



EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

SPS/IPC/Drives 2006

- EtherCAT – der Ethernet Feldbus
- Von der Theorie zur Praxis: EtherCAT im Einsatz
- Implementierung: Tools, Kosten, Erfahrungsbericht
- Das ist sicher: Safety over EtherCAT

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

EtherCAT Einführung

Martin Rostan

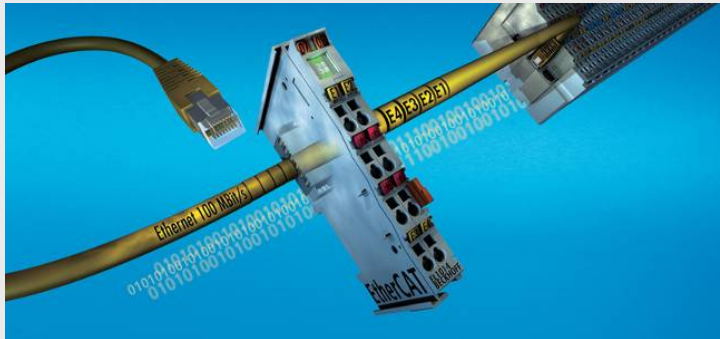
EtherCAT Technology Group



EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

- **EtherCAT ist Echtzeit-Ethernet bis zur E/A-Ebene**
- **keine unterlagerten Sub-Busse mehr**
- **keine Verzögerung in Gateways**
- **Ein- und Ausgänge, Sensoren, Antriebe, Displays: alles an einem System!**





EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Übertragungsrate: 2 x 100 Mbaud (Voll-Duplex)

Update Zeiten:

- 256 digitale E/A in 11 μ s
- **1000 digitale E/A** verteilt auf 100 Knoten **in 30 μ s** = 0.03 ms
- 200 analoge E/A (16 bit) in 50 μ s, entspricht 20 kHz Sampling Rate
- **100 Servo-Achsen** (je 8 Byte IN+OUT) **in 100 μ s** = **0.1 ms**
- 12000 digital E/A in 350 μ s

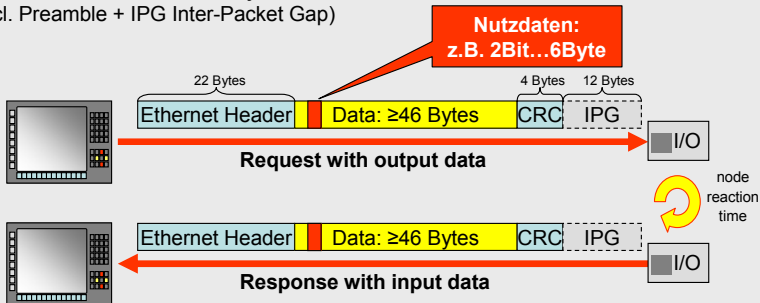
EtherCAT ist schneller!

EtherCAT ist:

- **schneller**
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Bandbreiten-Nutzung herkömmlicher Ethernet-Lösungen:

Ethernet Frame: ≥ 84 Bytes
(incl. Preamble + IPG Inter-Packet Gap)



Für 4 Byte Input + 4 Byte Output pro Knoten:

4,75% Nutzdatenrate bei $0\mu\text{s}$ Reaktionszeit per Knoten

1,9% Nutzdatenrate bei $10\mu\text{s}$ Reaktionszeit per Knoten

EtherCAT ist schneller!

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

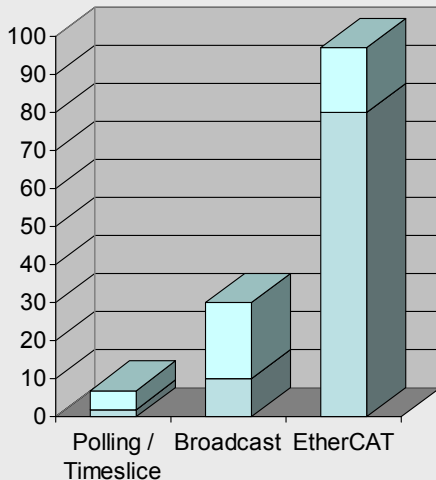
Bandbreiten-Nutzung im Vergleich:

Bei 4 Byte Nutzdaten
je Knoten:

- Polling / Timeslicing:
ca. 2..5%
- Broadcast
(Master → Slaves):
ca. 20...30%

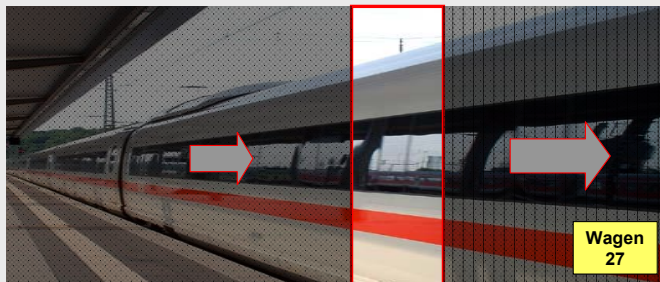
Ab 2 Bit Nutzdaten
je Knoten:

- **EtherCAT: 80...97%**



EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig



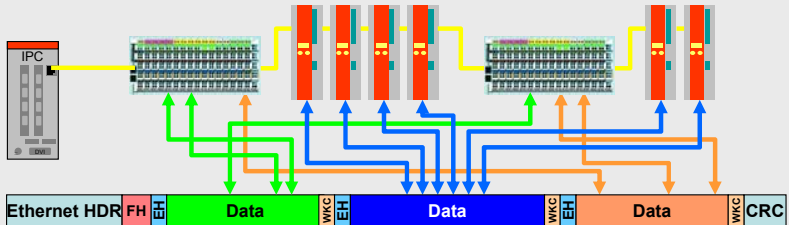
Analogie ICE:

- „Zug“ (Ethernet Frame) hält nicht an
- auch wer „Zug“ durch schmales Fenster sieht, sieht den gesamten Zug
- „Wagen“ (Sub-Telegramme) haben variable Länge
- Es können einzelne „Personen“ (Bits) oder ganze „Reisegruppen“ „entnommen“ und/oder eingefügt werden

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Geringster Overhead durch implizite Adressierung

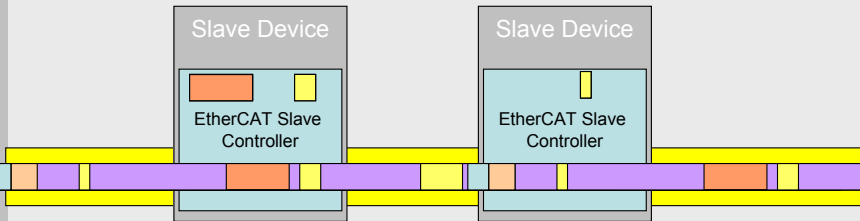


Vorteile:

- Optimierte Telegrammstruktur für dezentrales I/O
- Kommunikation vollständig in Hardware: maximale Performance
- Wenn nur EtherCAT Teilnehmer: kein Switch erforderlich
- Hervorragende Diagnose-Eigenschaften
- Ethernet-Kompatibilität bleibt erhalten

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

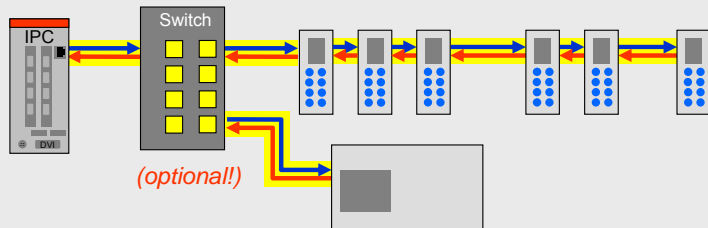


Daten werden im Durchlauf entnommen und eingefügt

- Prozessdatengröße pro Slave nahezu beliebig groß (1 Bit...60 kByte, ggf. auf mehrere Frames verteilt)
- Zusammensetzung der Prozessdaten kann sich in jedem Zyklus ändern, z.B. kürzeste Zykluszeit für Antriebe, gleichzeitig längere für E/A möglich
- Zusätzlich asynchrone, bedarfsgesteuerte Kommunikation

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig



- Standard Switch kann eingesetzt werden
- Mit Switch:
nur eine MAC Adresse für bis zu 65535 Teilnehmer (Segment Adressierung)
- optional: Switch mit VLAN Tagging, dann Segment-Adressierung auch ohne MAC Adresse

EtherCAT ist:

➤ **schneller**

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

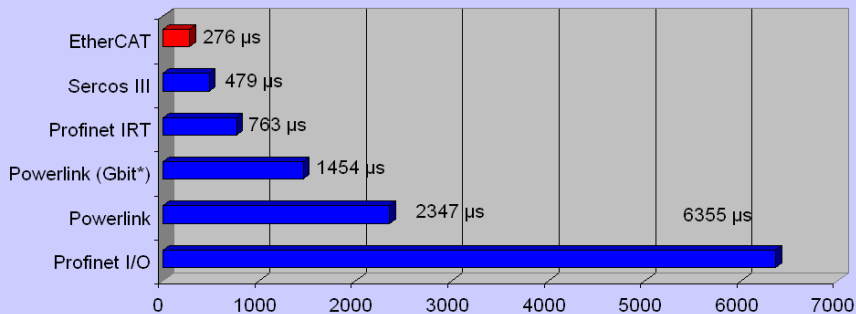
➤ offen

➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig

- 40 Achsen (je 20 Byte Eingangs- und Ausgangs-Daten)
- 50 E/A Stationen mit insgesamt 560 EtherCAT Busklemmen
- 2000 Digitale + 200 Analoge I/O, Buslänge 500 m
- Performance EtherCAT: **Update-Zeit 276µs** bei 44% Buslast, Telegrammlänge 122µs
- Zum Vergleich:
Sercos III 479 µs, Profinet IRT **763 µs**, Powerlink V2 **2347µs***, Profinet RT **6355 µs**

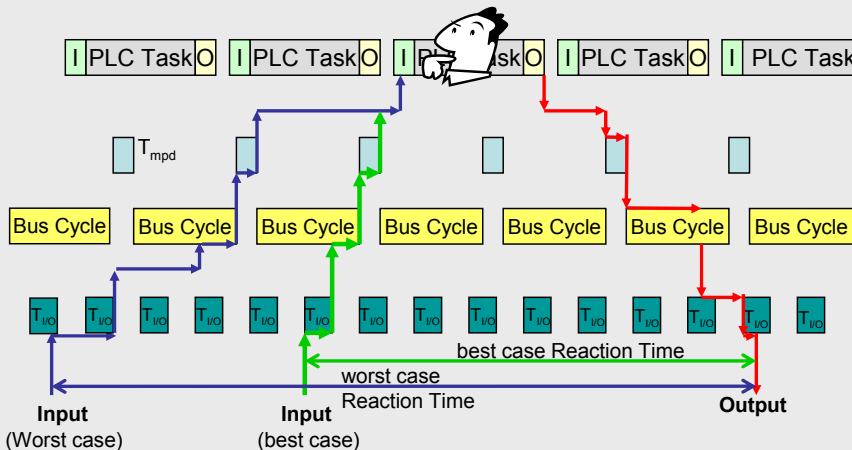


* Quelle: Ethernet Powerlink Spec V 2.0, App.3

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Reaktionszeit mit herkömmlichem Feldbus-E/A

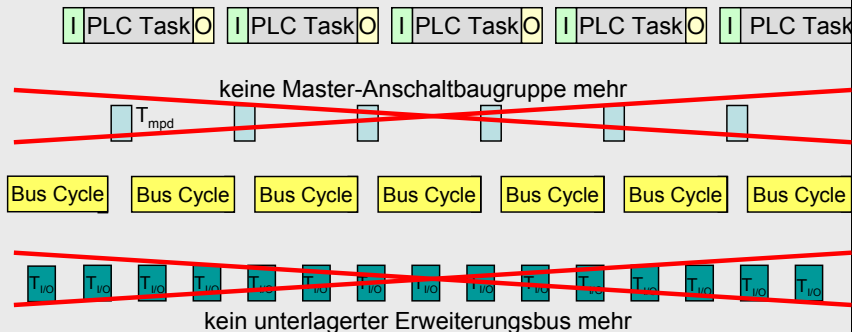


T_{mpd} : Master Processing Delay
 $T_{I/O}$: Local I/O Update Time
 (local Extension Bus + Firmware)

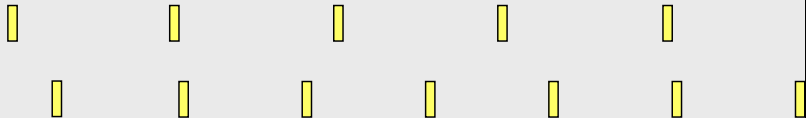
EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Systemaufbau mit EtherCAT



Systemaufbau mit EtherCAT



EtherCAT ist:

➤ schneller

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

➤ offen

➤ Safety

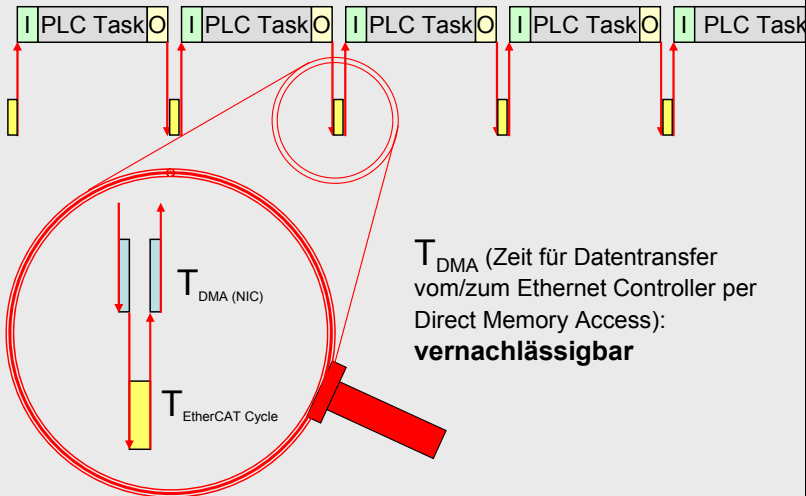
➤ Redundanz

➤ vielseitig

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Systemaufbau mit EtherCAT



T_{DMA} (Zeit für Datentransfer vom/zum Ethernet Controller per Direct Memory Access):
vernachlässigbar

EtherCAT ist:

➤ schneller

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

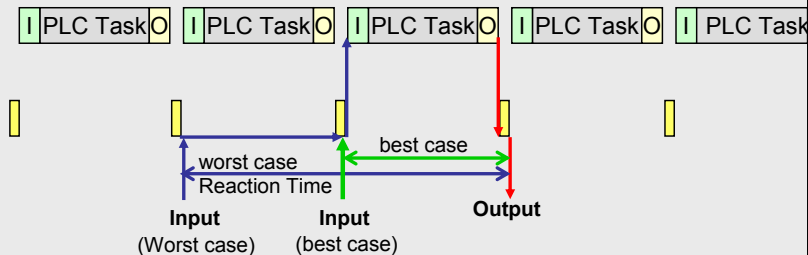
➤ offen

➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig

Reaktionszeit mit EtherCAT

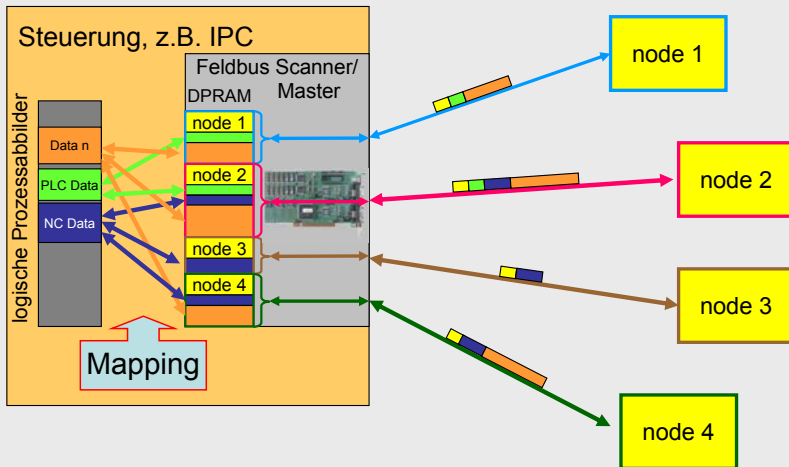


- Reaktionszeit deutlich verkürzt – mit der gleichen Steuerungsleistung
- keine unterlagerten lokalen E/A Zyklen oder Erweiterungsbusse mehr
- Wegen des sehr einfachen Protokolls keine speziellen Master Systeme (z.B. Einsteckkarten) erforderlich

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

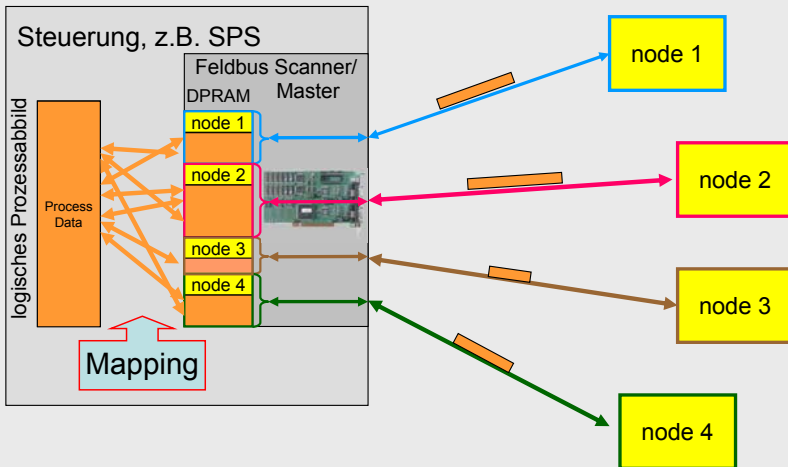
- Herkömmliche Feldbussysteme erzeugen *physikalisches* Prozessabbild
- „Mapping“ bildet dieses auf *logische* Prozessabbild(er) ab



EtherCAT ist:

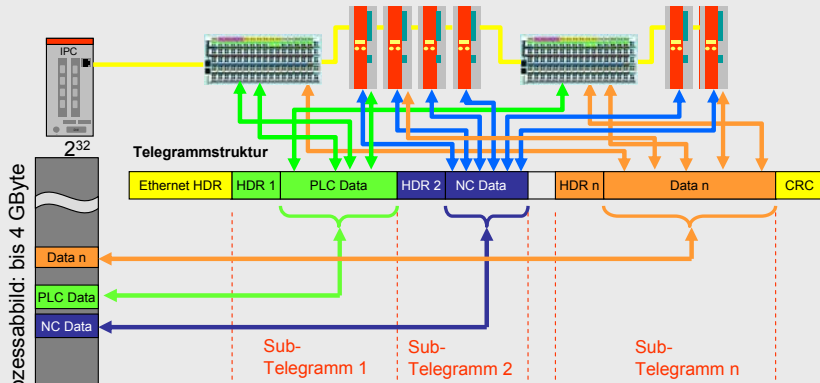
- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

- Das gleiche gilt auch für Steuerungen mit nur einem Prozessabbild
- Umsortieren der Prozessdaten („Mapping“) ebenfalls erforderlich



EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

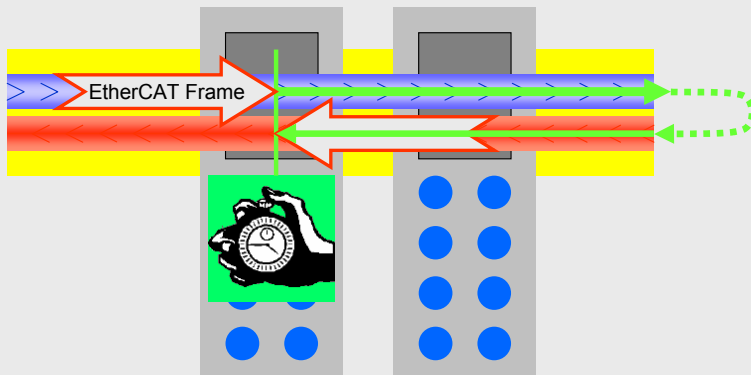


- Steuerung wird entlastet, Master wird sehr einfach
- Daten werden je nach Applikationsanforderung übertragen: extrem schnell, flexibel und effizient

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

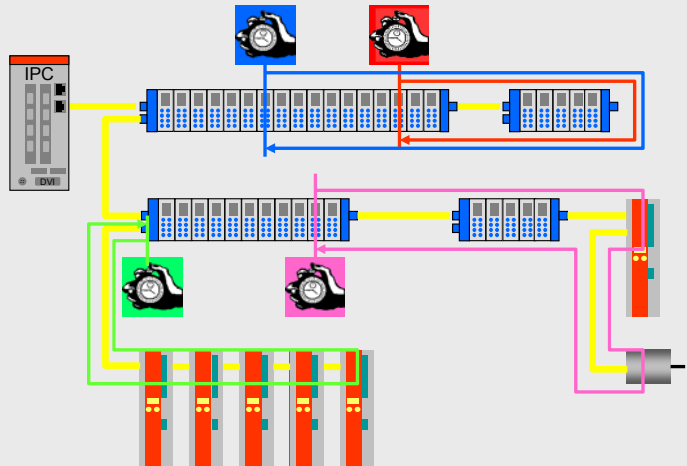
EtherCAT Node misst Zeitdifferenz zwischen abgehendem und zurückkehrendem Frame



EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

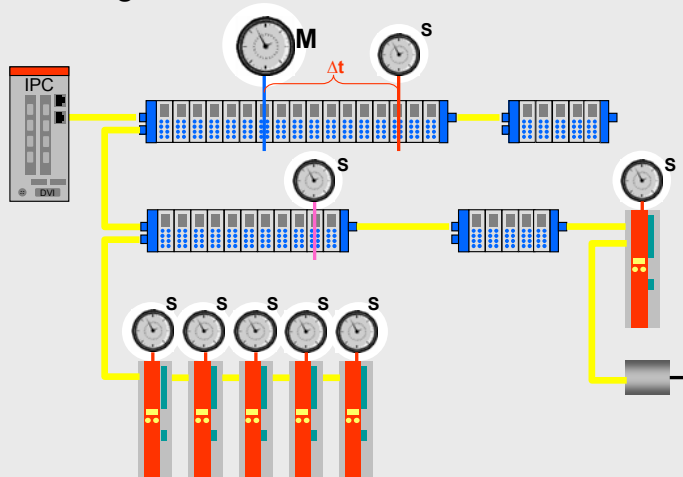
Laufzeiten zwischen beliebigen Teilnehmern werden berechnet



EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

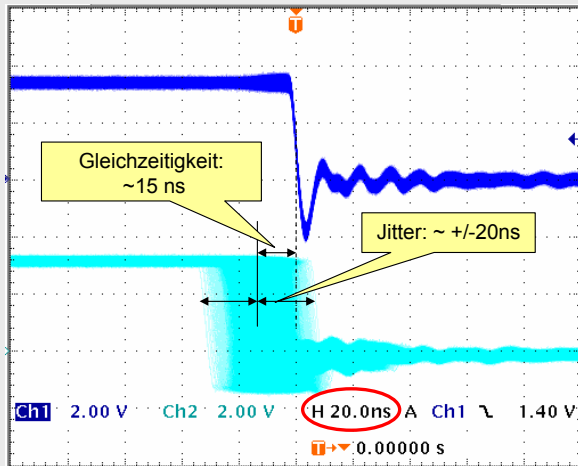
Präzise Synchronisation ($\ll 1 \mu\text{s}$) durch genauen Abgleich verteilter Uhren



Langzeit Scope-Aufnahme: zwei Geräte
dazwischen 300 Knoten + 120m Netzwerk

EtherCAT ist:

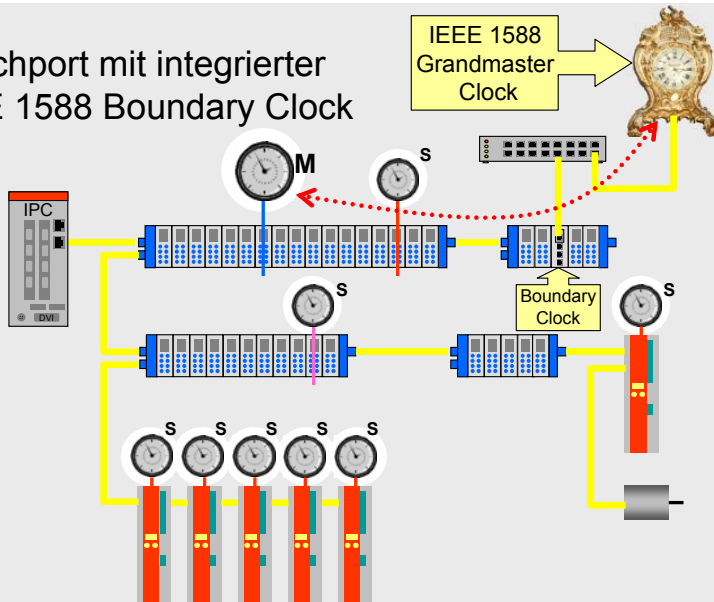
- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig



EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Switchport mit integrierter IEEE 1588 Boundary Clock



EtherCAT ist Industrial Ethernet!

EtherCAT ist:

➤ schneller ✓

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

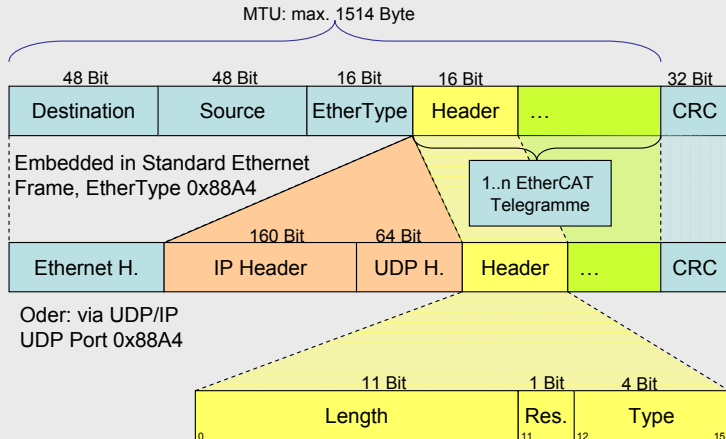
➤ offen

➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig

- EtherCAT verwendet Standard Frames nach IEEE 802.3
- keine verkürzten Frames
- Wahlweise auch über UDP/IP (wenn IP Routing gefragt)



EtherCAT ist Industrial Ethernet!

EtherCAT ist:

➤ schneller ✓

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

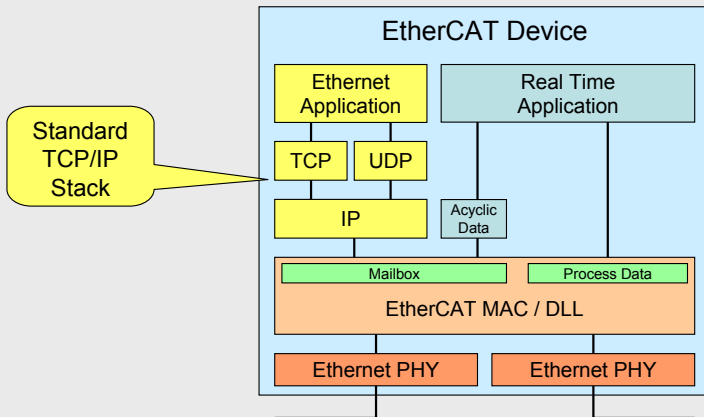
➤ offen

➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig

- volle Durchgängigkeit für TCP/IP
- alle Internet Technologien verfügbar: HTTP, FTP, ...
- ohne Einschränkung der Echtzeiteigenschaften!



EtherCAT ist Industrial Ethernet!

EtherCAT ist:

➤ schneller ✓

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

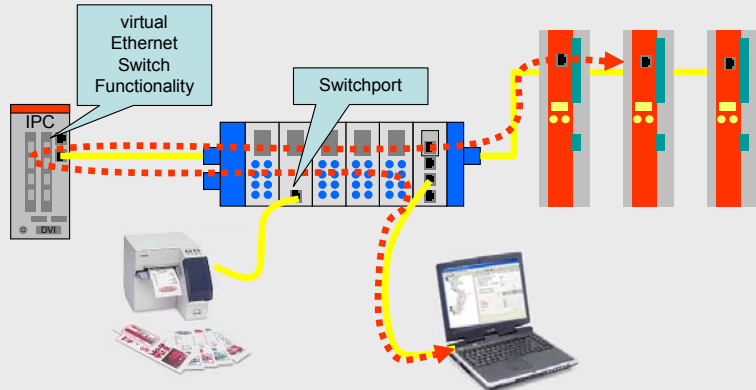
➤ offen

➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig

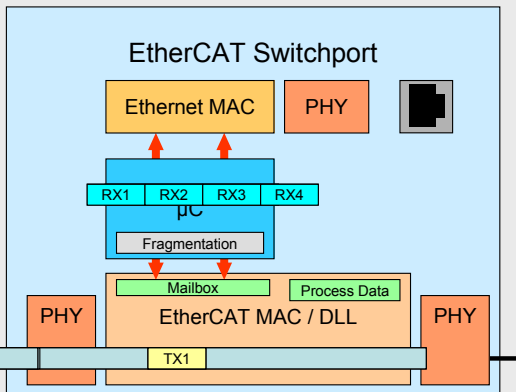
- Beliebige Ethernet Geräte können an Switchport angeschlossen werden
- Zugriff auf Webserver mit Standard-Browser



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

- Interface zu beliebigen Ethernet Geräten oder Netzen
- Ethernet Frames werden ins EtherCAT Protocol eingefügt
- „Ethernet over EtherCAT“



EtherCAT ist Industrial Ethernet!

EtherCAT ist:

➤ schneller ✓

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

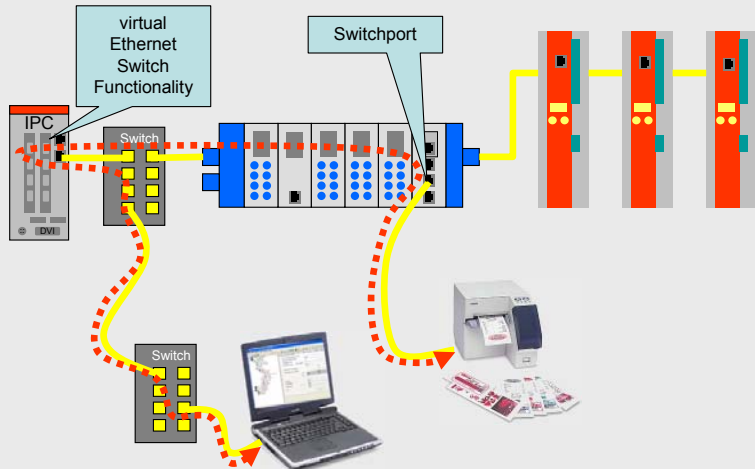
➤ offen

➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig

- Software Ethernet Switch routed Ethernet Frames
- Von innerhalb und ausserhalb des Segmentes



EtherCAT ist:

➤ schneller ✓

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

➤ offen

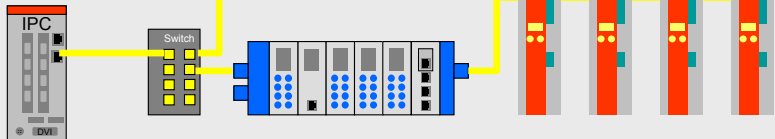
➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig



...via Switch



- + beliebige Ethernet Protokolle können verwendet werden
- + erfordert nur einen Ethernet Port (auf IPC/Steuerung)
- aber: Performance durch Switch Verzögerung eingeschränkt (und durch allgemeine Ethernet Frames)

EtherCAT ist:

➤ schneller ✓

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

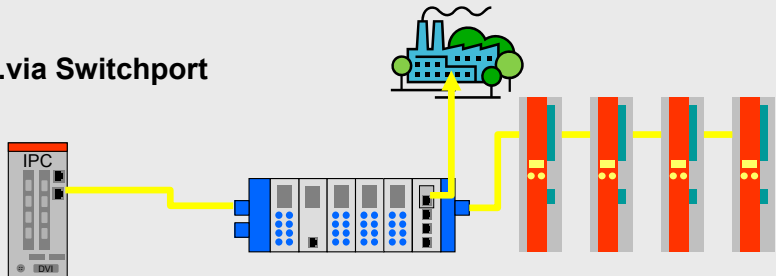
➤ offen

➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig

...via Switchport



- + beliebige Ethernet Protokolle können verwendet werden
- + erfordert nur einen Ethernet Port (auf IPC/Steuerung)
- + EtherCAT Performance wird **nicht eingeschränkt**

EtherCAT ist:

➤ schneller ✓

➤ Industrial Ethernet

➤ flexibler zu verdrahten

➤ einfacher zu konfigurieren

➤ kostengünstiger

➤ einfacher zu implementieren

➤ erprobt

➤ offen

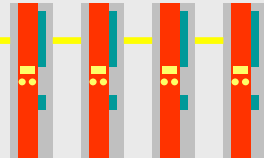
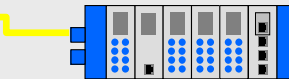
➤ Safety

➤ Redundanz

➤ vielseitig



...via 2. Ethernet Port



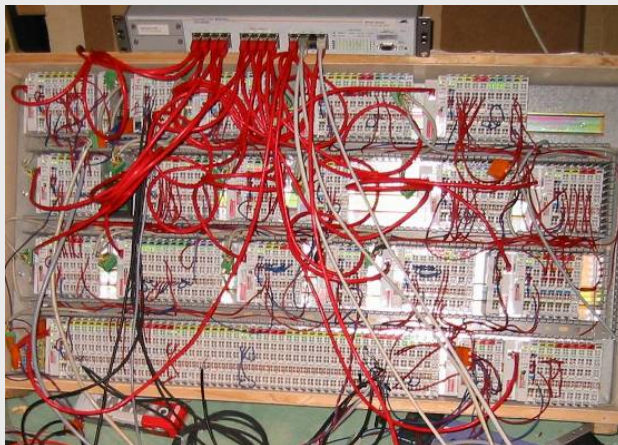
- + beliebige Ethernet Protokolle können verwendet werden
- + EtherCAT Performance wird **nicht eingeschränkt**
- erfordert zweiten Ethernet Port (auf IPC/Steuerung)

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Standard Ethernet-Topologie: Stern

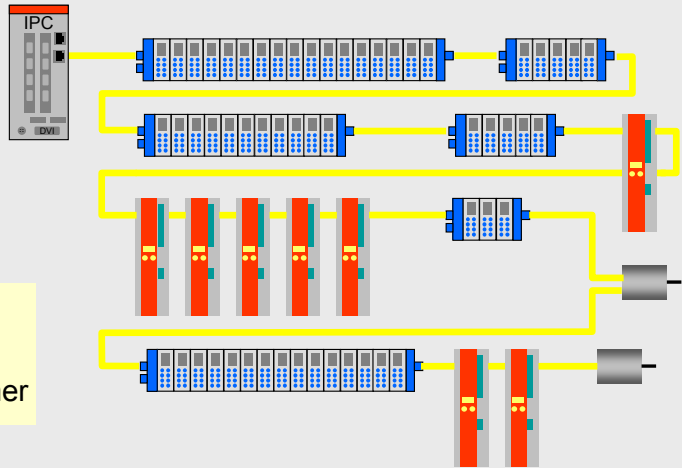
nicht optimal – hier ein Testaufbau zur Demonstration ;-)



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Linien-Topologie: beliebig viele Knoten „in Reihe“



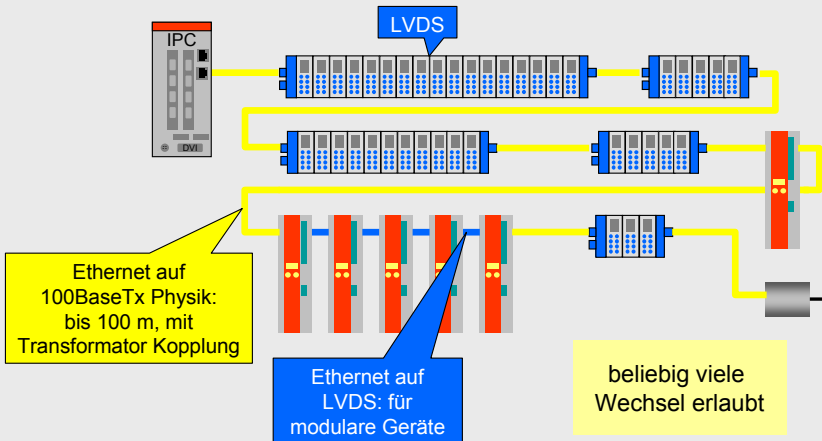
Bis zu
65535
Teilnehmer

EtherCAT ist flexibler zu verdrahten

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Elektrische Signalvarianten: 100BaseTX und LVDS

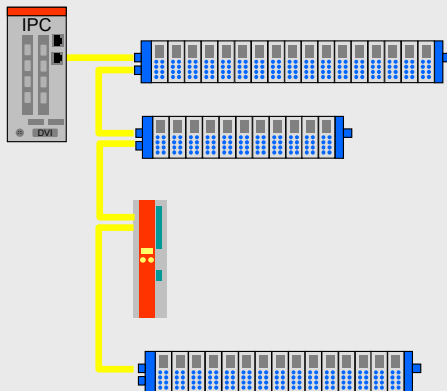


LVDS: Low Voltage Differential Signaling nach ANSI/TIA/EIA-644 und IEEE 802.3ae

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Topologie-Variante: „Daisy Chain“

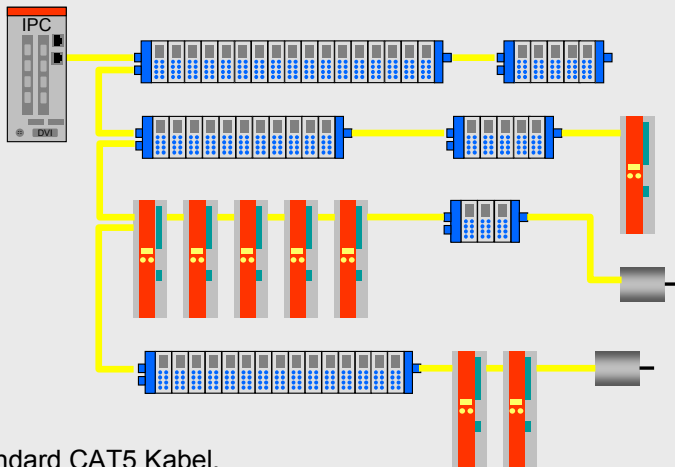


Kabel: Standard CAT5 Kabel,
durchgängig ohne „Crossover“

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Topologie-Variante: „Daisy Chain“ mit Stichleitung



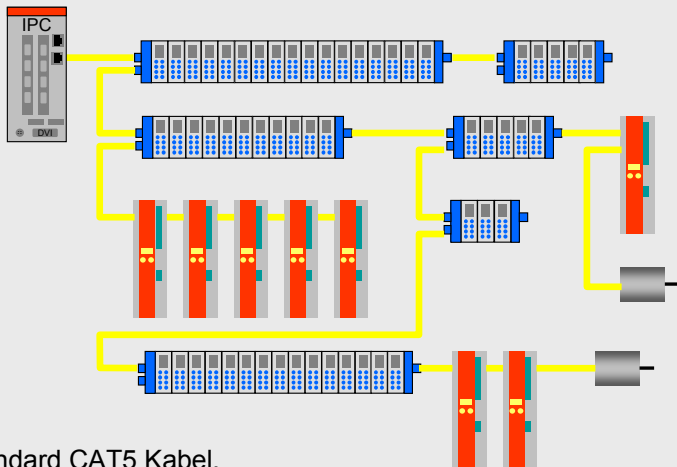
Kabel: Standard CAT5 Kabel,
durchgängig ohne „Crossover“

EtherCAT ist flexibler zu verdrahten

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

flexible Baumstrukturen – beliebig erweiterbar



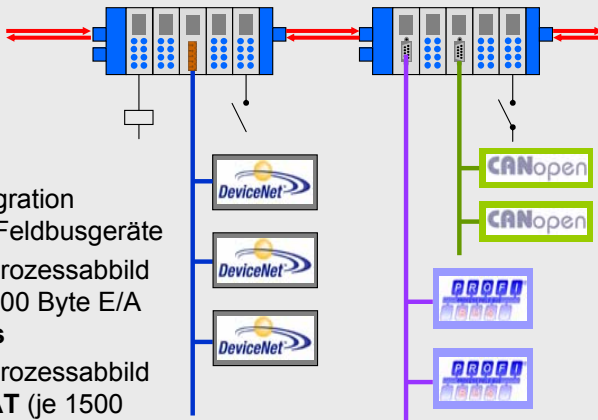
Kabel: Standard CAT5 Kabel,
durchgängig ohne „Crossover“

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Investitionsschutz:

- Nahtlose Integration vorhandener Feldbusgeräte
- Update-Zeit Prozessabbild über **PCI** (je 500 Byte E/A Daten): **400µs**
- Update-Zeit Prozessabbild über **EtherCAT** (je 1500 Byte E/A Daten): **150µs**



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

- Keine Slots mehr in Steuerung (IPC oder SPS) erforderlich
- Trotzdem maximale Erweiterbarkeit

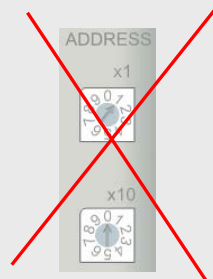


EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Adressierung:

- Keine manuelle Adresseinstellung erforderlich
- Adressen können automatisch zugeteilt werden
- Adressen können auch bei nachträglichen Erweiterungen erhalten bleiben – keine Neu-Adressierung



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Topologie:

- Automatischer Topologie Soll/Ist-Vergleich

Diagnose:

- Diagnose mit exakter Lokalisierung

Netzwerkplanung:

- Performance unabhängig von:
 - Slave-Implementierung
 - Topologie (keine Switches/Hubs)
- Performance mehr als ausreichend
 - daher kein „Tuning“ erforderlich

EtherCAT ist kostengünstiger



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- **kostengünstiger**
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Master:

*keine spezielle Einsteckkarte,
on-board Ethernet Port genügt*



Slave:

kostengünstiger Slave Controller
– kein leistungsstarker μ C erforderlich



Infrastruktur:

- keine Switches / Hubs erforderlich
- Standard Kabel



EtherCAT ist einfacher zu implementieren

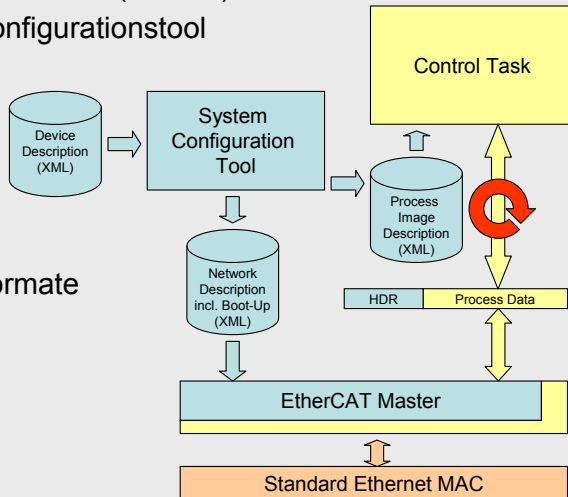
EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Master:

- Master Sample Code (Source)
- EtherCAT Konfigurationstool

• XML Datenformate

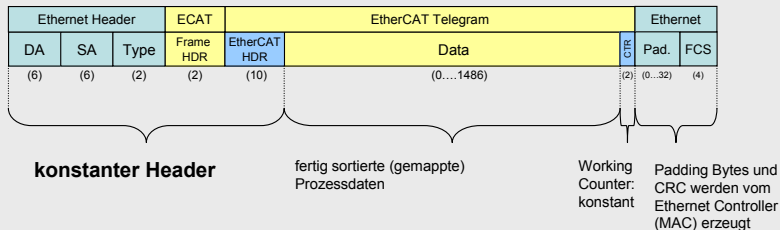


EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- **einfacher zu implementieren**
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Beispiel: Master mit nur einem Prozessabbild:

- typisch z.B. für Kleinststeuerungen mit einer Steuerungstask
- bis 1488 Byte Prozeßdatengröße
- **Header für Prozessdatenkommunikation bleibt konstant**



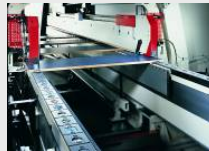
- Master mit minimalem Aufwand realisierbar
- kein separater Kommunikationsprozessor (z.B. auf Einsteckkarte) erforderlich
- **viel einfacher als herkömmliche Feldbussysteme**
- **sehr viel einfacher als andere Industrial Ethernet Lösungen...**

EtherCAT ist erprobt

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- **erprobt**
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

- heute im Serieneinsatz
- Mehr Knoten im Feld als PROFINET IRT, Powerlink Version 2 und SERCOS III zusammen...





EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

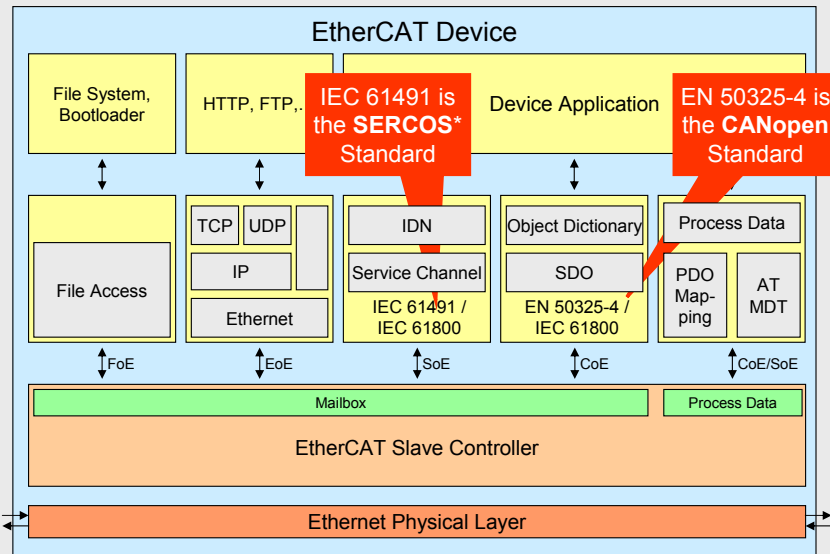
Zitat Fa. Schuler:

„Wir sind mit diesem System in der Lage, schnelle Antriebs- und Hydraulikregelung für sämtliche Anwendungen zu realisieren, die wir im Moment im Schuler-Konzern kennen. Und, was ganz entscheidend ist, auf Grund der extrem hohen Performance von EtherCAT haben wir noch genug Potential für die Zukunft, auch aufwendigere Regelungsaufgaben ohne Geschwindigkeitsprobleme bewältigen zu können.“

EtherCAT verwendet etablierte Geräteprofile

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- **offen**
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

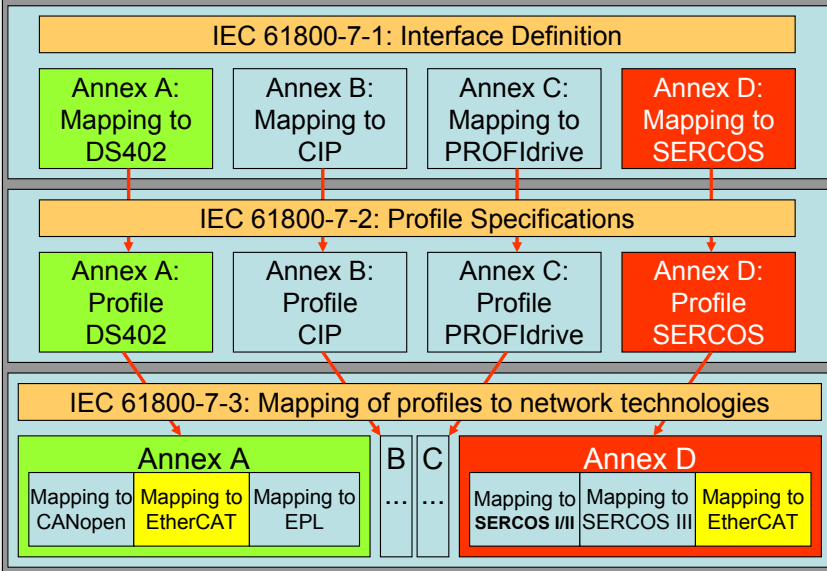


*SERCOS interface™ is a trademark by IGS e.V.

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

IEC 61800-7: Generic Interface and use of profiles for power drive systems



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

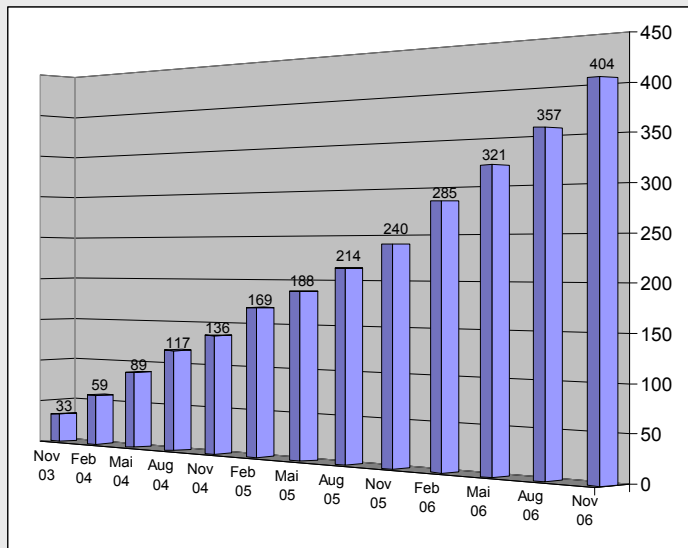


- Gründung: November 2003
- Aufgaben: Unterstützung, Weiterentwicklung und Verbreitung von EtherCAT
- Bereits über 400* Mitglieds-Firmen aus Europa, Nordamerika, Asien + Australien
 - Geräte-Hersteller
 - Anwender
 - Technologie-Provider
- Mitgliedschaft offen für jeden

* Stand Nov 2006

EtherCAT Technology Group Mitgliederentwicklung

Stand Nov. 2006: **404** Mitglieder



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- **offen**
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

EtherCAT Technology Group Mitglieder

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- **offen**
- Safety
- Redundanz
- vielseitig



ETG: Mitglieder aus 29 Ländern

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- **offen**
- Safety
- Redundanz
- vielseitig



Germany



Italy



Turkey



Sweden



Croatia



Great Britain



Spain



Israel



Austria



China



Japan



Netherlands



Canada



India



Hungary



Ukraine



Korea



Russia



Australia



Finland



France



Belgium



Liechtenstein



Switzerland



Denmark



Taiwan



Singapore



Czech Rep



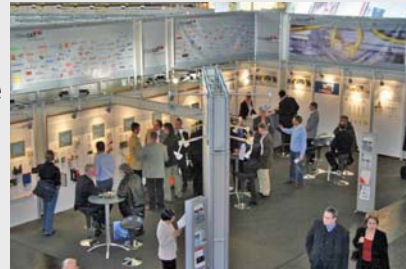
USA

ETG: Aktive Mitglieder

EtherCAT ist:

- schneller
- Industrial Ethernet
- flexibler zu verdrahten
- einfacher zu konfigurieren
- kostengünstiger
- einfacher zu implementieren
- erprobt
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

- Wichtiger als Mitgliederanzahl: wie viele sind aktiv, wie viele implementieren die Technologie?
- Nov 2006: Über 280 Implementierungs-Kits an ETG Mitglieder verkauft (26% Master, 74% Slaves)
- SPS/IPC/Drives 2006: 48 Aussteller, über 90 verschiedene EtherCAT Geräte auf EtherCAT Messestand
 - darunter 20 Antriebe und 20 verschiedene Master in Funktion



Halle 9 Stand 309



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- **offen**
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

E/A
 Controller
 Servo-Antriebe
 Frequenzumrichter
 Sensoren, Hydraulikventile
 Slave + Master Development Kits
 HMI, Control Panels, Pneumatikventile,...

EtherCAT ist eine offene Technologie

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- **offen**
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

- Protocol ist vollständig offengelegt:
- EtherCAT ist IEC Norm (IEC/PAS 62407)



- EtherCAT ist Teil von ISO 15745-4
- Integration in IEC 61158, IEC 61784 und IEC 61800-7 in Arbeit
- Slave Controller von mehreren Herstellern verfügbar
- Slave Controller gewährleistet Interoperabilität
- ETG veranstaltet „Plug-Fests“, bereitet Konformitätstest vor

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen
- Safety
- Redundanz
- vielseitig



- Management Board der IEC hat Liaison der EtherCAT Technology Group mit IEC SC65C WG 11/12/13 bestätigt (SC65C: Digital Communication)



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

- Damit ist die ETG offizieller IEC-Normungspartner

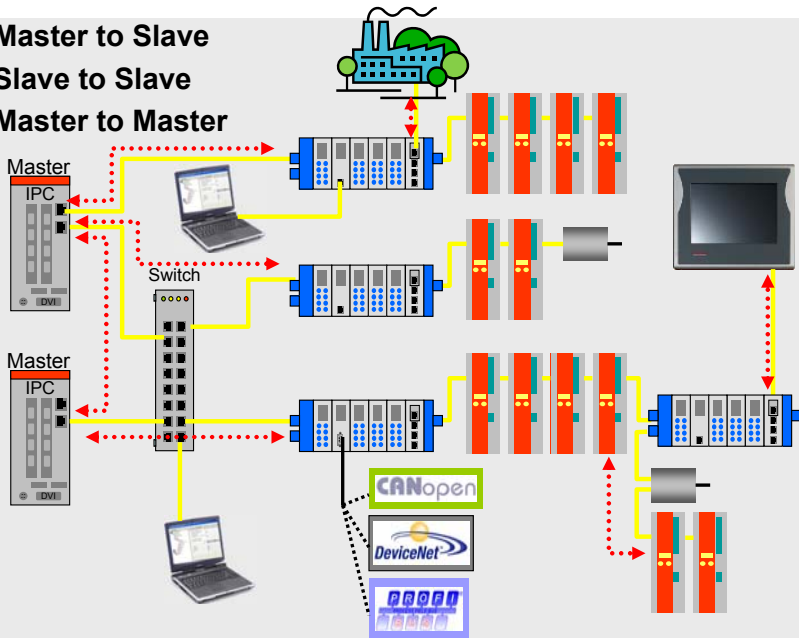
EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- **offen**
- Safety
- Redundanz
- vielseitig

Master to Slave

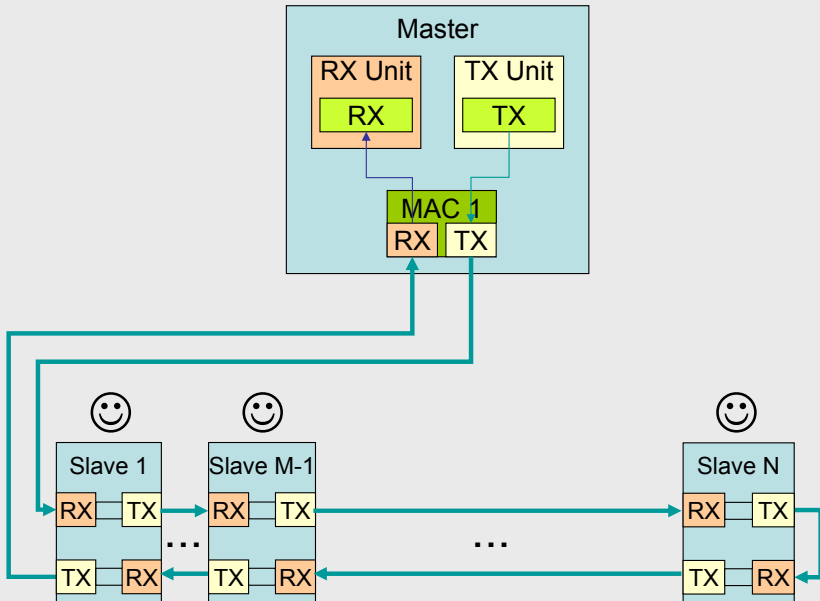
Slave to Slave

Master to Master



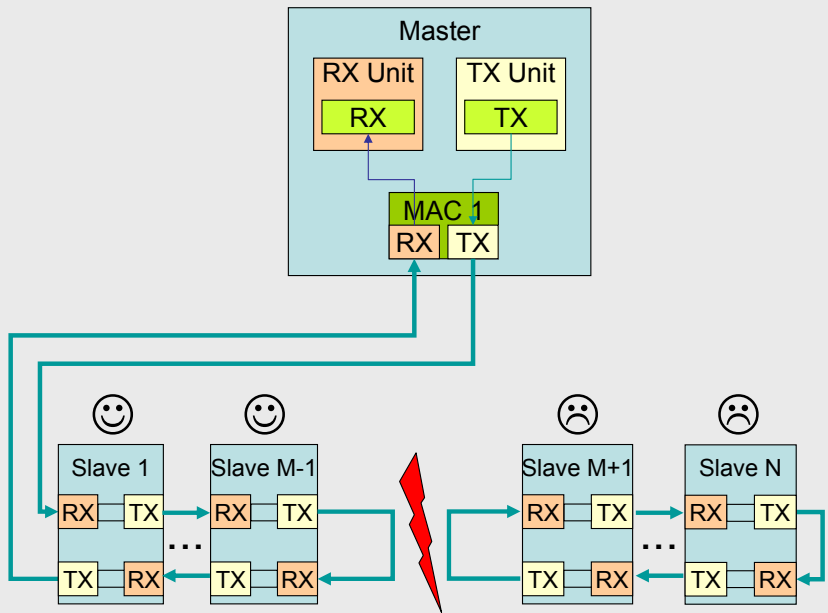
EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz
- vielseitig



EtherCAT ist:

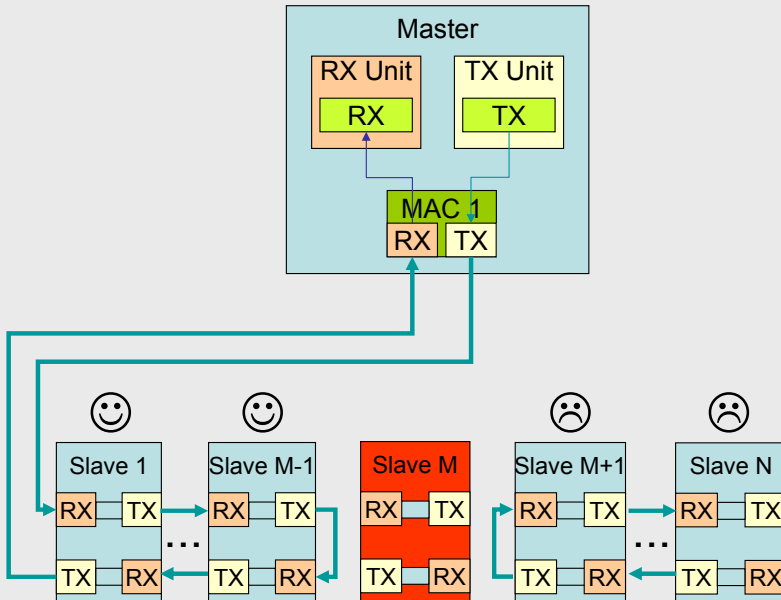
- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz
- vielseitig



Ohne Redundanz: Teilnehmerausfall

EtherCAT ist:

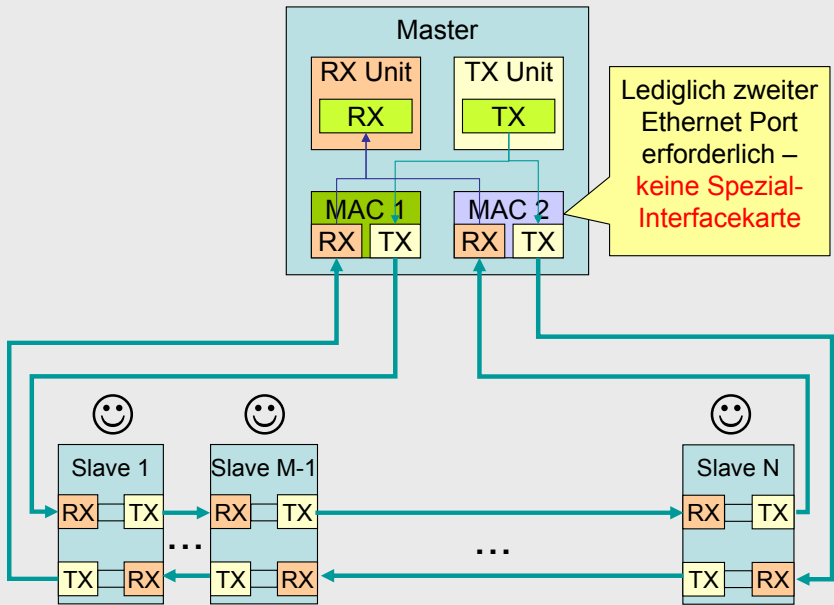
- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz
- vielseitig



Mit Redundanz: Normalbetrieb

EtherCAT ist:

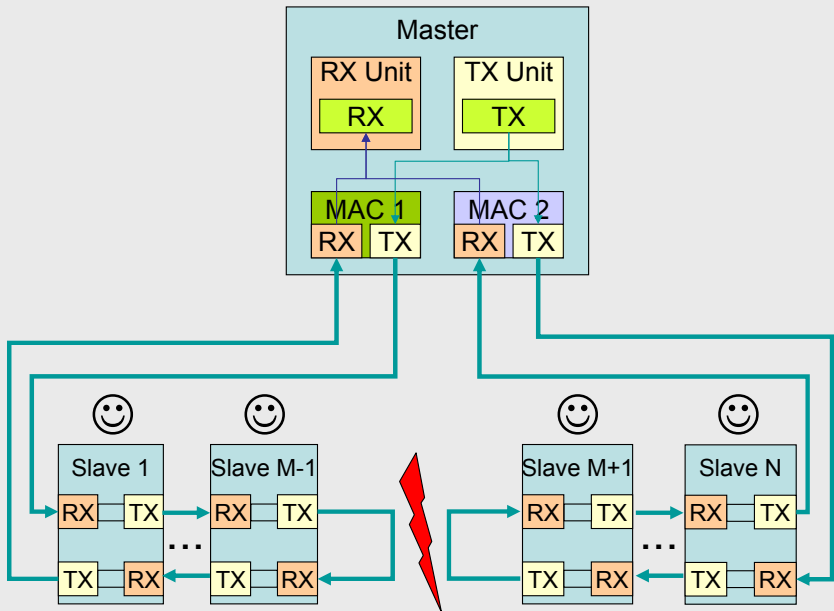
- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz
- vielseitig



Mit Redundanz: Leitungsbruch

EtherCAT ist:

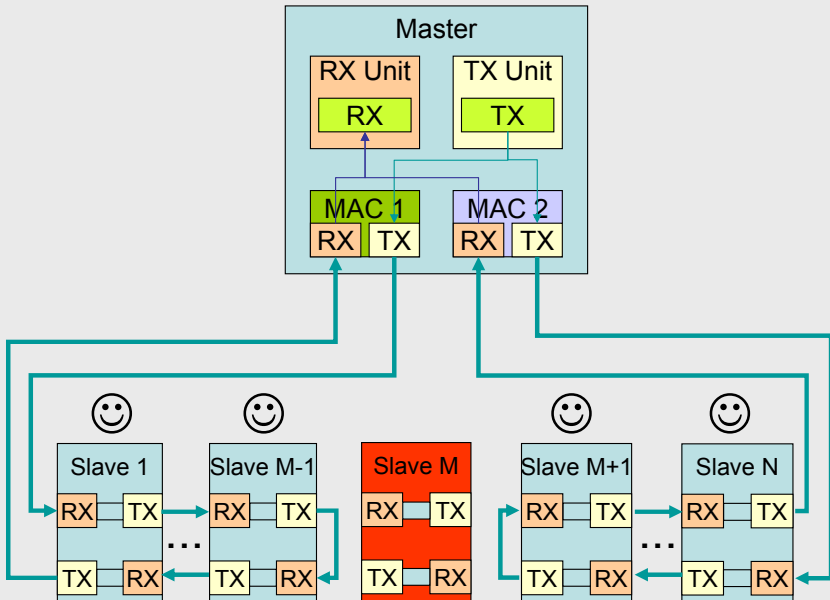
- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz
- vielseitig



Mit Redundanz: Teilnehmerausfall

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz
- vielseitig



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz
- vielseitig

- Leitungsredundanz
- Master-Redundanz mit Hot-Stand-By
- Gerätetausch bei laufendem Netzwerk
- Hot-Connect von Leitungssegmenten

EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz ✓
- vielseitig

Schnelle Applikationen, z.B.

- Verpackungsmaschinen
- Schnelle Pressen
- Spritzgußmaschinen
- Holzverarbeitungsmaschinen
- Werkzeugmaschinen (CNC)
- Robotik
- ...

Verteilte Applikationen, z.B.

- Fördertechnik,
- Logistik,
- Meßdatenerfassung,
- ...



80 µs Zykluszeit

EtherCAT ist:

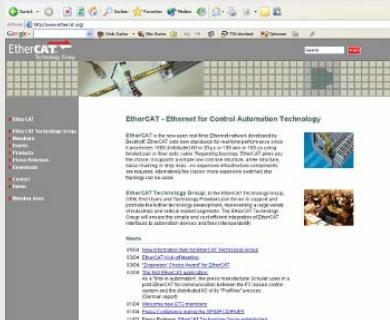
- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz ✓
- vielseitig

Wegen preiswertester Masteranschaltung und einfacher Verdrahtung ebenso:

- Kleine embedded Controller
- Kleine SPS
- Jede PC basierende Steuerungsapplikation – mit oder ohne Echtzeitanforderung

EtherCAT ermöglicht Feldbus Anwendungen, wo heute aus wirtschaftlichen Gründen nur direkt verkabelt wird!

www.ethercat.org



EtherCAT ist:

- schneller ✓
- Industrial Ethernet ✓
- flexibler zu verdrahten ✓
- einfacher zu konfigurieren ✓
- kostengünstiger ✓
- einfacher zu implementieren ✓
- erprobt ✓
- offen ✓
- Safety ✓
- Redundanz ✓
- vielseitig ✓

Martin Rostan
 EtherCAT Technology Group
 Ostendstr. 196
 90482 Nürnberg
 Tel. +49 911 54056-20, Fax -29
 m.rostan@ethercat.org

EtherCAT Decisive Factors

Why do companies choose EtherCAT?

EtherCAT markets + applications

Why do companies choose EtherCAT?

High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

- **High Performance**
EtherCAT is the fastest Industrial Ethernet Technology
- **High Bandwidth**
EtherCAT has the highest data throughput
- **Flexible Topology**
Everything that is widely distributed
- **Ease of Use**
Easy configuration and maintenance
- **Low Cost**
Cheap implementation
- **Functional Safety**
Safety communication integrated
- **High availability**
Low Cost Redundancy

High Performance

High Bandwidth
Flexible Topology
Ease of Use
Low Cost
Functional Safety
High availability

Performance

EtherCAT is the fastest Industrial Ethernet Technology

*The need for speed:
Everything that is high end motion control*

For example

- Robotics
- Hydraulic / Electric Presses
- Machine Tool Applications
- CNC functionality
- Printing
- Woodworking machines
- Packaging Machines
- Injection Molding
- Any measurement application
- Any closed loop control



Decisive Factors: Performance

High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Hydraulic Presses

Dieffenbacher: Presses and more



High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

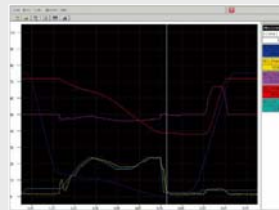
Low Cost

Functional Safety

High availability

Hydraulic Presses

Schuler: Profiline Presses



Decisive Factors: Performance

High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

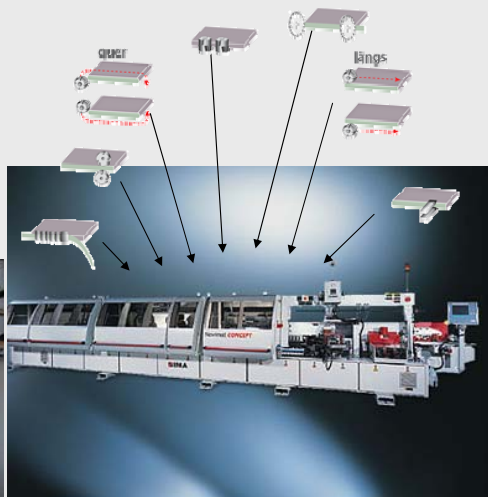
Low Cost

Functional Safety

High availability

Machine Tool Applications

IMA: Novimat Concept edge-banding machine



High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Machine Tool Application

Accurpress: Press brake

High Precision, High Speed Forming Technology with CNC control



High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Machine Tool Application

Hüttenhölscher: Machine Building



High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Machine Tool Application

Jenoptik Automatisierungstechnik: Mobile Welding set



High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Machines with CNC functionality

Laserplus Oy: Welding Transfer line for steel sandwich-plates



Decisive Factors: Performance

High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Woodworking Machines

Nobilia Werke: Kitchen Production



High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Packaging Machines

Radiator Specialty, (NC), USA: Filling and Packaging Line



High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Packaging Machines

Ferrag: Postpress processing

Flexible, modular strapping without bundle turning (SmartStrap)



Decisive Factors: Performance

High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Injection Molding

Husky (USA): HyPAC



High Performance

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Injection Molding

SAB, Thailand: Injection Molding and Extrusionmachine for plastic industry



High Performance ✓

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

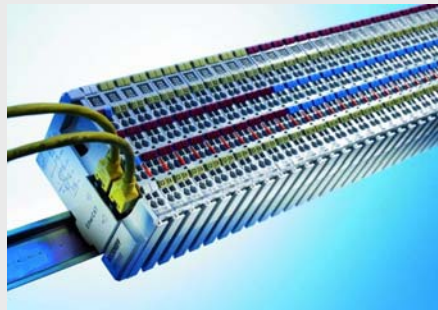
High availability

Bandwidth

EtherCAT has the highest data throughput

For example

- **Connecting underlying Fieldbus-Cards**
- **Backplane-Bus**
- **Measurement Applications**



Decisive Factors: Bandwidth

High Performance ✓

High Bandwidth

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Modular Devices

Beckhoff: EtherCAT Busermininals



Decisive Factors: Bandwidth

High Performance ✓

High Bandwidth

Flexible Topology

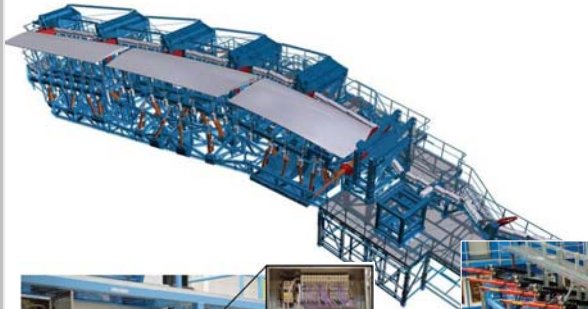
Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Measurement Application: Airbus Testrack for High-Lift-System
Ingenieurgesellschaft IgH: High Lift Slat Flap Testrig (HLSTR)



High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Topology

Everything that is widely distributed

For example

- **Wide-Area plants**
- **Carrier-Systems**
- **Logistics**
- **Building Automation**



Decisive Factors: **Topology**

High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Bridge absorption system

Dubrovnik (Croatia): Absorption of vibrations



High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Example:

Blind Control in
Office Building

Individual Wiring
to Control
Cabinet is lower
cost than
distributed bus
couplers in star
topology



High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

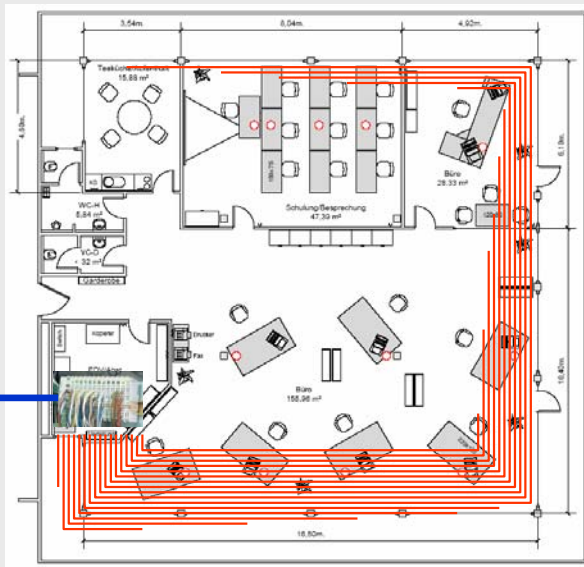
Functional Safety

High availability

Example:

Blind Control in Office Building

Individual Wiring to Control Cabinet is lower cost than distributed bus couplers in star topology



High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology

Ease of Use

Low Cost

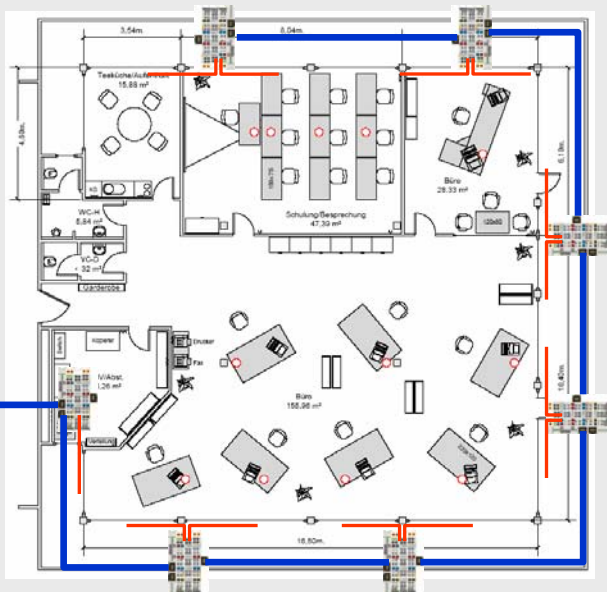
Functional Safety

High availability

Example:

Blind Control in Office Building

With EtherCAT daisy chaining of low cost modules is possible – and with one frame all nodes are reached



High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology ✓

Ease of Use

Low Cost

Functional Safety

High availability

Ease of Use

EtherCAT is easier to use:

- **No Hassle with Address Switches**
- **No Bandwidth or performance issues, no network tuning**
- **Simple Configuration**

High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology ✓

Ease of Use ✓

Low Cost

Functional Safety

High availability

Costs

EtherCAT does not require special master cards

EtherCAT offers low cost slave controller

EtherCAT does not need expensive infrastructure

EtherCAT uses standard Ethernet Cabling

E.g.

- **Embedded Control Systems that could not afford fieldbus technology so far**
- **Small PLCs**
- **Any PC based application - with or without real time requirements**

Decisive Factors: **Functional Safety**

High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology ✓

Ease of Use ✓

Low Cost ✓

Functional Safety

High availability

Functional Safety

EtherCAT offers protection against hazardous injuries

EtherCAT specifies Safety-over-EtherCAT Protocol for a safety data transfer



Decisive Factors: **Functional Safety**

High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology ✓

Ease of Use ✓

Low Cost ✓

Functional Safety

High availability

Tire Testing System

Seichter: Tire Uniformity



Decisive Factors: **High Availability**

High Performance ✓

High Bandwidth ✓

Flexible Topology ✓

Ease of Use ✓

Low Cost ✓

Functional Safety ✓

High availability

High Availability

Master redundancy with Hot-Stand-By

Cabling redundancy

Hot Swap of devices

Hot-Connect of network segments

High Performance
High Bandwidth
Flexible Topology
Ease of Use
Low Cost
Functional Safety
High availability

- **What is your application?**

High Performance
High Bandwidth
Flexible Topology
Ease of Use
Low Cost
Functional Safety
High availability

Thank you for your attention!

Contact Info:

Martin Rostan

EtherCAT Technology Group

Ostendstr. 196

90482 Nuremberg, Germany

www.ethercat.org

info@ethercat.org

Phone +49 911 54056-20

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

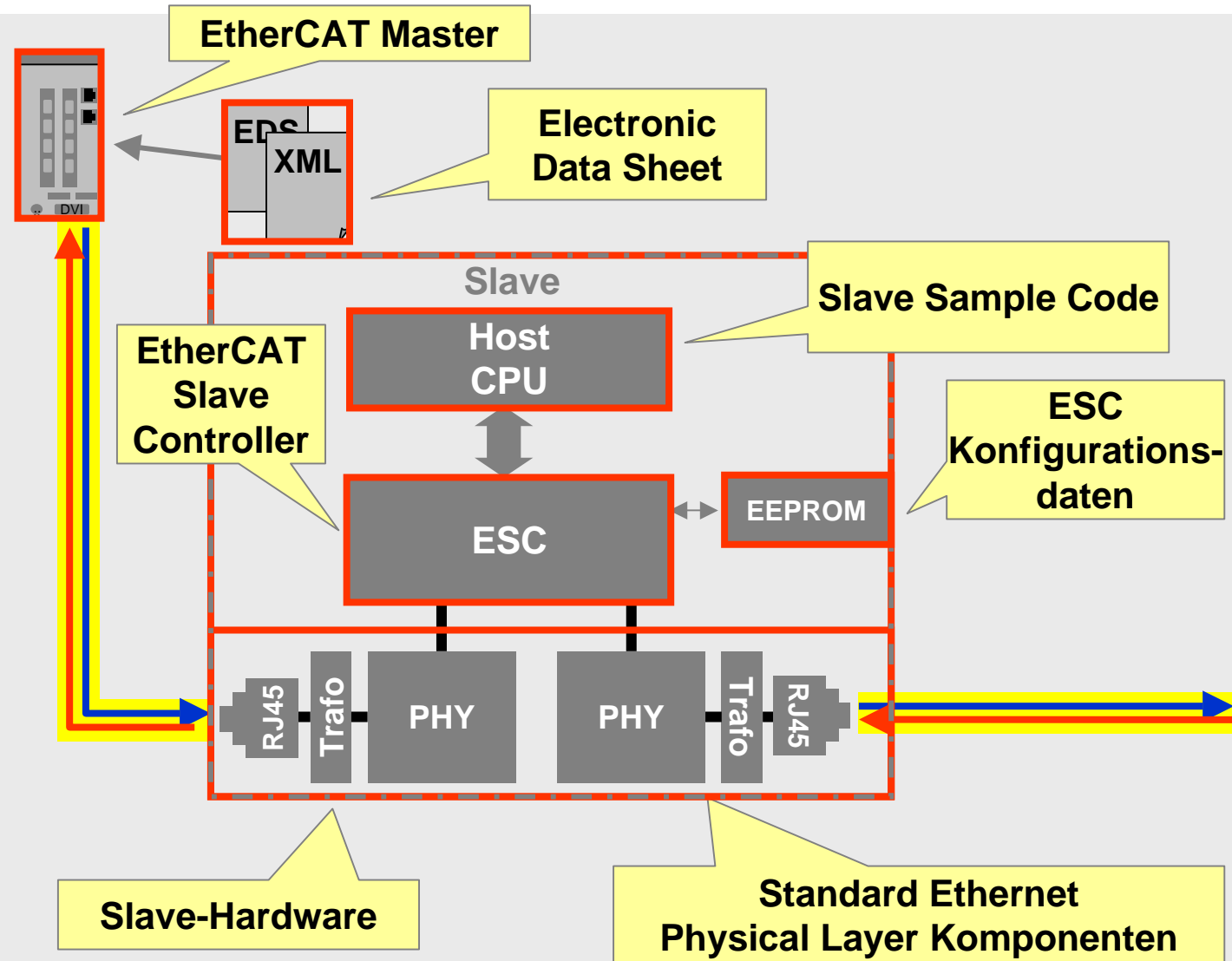
EtherCAT

Slave Implementierung

Raphael Dunker
SEW-EURODRIVE

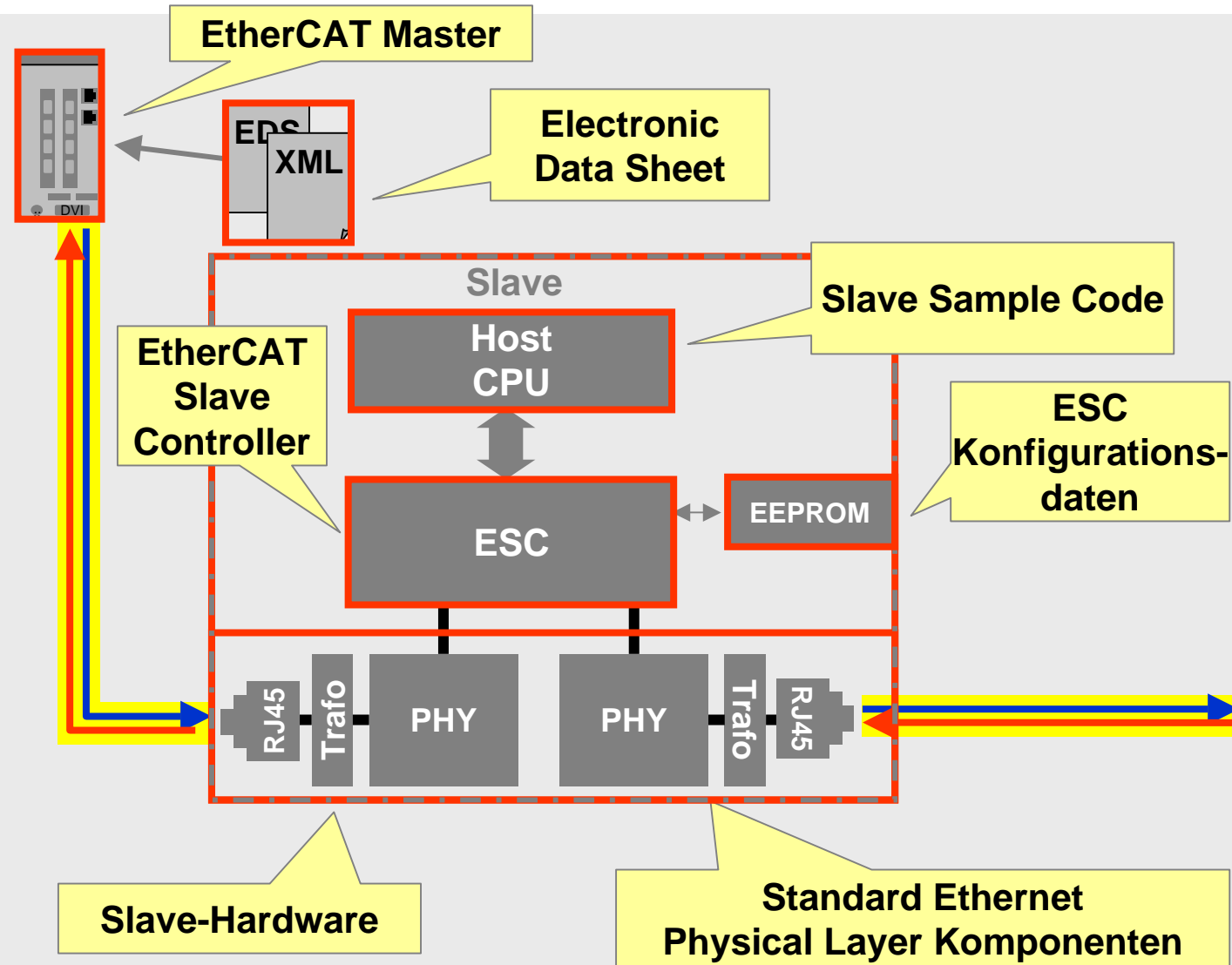
Der Weg zur EtherCAT Slave Implementierung

- EtherCAT Slave Controller
- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen



Der Weg zur EtherCAT Slave Implementierung

- EtherCAT Slave Controller
- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen



**EtherCAT
Slave Controller**

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen



ESC10:
Altera Cyclone
EP1C6

ESC20:
Altera Cyclone
EP1C12



IP-Cores for
Altera: ET1810
XILINX: ET1820



ET1200



ET1100



netX 100
netX 500



netX 50

EtherCAT
Slave Controller

➤ Eigenschaften

➤ ohne Host CPU

➤ mit Host CPU

➤ Konfiguration

➤ Evaluation Kits

➤ Tools

➤ Implementierung

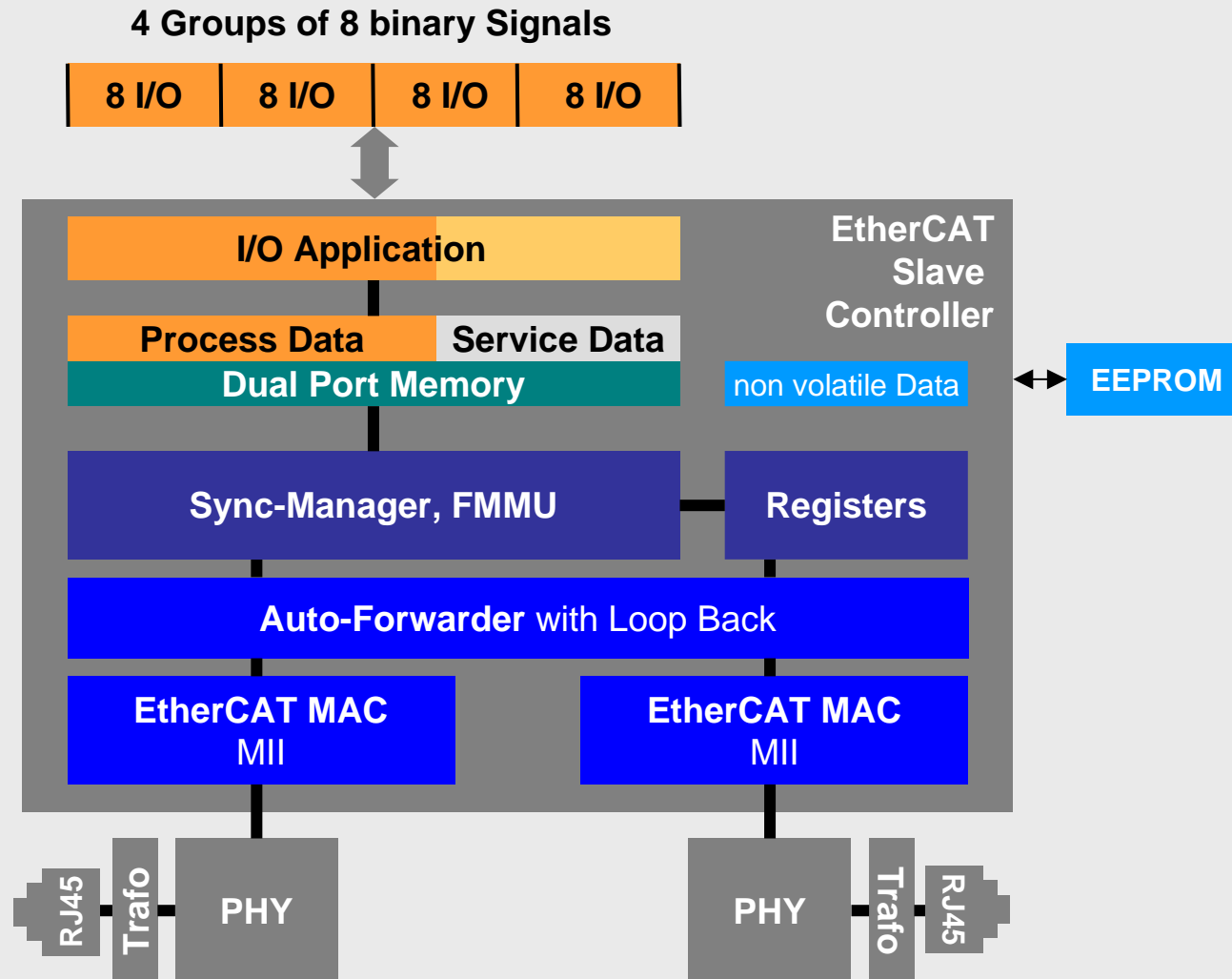
➤ Erfahrungen

- Abwicklung des Echtzeit-Protokolls in Hardware
- Integrierte Kommunikations-Statusmaschine
- Netzwerk-Performance unabhängig von
 - Slave- μ C Leistung
 - Protokollstack
- Betrieb mit oder ohne μ C (Host-CPU)
- Integriertes DPRAM
- Integriertes Distributed Clock Handling
 - Hochgenaue Interrupts zum μ C

EtherCAT Slave Controller ohne Host CPU

EtherCAT Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

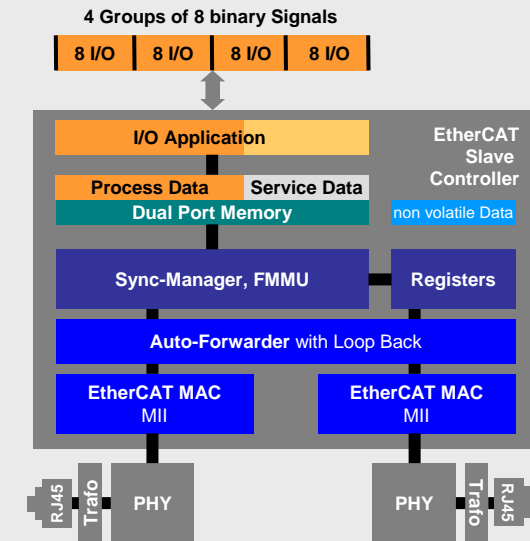


EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

- **EtherCAT State Machine**
→ wird automatisch von EtherCAT Slave Controller abgearbeitet
- **Keine Mailbox**
- **Kein Objekt Verzeichnis**
- **Bis zu 32 Signale können angeschlossen werden**
 - 32 Bit input interface
 - 32 Bit output
 - 24 Bit input / 8 Bit output
 - 16 Bit input / 16 Bit output
 - 8 Bit input / 24 Bit output
- **Bootkonfiguration und Slave Informationen (Identifikation) in seriellem E²PROM**

→ **Keine Software notwendig**

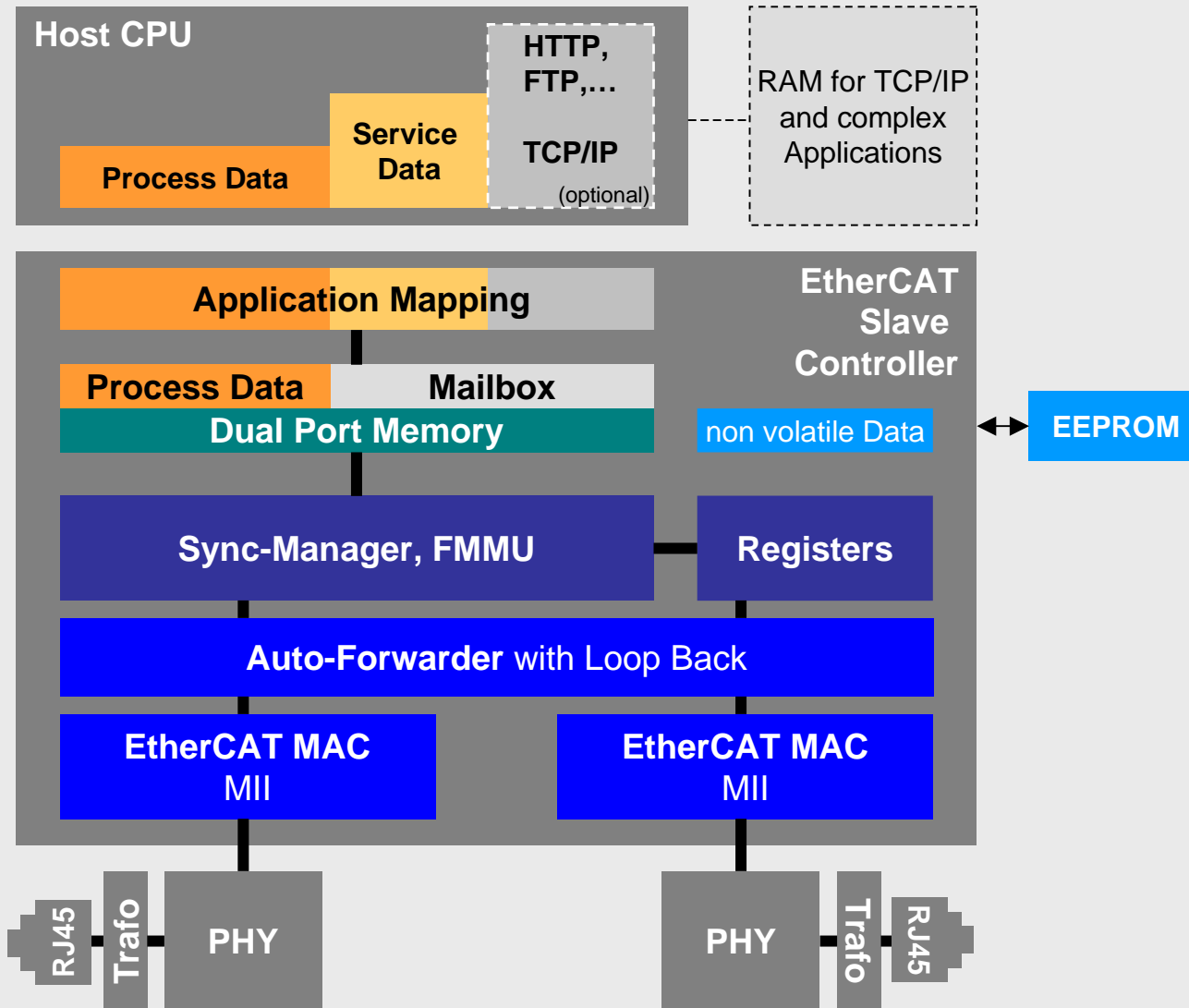


* je nach Implementierung

EtherCAT Slave Controller mit Host CPU

EtherCAT Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen



EtherCAT Slave Controller

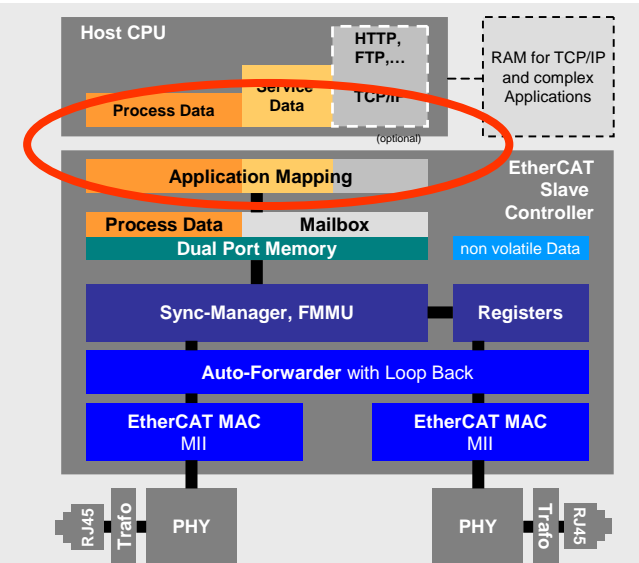
- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

8/16 Bit μ C Interface

- Demultiplexed
- Intel Signaltypen
- Polarität konfigurierbar (BUSY, INT)
- Implementierung
 - 13 Adress Bits
- Typische μ C:
 - Intel 80x86, Infineon 80C16x, Hitachi SH1, ST10, ARM, TI TMS320 Serie

SPI - Interface

- Bis 10 MBaud
- μ C ist SPI Master
- Typische μ C:
 - Microchip PIC, DSPic, Intel 80C51,...

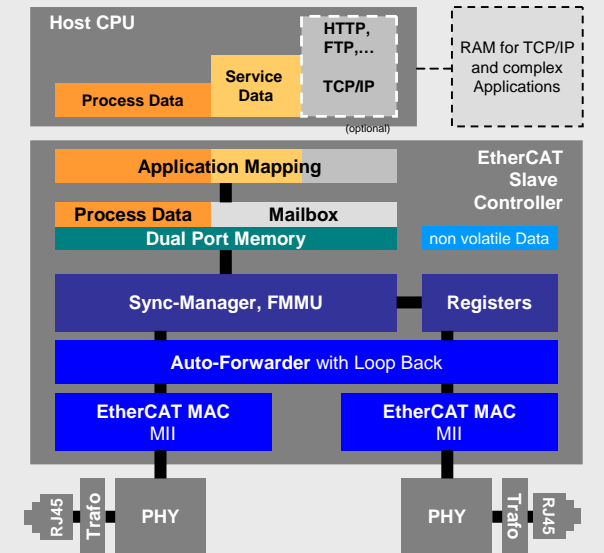


EtherCAT Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

Funktionsumfang

- EtherCAT State Machine
- CoE (CANopen over EtherCAT):
 - Mailbox mit SDO Protokoll
 - Objekt Verzeichnis mit Mandatory Objects
 - Device Type
 - Identity Object
 - Physical Address
 - PDO Mapping und dazugehörige Objekte
 - Sync Manager Communication Type
 - Sync Manager PDO Relation
- oder: SoE (Servodrive nach IEC61491* over EtherCAT)
- optional: EoE (Ethernet over EtherCAT)



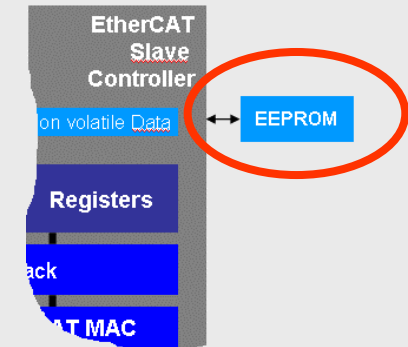
* auch als SERCOS Standard bekannt

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- **Konfiguration**
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

Konfiguration über serielles E²PROM


- Wird beim boot up eingelesen (wie PCI chips)
 - Enthält Informationen über EtherCAT Slave Controller Interface und dessen Einstellungen
 - Adress Bit's sind konfigurierbar über 2 PIN's (6, 8, 12 oder 16 Adressleitung)
- **Zugriff von Master ist möglich um:**
 - Konfiguration zu Schreiben
 - Das Gerät beim Start-Up zu identifizieren



Überblick

- EtherCAT Slave Controller
- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- **Evaluation Kits**
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

- EL9800 Evaluation Basis Board mit
 - 24V Spannungsversorgung
 - ESC Interface ribbon cable connectors
 - MicroChip PIC 8Bit μ C
 - FPGA Programmier Interface
- FB1120 100BASE-TX-Piggyback ESC Board
- USB Kabel (für PIC Programmierung)
- 1:1 D-Sub25 Kabel (für FPGA Programmierung)
- TwinCAT 2.10 (Evaluation License)
- Slave Sample Code Lizenz (C Source) für PIC Controller u.a.
- Manual

- **Optional: 1 Day Workshop** 

EtherCAT Slave Evaluation Kit by Beckhoff

EtherCAT Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

EtherCAT Slave Controller Board

Programmer for FPGA

PIC Programm & Debug Interface

Power Supply

Basic Board EL9800

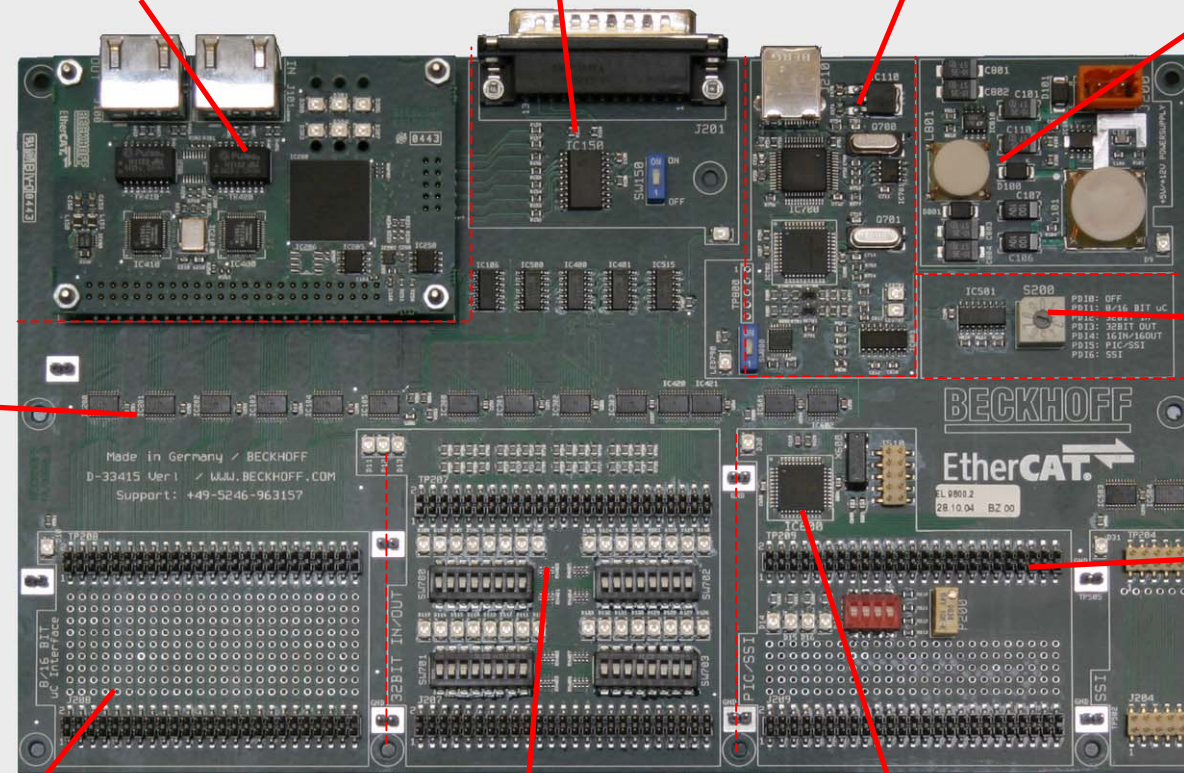
PDI Selector

SPI

8/16bit μ C interface

32 bit parallel interface

PIC over SPI



EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

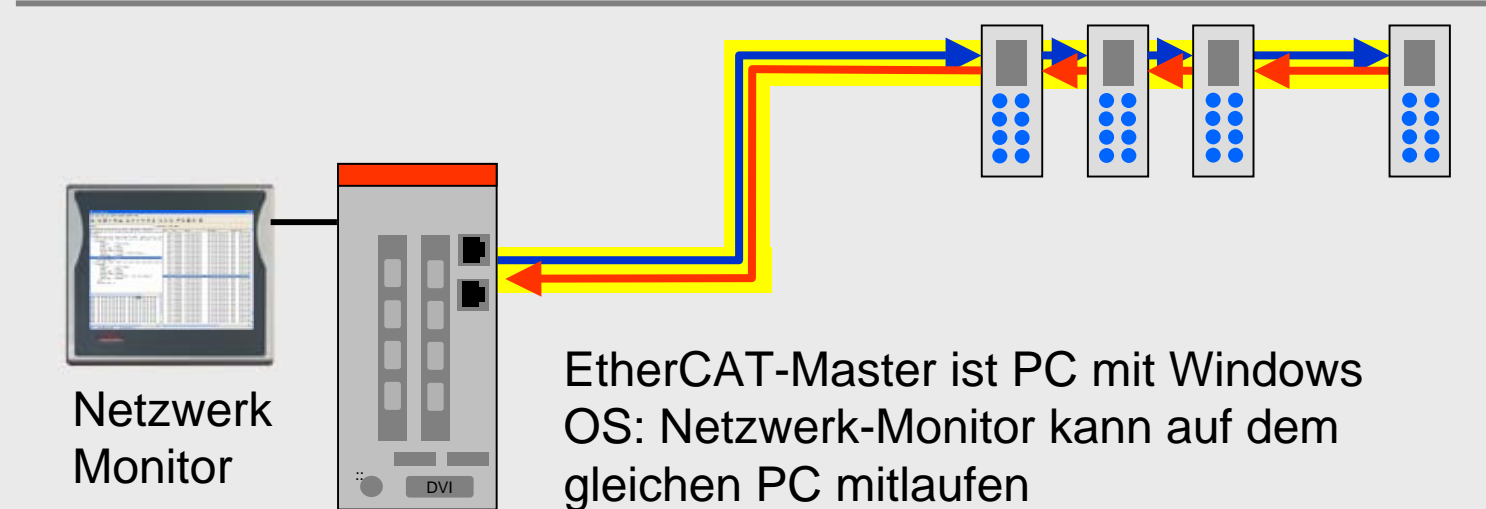
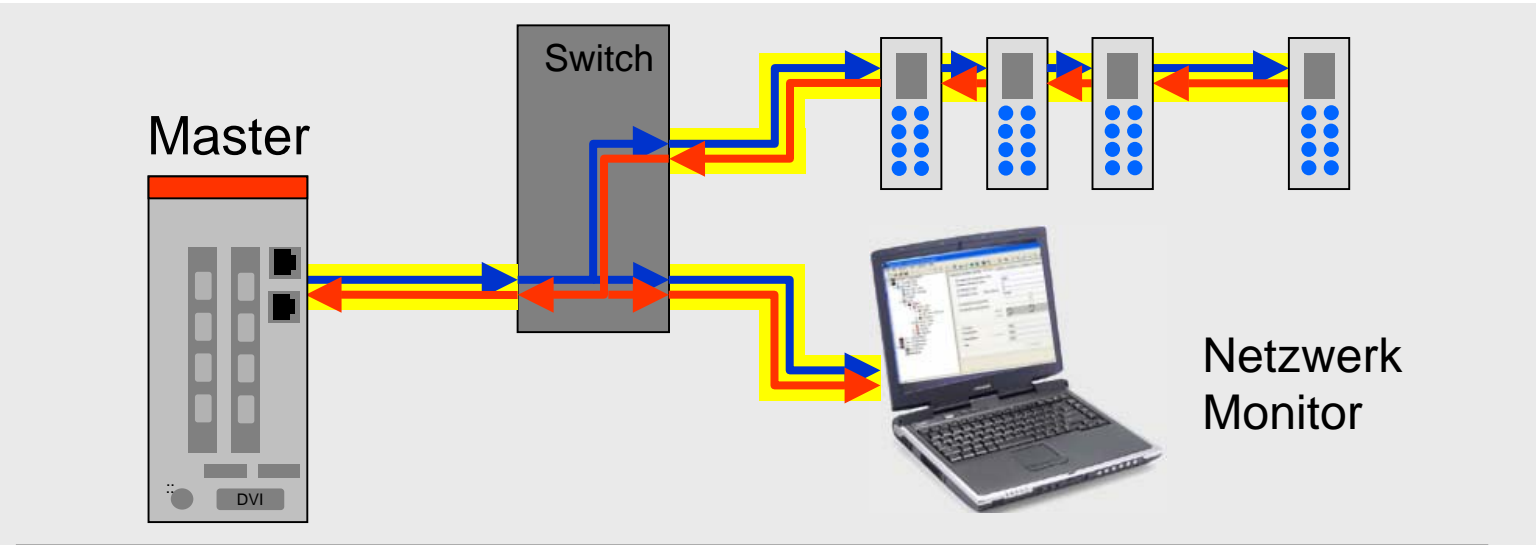
Slave Sample Code

- Hardware Layer EtherCAT Controller
- Bearbeitung der kompletten EtherCAT State Machine
- Mailbox Handling
- Protocol Handler für
 - CoE (CANopen over EtherCAT)
 - FoE (File Access over EtherCAT)
 - EoE (Ethernet over EtherCAT)
- Beispielapplikationen zu allen Varianten

Standard-Tools für Monitoring

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen



Wichtige Dokumente und Spezifikationen

- EtherCAT Slave Controller
 - Eigenschaften
 - ohne Host CPU
 - mit Host CPU
 - Konfiguration
 - Evaluation Kits
 - Tools
 - **Implementierung**
 - Erfahrungen

- EtherCAT Communication Specification
- ESC10/20 Hardware Data Sheet
- Präsentationen der ETG Meetings
- CANopen Communication Profile DS 301
- Dokumentationen zum Slave Evaluation Kit und Slave Sample Code

→ siehe www.ethercat.org

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- **Implementierung**
- Erfahrungen

Anforderungen an den MicroController (Host CPU)

- Einfache (I/O) Geräte können ohne μC realisiert werden
- Komplexere Geräte mit μC können direkt den EtherCAT Slave Controller bedienen
- Kommunikationsaufgaben des μC für EtherCAT-Anbindung:
 - Prozessdaten-Austausch mit der Applikation
 - Objekt-Verzeichnis
 - Handling der Applikationsparameter (Kommunikationsparameter werden im ESC verarbeitet)
 - TCP/IP Stack Bearbeitung – falls notwendig
- μC -Leistung wird von der Feldgeräte-Applikation bestimmt, nicht von der EtherCAT-Kommunikation
→ In vielen Fällen kann ein 8bit μC ausreichend sein

Step by Step Implementierung

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- **Implementierung**
- Erfahrungen



Step 1:

Slave Evaluation Kit Workshop

Step 2:

Aufbau eines kleinen EtherCAT Systems mit Master, I/O-Klemmen und Evaluation Board.

Step 3:

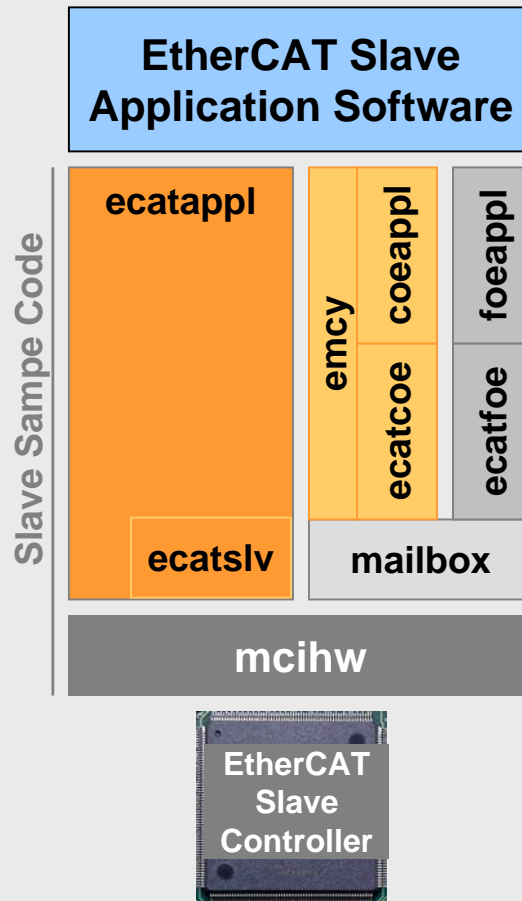
Fädelaufbau zwischen Evaluation Kit und Standard-Hardware (z.B.) mit 16Bit MicroController

Step 4:

SW-Projekt mit Slave Sample Code aufsetzen und kompilieren

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen



Step 5:

Slave Sample Code in die Zielhardware herunterladen und Inbetriebnahme des Gesamtsystems

Step 6:

- Testimplementierungen für PDO- und Mailbox-Transfer
- EtherCAT Hardware-Design

Step 7:

Software-Design mit EtherCAT Slave Sample Code für bereits bestehende Feldbus SW-Architektur

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- **Implementierung**
- Erfahrungen



Step 8:

Inbetriebnahme & Test der eigenen EtherCAT Hardware

Step 9:

SW-Implementierung des gesamten Funktionsumfangs

Step 10:

- Systemtests
- Interoperabilitätstests
- Pilotanlagen / Feldtest

Step

Serienreifmachung...

Zur Technologie

- EtherCAT Technologie ist stabil, verfügbar und erprobt.
- Viele namhafte (Soft-)SPS-Hersteller implementieren gerade die EtherCAT Master-Funktionalität.
- EtherCAT wird IEC-Standard

Zur Implementierung

- Die EtherCAT Technology Group ist eine sehr gute Informationsplattform rund um EtherCAT.
- Der Aufwand für eine EtherCAT Slave-Entwicklung ist nicht höher einzustufen als die Entwicklung einer “klassischen” Feldbus-Anbindung.
- **Vorteil:** Große μ C-Vielfalt (falls überhaupt notwendig). Dadurch können viele HW- und SW-Designs der “klassischen” Feldbusse wiederverwendet werden.

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

EtherCAT
Slave Controller

- Eigenschaften
- ohne Host CPU
- mit Host CPU
- Konfiguration
- Evaluation Kits
- Tools
- Implementierung
- Erfahrungen

EtherCAT Slave Implementierung

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit.**

...besuchen Sie auch den Stand der
EtherCAT Technology Group...

Raphael Dunker, SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG

Safety over EtherCAT Einführung

Guido Beckmann
Beckhoff Automation GmbH

Anforderungen

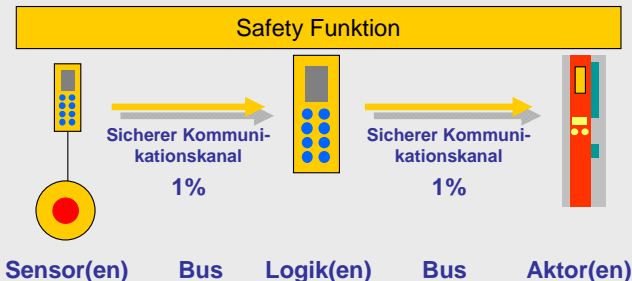
Safety over EtherCAT
Architektur
Eigenschaften

Anwendungen

- **Anforderungen**
- **Safety over EtherCAT Technologie**
 - **Architektur**
 - **Eigenschaften**
- **Anwendungsmöglichkeiten**
 - **Applikationsbeispiele TwinSafe**
 - **Master-Master Kommunikation**

Verteilung der Restfehlerrate in Automatisierungssystemen

- Anforderungen
- Safety over EtherCAT
- Architektur
- Eigenschaften
- Anwendungen



Restfehlerrate der Sicherheitsfunktion im gesamten System :
 $PFH_{\text{Safetyfunktion}} \quad 10^{-8} \dots 10^{-7} / \text{h}$ bei SIL 3 (IEC 61508)

In der IEC 61784-3 wird gefordert, dass auf den Kommunikationskanal nur 1% aller Fehler entfallen.

Das entspricht einer zulässigen Restfehlerrate von:
 $PFH_{\text{Bus}} < 10^{-9} / \text{h}$ bei SIL3

Mehr als 100.000 Jahre Datentransport ohne unerkannten Fehler!

$$PFH_{\text{safetyfunktion}} = PFH_{\text{Sensor}} + PFH_{\text{Logik}} + PFH_{\text{Aktor}} + 2x PFH_{\text{Bus}}$$

Anforderungen

Safety over EtherCAT
Architektur
Eigenschaften

Anwendungen

- **Sichere und unsichere Informationen über ein Kommunikationssystem**
- **Einhaltung der Anforderungen nach IEC 61508 Safety Integrity Level (SIL) 3**
- **Unabhängigkeit vom Kommunikationsmedium**
- **Unabhängigkeit von der Übertragungsrate**
- **Minimale Datenlänge < 8 Byte**
- **Maximale Datenlänge nicht beschränkt**

Anforderungen

Safety over EtherCAT

Architektur

Eigenschaften

Anwendungen

- **Safety over EtherCAT** bezeichnet ein sicheres Protokoll, mit dem sichere Prozessdaten zwischen Safety over EtherCAT Geräten übertragen werden können.
- Im folgenden wird Safety over EtherCAT mit **FSoE** (FailSafe over EtherCAT) abgekürzt.

Anforderungen

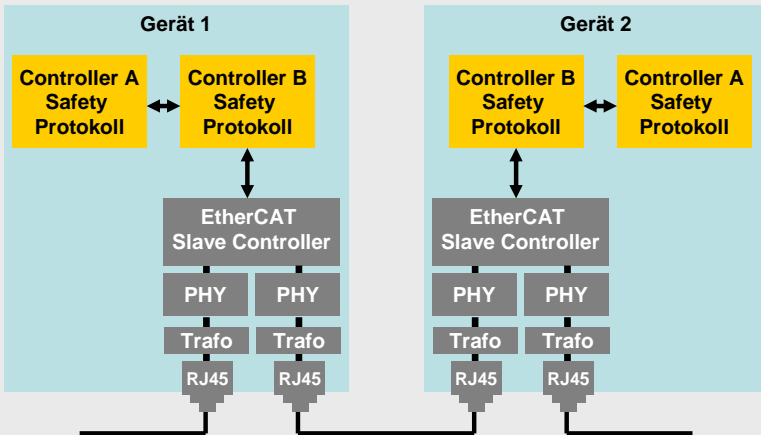
Safety over EtherCAT

Architektur

Eigenschaften

Anwendungen

- Einkanaliges Kommunikations-System
Modell A laut IEC 61784-3 Annex A



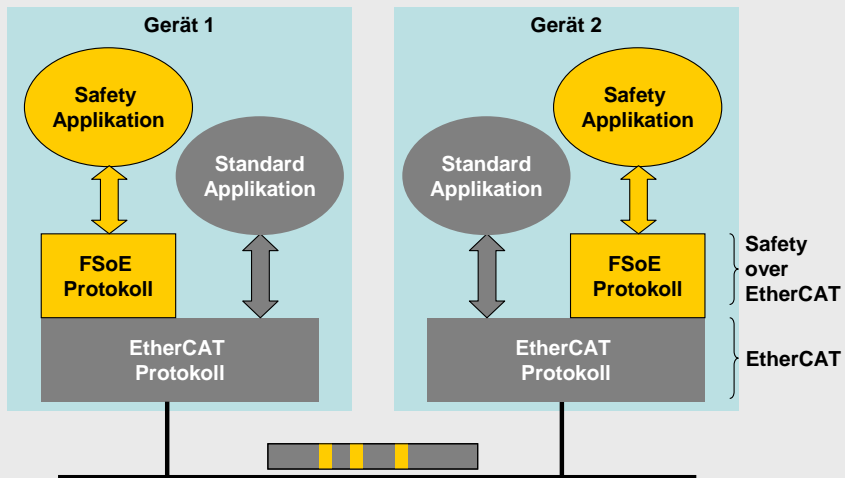
Anforderungen

Safety over EtherCAT

Architektur

Eigenschaften

Anwendungen



**EtherCAT wird als „schwarzer Kanal“ betrachtet.
Enthält sichere und unsichere Daten.**

Anforderungen

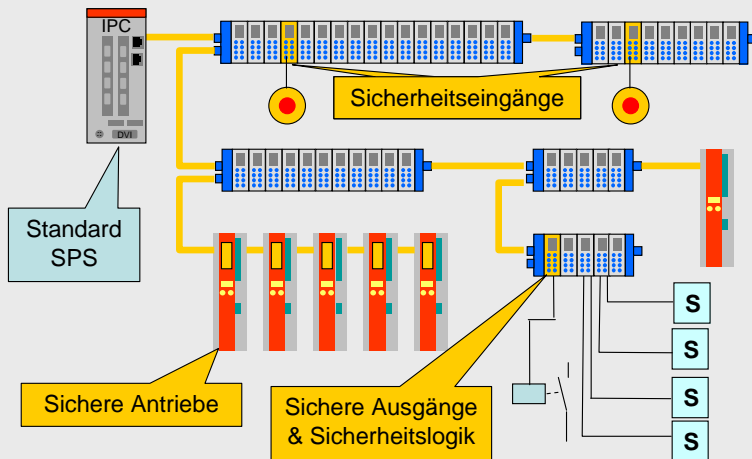
Safety over EtherCAT

Architektur

Eigenschaften

Anwendungen

- Dezentrale Sicherheits-Logik
- Standard SPS sorgt nur für Datenaustausch



Anforderungen

Safety over EtherCAT
Architektur

Eigenschaften

Anwendungen

Maßnahmen Fehler- annahmen	Sequenz Nummer	Watchdog	Connection ID	CRC Vererbung
Wiederholung	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Verlust	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Einfügung	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Falsche Reihenfolge	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Datenverfälschung				<input checked="" type="checkbox"/>
Verzögerung		<input checked="" type="checkbox"/>		
Maskerade		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Wiederkehrende Speicherfehler	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Falsche Weiterleitung			<input checked="" type="checkbox"/>	

Anforderungen

Safety over EtherCAT

Architektur

Eigenschaften

Anwendungen

- **Die FSoE Spezifikation enthält keine Einschränkungen bezüglich**
 - **Kommunikationsmedium**
Das Kommunikationsmedium geht nicht in die Berechnung ein → schwarzer Kanal
(angenommene Rest Bitfehlerrate: $p = 10^{-2}$)
 - **Übertragungsrate**
In der Berechnung der Restfehlerwahrscheinlichkeit kürzt sich die Übertragungsrate raus
 - **Länge der sicheren Prozessdaten**
Die Länge der sicheren Prozessdaten ist beliebig.
- **Restfehlerwahrscheinlichkeit $R(p) < 10^{-9}$**
- **Geeignet bis Safety Integrity Level 3 (IEC 61508)**
- **Protokoll Spezifikation durch den TÜV geprüft und bestätigt**
- **Routing via unsichere Gateways möglich**

Anforderungen

Safety over EtherCAT
Architektur

Eigenschaften

Anwendungen

- **FSoE Frame wird bei EtherCAT in den zyklischen PDOs eingebettet.**
 - **Minimale FSoE Frame-Länge: 6 Byte**
 - **Maximale FSoE Frame-Länge : Abhängig von der Anzahl der sicheren Nutzdaten des Slave-Gerätes**
 - **Das Protokoll ist damit geeignet für sichere I/O als auch für sichere Antriebe**
- **Bestätigter Transfer vom FSoE Master zum FSoE Slave und umgekehrt**
- **Mechanismen zum Transfer von sicheren Kommunikations- und sicheren Applikations-Parametern definiert.**
- **Erste vollständig zertifizierte Produkte mit Safety over EtherCAT Technologie sind seit 2005 verfügbar.**

Anforderungen

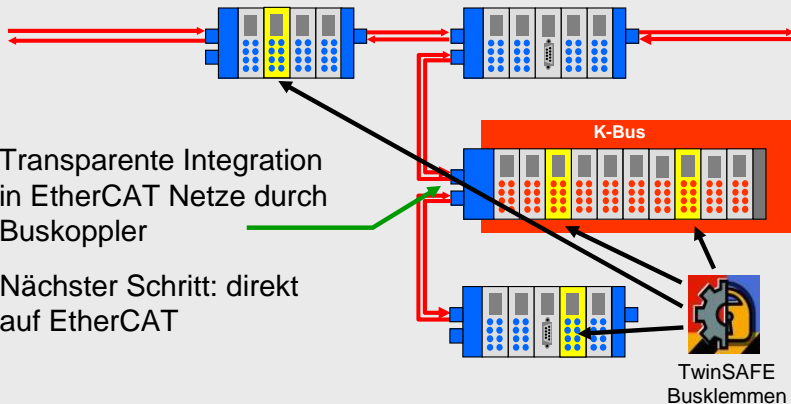
Safety over EtherCAT
Architektur

Eigenschaften

Anwendungen

- **FSoE ist innerhalb der EtherCAT Technology Group (ETG) offen gelegt.**
- **ETG-Mitglieder dürfen FSoE-Technologie nutzen**
- **Konformität wird durch unabhängiges Testlabor geprüft.**
- **Lizenzvertrag**
 - Erlaubt die Nutzung und Implementierung der FSoE Technologie in eigene Produkte
 - Regelt die Gewährleistungsansprüche gegenüber der Firma Beckhoff.
- **Prototypische Implementierungen von Lizenznehmern existieren bereits.**

- Erste Implementierung: Beckhoffs „TwinSAFE“ Produktlinie, zunächst auf K-Bus



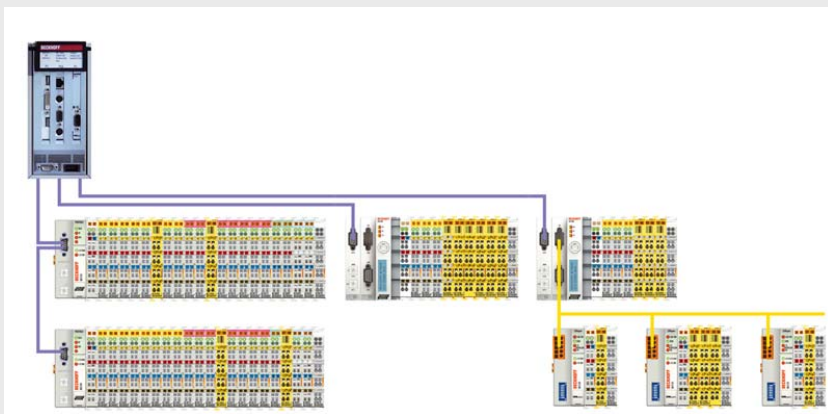
- Transparente Integration in EtherCAT Netze durch Buskoppler
- Nächster Schritt: direkt auf EtherCAT

TwinSAFE
Busklemmen

Anforderungen

Safety over EtherCAT
Architektur
Eigenschaften

Anwendungen

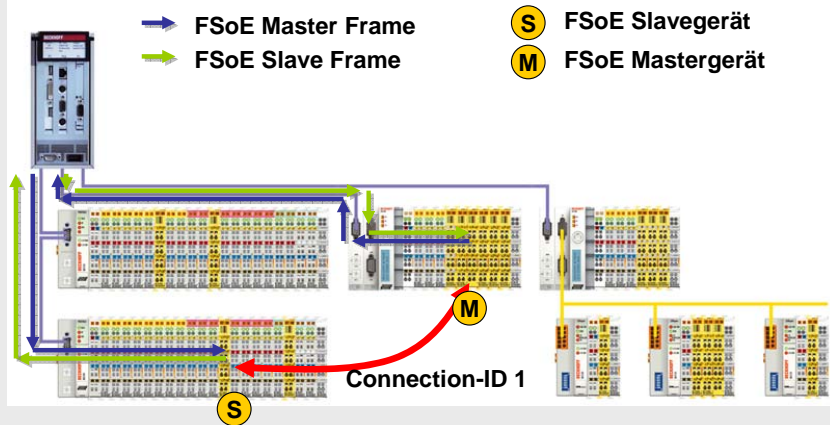


- Gemischtes Netzwerk für Standard- und Sicherheitsfunktionen
- Standard-Netzwerk mit einer dezentralen Sicherheitsinsel
- Separate Netzwerke für Standard- und Sicherheitsfunktionen

Anforderungen

Safety over EtherCAT
Architektur
Eigenschaften

Anwendungen

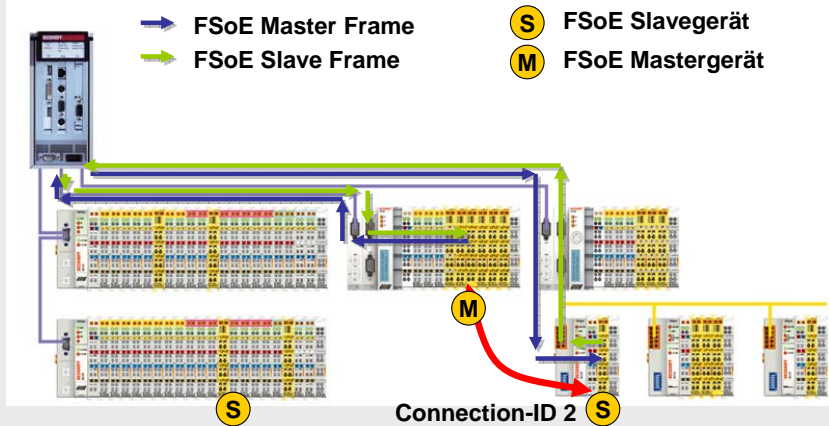


- Konfigurierte Master-Slave Connections
- Kommunikation wird über Standard-SPS geroutet

Anforderungen

Safety over EtherCAT
Architektur
Eigenschaften

Anwendungen

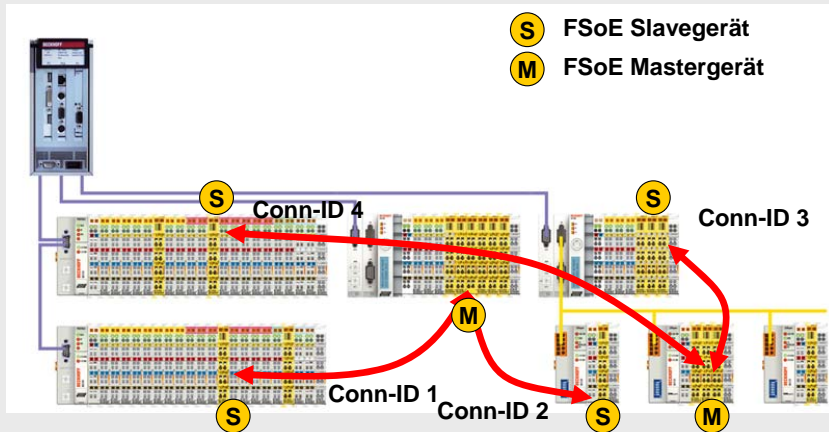


- Konfigurierte Master-Slave Connections
- Kommunikation wird über Standard-SPS geroutet

Anforderungen

Safety over EtherCAT
Architektur
Eigenschaften

Anwendungen

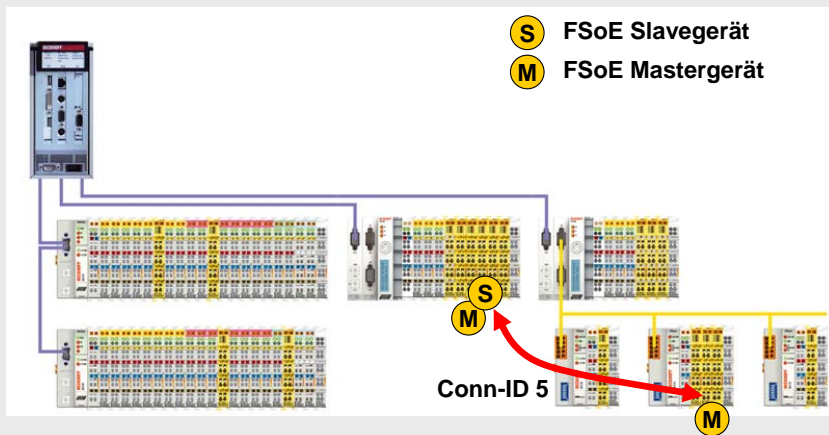


- Mehrere Master in einem Netzwerk
- Sicherheitsgruppen mit Gruppenabschaltung möglich

Anforderungen

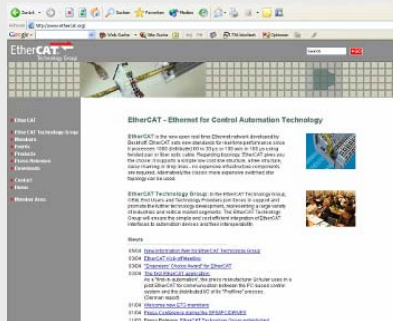
Safety over EtherCAT
Architektur
Eigenschaften

Anwendungen



- "Master-Master" Kommunikation möglich, über Master&Slave Implementierung im Gerät
- Eindeutige Conn-ID notwendig!
- Nutzung bei Anlagenverkettung

www.ethercat.org



EtherCAT Technology Group
 Ostendstr. 196
 90482 Nürnberg
 g.beckmann@ethercat.org

- Anforderungen
- Safety over EtherCAT
- Architektur
- Eigenschaften
- Anwendungen