

Drehgeber

Baureihe: C__-65

Gültigkeit auch für:

C__582-2____

- ☐ Zusätzliche Sicherheitshinweise
- ☐ Installation
- ☐ Inbetriebnahme
- ☐ Konfiguration / Parametrierung
- ☐ Fehlerursachen und Abhilfen

TR-Electronic GmbH

D-78647 Trossingen

Eglishalde 6

Tel.: (0049) 07425/228-0

Fax: (0049) 07425/228-33

E-mail: info@tr-electronic.de

www.tr-electronic.de

Urheberrechtsschutz

Dieses Handbuch, einschließlich den darin enthaltenen Abbildungen, ist urheberrechtlich geschützt. Drittenanwendungen dieses Handbuchs, welche von den urheberrechtlichen Bestimmungen abweichen, sind verboten. Die Reproduktion, Übersetzung sowie die elektronische und fotografische Archivierung und Veränderung bedarf der schriftlichen Genehmigung durch den Hersteller. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz.

Änderungsvorbehalt

Jegliche Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen, vorbehalten.

Dokumenteninformation

Ausgabe-/Rev.-Datum:	04/25/2022
Dokument-/Rev.-Nr.:	TR-ECE-BA-DGB-0061 v08
Dateiname:	TR-ECE-BA-DGB-0061-08.docx
Verfasser:	MÜJ

Schreibweisen

Kursive oder **fette** Schreibweise steht für den Titel eines Dokuments oder wird zur Hervorhebung benutzt.

`Courier`-Schrift zeigt Text an, der auf dem Display bzw. Bildschirm sichtbar ist und Menüauswahlen von Software.

" < > " weist auf Tasten der Tastatur Ihres Computers hin (wie etwa <RETURN>).

Marken

EtherCAT[®] is registered trademark and patented technology, licensed by Beckhoff Automation GmbH, Germany.

Alle anderen genannten Produkte, Namen und Logos dienen ausschließlich Informationszwecken und können Warenzeichen ihrer jeweiligen Eigentümer sein, ohne dass eine besondere Kennzeichnung erfolgt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Änderungs-Index	5
1 Allgemeines	6
1.1 Geltungsbereich.....	6
1.2 Referenzen	7
1.3 Verwendete Abkürzungen / Begriffe	8
2 Zusätzliche Sicherheitshinweise	9
2.1 Symbol- und Hinweis-Definition.....	9
2.2 Ergänzende Hinweise zur bestimmungsgemäßen Verwendung	9
2.3 Organisatorische Maßnahmen	10
3 Technische Daten.....	11
3.1 Elektrische Kenndaten	11
4 EtherCAT Informationen	12
4.1 EtherCAT-Funktionsprinzip.....	12
4.2 Protokoll	13
4.3 Verteilte Uhren	13
4.4 Geräteprofil	14
4.4.1 CANopen over EtherCAT (CoE)	15
4.5 Objektverzeichnis	16
4.6 Prozess- und Service-Daten-Objekte	16
4.6.1 Kompatibilität zum CiA DS-301 Kommunikationsprofil	17
4.6.2 Erweiterungen zum CiA DS-301 Kommunikationsprofil	17
4.7 Übertragung von SDO Nachrichten	18
4.7.1 CANopen over EtherCAT Protokoll	20
4.7.1.1 Initiate SDO Download Expedited Request	20
4.7.1.2 Initiate SDO Download Expedited Response.....	21
4.7.1.3 Initiate SDO Upload Expedited Request.....	22
4.7.1.4 Initiate SDO Upload Expedited Response	23
4.8 PDO-Mapping	24
4.9 EtherCAT State Machine (ESM)	24
4.10 Weitere Informationen	25
5 Installation / Inbetriebnahmevorbereitung.....	26
5.1 Anschluss.....	27
5.2 Einschalten der Versorgungsspannung.....	28
6 Inbetriebnahme	29
6.1 Gerätebeschreibungsdatei.....	29
6.2 Bus-Statusanzeige.....	29

7 Betriebsarten	30
8 Kommunikationsspezifische Standard-Objekte (CiA DS-301).....	31
8.1 Objekt 1000h: Gerätetyp.....	32
8.2 Objekt 1008h: Hersteller Gerätenamen	32
8.3 Objekt 1009h: Hersteller Hardwareversion.....	33
8.4 Objekt 100Ah: Hersteller Softwareversion.....	33
8.5 Objekt 1018h: Identity Objekt	34
8.6 Objekt 1A00h: 1 st Transmit PDO Mapping	36
8.7 Objekt 1A01h: 2 nd Transmit PDO Mapping.....	38
8.8 Objekt 1A02h: 3 rd Transmit PDO Mapping	40
8.9 Objekt 1A03h: 4 th Transmit PDO Mapping	42
8.10 Objekt 1C00h: Sync Manager Communication Type	44
8.11 Objekt 1C13h: Sync Manager Channel 3 (Prozess-Daten-Eingang)	46
8.12 Objekt 1C33h: Sync Manager 3, Parameter.....	47
9 Hersteller- und Profilspezifische Objekte (CiA DS-406)	50
9.1 Objekt 2000h: Parameter übernehmen	51
9.2 Skalierungsparameter, ohne Getriebefunktion	51
9.2.1 Objekt 6001h: Single Measuring Range (Schritte pro Umdrehung)	51
9.2.2 Objekt 6002h: Messlänge in Schritten	52
9.3 Skalierungsparameter, mit Getriebefunktion	53
9.3.1 Objekt 6002h: Messlänge in Schritten	54
9.3.2 Objekt 2001-2002h: Number of Rev. Numer./Divisor (Umdr. Zähler/Nenner)	55
9.4 Objekt 3101h: Eingang	58
9.5 Objekt 6000h: Betriebsparameter.....	60
9.6 Objekt 6003h: Presetwert	60
10 Vom Mess-System unterstützte Objekte auslesen	61
11 Fehlerursachen und Abhilfen.....	62
11.1 Optische Anzeigen.....	62
11.2 Abort SDO Transfer Request Protocol	63
11.2.1 SDO Abort Codes	64
11.3 Emergency Request Protocol	65
11.3.1 Emergency Error Codes	66
11.3.2 Error Register.....	66
11.4 Sonstige Störungen	67

Änderungs-Index

Änderung	Datum	Index
Erstausgabe	16.08.2007	00
Objektanpassungen für hochauflösendes Mess-System COx-65	26.05.2008	01
EtherCAT® Warenzeichen aufgenommen	18.11.2009	02
Gesamtauflösung bei CEx65 auf 33Bit; Anpassung der Warnhinweise	07.05.2012	03
Auflösung der Gesamt-XML-Datei „TR-Ethercat-Devices_V017.xml“ in Einzeldateien	16.05.2013	04
Neues Design	08.07.2015	05
Verweis auf Support-DVD entfernt	02.02.2016	06
generelle Anpassungen	20.06.2017	07
Gültigkeit um C__582_-2_____ erweitert	25.04.2022	08

1 Allgemeines

Das vorliegende Benutzerhandbuch beinhaltet folgende Themen:

- Ergänzende Sicherheitshinweise zu den bereits in der Montageanleitung definierten grundlegenden Sicherheitshinweisen
- Elektrische Kenndaten
- Installation
- Inbetriebnahme
- Konfiguration / Parametrierung
- Fehlerursachen und Abhilfen

Da die Dokumentation modular aufgebaut ist, stellt dieses Benutzerhandbuch eine Ergänzung zu anderen Dokumentationen wie z.B. Produktdatenblätter, Maßzeichnungen, Prospekte und der Montageanleitung etc. dar.

Das Benutzerhandbuch kann kundenspezifisch im Lieferumfang enthalten sein, oder kann auch separat angefordert werden.

1.1 Geltungsbereich

Dieses Benutzerhandbuch gilt ausschließlich für folgende Mess-System-Baureihen mit **EtherCAT** Schnittstelle:

- CEV-65
- CES-65
- COV-65
- COS-65



Dieses Benutzerhandbuch gilt außerdem für Mess-Systeme mit Materialnummer C__582_-2_____

Die Produkte sind durch aufgeklebte Typenschilder gekennzeichnet und sind Bestandteil einer Anlage.

Es gelten somit zusammen folgende Dokumentationen:

- anlagenspezifische Betriebsanleitungen des Betreibers,
- dieses Benutzerhandbuch,
- und die bei der Lieferung beiliegende Montageanleitung www.tr-electronic.de/f/TR-ECE-BA-DGB-0046

1.2 Referenzen

1.	EN 50325-4	Industrielle-Kommunikations-Systeme, basierend auf ISO 11898 (CAN) für Controller-Device Interfaces. Teil 4: CANopen
2.	CiA DS-301	CANopen Kommunikationsprofil auf CAL basierend
3.	CiA DS-406	CANopen Profil für Encoder
4.	IEC/PAS 62407	Real-time Ethernet control automation technology (EtherCAT); International Electrotechnical Commission
5.	IEC 61158-1 - 6	Digital data communications for measurement and control - Fieldbus for use in industrial control systems - Protokolle und Dienste, Typ 12 = EtherCAT
6.	IEC 61784-2	Digital data communications for measurement and control - Additional profiles for ISO/IEC 8802-3 based communication networks in real-time applications, 12 = EtherCAT
7.	ISO/IEC 8802-3	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications
8.	ISO 15745-4 AMD 2	Industrial automation systems and integration - Open systems application integration framework - Part 4: Reference description for Ethernet-based control systems; Amendment 2: Profiles for Modbus TCP, EtherCAT and ETHERNET Powerlink
9.	IEEE 1588-2002	IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems

1.3 Verwendete Abkürzungen / Begriffe

CEV	Absolut-Encoder mit optischer Abtastung ≤ 15 Bit Auflösung, Ausführung mit Vollwelle
COV	Absolut-Encoder mit optischer Abtastung > 15 Bit Auflösung, Ausführung mit Vollwelle
CES	Absolut-Encoder mit optischer Abtastung ≤ 15 Bit Auflösung, Ausführung mit Sackloch
COS	Absolut-Encoder mit optischer Abtastung > 15 Bit Auflösung, Ausführung mit Sackloch
EG	E uropäische G emeinschaft
EMV	E lektro- M agnetische- V erträglichkeit
ESD	Elektrostatische Entladung (E lectro S tatic D ischarge)
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission
VDE	V erein D eutscher E lektrotechniker

Bus-spezifisch

EDS	E lectronic- D ata- S heet (elektronisches Datenblatt)
ESM	E therCAT S tate M achine
CAN	Controller Area Network. Datenstrecken-Schicht-Protokoll für serielle Kommunikation, beschrieben in der ISO 11898.
CiA	CAN in Automation. Internationale Anwender- und Hersteller-vereinigung e.V.: gemeinnützige Vereinigung für das Controller Area Network (CAN).
NMT	Network Management. Eines der Serviceelemente in der Anwendungsschicht im CAN Referenz-Model. Führt die Initialisierung, Konfiguration und Fehlerbehandlung im Busverkehr aus.
PDO	Process Data Object. Objekt für den Datenaustausch zwischen mehreren Geräten.
SDO	Service Data Object. Punkt zu Punkt Kommunikation mit Zugriff auf die Objekt-Datenliste eines Gerätes.
XML	E xtensible M arkup L anguage, Beschreibungsdatei für die Inbetriebnahme des Mess-Systems.

2 Zusätzliche Sicherheitshinweise

2.1 Symbol- und Hinweis-Definition



bedeutet, dass Tod oder schwere Körperverletzung eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.



bedeutet, dass eine leichte Körperverletzung eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.



bedeutet, dass ein Sachschaden eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.



bezeichnet wichtige Informationen bzw. Merkmale und Anwendungstipps des verwendeten Produkts.

2.2 Ergänzende Hinweise zur bestimmungsgemäßen Verwendung

Das Mess-System ist ausgelegt für den Betrieb in **100Base-TX** Fast Ethernet Netzwerken mit max. 100 MBit/s, spezifiziert in ISO/IEC 8802-3. Die Kommunikation über EtherCAT erfolgt gemäß IEC 61158 Teil 1 bis 6 und IEC 61784-2. Das Geräteprofil entspricht dem „**CANopen Device Profile für Encoder CiA DS-406**“.

Die technischen Richtlinien zum Aufbau des Fast Ethernet Netzwerks sind für einen sicheren Betrieb zwingend einzuhalten.

Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehört auch:



- das Beachten aller Hinweise aus diesem Benutzerhandbuch,
- das Beachten der Montageanleitung, insbesondere das dort enthaltene Kapitel "**Grundlegende Sicherheitshinweise**" muss vor Arbeitsbeginn gelesen und verstanden worden sein

2.3 Organisatorische Maßnahmen

- Dieses Benutzerhandbuch muss ständig am Einsatzort des Mess-Systems griffbereit aufbewahrt werden.
- Das mit Tätigkeiten am Mess-System beauftragte Personal muss vor Arbeitsbeginn
 - die Montageanleitung, insbesondere das Kapitel **"Grundlegende Sicherheitshinweise"**,
 - und dieses Benutzerhandbuch, insbesondere das Kapitel **"Zusätzliche Sicherheitshinweise"**,gelesen und verstanden haben.

Dies gilt in besonderem Maße für nur gelegentlich, z.B. bei der Parametrierung des Mess-Systems, tätig werdendes Personal.

3 Technische Daten

3.1 Elektrische Kenndaten

Versorgungsspannung: 11...27 V DC, paarweise verdreht und geschirmt

Stromaufnahme ohne Last: < 300 mA bei 11 V DC, < 110 mA bei 27 V DC

*** Gesamtauflösung**

CEX-65: standard $\leq$ 25 Bit, erweitert $\leq$ 33 Bit

COX-65: standard $\leq$ 30 Bit, erweitert $\leq$ 36 Bit

*** Schrittzahl / Umdrehung**

CEX-65: standard $\leq$ 8.192, erweitert $\leq$ 32.768

COX-65: $\leq$ 262.144

*** Anzahl Umdrehungen**

Standard: $\leq$ 4.096

Erweitert: $\leq$ 256.000

EtherCAT nach IEC 61158-1 – 6 und IEC 61784-2

Physical Layer: EtherCAT 100Base-TX, Fast Ethernet, ISO/IEC 8802-3

Ausgabecode: Binär

Geräteprofil: CANopen over EtherCAT (CoE), CiA DS-406

Zykluszeit, o. Getriebefunktion .. 1 neuer Positionswert / 100 μ s

Zykluszeit, m. Getriebefunktion . 1 neuer Positionswert / 250 μ s

Übertragungsrate: 100 MBit/s

Übertragung: CAT-5 Kabel, geschirmt (STP), ISO/IEC 11801

Besondere Merkmale: Programmierung nachfolgender Parameter
über den EtherCAT-BUS:

- Zählrichtung
- Mess-Schritte pro Umdrehung
- Gesamtmesslänge in Schritten
- Presetwert

EMV: DIN EN 61000-6-2/DIN EN 61000-4-2/DIN EN 61000-4-4

* parametrierbar über EtherCAT

4 EtherCAT Informationen

EtherCAT (**E**thernet for **C**ontrol and **A**utomation **T**echnology) ist eine **Echtzeit-Ethernet-Technologie** und ist besonders geeignet für die Kommunikation zwischen Steuerungssystemen und Peripheriegeräten wie z.B. E/A-Systeme, Antriebe, Sensoren und Aktoren.

EtherCAT wurde 2003 von der Firma Beckhoff Automation GmbH entwickelt und wird als offener Standard propagiert. Zur Weiterentwicklung der Technologie wurde die Anwendervereinigung „EtherCAT Technology Group“ (ETG) gegründet.

EtherCAT ist eine öffentlich zugängliche Spezifikation, die durch die IEC (IEC/Pas 62407) im Jahr 2005 veröffentlicht worden ist und ist Teil der ISO 15745-4. Dieser Teil wurde in den neuen Auflagen der internationalen Feldbusstandards IEC 61158 (Protokolle und Dienste), IEC 61784-2 (Kommunikationsprofile) und IEC 61800-7 (Antriebsprofile und -kommunikation) integriert.

4.1 EtherCAT-Funktionsprinzip

Mit der EtherCAT-Technologie werden die allgemein bekannten Einschränkungen anderer Ethernet-Lösungen überwunden:

Das Ethernet Paket wird nicht mehr in jedem Slave zunächst empfangen, dann interpretiert und die Prozessdaten weiterkopiert. Der Slave entnimmt seine für ihn bestimmten Daten, während das Telegramm das Gerät durchläuft. Ebenso werden Eingangsdaten im Durchlauf in das Telegramm eingefügt. Die Telegramme werden dabei nur wenige Nanosekunden verzögert. Der letzte Slave im Segment schickt das bereits vollständig verarbeitete Telegramm an den ersten Slave zurück. Dieser leitet das Telegramm sozusagen als Antworttelegramm zur Steuerung zurück. Somit ergibt sich für Kommunikation eine logische Ringstruktur. Da Fast-Ethernet mit Voll-Duplex arbeitet, ergibt sich auch physikalisch eine Ringstruktur.

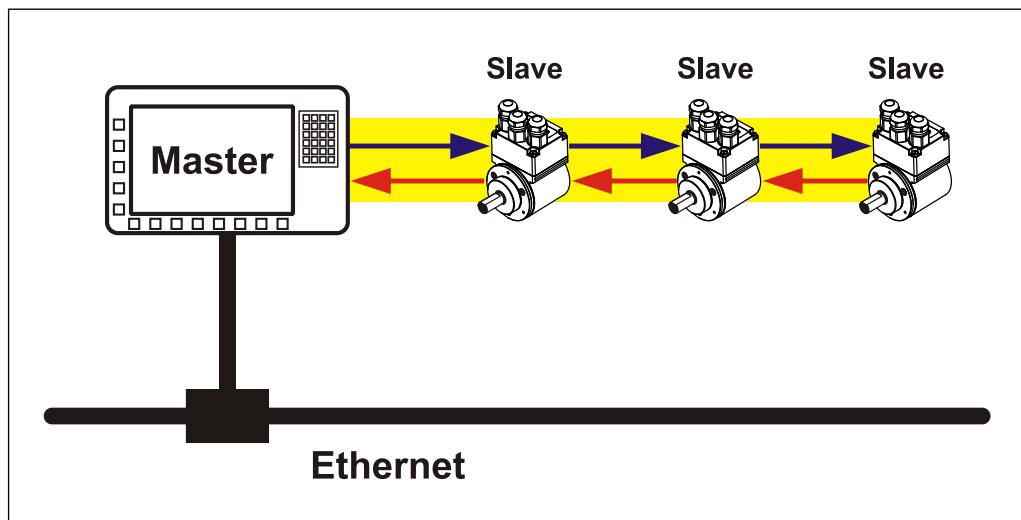


Abbildung 1: EtherCAT-Funktionsprinzip

4.2 Protokoll

Das für Prozessdaten optimierte EtherCAT-Protokoll wird über einen speziellen Ethertype direkt im Ethernet-Frame transportiert. Eine komplette Übertragung kann hierbei aus mehreren Subtelegrammen bestehen. Die datentechnische Reihenfolge ist dabei unabhängig von der physikalischen Reihenfolge der Slaves im Netz. Die Adressierung kann wahlfrei vorgenommen werden:

Broadcast, Multicast und Querkommunikation zwischen Slaves sind möglich.

Das Protokoll unterstützt auch die azyklische Parameterkommunikation. Die Struktur und Bedeutung der Parameter wird hierbei durch das Geräteprofil „**CANopen Device Profile für Encoder CiA DS-406**“ vorgegeben.

UDP/IP-Datagramme werden nicht unterstützt. Dies bedeutet, dass sich der Master und die EtherCAT-Slaves im gleichen Subnetz befinden müssen. Die Kommunikation über Router hinweg in andere Subnetze ist somit nicht möglich.

EtherCAT verwendet ausschließlich Standard-Frames nach IEEE802.3 und werden nicht verkürzt. Damit können EtherCAT-Frames von beliebigen Ethernet-Controllern verschickt (Master), und Standard-Tools (z. B. Monitor) eingesetzt werden.

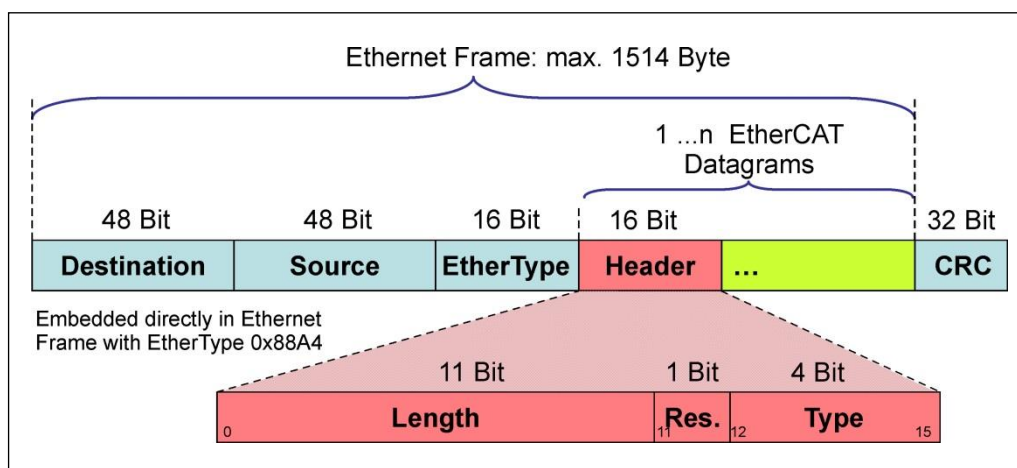


Abbildung 2: Ethernet Frame Struktur

4.3 Verteilte Uhren

Wenn räumlich verteilte Prozesse gleichzeitige Aktionen erfordern, ist eine exakte Synchronisierung der Teilnehmer im Netz erforderlich. Zum Beispiel bei Anwendungen, bei denen mehrere Servoachsen gleichzeitig koordinierte Abläufe ausführen müssen.

Hierfür steht beim EtherCAT die Funktion „Verteilte Uhren“ nach dem Standard IEEE 1588 zur Verfügung.

Da die Kommunikation eine Ringstruktur nutzt, kann die Master-Uhr den Laufzeitversatz zu den einzelnen Slave-Uhren exakt ermitteln, und auch umgekehrt. Auf Grund dieses ermittelnden Wertes können die verteilten Uhren netzwerkweit nachgeregelt werden. Der Jitter dieser Zeitbasis liegt deutlich unter 1µs.

Auch bei der Wegerfassung können verteilte Uhren effizient eingesetzt werden, da sie exakte Informationen zu einem lokalen Zeitpunkt der Datenerfassung liefern. Durch das System hängt die Genauigkeit einer Geschwindigkeitsberechnung nicht mehr vom Jitter des Kommunikationssystems ab.

4.4 Geräteprofil

Das Geräteprofil beschreibt die Anwendungsparameter und das funktionale Verhalten des Gerätes, einschließlich der geräteklassenspezifischen Zustandsmaschine. Bei EtherCAT verzichtet man darauf eigene Geräteprofile für Geräteklassen zu entwickeln. Stattdessen werden einfache Schnittstellen für bestehende Geräteprofile bereitgestellt:

Das Mess-System unterstützt das **CANopen-over-EtherCAT (CoE)** Mailbox-Protokoll, und damit das vom CANopen her bekannte „**Device Profile for Encoder**“, CiA DS-406.

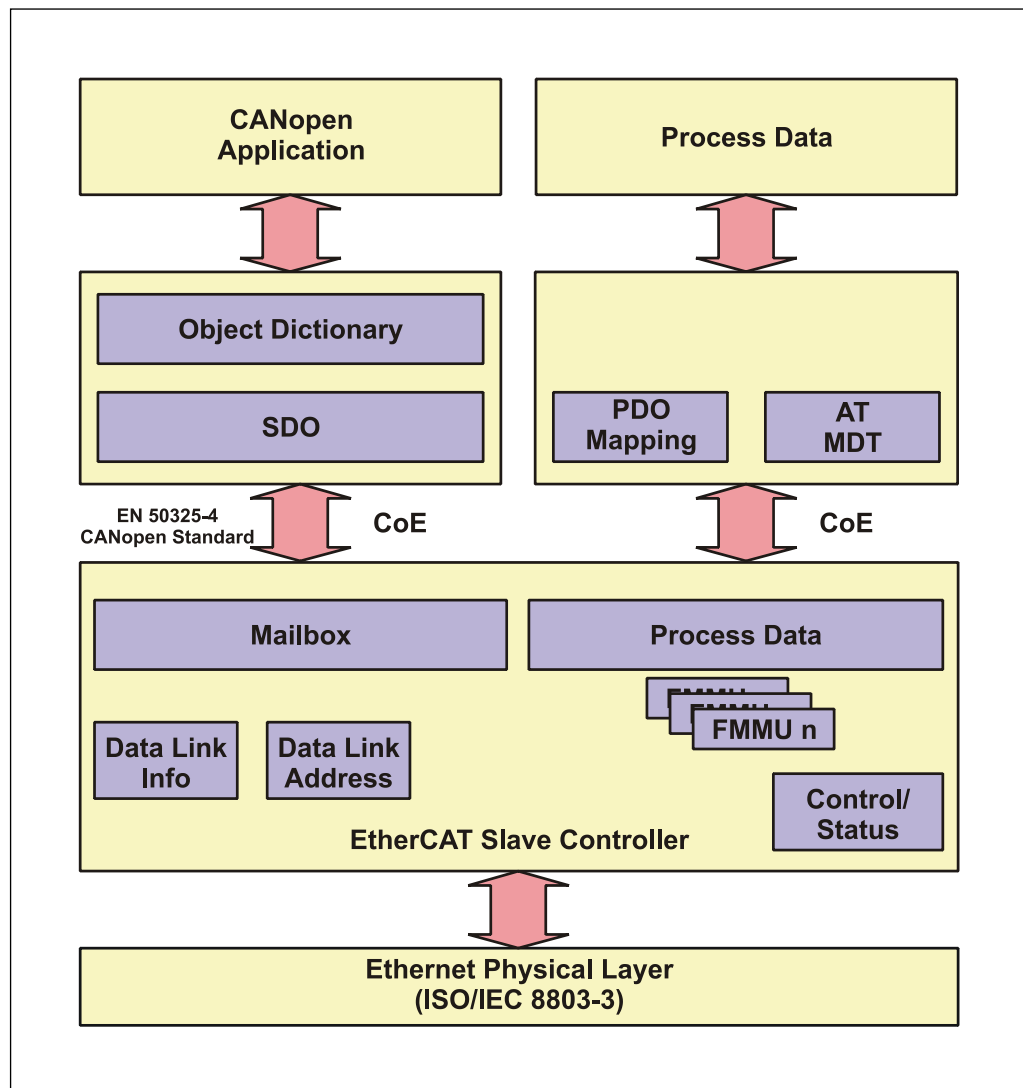


Abbildung 3: CANopen over EtherCAT Kommunikationsmechanismus

4.4.1 CANopen over EtherCAT (CoE)

EtherCAT kann die gleichen Kommunikationsmechanismen zur Verfügung stellen, wie sie von ¹CANopen her bekannt sind:

- Objektverzeichnis
- PDO, Prozess-Daten-Objekte
- SDO, Service-Daten-Objekte
- NMT, Netzwerkmanagement

EtherCAT kann so auf Geräten, die bisher mit CANopen ausgestattet waren, mit minimalem Aufwand implementiert werden. Weite Teile der CANopen-Firmware können wieder verwendet werden. Die Objekte lassen sich dabei optional erweitern.

Vergleich CANopen / EtherCAT im ISO/OSI-Schichtenmodell

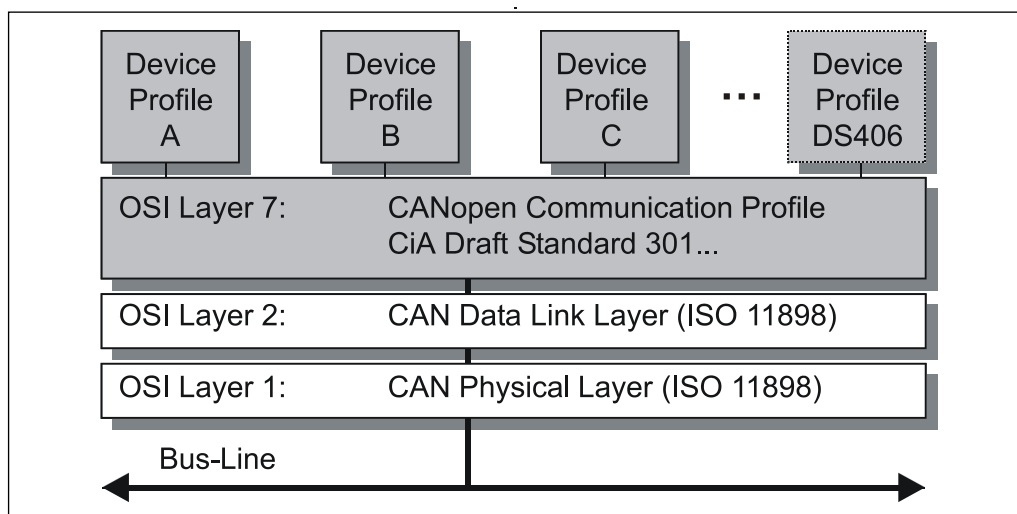


Abbildung 4: CANopen eingeordnet im ISO/OSI-Schichtenmodell

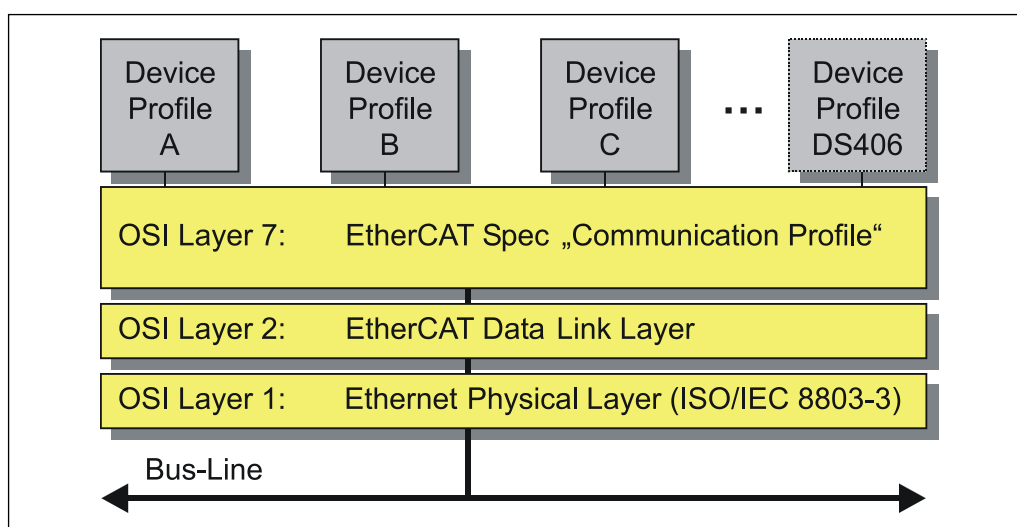


Abbildung 5: EtherCAT eingeordnet im ISO/OSI-Schichtenmodell

¹ EN 50325-4: Industrielle-Kommunikations-Systeme, basierend auf ISO 11898 (CAN) für Controller-Device Interfaces. Teil 4: CANopen.

4.5 Objektverzeichnis

Das Objektverzeichnis strukturiert die Daten eines EtherCAT-Gerätes in einer übersichtlichen tabellarischen Anordnung. Es enthält sowohl sämtliche Geräteparameter als auch alle aktuellen Prozessdaten, die damit auch über das SDO zugänglich sind.

Index (hex)	Objekt
0x0000–0x0FFF	Datentyp Definitionen
0x1000–0x1FFF	CoE Kommunikations-Profilbereich (CiA DS-301)
0x2000–0x5FFF	Herstellerspezifischer-Profilbereich
0x6000–0x9FFF	Geräte-Profilbereich (CiA DS-406)
0xA000–0xFFFF	Reserviert

Abbildung 6: Aufbau des Objektverzeichnisses

4.6 Prozess- und Service-Daten-Objekte

Prozess-Daten-Objekt (PDO)

Prozess-Daten-Objekte managen den Prozessdatenaustausch, z.B. die zyklische Übertragung des Positionswertes.

Service-Daten-Objekt (SDO)

Service-Daten-Objekte managen den Parameterdatenaustausch, z.B. das azyklische Ausführen der Presetfunktion.

Für Parameterdaten beliebiger Größe steht mit dem SDO ein leistungsfähiger Kommunikationsmechanismus zur Verfügung. Hierfür wird zwischen dem Konfigurationsmaster und den angeschlossenen Geräten ein Servicedatenkanal für Parameterkommunikation ausgebildet. Die Geräteparameter können mit einem einzigen Telegramm-Handshake ins Objektverzeichnis der Geräte geschrieben werden bzw. aus diesem ausgelesen werden.

Wichtige Merkmale von SDO und PDO

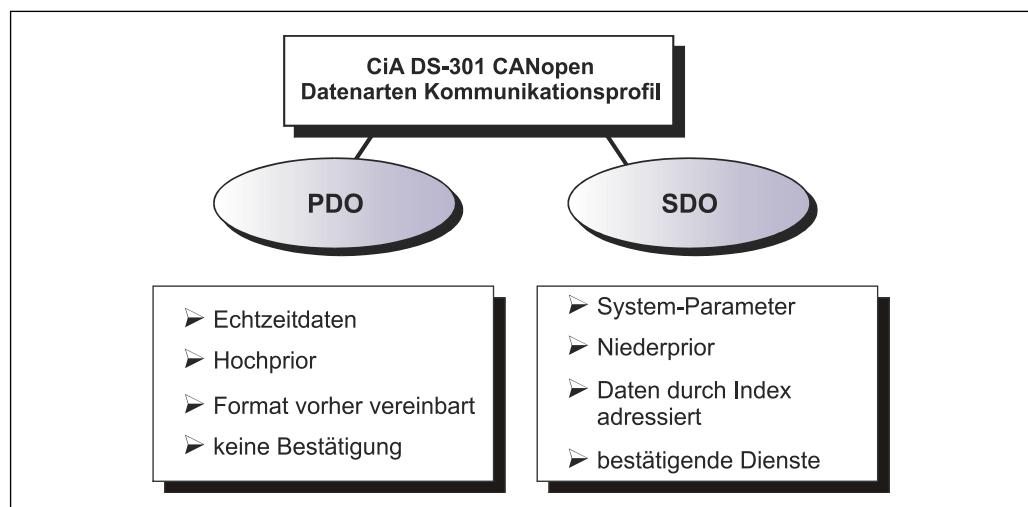


Abbildung 7: Gegenüberstellung von PDO/SDO-Eigenschaften

4.6.1 Kompatibilität zum CiA DS-301 Kommunikationsprofil

Unterstützte Dienste

- Initiate SDO Download
- Download SDO Segment
- Initiate SDO Upload
- Upload SDO Segment
- Abort SDO Transfer

Nicht unterstützte Dienste (nicht erforderlich)

- Initiate SDO Block Download
- Download SDO Block
- End SDO Block Download
- Initiate SDO Block Upload
- Upload SDO Block
- End SDO Block Upload

4.6.2 Erweiterungen zum CiA DS-301 Kommunikationsprofil

Aufhebung des 8 Byte Standard CANopen SDO-Frames

- Volle Mailboxkapazität verfügbar
- „Initiate SDO Download“ Request / „SDO Upload“ Response kann Daten nach dem SDO-Header beinhalten
- „Download SDO Segment“ Request / „Upload SDO Segment“ Response kann mehr als 7 Byte Daten beinhalten

Download und Upload aller Sub-Indices auf einmal

4.7 Übertragung von SDO Nachrichten

Mit den SDO Diensten können die Einträge des Objektverzeichnisses gelesen oder geschrieben werden. Das SDO Transport Protokoll erlaubt die Übertragung von Objekten mit beliebiger Größe. Das EtherCAT SDO Protokoll ist äquivalent zum CANopen SDO Protokoll, um die Wiederverwendung von vorhandenen Protokoll-Stacks zu gewährleisten.

Das erste Byte des ersten Segments beinhaltet die notwendigen Steuerungsinformationen. Die nächsten drei Bytes des ersten Segments beinhalten den Index und Sub-Index der zu lesenden oder zu schreibenden Objektverzeichniseinträge. Die letzten vier Bytes des ersten Segments sind verfügbar für Nutzdaten. Das zweite und die folgenden Segmente beinhalten das Steuerbyte und Nutzdaten. Der Empfänger bestätigt jedes Segment oder ein Block von Segmenten, so dass eine Peer-To-Peer Kommunikation (Client/Server) statt findet.

Im CAN-kompatiblen Mode besteht das SDO Protokoll aus 8 Bytes, um der CAN Datengröße zu entsprechen. Im erweiterten Mode werden die Nutzdaten einfach erweitert, ohne den Protokoll-Header zu verändern. Auf diese Weise wird die vergrößerte Datenmenge der EtherCAT Mailbox an das SDO Protokoll angepasst, die Übertragung von großen Datenmengen wird somit entsprechend beschleunigt.

Außerdem wurde ein Mode hinzugefügt der es erlaubt, in einem Vorgang, die kompletten Daten eines Indexes aus dem Objektverzeichnis zu übertragen. Die Daten aller Sub-Indices werden anschließend übertragen.

Die Dienste mit Bestätigung (Initiate SDO Upload, Initiate SDO Download, Download SDO Segment, und Upload SDO Segment) und die Dienste ohne Bestätigung (Abort SDO Transfer) werden für die Ausführung der Segmented/Expedited Übertragung der Service-Daten-Objekte benutzt.

Der so genannte **SDO Client** (Master) spezifiziert in seiner Anforderung „Request“ den Parameter, die Zugriffsart (Lesen/Schreiben) und gegebenenfalls den Wert. Der so genannte **SDO Server** (Slave bzw. Mess-System) führt den Schreib- oder Lesezugriff aus und beantwortet die Anforderung mit einer Antwort „Response“. Im Fehlerfall gibt ein Fehlercode (Abort SDO Transfer) Auskunft über die Fehlerursache.

Üblicherweise stellt der EtherCAT-Master entsprechende Mechanismen für die SDO-Übertragung zur Verfügung. Die Kenntnis über den Protokoll-Aufbau und internen Abläufe sind daher nicht notwendig.



Für die Fehlersuche kann es jedoch wichtig sein, den prinzipiellen Ablauf von SDO-Übertragungen zu kennen. Aus diesem Grund wird im Folgenden näher auf die Dienste *Initiate SDO Download Expedited* und *Initiate SDO Upload Expedited* eingegangen. Über diese Dienste können jeweils bis zu vier Byte geschrieben, bzw. bis zu vier Byte gelesen werden. Für die meisten Objekte ist dies ausreichend.

Schreib-Dienste, Client --> Server

- **Initiate SDO Download Expedited**
Der *Expedited SDO Download* Dienst wird für eine beschleunigte Übertragung von ≤ 4 Byte benutzt. Der Server antwortet mit dem Ergebnis der Downloadanfrage.
- **Initiate SDO Download Normal**
Der *Initiate SDO Download* Dienst wird für eine Einzelübertragung von Daten benutzt, wenn die Anzahl der Bytes von der Mailbox aufgenommen werden kann, oder wenn eine segmentierte Übertragung mit mehr Bytes gestartet werden soll.
- **Download SDO Segment**
Der *SDO Download Segment* Dienst wird benutzt, um die zusätzlichen Daten zu übertragen, welche nicht mit dem *Initiate SDO Download* Dienst übertragen werden konnten. Der Master startet so viele Download SDO Segment Dienste, bis alle Daten an den Server übertragen worden sind.

Lese-Dienste, Server --> Client

- **Initiate SDO Upload Expedited**
Der *Expedited SDO Upload* Dienst wird für eine beschleunigte Übertragung von ≤ 4 Byte benutzt. Der Server antwortet mit dem Ergebnis der Uploadanfrage und den angeforderten Daten, bei erfolgreicher Durchführung.
- **Initiate SDO Upload Normal**
Der *Initiate SDO Upload* Dienst wird für eine Einzelübertragung von Daten benutzt, wenn die Anzahl der Bytes von der Mailbox aufgenommen werden kann, oder wenn eine segmentierte Übertragung mit mehr Bytes gestartet werden soll. Der Server antwortet mit dem Ergebnis der Uploadanfrage und den angeforderten Daten, bei erfolgreicher Durchführung.
- **Upload SDO Segment**
Der *SDO Upload Segment* Dienst wird benutzt, um die zusätzlichen Daten zu übertragen, welche nicht mit der *Initiate SDO Upload* Dienstanfrage übertragen werden konnten. Der Server startet so viele Upload SDO Segment Dienste, bis alle Daten vom Server übertragen worden sind.

4.7.1 CANopen over EtherCAT Protokoll

4.7.1.1 Initiate SDO Download Expedited Request

Schreiben, Client --> Server

Frame Fragment	Datenfeld	Datentyp	Wert / Beschreibung
Mailbox Header	Länge	WORD	0x0A: Länge der Mailbox Service Daten
	Adresse	WORD	Quell-Stationsadresse, wenn der Master = Client Ziel-Stationsadresse, wenn der Slave = Client
	Kanal	unsigned:6	0x00, reserviert
	Priorität	unsigned:2	0x00: kleinste Priorität ... 0x03: höchste Priorität
	Typ	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserviert	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Anzahl	unsigned:9	0x00
	reserviert	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x02: SDO Request
SDO	Kommando-Code (CCD)	Größen-Anzeiger	unsigned:1 0x00: Größe der Daten (1..4) nicht spezifiziert 0x01: Größe der Daten in Datensatz-Größe spezifiziert
		Übertragungstyp	unsigned:1 0x01: Expedited Übertragung
		Datensatz-Größe	unsigned:2 0x00: 4 Byte Daten 0x01: 3 Byte Daten 0x02: 2 Byte Daten 0x03: 1 Byte Daten
		Gesamt-Zugriff	unsigned:1 0x00
		Kommando	unsigned:3 0x01: Initiate Download Request
		Index	WORD Objekt Index
		Sub-Index	BYTE Objekt Sub-Index
		Daten	BYTE[4] Objekt-Daten

Tabelle 1: CANopen Initiate SDO Download Expedited Request

Aus dem obigen Protokoll lassen sich folgende SDO-Schreibtelegramme ableiten:

CCD	Bedeutung	Gültig für
0x23	4 Byte schreiben	SDO Request
0x27	3 Byte schreiben	SDO Request
0x2B	2 Byte schreiben	SDO Request
0x2F	1 Byte schreiben	SDO Request

4.7.1.2 Initiate SDO Download Expedited Response

Response, Server --> Client

Frame Fragment	Datenfeld	Datentyp	Wert / Beschreibung
Mailbox Header	Länge	WORD	0x06: Länge der Mailbox Service Daten
	Adresse	WORD	Quell-Stationsadresse, wenn der Master = Client Ziel-Stationsadresse, wenn der Slave = Client
	Kanal	unsigned:6	0x00, reserviert
	Priorität	unsigned:2	0x00: kleinste Priorität ... 0x03: höchste Priorität
	Typ	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserviert	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Anzahl	unsigned:9	0x00
	reserviert	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x03: SDO Response
SDO	Kommando-Code (CCD)	Größen-Anzeiger	unsigned:1 0x00
		Übertragungstyp	unsigned:1 0x00
		Datensatz-Größe	unsigned:2 0x00
		Gesamt-Zugriff	unsigned:1 0x00
		Kommando	unsigned:3 0x03: Initiate Download Response
		Index	WORD Objekt Index
		Sub-Index	BYTE Objekt Sub-Index

Tabelle 2: Initiate SDO Download Expedited

Der Server antwortet mit folgender Response:

CCD	Bedeutung	Gültig für
0x60	Schreiben erfolgreich	SDO Response
0x80	Fehler, Abort SDO Transfer	SDO Response

Im Fall eines Fehlers (SDO-Response CCD = 0x80) enthält der Datenbereich einen 4-Byte-Fehlercode, der über die Fehlerursache Auskunft gibt, siehe Kapitel SDO Abort Codes, Seite 64.

4.7.1.3 Initiate SDO Upload Expedited Request

Lesen, Server --> Client

Frame Fragment	Datenfeld	Datentyp	Wert / Beschreibung
Mailbox Header	Länge	WORD	0x06: Länge der Mailbox Service Daten
	Adresse	WORD	Quell-Stationsadresse, wenn der Master = Client Ziel-Stationsadresse, wenn der Slave = Client
	Kanal	unsigned:6	0x00, reserviert
	Priorität	unsigned:2	0x00: kleinste Priorität ... 0x03: höchste Priorität
	Typ	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserviert	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Anzahl	unsigned:9	0x00
	reserviert	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x02: SDO Request
SDO	Kommando-Code (CCD)	Größen-Anzeiger	unsigned:1 0x00
		Übertragungstyp	unsigned:1 0x00
		Datensatz-Größe	unsigned:2 0x00
		Gesamt-Zugriff	unsigned:1 0x00
		Kommando	unsigned:3 0x02: Initiate Upload Request
		Index	WORD Objekt Index
		Sub-Index	BYTE Objekt Sub-Index

Tabelle 3: Initiate SDO Upload Expedited Request

Aus dem obigen Protokoll lässt sich folgendes SDO-Lesetelegramm ableiten:

CCD	Bedeutung	Gültig für
0x40	Leseanforderung	SDO Request

4.7.1.4 Initiate SDO Upload Expedited Response

Response, Server --> Client

Frame Fragment	Datenfeld	Datentyp	Wert / Beschreibung
Mailbox Header	Länge	WORD	0x0A: Länge der Mailbox Service Daten
	Adresse	WORD	Quell-Stationsadresse, wenn der Master = Client Ziel-Stationsadresse, wenn der Slave = Client
	Kanal	unsigned:6	0x00, reserviert
	Priorität	unsigned:2	0x00: kleinste Priorität ... 0x03: höchste Priorität
	Typ	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserviert	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Anzahl	unsigned:9	0x00
	reserviert	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x03: SDO Response
SDO	Kommando-Code (CCD)	Größen-Anzeiger	unsigned:1 0x00: Größe der Daten (1..4) nicht spezifiziert 0x01: Größe der Daten in Datensatz-Größe spezifiziert
		Übertragungstyp	unsigned:1 0x01: Expedited Übertragung
		Datensatz-Größe	unsigned:2 0x00: 4 Byte Daten 0x01: 3 Byte Daten 0x02: 2 Byte Daten 0x03: 1 Byte Daten
		Gesamt-Zugriff	unsigned:1 0x00
		Kommando	unsigned:3 0x02: Initiate Upload Response
		Index	WORD Objekt Index
		Sub-Index	BYTE Objekt Sub-Index
		Daten	BYTE[4] Objekt-Daten

Tabelle 4: Initiate SDO Upload Expedited Response

Der Server antwortet mit folgenden Response-Möglichkeiten:

CCD	Bedeutung	Gültig für
0x43	4 Byte Daten gelesen	SDO Response
0x47	3 Byte Daten gelesen	SDO Response
0x4B	2 Byte Daten gelesen	SDO Response
0x4F	1 Byte Daten gelesen	SDO Response
0x80	Fehler, Abort SDO Transfer	SDO Response

Im Fall eines Fehlers (SDO-Response CCD = 0x80) enthält der Datenbereich einen 4-Byte-Fehlercode, der über die Fehlerursache Auskunft gibt, siehe Kapitel SDO Abort Codes, Seite 64.

4.8 PDO-Mapping

Unter PDO-Mapping versteht man die Abbildung der Applikationsobjekte (Echtzeitdaten, z.B. Objekt 6004h „Positionswert“) aus dem Objektverzeichnis in die Prozessdatenobjekte, z.B. Objekt 1A00h (1st Transmit PDO).

Das aktuelle Mapping kann über entsprechende Einträge im Objektverzeichnis, die so genannten Mapping-Tabellen, gelesen werden. An erster Stelle der Mapping Tabelle (Subindex 0) steht die Anzahl der gemappten Objekte, die im Anschluss aufgelistet sind. Die Tabellen befinden sich im Objektverzeichnis bei Index 0x1600 ff. für die RxPDOs bzw. 0x1A00ff für die TxPDOs.

4.9 EtherCAT State Machine (ESM)

Das Application Management beinhaltet die EtherCAT State Machine, welche die Zustände und Zustandsänderungen der Slave-Applikation beschreibt. Bis auf wenige Details entspricht die ESM dem CANopen Netzwerkmanagement (NMT). Um ein sichereres Anlaufverhalten zu ermöglichen, ist beim EtherCAT zusätzlich der Zustand „Safe Operational“ eingeführt worden. Hierbei werden bereits gültige Eingänge übertragen, während die Ausgänge noch im sicheren Zustand verbleiben.

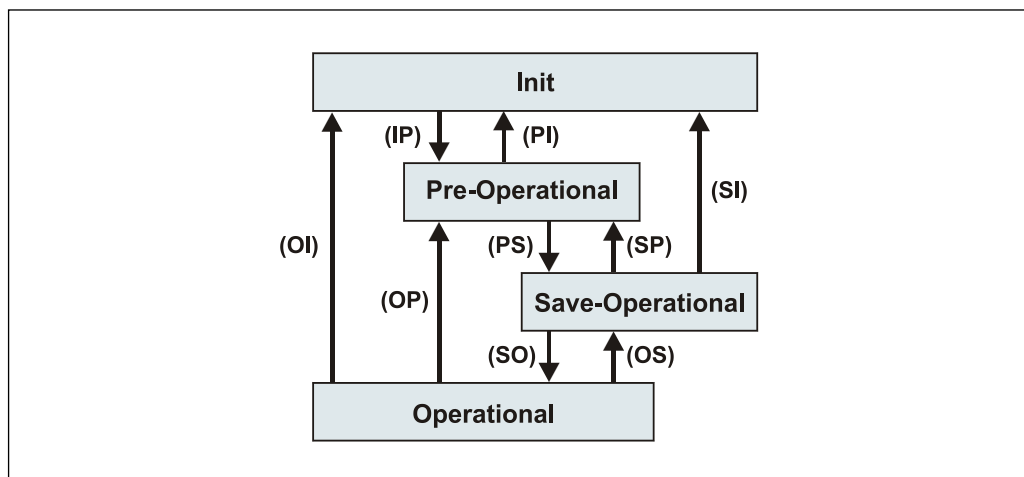


Abbildung 8: EtherCAT State Machine

Zustand	Beschreibung
IP	Start Mailbox Communication
PI	Stop Mailbox Communication
PS	Start Input Update
SP	Stop Input Update
SO	Start Output Update
OS	Stop Output Update
OP	Stop Output Update, Stop Input Update
SI	Stop Input Update, Stop Mailbox Communication
OI	Stop Output Update, Stop Input Update, Stop Mailbox Communication

4.10 Weitere Informationen

Weitere Informationen zu EtherCAT erhalten Sie auf Anfrage von der **EtherCAT Technology Group** (ETG) unter nachstehender Adresse:

ETG Headquarter
Ostendstraße 196
90482 Nuremberg
Germany
Phone: + 49 (0) 9 11 / 5 40 5620
Fax: + 49 (0) 9 11 / 5 40 5629
Email: info@ethercat.org
Internet: www.ethercat.org

5 Installation / Inbetriebnahmevorbereitung

EtherCAT unterstützt Linien-, Baum- oder Sternstrukturen. Die bei den Feldbussen eingesetzte Bus- oder Linienstruktur wird damit auch für Ethernet verfügbar. Dies ist besonders praktisch bei der Anlagenverdrahtung, da eine Kombination aus Linie und Stichleitungen möglich ist.

Für die Übertragung nach dem 100Base-TX Fast Ethernet Standard sind Patch-Kabel der Kategorie STP CAT5 zu benutzen (2 x 2 paarweise verdrehte und geschirmte Kupferdraht-Leitungen). Die Kabel sind ausgelegt für Bitraten von bis zu 100 MBit/s. Die Übertragungsgeschwindigkeit wird vom Mess-System automatisch erkannt und muss nicht durch Schalter eingestellt werden.

Eine Adressierung über Schalter ist ebenfalls nicht notwendig, diese wird automatisch durch die Adressierungsmöglichkeiten des EtherCAT-Masters vorgenommen.

Die Kabellänge zwischen zwei Teilnehmern darf max. 100 m betragen, insgesamt sind 65535 Teilnehmer im EtherCAT-Netzwerk möglich.



Um einen sicheren und störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, sind die

- *ISO/IEC 11801, EN 50173 (europäische Standard)*
- *ISO/IEC 8802-3*
- *und sonstige einschlägige Normen und Richtlinien zu beachten!*

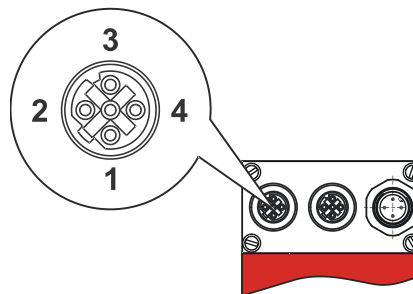
Insbesondere sind die EMV-Richtlinie sowie die Schirmungs- und Erdungsrichtlinien in den jeweils gültigen Fassungen zu beachten!

5.1 Anschluss

PORT-IN

Flanschdose M12x1-4 pol. D-kodiert

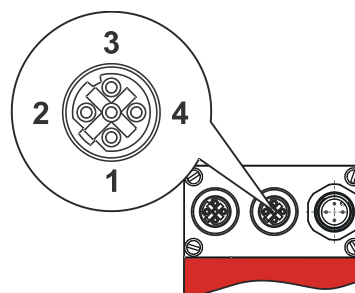
- Pin 1** TxD+, Sendedaten +
- Pin 2** RxD+, Empfangsdaten +
- Pin 3** TxD-, Sendedaten –
- Pin 4** RxD-, Empfangsdaten –



PORT-OUT

Flanschdose M12x1-4 pol. D-kodiert

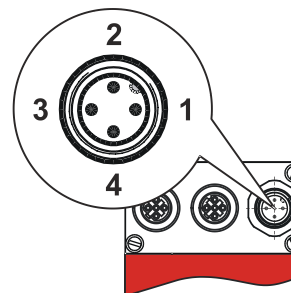
- Pin 1** TxD+, Sendedaten +
- Pin 2** RxD+, Empfangsdaten +
- Pin 3** TxD-, Sendedaten –
- Pin 4** RxD-, Empfangsdaten –



Versorgung

Flanschstecker M12x1-4 pol. A-kodiert

- Pin 1** 11 – 27 V DC
- Pin 2** TRWinProg +, optional
- Pin 3** GND, 0 V
- Pin 4** TRWinProg –, optional



Für die Versorgung sind paarweise verdrehte und geschirmte Kabel zu verwenden !

Bestellangaben zur Ethernet Flanschdose M12x1-4 pol. D-kodiert

Hersteller	Bezeichnung	Bestell-Nr.:
Binder	Series 825	99-3729-810-04
Phoenix Contact	SACC-M12MSD-4CON-PG 7-SH (PG 7)	15 21 25 8
Phoenix Contact	SACC-M12MSD-4CON-PG 9-SH (PG 9)	15 21 26 1
Harting	HARAX [®] M12-L	21 03 281 1405

5.2 Einschalten der Versorgungsspannung

Nachdem der Anschluss vorgenommen worden ist, kann die Versorgungsspannung eingeschaltet werden.

Das Mess-System wird zunächst initialisiert und befindet sich danach im Zustand **INIT**. In diesem Zustand ist keine direkte Kommunikation zwischen Master und Mess-System über den Application-Layer möglich. Über den EtherCAT-Master kann das Mess-System gemäß der State-Machine nach und nach in den Zustand **OPERATIONAL** überführt werden:

PRE-OPERATIONL

Mit dem „Start Mailbox Communication“ Kommando wird das Mess-System in den Zustand **PRE-OPERATIONL** versetzt. In diesem Zustand ist zuerst nur die Mailbox aktiv und Master und Mess-System tauschen Applikations-spezifische Initialisierungen und Parameter aus. Im **PRE-OPERATIONL**-Zustand ist zunächst nur eine Parametrierung über Service-Daten-Objekte möglich. Es ist aber möglich, PDOs unter Nutzung von SDOs zu konfigurieren.

SAFE-OPERATIONAL

Mit dem „Start Input Update“ Kommando wird das Mess-System in den Zustand **SAFE-OPERATIONL** versetzt. In diesem Zustand liefert das Mess-System bereits gültige aktuelle Eingangsdaten ohne die Ausgangsdaten zu verändern. Diegänge befinden sich im sicheren Zustand.

OPERATIONAL

Mit dem „Start Output Update“ Kommando wird das Mess-System in den Zustand **OPERATIONL** versetzt. In diesem Zustand liefert das Mess-System gültige Eingangsdaten und der Master gültige aktuelle Ausgangsdaten. Nach dem das Mess-System die über den Prozessdaten-Service empfangenen Daten erkannt hat, wird der Zustandsübergang vom Mess-System bestätigt. Wenn die Aktivierung der Ausgangsdaten nicht möglich war, verbleibt das Mess-System weiterhin im Zustand **SAFE-OPERATIONAL** und gibt eine Fehlermeldung aus.



Zugriffe auf die **CANopen-over-EtherCAT (CoE)** Mailbox bewirken, dass das Mess-System während der Dienst-Ausführung keine plausiblen Werte ausgibt. Dies gilt für die Zustände **SAFE-OPERATIONAL** und **OPERATIONAL**. In der Regel werden die Mailbox-Zugriffe über SDO-Anforderungen ausgelöst.

6 Inbetriebnahme

6.1 Gerätebeschreibungsdatei

Die XML-Datei enthält alle Informationen über die Mess-System-spezifischen Parameter sowie Betriebsarten des Mess-Systems. Die XML-Datei wird durch das EtherCAT-Netzwerkkonfigurationswerkzeug eingebunden, um das Mess-System ordnungsgemäß konfigurieren bzw. in Betrieb nehmen zu können.

Download:

- TR-Ethercat_CEx-65x_xxx.xml für CEx65 Mess-Systeme:
www.tr-electronic.de/f/TR-ECE-ID-MUL-0034
- TR-Ethercat_COx-65x_xxx.xml für COx65 Mess-Systeme:
www.tr-electronic.de/f/TR-ECE-ID-MUL-0035

6.2 Bus-Statusanzeige

Das EtherCAT-Mess-System ist mit vier grünen Diagnose-LEDs ausgestattet.

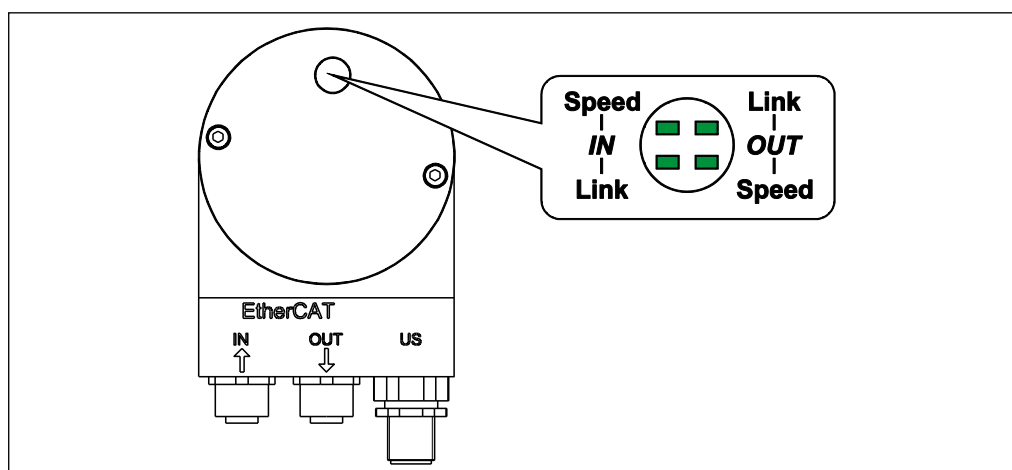


Abbildung 9: EtherCAT Diagnose-LEDs

	EIN		AUS		BLINKEND
---	-----	---	-----	---	----------

Speed-LEDs PORT-IN / PORT-OUT	
	Verbindung mit 100 MBit/s vorhanden. Datenrate stellt sich automatisch ein
	keine Verbindung

Link-LEDs PORT-IN / PORT-OUT	
	Physikalische Verbindung vorhanden
	Keine physikalische Verbindung vorhanden
	Busverkehr vorhanden

Entsprechende Maßnahmen im Fehlerfall siehe Kapitel „Optische Anzeigen“, Seite 62.

7 Betriebsarten

Vom Mess-System werden zwei Betriebsarten unterstützt:

- Synchron
- Distributed Clocks

In der Betriebsart „Synchron“ werden die Prozess-Daten synchron zur EtherCAT-Buszykluszeit ausgegeben.

In der Betriebsart „Distributed Clocks“ werden die Prozess-Daten synchron zu einer selbst definierten Zeit ausgegeben. Die Einstellungen hierfür werden im EtherCAT-Master vorgenommen. Vom Mess-System werden die Synchronisationssignale „SYNC0“ und „SYNC1“ unterstützt.

8 Kommunikationsspezifische Standard-Objekte (CiA DS-301)

Folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der unterstützten Indexe im Kommunikationsprofilbereich:

M = Mandatory (zwingend)

O = Optional

C = Conditional (bedingt)

Index (h)	Objekt	Name	Typ	Attr.	M/O/C	Seite
1000	VAR	Gerätetyp	Unsigned32	ro	M	32
1008	VAR	Hersteller Gerätenamen	String(14), 112	const	O	32
1009	VAR	Hersteller Hardwareversion	String(14), 112	const	O	33
100A	VAR	Hersteller Softwareversion	String(14), 112	const	O	33
1018	RECORD	Identity Objekt	Identity (23h)	ro	M	34
1A00	RECORD	1 st Übertragungs-PDO - Status - Position	PDO Mapping, 21h	ro	C	36
1A01	RECORD	2 nd Übertragungs-PDO - Status - Position - Time Stamp	PDO Mapping	ro	C	38
1A02	RECORD	3 rd Übertragungs-PDO - Status - Position_Low - Position_High	PDO Mapping	ro	C	40
1A03	RECORD	4 th Übertragungs-PDO - Status - Position_Low - Position_High - Time Stamp	PDO Mapping	ro	C	42
1C00	ARRAY	Sync Manager Kommunikations-Typ	Unsigned8	ro	M	44
1C12	-	Sync Manager RxPDO Zuweisung	wird nicht unterstützt, da keine RxPDOs vorhanden			
1C13	ARRAY	Sync Manager TxPDO Zuweisung	Unsigned16	ro	M	46
1C32	-	Sync Manager 3 Parameter (Output)	wird nicht unterstützt, da keine Ausgänge vorhanden			
1C33	ARRAY	Sync Manager 3 Parameter (Input)	Unsigned16	ro	O	47

Tabelle 5: Kommunikationsspezifische Standard-Objekte

8.1 Objekt 1000h: Gerätetyp

Beinhaltet Information über den Gerätetyp. Das Objekt mit Index 1000h beschreibt den Gerätetyp und seine Funktionalität. Es besteht aus einem 16 Bit Feld, welches das benutzte Geräteprofil beschreibt (Geräteprofil-Nr. 406 = 196h) und ein zweites 16 Bit Feld, welches Informationen über den Gerätetyp liefert.

Index	0x1000
Name	Device Type
Objekt Code	VAR
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein

Gerätetyp			
Geräte-Profil-Nummer		Encoder-Typ	
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
96h	01h	2^7 bis 2^0	2^{15} bis 2^8

Encoder-Typ		
Code	Definition	Default
01	Absoluter Single-Turn Encoder	je nach Encoder-Typ
02	Absoluter Multi-Turn Encoder	

8.2 Objekt 1008h: Hersteller Gerätenamen

Enthält den Hersteller Gerätenamen, Übertragung per „Upload SDO Segment Request Protocol“.

Index	0x1008
Name	Device Name
Objekt Code	VAR
Datentyp	VISIBLE_STRING
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	" ", abhängig von der Geräteausführung

8.3 Objekt 1009h: Hersteller Hardwareversion

Enthält die Hersteller Hardwareversion,
Übertragung per „Upload SDO Segment Request Protocol“.

Index	0x1009
Name	Hardware Version
Objekt Code	VAR
Datentyp	VISIBLE_STRING
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	"416254_ "

8.4 Objekt 100Ah: Hersteller Softwareversion

Enthält die Hersteller Softwareversion.

Index	0x100A
Name	Software Version
Objekt Code	VAR
Datentyp	VISIBLE_STRING
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	"Vxxx", abhängig von der aktuellen Version

8.5 Objekt 1018h: Identity Objekt

Das Identity Objekt enthält folgende Parameter:

- EtherCAT Vendor ID
Enthält die von der ETG zugewiesene Geräte Vendor ID
- Product Code
Enthält den Geräte-Produktcode
- Revision Number
Enthält die Revisionsnummer des Gerätes, welche die Funktionalität und die einzelnen Versionen definiert.
- Serial Number
Enthält die Geräte-Seriennummer

Index	0x1018
Name	Identity
Objekt Code	RECORD
Datentyp	IDENTITY
Kategorie	Mandatory

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der Einträge
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	4

Sub-Index	1
Beschreibung	Vendor ID
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	1289

Sub-Index	2
Beschreibung	Product Code
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	85416042

Sub-Index	3
Beschreibung	Revision Number
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	20001

Sub-Index	4
Beschreibung	Serial Number
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	0

8.6 Objekt 1A00h: 1st Transmit PDO Mapping

Über das erste Sende-Prozess-Daten-Objekt 0x1A00 können folgende Prozess-Daten übertragen werden:

- Status, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 1
- Position, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 2

Die Zuordnung, ob Objekt 0x1A00 tatsächlich als Prozess-Daten übertragen werden, wird über Objekt „Objekt 1C13h: Sync Manager Channel 3 (Prozess-Daten-Eingang)“, Seite 46 vorgenommen.

Index	0x1A00
Name	TxPDO 1 Normal mapping
Objekt Code	RECORD
Datentyp	PDO_MAPPING
Kategorie	Mandatory für jedes unterstützte TxPDO

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der gemappten Objekte im PDO
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	2

Sub-Index	1
Beschreibung	Input, Status
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 8 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 1 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

Sub-Index	2
Beschreibung	Input CEx-65: Position, COx-65 Position_Low
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 32 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 2 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

8.7 Objekt 1A01h: 2nd Transmit PDO Mapping

Über das zweite Sende-Prozess-Daten-Objekt 0x1A01 können folgende Prozess-Daten übertragen werden:

- Status, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 1
- Position, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 2
- Time Stamp, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 3

Die Zuordnung, ob Objekt 0x1A01 tatsächlich als Prozess-Daten übertragen werden, wird über Objekt „Objekt 1C13h: Sync Manager Channel 3 (Prozess-Daten-Eingang)“, Seite 46 vorgenommen.

Index	0x1A01
Name	TxPDO 2 Time Stamp mapping
Objekt Code	RECORD
Datentyp	PDO_MAPPING
Kategorie	Mandatory für jedes unterstützte TxPDO

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der gempappten Objekte im PDO
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	3

Sub-Index	1
Beschreibung	Input, Status
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 8 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 1 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

Sub-Index	2
Beschreibung	Input CEx-65: Position, COx-65: Position_Low
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 32 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 2 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

Sub-Index	3
Beschreibung	Input, TimeStamp
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 32 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 3 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

8.8 Objekt 1A02h: 3rd Transmit PDO Mapping

Über das dritte Sende-Prozess-Daten-Objekt 0x1A02 können folgende Prozess-Daten übertragen werden:

- Status, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 1
- Position_Low, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 2
- Position_High, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 3

Die Zuordnung, ob Objekt 0x1A02 tatsächlich als Prozess-Daten übertragen werden, wird über Objekt „Objekt 1C13h: Sync Manager Channel 3 (Prozess-Daten-Eingang)“, Seite 46 vorgenommen.

Index	0x1A02
Name	TxPDO 3 Normal mapping (High Resolution)
Objekt Code	RECORD
Datentyp	PDO_MAPPING
Kategorie	Mandatory für jedes unterstützte TxPDO

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der gempappten Objekte im PDO
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	3

Sub-Index	1
Beschreibung	Input, Status
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 8 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 1 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

Sub-Index	2
Beschreibung	Input, Position_Low
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 32 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 2 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

Sub-Index	3
Beschreibung	Input, Position_High
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 32 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 3 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

8.9 Objekt 1A03h: 4th Transmit PDO Mapping

Über das vierte Sende-Prozess-Daten-Objekt 0x1A03 können folgende Prozess-Daten übertragen werden:

- Status, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 1
- Position_Low, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 2
- Position_High, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 3
- Time Stamp, Objekt 3101, Input --> Sub-Index 4

Die Zuordnung, ob Objekt 0x1A03 tatsächlich als Prozess-Daten übertragen werden, wird über Objekt „Objekt 1C13h: Sync Manager Channel 3 (Prozess-Daten-Eingang)“, Seite 46 vorgenommen.

Index	0x1A03
Name	TxPDO 4 TimeStamp mapping (High Resolution)
Objekt Code	RECORD
Datentyp	PDO_MAPPING
Kategorie	Mandatory für jedes unterstützte TxPDO

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der gemappten Objekte im PDO
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	4

Sub-Index	1
Beschreibung	Input, Status
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 8 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 1 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

Sub-Index	2
Beschreibung	Input, Position_Low
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 32 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 2 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

Sub-Index	3
Beschreibung	Input, Position_High
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 32 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 3 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

Sub-Index	4
Beschreibung	Input, Time Stamp
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Conditional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0-7: Länge des gemappten Objekts in Bits = 32 Bit 8-15: Sub-Index des gemappten Objekts = 4 Bit 16-31: Index des gemappten Objekts = 3101

8.10 Objekt 1C00h: Sync Manager Communication Type

Mit diesem Objekt werden die Anzahl der benutzten Kommunikations-Kanäle und die Art der Kommunikation festgelegt.

Unterstützt werden:

- Mailbox senden und empfangen
- Prozessdaten-Eingang für die Übertragung der Positionswerte (Slave --> Master)

Die Einträge können nur gelesen werden, die Konfiguration der Kommunikations-Kanäle erfolgt automatisch beim Hochlauf des EtherCAT-Masters.

Index	0x1C00
Name	Sync Manager Communication Type
Objekt Code	ARRAY
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der benutzten Sync Manager Kanäle
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	4

Sub-Index	1
Beschreibung	Communication Type Sync Manager 0
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	1: Mailbox empfangen (Master --> Slave)

Sub-Index	2
Beschreibung	Communication Type Sync Manager 1
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	2: Mailbox senden (Slave --> Master)

Sub-Index	3
Beschreibung	Communication Type Sync Manager 2
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	3: unbenutzt

Sub-Index	4
Beschreibung	Communication Type Sync Manager 3
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	4: Prozessdaten-Eingang (Slave --> Master)

8.11 Objekt 1C13h: Sync Manager Channel 3 (Prozess-Daten-Eingang)

Über Objekt 1C13h wird die Anzahl und der jeweilige Objekt Index der zugeordneten TxPDOs festgelegt. Als Prozess-Daten-Eingang kann eines der folgenden Sende-Prozess-Daten-Objekte zugeordnet werden:

- 0x1A00, 1. Sende-Prozess-Daten-Objekt
- 0x1A01, 2. Sende-Prozess-Daten-Objekt
- 0x1A02, 3. Sende-Prozess-Daten-Objekt
- 0x1A03, 4. Sende-Prozess-Daten-Objekt

Index	0x1C13
Name	Sync Manager TxPDO Assign
Objekt Code	ARRAY
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der zugeordneten TxPDOs
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	1

Sub-Index	1
Beschreibung	PDO Mapping Objekt Index des zugeordneten TxPDOs
Datentyp	UNSIGNED16
Kategorie	Conditional
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Wert	0x1A00: TxPDO 1 0x1A01: TxPDO 2 0x1A02: TxPDO 3 0x1A03: TxPDO 4
Default	0x1A00: TxPDO 1

8.12 Objekt 1C33h: Sync Manager 3, Parameter

Das Objekt 1C33h „Input Sync Manager Parameter“ beschreibt die Einstellungen für den Input Sync Manager und kann nur gelesen werden.

Index	0x1c33
Name	Sync Manager 3 Parameter
Objekt Code	ARRAY
Datentyp	Unsigned16
Kategorie	Optional

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der Einträge
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	11

Sub-Index	1
Beschreibung	Synchronization Type
Datentyp	UNSIGNED16
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	1: Synchron – synchronisiert mit Sync Manager 3 Ereignis 5: Distributed Clocks

Sub-Index	2
Beschreibung	Cycle Time
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Min. Zeit zwischen zwei SM2/3 Ereignissen in ns.

Sub-Index	3
Beschreibung	Shift Time
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Zeit zwischen SM3 Ereignis und dem Hardware-Eingangslatch in ns

Sub-Index	4
Beschreibung	Synchronization Types Supported
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	0x12: Bit 1: Synchron-Modus unterstützt Bit 4: Distributed Clocks unterstützt

Sub-Index	5
Beschreibung	Minimum Cycle Time
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Min. Zykluszeit, die durch den Slave unterstützt wird in ns (Max. Zeitdauer des lokalen Zyklusses).

Sub-Index	6
Beschreibung	Calc and Copy Time
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Zeit in ns, welche der Controller für eventuelle Berechnungen der Eingangswerte und für die Übertragung der Prozessdaten vom lokalen Speicher zum Sync Manager benötigt, bevor die Daten für den EtherCAT verfügbar sind.

Sub-Index	7
Beschreibung	Reserved
Datentyp	UNSIGNED32

Sub-Index	8
Beschreibung	Get Cycle Time
Datentyp	UNSIGNED16
Kategorie	Optional
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Wert	0: Messung der lokalen Zykluszeit gestoppt 1: Messung der lokalen Zykluszeit gestartet

Sub-Index	9
Beschreibung	Delay Time
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Slave Hardware-Verzögerungszeit in ns.

Sub-Index	10
Beschreibung	Application Controller Cycle Time
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Nur relevant für Synchronisations-Typ = 2 und untergeordneten lokalem Zyklus.

Sub-Index	11
Beschreibung	Sync 0 Cycle Time
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	ro
PDO Mapping	nein
Wert	Nur relevant für Synchronisations-Typ = 2 und untergeordneten lokalem Zyklus.

9 Hersteller- und Profilspezifische Objekte (CiA DS-406)

M = Mandatory (zwingend)

O = Optional

Index (h)	Objekt	Name	Datenlänge	Attr.	M/O	Seite
Parameter						
2000	VAR	Parameter übernehmen	Unsigned32	rw	O	51
2001	VAR	Anzahl Umdrehungen, Zähler	Unsigned32	rw	O	55
2002	VAR	Anzahl Umdrehungen, Nenner (optional)	Unsigned32	rw	O	55
3101	VAR	Eingang	DT3101, 96/128	ro	O	58
6000	VAR	Betriebsparameter	Unsigned16 / Unsigned32	rw	M	60
6001	VAR	Mess-Schritte pro Umdrehung	Unsigned32	rw	M	51
6002	VAR	Gesamtmesslänge in Schritten	Unsigned32 / Unsigned64	rw	M	52/54
6003	VAR	Presetwert	Unsigned32 / Unsigned64	rw	M	60

Tabelle 6: Encoder-Profilbereich

9.1 Objekt 2000h: Parameter übernehmen

Mit Schreibzugriff auf dieses Objekt speichert das Mess-System die Parameter in den nichtflüchtigen Speicher (EEPROM).

Index	0x2000
Beschreibung	Accept Paramters
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Optional
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Wert	nicht relevant

9.2 Skalierungsparameter, ohne Getriebefunktion

Über die Skalierungsparameter kann die physikalische Auflösung des Mess-Systems verändert werden. Der ausgegebene Positionswert wird binär dekodiert und mit einer Nullpunktskorrektur und der eingestellten Zählrichtung verrechnet. Das Mess-System unterstützt bei dieser Konfiguration keine Kommazahlen oder von 2er-Potenzen abweichende Umdrehungszahlen (Getriebefunktion).

9.2.1 Objekt 6001h: Single Measuring Range (Schritte pro Umdrehung)

Legt fest, wie viele Schritte das Mess-System bei einer Umdrehung der Mess-System-Welle ausgibt.

Index	0x6001
Beschreibung	Single Measuring Range
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Untergrenze	1 Schritt / Umdrehung
Obergrenze	CEx-65: 32.768 Schritte / Umdrehung (Max.-Wert siehe Typenschild) COx-65: 262.144 Schritte / Umdrehung (Max.-Wert siehe Typenschild)
Default	4096

9.2.2 Objekt 6002h: Messlänge in Schritten

Legt die **Gesamtschrittzahl** des Mess-Systems fest, bevor das Mess-System wieder bei Null beginnt.

Index	0x6002
Beschreibung	Total Measuring Range
Datentyp	CEx-65: UNSIGNED32, COx-65: UNSIGNED64
Kategorie	Mandatory
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Untergrenze	16 Schritte
Obergrenze	CEx-65: 33 554 432 Schritte (25 Bit) COx-65: 1 073 741 824 Schritte (30 Bit)
Default	16777216

Der tatsächlich einzugebende Obergrenzwert für die Messlänge in Schritten ist von der Mess-System-Ausführung abhängig und kann nach untenstehender Formel berechnet werden. Da der Wert "0" bereits als Schritt gezählt wird, ist der Endwert = Messlänge in Schritten – 1.

$$\text{Messlänge in Schritten} = \text{Schritte pro Umdrehung} * \text{Anzahl der Umdrehungen}$$

Zur Berechnung können die Parameter **Schritte/Umdr.** und **Anzahl Umdrehungen** vom Typenschild des Mess-Systems abgelesen werden.

Bei der Eingabe der Parametrierdaten ist darauf zu achten, dass die Parameter **"Messlänge in Schritten"** und **"Anzahl Schritte pro Umdrehung"** so gewählt werden, dass der Quotient aus beiden Parametern eine Zweierpotenz ist. Ist dies nicht gegeben, korrigiert das Mess-System die Messlänge in Schritten auf die nächst kleinere Zweierpotenz in Umdrehungen. Die Anzahl Schritte pro Umdrehung bleibt konstant.



Die neu errechnete Messlänge in Schritten kann durch Rücklesen des Objektes 6002h ausgelesen werden und ist immer kleiner als die vorgegebene Messlänge. Es kann daher vorkommen, dass die tatsächlich benötigte Gesamtschrittzahl unterschritten wird und das Mess-System vor Erreichen des maximalen mechanischen Verfahrenweges einen Nullübergang generiert.

Da sich die interne Absolutposition (vor Skalierung und Nullpunktjustage) periodisch nach 4096 Umdrehungen wiederholt, kommt es bei Anwendungen, bei denen die Anzahl der Umdrehungen keine Zweierpotenz ist, und die immer endlos in dieselbe Richtung fahren, zwangsläufig zu Verschiebungen.

Für derartige Anwendungen sind Mess-Systeme zu verwenden, die die Getriebe-funktion unterstützen.

9.3 Skalierungsparameter, mit Getriebefunktion

Gefahr von Körperverletzung und Sachschaden beim Wiedereinschalten des Mess-Systems nach Positionierungen im stromlosen Zustand durch Verschiebung des Nullpunktes!

⚠ WARNUNG

ACHTUNG

Ist die Anzahl der Umdrehungen keine 2-er Potenz oder >4096, kann, falls mehr als 512 Umdrehungen im stromlosen Zustand ausgeführt werden, der Nullpunkt des Multi-Turn Mess-Systems verloren gehen!

- Sicherstellen, dass bei einem Multi-Turn Mess-System der Quotient von **Umdrehungen Zähler/Umdrehungen Nenner** eine 2er-Potenz aus der Menge $2^0, 2^1, 2^2 \dots 2^{12}$ (1, 2, 4...4096) ist.
oder
 - Sicherstellen, dass sich Positionierungen im stromlosen Zustand bei einem Multi-Turn Mess-System innerhalb von 512 Umdrehungen befinden.
-

Über die Skalierungsparameter kann die physikalische Auflösung des Mess-Systems verändert werden. Das Mess-System unterstützt die Getriebefunktion für Rundachsen.

Dies bedeutet, dass die **Anzahl Schritte pro Umdrehung** und der Quotient von **Umdrehungen Zähler/Umdrehungen Nenner** eine Kommazahl sein darf.

Der ausgegebene Positionswert wird mit einer Nullpunktskorrektur, der eingestellten Zählrichtung und den eingegebenen Getriebeparametern verrechnet.

9.3.1 Objekt 6002h: Messlänge in Schritten

Legt die **Gesamtschrittzahl** des Mess-Systems fest, bevor das Mess-System wieder bei Null beginnt.

Index	0x6002
Beschreibung	Total Measuring Range
Datentyp	CEx-65: UNSIGNED32, COx-65: UNSIGNED64
Kategorie	Mandatory
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Untergrenze	16 Schritte
Obergrenze	CEx-65: 8 589 934 592 Schritte (33 Bit) COx-65: 68 719 476 736 Schritte (36 Bit)
Default	16777216

Der tatsächlich einzugebende Obergrenzwert für die Messlänge in Schritten ist von der Mess-System-Ausführung abhängig und kann nach untenstehender Formel berechnet werden. Da der Wert "0" bereits als Schritt gezählt wird, ist der Endwert = Messlänge in Schritten – 1.

$$\text{Messlänge in Schritten} = \text{Schritte pro Umdrehung} * \text{Anzahl der Umdrehungen}$$

Zur Berechnung können die Parameter **Schritte/Umdr.** und **Anzahl Umdrehungen** vom Typenschild des Mess-Systems abgelesen werden.

9.3.2 Objekt 2001-2002h: Number of Rev. Numer./Divisor (Umdr. Zähler/Nenner)

Diese beiden Parameter zusammen, legen die **Anzahl der Umdrehungen** fest, bevor das Mess-System wieder bei Null beginnt.

Da Kommazahlen nicht immer endlich (wie z.B. 3,4) sein müssen, sondern mit unendlichen Nachkommastellen (z.B. 3,43535355358774...) behaftet sein können, wird die Umdrehungszahl als Bruch eingegeben.

Index	0x2001
Beschreibung	Number of Revolutions / -numerator
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Untergrenze Zähler	1
Obergrenze Zähler	256000
Default	4096

Index	0x2002
Beschreibung	Number of Revolutions / -divisor
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Mandatory
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Untergrenze Nenner	1
Obergrenze Nenner	16384
Default	1

Formel für Getriebeberechnung:

$$\text{Messlänge in Schritten} = \text{Anzahl Schritte pro Umdrehung} * \frac{\text{Anzahl Umdrehungen Zähler}}{\text{Anzahl Umdrehungen Nenner}}$$

Sollten bei der Eingabe der Parametrierdaten die zulässigen Bereiche von Zähler und Nenner nicht eingehalten werden können, muss versucht werden diese entsprechend zu kürzen. Ist dies nicht möglich, kann die entsprechende Kommanzahl möglicherweise nur annähernd dargestellt werden. Die sich ergebende kleine Ungenauigkeit wird bei echten Rundachsenanwendungen (Endlos-Anwendungen in eine Richtung fahrend) mit der Zeit aufaddiert.

Zur Abhilfe kann z.B. nach jedem Umlauf eine Justage durchgeführt werden, oder man passt die Mechanik bzw. Übersetzung entsprechend an.

*Der Parameter **"Anzahl Schritte pro Umdrehung"** darf ebenfalls eine Kommazahl sein, jedoch nicht die **"Messlänge in Schritten"**. Das Ergebnis aus obiger Formel muss auf bzw. abgerundet werden. Der dabei entstehende Fehler verteilt sich auf die programmierte gesamte Umdrehungsanzahl und ist somit vernachlässigbar.*

Vorgehensweise bei Linearachsen (Vor- und Zurück-Verfahrbewegungen):

*Der Parameter **"Umdrehungen Nenner"** kann bei Linearachsen fest auf "1" programmiert werden. Der Parameter **"Umdrehungen Zähler"** wird etwas größer als die benötigte Umdrehungsanzahl programmiert. Somit ist sichergestellt, dass das Mess-System bei einer geringfügigen Überschreitung des Verfahrweges keinen Istwertsprung (Nullübergang) erzeugt. Der Einfachheit halber kann auch der volle Umdrehungsbereich des Mess-Systems programmiert werden.*

Das folgende Beispiel soll die Vorgehensweise näher erläutern:

Gegeben:

- Mess-System mit 4096 Schritte/Umdr. und max. 4096 Umdrehungen
- Auflösung 1/100 mm
- Sicherstellen, dass das Mess-System in seiner vollen Auflösung und Messlänge (4096x4096) programmiert ist:
 Messlänge in Schritten = 16777216,
 Umdrehungen Zähler = 4096
 Umdrehungen Nenner = 1
 Zu erfassende Mechanik auf Linksanschlag bringen
- Mess-System mittels Justage auf „0“ setzen
- Zu erfassende Mechanik in Endlage bringen
- Den mechanisch zurückgelegten Weg in mm vermessen
- Istposition des Mess-Systems an der angeschlossenen Steuerung ablesen

Annahme:

- zurückgelegter Weg = 2000 mm
- Mess-Sysem-Istposition nach 2000 mm = 607682 Schritte

Daraus folgt:

Anzahl zurückgelegter Umdrehungen = 607682 Schritte / 4096 Schritte/Umdr.
 = **148,3598633 Umdrehungen**

Anzahl mm / Umdrehung = 2000 mm / 148,3598633 Umdr. = **13,48073499mm / Umdr.**

Bei 1/100mm Auflösung entspricht dies einer **Schrittzahl / Umdrehung** von **1348,073499**

erforderliche Programmierungen:

Anzahl Umdrehungen Zähler = **4096**
 Anzahl Umdrehungen Nenner = **1**

Messlänge in Schritten = Anzahl Schritte pro Umdrehung * $\frac{\text{Anzahl Umdrehungen Zähler}}{\text{Anzahl Umdrehungen Nenner}}$
 = 1348,073499 Schritte / Umdr. * $\frac{4096 \text{ Umdrehungen Zähler}}{1 \text{ Umdrehung Nenner}}$
 = **5521709 Schritte** (abgerundet)

9.4 Objekt 3101h: Eingang

Das Objekt 3101 „Eingang“ definiert den Ausgabe-Positionswert, den Geräte-Status und den Zeitstempel, welche über die Sende-Prozess-Daten-Objekte gemappt werden können. Der Gerätestatus wird derzeit noch nicht unterstützt.

Index	0x3101
Name	Input
Objekt Code	DEFSTRUCT
Datentyp	DT3101 CEx-65: 96 Bit, COx-65: 128 Bit
Kategorie	Optional

Sub-Index	0
Beschreibung	Anzahl der Einträge
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	ja
Wert	CEx-65: 3, COx-65: 4

Sub-Index	1
Beschreibung	Status
Datentyp	UNSIGNED8
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	ja
Wert	0, wird bisher nicht unterstützt

Sub-Index	2
Beschreibung	CEx-65: Position, COx-65: Position_Low
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	ja
Wert	CEx-65: Aktuelle Position, binär codiert, COx-65: Aktuelle Position, binär codiert (niederwertige Anteil)

Positionswert, CEx-65			
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
2^7 bis 2^0	2^{15} bis 2^8	2^{23} bis 2^{16}	2^{31} bis 2^{24}

Positionswert, COx-65							
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Position_Low				Position_High			
2^7 bis 2^0	2^{15} bis 2^8	2^{23} bis 2^{16}	2^{31} bis 2^{24}	2^{39} bis 2^{32}	2^{47} bis 2^{40}	2^{55} bis 2^{48}	2^{63} bis 2^{56}

Sub-Index	3
Beschreibung	CEx-65: Time Stamp, COx-65: Position_High
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	ja
Wert	CEx-65: Wert in ns, COx-65: Aktuelle Position, binär codiert (höherwertige Anteil)

Sub-Index	4
Beschreibung	COx-65: Time Stamp
Datentyp	UNSIGNED32
Kategorie	Optional
Zugriff	ro
PDO Mapping	ja
Wert	COx-65: Wert in ns

9.5 Objekt 6000h: Betriebsparameter

Das Objekt mit Index 6000h unterstützt nur die Funktion für die Zählrichtung. Die Zählrichtung definiert, ob steigende oder fallende Positionswerte ausgegeben werden, wenn die Mess-System-Welle im Uhrzeigersinn oder Gegenuhrzeigersinn gedreht wird (Blickrichtung auf die Welle).

Index	0x6000
Beschreibung	Operating Parameters
Datentyp	CEx-65: UNSIGNED32, COx-65: UNSIGNED16
Kategorie	Mandatory
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Wert	Bit 0 = 0: Position im Uhrzeigersinn steigend, Blick auf Welle Bit 0 = 1: Position im Uhrzeigersinn fallend, Blick auf Welle

9.6 Objekt 6003h: Presetwert

⚠️ WARNUNG

ACHTUNG

Gefahr von Körperverletzung und Sachschaden durch einen Istwertsprung bei Ausführung der Preset-Justage-Funktion!

- Die Preset-Justage-Funktion sollte nur im Mess-System-Stillstand ausgeführt werden, bzw. muss der resultierende Istwertsprung programmtechnisch und anwendungstechnisch erlaubt sein!

Die Presetfunktion wird verwendet, um den Mess-System-Wert auf einen beliebigen Positionswert innerhalb des Bereiches von 0 bis Messlänge in Schritten — 1 zu setzen. Der Ausgabe-Positionswert wird auf den Parameter "Presetwert" gesetzt, wenn auf dieses Objekt geschrieben wird.

Index	0x6003
Beschreibung	Preset Value
Datentyp	CEx-65: UNSIGNED32, COx-65: UNSIGNED64
Kategorie	Mandatory
Zugriff	rw
PDO Mapping	nein
Wert	aktuelle Ist-Position, bzw. ein Wert innerhalb des Bereiches von 0 bis programmierte Messlänge in Schritten — 1

Presetwert								
	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
CEx-65	2 ⁷ bis 2 ⁰	2 ¹⁵ bis 2 ⁸	2 ²³ bis 2 ¹⁶	2 ³¹ bis 2 ²⁴	-	-	-	-
COx-65	2 ⁷ bis 2 ⁰	2 ¹⁵ bis 2 ⁸	2 ²³ bis 2 ¹⁶	2 ³¹ bis 2 ²⁴	2 ³⁹ bis 2 ³²	2 ⁴⁷ bis 2 ⁴⁰	2 ⁵⁵ bis 2 ⁴⁸	2 ⁶³ bis 2 ⁵⁶

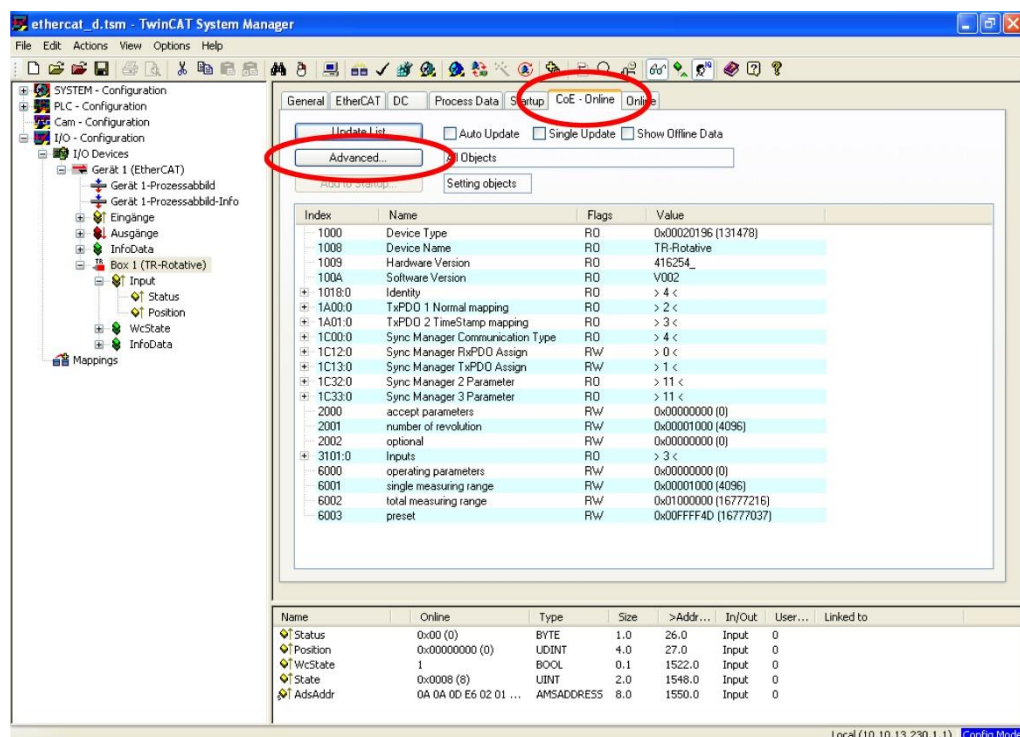
10 Vom Mess-System unterstützte Objekte auslesen

Die in diesem Handbuch beschriebenen Objekte stellt die max. Anzahl von Objekten dar. Welche Objekte vom Mess-System tatsächlich unterstützt werden, kann durch den EtherCAT „SDO Information Service“ ausgelesen werden.

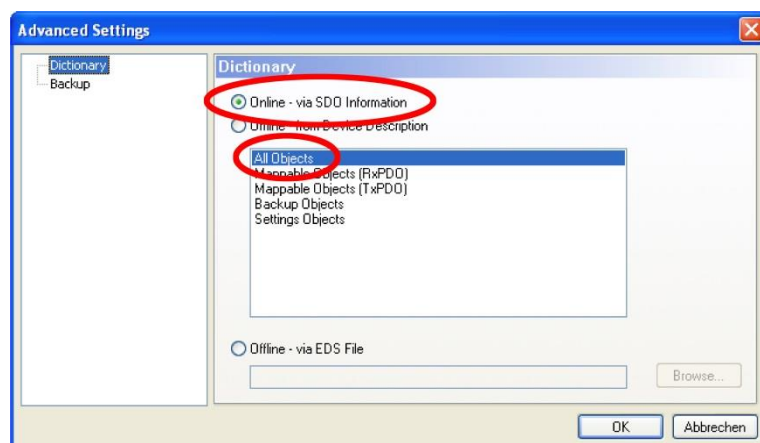
Üblicherweise stellt der EtherCAT-Master entsprechende Mechanismen für das Auslesen der unterstützten Objekte zur Verfügung. Die Kenntnis über den Protokoll-Aufbau und internen Abläufe sind daher nicht notwendig.

Vorgehensweise bei Verwendung der „TwinCAT System Manager“ Konfigurationssoftware:

- Online-Verbindung herstellen
- Programmreiter **CoE** – **Online** auswählen
- Button **Erweitert** klicken



- Radio-Button **Online...** auswählen
- --> **Alle Objekte**



11 Fehlerursachen und Abhilfen

11.1 Optische Anzeigen

Link LED	Ursache	Abhilfe
aus	Spannungsversorgung fehlt oder wurde unterschritten	- Spannungsversorgung, Verdrahtung prüfen - Liegt die Spannungsversorgung im zulässigen Bereich?
	Bushaube nicht korrekt gesteckt und angeschraubt	Bushaube auf korrekten Sitz prüfen
	Bushaube defekt	Bushaube tauschen
	keine Busverbindung	Buskabel überprüfen
	Hardwarefehler, Mess-System defekt	Mess-System tauschen
blinkend	Mess-System betriebsbereit, Verbindung zum Master hergestellt	-
an	Mess-System betriebsbereit, aber noch keine Verbindung zum Master	-

11.2 Abort SDO Transfer Request Protocol

Im Fall eines Fehlers (SDO-Response CCD = 0x80) wird statt der Response das *Abort SDO Transfer Request Protocol* übertragen.

Abort SDO Transfer Request, Server --> Client

Frame Fragment	Datenfeld	Datentyp	Wert / Beschreibung
Mailbox Header	Länge	WORD	0x0A: Länge der Mailbox Service Daten
	Adresse	WORD	Quell-Stationsadresse, wenn der Master = Client Ziel-Stationsadresse, wenn der Slave = Client
	Kanal	unsigned:6	0x00, reserviert
	Priorität	unsigned:2	0x00: kleinste Priorität ... 0x03: höchste Priorität
	Typ	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserviert	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Anzahl	unsigned:9	0x00
	reserviert	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x02: SDO Request
SDO	Kommando-Code (CCD)	Größen-Anzeiger	unsigned:1 0x00
		Übertragungstyp	unsigned:1 0x00
		Datensatz-Größe	unsigned:2 0x00
		reserviert	unsigned:1 0x00
		Kommando	unsigned:3 0x04: Abort Transfer Request
		Index	WORD Objekt Index
		Sub-Index	BYTE Objekt Sub-Index
		Abort Code	DWORD Abort Code

Tabelle 7: Abort SDO Transfer Request

11.2.1 SDO Abort Codes

Code	Beschreibung
0x05 03 00 00	Toggle Bit hat sich nicht geändert
0x05 04 00 00	SDO Protokoll Timeout
0x05 04 00 01	Client/Server Kommando nicht gültig oder unbekannt
0x05 04 00 05	Speicher zu klein
0x06 01 00 00	Nicht unterstützter Objekt-Zugriff
0x06 01 00 01	Lesezugriff auf ein Objekt, dass nur geschrieben werden kann
0x06 01 00 02	Schreibzugriff auf ein Objekt, dass nur gelesen werden kann
0x06 02 00 00	Objekt nicht vorhanden im Objektverzeichnis
0x06 04 00 41	Das Objekt kann nicht im PDO gemappt werden
0x06 04 00 42	Die Anzahl und Länge der gemappten Objekte überschreiten die PDO-Länge
0x06 04 00 43	Generelle Parameter-Inkompatibilität
0x06 04 00 47	Generelle Inkompatibilität im Gerät
0x06 06 00 00	Zugriff-Fehler aufgrund eines Hardwarefehlers
0x06 07 00 10	Falscher Datentyp, Länge der Service-Parameter stimmt nicht
0x06 07 00 12	Falscher Datentyp, Länge der Service-Parameter zu groß
0x06 07 00 13	Falscher Datentyp, Länge der Service-Parameter zu klein
0x06 09 00 11	Sub-Index existiert nicht
0x06 09 00 30	Parameter-Wertebereich überschritten, nur bei Schreibzugriff
0x06 09 00 31	Geschriebene Parameterwert zu groß
0x06 09 00 32	Geschriebene Parameterwert zu klein
0x06 09 00 36	Maximalwert ist kleiner als Minimalwert
0x08 00 00 00	Allgemeiner Fehler
0x08 00 00 20	Daten können nicht übertragen oder gespeichert werden in der Applikation
0x08 00 00 21	Daten können nicht übertragen oder gespeichert werden in der Applikation. Grund: lokale Steuerung
0x08 00 00 22	Daten können nicht übertragen oder gespeichert werden in der Applikation, Grund: aktueller Gerätestatus
0x08 00 00 23	Dynamischer Erstellungsfehler des Objektverzeichnisses, oder kein Objektverzeichnis vorhanden

Tabelle 8: SDO Abort Codes

11.3 Emergency Request Protocol

Emergency-Meldungen werden beim Auftreten einer geräteinternen Störung ausgelöst. Die Übertragung wird über die Mailbox-Schnittstelle ausgeführt.

Der Emergency Dienst wird vom Server benutzt, um Diagnose-Nachrichten an den Client zu übermitteln. Jedes, durch den Server an den Client übertragene Diagnoseereignis, wird auch wieder durch die Übertragung des Reset-Error-Codes bestätigt, wenn das Diagnoseereignis nicht mehr vorhanden ist.

Emergency Request, Server --> Client

Frame Fragment	Datenfeld	Datentyp	Wert / Beschreibung
Mailbox Header	Länge	WORD	$n \geq 0x0A$: Länge der Mailbox Service Daten
	Adresse	WORD	Quell-Stationsadresse, wenn der Master = Client Ziel-Stationsadresse, wenn der Slave = Client
	Kanal	unsigned:6	0x00, reserviert
	Priorität	unsigned:2	0x00: kleinste Priorität ... 0x03: höchste Priorität
	Typ	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserviert	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Anzahl	unsigned:9	0x00
	reserviert	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x01: Emergency
Emergency	Error Code	WORD	Error Code
	Error Register	BYTE	Error Register
	Daten	BYTE[5]	Error Code 0000-9FFF: Herstellerspezifisches Fehlerfeld Error Code A000-EFFF: Diagnosedaten Error Code F000-FFFF: Herstellerspezifisches Fehlerfeld
	reserviert	BYTE[n-10]	noch nicht spezifiziert

Tabelle 9: Emergency Request

11.3.1 Emergency Error Codes

Error Code (hex)	Beschreibung
00xx	Error Reset oder kein Fehler
10xx	Allgemeiner Fehler
50xx	Geräte Hardware
60xx	Geräte Software
61xx	interne Software
62xx	Benutzer Software
63xx	Datensatz
80xx	Überwachung
81xx	Kommunikation
82xx	Protokollfehler
8210	PDO nicht abgearbeitet, aufgrund eines Längenfehlers
8210	PDO Länge überschritten
90xx	externer Fehler
A0xx	EtherCAT State Machine Übergangsfehler
A000	Übergang PRE-OPERATIONAL --> SAVE-OPERATIONAL nicht erfolgreich
A001	Übergang SAVE-OPERATIONAL --> OPERATIONAL nicht erfolgreich
FFxx	Geräte-spezifisch

Tabelle 10: Emergency Error Codes

11.3.2 Error Register

Bit	M/O	Beschreibung
0	M	Allgemeiner Fehler
1	O	nicht unterstützt
2	O	nicht unterstützt
3	O	nicht unterstützt
4	O	Kommunikationsfehler (Überlauf, Fehlerstatus)
5	O	Geräteprofil-spezifisch
6	O	reserviert, immer 0
7	O	Hersteller-spezifisch

Tabelle 11: Aufbau des Error Registers

11.4 Sonstige Störungen

Störung	Ursache	Abhilfe
Positionssprünge des Mess-Systems	starke Vibrationen	Vibrationen, Schläge und Stöße z.B. an Pressen, werden mit so genannten „Schockmodulen“ gedämpft. Wenn der Fehler trotz dieser Maßnahmen wiederholt auftritt, muss das Mess-System getauscht werden.
	elektrische Störungen EMV	Gegen elektrische Störungen helfen eventuell isolierende Flansche und Kupplungen aus Kunststoff, sowie Kabel mit paarweise verdrehten Adern für Daten und Versorgung. Die Schirmung und die Leitungsführung müssen nach den Aufbaurichtlinien für das jeweilige Feldbus-System ausgeführt sein.
	übermäßige axiale und radiale Belastung der Welle oder einen Defekt der Abtastung.	Kupplungen vermeiden mechanische Belastungen der Welle. Wenn der Fehler trotz dieser Maßnahme weiterhin auftritt, muss das Mess-System getauscht werden.

Rotary Encoder

Series: C__-65

Validity also for:

C__582-2____

- _ Additional safety instructions
- _ Installation
- _ Commissioning
- _ Configuration / Parameterization
- _ Error causes and solutions

**User Manual
Interface**

TR-Electronic GmbH

D-78647 Trossingen

Eglishalde 6

Tel.: (0049) 07425/228-0

Fax: (0049) 07425/228-33

email: info@tr-electronic.de

www.tr-electronic.com

Copyright protection

This Manual, including the illustrations contained therein, is subject to copyright protection. Use of this Manual by third parties in contravention of copyright regulations is not permitted. Reproduction, translation as well as electronic and photographic archiving and modification require the written content of the manufacturer. Violations shall be subject to claims for damages.

Subject to modifications

The right to make any changes in the interest of technical progress is reserved.

Document information

Release date / Rev. date:	04/25/2022
Document / Rev. no.:	TR-ECE-BA-DGB-0061 v08
File name:	TR-ECE-BA-DGB-0061-08.docx
Author:	MÜJ

Font styles

Italic or **bold** font styles are used for the title of a document or are used for highlighting.

`Courier` font displays text, which is visible on the display or screen and software menu selections.

" < " > " indicates keys on your computer keyboard (such as <RETURN>).

Brand names

EtherCAT[®] is registered trademark and patented technology, licensed by Beckhoff Automation GmbH, Germany.

All other specified products, names and logos serve exclusively for information purposes and may be trademarks of their respective owners, without any special marking to indicate this.

Contents

Contents	71
Revision index	73
1 General information	74
1.1 Applicability	74
1.2 References	75
1.3 Abbreviations used / Terminology	76
2 Additional Safety Instructions	77
2.1 Definition of symbols and notes	77
2.2 Additional instructions for proper use	77
2.3 Organizational measures	78
3 Technical Data	79
3.1 Electrical characteristics	79
4 EtherCAT Information	80
4.1 EtherCAT functional principle	80
4.2 Protocol	81
4.3 Distributed clocks	81
4.4 Device profile	82
4.4.1 CANopen over EtherCAT (CoE)	83
4.5 Object dictionary	84
4.6 Process and Service Data Objects	84
4.6.1 Compatibility with the CiA DS-301 communication profile	85
4.6.2 Extensions to the CiA DS-301 communication profile	85
4.7 Transmission of SDO messages	86
4.7.1 CANopen over EtherCAT protocol	88
4.7.1.1 Initiate SDO Download Expedited Request	88
4.7.1.2 Initiate SDO Download Expedited Response	89
4.7.1.3 Initiate SDO Upload Expedited Request	90
4.7.1.4 Initiate SDO Upload Expedited Response	91
4.8 PDO mapping	92
4.9 EtherCAT State Machine (ESM)	92
4.10 Further information	93
5 Installation / Preparation for Commissioning	94
5.1 Connection	95
5.2 Switching on the supply voltage	96
6 Commissioning	97
6.1 Device description file	97
6.2 Bus status display	97

7 Operating Modes	98
8 Communication-Specific Standard Objects (CiA DS-301)	99
8.1 Object 1000h: Device type.....	100
8.2 Object 1008h: Manufacturer device name.....	100
8.3 Object 1009h: Manufacturer hardware version	101
8.4 Object 100Ah: Manufacturer software version	101
8.5 Object 1018h: Identity object	102
8.6 Object 1A00h: 1 st Transmit PDO Mapping	104
8.7 Object 1A01h: 2 nd Transmit PDO Mapping.....	106
8.8 Object 1A02h: 3 rd Transmit PDO Mapping	108
8.9 Object 1A03h: 4 th Transmit PDO Mapping	110
8.10 Object 1C00h: Sync Manager Communication Type	112
8.11 Object 1C13h: Sync Manager Channel 3 (process data input)	114
8.12 Object 1C33h: Sync Manager 3, Parameter.....	115
9 Manufacturer and Profile Specific Objects (CiA DS-406)	118
9.1 Object 2000h: Accept parameters	119
9.2 Scaling parameter, without gear function	119
9.2.1 Object 6001h: Single measuring range (Steps per revolution)	119
9.2.2 Object 6002h: Total measuring range	120
9.3 Scaling parameter, with gear function	121
9.3.1 Object 6002h: Total measuring range	122
9.3.2 Object 2001-2002h: Number of Revolutions Numerator / Divisor	123
9.4 Object 3101h: Input	126
9.5 Object 6000h: Operating parameters	128
9.6 Object 6003h: Preset value	128
10 Read-out the supported objects of the measuring system.....	129
11 Error Causes and Remedies	130
11.1 Optical displays.....	130
11.2 Abort SDO Transfer Request Protocol	131
11.2.1 SDO Abort Codes	132
11.3 Emergency Request Protocol	133
11.3.1 Emergency Error Codes	134
11.3.2 Error Register.....	134
11.4 Miscellaneous faults	135

Revision index

Revision	Date	Index
First release	08/16/2007	00
Object modifications for the high-resolution measuring system COx-65	05/26/2008	01
EtherCAT [®] trademark added	11/18/2009	02
Total resolution at CEx65 33 bit; modification of the warnings	05/07/2012	03
Disbanding of the complete XML-file "TR-Ethercat-Devices_V017.xml" into individual files	05/16/2013	04
New design	07/08/2015	05
Reference to Support-DVD removed	02/02/2016	06
General modifications	06/20/2017	07
Validity extended by C__582_-2_____	04/25/2022	08

1 General information

This Manual contains the following topics:

- Safety instructions in addition to the basic safety instructions defined in the Assembly Instructions
- Electrical characteristics
- Installation
- Commissioning
- Configuration / Parameterization
- Error causes and solutions

As the documentation is arranged in a modular structure, the User Manual is supplementary to other documentation, such as product data sheets, dimensional drawings, leaflets and the assembly instructions etc.

The User Manual may be included in the customer's specific delivery package or it may be requested separately.

1.1 Applicability

This User Manual applies exclusively for the following measuring system series with **EtherCAT** interface:

- CEV-65
- CES-65
- COV-65
- COS-65



This user manual also applies to measuring systems with material number
C__582_-2____

The products are labelled with affixed nameplates and are components of a system.

The following documentation therefore also applies:

- operator's operating instructions specific to the system,
- this User Manual,
- and the Assembly Instructions
www.tr-electronic.de/f/TR-ECE-BA-DGB-0046
provided at delivery

1.2 References

1.	EN 50325-4	Industrial Communication Systems, based on ISO 11898 (CAN) for Controller Device Interfaces. Part 4: CANopen
2.	CiA DS-301	CANopen communication profile based on CAL
3.	CiA DS-406	CANopen profile for encoders
4.	IEC/PAS 62407	Real-time Ethernet control automation technology (EtherCAT); International Electrotechnical Commission
5.	IEC 61158-1 - 6	Digital data communications for measurement and control - Fieldbus for use in industrial control systems - Protocols and Services, Type 12 = EtherCAT
6.	IEC 61784-2	Digital data communications for measurement and control - Additional profiles for ISO/IEC 8802-3 based communication networks in real-time applications, 12 = EtherCAT
7.	ISO/IEC 8802-3	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications
8.	ISO 15745-4 AMD 2	Industrial automation systems and integration - Open systems application integration framework - Part 4: Reference description for Ethernet-based control systems; Amendment 2: Profiles for Modbus TCP, EtherCAT and ETHERNET Powerlink
9.	IEEE 1588-2002	IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems

1.3 Abbreviations used / Terminology

CEV	Absolute Encoder with optical scanning unit ≤ 15 bit resolution, Solid Shaft
COV	Absolute Encoder with optical scanning unit > 15 bit resolution, Solid Shaft
CES	Absolute Encoder with optical scanning unit ≤ 15 bit resolution, Blind Shaft
COS	Absolute Encoder with optical scanning unit > 15 bit resolution, Blind Shaft
EC	E uropean C ommunity
EMC	E lectro M agnetic C ompatibility
ESD	E lectro S tatic D ischarge
IEC	International Electrotechnical Commission
VDE	V erein D eutscher E lektrotechniker (Association of German Electrotechnicians)

Bus-specific

EDS	E lectronic D ata S heet
ESM	E therCAT S tate M achine
CAN	Controller Area Network. Data Layer Protocol for serial communication, described in ISO 11898.
CiA	CAN in Automation. Internationale Anwender- und Herstellervereinigung e.V.: non-profit organization for the Controller Area Network (CAN).
NMT	Network Management. One of the service elements in the application layer in the CAN reference model. Executes initialization, configuration and troubleshooting in bus traffic.
PDO	Process Data Object. Object for data exchange between several devices.
SDO	Service Data Object. Point to point communication with access to the object data list of a device.
XML	E xtensible M arkup L anguage, description file for commissioning the measuring system.

2 Additional Safety Instructions

2.1 Definition of symbols and notes



means that death or serious injury can occur if the required precautions are not met.



means that minor injuries can occur if the required precautions are not met.

NOTICE

means that damage to property can occur if the required precautions are not met.



indicates important information or features and application tips for the product used.

2.2 Additional instructions for proper use

The measuring system is designed for operation in **100Base-TX** Fast Ethernet networks with max. 100 Mbit/s, specified in ISO/IEC 8802-3. Communication via EtherCAT occurs in accordance with IEC 61158 Part 1 to 6 and IEC 61784-2. The device profile corresponds to the **"CANopen Device Profile for Encoder CiA DS-406"**.

The technical guidelines for configuration of the Fast Ethernet network must be adhered to in order to ensure safe operation.

Proper use also includes:



- observing all instructions in this User Manual,
 - compliance with the Assembly Instructions, particularly the chapter **"Basic Safety Instructions"** contained therein, must have been read and understood prior to commencement of work
-

2.3 Organizational measures

- This User Manual must always be kept ready-to-hand at the place of use of the measuring system.
- Prior to commencing work, personnel working with the measurement system must
 - have read and understood the Assembly Instructions, particularly the chapter "**Basic Safety Instructions**",
 - and this User Manual, particularly the chapter "**Additional Safety Instructions**".

This particularly applies for personnel who are only deployed occasionally, e.g. in the parameterization of the measurement system.

3 Technical Data

3.1 Electrical characteristics

Supply voltage: 11...27 V DC, shielded twisted-pair

Power consumption without load:.. < 300 mA at 11 V DC, < 110 mA at 27 V DC

*** Total resolution**

CEX-65: standard $\leq$ 25 bit, extended $\leq$ 33 bit

COX-65: standard $\leq$ 30 bit, extended $\leq$ 36 bit

*** Number of steps / revolution**

CEX-65: standard $\leq$ 8.192, extended $\leq$ 32.768

COX-65: $\leq$ 262.144

*** Number of revolutions**

Standard: $\leq$ 4.096

Expanded: $\leq$ 256.000

EtherCAT: according to IEC 61158-1 – 6 and IEC 61784-2

Physical Layer: EtherCAT 100Base-TX, Fast Ethernet, ISO/IEC 8802-3

Output code: Binary

Device profile: CANopen over EtherCAT (CoE), CiA DS-406

Cycle time, without gear: 1 new position value / 100 μ s

Cycle time, with gear: 1 new position value / 250 μ s

Transmission rate: 100 Mbit/s

Transmission: CAT-5 cable, shielded (STP), ISO/IEC 11801

Special features: Programming of the following parameters
via the EtherCAT BUS:

- Counting direction
- Measuring steps per revolution
- Total measuring length in steps
- Preset value

EMC: DIN EN 61000-6-2/DIN EN 61000-4-2/DIN EN 61000-4-4

* parameterizable via EtherCAT

4 EtherCAT Information

EtherCAT (**E**thernet for **C**ontrol and **A**utomation **T**echnology) is a **real-time Ethernet technology** and is particularly suitable for communication between control systems and peripheral devices such as e.g. I/O systems, drives, sensors and actuators.

EtherCAT was developed in 2003 by Beckhoff Automation GmbH and is available as an open standard. The "EtherCAT Technology Group" (ETG) user association was established for the further development of this technology.

EtherCAT is a publicly accessible specification, which was published by the IEC (IEC/Pas 62407) in 2005 and is part of ISO 15745-4. This part was integrated into the new editions of the international field bus standards IEC 61158 (Protocols and Services), IEC 61784-2 (Communication Profiles) and IEC 61800-7 (Drive Profiles and Communication).

4.1 EtherCAT functional principle

The EtherCAT technology overcomes the generally known limitations of other Ethernet solutions:

The Ethernet packet is no longer received in each slave first of all, then interpreted and the process data copied onward. The slave takes the data intended for it, while the frame passes through the device. Input data are likewise inserted into the frame as it passes through. The frames are only delayed by a few nano-seconds. The last slave in the segment sends the now completely processed frame back to the first slave, which returns the frame to the control as a response frame, so to speak. A logical ring structure thus results for the communication. As Fast-Ethernet works with Full Duplex, a physical ring structure also results.

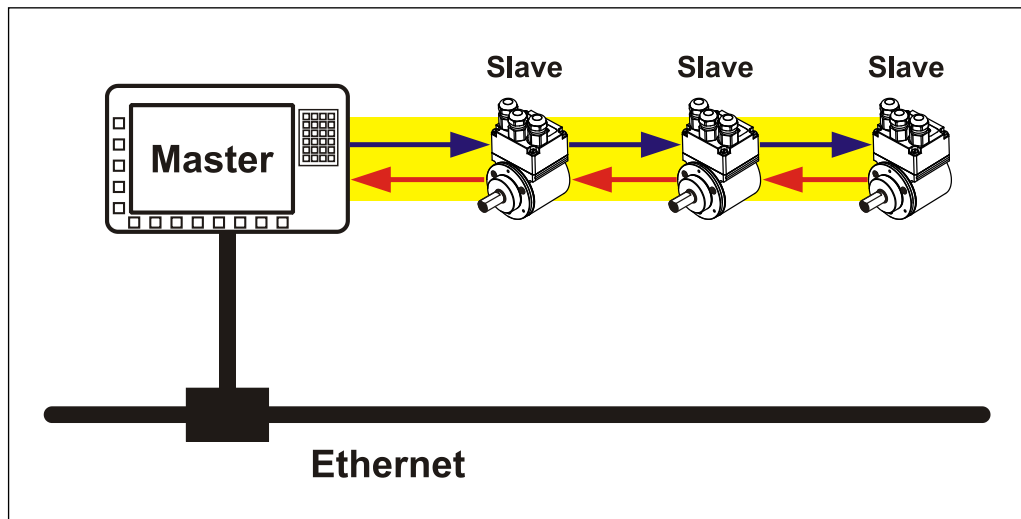


Figure 1: EtherCAT functional principle

4.2 Protocol

The EtherCAT protocol, optimized for process data, is transported directly in the Ethernet frame via a special Ether type. A complete transmission can consist of several sub-frames. The data sequence is independent of the physical sequence of the slaves in the network. The addressing can be freely selected:

Broadcast, Multicast and lateral communication between slaves are possible.

The protocol also supports acyclical parameter communication. The structure and meaning of the parameters is predetermined by the device profile **"CANopen Device Profile for Encoder CiA DS-406"**.

UDP/IP datagrams are not supported. This means that the master and the EtherCAT slaves must be located in the same subnet. Communication across routers into other subnets is thus not possible.

EtherCAT exclusively uses standard frames in accordance with IEEE802.3 without shortening. EtherCAT frames can thus be sent by any Ethernet controllers (master), and standard tools (e.g. monitor) can be used.

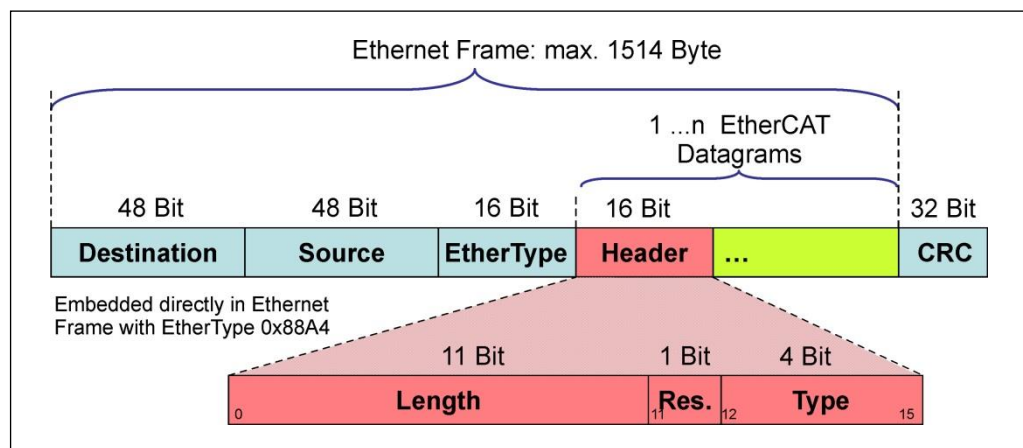


Figure 2: Ethernet frame structure

4.3 Distributed clocks

When spatially distributed processes require simultaneous actions, exact synchronization of the subscribers in the network is necessary. For example, in the case of applications in which several servo axes must execute simultaneously coordinated sequences.

For this purpose the "Distributed clocks" function in accordance with standard IEEE 1588 is available in EtherCAT.

As the communication uses a ring structure, the master clock can exactly determine the runtime offset to the individual slave clocks, and also vice-versa. The distributed clocks can be readjusted across the network on the basis of this determined value. The jitter of this time base is well below 1µs.

Distributed clocks can also be used efficiently for position detection, as they provide exact information at a local time point of the data acquisition. Through the system, the accuracy of a speed calculation no longer depends on the jitter of the communication system.

4.4 Device profile

The device profile describes the application parameters and the functional behavior of the device, including the device class-specific state machine. With EtherCAT you do not develop individual device profiles for device classes. Instead, simple interfaces are provided for existing device profiles:

The measuring system supports the **CANopen-over-EtherCAT** (CoE) mailbox protocol, and consequently the **"Device Profile for Encoder"**, CiA DS-406, known from CANopen.

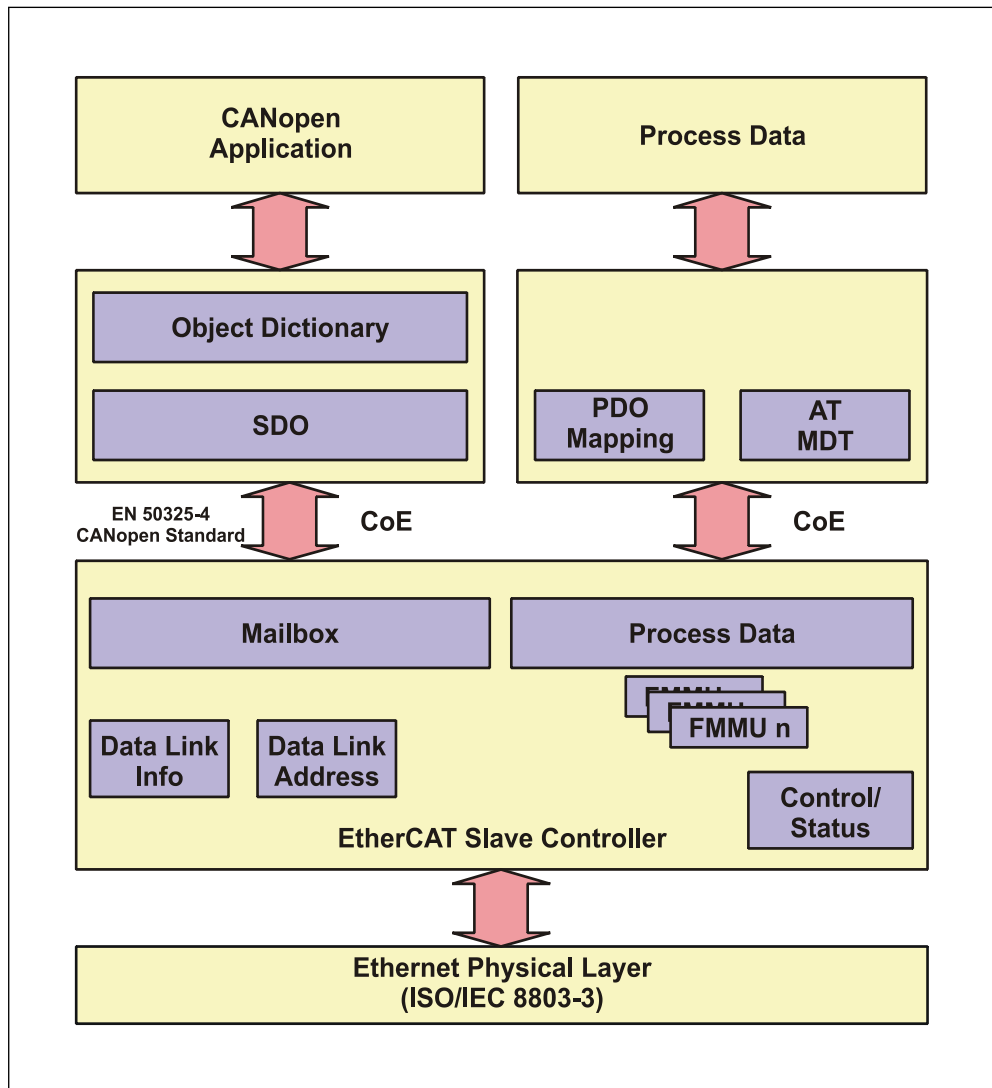


Figure 3: CANopen over EtherCAT communication mechanism

4.4.1 CANopen over EtherCAT (CoE)

EtherCAT can provide the same communication mechanisms as those known from ²CANopen:

- Object dictionary
- PDO, Process Data Objects
- SDO, Service Data Objects
- NMT, Network Management

EtherCAT can thus be implemented on devices that were previously equipped with CANopen, with minimal expense. Extensive parts of the CANopen firmware can be re-used. The objects can be optionally extended.

Comparison of CANopen / EtherCAT in the ISO/OSI layer model

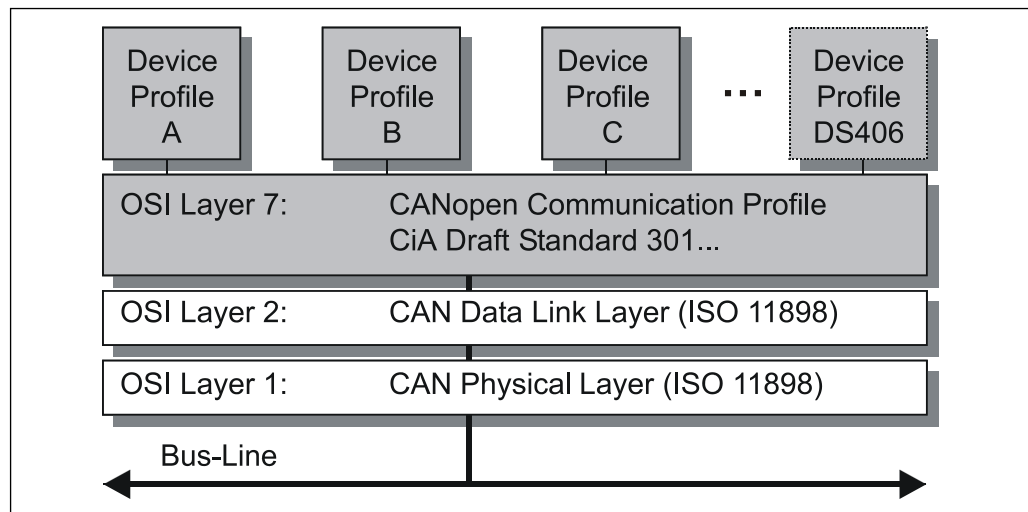


Figure 4: CANopen organized in the ISO/OSI layer model

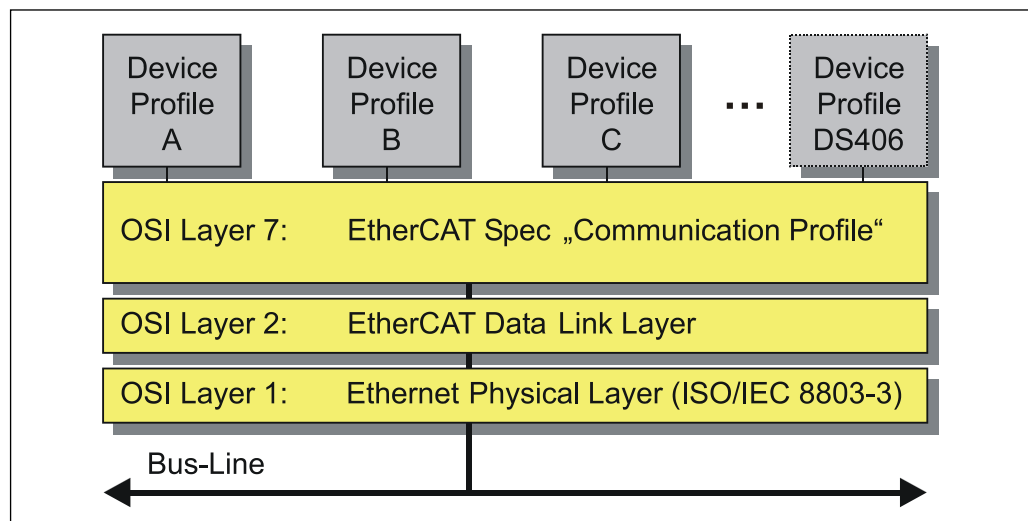


Figure 5: EtherCAT organized in the ISO/OSI layer model

² EN 50325-4: Industrial Communication Systems, based on ISO 11898 (CAN) for Controller Device Interfaces. Part 4: CANopen.

4.5 Object dictionary

The object dictionary structures the data of an EtherCAT device in a clear tabular arrangement. It contains all device parameters and all current process data, which are therefore also accessible via the SDO.

Index (hex)	Object
0x0000–0x0FFF	Data type definitions
0x1000–0x1FFF	CoE communication profile range (CiA DS-301)
0x2000–0x5FFF	Manufacturer-specific profile range
0x6000–0x9FFF	Device profile range (CiA DS-406)
0xA000–0xFFFF	Reserved

Figure 6: Structure of the object dictionary

4.6 Process and Service Data Objects

Process Data Object (PDO)

Process Data Objects manage the process data exchange, e.g. the cyclical transmission of the position value.

Service Data Object (SDO)

Service Data Objects manage the parameter data exchange, e.g. the acyclical execution of the preset function.

The SDO provides an efficient communication mechanism for parameter data of any size. A service data channel for parameter communication is formed between the configuration master and the connected devices for this purpose. The device parameters can be written to or read from the device object dictionary with a unique frame handshake.

Important features of SDO and PDO

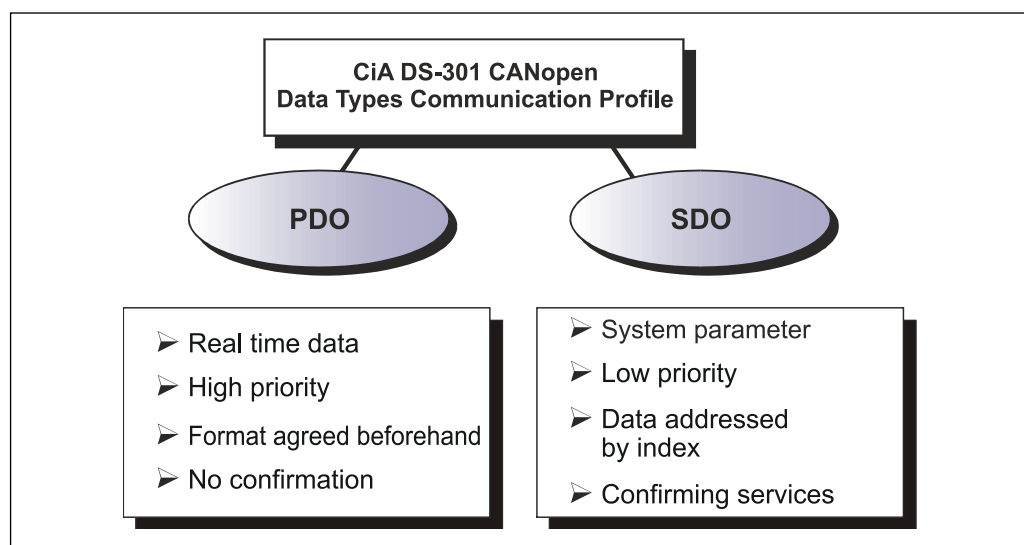


Figure 7: Comparison of PDO/SDO characteristics

4.6.1 Compatibility with the CiA DS-301 communication profile

Supported services

- Initiate SDO Download
- Download SDO Segment
- Initiate SDO Upload
- Upload SDO Segment
- Abort SDO Transfer

Services not supported (not required)

- Initiate SDO Block Download
- Download SDO Block
- End SDO Block Download
- Initiate SDO Block Upload
- Upload SDO Block
- End SDO Block Upload

4.6.2 Extensions to the CiA DS-301 communication profile

Cancellation of the 8 byte standard CANopen SDO frame

- Full mailbox capacity available
- "Initiate SDO Download" Request / "SDO Upload" Response can contain data after the SDO header
- "Download SDO Segment" Request / "Upload SDO Segment" Response can contain more than 7 bytes of data

Download and upload of all sub-indices at once

4.7 Transmission of SDO messages

The entries of the object dictionary can be read or written with the SDO services. The SDO Transport Protocol allows the transmission of objects of any size. The EtherCAT SDO Protocol is equivalent to the CANopen SDO Protocol, in order to guarantee the re-use of existing protocol stacks.

The first byte of the first segment contains the necessary control information. The next three bytes of the first segment contain the index and sub-index of the object dictionary entries to be read or written. The last four bytes of the first segment are available for useful data. The second and following segments contain the control byte and useful data. The recipient confirms each segment or a block of segments, so that Peer-To-Peer communication (client/server) takes place.

In CAN-compatible mode the SDO protocol comprises 8 bytes, in order to correspond to the CAN data size. In extended mode the useful data are simply extended, without changing the protocol header. In this way the increased data volume of the EtherCAT mailbox is adapted to the SDO protocol, accelerating the transmission of large data volumes accordingly.

In addition, a mode has been added which makes it possible to transmit the complete data of an index from the object dictionary in a single process. The data of all sub-indices are subsequently transmitted.

Services with confirmation (Initiate SDO Upload, Initiate SDO Download, Download SDO Segment, and Upload SDO Segment) and services without confirmation (Abort SDO Transfer) are used for the execution of Segmented/Expedited transmission of Service Data Objects.

The so-called **SDO Client** (master) specifies in its "Request" the parameter, the access type (read/write) and the value if applicable. The so-called **SDO Server** (slave or measuring system) executes the write or read access and answers the request with a "Response". In the case of error, an error code (Abort SDO Transfer) provides information on the cause of the error.



Normally the EtherCAT master provides appropriate mechanisms for the SDO transfer. Knowledge of the protocol structure and internal sequences is therefore not required.

However, for troubleshooting it can be important to know the principal sequence of SDO transfers. For this reason, the services *Initiate SDO Download Expedited* and *Initiate SDO Upload Expedited* are dealt with in more detail below. Up to four bytes can be written and up to four bytes read via these services. This is sufficient for most objects.

Write services, Client --> Server

- **Initiate SDO Download Expedited**
The *Expedited SDO Download* service is used for the accelerated transmission of ≤ 4 bytes. The server responds with the result of the download request.
- **Initiate SDO Download Normal**
The *Initiate SDO Download* service is used for an individual transmission of data, if the number of bytes can be accepted by the mailbox, or if a segmented transmission is to be started with more bytes.
- **Download SDO Segment**
The *SDO Download Segment* service is used to transfer the additional data that could not be transferred with the *Initiate SDO Download* service. The master starts as many Download SDO Segment services as are required to transfer all data to the server.

Read services, Server --> Client

- **Initiate SDO Upload Expedited**
The *Expedited SDO Upload* service is used for the accelerated transmission of ≤ 4 bytes. The server responds with the result of the upload request and the required data, in the event of successful execution.
- **Initiate SDO Upload Normal**
The *Initiate SDO Upload* service is used for an individual transmission of data, if the number of bytes can be accepted by the mailbox, or if a segmented transmission is to be started with more bytes. The server responds with the result of the upload request and the required data, in the event of successful execution.
- **Upload SDO Segment**
The *SDO Upload Segment* service is used to transfer the additional data that could not be transferred with the *Initiate SDO Upload* service response. The server starts as many Upload SDO Segment services as are required to transfer all data from the server.

4.7.1 CANopen over EtherCAT protocol

4.7.1.1 Initiate SDO Download Expedited Request

Write, Client --> Server

Frame Fragment	Data field	Data type	Value / Description
Mailbox Header	Length	WORD	0x0A: Length of the mailbox service data
	Address	WORD	Source station address, if Master = Client Destination station address, if Slave = Client
	Channel	unsigned:6	0x00, reserved
	Priority	unsigned:2	0x00: Lowest priority ... 0x03: Highest priority
	Type	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserved	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Quantity	unsigned:9	0x00
	reserved	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x02: SDO Request
SDO	Command code (CCD)	Size indicator	unsigned:1 0x00: Size of data (1..4) not specified 0x01: Size of data specified in data record size
		Transmission type	unsigned:1 0x01: Expedited transmission
		Data record size	unsigned:2 0x00: 4 byte of data 0x01: 3 byte of data 0x02: 2 byte of data 0x03: 1 byte of data
		Total access	unsigned:1 0x00
		Command	unsigned:3 0x01: Initiate Download Request
		Index	WORD Object index
		Sub-index	BYTE Object sub-index
		Data	BYTE[4] Object data

Table 1: CANopen Initiate SDO Download Expedited Request

The following SDO write frames can be derived from the above protocol:

CCD	Meaning	Valid for
0x23	Write 4 byte	SDO Request
0x27	Write 3 byte	SDO Request
0x2B	Write 2 byte	SDO Request
0x2F	Write 1 byte	SDO Request

4.7.1.2 Initiate SDO Download Expedited Response

Response, Server --> Client

Frame Fragment	Data field	Data type	Value / Description
Mailbox Header	Length	WORD	0x06: Length of the mailbox service data
	Address	WORD	Source station address, if Master = Client Destination station address, if Slave = Client
	Channel	unsigned:6	0x00, reserved
	Priority	unsigned:2	0x00: Lowest priority ... 0x03: Highest priority
	Type	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserved	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Quantity	unsigned:9	0x00
	reserved	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x03: SDO Response
SDO	Command code (CCD)	Size indicator	unsigned:1 0x00
		Transmission type	unsigned:1 0x00
		Data record size	unsigned:2 0x00
		Total access	unsigned:1 0x00
		Command	unsigned:3 0x03: Initiate Download Response
		Index	WORD Object index
		Sub-Index	BYTE Object sub-index

Table 2: Initiate SDO Download Expedited

The server answers with the following response:

CCD	Meaning	Valid for
0x60	Write successful	SDO Response
0x80	Error, Abort SDO Transfer	SDO Response

In the case of an error (SDO response CCD = 0x80), the data range contains a 4-byte-error code, which provides information on the cause of the error, see chapter SDO Abort Codes, page 132.

4.7.1.3 Initiate SDO Upload Expedited Request

Read, Server --> Client

Frame Fragment	Data field	Data type	Value / Description
Mailbox Header	Length	WORD	0x06: Length of the mailbox service data
	Address	WORD	Source station address, if Master = Client Destination station address, if Slave = Client
	Channel	unsigned:6	0x00, reserved
	Priority	unsigned:2	0x00: Lowest priority ... 0x03: Highest priority
	Type	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserved	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Quantity	unsigned:9	0x00
	reserved	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x02: SDO Request
SDO	Command code (CCD)	Size indicator	unsigned:1 0x00
		Transmission type	unsigned:1 0x00
		Data record size	unsigned:2 0x00
		Total access	unsigned:1 0x00
		Command	unsigned:3 0x02: Initiate Upload Request
		Index	WORD Object index
		Sub-Index	BYTE Object sub-index

Table 3: Initiate SDO Upload Expedited Request

The following SDO read frame can be derived from the above protocol:

CCD	Meaning	Valid for
0x40	Read request	SDO Request

4.7.1.4 Initiate SDO Upload Expedited Response

Response, Server --> Client

Frame Fragment	Data field	Data type	Value / Description
Mailbox Header	Length	WORD	0x0A: Length of the mailbox service data
	Address	WORD	Source station address, if Master = Client Destination station address, if Slave = Client
	Channel	unsigned:6	0x00, reserved
	Priority	unsigned:2	0x00: Lowest priority ... 0x03: Highest priority
	Type	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserved	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Quantity	unsigned:9	0x00
	reserved	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x03: SDO Response
SDO	Command code (CCD)	Size indicator	unsigned:1 0x00: Size of data (1..4) not specified 0x01: Size of data specified in data record size
		Transmission type	unsigned:1 0x01: Expedited transmission
		Data record size	unsigned:2 0x00: 4 byte of data 0x01: 3 byte of data 0x02: 2 byte of data 0x03: 1 byte of data
		Total access	unsigned:1 0x00
		Command	unsigned:3 0x02: Initiate Upload Response
		Index	WORD Object index
		Sub-Index	BYTE Object sub-index
		Data	BYTE[4] Object data

Table 4: Initiate SDO Upload Expedited Response

The server answers with the following possible responses:

CCD	Meaning	Valid for
0x43	4 byte of data read	SDO Response
0x47	3 byte of data read	SDO Response
0x4B	2 byte of data read	SDO Response
0x4F	1 byte of data read	SDO Response
0x80	Error, Abort SDO Transfer	SDO Response

In the case of an error (SDO response CCD = 0x80), the data range contains a 4-byte-error code, which provides information on the cause of the error, see chapter SDO Abort Codes, page 132.

4.8 PDO mapping

PDO mapping refers to the mapping of application objects (real-time data, e.g. object 6004h "Position value" from the object dictionary into Process Data Objects, e.g. Object 1A00h (1st Transmit PDO).

The current mapping can be read via corresponding entries in the object dictionary, the so-called mapping tables. The number of mapped objects that are listed subsequently is found at the top of the mapping table (subindex 0). The tables are located in the object dictionary in index 0x1600 ff. for the RxPDOs and 0x1A00ff for the TxPDOs.

4.9 EtherCAT State Machine (ESM)

The Application Management contains the EtherCAT State Machine, which describes the states and state changes of the slave application. Apart from a few details, the ESM corresponds to the CANopen Network Management (NMT). In order to enable reliable starting behavior the "Safe Operational" state has been introduced in EtherCAT. In this state valid entries are transmitted, while the outputs remain in safe status.

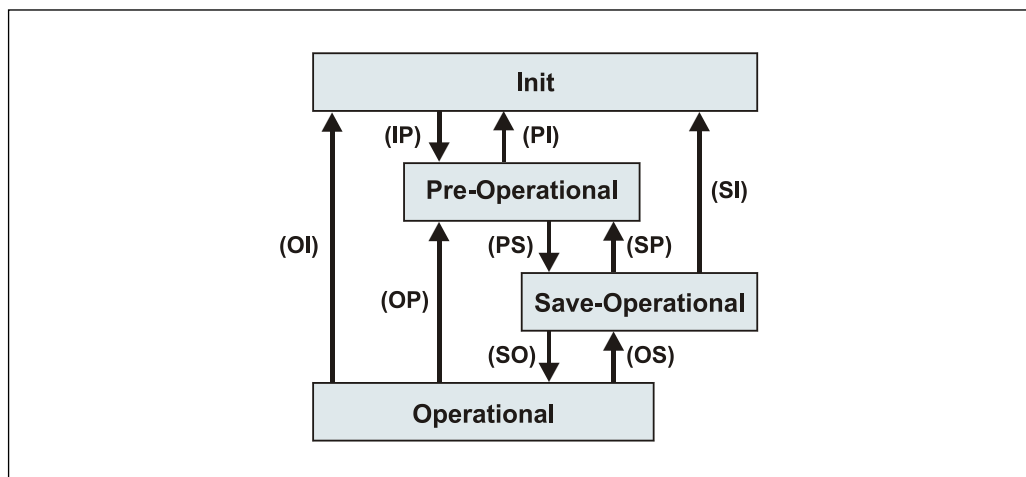


Figure 8: EtherCAT State Machine

Status	Description
IP	Start Mailbox Communication
PI	Stop Mailbox Communication
PS	Start Input Update
SP	Stop Input Update
SO	Start Output Update
OS	Stop Output Update
OP	Stop Output Update, Stop Input Update
SI	Stop Input Update, Stop Mailbox Communication
OI	Stop Output Update, Stop Input Update, Stop Mailbox Communication

4.10 Further information

Further information on EtherCAT can be obtained on request from the ***EtherCAT Technology Group*** (ETG) at the following address:

ETG Headquarter
Ostendstraße 196
90482 Nuremberg
Germany
Phone: + 49 (0) 9 11 / 5 40 5620
Fax: + 49 (0) 9 11 / 5 40 5629
Email: info@ethercat.org
Internet: www.ethercat.org

5 Installation / Preparation for Commissioning

EtherCAT supports linear, tree or star structures. The bus or linear structure used in the field buses is thus also available for Ethernet. This is particularly practical for system wiring, as a combination of line and stubs is possible.

For transmission according to the 100Base-TX Fast Ethernet standard, patch cables in category STP CAT5 must be used (2 x 2 shielded twisted pair copper wire cables). The cables are designed for bit rates of up to 100 Mbit/s. The transmission speed is automatically detected by the measuring system and does not have to be set by means of a switch.

Addressing by switch is also not necessary; this is done automatically using the addressing options of the EtherCAT master.

The cable length between two subscribers may be max. 100 m, a total of 65535 subscribers are possible in the EtherCAT network.

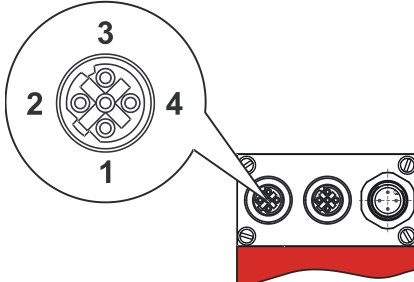
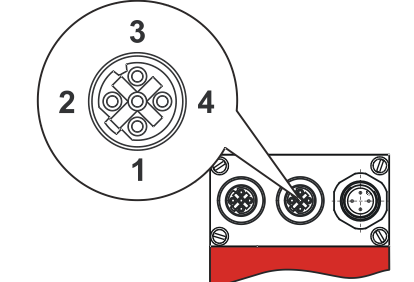
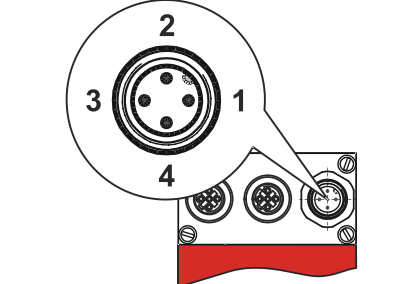


In order to ensure safe, fault-free operation,

- *ISO/IEC 11801, EN 50173 (European standard)*
- *ISO/IEC 8802-3*
- *and other pertinent standards and directives must be complied with!*

In particular, the applicable EMC directive and the shielding and grounding directives must be observed!

5.1 Connection

PORT-IN	Flange socket M12x1-4 pin D-coded
Pin 1 TxD+, transmitted data + Pin 2 RxD+, received data + Pin 3 TxD–, transmitted data – Pin 4 RxD–, received data –	
PORT-OUT	Flange socket M12x1-4 pin D-coded
Pin 1 TxD+, transmitted data + Pin 2 RxD+, received data + Pin 3 TxD–, transmitted data – Pin 4 RxD–, received data –	
Supply	Flange connector M12x1-4 pin A-coded
Pin 1 11 – 27 V DC Pin 2 TRWinProg +, optional Pin 3 GND, 0 V Pin 4 TRWinProg –, optional	



Shielded twisted pair cables must be used for the supply !

Order data for Ethernet flange socket M12x1-4 pin D-coded

Manufacturer	Designation	Order no.:
Binder	Series 825	99-3729-810-04
Phoenix Contact	SACC-M12MSD-4CON-PG 7-SH (PG 7)	15 21 25 8
Phoenix Contact	SACC-M12MSD-4CON-PG 9-SH (PG 9)	15 21 26 1
Harting	HARAX® M12-L	21 03 281 1405

5.2 Switching on the supply voltage

After the connection has been made, the supply voltage can be switched on.

The measuring system is initialized first of all and is then in **INIT** status. In this status, no direct communication is possible between master and measuring system via the application layer. The measuring system can be gradually transferred to **OPERATIONAL** status according to the state machine via the EtherCAT master:

PRE-OPERATIONAL

The "Start Mailbox Communication" command puts the measuring system into **PRE-OPERATIONAL** status. In this status only the mailbox is active first of all, and master and measuring system exchange application-specific initializations and parameters. In **PRE-OPERATIONAL** status only a parameterization via Service Data Objects is initially possible. However, it is possible to configure PDOs using SDOs.

SAFE-OPERATIONAL

The "Start Input Update" command puts the measuring system into **SAFE-OPERATIONAL** status. In this status the measuring system provides valid current input data, without changing the output data. The outputs are in safe status.

OPERATIONAL

The "Start Output Update" command puts the measuring system into **OPERATIONAL** status. In this status the measuring system provides valid input data and the master provides valid current output data. When the measuring system has detected the data received via the process data service, the status transition is confirmed by the measuring system. If activation of the output data was not possible, the measuring system remains in **SAFE-OPERATIONAL** status and outputs an error message.



As a result of access to the **CANopen-over-EtherCAT** (CoE) mailbox, the measuring system does not output any plausible values during the execution of the service. This applies for the **SAFE-OPERATIONAL** and **OPERATIONAL** states. Mailbox access is generally triggered by SDO requests.

6 Commissioning

6.1 Device description file

The XML file contains all information on the measuring system-specific parameters and the operating modes of the measuring system. The XML file is integrated by the EtherCAT network configuration tool, in order to enable correct configuration and commissioning of the measuring system.

Download:

- TR-Ethercat_CEx-65x_xxx.xml for CEx65 measuring systems:
www.tr-electronic.de/f/TR-ECE-ID-MUL-0034
- TR-Ethercat_COx-65x_xxx.xml for COx65 measuring systems:
www.tr-electronic.de/f/TR-ECE-ID-MUL-0035

6.2 Bus status display

The EtherCAT measuring system is equipped with four green diagnostic LEDs.

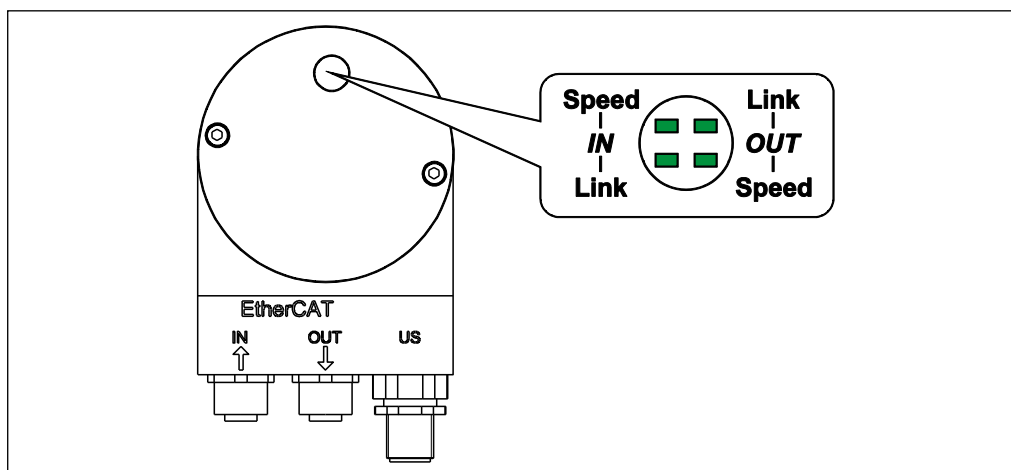


Figure 9: EtherCAT diagnostic LEDs

	ON		OFF		FLASHING
---	----	---	-----	---	----------

Speed-LEDs PORT-IN / PORT-OUT	
	100 Mbit/s connection present. Data rate adjusts automatically
	No connection

Link-LEDs PORT-IN / PORT-OUT	
	Physical connection present
	No physical connection present
	Bus traffic present

For appropriate measures in case of error see chapter "Optical displays" page 130.

7 Operating Modes

Two operating modes are supported by the measuring system:

- Synchronous
- Distributed Clocks

In "Synchronous" operating mode, the process data is output synchronously to the EtherCAT bus cycle time.

In "Distributed Clocks" operating mode, the process data is output synchronously to a self-defined time. The relevant settings are made in the EtherCAT master. By the measuring system the synchronization signals "SYNC0" and "SYNC1" are supported.

8 Communication-Specific Standard Objects (CiA DS-301)

The following table shows an overview of the supported indexes in the communication profile range:

M = Mandatory
O = Optional
C = Conditional

Index (h)	Object	Name	Type, Bit length	Attr.	M/O/C	Page
1000	VAR	Device type	Unsigned32	ro	M	100
1008	VAR	Manufacturer device name	String(14), 112	const	O	100
1009	VAR	Manufacturer hardware version	String(14), 112	const	O	101
100A	VAR	Manufacturer software version	String(14), 112	const	O	101
1018	RECORD	Identity object	Identity (23h)	ro	M	102
1A00	RECORD	1 st Transmission PDO - Status - Position	PDO Mapping, 21h	ro	C	104
1A01	RECORD	2 nd Transmission PDO - Status - Position - Time Stamp	PDO Mapping	ro	C	106
1A02	RECORD	3 rd Transmission PDO - Status - Position_Low - Position_High	PDO Mapping	ro	C	108
1A03	RECORD	4 th Transmission PDO - Status - Position_Low - Position_High - Time Stamp	PDO Mapping	ro	C	110
1C00	ARRAY	Sync Manager Communication type	Unsigned8	ro	M	112
1C12	-	Sync Manager RxPDO allocation	not supported, because no RxPDOs are available			
1C13	ARRAY	Sync Manager TxPDO allocation	Unsigned16	ro	M	114
1C32	-	Sync Manager 3 Parameter (Output)	not supported, because no outputs are available			
1C33	ARRAY	Sync Manager 3 Parameter (Input)	Unsigned16	ro	O	115

Table 5: Communication-specific standard objects

8.1 Object 1000h: Device type

Contains information on the device type. The object with index 1000h describes the device type and its functionality. It comprises a 16 bit field, which describes the device profile used (device profile no. 406 = 196h) and a second 16 bit field, which provides information on the device type.

Index	0x1000
Name	Device Type
Object code	VAR
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No

Device type			
Device profile number		Encoder type	
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
96h	01h	2^7 to 2^0	2^{15} to 2^8

Encoder type		
Code	Definition	Default
01	Absolute single turn encoder	depending on the encoder type
02	Absolute multi turn encoder	

8.2 Object 1008h: Manufacturer device name

Contains the manufacturer device name, transmission by "Upload SDO Segment Request Protocol".

Index	0x1008
Name	Device Name
Object code	VAR
Data type	VISIBLE_STRING
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	" ", depending on the device type

8.3 Object 1009h: Manufacturer hardware version

Contains the manufacturer hardware version, transmission by "Upload SDO Segment Request Protocol".

Index	0x1009
Name	Hardware version
Object code	VAR
Data type	VISIBLE_STRING
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	"416254_ "

8.4 Object 100Ah: Manufacturer software version

Contains the manufacturer software version.

Index	0x100A
Name	Software version
Object code	VAR
Data type	VISIBLE_STRING
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	"Vxxx", depending on the current version

8.5 Object 1018h: Identity object

The identity object contains the following parameters:

- EtherCAT Vendor ID
Contains the device vendor ID allocated by the ETG
- Product Code
Contains the product code of the device
- Revision Number
Contains the revision number of the device, which defines the functionality and the individual versions.
- Serial Number
Contains the serial number of the device

Index	0x1018
Name	Identity
Object code	RECORD
Data type	IDENTITY
Category	Mandatory

Sub-Index	0
Description	Number of entries
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	4

Sub-Index	1
Description	Vendor ID
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	1289

Sub-Index	2
Description	Product Code
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	85416042

Sub-Index	3
Description	Revision Number
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	20001

Sub-Index	4
Description	Serial Number
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	0

8.6 Object 1A00h: 1st Transmit PDO Mapping

The following process data can be transmitted with the first Transmit Process Data Object 0x1A00:

- Status, Object 3101, Input --> Sub-Index 1
- Position, Object 3101, Input --> Sub-Index 2

The assignment of whether object 0x1A00 is actually transmitted as process data is made via object "Object 1C13h: Sync Manager Channel 3 (process data input)" page 114.

Index	0x1A00
Name	TxPDO 1 Normal mapping
Object code	RECORD
Data type	PDO_MAPPING
Category	Mandatory for each supported TxPDO

Sub-Index	0
Description	Number of mapped objects in the PDO
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	2

Sub-Index	1
Description	Input, Status
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 8 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 1 bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

Sub-Index	2
Description	Input CEx-65: Position, COx-65: Position_Low
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 32 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 2 bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

8.7 Object 1A01h: 2nd Transmit PDO Mapping

The following process data can be transmitted with the second Transmit Process Data Object 0x1A01:

- Status, Object 3101, Input --> Sub-Index 1
- Position, Object 3101, Input --> Sub-Index 2
- Time Stamp, Object 3101, Input --> Sub-Index 3

The assignment of whether object 0x1A01 is actually transmitted as process data is made via object "Object 1C13h: Sync Manager Channel 3 (process data input)" page 114.

Index	0x1A01
Name	TxPDO 2 Time Stamp mapping
Object code	RECORD
Data type	PDO_MAPPING
Category	Mandatory for each supported TxPDO

Sub-Index	0
Description	Number of mapped objects in the PDO
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	3

Sub-Index	1
Description	Input, Status
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 8 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 1 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

Sub-Index	2
Description	Input CEx-65: Position, COx-65: Position_Low
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 32 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 2 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

Sub-Index	3
Description	Input, TimeStamp
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 32 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 3 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

8.8 Object 1A02h: 3rd Transmit PDO Mapping

The following process data can be transmitted with the third Transmit Process Data Object 0x1A02:

- Status, Object 3101, Input --> Sub-Index 1
- Position_Low, Object 3101, Input --> Sub-Index 2
- Position_High, Object 3101, Input --> Sub-Index 3

The assignment of whether object 0x1A02 is actually transmitted as process data is made via object "Object 1C13h: Sync Manager Channel 3 (process data input)" page 114.

Index	0x1A02
Name	TxPDO 3 Normal mapping (High Resolution)
Object code	RECORD
Data type	PDO_MAPPING
Category	Mandatory for each supported TxPDO

Sub-Index	0
Description	Number of mapped objects in the PDO
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	3

Sub-Index	1
Description	Input, Status
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 8 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 1 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

Sub-Index	2
Description	Input, Position_Low
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 32 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 2 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

Sub-Index	3
Description	Input, Position_High
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 32 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 3 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

8.9 Object 1A03h: 4th Transmit PDO Mapping

The following process data can be transmitted with the fourth Transmit Process Data Object 0x1A03:

- Status, Object 3101, Input --> Sub-Index 1
- Position_Low, Object 3101, Input --> Sub-Index 2
- Position_High, Object 3101, Input --> Sub-Index 3
- Time Stamp, Object 3101, Input --> Sub-Index 4

The assignment of whether object 0x1A03 is actually transmitted as process data is made via object "Object 1C13h: Sync Manager Channel 3 (process data input)" page 114.

Index	0x1A03
Name	TxPDO 4 TimeStamp mapping (High Resolution)
Object code	RECORD
Data type	PDO_MAPPING
Category	Mandatory for each supported TxPDO

Sub-Index	0
Description	Number of mapped objects in the PDO
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	4

Sub-Index	1
Description	Input, Status
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 8 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 1 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

Sub-Index	2
Description	Input, Position_Low
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 32 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 2 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

Sub-Index	3
Description	Input, Position_High
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 32 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 3 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

Sub-Index	4
Description	Input, Time Stamp
Data type	UNSIGNED32
Category	Conditional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Bit 0-7: Length of the mapped object in bits = 32 Bit 8-15: Sub-index of the mapped object = 4 Bit 16-31: Index of the mapped object = 3101

8.10 Object 1C00h: Sync Manager Communication Type

This object is used to define the number of communication channels used and the type of communication.

The following are supported:

- Mailbox sending and receive
- Process data input for the transmission of position values (Slave --> Master)

The inputs can only be read, the configuration of the communication channels occurs automatically when the EtherCAT master boots.

Index	0x1C00
Name	Sync Manager Communication Type
Object code	ARRAY
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory

Sub-Index	0
Description	Number of Sync Manager channels used
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	4

Sub-Index	1
Description	Communication Type Sync Manager 0
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	1: Receive mailbox (Master --> Slave)

Sub-Index	2
Description	Communication Type Sync Manager 1
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	2: Send mailbox (Slave --> Master)

Sub-Index	3
Description	Communication Type Sync Manager 2
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	3: not used

Sub-Index	4
Description	Communication Type Sync Manager 3
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	4: Process data input (Slave --> Master)

8.11 Object 1C13h: Sync Manager Channel 3 (process data input)

The number and the respective object index of the assigned TxPDOs are defined by object 1C13h. One of the following Transmit Process Data Objects can be assigned as process data input:

- 0x1A00, 1st Transmit Process Data Object
- 0x1A01, 2nd Transmit Process Data Object
- 0x1A02, 3rd Transmit Process Data Object
- 0x1A03, 4th Transmit Process Data Object

Index	0x1C13
Name	Sync Manager TxPDO Assign
Object code	ARRAY
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory

Sub-Index	0
Description	Number of assigned TxPDOs
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	1

Sub-Index	1
Description	PDO Mapping Object Index of the assigned TxPDOs
Data type	UNSIGNED16
Category	Conditional
Access	rw
PDO mapping	No
Value	0x1A00: TxPDO 1 0x1A01: TxPDO 2 0x1A02: TxPDO 3 0x1A03: TxPDO 4
Default	0x1A00: TxPDO 1

8.12 Object 1C33h: Sync Manager 3, Parameter

The object 1C33h "Input Sync Manager Parameter" describes the adjustments for the Input Sync Manager and can only be read.

Index	0x1c33
Name	Sync Manager 3 Parameter
Object code	ARRAY
Data type	Unsigned16
Category	Optional

Sub-Index	0
Description	Number of entries
Data type	UNSIGNED8
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	11

Sub-Index	1
Description	Synchronization Type
Data type	UNSIGNED16
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	1: Synchronous – synchronized with Sync Manager 3 event 5: Distributed clocks

Sub-Index	2
Description	Cycle Time
Data type	UNSIGNED32
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Min. time between two SM2/3 events in ns.

Sub-Index	3
Description	Shift Time
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Time between SM3 event and the hardware input latch in ns

Sub-Index	4
Description	Synchronization types supported
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	0x12: Bit 1: Synchronous supported Bit 4: Distributed clocks supported

Sub-Index	5
Description	Minimum Cycle Time
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Min. cycle time which is support by the Slave in ns (Max. period of the local cycle).

Sub-Index	6
Description	Calc and Copy Time
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Time in ns needed by the application controller to perform calculations on the input values if necessary and to copy the process data from the local memory to the Sync Manager before the data is available for EtherCAT.

Sub-Index	7
Description	Reserved
Data type	UNSIGNED32

Sub-Index	8
Description	Get Cycle Time
Data type	UNSIGNED16
Category	Optional
Access	rw
PDO mapping	No
Value	0: Measurement of local cycle time stopped 1: Measurement of local cycle time started

Sub-Index	9
Description	Delay Time
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Hardware delay time of the slave in ns.

Sub-Index	10
Description	Application Controller Cycle Time
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Only important for synchronization type = 2 and subordinated local cycles.

Sub-Index	11
Description	Sync 0 Cycle Time
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	ro
PDO mapping	No
Value	Only important for synchronization type = 2 and subordinated local cycles.

9 Manufacturer and Profile Specific Objects (CiA DS-406)

M = Mandatory

O = Optional

Index (h)	Object	Name	Data length	Attr.	M/O	Page
Parameter						
2000	VAR	Accept parameters	Unsigned32	rw	O	119
2001	VAR	Number of revolution, numerator	Unsigned32	rw	O	123
2002	VAR	Number of revolution, divisor (optional)	Unsigned32	rw	O	123
3101	VAR	Input	DT3101, 96/128	ro	O	126
6000	VAR	Operating parameters	Unsigned16 / Unsigned32	rw	M	128
6001	VAR	Single measuring range	Unsigned32	rw	M	119
6002	VAR	Total measuring range in steps	Unsigned32 / Unsigned64	rw	M	120/122
6003	VAR	Preset value	Unsigned32 / Unsigned64	rw	M	128

Table 6: Encoder profile range

9.1 Object 2000h: Accept parameters

With write access to this object, the measuring system accepts the parameters in the non-volatile memory (EEPROM).

Index	0x2000
Description	Accept Parameters
Data type	UNSIGNED32
Category	Optional
Access	rw
PDO mapping	No
Value	Not relevant

9.2 Scaling parameter, without gear function

With the scaling parameters the physical resolution of the measuring system can be changed. The position value output is binary decoded and is calculated with a zero point correction and the count direction set. The measuring system does not support decimal numbers in this configuration or numbers of revolutions (gearbox function) deviating from exponents of 2.

9.2.1 Object 6001h: Single measuring range (Steps per revolution)

Defines how many steps the measuring system outputs for one revolution of the measuring system shaft.

Index	0x6001
Description	Single Measuring Range
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	rw
PDO mapping	No
Lower limit	1 step / revolution
Upper limit	CEx-65: 32768 steps per revolution (Max. value see nameplate) COx-65: 262144 steps per revolution (Max. value see nameplate)
Default	4096

9.2.2 Object 6002h: Total measuring range

Defines the **total number of steps** of the measuring system before the measuring system restarts at zero.

Index	0x6002
Description	Total Measuring Range
Data type	CEx-65: UNSIGNED32, COx-65: UNSIGNED64
Category	Mandatory
Access	rw
PDO mapping	No
Lower limit	16 steps
Upper limit	CEx-65: 33 554 432 steps (25 bit) COx-65: 1 073 741 824 steps (30 bit)
Default	16777216

The actual upper limit for the measurement length to be entered in steps is dependent on the measuring system version and can be calculated with the formula below. As the value "0" is already counted as a step, the end value = measurement length in steps - 1.

$$\text{Total measuring range} = \text{Steps per revolution} * \text{Number of revolutions}$$

To calculate, the parameters **steps/rev.** and **the number of revolutions** can be read on the measuring system nameplate.

*When entering parameter data, ensure that the parameters **"Total measuring range"** and **"Steps per revolution"** are selected such that the quotient of the two parameters is an exponent of 2.*

If this is not the case, the measuring system corrects the measurement length in steps to the next smallest exponent of 2 revolutions. The Steps per revolution remains constant.



The newly calculated total measuring range can be read from the Object 6002h and is always shorter than the specified measurement length. It may therefore occur that the total number of steps actually required is not achieved and the measuring system generates a zero transition before it reaches the maximum mechanical distance.

As the internal absolute position (before scaling and zero point adjustment) is periodically repeated after 4096 revolutions - for applications where the number of revolutions is not an exponent of 2 and rotation is infinitely in the same direction, there is always an offset.

For such applications, measuring systems with gear function are to be used.

9.3 Scaling parameter, with gear function

Danger of personal injury and damage to property exists if the measuring system is restarted after positioning in the de-energized state by shifting of the zero point!

If the number of revolutions is not an exponent of 2 or is >4096, it can occur, if more than 512 revolutions are made in the de-energized state, that the zero point of the multi-turn measuring system is lost!

⚠ WARNING

NOTICE

- Ensure that the quotient of **Revolutions Numerator / Revolutions Denominator** for a multi-turn measuring system is an exponent of 2 of the group $2^0, 2^1, 2^2 \dots 2^{12}$ (1, 2, 4...4096).
or
 - Ensure that every positioning in the de-energized state for a multi-turn measuring system is within 512 revolutions.
-

The scaling parameters can be used to change the physical resolution of the measuring system. The measuring system supports the gearbox function for round axes.

This means that the **Steps per revolution** and the quotient of **Revolutions numerator / Revolutions denominator** can be a decimal number.

The position value output is calculated with a zero point correction, the count direction set and the gearbox parameter entered.

9.3.1 Object 6002h: Total measuring range

Defines the **total number of steps** of the measuring system before the measuring system restarts at zero.

Index	0x6002
Description	Total Measuring Range
Data type	CEx-65: UNSIGNED32, COx-65: UNSIGNED64
Category	Mandatory
Access	rw
PDO mapping	No
Lower limit	16 steps
Upper limit	CEx-65: 8 589 934 592 steps (33 bit) COx-65: 68 719 476 736 steps (36 bit)
Default	16777216

The actual upper limit for the measurement length to be entered in steps is dependent on the measuring system version and can be calculated with the formula below. As the value "0" is already counted as a step, the end value = measurement length in steps - 1.

$$\text{Total measuring range} = \text{Steps per revolution} * \text{Number of revolutions}$$

To calculate, the parameters **steps/rev.** and **the number of revolutions** can be read on the measuring system nameplate.

9.3.2 Object 2001-2002h: Number of Revolutions Numerator / Divisor

Together, these two parameters define the **Number of revolutions** before the measuring system restarts at zero.

As decimal numbers are not always finite (as is e.g. 3.4), but they may have an infinite number of digits after the decimal point (e.g. 3.43535355358774...) the number of revolutions is entered as a fraction.

Index	0x2001
Description	Number of Revolutions / -numerator
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	rw
PDO mapping	No
Lower limit	1
Upper limit	256000
Default	4096

Index	0x2002
Description	Number of Revolutions / -divisor
Data type	UNSIGNED32
Category	Mandatory
Access	rw
PDO mapping	No
Lower limit	1
Upper limit	16384
Default	1

Formula for gearbox calculation:

$$\text{Total measuring range} = \text{Steps per revolution} * \frac{\text{Number of Revolutions numerator}}{\text{Number of Revolutions denominator}}$$

If it is not possible to enter parameter data in the permitted ranges of numerator and denominator, the attempt must be made to reduce these accordingly. If this is not possible, it may only be possible to represent the decimal number affected approximately. The resulting minor inaccuracy accumulates for real round axis applications (infinite applications with motion in one direction).

A solution is e.g. to perform adjustment after each revolution or to adapt the mechanics or gearbox accordingly.

*The parameter **"Steps per revolution"** may also be decimal number, however the **"Total measuring range"** may not. The result of the above formula must be rounded up or down. The resulting error is distributed over the total number of revolutions programmed and is therefore negligible.*

Preferably for linear axes (forward and backward motions):

*The parameter **"Revolutions denominator"** can be programmed as a fixed value of "1". The parameter **"Revolutions numerator"** is programmed slightly higher than the required number of revolutions. This ensures that the measuring system does not generate a jump in the actual value (zero transition) if the distance travelled is exceeded. To simplify matters the complete revolution range of the measuring system can also be programmed.*

The following example serves to illustrate the approach:

Given:

- Measuring system with 4096 steps/rev. and max. 4096 revolutions
- Resolution 1/100 mm
- Ensure the measuring system is programmed in its full resolution and total measuring length (4096x4096):
 Total number of steps = 16777216,
 Revolutions numerator = 4096
 Revolutions denominator = 1
- Set the mechanics to be measured to the left stop position
- Set measuring system to "0" using the adjustment
- Set the mechanics to be measured to the end position
- Measure the mechanical distance covered in mm
- Read off the actual value of the measuring system from the controller connected

Assumed:

- Distance covered = 2000 mm
- Measuring system actual position after 2000 mm = 607682 steps

Derived:

Number of revolutions covered = 607682 steps / 4096 steps/rev.
 = **148.3598633 revolutions**

Number of mm / revolution = 2000 mm / 148.3598633 revs. = **13.48073499mm / rev.**

For 1/100mm resolution this equates to a **Number of steps per revolution of 1348.073499**

Required programming:

Number of Revolutions numerator = **4096**
 Number of Revolutions denominator = **1**

Total number of steps = Number of steps per revolution * $\frac{\text{Number of revolutions numerator}}{\text{Number of revolutions denominator}}$

= 1348.073499 steps / rev. * $\frac{4096 \text{ revolutions numerator}}{1 \text{ revolution denominator}}$

= **5521709 steps** (rounded off)

9.4 Object 3101h: Input

The object 3101 "Input" defines the output position value, the device status and the time stamp, which can be mapped over the Transmit Process Data Objects. The device status is not supported at present.

Index	0x3101
Name	Input
Object Code	DEFSTRUCT
Data type	DT3101 CEx-65: 96 Bit, COx-65: 128 Bit
Category	Optional

Sub-Index	0
Description	Number of entries
Data type	UNSIGNED8
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	Yes
Value	CEx-65: 3, COx-65: 4

Sub-Index	1
Description	Status
Data type	UNSIGNED8
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	Yes
Value	0, not supported

Sub-Index	2
Description	CEx-65: Position, COx-65: Position_Low
Data type	UNSIGNED32
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	Yes
Value	CEx-65: current position, binary coded COx-65: current position, binary coded (low order double word)

Position value, CEx-65			
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
2^7 to 2^0	2^{15} to 2^8	2^{23} to 2^{16}	2^{31} to 2^{24}

Position value, COx-65							
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Position_Low				Position_High			
2^7 to 2^0	2^{15} to 2^8	2^{23} to 2^{16}	2^{31} to 2^{24}	2^{39} to 2^{32}	2^{47} to 2^{40}	2^{55} to 2^{48}	2^{63} to 2^{56}

Sub-Index	3
Description	CEx-65: Time Stamp, COx-65: Position_High
Data type	UNSIGNED32
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	Yes
Value	CEx-65: Value in ns COx-65: current position, binary coded (high order double word)

Sub-Index	4
Description	COx-65: Time Stamp
Data type	UNSIGNED32
Category	Optional
Access	ro
PDO mapping	Yes
Value	COx-65: Value in ns

9.5 Object 6000h: Operating parameters

The object with index 6000h supports only the function for the code sequence. The code sequence defines whether increasing or decreasing position values are output when the measuring system shaft rotates clockwise or counter clockwise as seen on the shaft.

Index	0x6000
Description	Operating Parameters
Data type	CEx-65: UNSIGNED32, COx-65: UNSIGNED16
Category	Mandatory
Access	rw
PDO mapping	No
Value	Bit 0 = 0: Position increasing clockwise (view onto the shaft) Bit 0 = 1: Position decreasing clockwise (view onto the shaft)

9.6 Object 6003h: Preset value

⚠ WARNING

Risk of injury and damage to property by an actual value jump when the Preset adjustment function is performed!

NOTICE

- The preset adjustment function should only be performed when the measuring system is at rest, otherwise the resulting actual value jump must be permitted in the program and application!

The Preset Function can be used to adjust the measuring system to any position value within a range of 0 to measuring length in increments –1. The output position value is set to the parameter "Preset value" when writing to this object.

Index	0x6003
Description	Preset Value
Data type	CEx-65: UNSIGNED32, COx-65: UNSIGNED64
Category	Mandatory
Access	rw
PDO mapping	No
Value	current position, or a value within the range from 0 to programmed measuring length in steps – 1

Preset value								
	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
CEx-65	2 ⁷ to 2 ⁰	2 ¹⁵ to 2 ⁸	2 ²³ to 2 ¹⁶	2 ³¹ to 2 ²⁴	-	-	-	-
COx-65	2 ⁷ to 2 ⁰	2 ¹⁵ to 2 ⁸	2 ²³ to 2 ¹⁶	2 ³¹ to 2 ²⁴	2 ³⁹ to 2 ³²	2 ⁴⁷ to 2 ⁴⁰	2 ⁵⁵ to 2 ⁴⁸	2 ⁶³ to 2 ⁵⁶

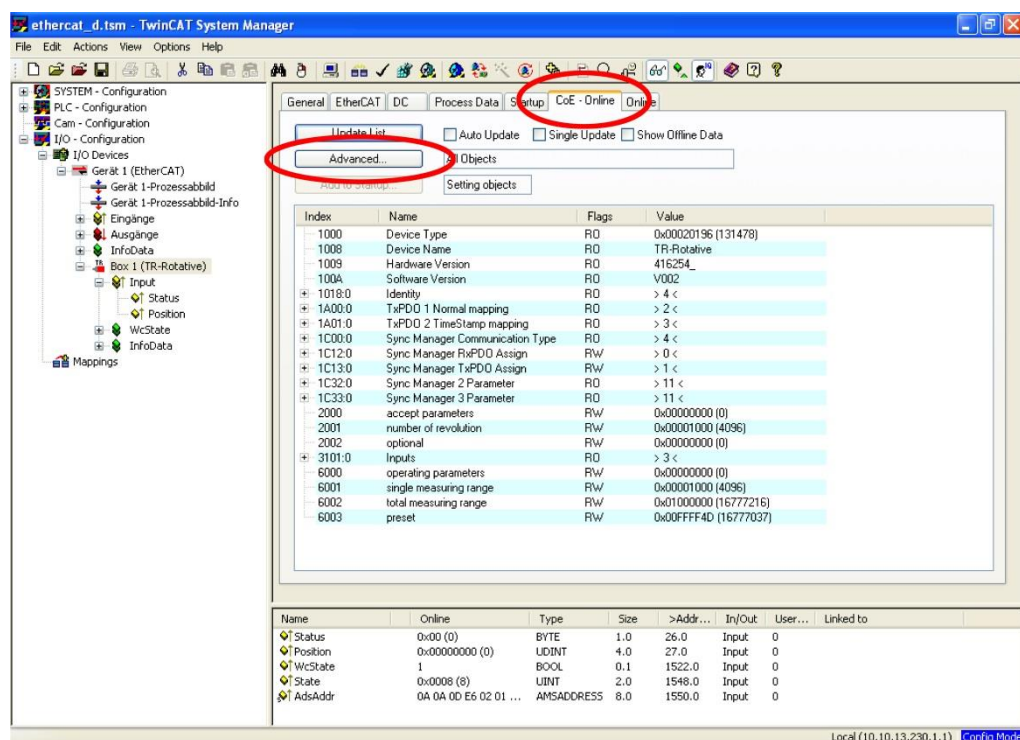
10 Read-out the supported objects of the measuring system

The objects described in this manual correspond to the max. number of objects. Which objects are actually supported by the measuring system, can be read-out by the EtherCAT "SDO Information Service".

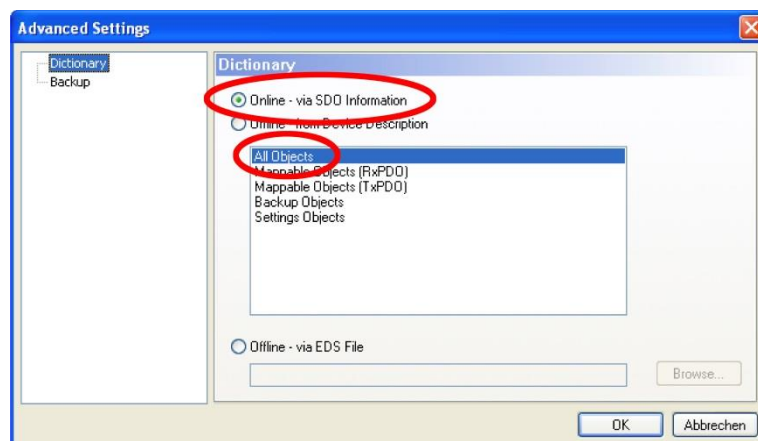
Normally the EtherCAT master provides appropriate mechanisms for the read-out of the supported objects. Knowledge of the protocol structure and internal sequences is therefore not required.

Proceeding on use of the "TwinCAT System Manager" configuration software:

- Establish online connection
- Select program tab **CoE - Online**
- Click the **Advanced** button



- Select radio button **Online...**
- --> **All Objects**



11 Error Causes and Remedies

11.1 Optical displays

Link LED	Cause	Remedie
Off	Voltage supply absent or too low	- Check voltage supply, wiring - Is the voltage supply in the permissible range?
	Bus hood not correctly connected and screwed on	Check bus hood for correct fitting
	Bus hood defective	Replace bus hood
	No bus connection	Check bus cable
	Hardware error, measuring system defective	Replace measuring system
Flashing	Measuring system ready for operation, connection to master established	-
On	Measuring system ready for operation, but no connection to master	-

11.2 Abort SDO Transfer Request Protocol

In the case of an error (SDO Response CCD = 0x80), *Abort SDO Transfer Request Protocol* is transmitted instead of the response.

Abort SDO Transfer Request, Server --> Client

Frame Fragment	Data field	Data type	Value / Description
Mailbox Header	Length	WORD	0x0A: Length of the mailbox service data
	Address	WORD	Source station address, if Master = Client Destination station address, if Slave = Client
	Channel	unsigned:6	0x00, reserved
	Priority	unsigned:2	0x00: Lowest priority ... 0x03: Highest priority
	Type	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserved	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Quantity	unsigned:9	0x00
	reserved	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x02: SDO Request
SDO	Command code (CCD)	Size indicator	unsigned:1 0x00
		Transmission type	unsigned:1 0x00
		Data record size	unsigned:2 0x00
		reserved	unsigned:1 0x00
		Command	unsigned:3 0x04: Abort Transfer Request
		Index	WORD Object index
		Sub-Index	BYTE Object sub-index
		Abort code	DWORD Abort code

Table 7: Abort SDO Transfer Request

11.2.1 SDO Abort Codes

Code	Description
0x05 03 00 00	Toggle bit not alternated
0x05 04 00 00	SDO protocol timeout
0x05 04 00 01	Client/Server command invalid or unknown
0x05 04 00 05	Memory too small
0x06 01 00 00	Unsupported object access
0x06 01 00 01	Read access to an object that can only be written
0x06 01 00 02	Write access to an object that can only be read
0x06 02 00 00	Object not present in the object dictionary
0x06 04 00 41	The object cannot be mapped in the PDO
0x06 04 00 42	The quantity and length of the mapped objects exceed the PDO length
0x06 04 00 43	General parameter incompatibility
0x06 04 00 47	General incompatibility in the device
0x06 06 00 00	Access error due to a hardware error
0x06 07 00 10	Wrong data type, length of service parameters incorrect
0x06 07 00 12	Wrong data type, length of service parameters too great
0x06 07 00 13	Wrong data type, length of service parameters too small
0x06 09 00 11	Sub-index does not exist
0x06 09 00 30	Parameter value range exceeded, only during write access
0x06 09 00 31	Written parameter value too large
0x06 09 00 32	Written parameter value too small
0x06 09 00 36	Maximum value is smaller than minimum value
0x08 00 00 00	General error
0x08 00 00 20	Data cannot be transmitted or stored in the application
0x08 00 00 21	Data cannot be transmitted or stored in the application. Reason: local control
0x08 00 00 22	Data cannot be transmitted or stored in the application, reason: current device status
0x08 00 00 23	Dynamic creation error in the object dictionary, or no object dictionary present

Table 8: SDO Abort Codes

11.3 Emergency Request Protocol

Emergency messages are triggered if an internal fault occurs. The transmission is executed via the mailbox interface.

The Emergency Service is used by the server to transmit diagnostic messages to the client. Each diagnostic event transmitted by the server to the client is also reconfirmed by transmission of the reset error code when the diagnostic event is no longer present.

Emergency Request, Server --> Client

Frame Fragment	Data field	Data type	Value / Description
Mailbox Header	Length	WORD	$n \geq 0x0A$: Length of the mailbox service data
	Address	WORD	Source station address, if Master = Client Destination station address, if Slave = Client
	Channel	unsigned:6	0x00, reserved
	Priority	unsigned:2	0x00: Lowest priority ... 0x03: Highest priority
	Type	unsigned:4	0x03: CANopen over EtherCAT (CoE)
	reserved	unsigned:4	0x00
CANopen Header	Quantity	unsigned:9	0x00
	reserved	unsigned:3	0x00
	Service	unsigned:4	0x01: Emergency
Emergency	Error code	WORD	Error Code
	Error register	BYTE	Error Register
	Data	BYTE[5]	Error Code 0000-9FFF: Manufacturer-specific error field Error Code A000-EFFF: Diagnostic data Error Code F000-FFFF: Manufacturer-specific error field
	reserved	BYTE[n-10]	not yet specified

Table 9: Emergency Request

11.3.1 Emergency Error Codes

Error Code (hex)	Description
00xx	Error reset or no error
10xx	General error
50xx	Device hardware
60xx	Device software
61xx	Internal software
62xx	User software
63xx	Data record
80xx	Monitoring
81xx	Communication
82xx	Protocol error
8210	PDO not processed, due to a length error
8210	PDO length exceeded
90xx	External error
A0xx	EtherCAT state machine transition error
A000	PRE-OPERATIONAL --> SAVE-OPERATIONAL transition unsuccessful
A001	SAVE-OPERATIONAL --> OPERATIONAL transition unsuccessful
FFxx	Device-specific

Table 10: Emergency Error Codes

11.3.2 Error Register

Bit	M/O	Description
0	M	General error
1	O	not supported
2	O	not supported
3	O	not supported
4	O	Communication error (overflow, error status)
5	O	Device profile-specific
6	O	reserved, always 0
7	O	Manufacturer-specific

Table 11: Structure of the error register

11.4 Miscellaneous faults

Fault	Cause	Solution
Position skips of the measuring system	Strong vibrations	Vibrations, impacts and shocks, e.g. on presses, are dampened with "shock modules". If the error recurs despite these measures, the measuring system must be replaced.
	Electrical faults EMC	Perhaps isolated flanges and couplings made of plastic help against electrical faults, as well as cables with twisted pair wires for data and supply. The shielding and line routing must be executed in accordance with the Equipment Mounting Directives for the respective field bus system.
	Extreme axial and radial load on the shaft may result in a scanning defect.	Couplings prevent mechanical stress on the shaft. If the error still occurs despite these measures, the measuring system must be replaced.