

# Feldbus-Integration in EtherCAT



**Werkübergreifende Synchronisierung mit dem »EtherCAT-External-Synchronization-Interface«**

Sämtliche Feldbusschnittstellen von Profibus über Interbus und DeviceNet bis zu CANopen, werden als Modul in das EtherCAT-Klemmensystem integriert.

Die hohe Übertragungsrate von Fast-Ethernet und die hohe Protokolleffizienz von EtherCAT ermöglichen den Betrieb von mehreren unterlagerten Feldbussen. Klassisch im IPC vorgesehene Feldbus-Schnittstellen werden in intelligente Schnittstellenklemmen des EtherCAT-I/O-Systems ausgelagert. Über den Ethernet-Port im PC können, neben den dezentralen I/Os, Achsen und Bediengeräten, auch komplexe Systeme angesprochen werden, z. B. Feldbusmaster, serielle Schnittstellen, Gateways und andere Kommunikationsinterfaces. Diese Lösung bietet zudem einen hohen Investitionsschutz: vorhandene Feldbusgeräte können nahtlos in das EtherCAT-System integriert werden.

## EtherCAT statt PCI

Klassische PC-Control-Steuerungen haben häufig das Problem, dass ein Großteil der Rechenleistung durch den Zugriff des PCI-Busses auf PCI-Feldbuskarten verloren geht. Bei Anwendungen mit 50 PROFIdrive-Achsen, die mit einer Zykluszeit von 2 ms über den Profibus DP gesteuert werden, wird schon mehr als 25 % der Rechenleistung nur für den Zugriff auf die PCI-Karten benötigt.

Dieser »Verlust« an Rechenleistung kommt daher, dass PCI-Karten in der Regel als PCI-Slave arbeiten, d. h. der PC greift über den 33-MHz-PCI-Bus auf ein Dual-Port-RAM zu. In Write-Richtung könnte dieser Zugriff gegebenenfalls noch über intelligente PCI-Treiber entkoppelt werden, aber spätestens

beim Read-Zugriff muss der PC warten, bis die Daten tatsächlich gelesen wurden. Bei einem 2-GHz-Prozessor bedeutet ein 33-MHz-Zugriff eine ziemliche Einschränkung.

Bei der Verwendung von EtherCAT erfolgt der Zugriff über einen Ethernet-Controller im PC, der normaler Weise hochperformant per DMA-Access an den PC-Controller angebunden ist. Die Übertragung der Feldbusdaten läuft daher parallel zu den sonstigen Aufgaben des PCs, so dass diesem die komplette Rechenleistung zur Verfügung steht.

Die EtherCAT/Feldbus-Gateways, die die herkömmlichen PCI-Karten ersetzen, nutzen die Vorteile der

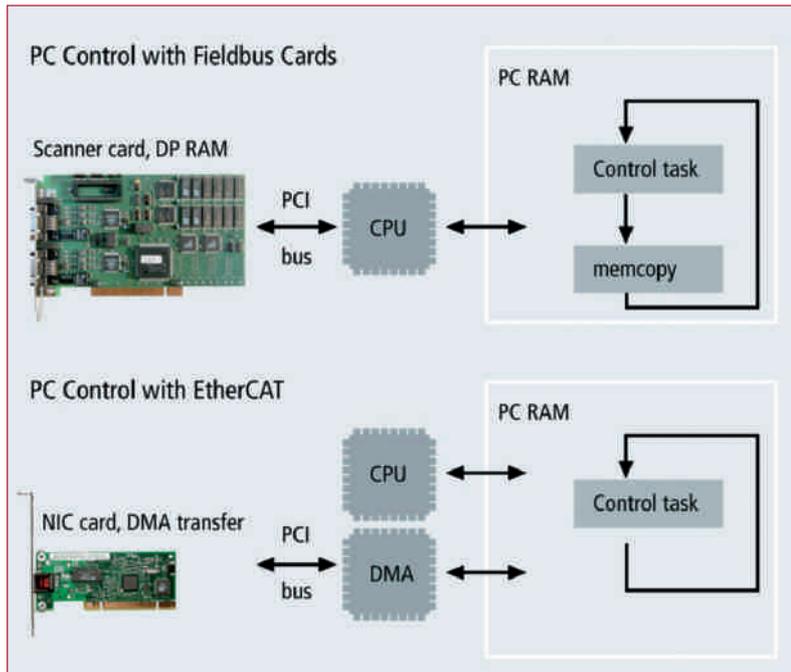
nahezu beliebigen Topologie von EtherCAT-Netzwerken, in dem sie dezentral an der Maschine verdrahtet werden können.

## Einheitliche Schnittstellen für die Integration

Das EtherCAT-Modular-Device-Profil beschreibt die EtherCAT-Schnittstelle der verschiedenen EtherCAT/Feldbus-Gateways.

Durch diese einheitlichen Schnittstellendefinitionen eignet sich die Integration der verschiedenen Gateways nicht nur für TwinCAT-Systeme, in denen alle EtherCAT/Feldbus-Gateways komfortabel integriert sind. Auch für andere Steue-

Eine Anwendung mit 50 PROFIdrive-Achsen, die mit einer Zykluszeit von 2 ms über Profibus DP gesteuert werden, benötigt bereits mehr als 25 % der Rechenleistung nur für den Zugriff auf die PCI-Karten.



### Der Autor



Holger Büttner ist Leiter Entwicklung in der Niederlassung Berlin der Beckhoff Automation GmbH.

nungssysteme ist diese Lösung attraktiv, da mit jedem neuen Gateway nur wenig neue Funktionalität zur Steuerung hinzugefügt werden muss. Ein weiterer Vorteil, neben dem Performancegewinn, besteht darin, dass keine PC-Karten mehr gebraucht werden und die PCs sehr viel einfacher gebaut werden können. Auch Embedded-Steuerungen profitieren davon, benötigen sie doch nur einen Ethernet-Anschluss als Schnittstelle zur Prozessperipherie.

### EtherCAT als Systembus

EtherCAT eignet sich durch seine hervorragenden Eigenschaften auch optimal als Systembus für komple-



Die einheitliche Schnittstellendefinition eignet sich für TwinCAT-Systeme und alle EtherCAT/Feldbus-Gateways. Diese auch für andere Steuerungssysteme attraktive Lösung bietet einen weiteren Performancegewinn, weil keine PC-Karten gebraucht werden und die PCs sehr viel einfacher gebaut werden können.

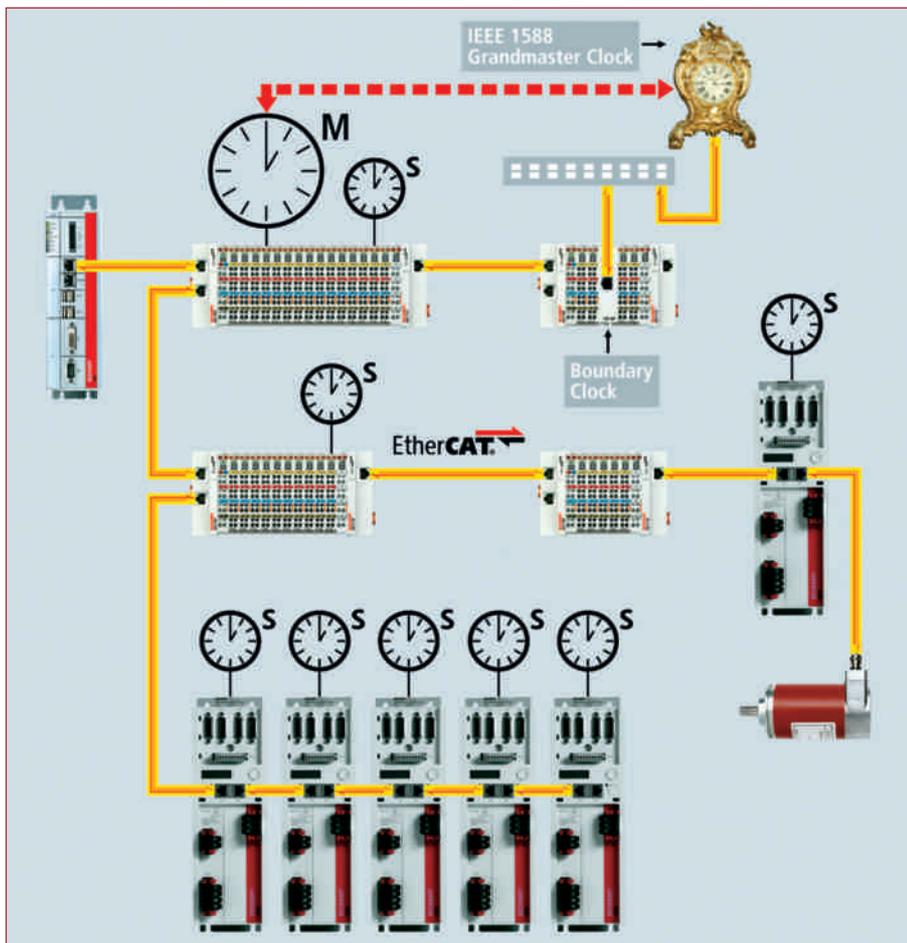
xere Geräte, wie z. B. Schweißsteuerungen. Diese benötigen einen schnellen Systembus, über den sie beispielsweise I/Os mit einem 125- $\mu$ s-Zyklus zeitsynchron übertragen können. Zusätzlich müssen diese Geräte aber auch viele verschiedene Feldbuschnittstellen

unterstützen, um, je nach Anwendung, in überlagerte Feldbusnetzwerke eingebunden zu werden. Je nach Systemanforderung kann das entsprechende EtherCAT/Feldbus-Gateway einfach integriert werden.

### External-Synchronization-Interface

Weiterhin haben solche komplexen Geräte häufig die Anforderung, dass sie auf externe Anwendungen mikrosekundengenau synchronisiert werden müssen. Hierbei sind die Regelgenauigkeit der Distributed-Clocks und das standardisierte EtherCAT-External-Synchronizations-Interface von Vorteil, so dass die Synchronisation auf ein externes Ereignis immer gleich erfolgt, unabhängig davon, ob die externe Anwendung über EtherCAT, IEEE 1588, Profibus MC, Profinet IRT oder auch über einen digitalen Eingang erfolgt.

Mit dem Distributed-Clocks-Prinzip und den Distributed-Clocks-Reglern in den EtherCAT Slave Controllern lassen sich alle Teilnehmer an einem EtherCAT-Netzwerk auf weniger als 100 ns genau miteinander synchronisieren. Dabei sendet der EtherCAT-Master ein spezielles Telegramm, mit dem bei dem ersten Distributed-Clocks-Teilnehmer die System-Time ausgelesen (lokale Master-Clock) und bei den folgenden Distributed-Clocks-Teilnehmern (Slave-Clocks) geschrieben wird. Durch den Schreibzugriff bei den Slave-Clocks wird der Distributed-Clocks-Regler im EtherCAT Slave Controller dahingehend stimuliert, die empfangene System-Time mit der lokalen zu vergleichen. Entsprechend der Abweichung wird die lokale System-Time um ein sehr kleines Inkrement – entweder in der einen oder der anderen Richtung – verändert. Der Abgleich der beiden System-Times ist ein einfacher größer/kleiner-Vergleich, den sich auch das External-Synchronizations-Prinzip zu Nutze macht.



Ist ein EtherCAT/IEEE1588-Gateway, z. B. EL6688, an eine globale Uhr (Grandmaster Clock) angeschlossen, erhält der EtherCAT-Master über das standardisierte External-Synchronizations-Interface die Information, wie viele Schreibzugriffe auf die System-Clock der lokalen Master-Clock zu erfolgen haben und ob ein zu kleiner oder zu großer Wert geschrieben werden soll.

Wenn das EtherCAT-Netzwerk auf eine globale Master-Clock synchronisiert werden soll, ist die lokale Master-Clock nachzuregeln. Das geschieht, indem die System-Time der lokalen Master-Clock ebenfalls durch Beschreiben eines zu großen oder zu kleinen Wertes in der einen oder anderen Richtung ein wenig verändert wird. Die Anzahl der Schreibzugriffe und die Richtung der Veränderung ermittelt das EtherCAT/Feldbus-Gateway. Dieses ist über den Feldbus an die globale Master-Clock angebunden und verfügt über das standardisierte External-Synchronization-Interface zum EtherCAT-Netzwerk.

### Mit lokalem und globalem Master-Clock-Zeitstempel

Ein EtherCAT/IEEE1588-Gateway, z. B. das EL6688, kann an eine

»globale Uhr« (Grandmaster Clock) angeschlossen werden. Der EtherCAT-Master erhält dann über das standardisierte External-Synchronization-Interface des EtherCAT/IEEE1588-Gateways die Information, wie viele Schreibzugriffe auf die System-Clock der lokalen Master-Clock zu erfolgen haben und ob ein zu kleiner oder zu großer Wert geschrieben werden soll. Das External-Synchronization-Interface besteht aus standardisierten CoE-Objekten, die azyklisch per SDO oder zyklisch über die Prozessdaten vom EtherCAT-Master gelesen werden können. Das External-Synchronization-Interface umfasst, neben der Anzahl der Schreibzugriffe (Time-Control-Value mit entsprechendem Vorzeichen, das angibt, ob ein zu großer oder zu kleiner Wert zu schreiben ist) und der Information, ob der Time-Control-Value neu generiert wurde, auch jeweils einen Time-Stamp der lokalen und der globalen Master-Clock. So kann die Berechnung des Time-Control-Values auch in der Applikation des EtherCAT-Masters erfol-

gen. Die Aufgabe des Masters bzw. der externen Synchronisierung kann sich also darauf beschränken, dass er zyklisch den Time-Control-Value ausliest und entsprechend dessen Vorzeichen und Wert eine Anzahl von Schreibtelegrammen mit einem sehr kleinen oder einem sehr großen Wert auf die System-Time der lokalen Master-Clock durchführt.

Gleichzeitig bietet diese Systematik den Vorteil, dass sich der EtherCAT-Slave mit dem External-Synchronization-Interface an einer beliebigen Position im EtherCAT-Netzwerk befinden kann.

### KONTAKT

Beckhoff Automation GmbH  
[www.beckhoff.de](http://www.beckhoff.de)  
[www.beckhoff.de/ethercat](http://www.beckhoff.de/ethercat)

## Feldbusinterfaces für das Beckhoff-EtherCAT-Klemmensystem

Neben der Standard Profibus-DP- und DPV1-Funktionalität sowie umfangreichen Diagnosemöglichkeiten unterstützt das Interface Profibus-DP-Master EL6731 auch die isochronen DPV2-Funktionen (Profibus MC). Weiterhin ist eine komplette FDL-Schnittstelle integriert, die z. B. genutzt werden kann, um über das MPI-Protokoll mit Siemens-Steuerungen zu kommunizieren.

Das Gateway des Typs Profibus-DP-Slave EL6731-0010 unterstützt neben Profibus-DP-Slave-Funktionen auch eine DPV1-Schnittstelle, so dass DPV1-Dienste über EtherCAT bis in die Applikation übertragen werden können. Weiterhin kann die EL6731-0010 auch als Profibus-MC-Slave arbeiten, wobei das EtherCAT-External-Synchronization-Interface verwendet wird.

Das Gateway CANopen-Master EL6751 bietet neben der kompletten CANopen-Master-Funktionalität auch eine integrierte CAN-Layer-2-Message-Schnittstelle. Damit können beliebige CAN-Protokolle einfach übertragen werden. Das Gateway EL6751 bietet somit eine einfache Möglichkeit, jede beliebige der vielen CAN-Anwendungen über EtherCAT zu dezentralisieren.

Das Gateway CANopen-Slave EL6751-0010 kann jeweils bis zu 64 Rx-PDOs und Tx-PDOs unterstützen. Weiterhin ist eine Objektschnittstelle integriert, so dass per SDO auf applikationsspezifische Objekte zugegriffen werden kann.

Das Gateway DeviceNet-Master EL6752 unterstützt die vollständige DeviceNet-Master-Funktionalität.

Das Gateway DeviceNet-Slave EL6752-0010 kann als DeviceNet-Slave mit bis zu 255 Bytes IO-Daten in allen IO-Modi an einen DeviceNet-Master angeschlossen werden.

Das Gateway Interbus-Slave EL6740-0010 unterstützt den Datenaustausch von bis zu 128 Bytes mit einem Interbus-Master.

Die AS-Interface-Masterklemme EL6201 mit AS-Interface-konformer

Schnittstelle unterstützt digitale und analoge Slaves der Version 2.0 und 2.1. Über die AS-Interface-Potenzialeinspeiseklemme EL9520 mit Filter, werden die angeschlossenen Teilnehmer versorgt.

Das Gateway IO-Link-Master EL6224 ermöglicht den Anschluss von bis zu vier IO-Link-Slaves. Alle Standard-IO-Link-Baudraten werden unterstützt, wobei diese für jede Verbindung zu einem IO-Link-Slave individuell eingestellt werden können.

Das Gateway Ethernet EL6601 ermöglicht den Anschluss beliebiger Ethernet-Netzwerke, ohne dass die Echtzeiteigenschaften des EtherCAT-Netzwerkes eingeschränkt werden. So kann z. B. auch bei einem EtherCAT-Zyklus von 100 µs über die EL6601 per TCP/IP kommuniziert werden, um u. a. eine Ferndiagnose über das Internet durchzuführen.

Der Profinet-IO-Controller EL6631 unterstützt neben der kompletten Realtime-Funktionalität (RT) sowie umfangreichen Diagnosemöglichkeiten auch das isochrone Realtime (IRT). Zur Netzwerkdiagnose können Protokolle wie LLDP oder SNMP genutzt werden. Außerdem ist in der EL6631 die volle Medienredundanz-Funktionalität (MRP) integriert. Wahlweise kann der Controller als MRP-Client oder -Server betrieben werden. Es werden alle Dienste nach Conformance-Class C unterstützt. An der EL6631 können bis zu 255 Profinet-IO-Devices projektiert werden. Der Profinet-IO-Controller EL6631 ist voraussichtlich ab dem 2. Quartal 2009 verfügbar.

Das Profinet-IO-Device EL6631-0010 unterstützt neben der kompletten Realtime-Funktionalität (RT) sowie umfangreichen Diagnosemöglichkeiten auch das isochrone Realtime (IRT). Zur Netzwerkdiagnose können Protokolle wie LLDP oder SNMP genutzt werden. Außerdem ist in dem Device EL6631-0010 die volle Medienredundanz-Funktionalität (MRP) integriert. Wahlweise kann das Device als MRP-Client oder -Server betrieben werden. Es werden alle Dienste nach Conformance-Class C unterstützt (verfügbar ab 4. Quartal 2008).