Ogni nodo indirizzato da un datagram e la cui memoria sia accessibile incrementa automaticamente il corrispondente Working Counter. Il MainDevice è quindi in grado di verificare ciclicamente se tutti i nodi stanno lavorando con dati consistenti. Se il Working Counter ha un valore diverso da quello atteso, il MainDevice non inoltra i dati del datagram all'applicazione di controllo. Il MainDevice può poi determinare la causa del comportamento inatteso con l'aiuto delle informazioni di stato e di errore provenienti dai nodi, così come dello stato del link fisico.

Dato che EtherCAT utilizza frame Ethernet standard, il traffico di rete può essere acquisito tramite software gratuiti come Wireshark, il quale viene fornito con un interprete di protocollo integrato specifico per EtherCAT.

Ulteriori informazioni su diagnostica sono disponibili sul sito:
www.ethercat.org/diagnostica



Riepilogo delle funzionalità diagnostiche EtherCAT

Principio dell'interfaccia di diagnostica EtherCAT MainDevice-independent

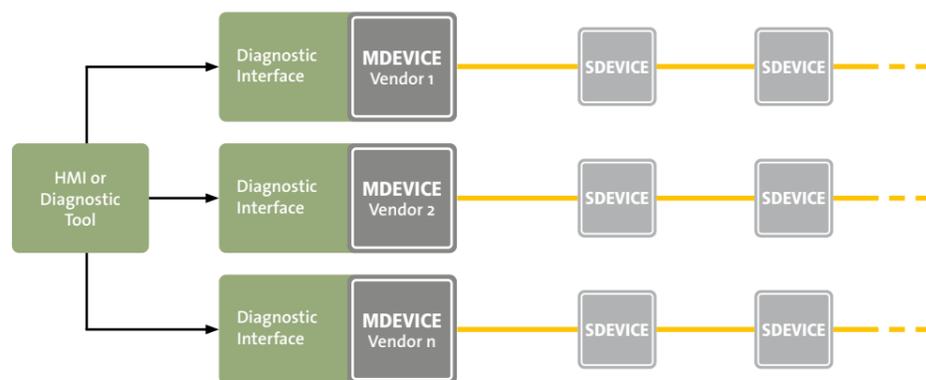
Attraverso le funzionalità appena descritte, tutta l'informazione di diagnostica necessaria per monitorare lo stato della rete e per individuare e localizzare errori è disponibile al MainDevice in qualunque rete EtherCAT.

L'informazione grezza deve però essere fornita a tool di diagnostica ed utilizzatori finali per poter essere interpretata e utilizzata. Con la specifica ETG.1510 "Profile for MainDevice Diagnostic Interface", ETG ha definito una soluzione che consente a tool esterni di accedere l'informazione di diagnostica fornita da reti EtherCAT in una modalità indipendente dallo specifico fornitore di MainDevice e dalla particolare implementazione software.

La specifica ETG.1510 estende la ETG.1500 "EtherCAT MainDevice Classes". L'informazione di diagnostica è mappata nell'Object Dictionary del MainDevice EtherCAT definito nella ETG.5001, che è stato esteso a questo scopo. Vendono descritte sia la struttura della rete come attesa dal MainDevice in base alla configurazione offline e la topologia corrente della rete come riconosciuta da una scansione online. L'informazione di diagnostica vera e propria è mappata nella forma di contatori incrementali consistenti tra loro che riassumono lo stato della rete dal suo avvio fino all'istante attuale. Grazie a ciò, l'interfaccia di diagnostica può essere letta con una frequenza indipendente dal tempo ciclo della rete EtherCAT, e non sono richieste prestazioni di determinismo per i tool esterni.

L'accesso alle informazioni di diagnostica avviene grazie al ben noto protocollo CAN application protocol over EtherCAT (CoE). Basandosi su protocolli e funzionalità già esistenti e completamente standard, l'interfaccia di diagnostica può essere implementata facilmente con una semplice estensione software di qualunque implementazione di un EtherCAT MainDevice standard. La quantità di risorse richiesta per tale estensione software è molto limitata, il che rende l'implementazione dell'interfaccia di diagnostica realizzabile per tutti i MainDevice inclusi sistemi embedded semplici e compatti.

Mediante l'interfaccia di diagnostica EtherCAT, fornitori di tool di diagnostica di macchina e di rete possono utilizzare un'interfaccia generica ed universale per raccogliere dati di diagnostica da reti EtherCAT. Sono in grado di presentare tale informazione a tecnici ed ingegneri in una maniera comprensibile e intuitiva. Inoltre, le reti non devono modificare il proprio comportamento in base allo specifico fornitore del MainDevice né utilizzare un protocollo di accesso proprietario per ogni differente implementazione di MainDevice.

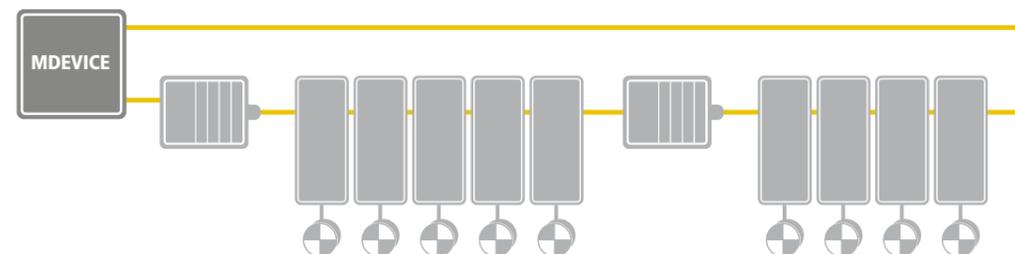


Principio dell'interfaccia di diagnostica EtherCAT MainDevice-independent

Requisiti di Alta Disponibilità

Per macchine e dispositivi che richiedano garanzie di alta disponibilità, un'interruzione di un cavo o il malfunzionamento di un nodo non devono in alcun modo rendere impossibile raggiungere un segmento della rete o determinare l'arresto della rete stessa.

EtherCAT consente di ottenere una ridondanza di cavo con semplici accorgimenti. Connettendo un cavo tra l'ultimo nodo ed una porta di rete aggiuntiva nel MainDevice, una topologia a linea viene estesa in una topologia ad anello. Un evento di ridondanza, come l'interruzione di un cavo o il malfunzionamento di un nodo, è individuato da un supplemento software nel dispositivo MainDevice. Questo è tutto! I SubDevice non richiedono di essere modificati, e non sono neppure a conoscenza del fatto che stiano lavorando in condizioni di rete ridondata.



Ridondanza di cavo con dispositivi EtherCAT SubDevice standard

Il monitoraggio del link fisico nei SubDevice individua e risolve automaticamente i casi di ridondanza con tempi di reazione inferiori a 15 μ s, cosicché viene perso al massimo un frame ciclico. Questo significa che perfino applicazioni di controllo assi con tempi ciclo molto brevi possono continuare a funzionare in caso di interruzione di un cavo.

In EtherCAT è possibile realizzare anche una ridondanza di MainDevice con funzionalità di Hot Standby. Componenti di rete vulnerabili, come quelli connessi tramite una catena portacavi, possono essere collegati come diramazioni della rete, in modo che anche a fronte dell'interruzione del cavo il resto della macchina continui a funzionare.

EtherCAT G: Funzionalità EtherCAT estesa a livello Gigabit

EtherCAT G porta la tecnologia EtherCAT a livello di gigabit - e spalanca così le porte ad applicazioni che richiedono di trasportare elevati volumi di dati per dispositivo, come ad esempio la visione di macchina, tecnologie di misura di fascia alta, o applicazioni di motion complesse. EtherCAT G è completamente compatibile con la tecnologia EtherCAT. Dispositivi esistenti basati su 100 Mb/s possono essere integrati senza problemi, in quanto di dispositivi EtherCAT G si comportano come dispositivi EtherCAT tradizionali in sistemi EtherCAT a 100 Mb/s. I ben noti vantaggi di EtherCAT, come processamento dei dati on-the-fly, diagnostica avanzata, semplice configurazione e sincronizzazione integrata, sono ovviamente mantenuti quando viene utilizzato EtherCAT G, e vengono trasportati trasparentemente nei segmenti connessi.

Un elemento centrale di EtherCAT G è il concetto di "branch". Esso è realizzato attraverso gli EtherCAT Branch Controller (EBC), i quali adempiono a due funzioni:

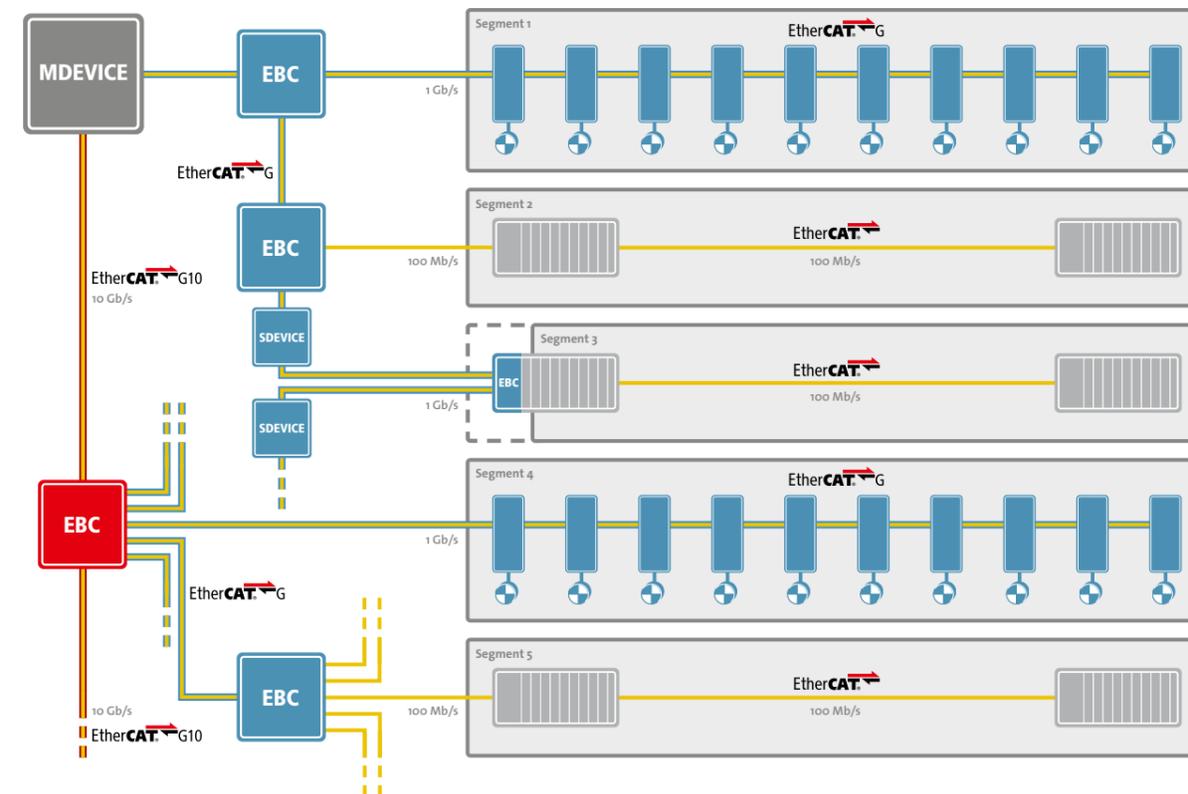
- Agiscono come una sorta di nodi per l'integrazione di segmenti indipendenti formati da dispositivi a 100 Mb/s.
- Consentono il processamento parallelo dei segmenti EtherCAT ad essi connessi.

Come risultato, i ritardi di propagazione sono significativamente ridotti, il che migliora di diverse volte le prestazioni rispetto ai livelli precedenti.

Tramite il concetto di branch, anche impianti di grandi dimensioni possono essere gestiti da un'unità di controllo centrale. La configurazione dei dispositivi di rete viene effettuata - come tipico per EtherCAT - dal MainDevice, senza necessità di tool di configurazione aggiuntivi.

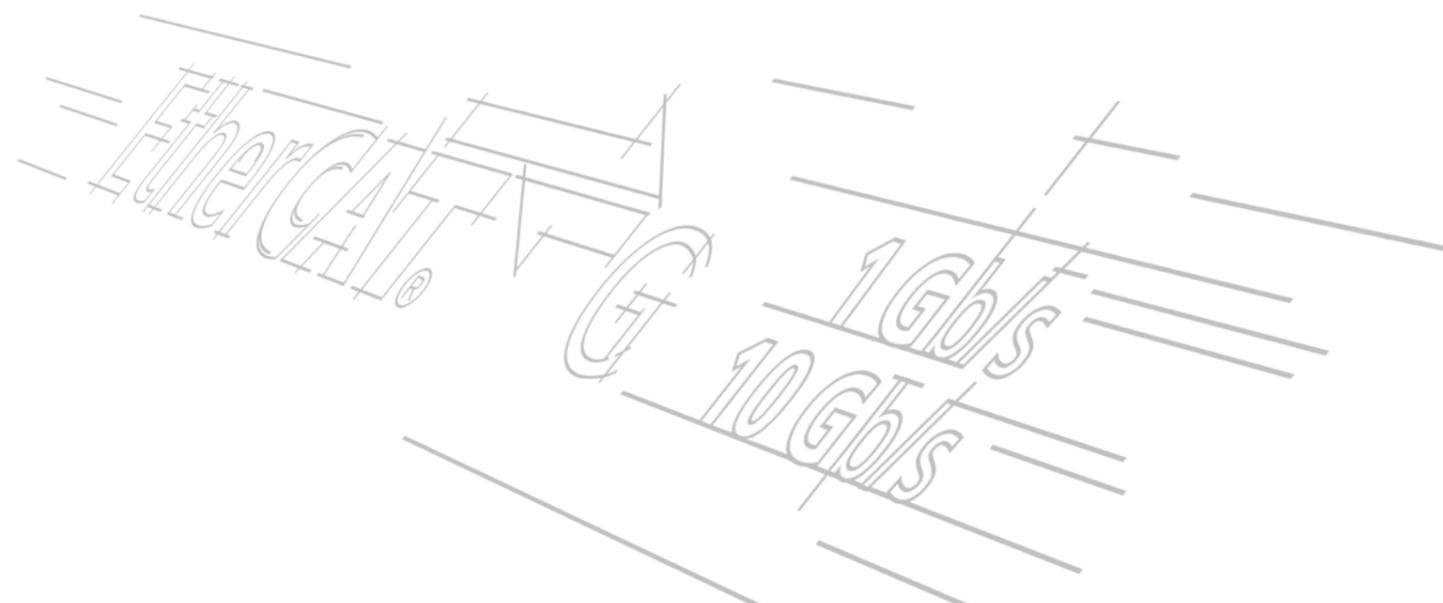
EtherCAT G è perfettamente compatibile con lo standard Ethernet IEEE 802.3.

Con EtherCAT G è completamente conservata anche la flessibilità topologica: si possono realizzare strutture a stella, linea, albero e daisy-chain. E attraverso gli EtherCAT Branch Controller (EBC) adesso si possono ora combinare in maniera ottimale segmenti a 1 Gb/s con segmenti a 100 Mb/s nella stessa rete.



Esempio di configurazione di una rete EtherCAT G/G10

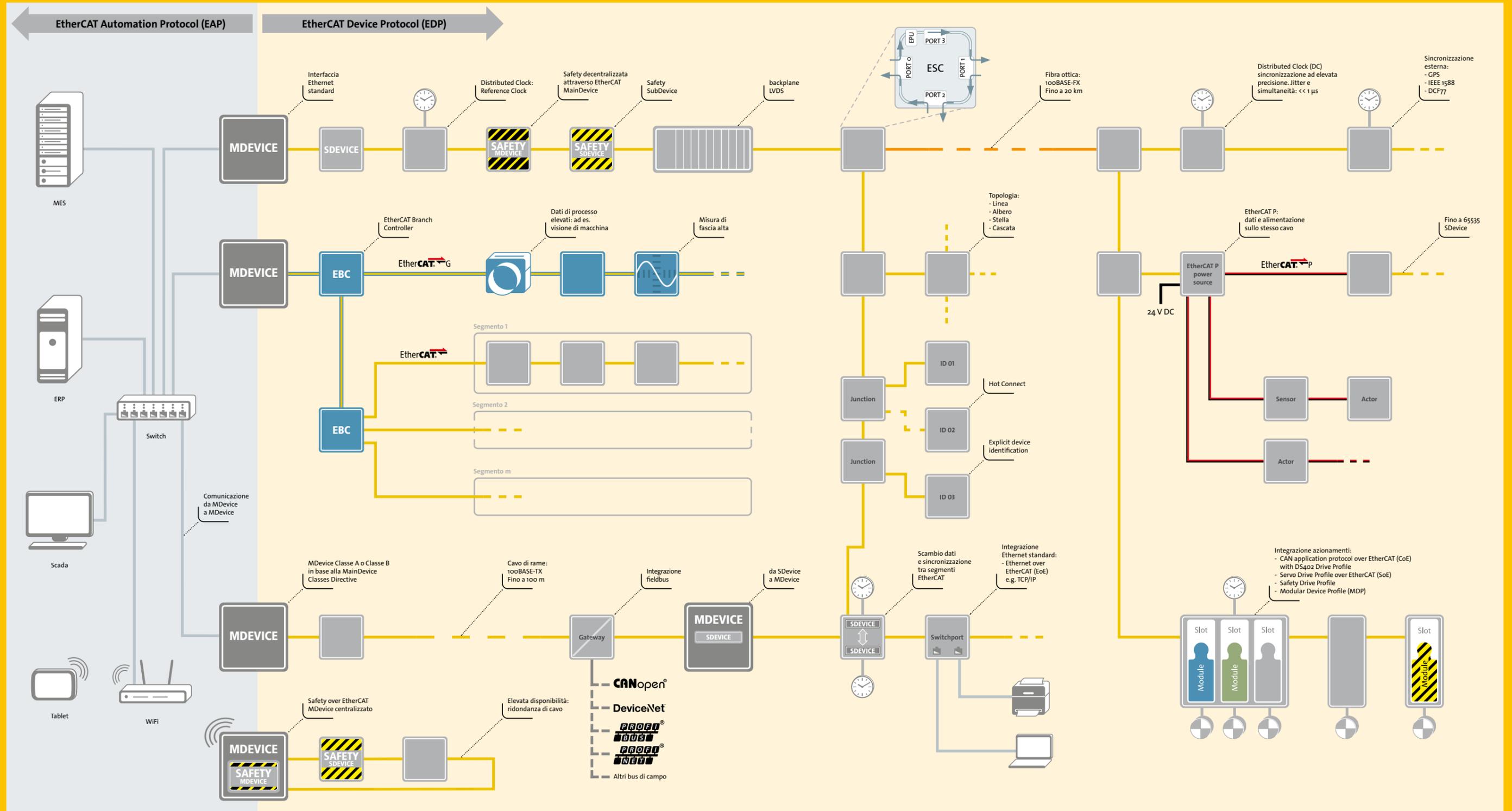
Ulteriori informazioni su EtherCAT G sono disponibili qui: www.ethercat.org/ethercat-g



Panoramica del Sistema

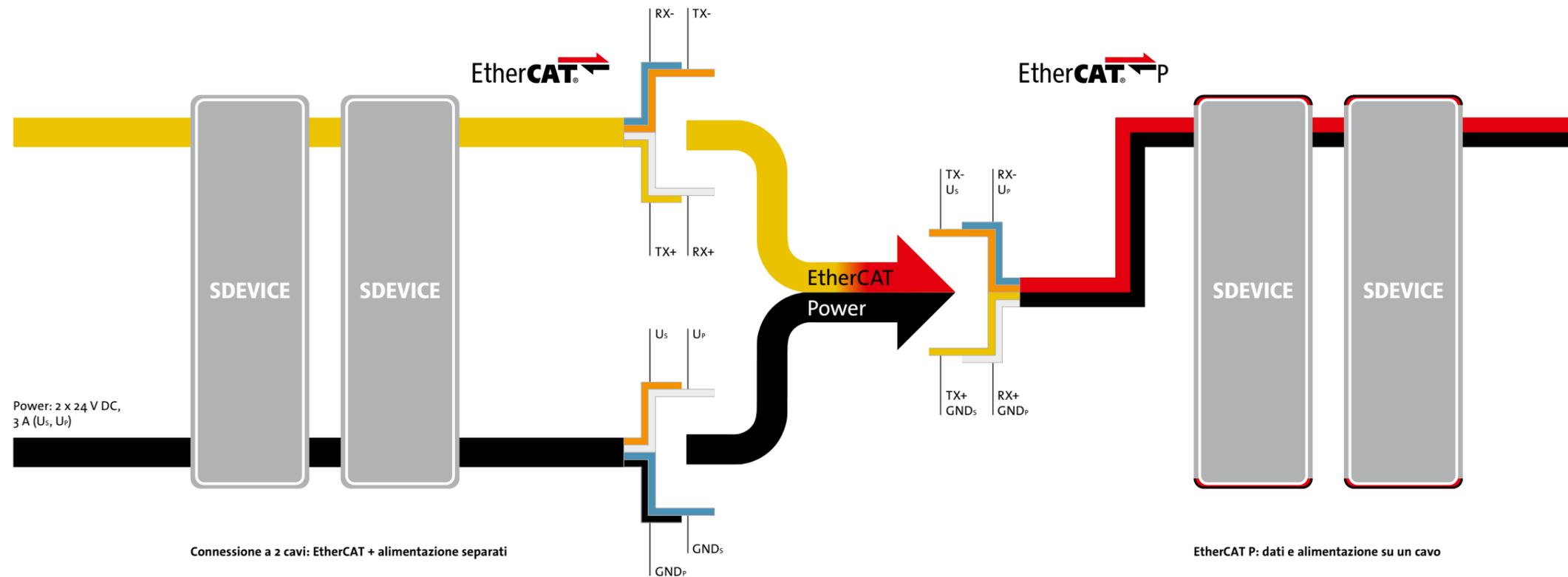
Livello di Impianto

Livello di Controllo



EtherCAT P: segnale e alimentazione in un solo cavo

EtherCAT® P



EtherCAT P (P = power) è un'estensione del protocollo EtherCAT finora descritto. Essa consente di trasmettere non solo dati, ma anche la tensione di alimentazione attraverso un singolo cavo Ethernet standard a quattro fili.

Dal punto di vista del protocollo EtherCAT e EtherCAT P sono identici, in quanto l'estensione riguarda solamente il livello fisico. Per implementare EtherCAT P non sono necessari EtherCAT SubDevice Controller specifici. Si potrebbe dire che EtherCAT P ha gli stessi vantaggi di EtherCAT dal punto di vista della comunicazione ma fornisce in più l'alimentazione attraverso il cavo di comunicazione, il che determina benefici e vantaggi in numerose applicazioni.

Le due tensioni 24V indipendenti ed elettricamente isolate alimentano i dispositivi EtherCAT P, dove U_S è dedicata all'elettronica e ai sensori e U_P è destinata alla periferia e agli attuatori. Entrambe le tensioni U_S e U_P sono trasmesse direttamente sulla linea di comunicazione EtherCAT a 100 Mbit/s. Grazie a ciò, gli utilizzatori possono connettere in cascata diversi dispositivi EtherCAT P con un unico cavo.

Questo consente una semplificazione del cablaggio, un contenimento dei costi e una riduzione delle dimensioni di dispositivi, apparati e macchine.

EtherCAT P è particolarmente vantaggioso per quelle parti di macchina autonome e spesso isolate, dato che queste possono ora essere raggiunte con dati e alimentazione attraverso un singolo cavo. Sensori di ogni tipo si prestano perfettamente a EtherCAT P: un singolo connettore M8 consente un'efficiente integrazione di questi dispositivi nella rete ad alta velocità e li connette all'alimentazione. Possibili errori nella connessione dei dispositivi vengono evitati grazie ad una speciale codifica meccanica dei connettori.

EtherCAT P può essere utilizzato insieme a EtherCAT tradizionale nella stessa rete. Componenti dedicati trasformano il livello fisico di EtherCAT tradizionale in EtherCAT P mantenendo la codifica dei dati. Allo stesso modo, un dispositivo può essere alimentato con EtherCAT P ma trasmettere EtherCAT standard in uscita.

Ulteriori informazioni su EtherCAT P sono disponibili sul sito: www.ethercat.org/ethercat-p

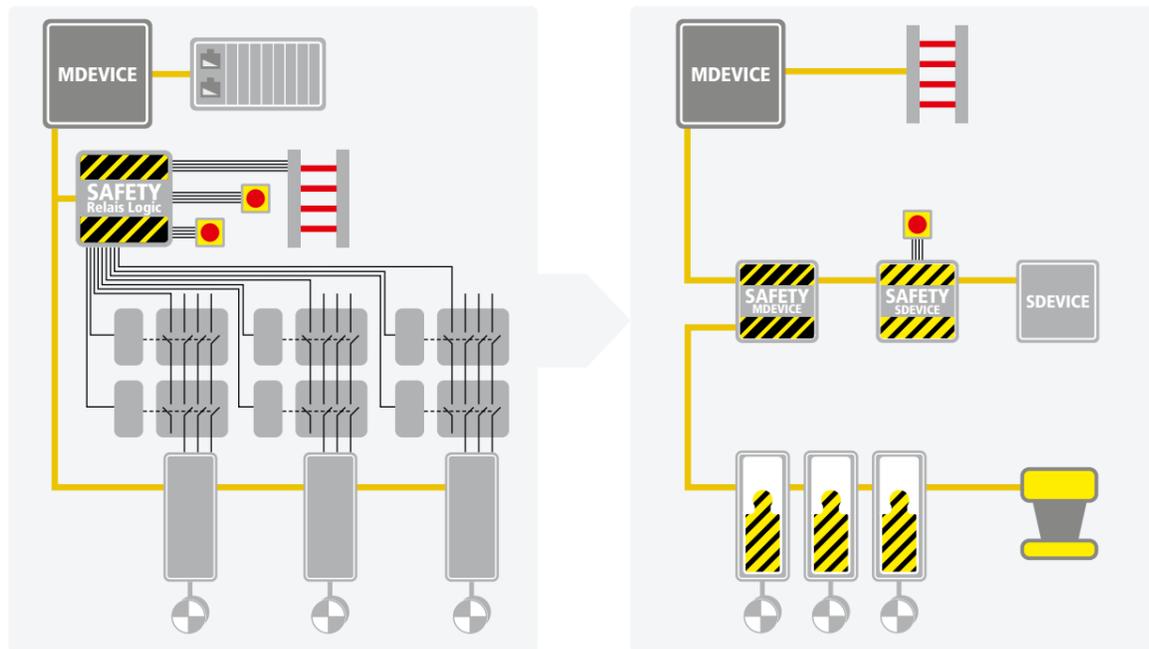


Safety over EtherCAT

Safety over
EtherCAT

I moderni sistemi di comunicazione non supportano soltanto lo scambio deterministico dei dati di controllo, ma consentono anche il trasferimento di informazioni di sicurezza sullo stesso mezzo fisico. EtherCAT utilizza a questo scopo il protocollo Safety over EtherCAT (FSoE = Fail Safe over EtherCAT) e permette quindi di avere:

- Un solo sistema di comunicazione per i dati di controllo e per quelli di sicurezza
- La possibilità di modificare ed espandere l'architettura del sistema di sicurezza
- Soluzioni pre-certificate per semplificare le applicazioni di sicurezza
- Estese informazioni di diagnostica per le funzioni di sicurezza
- Semplice integrazione del progetto di sicurezza nel progetto della macchina
- Un unico ambiente di sviluppo per le applicazioni standard e di sicurezza

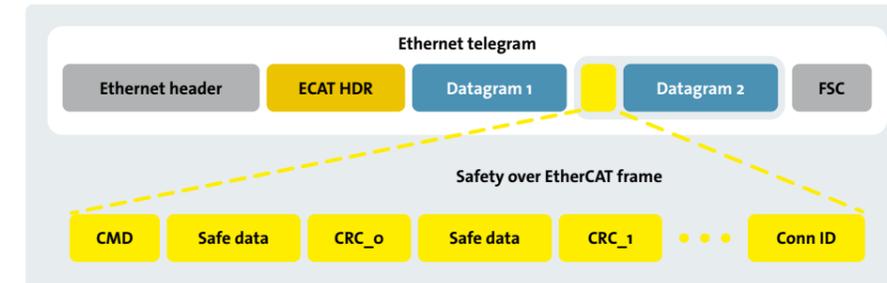


Safety over EtherCAT consente architetture di sicurezza più semplici e flessibili rispetto ad una logica a relè.

La tecnologia di sicurezza EtherCAT è stata sviluppata in accordo alla normativa IEC 61508, è approvata dal TÜV SÜD Rail, ed è standardizzata nella specifica IEC 61784-3. Il protocollo è idoneo ad applicazioni di sicurezza con Safety Integrity Level fino a SIL 3.

In Safety over EtherCAT il sistema di comunicazione è parte del cosiddetto "black channel", non è rilevante ai fini della sicurezza. Il sistema di comunicazione EtherCAT utilizza un singolo canale per trasferire sia i dati standard che quelli di sicurezza.

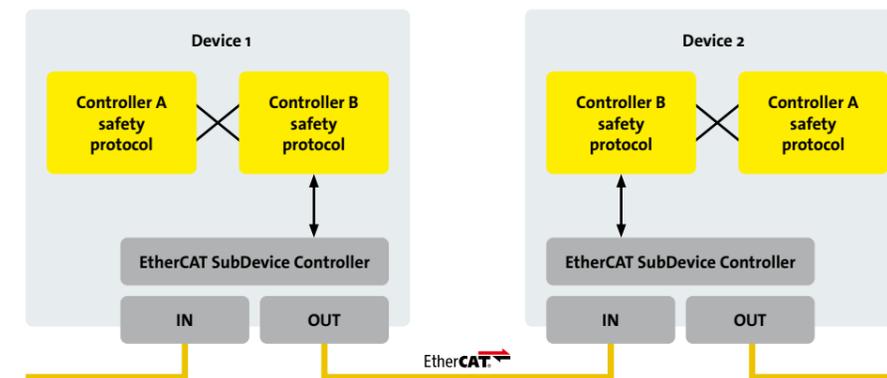
I frame di sicurezza, denominati Safety Container, contengono i dati di processo critici insieme all'informazione necessaria per garantirne l'integrità. I Safety Container sono scambiati come parte dei dati di processo. Il fatto che il trasferimento dei dati sia sicuro non dipende dalla tecnologia di comunicazione, e non è quindi limitato ad EtherCAT: i Safety Container possono viaggiare attraverso fieldbus, Ethernet o tecnologie analoghe, e possono utilizzare cavi di rame, fibre ottiche o perfino connessioni wireless.



Il Safety Container è mappato all'interno dei dati di processo ciclici di comunicazione.

Grazie a questa flessibilità, connettere in modo sicuro diverse parti della macchina è più semplice. Il Safety Container è instradato attraverso i vari controllori e processato nelle diverse parti dell'impianto. Questo consente di implementare funzioni di arresto di emergenza per l'intera macchina o per parti di essa in modo semplice, anche se tali parti sono connesse con altre tecnologie (es. Ethernet).

Implementare il protocollo FSoE in un dispositivo richiede risorse limitate e garantisce elevate prestazioni e rapidi tempi di risposta. Nell'industria robotica, esistono applicazioni che utilizzano FSoE per applicazioni di controllo assi di sicurezza con un anello di controllo a 8 kHz.



Principio "black channel": è possibile utilizzare l'interfaccia di comunicazione standard.

Ulteriori informazioni relative a Safety over EtherCAT sono disponibili sul sito ETG:
www.ethercat.org/safety

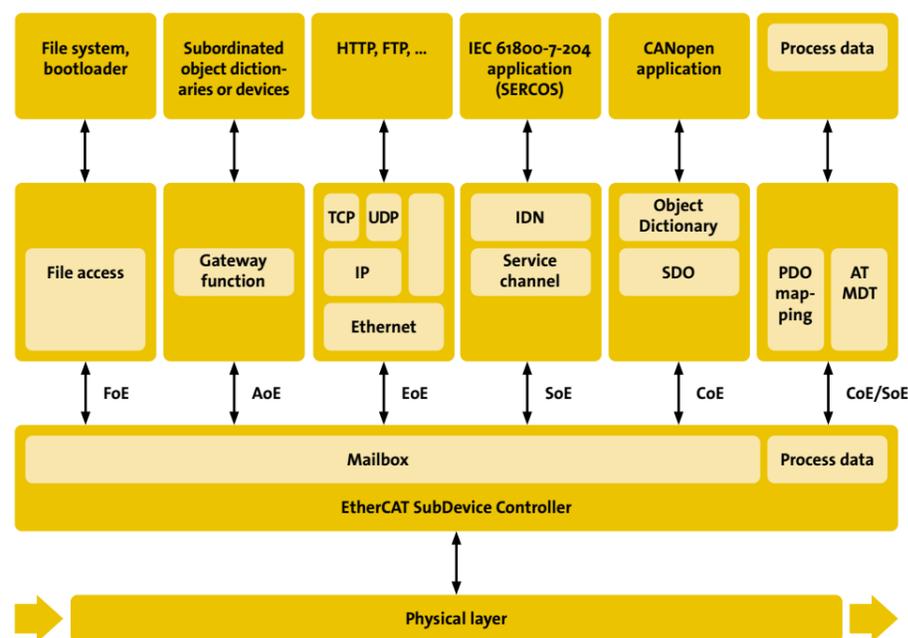


Profili di Comunicazione

Allo scopo di configurare i dispositivi SubDevice e ricavarne informazioni di diagnostica, è possibile accedere ai dati mediante comunicazione aciclica. Quest'ultima è basata su un protocollo mailbox affidabile con funzionalità di recupero automatico in caso di perdita o danneggiamento dei messaggi.

Per supportare un'ampia varietà di dispositivi e applicazioni, sono stati definiti i seguenti profili di comunicazione EtherCAT:

- CAN application protocol over EtherCAT (CoE)
- Servo drive profile, secondo specifica IEC 61800-7-204 (SoE)
- Ethernet over EtherCAT (EoE)
- File access over EtherCAT (FoE)



Differenti profili di comunicazione possono coesistere nello stesso dispositivo.

Un SubDevice non supporta necessariamente tutti i profili di comunicazione; al contrario, è possibile decidere quale profilo è più adatto alle specifiche necessità. Il dispositivo MainDevice è informato su quali profili di comunicazione sono stati implementati nel SubDevice attraverso il file descrittivo di quest'ultimo.

CAN application protocol over EtherCAT (CoE)

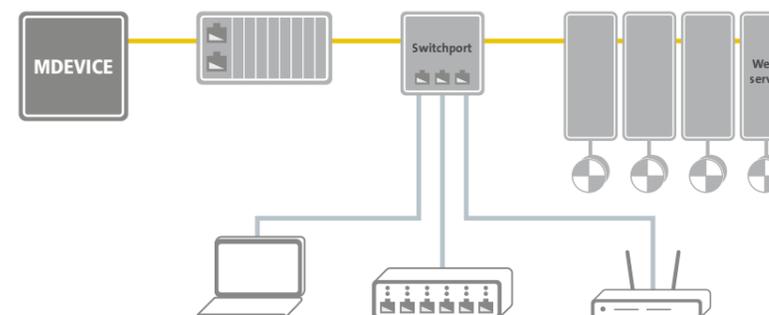
Tramite il protocollo CoE, EtherCAT fornisce gli stessi meccanismi di comunicazione di CANopen®-Standard EN 50325-4: Object Dictionary, mappatura dei PDO (Process Data Objects) e SDO (Service Data Objects) – anche la gestione della rete è simile. Ciò permette di implementare EtherCAT in dispositivi precedentemente dotati di interfaccia CANopen con uno sforzo minimo, e persino di riutilizzarne gran parte del firmware. Opzionalmente è possibile superare la limitazione di 8 byte di lunghezza per i PDO, così come sfruttare l'ampia banda di EtherCAT per supportare la lettura dell'intero Object Dictionary. Anche i profili di dispositivo, come quello per azionamenti CiA 402, possono essere riutilizzati in EtherCAT.

Servo drive profile basato su IEC 61800 7 204 (SoE)

SERCOS™ è noto come interfaccia di comunicazione deterministica, in special modo per applicazioni di controllo assi. Il profilo SERCOS™ per azionamenti è definito nello standard internazionale IEC 61800-7. Tale standard contiene anche la mappatura di questo profilo su EtherCAT. Il canale di servizio, comprensivo di accesso ai parametri e alle funzioni interne dell'azionamento, è mappato nella mailbox di EtherCAT.

Ethernet over EtherCAT (EoE)

EtherCAT utilizza layer fisico e frame Ethernet. Il termine Ethernet è anche associato comunemente al trasferimento di dati in applicazioni IT, basate su connessioni TCP/IP. Utilizzando il protocollo Ethernet over EtherCAT (EoE) qualunque traffico dati Ethernet può essere trasportato all'interno di datagram EtherCAT. I dispositivi Ethernet sono



Trasmissione trasparente di protocolli IT standard.

connessi alla rete EtherCAT attraverso i cosiddetti Switchport. I frame Ethernet, così come i protocolli internet (e.g. TCP/IP, VPN, PPPoE (DSL), ecc.) sono veicolati su EtherCAT in modo trasparente tramite tunneling. Il dispositivo dotato di funzionalità Switchport si occupa di inserire nel traffico EtherCAT i frammenti TCP/IP ed impedisce pertanto che il determinismo della comunicazione venga compromesso.

In aggiunta, dispositivi EtherCAT possono supportare protocolli Ethernet (come HTTP) localmente, e risultano quindi analoghi a nodi Ethernet tradizionali esterni alla rete EtherCAT. Il MainDevice si comporta come uno switch di livello 2, in grado di inviare i frame ai nodi destinatari tramite EoE in base ai loro indirizzi MAC. In questo modo, è possibile supportare tutte le tecnologie internet quali web server, e-mail, trasferimento FTP in un contesto EtherCAT.

File access over EtherCAT (FoE)

Questo semplice protocollo, simile al TFTP (Trivial File Transfer Protocol) consente l'accesso a file all'interno di un dispositivo e l'aggiornamento del firmware attraverso la rete. Il protocollo è stato volutamente definito in modo essenziale, così da poter essere supportato da applicazioni di boot loader senza necessità di uno stack TCP/IP.

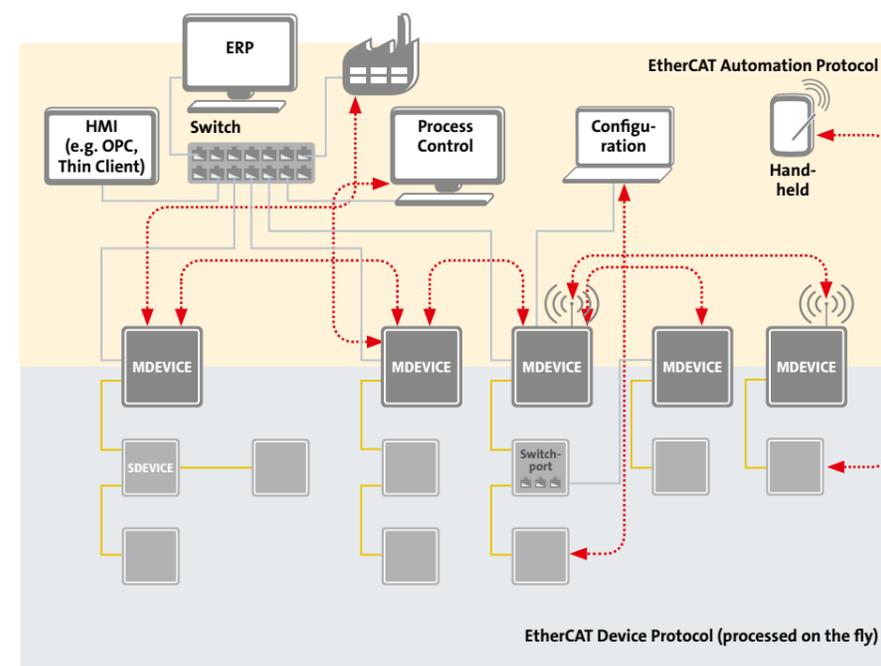
ADS over EtherCAT (AoE)

Protocollo client-server basato su Mailbox, ADS over EtherCAT (AoE) è definito dalla specifica EtherCAT. Mentre protocolli come CAN application protocol over EtherCAT (CoE) forniscono una dettagliata semantica dei dati, AoE li integra perfettamente tramite servizi paralleli e instradabili ogniqualvolta l'applicazione lo richieda. Per esempio, ciò potrebbe includere l'accesso attraverso EtherCAT a sotto-reti come CANopen®, IO-Link™ e altre mediante dispositivi gateway. AoE possiede un overhead molto inferiore rispetto a servizi analoghi forniti dal protocollo IP. I parametri di indirizzamento della sorgente e del destinatario sono sempre contenuti nel telegramma AoE - di conseguenza, è possibile un'implementazione molto semplice sia lato client che lato server.

AoE è anche il protocollo prescelto per la comunicazione aciclica mediante EtherCAT Automation Protocol (EAP), e consente pertanto una comunicazione diretta tra sistemi MES, MainDevice EtherCAT e dispositivi bus di campo subordinati connessi attraverso gateway. AoE rappresenta anche un protocollo standard per acquisire informazioni di diagnostica da una rete EtherCAT da parte di software di diagnostica remoti.

Comunicazione di Impianto EtherCAT Automation Protocol (EAP)

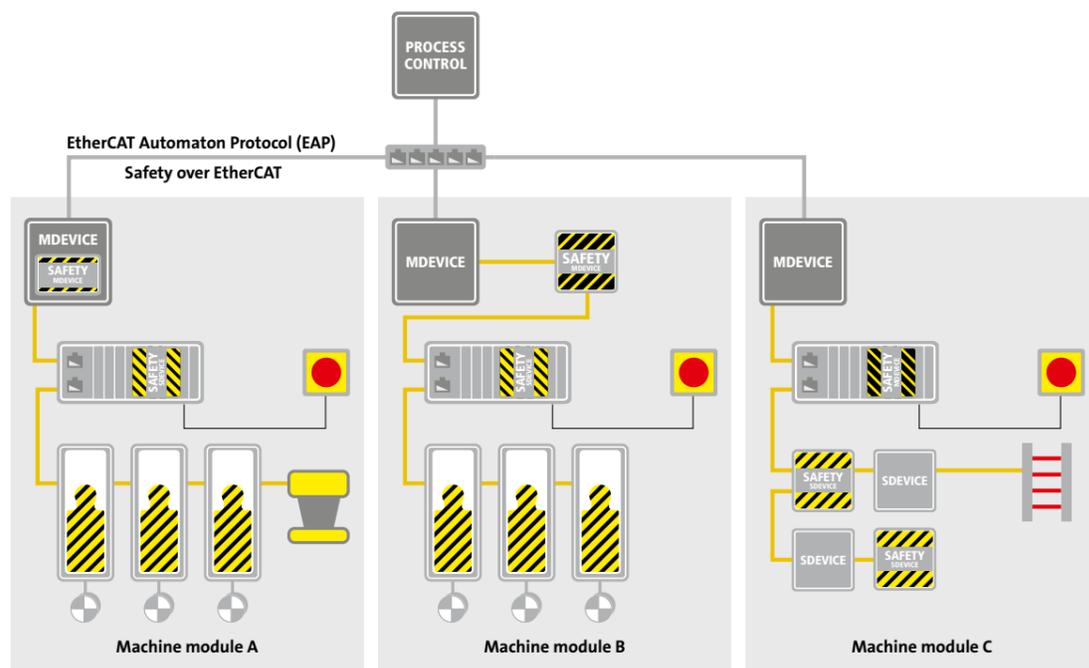
Il livello di controllo di processo presenta requisiti di comunicazione che differiscono in parte da quelli a cui si rivolge l'EtherCAT Device Protocol descritto nei precedenti paragrafi. Macchine o sezioni di impianto richiedono spesso di scambiare informazioni sul proprio stato o sulle successive fasi di lavorazione. Inoltre, è presente di norma un controllore centrale che supervisiona l'intero processo produttivo, fornisce agli utilizzatori informazioni di stato circa la produttività, e impartisce ordini alle varie stazioni della macchina.



Comunicazione di impianto con EtherCAT

EtherCAT Automation Protocol (EAP) soddisfa tutti questi requisiti. Tale protocollo definisce interfacce e servizi per:

- Scambio dati tra dispositivi EtherCAT MainDevice (comunicazione MainDevice-MainDevice),
- Comunicazione verso interfacce uomo-macchina (HMI),
- Accesso a dispositivi appartenenti ai segmenti EtherCAT sottostanti (Routing),
- Integrazione di tool per la configurazione dell'impianto o dei dispositivi.



Architettura di comunicazione di un impianto con EtherCAT Automation Protocol e Safety over EtherCAT

I protocolli di comunicazione utilizzati da EAP sono parte dello standard internazionale IEC 61158. EAP può essere trasmesso su qualunque connessione Ethernet, inclusi collegamenti wireless, consentendo ad esempio di gestire veicoli a guida automatica (AGV) comuni nelle industrie dei semiconduttori e automotive.

Lo scambio di dati ciclico segue in EAP la logica "Push" o quella "Poll". In modalità "Push", ogni nodo invia i propri dati con il proprio tempo ciclo o un multiplo di esso. Ogni ricevitore può essere configurato per intercettare i dati di specifiche sorgenti. La configurazione dei dati trasmessi e ricevuti avviene tramite l'Object Dictionary. In modalità "Poll", un nodo (normalmente il controllore centrale) invia un telegramma a tutti gli altri nodi, e ognuno di questi risponde con il proprio telegramma.

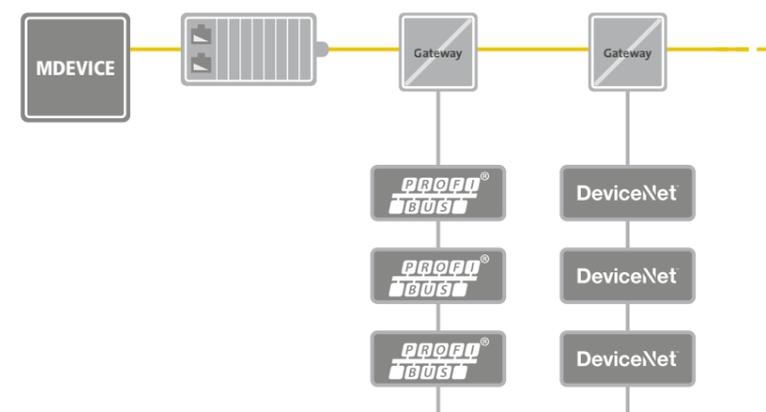
La comunicazione EAP ciclica può essere inserita direttamente all'interno dei frame Ethernet, senza ulteriori protocolli di trasporto o di instradamento.

L'EtherType 0x88A4 indica ancora che il frame è utilizzato da EtherCAT. Ciò consente di scambiare dati tramite EAP con tempi ciclo dell'ordine dei millisecondi. Qualora sia necessario mettere in comunicazione tra macchine remote, i dati di processo possono essere trasmessi anche via UDP/IP o TCP/IP.

Inoltre, grazie al protocollo Safety over EtherCAT, è possibile trasmettere su EAP anche dati di sicurezza. In questo modo, parti di una macchina possono realizzare una funzione di arresto di emergenza globale, o informare i moduli adiacenti in merito all'intervento di una funzione di sicurezza locale.

Integrazione di Altri Bus di Campo

L'ampia banda di comunicazione di EtherCAT consente di integrare reti bus di campo convenzionali come sistemi subordinati attraverso un gateway EtherCAT, fatto particolarmente utile in caso di migrazione da un bus di campo convenzionale a EtherCAT. Il passaggio a EtherCAT può così essere graduale, e consente di continuare a utilizzare componenti che non supportino ancora un'interfaccia EtherCAT.



Interfacce bus di campo decentralizzate

La capacità di integrare gateway decentralizzati permette inoltre di ridurre la dimensione fisica del PC industriale, e in alcuni casi di utilizzare addirittura un PC embedded, in quanto non sono più necessarie schede di espansione. In passato, tali schede erano richieste per connettere dispositivi complessi, come gateway bus di campo MainDevice e SubDevice, interfacce seriali veloci, e altri sottosistemi di comunicazione. Con EtherCAT, tutto quello che è richiesto per collegare questi dispositivi è una singola porta di rete. I dati di processo del sottosistema subordinato sono resi direttamente disponibili nell'immagine di processo di EtherCAT.

Attuare la Trasformazione Digitale con EtherCAT, Industrie 4.0 e IoT

EtherCAT

Ottimizzazione dei processi, manutenzione predittiva, produzione come servizio, sistemi adattativi, risparmio di risorse, fabbriche intelligenti, riduzione dei costi: esistono innumerevoli buone ragioni per utilizzare i dati delle reti di controllo in sistemi di livello superiore.

Internet of Things (IoT), Industrie 4.0, Made in China 2025, Industrial Value Chain Initiative: c'è un'esigenza diffusa per una comunicazione diretta e standardizzata attraverso tutti i livelli. Dati di sensori inviati nel cloud insieme a ricette, o parametri scaricati da sistemi ERP in dispositivi distribuiti; si pensi ad esempio ad un sistema di alimentazione condiviso da due macchine: esistono requisiti sul flusso di dati in direzione sia verticale sia orizzontale.

Grazie alle sue elevate prestazioni, alla flessibilità e all'apertura delle interfacce, EtherCAT soddisfa intrinsecamente i requisiti della trasformazione digitale:

- Le prestazioni superiori del sistema sono il prerequisito per aggiungere la gestione dei big data nelle reti di controllo.
- EtherCAT fornisce la flessibilità per integrare la connettività al cloud in sistemi esistenti senza dover modificare minimamente il controllore o aggiornare i SubDevice: un Edge Gateway può accedere ai dati locali di qualunque SubDevice EtherCAT attraverso la funzionalità di Mailbox Gateway del MainDevice EtherCAT. L'Edge Gateway può essere sia un dispositivo remoto, connesso al MainDevice via TCP o UDP/IP, sia un modulo software collocato direttamente all'interno dell'hardware del MainDevice EtherCAT.
- Inoltre, le interfacce aperte consentono di integrare qualsiasi protocollo IT – inclusi OPC UA, MQTT, AMQP e altri – all'interno del MainDevice o direttamente nei dispositivi SubDevice, offrendo quindi un collegamento diretto per IoT dal sensore al cloud senza discontinuità di protocollo.

Tutte queste proprietà fanno parte da sempre del protocollo EtherCAT, il che dimostra quanto lungimirante sia la sua architettura. Ulteriori opzioni di connettività vengono cionondimeno introdotte quando queste si sviluppano e diventano rilevanti. Ovviamente è importante considerare anche il passato nel guardare al futuro: l'introduzione di nuove funzionalità è gestita in totale continuità, e il protocollo EtherCAT in sé è stabile alla sua "Versione 1" sin dalla sua introduzione nel 2003.

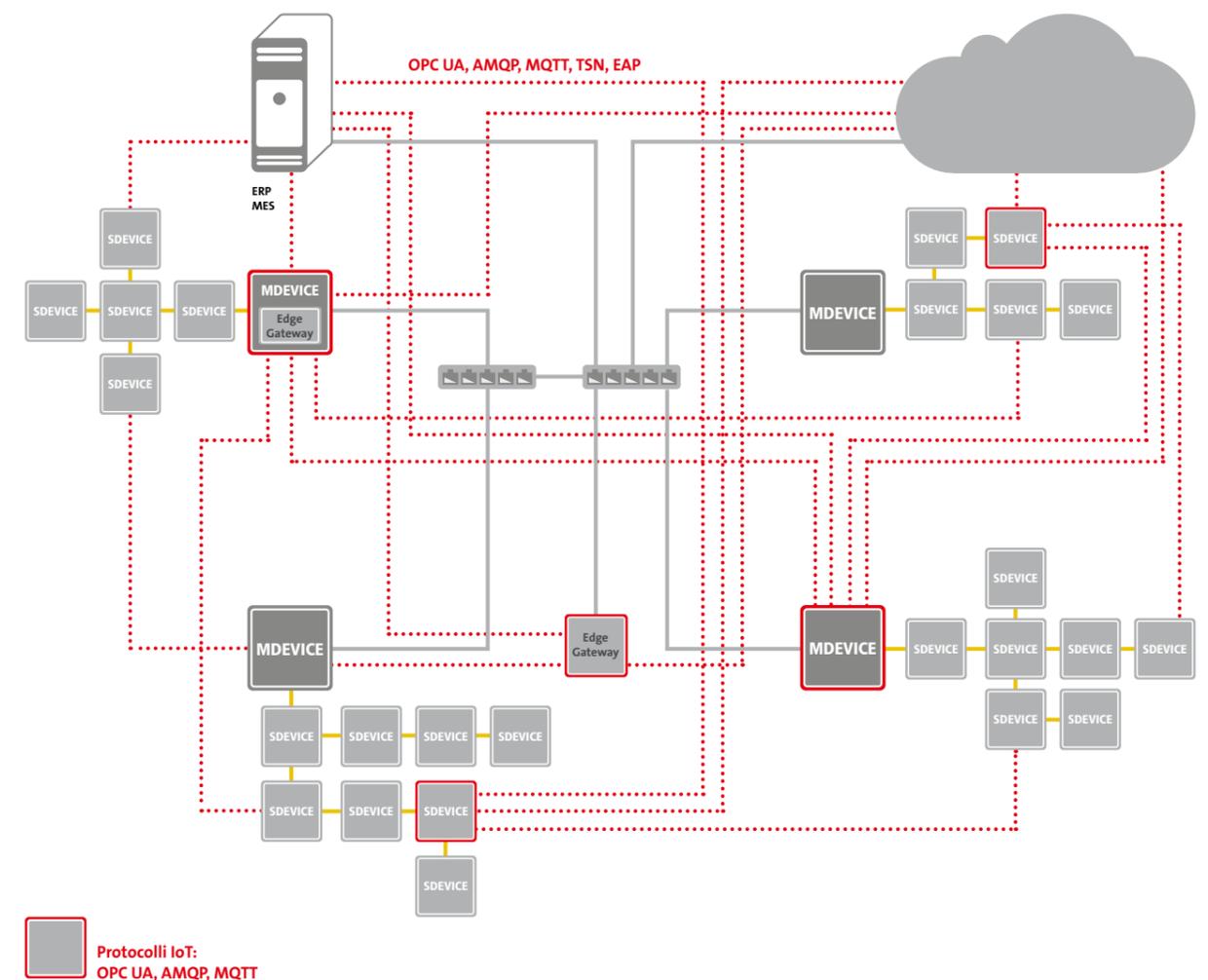
Ulteriori nuovi sviluppi nell'ambito del Time Sensitive Networking (TSN) migliorano ulteriormente le proprietà di determinismo della comunicazione tra controllori. Grazie a TSN, i controllori – inclusi quelli basati sul cloud – possono accedere ad una rete di SubDevice EtherCAT anche attraverso le reti dell'impianto. Dato che EtherCAT necessita tipicamente di un singolo frame ciclico per gestire tutta la rete, questo accesso è molto più semplice e più veloce che con qualunque altra tecnologia bus di campo o Ethernet industriale. Gli esperti di EtherCAT Technology Group contribuiscono al gruppo di lavoro TSN interno allo standard IEEE 802.1 fin dagli esordi – in un tempo in cui TSN era ancora noto come AVB (Audio Video Bridging).

Ulteriori informazioni riguardanti EtherCAT e TSN sono disponibili sul sito ETG:
www.ethercat.org/tsn

EtherCAT Technology Group (ETG) è stata anche tra le prime organizzazioni bus di campo a stabilire una collaborazione con OPC Foundation. Il protocollo OPC UA, essendo una tecnologia di comunicazione client/server basata su TCP/IP con sicurezza integrata che consente di trasferire dati in forma criptata ai sistemi MES/ERP, complementa EtherCAT.

Con OPC UA Pub/Sub, l'utilizzabilità di OPC UA è stata ottimizzata in applicazioni macchina-macchina (M2M) e per la comunicazione verticale verso servizi basati sul cloud. ETG contribuisce attivamente a tutti questi sviluppi al fine di garantire che essi siano interamente compatibili con EtherCAT.

EtherCAT non è quindi solo pronto per IoT, EtherCAT è già IoT!



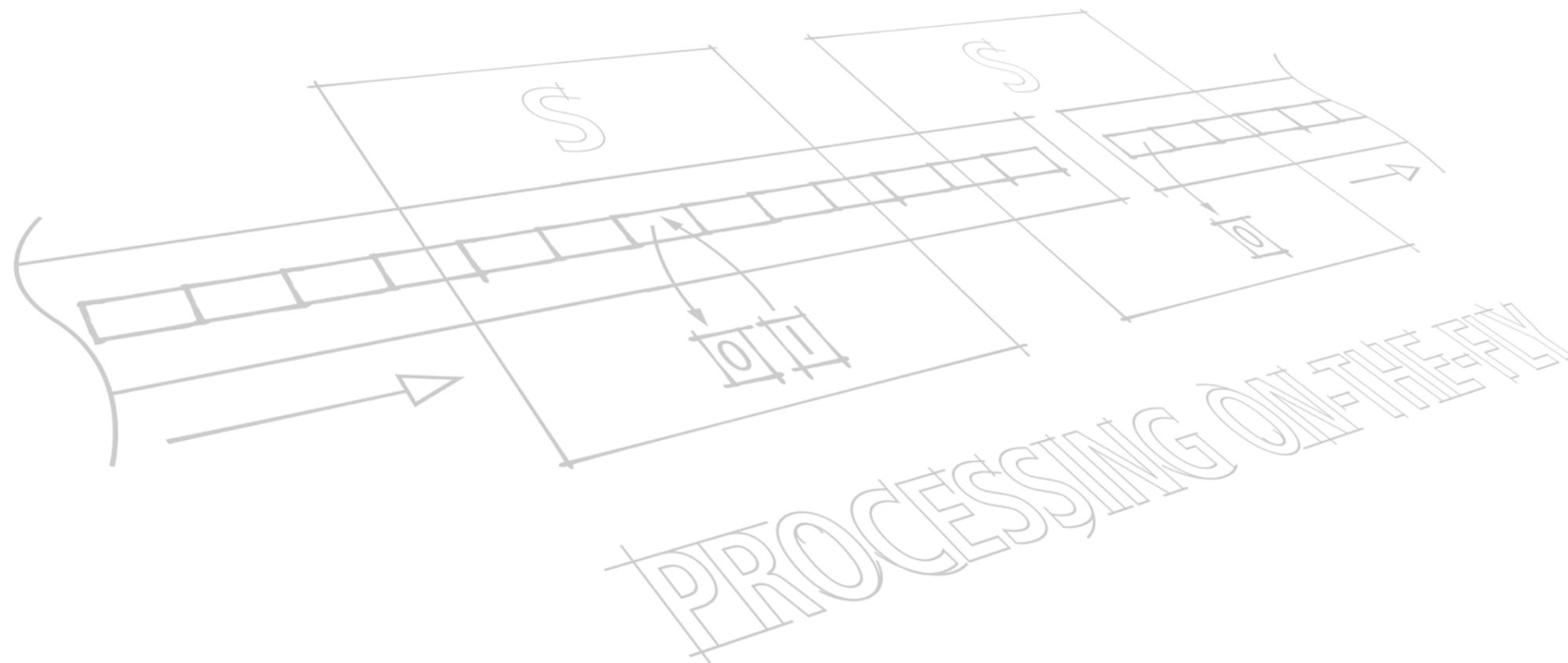


Implementare Interfacce EtherCAT

La tecnologia EtherCAT è stata ottimizzata per consentire un'implementazione a costi contenuti, pertanto integrare un'interfaccia EtherCAT ad un sensore, ad un dispositivo di I/O o ad un controllore embedded non aumenta significativamente i costi complessivi. Inoltre, l'interfaccia EtherCAT non richiede CPU di elevate prestazioni – i requisiti sulla CPU dipendono unicamente dall'applicazione finale.

Oltre alle specifiche hardware e software, in fase sviluppo di un'interfaccia sono importanti il supporto all'implementazione e la disponibilità di stack di comunicazione. EtherCAT Technology Group offre supporto allo sviluppo in tutto il mondo. Sono inoltre disponibili kit di valutazione di diversi fornitori, seminari per sviluppatori e codici di esempio gratuiti che permettono di intraprendere lo sviluppo in modo più semplice.

Per l'utilizzatore finale, il fattore più importante è l'interoperabilità tra dispositivi di vari fornitori. Per assicurare tale interoperabilità, i fornitori di dispositivi sono chiamati ad eseguire un test di conformità prima di poter introdurre il loro dispositivo sul mercato. Tale test verifica che l'implementazione rispetti la specifica EtherCAT, e può essere effettuato tramite il Conformance Test Tool. Questo software può essere utilizzato anche durante la fase di sviluppo del dispositivo in modo da individuare e correggere tempestivamente errori di implementazione.



L'interfaccia per un dispositivo EtherCAT MainDevice (MDevice) presenta un unico, semplicissimo requisito: una porta Ethernet. L'implementazione utilizza l'Ethernet controller integrato o una scheda di rete standard di prezzo contenuto, per cui non è richiesta alcuna costosa scheda di interfaccia dedicata. Questo significa che con una singola porta Ethernet standard è possibile implementare una soluzione di rete hard real-time.

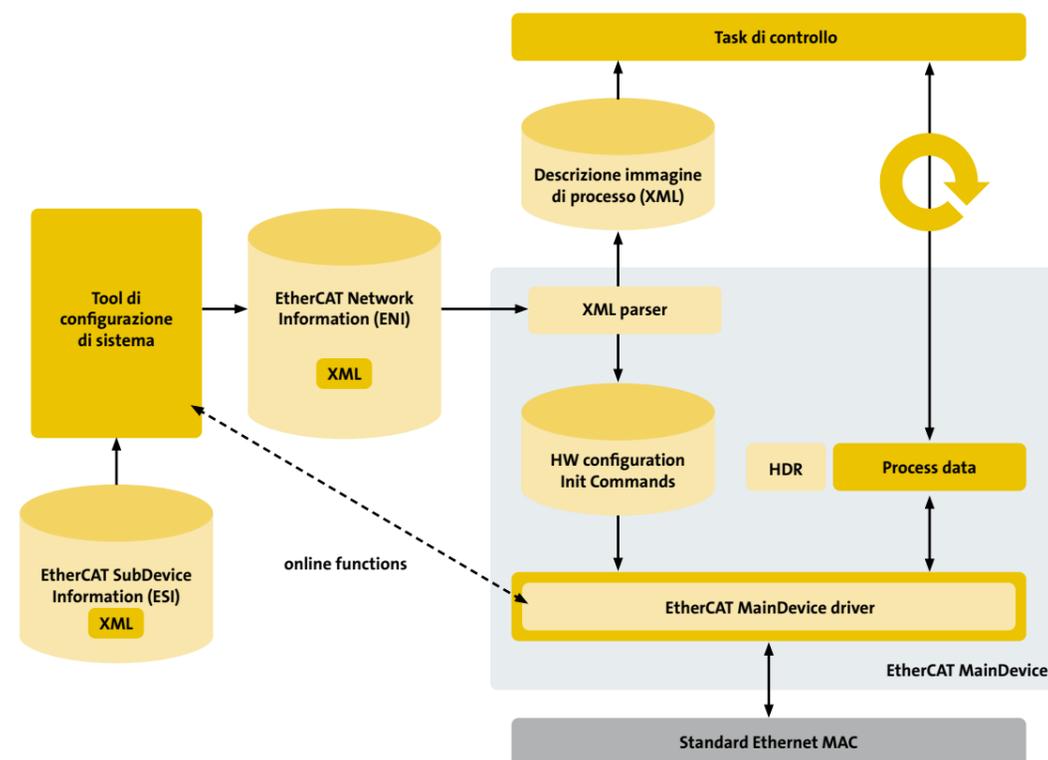
Nella maggior parte dei casi l'Ethernet controller è integrato tramite Direct Memory Access (DMA), per cui non vengono consumate risorse della CPU per il trasferimento di dati tra il dispositivo MainDevice e la rete. In una rete EtherCAT, la mappatura avviene nei dispositivi SubDevice. Ogni SubDevice scrive i dati da lui prodotti e legge i dati a lui indirizzati nel punto corretto all'interno dell'immagine di processo, il tutto mentre il telegramma lo sta attraversando. Perciò, l'immagine di processo che arriva al MainDevice è già ordinata nel modo corretto.

Non essendo più la CPU del dispositivo MainDevice responsabile dell'ordinamento dei dati, i requisiti sulle sue prestazioni dipendono solamente dall'applicazione di controllo e non dall'interfaccia di comunicazione EtherCAT. Specialmente per applicazioni medio-piccole, realizzare un MainDevice EtherCAT è molto semplice. Dispositivi EtherCAT MainDevice sono stati implementati per una vasta gamma di sistemi operativi: Windows e Linux, QNX, RTX, VxWorks, INtime, eCos sono solo alcuni esempi.

Diversi membri ETG offrono una varietà di opzioni per agevolare l'implementazione di un dispositivo MainDevice, da librerie gratuite scaricabili dalla rete, a codici sorgente di esempio, fino a pacchetti completi (inclusivi di servizi) per diversi sistemi operativi e CPU.

Per poter gestire la rete, il MainDevice EtherCAT deve conoscere la struttura dei dati ciclici così come i comandi di inizializzazione per ogni dispositivo SubDevice. Questi comandi possono essere esportati in un file chiamato EtherCAT Network Information (ENI) con l'aiuto di un software di configurazione della rete, che utilizza a sua volta i file EtherCAT SubDevice Information (ESI) dei singoli SubDevice connessi alla rete stessa.

Lo spettro delle implementazioni MainDevice disponibili e delle loro funzionalità varia. A seconda dell'applicazione finale, funzionalità opzionali sono supportate o volutamente omesse per ottimizzare l'utilizzo delle risorse hardware e software. Per questa ragione, i dispositivi EtherCAT MainDevice vengono raggruppati in due classi: i MainDevice di classe A rappresentano dispositivi EtherCAT MainDevice standard, mentre i MainDevice di classe B supportano un numero di funzionalità più limitato. Tutte le implementazioni MainDevice dovrebbero in linea di principio aspirare ad essere di classe A: la classe B è suggerita solamente per quei casi in cui le risorse disponibili non siano sufficienti per supportare tutte le funzionalità, come ad esempio in sistemi embedded.

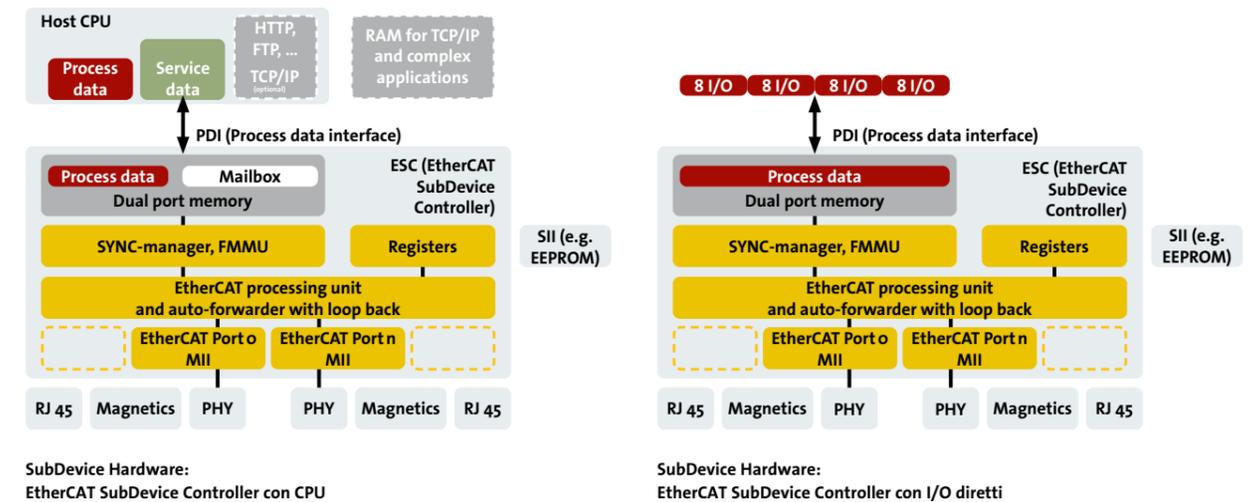
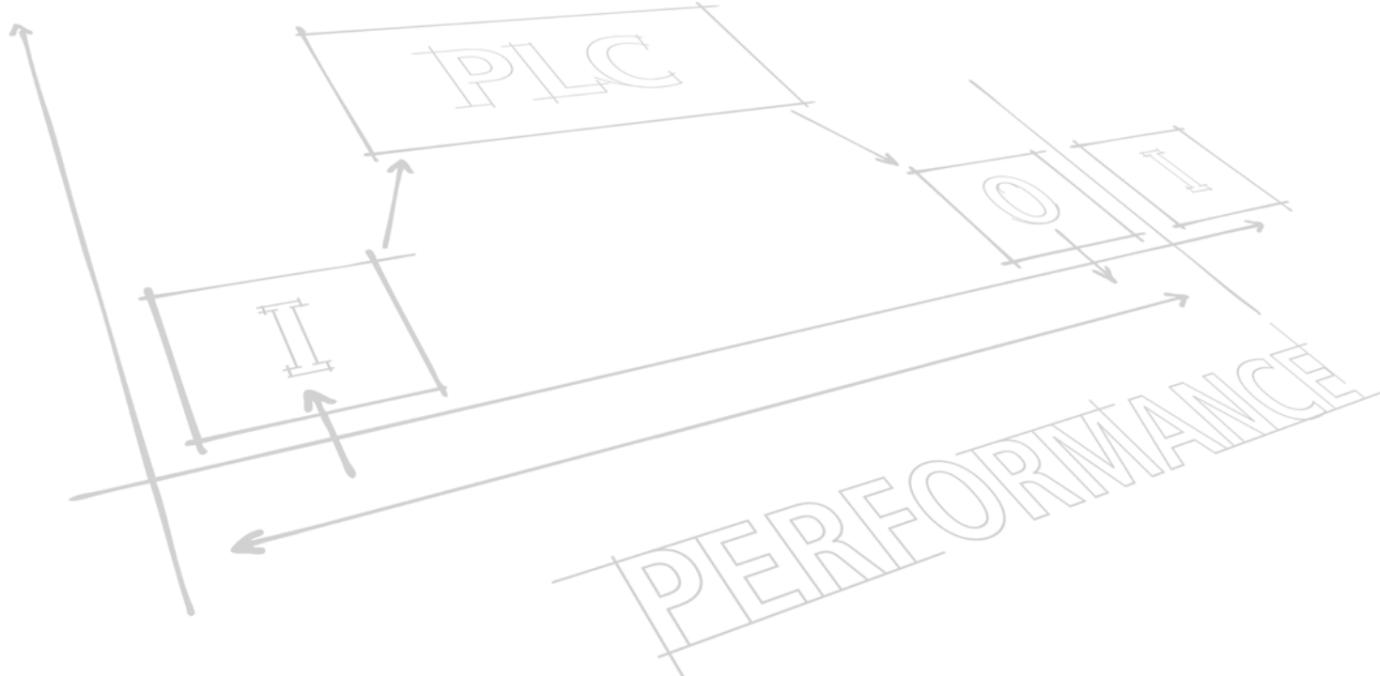


Tipica architettura di un EtherCAT MainDevice

I dispositivi EtherCAT SubDevice utilizzano EtherCAT SubDevice Controller (ESC) di basso costo sotto forma di ASIC, FPGA, o integrati in microcontrollori standard. SubDevice semplici non richiedono neppure un microcontrollore, in quanto ingressi e uscite digitali possono essere connessi direttamente all'ESC. Per dispositivi SubDevice più complessi, le prestazioni della comunicazione dipendono solo in minima parte dalle prestazioni del microcontrollore, e nella maggior parte dei casi è sufficiente un controllore a 8-bit.

EtherCAT SubDevice Controller sono offerti da numerosi fornitori: la dimensione della DPRAM interna o il numero di Fieldbus Memory Management Units (FMMU) dipendono dalla particolare variante. Sono disponibili inoltre diverse Process Data Interface (PDI) per l'accesso alla DPRAM da parte del microcontrollore:

- Interfaccia Digital I/O, adatta per connettere fino a 32 ingressi e uscite digitali, ma anche per semplici sensori o attuatori per i quali 32 bit di dati siano sufficienti e non sia necessario un controllore per l'applicazione.
- Interfaccia seriale (SPI), adatta per applicazioni con piccole quantità di dati di processo come dispositivi di I/O analogici, encoder, o semplici azionamenti.
- Interfaccia parallela 8/16-bit, corrisponde a interfacce tipiche per controllori di bus di campo con DPRAM integrata. È particolarmente adatta per nodi complessi che richiedano di scambiare quantità di dati più elevate.
- Interfacce sincrone per vari microcontrollori sono state implementate per le varianti FPGA System-on-Chip (SoC).



La configurazione hardware è salvata in una memoria non volatile (es. una EEPROM) chiamata SubDevice Information Interface (SII), la quale contiene informazioni relative alle funzionalità elementari del dispositivo che il MainDevice può leggere durante la fase di avvio per poter gestire il SubDevice anche in assenza del file descrittivo del dispositivo. Il file EtherCAT SubDevice Information (ESI) fornito insieme al SubDevice e basato su formato XML contiene la descrizione completa delle proprietà del SubDevice, come i dati ciclici di processo e le loro opzioni di mappatura, o le modalità di sincronizzazione supportate. Il software di configurazione della rete utilizza queste informazioni per la definizione della struttura della rete stessa.

Vari fornitori offrono kit di valutazione per implementare dispositivi EtherCAT SubDevice. Questi kit includono il codice applicativo sorgente, e in alcuni casi anche un MainDevice di test. Utilizzando un kit di valutazione, è possibile ottenere una rete MainDevice-SubDevice EtherCAT perfettamente funzionante in pochi semplici passi.

Sul sito web di ETG è disponibile una Implementation Guide contenente utili consigli e riferimenti ad ulteriori documenti per l'implementazione di dispositivi SubDevice: www.ethercat.org/etg2200



Conformità e interoperabilità sono due dei fattori più importanti per uno standard di comunicazione di successo. Questo è il motivo per cui EtherCAT Technology Group tiene entrambi questi fattori in grande considerazione. Oltre a richiedere un test di conformità per ogni dispositivo SubDevice implementato (eseguibile grazie al software automatizzato EtherCAT Conformance Test Tool), ETG offre un'ampia gamma di servizi per assicurare l'interoperabilità tra dispositivi MainDevice, SubDevice e software di configurazione.

EtherCAT Plug Fest

Per verificare l'interoperabilità tra dispositivi, uno dei test più semplici è provare a collegare i dispositivi tra loro. Seguendo questo principio, ETG organizza ogni anno diversi Plug Fest, ciascuno della durata di due giorni. Durante i Plug Fest, sviluppatori di MainDevice e SubDevice si incontrano per verificare come i loro dispositivi operino insieme, il che migliora l'utilizzabilità dei dispositivi stessi sul campo. I partecipanti possono scambiarsi suggerimenti o ricevere risposta alle proprie domande da parte degli esperti di EtherCAT. Plug Fest si tengono in Europa, Nord America e Asia.

EtherCAT Conformance Test Tool

L'EtherCAT Conformance Test Tool (CTT) consente di testare automaticamente il funzionamento di un SubDevice EtherCAT.

Si tratta di un applicativo Windows che richiede solamente la disponibilità di una porta di rete Ethernet standard. Il software invia frame EtherCAT al Device under Test (DuT) e riceve le risposte da quest'ultimo. Uno specifico test è superato se la risposta ricevuta dal DuT corrisponde a quella attesa.

I test sono definiti sotto forma di file XML. Questo rende possibile modificare o estendere i test senza dover modificare il tool. Il TWG Conformance (si veda oltre) ha la responsabilità di definire e rilasciare la versione più aggiornata dei test.

In aggiunta ai test relativi al protocollo, il CTT verifica anche la validità del file EtherCAT SubDevice Information (ESI). Infine, il CTT esegue test specifici per un dispositivo, come ad esempio per il profilo CiA 402.

Tutti i passaggi e i risultati dei test sono salvati in un file di log, e possono essere analizzati o archiviati come documentazione in fase di rilascio del dispositivo.

ETG ottimizza ed estende i test per il CTT. È importante che il costruttore del dispositivo disponga della versione più recente del tool per poter testare i propri prodotti prima del loro rilascio. Per agevolare ciò, il CTT è offerto sotto forma di abbonamento. Il CTT è utile anche durante la fase di implementazione, al fine di poter individuare errori di implementazione in uno stadio iniziale.

Technical Working Group Conformance

L'EtherCAT Conformance Test Policy richiede che i costruttori di dispositivi SubDevice verifichino ogni propria implementazione tramite una versione valida dell'EtherCAT Conformance Test Tool prima che il prodotto venga immesso sul mercato. Il costruttore può eseguire il test internamente.

Il Technical Committee (TC) di ETG ha creato un Technical Working Group (TWG) Conformance, il quale determina le procedure e il contenuto dei, nonché l'implementazione del Conformance Test Tool. Il TWG Conformance estende continuamente i test e il loro livello di dettaglio.

Il TWG Conformance ha stabilito inoltre la procedura per un test di interoperabilità, tramite la quale i dispositivi possono essere testati all'interno di una rete completa.

EtherCAT Test Center

Gli EtherCAT Test Center (ETC) ufficiali in Europa, Asia and Nord America sono accreditati da ETG ed permettono di eseguire l'EtherCAT Conformance Test ufficiale. L'EtherCAT Conformance Test include i test automatizzati effettuati con il CTT e il test di interoperabilità all'interno di una rete, insieme ad una verifica degli identificatori ed etichette del dispositivo, e ad un test delle interfacce EtherCAT hardware.

I costruttori di dispositivi SubDevice sono incoraggiati, sebbene non obbligati, a far testare i propri dispositivi presso un ETC. A seguito del superamento dell'EtherCAT Conformance Test, il costruttore riceve per il dispositivo un certificato EtherCAT Conformance Tested. Questo certificato è rilasciato solamente per SubDevice che abbiano superato il Conformance Test presso un ETC accreditato – non per quelli che sono stati testati internamente.

Il test addizionale presso un EtherCAT Test Center incrementa ulteriormente la compatibilità, così come l'uniformità del funzionamento e delle funzionalità di diagnostica delle diverse implementazioni EtherCAT. Gli utilizzatori finali dovrebbero richiedere preferenzialmente il certificato EtherCAT Conformance Tested nella fase di selezione dei dispositivi da utilizzare all'interno della propria applicazione.

Ulteriori informazioni riguardanti conformità e gli EtherCAT Test Center sono disponibili sul sito ETG: www.ethercat.org/conformance

www.ethercat.org

Il sito web EtherCAT fornisce numerose informazioni relative a tecnologia, eventi e ultimi prodotti EtherCAT, nonché la lista aggiornata dei membri. Sono disponibili anche temi specifici come sicurezza funzionale e conformità dei dispositivi. Inoltre, la pagina web mette a disposizione presentazioni, articoli e pubblicazioni nell'area di download del sito web www.ethercat.org/downloads.

Guida Prodotti EtherCAT

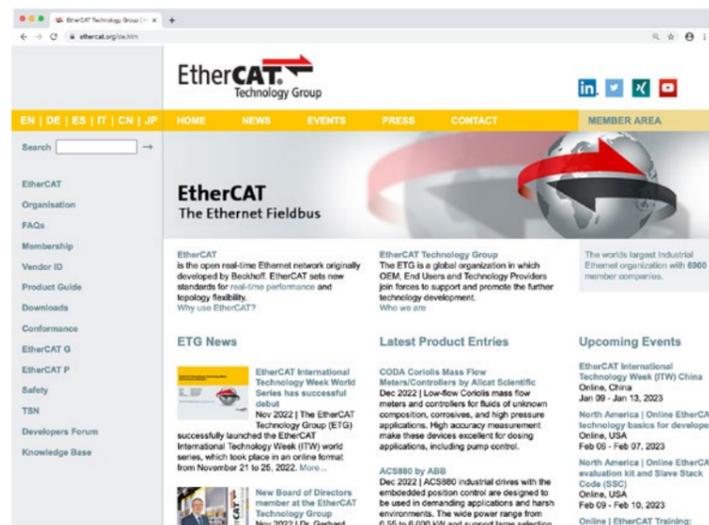
La EtherCAT Product Guide è un elenco di prodotti e servizi EtherCAT basato sulle informazioni fornite dai membri ETG, ed è disponibile online alla directory www.ethercat.org/products. Dal momento che ETG non commercializza alcun prodotto, in caso di domande relative ai prodotti elencati si prega di contattare direttamente il relativo costruttore.

Sezione Eventi

La sezione Eventi elenca gli eventi a livello mondiale offerti da ETG e quelli organizzati in collaborazione con il consorzio. Nel calendario situato alla directory www.ethercat.org/events è possibile reperire date importanti come quelle degli incontri dei Technical Working Group, degli eventi fieristici e dei seminari.

Area Membri

I membri ETG hanno accesso all'area riservata del sito web alla directory www.ethercat.org/memberarea, la quale contiene informazioni rilevanti come le specifiche EtherCAT, il forum per sviluppatori, e una Knowledge Base contenente numerose informazioni utili ai fini dell'implementazione, della configurazione e della diagnostica in dispositivi e reti EtherCAT.



ETG nel mondo



Contatti

ETG Headquarters
Ostendstraße 196
90482 Norimberga
Germania
+ 49 (911) 5 40 56 20
info@ethercat.org

ETG Office North America
San Jose, CA, USA
+1 (877) ETHERCAT
info.na@ethercat.org

ETG Office Cina
Pechino, Cina
+ 86 (10) 8220 0090
info@ethercat.org.cn

ETG Office Giappone
Yokohama, Giappone
+ 81 (45) 650 1610
info.jp@ethercat.org

ETG Office Corea
Seoul, Corea
+82 (0)2 2107 3242
info.kr@ethercat.org

EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, are registered trademarks and patented technologies, licensed by Beckhoff Automation GmbH, Germany. Other designations used in this publication may be trademarks whose use by third parties for their own purposes could violate the rights of the owners.