

# Handbuch

## Neigungssensor IS60 mit CANopen-Schnittstelle

Bestellschlüssel: 1-dimensional: 8.IS60.1xxxx  
2-dimensional: 8.IS60.2xxxx

# Manual

## Inclinometer IS60 with CANopen interface

Order code: 1-dimensional: 8.IS60.1xxxx  
2-dimensional: 8.IS60.2xxxx



# Inhaltsverzeichnis (Deutsch ist die Originalfassung)

<b>1. Zu diesem Handbuch</b> .....	4
1.1 Dokumentationskonzept.....	4
1.1.1 Erklärung zu den verwendeten Symbolen .....	4
1.2 Allgemeine Hinweise .....	5
1.2.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch .....	5
1.2.2 Hinweise zur Projektierung/Installation des Produktes .....	5
<b>2. Übersicht</b> .....	6
2.1 Eigenschaften .....	6
2.2 Einsatzgebiete .....	6
<b>3. Technische Daten</b> .....	7
3.1 Technische Daten .....	7
<b>4. Montage</b> .....	8
4.1 Maßzeichnung .....	8
4.1.1 Definition der Achsen (Werkzustand).....	8
<b>5. Elektrischer Anschluss</b> .....	8
5.1 Belegung des Steckverbinders .....	8
5.2 Busabschlusswiderstand .....	9
<b>6. CANopen-Schnittstelle</b> .....	9
6.1 Funktionsübersicht.....	9
6.2 Sende-PDO (TPDO1) .....	10
6.2.1 IS60, 1-dimensional – Datenteil des CAN-Telegramms des TPDO1.....	10
6.2.2 IS60, 2-dimensional – Datenteil des CAN-Telegramms des TPDO1.....	10
6.3 PDO-Kommunikationsarten .....	10
6.3.1 Individuelle Abfrage per Remote-Transmit-Request-Telegramm (RTR) .....	10
6.3.2 Zyklischer Betriebsmodus .....	10
6.3.3 Ereignisgesteuertes Senden bei Winkeländerung .....	10
6.3.4 Synchronisiertes Senden nach Empfang eines SYNC-Telegramm .....	10
6.3.5 Objektverzeichnis.....	10
6.4 Objektverzeichnis.....	13
6.4.1 Kommunikationsparameter (nach CiA DS-301) .....	13
Fehlerregister (1001 h).....	13
Herstellerstatusregister (1002 h) .....	13
vordefiniertes Fehlerfeld (1003 h) .....	13
Parameter speichern (1010 h) und wiederherstellen (1011 h) .....	14

6.4.2	Herstellerspezifischer Teil.....	15
	Node-ID (2000 h) und Baudrate ( 2001 h).....	16
	Grenzfrequenz Digitalfilter (3000 h).....	16
	TPDO1 - Senden bei Winkeländerung (3001 h) .....	16
	Geräteinnentemperatur (5000 h) .....	16
	Überwachung der Geräteinnentemperatur (5001 h) .....	16
6.4.3	Profilspezifischer Teil (nach CiA DSP-410) .....	17
	Neigungswerte longitudinal und lateral (6010 h und 6020 h) .....	17
	Invertierung einstellen (6011 h und 6021 h) .....	17
6.5	Emergency-Nachrichten.....	17
6.6	Ausfallüberwachung.....	18
6.6.1	Nodeguarding/Lieguarding .....	18
6.6.2	Heartbeat .....	18
6.7	COB-IDs.....	18
6.8	Status-LED (Nach CiA DR-303-3) .....	19
6.9	EDS-Datei .....	20
<b>7.</b>	<b>Glossar.....</b>	<b>20</b>

# 1. Zu diesem Handbuch

## 1.1 Dokumentationskonzept

Im ersten Kapitel dieses Handbuchs bekommen Sie einen Überblick zu den Kübler Neigungssensoren.

Kapitel zwei enthält alle Technischen Daten.

Das dritte und vierte Kapitel enthält Informationen zur Montage und dem elektrischen Anschluss.

Das fünfte Kapitel enthält Informationen zur CANopen-Schnittstelle.

Im Glossar finden Sie Erläuterungen zu zahlreichen CANopen-spezifischen Begriffen.

### 1.1.1 Erklärung zu den verwendeten Symbolen

#### Warnung



Dieses Zeichen steht neben Warnhinweisen, die auf eine Gefahrenquelle hindeuten. Dies kann sich auf Personenschäden and auf Beschädigungen der Systeme (Hard- und Software) beziehen. Für den Anwender bedeutet dieses Zeichen: Gehen Sie mit ganz besonderer Vorsicht zu Werke.

#### Achtung



Dieses Zeichen steht neben Warnhinweisen, die auf eine potenzielle Gefahrquelle hindeuten. Dies kann sich auf mögliche Personenschäden und auf Beschädigungen der Systeme (Hard- und Software) und Anlagen beziehen.

#### Hinweis



Dieses Zeichen steht neben allgemeinen Hinweisen, die auf wichtige Informationen zum Vorgehen hinsichtlich eines oder mehrerer Arbeitsschritte deuten.

Die betreffenden Hinweise können die Arbeit erleichtern und zum Beispiel helfen, Mehrarbeit durch falsches Vorgehen zu vermeiden.

## 1.2 Allgemeine Hinweise

### Achtung



Diesen Abschnitt sollten Sie auf jedenfall lesen, da die Sicherheit im Umgang mit elektrischen Geräten nicht dem Zufall überlassen werden darf.

Dieses Handbuch enthält die erforderlichen Informationen für die Inbetriebnahme der Kübler-Neigungssensoren. Es wurde speziell für qualifiziertes Personal mit dem nötigen Fachwissen konzipiert.

### 1.2.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch

#### Warnung



Die in diesem Handbuch beschriebenen Geräte dürfen nur für die in diesem Handbuch und in der jeweiligen technischen Beschreibung vorgesehenen Einsatzfälle und nur in Verbindung mit zertifizierten Fremdgeräten und -komponenten verwendet werden.

Der einwandfreie und sichere Betrieb der Geräte setzt sachgemäßen Transport, sachgerechte Lagerung, Aufstellung und Montage sowie sorgfältige Bedienung und Wartung voraus.

### 1.2.2 Hinweise zur Projektierung/Installation des Produktes

#### Warnung



Die für den jeweiligen Einsatzfall geltenden Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften sind unbedingt zu beachten.

## 2. Übersicht

### 2.1 Eigenschaften

Die 1- und 2-dimensionalen Neigungssensoren dienen zum Messen von Neigungen in den Bereichen  $\pm 10^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ ,  $\pm 60^\circ$  und  $0-360^\circ$ . Zur Gewährleistung einer hohen Genauigkeit sind die Nullpunkt- und Messbereichsendwerte bei  $25^\circ\text{C}$  werkseitig kalibriert.

Der kompakte und robuste Aufbau macht den Sensor zu einem geeigneten Winkelmessgerät in rauer Umgebung für die unterschiedlichsten Einsatzfälle in Industrie und Fahrzeugtechnik. Über die standardisierte CANopen-Schnittstelle ist eine einfache Konfigurierung und Inbetriebnahme möglich. Sämtliche Parameter werden im internen Permanentenspeicher abgelegt.

**Folgende Sensoren werden von Kübler angeboten:**

Bestell-Nr.	Neigungsbereich
8.IS60.21523	$\pm 10^\circ$
8.IS60.22523	$\pm 45^\circ$
8.IS60.23523	$\pm 60^\circ$
8.IS60.14523	$0-360^\circ$

#### Spezielle Eigenschaften:

- 1-dimensionaler Neigungssensor mit Messbereich:  $0-360^\circ$
- 2-dimensionaler Neigungssensoren mit Messbereich:  $\pm 10^\circ / \pm 45^\circ / \pm 60^\circ$  (je nach Ausführung)
- hohe Auflösung und Genauigkeit
- komfortable CANopen-Schnittstelle:
  - erfüllt die CiA DS-301, Geräteprofil CiA DSP-410
  - Baudraten von 10 kBit/s bis 1 MBit/s
- hohe Abtastrate und Bandbreite
- parametrierbare Vibrationsunterdrückung
- Funktionen:
  - ein TPDO (RTR, zyklisch, ereignisgesteuert, synchronisiert)
  - Parametrierung per SDO und Objektverzeichnis
  - Digitalfilter (Butterworth-Tiefpass, 8. Ordnung)
  - SYNC-Consumer
  - EMCY-Producer
  - Ausgabe und Überwachung der Geräteinnentemperatur ( $\pm 2,0\text{ K}$  Genauigkeit)
  - Ausfallüberwachung mittels Heartbeat oder Nodeguarding / Lifeguarding
- robustes Kunststoffgehäuse
- geeignet für industriellen Einsatz:
  - Temperaturbereich:  $-40^\circ\text{C}$  bis  $+80^\circ\text{C}$
  - Gehäuseschutzart: IP68/IP69K

### 2.2 Einsatzgebiete

Die auf MEMS-Technik (Mikro-Elektro-Mechanische-Systeme) basierenden Neigungssensoren ermöglichen vielfältige Applikationslösungen an

- Maschinen und Automaten
- Fahr- und Flugzeugen
- Ernte-, Land- und Baumaschinen
- Transportgeräten

### 3. Technische Daten

#### 3.1 Technische Daten

##### Allgemeine Parameter

Messachsen	1 (0-360°) oder 2 (X/Y)
Messbereiche	$\pm 10^\circ$ / $\pm 45^\circ$ / $\pm 60^\circ$ / 0-360°
Auflösung	0,05° / 0,1° / 0,1° / 0,1°
Kalibriergenauigkeit (bei 25°C)	$\pm 0,1^\circ$ (Nullpunkt und Endwerte)
Linearitätsabweichung	max. $\pm 0,2^\circ$ / $\pm 0,3^\circ$ / $\pm 0,4^\circ$ / $\pm 0,4^\circ$
Temperaturkoeffizient (Nullpunkt)	typ $\pm 0,008^\circ/\text{K}$
Grenzfrequenz	typ 20 Hz, 2. Ordnung (ohne Digitalfilter) / 0,3...25 Hz, 8. Ordnung (mit Digitalfilter)
Abtastrate	100 Hz
Arbeitstemperatur	-40...+80°C

##### Eigenschaften Schnittstelle

Schnittstelle	CANopen, entsprechend CiA DS 301, Profil nach CiA DSP-410
Datenraten	10 kBit/s, 20 kBit/s, 50 kBit/s, 125 kBit/s, 250 kBit/s, 500 kBit/s, 800 kBit/s, 1 MBit/s
Funktionen	TPDO (RTR, zyklisch, ereignisgesteuert, syn- chronisiert), Parametrierung per SDO und Objektverzeichnis, Digitalfilter (Butterworth-Tief- pass, 8. Ordnung), SYNC-Consumer, EMCY-Producer, Ausgabe und Überwachung der Geräteinnentemperatur ( $\pm 2,0$ K Genauig- keit), Ausfallüberwachung mittels Heartbeat oder Nodeguarding / Lifeguarding

##### Elektrische Parameter

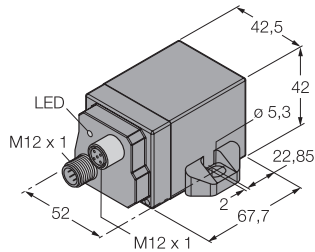
Versorgungsspannung	10...30 VDC (Der Neigungssensor muss aus einer Autobatterie oder einer Sicherheitsklein- spannung (SELV) mit begrenzter Leistung ver- sorgt werden.)
Stromaufnahme (ohne Last)	40...105 mA

## Mechanische Parameter

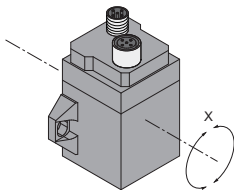
Anschluss CAN	Sensorsteckverbinder M12, 5-polig
Gehäuseschutzart	IP68/IP69k
Stoßfestigkeit	max. 30 g
Gewicht	ca. 0,2 kg

## 4. Montage

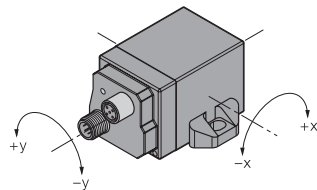
### 4.1 Maßzeichnung



#### 4.1.1 Definition der Achsen (Werkzustand)



IS60, 1-dimensional  
Bestellschlüssel: 8.IS60.1xxxx

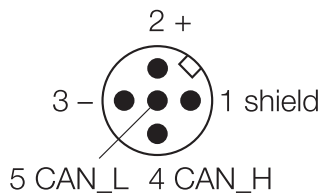


IS60, 2-dimensional  
Bestellschlüssel: 8.IS60.2xxxx

## 5. Elektrischer Anschluss

### 5.1 Belegung des Steckverbinders

Die Neigungssensoren sind mit einem 5-poligen Rundstecker M12 (A-kodiert) ausgestattet. Die Pinbelegung entspricht CiA DR-303-1 (Abbildung 1 und Tabelle 1).





Pin	Signal	Belegung
1	CAN_SHLD	Schirm
2	CAN_V+	Versorgungsspannung (+24 VDC)
3	CAN_GND	0 V
4	CAN_H	CAN_H-Busleitung
5	CAN_L	CAN_L-Busleitung

## 5.2 Busabschlusswiderstand

Die Neigungssensoren besitzen keinen internen Abschlusswiderstand.

Bei Bedarf ist dieser extern über ein T-Stück am Busende zu realisieren (120 Ω).

## 6. CANopen-Schnittstelle

### 6.1 Funktionsübersicht

Die Neigungssensoren besitzen eine standardisierte CANopen-Schnittstelle gemäß CiA DS-301 und ein Geräteprofil nach CiA DSP-410. Sämtliche Messwerte und Parameter sind über das Objektverzeichnis (OV) zugänglich. Die individuelle Konfiguration kann im internen Permanentenspeicher (EEPROM) gesichert werden.

Folgende CANopen-Funktionen sind verfügbar:

- ein Sende-Datenobjekt (TPDO1) in vier möglichen Betriebsmodi:
  - individuelle Abfrage per Remote-Transmit-Request-Telegramm (RTR)
  - zyklisches Senden per Intervallzeit
  - ereignisgesteuertes Senden bei Winkeländerung
  - synchronisiertes Senden nach Empfang eines SYNC-Telegramm
- ein Service-Datenobjekt (Standard-SDO)

Fehlermeldungen per Emergency-Objekt (EMCY) mit Unterstützung:

- des allgemeinen Fehlerregisters (Error Register)
- des herstellerspezifischen Statusregisters (Manufacturer Status)
- der Fehlerliste (Pre-defined Error Field)
- Überwachungsmechanismen Heartbeat sowie Nodeguarding/Lifeguarding
- Speicher- und Wiederherstellungsfunktion aller Parameter (Store and Load Parameter Field)
- Zustands- und Fehleranzeige per Zweifarben-LED (nach CiA DR-303-3)

Zusätzlich zur CiA DS-301-Funktionalität existieren weitere hersteller- bzw. profilspezifische Eigenschaften:

- Einstellung der Node-ID sowie der Baudrate per OV
- frei konfigurierbare Grenzfrequenz (Digitalfilter)
- Konfiguration der minimalen Winkeländerung für TPDO1-Sendeereignis
- optionale Überwachung der Geräteinnentemperatur
- Richtungumschaltung der Neigungswinkel

## 6.2 Sende-PDO (TPDO1)

Jeder Neigungssensor besitzt genau ein Sende-Prozessdatenobjekt (TPDO). Dieses enthält die aktuellen Neigungswerte (longitudinal und lateral) sowie die Geräteinnentemperatur. Das PDO-Mapping der Messwerte ist fest wie in Tabelle 1 dargestellt.

### 6.2.1 IS60, 1-dimensional – Datenteil des CAN-Telegramms des TPDO1

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Neigungswert longitudinal (X-Achsen) OV: 6010 h		Innentemperatur, OV: 5000 h	nicht benutzt				

### 6.2.2 IS60, 2-dimensional – Datenteil des CAN-Telegramms des TPDO1

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Neigungswert longitudinal (X-Achsen) OV: 6010 h		Neigungswert lateral (Y-Achse), OV: 6020 h		Innentemperatur, OV: 5000 h	nicht benutzt		

## 6.3 PDO-Kommunikationsarten

### 6.3.1 Individuelle Abfrage per Remote-Transmit-Request-Telegramm (RTR)

Das TPDO1 kann jederzeit durch Senden eines Remote-Transmit-Request-Telegramms abgefragt werden. Dies ist in allen Betriebsarten des Neigungssensors möglich.

### 6.3.2 Zyklischer Betriebsmodus

Das zyklische Senden des TPDO1 ist aktiviert, wenn der Eintrag 1800h/05h (Intervallzeit in Millisekunden) einen Wert größer 0 enthält. Dazu muss der Eintrag 1800h/02h (Übertragungstyp) den Wert 254 (asynchron, herstellerspezifisch) enthalten. Der Neigungssensor sendet dann im Zustand „Operational“ zyklisch das TPDO1 mit der eingestellten Periodendauer.

### 6.3.3 Ereignisgesteuertes Senden bei Winkeländerung

Die Buslast durch PDOs kann verringert werden, indem nur dann das TPDO1 gesendet wird, wenn eine entsprechende Winkeländerung eingetreten ist. Diese Funktionalität ist im herstellerspezifischen Teil des Objektverzeichnisses unter dem Index 3001h konfigurierbar. Der Eintrag 1800h/02h (Übertragungstyp) muss dazu den Wert 254 (asynchron, herstellerspezifisch) enthalten.

### 6.3.4 Synchronisiertes Senden nach Empfang eines SYNC-Telegramm

Für die synchronisierte Übertragung stellt CANopen das SYNC-Objekt zu Verfügung, bei dem das TPDO1 nach jedem „n-ten“ Empfang eines SYNC-Telegrammes gesendet wird. Dafür muss der Eintrag 1800h/02h (Übertragungstyp) den Wert  $n = 1 \dots 240$  enthalten.

### 6.3.5 Objektverzeichnis

Das Objektverzeichnis der Neigungssensoren ist in drei Teile gegliedert (Kommunikationsparameter, herstellerspezifischer Teil, profilspezifischer Teil). Die enthaltenen Parameter können über das Standard-SDO und Index/Subindex gelesen und geschrieben werden. Änderungen von Parametern treten, mit Ausnahme der Node-ID (2000h) und der Baudrate (2001h), sofort in Kraft.

Die folgenden Abschnitte beschreiben alle Parameter im Objektverzeichnis eines Neigungssensors mit Index, Subindex, Datentyp, Zugriffsrecht und Standardwert (Werkseinstellung). Die Spalte Speichern kennzeichnet, ob ein Parameter im internen Permanentenspeicher („save“-Signatur in OV-Index 1010h/01h schreiben) gespeichert werden kann.

Index	Sub-index	Parameter	Datentyp	Zugriff	Standardwert	Speichern
1000 h	0	Gerätetyp (Geräteprofil 410, zwei Achsen)	UNS32	const	2019A h	
1001 h	0	Fehlerregister	UNS8	ro	0	
1002 h	0	Herstellerstausregister	UNS32	ro	0	
1003 h	vordefiniertes Fehlerfeld					
	0	Anzahl Fehlereinträge	UNS32	rw	0	
	1 ... 5	Fehler-Code (ältester Fehler auf höchstem Index)	UNS32	ro	0	
1005 h	0	COB-ID Sync-Nachricht	UNS32	rw	80 h	
100A h	0	Softwareversion („xyy“)	VSTR	const	typisch	
100C h	0	Guard Time (Vielfaches von 1 ms)	UNS16	rw	0	x
100D h	0	Life Time Factor	UNS8	rw	0	x
1010 h	Parameter speichern					
	0	höchster unterstützter Subindex	UNS32	ro	1	
	1	Alle Parameter speichern (Signatur: „save“-65766173 h)	UNS32	rw	0	
1011 h	Werksparemeter wiederherstellen		UNS32			
	0	höchster unterstützter Subindex	UNS32	ro	1	
	1	Alle Werksparemeter wiederherstellen (Signatur: „load“-64616F6Ch)	UNS32	rw	0	
1014 h	0	COB-ID Emergency-Nachricht	UNS32	ro	80 h+NID	
1015 h	0	Sperrzeit zwischen EMCY-Nachrichten (Vielfaches von 100 µs)	UNS16	rw	0	x
1017 h	0	Heartbeat-Intervallzeit (Vielfaches von 1 ms, 0 deaktiviert)	UNS16	rw	0	x

1018 h	Identity-Objekt					
	0	höchster unterstützter Subindex	UNS8	ro	4	
	1	Vendor-ID	UNS32	ro	159 h	
	2	Produkt-Code	UNS32	ro	typisch	
	3	Revisionsnummer	UNS32	ro	typisch	
	4	Seriennummer	UNS32	ro	typisch	
1200 h	Server SDO1 Parameter					
	0	höchster unterstützter Subindex	UNS8	ro	2	
	1	COB-ID Client > Server	UNS32	ro	600 h+NID	
	2	COB-ID Server > Client	UNS32	ro	580 h+NID	
1800 h	Transmit PDO1 Kommunikationsparameter					
	0	höchster unterstützter Subindex	UNS8	ro	5	
	1	COB-ID	UNS32	ro	180 h+NID	
	2	Übertragungstyp (synchron/asynchron-herstellerspezifisch)	UNS8	rw	FEh	x
	3	Sperrzeit zwischen zwei TPDO-Nachrichten (Vielfaches von 100 µm)	UNS16	rw	0	
	4	Kompatibilitätseintrag	UNS8	rw	0	x
	5	Intervallzeit für zykl. Senden (Vielfaches von 1 ms, 0 deaktiviert)	UNS16	rw	0	x
1A00 h	Transmit PDO1 Mapping Parameter (festes Mapping)					
	0	höchster unterstützter Subindex	UNS8	ro	3	x
	1	Neigungswert longitudinal (X-Achse, 100facher Winkelwert in °C)	UNS32	ro	60100010 h	
	3	Interne Temperatur (in °C)	UNS32	ro	50000008 h	

## 6.4 Objektverzeichnis

### 6.4.1 Kommunikationsparameter (nach CiA DS-301)

#### Fehlerregister (1001h)

Das Fehlerregister zeigt den allgemeinen Fehlerstatus des Gerätes an. Jedes Bit steht dabei für einen Fehlergruppe. Ist ein Bit gesetzt (=1), so ist mindestens ein Fehler dieser Gruppe gerade aktiv. Der Inhalt dieses Registers wird in jeder EMCY-Nachricht übertragen.

Folgende Fehlergruppen können auftreten:

Bit 7...Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2...Bit 1	Bit 0
nicht benutzt	Profil-spezifischer Fehler	nicht benutzt	Tempera-turfehler	nicht benutzt	mindestens ein Fehler aktiv

Befindet sich das Gerät im Fehlerzustand (mindestens ein Fehler aktiv), wird dies durch das gesetzte Bit 0 angezeigt. Bei aktivierter Überwachung der Geräteinnentemperatur (5001h/01h = 1) ist das Bit 3 gesetzt, wenn eine Unter- bzw. Überschreitung der eingestellten Grenzwerte (5001h/02h...03h) eingetreten ist. Ein profilspezifischer Fehler (Sensorfehler) wird durch das Bit 5 angezeigt.

#### Herstellerstatusregister (1002h)

Dieses Register zeigt den aktuellen Zustand sämtlicher detektierbarer Fehler an. Jedes Bit steht dabei für einen bestimmten Fehler. Ist ein Bit gesetzt (= 1), so ist dieser Fehler gerade aktiv. Die niederwertigen 16 Bit dieses Registers (Bit 15...Bit 0) werden in jeder EMCY-Nachricht in den ersten zwei Bytes des herstellerspezifischen Teils übertragen und ebenfalls in das Zusatzinformationsfeld (Bit 31...Bit 16) des vordefinierten Fehlerfelds 1003h eingetragen.

Folgende Fehler können auftreten:

Bit 31... Bit 9	Bit 8	Bit 7... Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3... Bit 2	Bit 1	Bit 0
nicht benutzt	EEPROM Fehler	nicht benutzt	Tempera-turüber-schreitung	Tempera-turunter-schreitung	nicht benutzt	Lateral-Sensor-Fehler	Longitu-dinal-Sensor-Fehler

Sollte ein Neigungssensor über seinen spezifizierten Winkelbereich hinaus geneigt werden (z. B.  $< 45^\circ$  oder  $> 45^\circ$  bei  $\pm 45^\circ$ -Sensor), wird dieser Fehlerzustand in dem entsprechenden Fehlerbit (Bit 0 = longitudinale Achse, Bit 1 = laterale Achse) angezeigt. Der ausgegebene Neigungswert dieser Achse(n) wird automatisch auf den Wertebereichsendwert (Min. oder Max.) begrenzt und ist daher bei größerer Neigung als fehlerhaft zu betrachten. Bei aktivierter Überwachung der Geräteinnentemperatur (5001h/01h = 1) werden Unter- und Überschreitungen der eingestellten Grenzwerte (5001h/02h...03h) durch Bit 4 (Unterschreitung) und Bit 5 (Überschreitung) angezeigt. Ist die Überwachung deaktiviert, sind beide Bits 0. Das EEPROM-Fehler-Bit (Bit 8) zeigt einen schwerwiegenden Hardwarefehler an. Sollten beim Speichern bzw. Wiederherstellen von Geräteparametern (1010h/01h und 1011h/01h) oder nach dem Power-On eines Neigungssensors fehlerhafte Daten aus dem EEPROM gelesen werden, so wird dieses Bit gesetzt.

#### Vordefiniertes Fehlerfeld (1003h)

Jeder Neigungssensor führt eine Fehlerliste über die fünf zuletzt aufgetretenen Fehler. Der Eintrag 1003h/00h enthält die Anzahl Fehlereinträge im Fehlerfeld. Alle anderen Subindizes beinhalten sämtliche aufgetretene Fehlerzustände in chronologischer Reihenfolge, wobei der zuletzt aufgetretene Fehler immer unter Subindex 01h zu finden ist. Der älteste Fehler befindet sich im höchsten verfüg-

baren Subindex (Wert von 1003h/00h) und wird als erstes bei Auftreten von mehr als fünf Fehlern aus der Liste entfernt. Tritt ein Fehler ein, so wird ein neuer Fehlereintrag in 1003h hinzugefügt und ebenfalls per EMCY-Nachricht mitgeteilt.  
Ein Fehlereintrag ist wie folgt aufgebaut:

Zusatzinformationsfeld (Bit 31...Bit 16)	Fehler-Code (Bit 15...Bit 0)
Bit 15...Bit 0 des Herstellerstatusregisters 1002 h (zum Zeitpunkt des Fehlereintritts)	4200 h (Temperaturfehler) 5000 h (Hardwarefehler) FF00 h (gerätespezifischer Fehler)

Die Fehlerliste kann komplett gelöscht werden, indem der Eintrag 1003h/00h mit 0 beschrieben wird.

### Parameter speichern (1010h) und wiederherstellen (1011h)

Werden Parameter im OV geändert, so treten die Änderungen, mit Ausnahme der Node-ID (2000h) und der Baudrate (2001h), sofort in Kraft. Damit die geänderten Parameter auch nach einem Reset weiterhin aktiv sind, müssen diese im internen EEPROM gesichert werden. Durch das Schreiben der Signatur „save“ (65766173h) auf den Eintrag 1010h/01h werden alle aktuellen Parameter des OV in den Permanentspeicher übertragen.

Das OV kann über den Eintrag 1011h/01h auf Werkseinstellungen zurückversetzt werden, indem die Signatur „load“ (64616F6Ch) auf diesen Eintrag geschrieben wird. Damit werden die Werksparemeter mit Ausnahme der Node-ID (2000h) und der Baudrate (2001h) in den Permanentspeicher geschrieben. Nach einem „Reset Application“ (NMT-Kommando) bzw. einem Hardware-Reset treten die Änderungen in Kraft (wird lediglich ein „Reset Communication“ (NMT-Kommando) gesendet, so werden zunächst nur die Werkseinstellungen der Kommunikationsparameter wirksam).

### Hinweis:



Nach dem „save“- und „load“-Kommando sollte für eine Mindestzeit von ca. einer Sekunde kein Reset erfolgen, damit gewährleistet ist, dass die Parameter korrekt im EEPROM gespeichert werden. (Das Speichern von Geräteparametern im internen EEPROM kann relativ lang dauern. Aus diesem Grund werden die „save“- und „load“-Kommandos sofort beantwortet, die Speicherung aber nachträglich „nebenbei“ durchgeführt.)

Übertragungstyp	Beschreibung
1...240	Synchron (zyklisch) nur „Synchronisierte Übertragung“ mittels SYNC möglich
254	Asynchron, herstellerspezifisch „Zyklischer Betriebsmodus“ und/oder „Senden bei Winkeländerung“ durch entsprechende Konfiguration aktivierbar.

## 6.4.2 Herstellerspezifischer Teil

Index	Sub-index	Parameter	Datentyp	Zugriff	Standardwert	Speichern
2000 h	0	Node ID (1...127)	UNS8	rw	(10) A)	x
2001 h	0	Baudrate (in kBit/s)	UNS16	rw	(500) A)	x
3000 h	0	Grenzfrequenz Digitalfilter (0 = deaktiviert oder 300...25000, in mHz)	UNS16	rw	3000	x
3001 h	TPDO1	Senden bei Winkeländerung				
	0	höchster unterstützter Subindex	UNS16	ro	3	x
	1	Senden bei Winkeländerung aktivieren/deaktivieren (1/0)	UNS16	rw	0	x
	2	minimale Winkeländerung für longitudinale (X) Achse (5/10...1000, in °/100)	UNS16	rw	100	x
	3	minimale Winkeländerung für laterale (Y) Achse (5/10...1000, in °/100)	UNS16	rw	100	
5000 h	0	aktuelle Geräteinnentemperatur (in °C, >> TPDO1)	INT8	ro	...	
5001 h	Überwachung der Geräteinnentemperatur		INT8			
	0	höchster unterstützter Subindex	INT8	ro	3	
	1	Temperaturüberwachung aktivieren/deaktivieren (1/0)	INT8	rw	0	x
	2	Untere Temperaturgrenze (in °C, -55...+120)	INT8	rw	-35	x
	3	Obere Temperaturgrenze (in °C, -55...+120)	INT8	rw	75	x
5555 h	reservierter Index (ausschließlich für Herstellerzugriff)					

**A) Node-ID (2000h) und Baudrate (2001h)** werden bei der Rückstellung auf Werkparameter („load“-Kommando) nicht berücksichtigt, da sonst der Neigungssensor nicht mehr ansprechbar wäre.  
Node-ID (2000h) und Baudrate (2001h) müssen bei Bedarf manuell auf ihre Default-Werte gesetzt werden.

### **Node-ID (2000h) und Baudrate (2001h)**

Die Node ID und die Baudrate werden bei Änderung ausschließlich erst nach einem Reset wirksam („Reset Application“, „Reset Communication“ und Hardware-Reset). Aus diesem Grund müssen diese beiden Parameter nach Änderung durch das „save“-Kommando (1010h/01h) in den EEPROM übertragen werden. Nach einem Reset werden alle COB-IDs entsprechend des Pre-Defined Connection Set neu berechnet und gesetzt.

Die Baudrate wird in kBit/s eingestellt. Die Tabelle 8 zeigt alle zulässigen Werte.

### **Unterstützte Baudraten in kBit/s**

---

10	20	50	125	250	500	800	1000
----	----	----	-----	-----	-----	-----	------

---

### **Grenzfrequenz Digitalfilter (3000h)**

Der Neigungssensor bietet die Möglichkeit, die kontinuierlich entstehenden Winkelwerte gegenüber externen, störenden Schwingungen unempfindlicher zu machen. Mit Hilfe eines parametrierbaren Tiefpassfilters können parasitäre Schwingungen/Vibrationen unterdrückt werden. Die Grenzfrequenz ist individuell zwischen 0,3 und 25 Hz einstellbar. Der im Sensor realisierte Digitalfilter ist ein Butterworth-Tiefpass 8. Ordnung. Dabei sind Werte von 300 (= 0,3 Hz) bis 25000 (= 25 Hz) zulässig. Der Wert 0 deaktiviert den Digitalfilter.

### **TPDO1 – Senden bei Winkeländerung (3001h)**

Über den Eintrag 3001h/01h kann das ereignisgesteuerte Senden des TPDO1 bei Winkeländerung aktiviert (= 1) bzw. deaktiviert (= 0) werden. Für die Aktivierung muss der Übertragungstyp des TPDO1 auf „Asynchron, herstellerspezifisch“ stehen (1800h/02h = 254).

Subindex 02h und 03h ermöglichen das getrennte Einstellen der minimal notwendigen Winkeländerung für die longitudinale (X) und laterale (Y) Achse. Diese beiden Winkelwerte sind in°/100 angegeben (100facher Winkelwert) und können von 5 (= 0,05°, bei ±10°-Sensor) bzw. 10 (= 0,1°, bei ±45°- und ±60°-Sensor) bis 1000 (= 10°) frei eingestellt werden.

Ist das Senden bei Winkeländerung aktiviert, so gibt der Neigungssensor im Zustand „OPERATIONAL“ stets dann das TPDO1 neu aus, wenn sich der Neigungswert der longitudinalen und/oder der lateralen Achse um den unter 3001h/02h und 03h eingestellten Winkelwert geändert hat. Dabei wird die Winkeldifferenz stets zwischen dem aktuellen Neigungswert und dem zuletzt durch das TPDO1 gesendeten Winkelwertes ermittelt und geprüft.

Bei jedem Übergang in den Zustand „Operational“ teilt der Neigungssensor die aktuelle Position durch einmaliges Aussenden des TPDO1 mit (nur, wenn 3001h/01h = 1).

### **Hinweis**



Sollten geringe Winkeldifferenzen unter 3001h/02h und 03h eingetragen werden, so empfiehlt sich die Aktivierung des Digitalfilters (Index 3000h), um den Einfluss von Vibrationen und damit das häufige Ausgeben des TPDO1 zu vermindern.

### **Geräteinnentemperatur (5000h)**

Die Geräteinnentemperatur wird alle 500 ms neu ermittelt und im OV aktualisiert. Sie kann sowohl per SDO-Zugriff auf das Objektverzeichnis (in jedem Gerätezustand) als auch per TPDO gelesen werden. Der vorzeichenbehaftete 8-Bit-Wert (Zweierkomplement) gibt die Temperatur in°C an.

### **Überwachung der Geräteinnentemperatur (5001h)**

Der interne Temperatursensor kann zur Überwachung der Geräteinnentemperatur verwendet werden. Über den Eintrag 5001h/01 kann diese Überwachung aktiviert (= 1) bzw. deaktiviert (= 0) werden. Beide Temperaturgrenzwerte sind individuell einstellbar. Bei aktivierter Überwachung und dem



Eintreten eines Fehlerfalls (Temperaturunterschreitung des unteren Grenzwertes (5001h/02h) bzw. Temperaturüberschreitung des oberen Grenzwertes (5001h/03h)) wird eine EMCY-Nachricht mit entsprechendem Fehlercode generiert und der Fehler in das Fehlerregister (1001h), das Herstellerstatusregister (1002h) sowie das Fehlerfeld (1003h) eingetragen (siehe Abschnitte „Fehlerregister (1001h)“ Seite 57, „Herstellerstatusregister (1002h)“ Seite 57 und „Vordefiniertes Fehlerfeld (1003h)“ Seite 58).

#### 6.4.3 Profilspezifischer Teil (nach CiA DSP-410)

Index	Sub-index	Parameter	Datentyp	Zugriff	Standardwert	Speichern
6000 h	0	Auflösung (Vielfaches von 0,001°)	UNS16	ro	typisch	
6010 h	0	Neigungswert longitudinal (X-Achse, 100facher Winkelwert in °, >> TPDO1)	INT16	ro	...	
6011 h	0	Invertierung longitudinal aktivieren/deaktivieren (1/0)	UNS8	rw	0	x
6020 h	0	Neigungswert lateral (Y-Achse, 100facher Winkelwert in °, >> TPDO1)	INT16	ro ...		
6021 h	0	Invertierung lateral aktivieren/deaktivieren (1/0)	UNS8	rw	0	x

#### Neigungswerte longitudinal und lateral (6010h und 6020h)

Die aktuellen Winkelwerte der Neigungsachsen sind sowohl per SDO-Zugriff auf das Objektverzeichnis (in jedem Gerätezustand) als auch per TPDO zugänglich. Die Umrechnung des 100fachen, vorzeichenbehafteten 16-Bit-Neigungswertes (Zweierkomplement) sieht wie folgt aus:

Beispiel: Wert von 6010h =  $-2370 / 100 @ -23,70^\circ$

#### Invertierung einstellen (6011h und 6021h)

Die Betriebsparametereinstellungen eines Neigungssensors (6011h und 6021h) erlauben das Umstellen des mathematischen Vorzeichens des Neigungswertes. Werksseitig ist diese Option deaktiviert, d. h. die Richtung des Winkelwertes (Polarität der Achsen) entspricht der auf dem Typschild des Gerätes dargestellten Zuordnung.

### 6.5 Emergency-Nachrichten

Jeder Neigungssensor unterstützt EMCY-Nachrichten, die im Fall von Sensor-, Temperatur-, Hardware- oder Guardingfehlern gesendet werden. Tritt einer dieser Fehler ein, so werden die OV-Einträge 1001h (Fehlerregister), 1002h (Herstellerstatusregister) und 1003h (vordefiniertes Fehlerfeld) aktualisiert (siehe Abschnitte „Fehlerregister (1001h)“ Seite 13, „Herstellerstatusregister (1002h)“ Seite 13 und „Vordefiniertes Fehlerfeld (1003h)“ Seite 13/14).

Nach Aufhebung eines Fehlers sendet das Gerät eine EMCY-Nachricht mit dem „Error Reset“-Code (0h) und dem aktuellen Zustand des Fehlerregisters sowie des Herstellerstatusregisters. Der aktuelle Gerätezustand („Pre-Operational, Operational oder Stopped“) wird von den Fehlerzuständen außer beim Guardingfehler nicht beeinflusst.

## 6.6 Ausfallüberwachung

Da sich in einem CANopen-Netzwerk die Knoten bei der ereignisgesteuerten Übertragung nicht regelmäßig melden, stehen für die Ausfallüberwachung Heartbeat- sowie Nodeguarding-/ Lifeguarding-Mechanismen zu Verfügung. Es kann nur eine der beiden Überwachungsmethoden zum Einsatz kommen.

### 6.6.1 Nodeguarding / Lifeguarding

Nodeguarding ist die Überwachung eines oder mehrerer Knoten durch den NMT-Master. Dazu sendet dieser periodisch ein RTR-Telegramm an den zu überwachenden Slave, welcher darauf mit seinem Status sowie einem Toggle-Bit antwortet. Falls Status oder Toggle-Bit nicht mit den vom Guarding-Master erwarteten übereinstimmen oder falls keine Antwort erfolgt geht der Master von einem Fehler des Slaves aus.

Mit diesem Mechanismus kann der zu überwachende Knoten auch den Ausfall des Guarding-Masters erkennen. Dazu werden zwei Parameter verwendet. Die Intervallzeit, mit der der Guarding-Master den zu überwachenden Neigungssensor abfragt ist die „Guard Time“ (100Ch). Ein zweiter Parameter, der „Life Time Factor“ (100Dh) definiert einen Multiplikator, nach welcher die Verbindung als unterbrochen gilt. Diese Zeit wird als Lebenszeit des Knotens („Node Life Time“) bezeichnet.

„Node Life Time“ = „Guard Time“  $\frac{1}{4}$  „Life Time Factor“

Sollte der Neigungssensor innerhalb dieser parametrisierten Zeit keine Guarding-Anforderung vom Master erhalten, so geht er von einem Masterausfall aus, sendet ein Emergency-Telegramm und geht in den Zustand „Pre-Operational“ zurück. Falls einer der beiden Parameter „0“ ist (Default-Einstellung), erfolgt keine Überwachung des Masters (kein Lifeguarding).

### 6.6.2 Heartbeat

Heartbeat ist ein Ausfallüberwachungsmechanismus, der ohne die Verwendung von RTR-Telegrammen auskommt.

Dazu sendet der Neigungssensor zyklisch eine Heartbeat-Nachricht, welche den Status des Gerätes enthält. Der Master kann diese Telegramme überwachen. Heartbeat wird aktiviert sobald im Register Heartbeat-Intervallzeit (1017h) ein Wert größer „0“ eingetragen ist.



#### Hinweis

Heartbeat hat einen erheblichen Einfluss auf die Buslast des CANopen-Netzwerkes – erzeugt aber nur eine halb so hohe Buslast wie Nodeguarding / Lifeguarding.

## 6.7 COB-IDs

Die CAN-Identifizierer der Kommunikationsobjekte werden entsprechend des Pre-Defined Connection Set bei jedem Reset (Communication, Application und Hardware Reset) in Abhängigkeit der eingestellten Node ID (2000h) bestimmt.

Die Tabelle 10 zeigt die Berechnungsgrundlage und die Standardwerte (Node-ID = 10).

Kommunikationsobjekt	Berechnung der COB-ID	Standardwert (Node-ID = 10)
NMT0 h	0 h	
SYNC	80 h	80 h
EMCY	80 h + Node-ID	8A h
TPDO1	180 h + Node-ID	18A h
Standard-SDO (Client > Server)	600 h + Node-ID	60A h
Standard-SDO (Server > Client)	580 h + Node-ID	58A h
Heartbeat	700 h + Node-ID	70A h

## 6.8 Status-LED (nach CiA DR-303-3)

Die eingebaute Zweifarben-LED zeigt den aktuellen Gerätezustand (Run LED, grün) sowie eventuell eingetretene CAN-Kommunikationsfehler an (Error LED, rot).  
Die unterschiedlichen Zustände werden in Tabelle 11 dargestellt.

### Status-LED

Rund-LED, grün	LED-Zustand	Beschreibung
	Aus	Das Gerät ist im Zustand „Reset“ oder keine Stromversorgung vorhanden
	Blinken	Das Gerät ist im Zustand „Pre-Operational“
	Einfaches, kurzzeitiges Aufleuchten	Das Gerät ist im Zustand „Stopped“
	Ein	Das Gerät ist im Zustand „Operational“
Error-LED, rot	LED-Zustand	Beschreibung
	Aus	Das Gerät arbeitet fehlerfrei
	Einfaches, kurzzeitiges Aufleuchten	Fehlerzähler CAN-Controllers hat seine Warngrenze erreicht oder überschritten
	Zweifaches, kurzzeitiges Aufleuchten	Das Gerät hat den Ausfall des Guarding-Masters erkannt (Node Guard Event)
	Ein	Das Gerät ist im Zustand „Bus Off“

## 6.9 Elektronisches Datenblatt (EDS-Datei)

Für jeden Neigungssensor steht ein Elektronisches Datenblatt (EDS-Datei) zur Verfügung (kostenlos im Internet erhältlich unter <http://www.kuebler.com...>).

Sie enthält eine vollständige Beschreibung des Objektverzeichnisses und dient zum komfortablen Einbinden in eine CANopen-Projektierungssoftware.

## 7. Glossar

### B

#### **Baudrate**

Datenübertragungsgeschwindigkeit (1 Baud = 1 Bit/s)

### C

#### **CAN**

Controller Area Network

#### **CANopen**

Standardisierte Applikationsschicht für CAN-Geräte.

#### **CiA**

CAN in Automation e.V.

#### **CiA DS**

CiA Draft Standard (von der CiA veröffentlichte Spezifikation)

#### **CiA DS-301**

Spezifikation der CANopen-Applikationsschicht und der Kommunikationsparameter im OV

#### **CiA DP**

CiA Device Profile (von der CiA veröffentlichtes Geräteprofil)

#### **CiA DR**

CiA Draft Recommendation (von der CiA veröffentlichte Implementationsempfehlung)

#### **CiA DR-303-3**

Implementationsempfehlung für die Anzeige von CANopen-Gerätezuständen und Fehlern per LEDs

#### **CiA DSP**

Draft Standard Proposal (von der CiA veröffentlichter Spezifikationsentwurf)

#### **CiA DSP-410**

Spezifikationsentwurf des Geräteprofils 410 für Neigungssensoren

#### **Client**

CANopen-Teilnehmer, der den Dienst eines Servers in Anspruch nimmt

#### **COB**

CANopen Communication Object

#### **COB-ID**

CAN-Identifizier eines COB

**E****EDS - electronic data sheet**

Elektronische Datenblätter, die in einem standardisierten Textformat verfasst sein müssen. Konfigurationstools können EDS-Dateien einlesen und mit ihrer Hilfe mit dem jeweiligen Gerät kommunizieren und es ggf. parametrieren.

**EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory**

EEPROM bezeichnet einen nichtflüchtiger, elektronischer Speicherbaustein. Ein EEPROM besteht aus einer Feldeffekt-Transistorenmatrix mit isoliertem Floating Gate, in welcher jeder Transistor ein Bit repräsentiert.

**EMCY**

Emergency-Objekte werden durch einen gravierenden geräteinternen Fehler ausgelöst. Eine Emergency-Nachricht kann nur einmal pro Fehler gesendet werden. Solange keine weiteren Fehler an dem Gerät auftreten, werden keine weiteren Emergency-Objekte gesendet. Es können auch mehrere Emergency-Consumer die Fehlermeldungen empfangen. Die Reaktion der Consumer ist anwendungsspezifisch. CANopen definiert „Emergency Error Codes“, die in dem Emergency-Objekt gesendet werden. Das Emergency-Objekt besteht aus einer einzelnen CAN-Nachricht mit acht Byte Daten. unterstützt die nach CiA DS-301 genormten Emergency-Frames (EMCY).

**F****Feldbus**

Datennetz auf der Sensor-/Aktorebene. Ein Feldbus verbindet die Geräte in der Feldebene mit einem Steuerungsgerät. Kennzeichnend für einen Feldbus sind hohe Übertragungssicherheit und Echtzeitverhalten.

**FRAM - Ferroelectric Random Access Memory**

FRAM bezeichnet einen nichtflüchtigen elektronischen Speichertyp auf der Basis von Kristallen mit ferroelektrischen Eigenschaften.

**G****Guard COB-ID**

Die Identifikationsnummer für das Node-Guarding. Diese COB-ID ist festgeschrieben und kann nicht geändert werden.

**Guard Time**

Vom Netzwerk-Slave zu erwartende Anfrage-Intervallzeit (Angabe in Millisekunden) beim Note-Guarding.

**H****Heartbeat**

Das Heartbeat-Protokoll dient der Überwachung der Betriebsfähigkeit anderer CANopen-Busteilnehmer. Mit den Heartbeat-Signalen meldet der CANopen-Knoten an alle Teilnehmer eines CANopen-Netzwerkes, dass er betriebsbereit ist, auch wenn für längere Zeit kein Datenverkehr stattgefunden hat. Der Ausfall eines CANopen-Knotens kann von allen Teilnehmern registriert werden! Die „Heartbeat Producer Time“ bestimmt die Zykluszeit für den Heartbeat.

**Hexadezimal (...h)**

Zahlensystem mit der Basis 16. Gezählt wird von 0 bis 9 und weiter mit den Buchstaben A, B, C, D, E und F.

**I****IEC 61131**

Die IEC 61131 ist eine internationale Norm, die sich mit den Grundlagen für speicherprogrammierbare Steuerungen befasst.

**Inhibit Time**

Minimale Sendesperrzeit. Damit hochpriorie Nachrichten den Bus nicht ständig belegen, wird mit der Inhibit Time eine Sperrzeit zwischen zwei Sendungen definiert. Wird nur bei TPDOs unterstützt.

**Initialisierung**

Bei der Initialisierung (englisch: to initialize) wird der zur Ausführung benötigte Speicherplatz (zum Beispiel Variablen, Code, Puffer, ...) reserviert und mit Startwerten gefüllt.

**INTEGER8**

Datentyp INTEGER8 (8 Bit, Zweierkomplement, -128...127)

**INTEGER16**

Datentyp INTEGER16 (16 Bit, Zweierkomplement, -32768...32767)

**IP - International Protection**

Die Schutzart (IP) gibt die Eignung von elektrischen Betriebsmitteln (zum Beispiel Geräte, Installationsmaterial) für verschiedene Umgebungsbedingungen an, zusätzlich den Schutz von Menschen gegen potentielle Gefährdung bei deren Benutzung.

**L****Lateral**

Achsenzuordnung (Y-Achse).

**Life time Factor**

Dieser Faktor, multipliziert mit der Guard-Time ergibt die Zeit, die nach einem Fehler im Node Guarding-Protokoll bis zur Fehlermeldung des Netzwerk-Slaves per EMCY verstreichen soll. So kann eine temporär aufgetretene Kommunikationsschwierigkeit, zum Beispiel hohe Buslast, ohne Guarding-Error abgewartet werden.

**Longitudinal**

Achsenzuordnung (X-Achse).

**Logistik**

Die Logistik ist Lehre der ganzheitlichen Planung, Steuerung, Durchführung, Bereitstellung, Optimierung und Kontrolle von Prozessen der Ortsveränderung von Gütern, Daten, Energie und Personen sowie der notwendigen Transportmittel selbst.

**M****Master**

Bei einem Master-Slave-Verfahren im Feldbusbereich beherrscht der Master die Zugriffsverhältnisse.

**Mode**

engl., dt. Betriebsart (Modus).

**MSB**

Abkürzung für engl. „Most Significant Bit“. Bit mit dem höchsten Stellenwert.

**N****NID**

Node-ID

### **Node Guarding**

Mit Node Guarding bezeichnet man die Überwachung der Netzwerkknoten durch einen Netzwerkmanager. Darüber hinaus prüfen die CANopen-Netzwerkteilnehmer, ob ihr Netzwerkmanager noch regulär arbeitet und das Netzwerk noch sicher funktioniert. Im Defaultzustand ist das Node Guarding inaktiv. Um das Node-Guarding-Protokoll auf einem Teilnehmer zu aktivieren, sind verschiedene Parameter über das Objektverzeichnis einzustellen.

### **Node-ID**

Knotennummer eines CANopen-Gerätes (1...127).

### **NMT**

Network Management Object (Objekt um CANopen-Gerätezustände zu setzen und prüfen).

## **O**

### **Operational**

CANopen-Gerätezustand (SDO, PDO, EMCY, NMT möglich).

### **OV**

Objektverzeichnis (virtuelles Verzeichnis mit Geräteparametern, Adressierung per Index und Subindex).

## **P**

### **Parametrieren**

Festlegen von Parametern der einzelnen Busteilnehmer bzw. ihrer Module in der Konfigurationssoftware des DP-Masters.

### **Pre-Operational**

CANopen-Gerätezustand (SDO, EMCY, NMT möglich).

### **Pre-Defined Connection Set**

In der CiA DS-301 definiertes Schema, wie die COB-IDs der Kommunikationsobjekte in Abhängigkeit der Node-ID zu berechnen sind.

### **Process Data Objekte (PDOs)**

Prozessdatenobjekte (PDO) werden in einer einzelnen CAN-Nachricht übertragen. Dabei können sämtliche acht Byte des Datenfeldes benutzt werden, um Anwendungsobjekte zu übertragen. Jedes PDO muss einen eindeutigen CAN Identifier haben und darf nur von einem Gerät übertragen werden. Es kann aber von mehr als einem empfangen werden („Producer/ Consumer“-Kommunikation). PDO Übertragungen können von einem internen Vorgang („event-driven“) ausgelöst werden; ebenso von einem internen Timer („timer-driven“), oder durch eine Anfrage eines anderen Gerätes („Remote requests“) oder durch die Sync Nachricht.

## **R**

### **Repeater**

Der Repeater in der digitalen Kommunikationstechnik ist ein Signalregenerator, der in der Bitübertragungsschicht ein Signal empfängt, dieses dann neu aufbereitet und wieder aussendet. Rauschen sowie Verzerrungen der Laufzeit (Jitter) und der Pulsform werden bei dieser Aufbereitung aus dem empfangenen Signal entfernt.

### **RTR-Remote Transmission Request**

Ein gesetztes RTR-Bit (Remote Transmission Request) kennzeichnet einen Remote-Frame (rezessiv). Mit Hilfe eines Remoteframes kann ein Teilnehmer einen anderen auffordern, seine Daten zu senden.

**S****Server**

CANopen-Teilnehmer, der einen Dienst für einen/mehrere Client(s) anbietet.

**SDO - Servicedatenobjekte**

Ein Servicedatenobjekt (SDO) liest Einträge aus dem Objektverzeichnis oder schreibt Einträge in das Objektverzeichnis. Das SDO-Transportprotokoll erlaubt es, Objekte jeder beliebigen Größe zu übertragen. Das erste Byte des ersten Segmentes enthält die notwendige Flusskontrollinformation. Unter anderem enthält es ein Toggle-Bit um das Problem von doppelt erhaltenen CAN-Nachrichten zu lösen. Die nächsten drei Byte des ersten Segmentes beinhalten den Index und Sub-Index des Eintrages ins Objektverzeichnis, das gelesen oder geschrieben werden soll. Die letzten vier Byte des ersten Segmentes stehen für Nutzerdaten zur Verfügung. Das zweite und alle folgenden Segmente (welche denselben CAN Identifier benutzen), enthalten das Control-Byte und bis zu sieben Byte Nutzerdaten. Der Empfänger bestätigt jedes Segment oder einen Segmentblock, so dass eine „Peer-to-Peer“-Kommunikation („Client/Server“) stattfindet.

**Stopped**

CANopen-Gerätezustand (nur NMT möglich)

**T****Transmission Type**

Der Transmission Type bestimmt, unter welchen Umständen ein PDO gesendet oder empfangen wird.

**U****UNS8**

Datentyp UNSIGNED8 (8 Bit, vorzeichenlos, 0...255).

**UNS16**

Datentyp UNSIGNED16 (16 Bit, vorzeichenlos, 0...65535).

**UNS32**

Datentyp UNSIGNED32 (32 Bit, vorzeichenlos, 0...4294967296).

**V****VSTR**

Datentyp VISIBLE STRING (ASCII-Zeichenkette inklusive Endeckennung 0h).



# Manual

## Inclinometer IS60 with CANopen interface

Order code:       1-dimensional: 8.IS60.1xxxx  
                      2-dimensional: 8.IS60.2xxxx



## Content (German is the original version)

<b>1.</b>	<b>About this manual</b>	3
1.1	Documentation concept	3
1.1.1	Explanations for the used symbols	3
1.2	General informations	4
1.2.1	Intended use	4
1.2.2	Information for project planning/installation of product	4
<b>2.</b>	<b>Overview</b>	5
2.1	Characteristics	5
2.2	Applications	5
<b>3.</b>	<b>Technical data</b>	6
3.1	General, interface, electrical and mechanical parameters	6
<b>4.</b>	<b>Mounting</b>	7
4.1	Dimensional draw	7
4.1.1	Definition of the axes (factory default)	7
<b>5.</b>	<b>Electrical connection</b>	7
5.1	Pin assignment of connector assembly	7
5.2	Bus termination resistance	8
<b>6.</b>	<b>CANopen interface</b>	8
6.1	Review of functions	8
6.2	Send PDO (TPDO 1)	9
6.2.1	IS60, 1-dimensional – Data portion of CAN telegram of the TPDO1	9
6.2.2	IS60, 2-dimensional – Data portion of CAN telegram of the TPDO1	9
6.3	PDO communication types	9
6.3.1	Individual request per Remote Transmit Request telegram (RTR)	9
6.3.2	Cyclic operating mode	9
6.3.3	Event-driven send when the angle has changed	9
6.3.4	Synchronized send after receipt of a SYNC telegram	9
6.3.5	Object register	9
6.4	Object register	12
6.4.1	Communication parameters (per CiA DS-301)	12
	Error register (1001 h)	12
	Manufacturer status register (1002 h)	12
	Predefined error field (1003 h)	12
	Store parameters (1010 h) and reload (1011 h)	13

- 6.4.2 Manufacturer specific portion .....14
  - Node-ID (2000 h) and Baud rate (2001 h) .....15
  - Limited frequency digital filter (3000 h) .....15
  - TPDO 1 send when angle has changed (3001 h) .....15
  - Internal device temperature (5000 h).....15
  - Monitoring of internal device temperature (5001 h) .....15
- 6.4.3 Profile specific portion (per CiA DSP-410) .....16
  - Inclination values, longitudinal and lateral (6010 h and 6020 h) .....16
  - Stop inversion (6011 h and 6021 h).....16
- 6.5 Emergency messages .....16
- 6.6 Failure monitoring .....17
  - 6.6.1 Nodeguarding/Lifeguarding .....17
  - 6.6.2 Heartbeat .....17
- 6.7 COB IDs .....17
- 6.8 Status LED (per CiA DR-303-3) .....18
- 6.9 EDS files .....19
- 7. **Glossary** .....19

# 1. About this manual

## 1.1 Documentation concept

The first chapter of this manual contains an overview of the Kübler Inclinometers.

The second chapter contains all technical data.

The third and fourth chapters contain information for mounting and the electrical connection.

The fifth chapter contains information for the CANopen interface.

The glossary contains explanations for various CANopen-specific terms.

### 1.1.1 Explanations for the used symbols

#### Danger



This symbol is positioned next to warnings which point to a source of danger. This may refer to injury to persons and to damage to systems (hard- and software). For the user this symbol means: Please proceed with special care.

#### Attention



This symbol is positioned next to warnings which point to a potential source of danger. This may refer to possible injury to persons and to damage to systems (hard- and software) and installations.

#### Note



This symbol is positioned next to general instructions which point to important information prior to proceeding step by step. The respective instructions may lighten the work and, for example, may help prevent extra work caused by the wrong course of action.

## 1.2 General information

### Attention



It is strongly recommended you read this section because safety in connection with handling electrical devices may not be left to chance.

This manual contains the required information for the start-up of the Kübler Inclinometers. It was written specifically for qualified staff with the required technical know-how.

### 1.2.1 Intended use

#### Danger



The devices described in this manual may only be used for the intended applications also found in this manual and in the respective technical description, and only in connection with certified OEM devices and OEM components.

The flawless and safe operation of the devices is based on the appropriate transport, storage, assembly, and mounting, as well as careful operation and maintenance.

### 1.2.2 Information for project planning/ installation of product

#### Danger



The valid safety and accident prevention rules for the respective application must be adhered to

## 2. Overview

### 2.1 Characteristics

The 1 and 2-dimensional biaxial inclinometers are suitable for measuring inclinations within the ranges  $\pm 10^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ ,  $\pm 60^\circ$  and 0-360°. The zero point and measurement range end values are factory calibrated at 25°C to guarantee high accuracy.

The compact and robust design transforms the sensor into a suitable angle measurement device in a harsh environment and for diverse industrial and automotive engineering applications. The standardized CANopen interface allows user-friendly configuration and start-up. All parameters are stored in a non-volatile memory buffer.

**Kübler offers the following sensors:**

Order Code	Inclination range
8.IS60.21523	$\pm 10^\circ$
8.IS60.22523	$\pm 45^\circ$
8.IS60.23523	$\pm 60^\circ$
8.IS60.14523	0-360°

#### Special characteristics:

- 1-dimensional inclinometers with measurement ranges: 0-360°
- 2-dimensional inclinometers with measurement ranges:  $\pm 10^\circ / \pm 45^\circ / \pm 60^\circ$  (depending on design)
- High resolution and accuracy
- User-friendly CANopen interface:
  - meets CiA DS-301, device profile CiA DSP-410
  - Baud rate of 10 kBit/s to 1 MBit/s
- High sample rate and bandwidth
- Parameterizable vibration suppression
- Functions:
  - TPDO (RTR, cyclic, event-driven, synchronized)
  - parameterization per SDO and object register
  - digital filter (Butterworth Lowpass, 8th order)
  - SYNC Consumer
  - EMCY Producer
  - output and control of internal device temperature ( $\pm 2.0$  K accuracy)
  - failure control with the help of Heartbeat or Nodeguarding / Lifeguarding
- Robust plastic housing
- Suitable for industrial applications:
  - temperature range:  $-40^\circ\text{C}$  to  $+80^\circ\text{C}$
  - housing protection class: IP68/IP69k

### 2.2 Applications

The inclinometers are based on MEMS technology (micro-electrical-mechanical systems) and offer diverse application solutions:

- Machines and vending machines
- Vehicles and airplanes
- Harvesters, agricultural machines and construction vehicles
- Transportation devices

### 3. Technical data

#### 3.1 General, interface, electrical and mechanical parameters

##### General parameters

Measurement axes	1 (0-360°) or 2 (X/Y)
Measurement ranges	$\pm 10^\circ$ / $\pm 45^\circ$ / $\pm 60^\circ$ / 0-360°
Resolution	0,05° / 0,1° / 0,1° / 0,1°
Calibration accuracy (at 25°C)	$\pm 0,1^\circ$ (zero point and end values)
Linearity deviation	max. $\pm 0,2^\circ$ / $\pm 0,3^\circ$ / $\pm 0,4^\circ$ / $\pm 0,4^\circ$
Temperature coefficient (zero point)	typ $\pm 0,008^\circ/\text{K}$
Limit frequency	Type 20 Hz, 2nd. order (no digital filter) / 0,3...25 Hz, 8nd. order (with digital filter)
Sample rate	100 Hz
Operating temperature	-40...+80°C

##### Mechanical parameters

Interface	CANopen, per CIA DS 301, profile per CIA DSP-410
Bit rate	10 kBit/s, 20 kBit/s, 50 kBit/s, 125 kBit/s, 250 kBit/s, 500 kBit/s, 800 kBit/s, 1 MBit/s
Functions	TPDO (RTR, cyclic, event-driven, synchronized), parameterization per SDO and object register, digital filter (Butterworth Lowpass, 8th order), SYNC Consumer, EMCY Producer, output and control of internal device temperature ( $\pm 2.0$ K accuracy), failure control with the help of Heartbeat or Nodeguarding / Lifeguarding

##### Electrical parameters

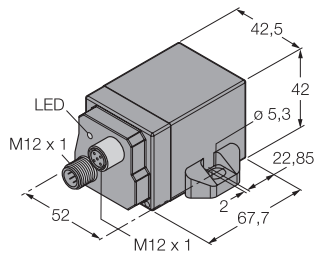
Power supply voltage	10...30 VDC (The inclinometer must be supplied with the help of a car battery or a safety-low vol- tage (SELV) with limited power.)
Current consumption (without load)	40...105 mA

## Mechanical parameters

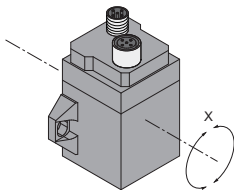
Connection CAN	Sensor connector assembly M12, 5-pole
Housing protection class	IP68/IP69k
Shock resistance	max. 30 g
Weight	approx. 0,2 kg

## 4. Mounting

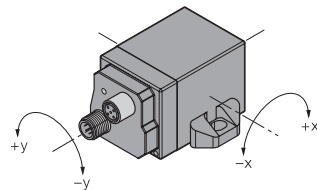
### 4.1 Dimensional drawing



#### 4.1.1 Definition of the axes (factory default)



IS60, 1-dimensional  
Order code: 8.IS60.1xxxx

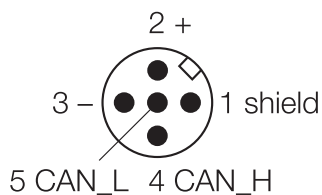


IS60, 2-dimensional  
Order code: 8.IS60.2xxxx

## 5. Electrical connection

### 5.1 Pin assignment of connector assembly

The inclinometers are equipped with a 5-pole round connector M12 (A-coded). The pin assignment meets CiA DR-303-1 (Diagram 1 and Table 1).





Pin	Signal	Assignment
1	CAN_SHLD	Shield
2	CAN_V+	Supply voltage (+24 VDC)
3	CAN_GND	0 V
4	CAN_H	CAN_H-bus line
5	CAN_L	CAN_L-bus line

## 5.2 Bus termination resistance

The inclinometers are not equipped with an internal termination resistance. If needed, it is to be realized externally with the help of a T piece at the end of the bus(120  $\Omega$ ).

## 6. CANopen interface

### 6.1 Review of functions

The inclinometers are equipped with a standardized CANopen interface per CiA DS-301 and a device profile per CiA DSP-410. All measurement values and parameters are accessible via the object register (OR). The individual configuration can be stored in the internal, non-volatile memory buffer (EEPROM).

The following CANopen functions are available:

- One Send Data object (TPDO1) with four possible operating modes:
  - individual request per Remote Transmit Request telegram (RTR)
  - cyclic Send per interval time
  - event-driven Send when angle has changed
  - synchronized Send after receipt of SYNC telegram
- One Service Data object (Standard SDO)

Error messages per emergency object (EMCY) with the help of:

- the general error register
- the manufacturer specific status register (Manufacturer Status)
- the error list (Predefined Error Field)
- monitoring mechanism Heartbeat, as well as Nodeguarding/ Lifeguarding
- storage and reload function of all parameters (Store and Load Parameter Field)
- status and error display per two-color LED (per CiA DR-303-3)

Next to the CiA DS-301 functionality, additional manufacturer or rather profile specific characteristics exist:

- setting of Node ID, as well as Baud rate per OR
- freely configurable limit frequency (digital filter)
- configuration of minimal change of angle for TPDO1 send event
- optional monitoring of internal device temperature
- direction switch of inclinometers

## 6.2 Send PDO (TPDO1)

Each inclinometer has exactly one Send Process Data Object (TPDO). It contains the current inclination values (longitudinal and lateral), as well as the internal device temperature. PDO mapping of measurement values is fixed as displayed in Table 1.

### 6.2.1 IS60, 1-dimensional – Data portion of CAN telegram of the TPDO1

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Inclination value longitudinal (X-axis) OR: 6010 h		Internal temperature OR: 5000 h	Not used				

### 6.2.2 IS60, 2-dimensional – Data portion of CAN telegram of the TPDO1

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Inclination value longitudinal (X-axis) OR: 6010 h		Inclination value lateral (Y-axis) OR: 6020 h		Internal temperature OR: 5000 h	Not used		

## 6.3 PDO communication types

### 6.3.1 Individual request per Remote Transmit Request telegram (RTR)

A request can be sent to TPDO1 anytime by sending a Remote Transmit Request telegram. This is possible in all operating modes of the inclinometer.

### 6.3.2 Cyclic operating mode

Cyclic sending of TPDO1 is activated if the entry 1800h/05h (interval time in milliseconds) contains a value greater than 0. For this purpose the entry 1800h/02h (transmission type) must contain the value 254 (asynchronous, manufacturer specific). In the "Operational" mode, the inclinometer cyclically sends the TPDO1 with the set cycle duration time.

### 6.3.3 Event-driven Send when the angle has changed

The bus load caused by PDOs can be decreased by only sending the TPDO1 when the angle has changed accordingly. This function can be configured under the index 3001h in the manufacturer specific portion of the object register. For this purpose the entry 1800h/02h (transmission type) must contain the value 254 (asynchronous, manufacturer specific).

### 6.3.4 Synchronized Send after receipt of a SYNC telegram

For the synchronized transmission, the SYNC object is made available by CANopen; here, the TPDO1 is sent after each "nth" receipt of a SYNC telegram. For this purpose the entry 1800h/02h (transmission type) must contain the value  $n = 1...240$ .

### 6.3.5 Object register

The object register of the inclinometers is divided into three parts (communication parameters, manufacturer specific portion, profile specific portion). The existing parameters can be read and written via the Standard SDO and index/subindex. Parameter changes become immediately valid with the exception of the Node ID (2000h) and the Baud rate (2001h).

The following paragraphs provide a description of all parameters in the object register of an inclinometer including index, subindex, data type, access rights and standard value (manufacturer default setting). The column Store identifies whether a parameter can be stored in the internal, non-volatile memory buffer (write "save" signature in OR index 1010h/01h).

Index	Sub-index	Parameter	Data type	Access	Standard value	Store
1000 h	0	Device type (device profile 410, two axes)	UNS32	const	2019A h	
1001 h	0	Error register	UNS8	ro	0	
1002 h	0	Manufacturer status register	UNS32	ro	0	
1003 h	Predefined error field					
	0	Number of error entries	UNS32	rw	0	
	1 ... 5	Error code (oldest error in highest index)	UNS32	ro	0	
1005 h	0	COB-ID Sync message	UNS32	rw	80 h	
100A h	0	Software version („xyy“)	VSTR	const	typisch	
100C h	0	Guard Time (a multiple of 1 ms)	UNS16	rw	0	x
100D h	0	Lifetime Factor	UNS8	rw	0	x
1010 h	Store parameters					
	0	Highest supported subindex	UNS32	ro	1	
	1	Store all parameters (signature: „save“-65766173 h)	UNS32	rw	0	
1011 h	Reload manufacturer default setting		UNS32			
	0	Highest supported subindex	UNS32	ro	1	
	1	Reload all manufacturer default settings (signature: „load“-64616F6Ch)	UNS32	rw	0	
1014 h	0	COB-ID emergency message	UNS32	ro	80 h+NID	
1015 h	0	Off-time between two EMCY messages (a multiple of 100 µs)	UNS16	rw	0	x
1017 h	0	Heartbeat interval time (a multiple of 1 ms, 0 deactivated)	UNS16	rw	0	x

1018 h	Identity object					
0	Highest supported subindex	UNS8	ro	4		
1	Vendor ID	UNS32	ro	159 h		
2	Product code	UNS32	ro	typical		
3	Revision No.	UNS32	ro	typical		
4	Serial No.	UNS32	ro	typical		
1200 h	Server SDO1 parameter					
0	Highest supported subindex	UNS8	ro	2		
1	COB-ID Client > Server	UNS32	ro	600 h+NID		
2	COB-ID Server > Client	UNS32	ro	580 h+NID		
1800 h	Transmit PDO1 communication parameters					
0	höchster unterstützter Subindex	UNS8	ro	5		
1	COB-ID	UNS32	ro	180 h+NID		
2	Transmission type (synchronous/asynchronous manufacturer specific)	UNS8	rw	FEh	x	
3	Off-time between two TPDO messages (a multiple of 100 µm)	UNS16	rw	0		
4	Compatibility entry	UNS8	rw	0	x	
5	Interval time for cyclic Send (a multiple of 1 ms, 0 deactivated)	UNS16	rw	0	x	
1A00 h	Transmit PDO1 mapping parameter (fixed mapping)					
0	Highest supported subindex	UNS8	ro	3	x	
1	Inclination value longitudinal (X-Axis, hundredfold angle value in °C)	UNS32	ro	60100010 h		
3	Internal temperature (in °C)	UNS32	ro	50000008 h		

## 6.4 Object register

### 6.4.1 Communication parameters (per CiA DS-301)

#### Error register (1001h)

The error register displays the general error status of the device. Each Bit represents an error group. If a Bit is set (=1), at least one error of this group remains active at this time.

The content of this register is transmitted in each EMCY message.

The following error groups may occur:

Bit 7...Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2...Bit 1	Bit 0
not used	Profile specific error	not used	Temperature error	not used	At least one error active

If the device remains in the error status (at least one error active), it is displayed by set Bit 0. During active monitoring of the internal device temperature (5001h/01h = 1), Bit 3 is set when set limit values (5001h/02h...03h) have been underreached or rather overreached.

A profile specific error (sensor error) is displayed by Bit 5.

#### Manufacturer status register (1002h)

This register displays the current status of all detectable errors. Each Bit represents a specific error. If a Bit is set (=1), thus this error is currently active. The low-order 16 Bit of this register (Bit 15... Bit 0) are sent in each EMCY message in the first two Byte of the manufacturer specific portion and also entered into the additional information field (Bit 31... Bit 16) of the predefined error field 1003h.

The following errors may occur:

Bit 31... Bit 9	Bit 8	Bit 7... Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3... Bit 2	Bit 1	Bit 0
not used	EEPROM Error	not used	Temperature overreach	Temperature overreach	not used	Lateral sensor error	Longitudinal-Sensor-error

If an inclinometer has overreached a specific angle threshold (e.g.  $< 45^\circ$  or  $> 45^\circ$  at  $\pm 45^\circ$ -sensor), this error status is displayed in the respective error Bit (Bit 0 = longitudinal axis, Bit 1 = lateral axis). The issued inclination value of this/these axis/axes is/are automatically limited to the value range end value (min. or max.) and therefore should be considered erroneous at a larger inclination.

During active monitoring of the internal device temperature (5001h/01h = 1), Bit 4 (underreach) and Bit 5 (overreach) display underreach and overreach conditions of the preset limit values (5001h/02h...03h). When monitoring is deactivated, both Bits are 0.

The EEPROMError Bit (Bit 8) displays a significant hardware error. This Bit is set when erroneous data is read from the EEPROM during storing or rather reloading device parameters (1010h/01h and 1011h/01h) or after power-on of an inclinometer.

#### Predefined error field (1003h)

Each inclinometer compiles an error list concerning the five errors that have occurred last. The entry 1003h/00h contains the number of error entries in the error field. All other subindices contain all occurred error states in chronological sequence; the error that has occurred last may always be found under subindex 01h. The oldest error may be found in the highest subindex (value of 1003h/00h) available and is removed first from the list when more than five errors have occurred. If an error occurs, a new error entry is added to 1003h and an EMCY message is sent as well.

An error entry is structured as follows:

Additional information field (Bit 31...Bit 16)	Error code (Bit 15...Bit 0)
Bit 15...Bit 0 of the manufacturer status register	4200 h (temperature error)
1002 h (at the time the error has occurred)	5000 h (hardware error)
	FF00 h (device specific error)

The error list may be completely deleted by writing 0 into the entry 1003h/00h.

### Store parameters (1010h) and reload (1011h)

If parameters are changed in the OR, the changes become immediately valid with the exception of Node ID (200h) and Baud rate (2001h). The changed parameters must be stored in the internal EEPROM so that they remain active after a reset. By writing the signature "save" (65766173h) into the entry 1010h/01h all active parameters of the OR are sent to the non-volatile memory buffer. The OR may be reset to the manufacturer default via the entry 1011h/01h and by writing the signature "load" (64616F6CH) into this entry. Thus the default parameters are written into the non-volatile memory buffer with the exception of the Node ID (200h) and the Baud rate (2001h). After a "reset application" (NMT command) or rather a hardware reset, the changes become valid; if only a "reset communication" (NMT command) is sent, only the default settings of the communication parameters become valid.



#### Note

After the "save" and "load" command, a reset should not occur for a minimum time period of approx. one second; this ensures that the parameters are correctly stored in the EEPROM. Storing device parameters in the internal EEPROM may take a relative long time. This is why the "save" and "load" commands are immediately answered, but storing is executed retroactively and "in addition to."

Transmission type	Description
1...240	Synchronous (cyclic) Only „synchronized transmission“ via SYNC possible
254	Asynchronous, manufacturer specific „Cyclic operating mode“ and/or „send when angle has changed“ can be activated via respective configuration

#### 6.4.2 Manufacturer specific portion

Index	Sub-index	Parameter	Data type	Access	Standard value	Store
2000 h	0	Node ID (1...127)	UNS8	rw	(10) A)	x
2001 h	0	Baud rate (in kBit/s)	UNS16	rw	(500) A)	x
3000 h	0	Limit frequency digital filter (0 = deactivated or 300...25000, in mHz)	UNS16	rw	3000	x
3001 h	TPDO1	Send when angle has changed				
	0	Highest supported subindex	UNS16	ro	3	x
	1	Send when angle has changed activate/deactivate (1/0)	UNS16	rw	0	x
	2	Minimal change of angle for longitudinal (X) axis (5/10...1000, in °/100)	UNS16	rw	100	x
	3	Minimal change of angle for lateral (Y) axis (5/10...1000, in °/100)	UNS16	rw	100	
5000 h	0	Current internal device temperature (in °C, >> TPDO1)	INT8	ro	...	
5001 h	Monitoring of internal device temperature		INT8			
	0	Highest supported subindex	INT8	ro	3	
	1	Temperature monitoring activated/deactivated (1/0)	INT8	rw	0	x
	2	Low temperature limit (in °C, -55...+120)	INT8	rw	-35	x
	3	High temperature limit (in °C, -55...+120)	INT8	rw	75	x
5555 h	Reserved index (except for manufacturer access)					

**A) Node ID (2000h) and Baud rate (2001h)** are not taken into consideration when default parameters ("load" command) are reset because otherwise the inclinometer would fail to respond. Node ID (2000h) and Baud rate (2001h) must be manually reset to default values if needed.

### **Node ID (2000h) and Baud rate (2001h)**

After a change has occurred, the Node ID and the Baud rate only become valid after a reset ("reset application", "reset communication" and "hardware reset"). This is why the two parameters must be transferred to the EEPROM with the "save" command (1010h/01h) after a change has occurred. After a reset, all COB IDs are recalculated and reset according to the predefined connection set. The Baud rate is set in kBit/s. Table 8 displays all permissible values.

### **Supported Baud rates in kBit/s**

---

10	20	50	125	250	500	800	1000
----	----	----	-----	-----	-----	-----	------

---

### **Limit frequency digital filter (3000h)**

The inclinometer offers the possibility to render continually forming angle values insensitive against external, interfering vibration. With the help of a parameterizable low-pass filter parasitic vibrations may be suppressed. The limit frequency may be set individually between 0.3 and 25 Hz. The digital filter inside the sensor is a Butterworth Low-pass 8th Order. Values of 300 (= 0.3 Hz) to 25000 (= 25 Hz) are thereby permissible. The digital filter is deactivated by the value 0.

### **TPDO1 – Send when angle has changed (3001h)**

Via the entry 3001h/01h the event-driven Send of the TPDO1 can be activated (= 1) or rather deactivated (= 0) when the angle has changed. For activation to occur, the transmission type of the TPDO1 must be set to "asynchronous, manufacturer specific" (1800h/02h = 254).

Subindices 02h and 03h are used to separately set the minimally needed angle change for longitudinal (X) and lateral (Y) axis. These two angle values are provided in°/100 (hundredfold angle value) and may be freely set from 5 (= 0.05°, at ±10°-sensor) or rather 10 (= 0.1°, at ±45°- and ±60°-sensor) to 1000 (= 10°).

If Send is activated when the angle changes, the inclinometer, while in "Operational" status, will always reissue the TPDO1 when the inclination value of the longitudinal and/or lateral axis has changed per the angle value preset under 3001h/02h and 03h. Here, the angle variations are always determined and checked between the actual inclination value and the angle value sent last via the TPDO1.

Every time the status changes into "Operational", the inclinometer alerts to the current position by a singular send of TPDO1 (only when 3001h/01h = 1).

### **Note**

If small angle variations are to be entered under 3001h/02h and 03h, activation of the digital filter (index 3000h) is recommended in order to avoid vibration interference and therefore the frequent issuance of the TPDO1.

### **Internal device temperature (5000h)**



The internal device temperature is redetermined every 500 ms and activated in the OR. It can be read via SDO access to the object register (in every device mode) or per TPDO. The signed 8-Bit value (two's complement) displays the temperature in °C.

### **Monitoring of internal device temperature (5001h)**

The internal temperature sensor can be used to monitor the internal device temperature. This type of monitoring can be activated (= 1) or rather deactivated via the entry 5001h/01. Both temperature limit values are individually settable. During activated monitoring and when an error occurs - temperature underreach of the low limit value (5001h/02h) or rather temperature overreach of the high limit value



(5001h/03h) - an EMCY message with respective error code is generated and the error is entered into the error register (1001h), the manufacturer status register (1002h), as well as the error field (1003h). Please refer to paragraphs „Error register (1001h)” Page 58, „Manufacturer status register (1002h)” Page 58 and „Predefined error field (1003h)” Page 59.

#### 6.4.3 Profile specific portion (per CiA DSP-410)

Index	Sub-index	Parameter	Data type	Access	Standard value	Store
6000 h	0	Resolution (a multiple of 0,001°)	UNS16	ro	typical	
6010 h	0	Inclination value longitudinal (X-axis, hundredfold angle value in °, >> TPDO1)	INT16	ro	...	
6011 h	0	Inversion longitudinal, activate/deactivate (1/0)	UNS8	rw	0	x
6020 h	0	Inclination value lateral (Y-axis, hundredfold angle value in °, >> TPDO1)	INT16	ro ...		
6021 h	0	Inversion lateral, activate/deactivate (1/0)	UNS8	rw	0	x

#### Inclination values, longitudinal and lateral (6010h and 6020h)

The current angle values of the inclination axes are accessible via SDO access to the object register (in every device mode), as well as via TPDO. The recalculation of the hundredfold, signed 16-Bit inclination value (two's complement) is as follows:

Example: Value of 6010h =  $-2370 / 100 @$   $-23.70^\circ$

#### Stop inversion (6011h and 6021h)

Reassignment of the mathematical prefix of the inclination value is made possible by the operating parameter settings of an inclinometer (6011h and 6021h). This option is deactivated per manufacturer default, this means the direction of the angle value (polarity of the axes) corresponds to the mapping displayed on the type plate of the device.

### 6.5 Emergency messages

Each inclinometer supports EMCY messages which are sent in case of sensor, temperature, hardware or guarding errors. If one of these errors occurs, the OR entries 1001h (Error Register), 1002h (Manufacturer Status Register) and 1003h (Predefined Error Field) are activated (please refer to paragraphs „Error register (1001h)” Page 12, „Manufacturer status register (1002h)” Page 12 and „Predefined error field (1003h)” Page 12/13).

After an error has been corrected, the device sends an EMCY message with the "error reset" code (0h) and the current status of the error register, as well as the manufacturer status register. The current device status ("pre-operational, operational or stopped") is not impacted by the error states except by the guarding error.

## 6.6 Failure monitoring

Failure monitoring functions Heartbeat, as well as Nodeguarding / Lifeguarding are available because the nodes in a CANopen network with event-driven transmission do not respond on a regular basis. Only one of two monitoring methods can be used.

### 6.6.1 Nodeguarding / Lifeguarding

Nodeguarding describes the monitoring of one or more nodes by the NMT master. For this purpose, the NMT master periodically sends a RTR telegram to the slave to be monitored which will respond with a status or a toggle Bit. If the status or toggle Bit do not correspond to the one the guarding master expects to receive or if no response is sent, the master assumes an error by the slave.

With the help of this mechanism the node to be monitored is able to also recognize when the guarding master fails. Here, two parameters are used. The interval time the guarding master uses to send a request to the inclinometer to be monitored is the "guard time" (100CH). A second parameter, the "Life Time Factor" (100Dh) defines a multiplier after which the connection is regarded as being interrupted. This time interval is described as lifetime of the node ("Node Lifetime").

"Node Lifetime" = "Guard Time"  $\frac{1}{4}$  "Lifetime Factor"

In case the inclinometer does not receive a guarding request from the master during this parameterized time interval, it assumes that the master has failed, sends an emergency telegram and resets to the "pre-operational" status. In case one of both parameters is "0" (default setting), monitoring of the master will occur (no lifeguarding).

### 6.6.2 Heartbeat

Heartbeat is a failure monitoring mechanism which functions without RTR telegrams.

For this purpose the inclinometer cyclically sends a Heartbeat message which contains the status of the device. The master is able to monitor these telegrams. Heartbeat is activated as soon as a value greater than "0" is entered into the register Heartbeat Interval Time (1017h).



#### Note

Heartbeat significantly impacts the busload of the CANopen network, but only creates half the load compared to Nodeguarding / Lifeguarding.

## 6.7 COB IDs

The CAN identifiers of the communication objects are set according to the predefined connection set at each reset (communication, application and hardware reset) depending on the preset Node ID (2000h). Table 10 displays the basis for calculation and the standard values (Node ID = 10).

<b>Communication object</b>	<b>Calculation of COB ID</b>	<b>Standard value (Node ID=10)</b>
NMT0 h	0 h	
SYNC	80 h	80 h
EMCY	80 h + Node-ID	8A h
TPDO1	180 h + Node-ID	18A h
Standard-SDO (Client > Server)	600 h + Node-ID	60A h
Standard-SDO (Server > Client)	580 h + Node-ID	58A h
Heartbeat	700 h + Node-ID	70A h

### 6.8 Status LED (per CiA DR-303-3)

The built-in two-color LED displays the current device status (Run LED, green), as well as CAN communication errors (Error LED, red) that might have occurred. The different states are displayed in Table 11.

#### Status LED

<b>Run LED, green</b>	<b>LED Status</b>	<b>Description</b>
	Off	The device is in the „reset“ status or there is no power supply
	Blinking	The device is in the „pre-operational“ status
	Simple, short illumination	The device is in the „stopped“ status
	On	The device is in the „operational“ status
<b>Error LED, red</b>	<b>LED status</b>	<b>Description</b>
	Off	The device operates error-free
	Simple, short illumination	Error counter CAN controllers has reached the alarm threshold or overreached it
	Dual, short illumination	The device recognized failure of hte guarding master (Node Guard Event)
	On	The device is in the „bus off“ status

## a6.9 EDS files

An electronic data sheet (EDS file) is available for each inclinometer (download free of charge from the Internet under <http://www.kuebler.com...>).

It contains a complete description of the object register and can be easily added to a CANopen project planning software.

## 7. Glossary

### B

#### **Baud rate**

Data transmission rate (1 Baud = 1 Bit/s)

### C

#### **CAN**

Controller Area Network

#### **CANopen**

Standardized application layer for CAN devices

#### **CIA**

CAN in Automation (membership corporation)

#### **CIA DS**

CiA Draft Standard (specification published by CiA)

#### **CIA DS-301**

Specification of CANopen application layer and the communication parameters in the OD

#### **CIA DP**

CiA Device Profile (device profile published by CiA)

#### **CIA DR**

CiA Draft Standard (specification published by CiA)

#### **CIA DR-303-3**

Recommended implementation for the display of CANopen device states and errors per LED

#### **CIA DSP**

CiA Draft Standard (specification published by CiA)

#### **CIA DSP-410**

Specification draft of the device profile 410 for inclination sensors

#### **Client**

CANopen participant with utilization access to a server

#### **COB**

CANopen Communication Object

#### **COB-ID**

CAN identifier of a COB

**E****EDS - electronic data sheet**

Electronic data sheets which must be written according to a standardized text format. Configuration tools are suitable for reading EDS files, for communicating with the respective device and for parameterizing it if needed.

**EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory**

A non-volatile, electronic memory chip is called EEPROM. An EEPROM consists of a field effect transistor matrix with isolated floating gate in which each transistor represents a Bit.

**EMCY**

Emergency objects are triggered by a significant internal device error. An emergency message can only be sent once for each error. As long as the device remains free of additional errors, no additional emergency objects are sent. Error messages can be received by multiple emergency consumers. The response of the consumers depends on the application. CANopen defines Emergency Error Codes that are sent in the emergency object. The emergency object consists of a single CAN message with eight Byte data supported by standard emergency frames (EMCY) per CiA DS-301.

**F****Feldbus**

Data network on sensor- /actuator level. The devices on the field level are connected to a control unit by a fieldbus. A fieldbus is recognized for high transmission integrity and real-time behavior.

**FRAM - Ferroelectric Random Access Memory**

A non-volatile, electronic storage type based on crystals with ferroelectrical characteristics is called FRAM.

**G****Guard COB ID**

Identification number for Nodeguarding. This COB ID is fixed and can not be changed.

**Guard Time**

The request-interval time (display in milliseconds) to be expected from the network slave during Nodeguarding.

**H****Heartbeat**

The Heartbeat protocol is used to monitor the operating ability of other CANopen bus participants. With the help of the Heartbeat signals, the CANopen node signals to all CANopen network participants that it is ready for operation even when no data transfer has occurred for an extended period of time. The failure of a CANopen node can be registered by all participants! The Heartbeat Producer Time determines the Heartbeat cycle time.

**Hexadezimal (...h)**

Number system with the basis 16. The count starts at 0 and ends at 9, and continues with the letters A, B, C, D, E and F.

**I****IEC 61131**

IEC 61131 is an international standard which addresses the basic principles for controllers programmable from memory.

**Inhibit Time**

Minimum off-period for sending. With the help of Inhibit Time, an off-period between two signals is defined so that the bus is not continuously occupied by high priority messages. Is only supported for TPDOs.

**Initialization**

During initialization (verb: to initialize) the storage slot (for example variables, code, buffer,...) needed for execution is reserved and filled with start values.

**INTEGER8**

Data type INTEGER8 (8 Bit, two's complement, -128...127)

**INTEGER16**

Data type INTEGER8 (16 Bit, two's complement, -32768..0.32767)

**IP - International Protection**

The protection class (IP) defines the suitability of electrical equipment (for example devices, installation material) for diverse environments and in addition, it determines the suitability for protecting persons against potential danger during operation of the electrical equipment.

**L****Lateral**

Assignment of axes (Y-axis)

**Life time Factor**

This factor, multiplied by the Guard Time, determines the time that must pass after an error has occurred in the Nodeguarding protocol and before the error is signaled by the network slave per EMCY. This is how a communication difficulty that has temporarily occurred, for example high bus load, can be attended to without guarding error.

**Longitudinal**

Assignment of axes (X-axis)

**Logistik**

Logistics describes integral planning, control, execution, allocation, optimization and monitoring of processes for moving goods, data, energy and persons, as well as the needed transportation vehicles and equipment.

**M****Master**

The Master controls the access conditions during a Master-Slave operation on the fieldbus level.

**Mode**

Operating mode (mode)

**MSB**

Most Significant Bit. Bit with the highest place value.

**N****NID**

Node ID

**Nodeguarding**

Monitoring of the network nodes with the help of a network manager is called nodeguarding. In addition the CANopen network participants are used to check whether their network manager is still operating regularly and whether the network is still operating safely. Nodeguarding is inactive in the default setting. Different parameters must be set via the object register to activate a participant's nodeguarding protocol.

**Node ID**

KNode number of a CANopen device (1...127)

**NMT**

Network Management Object (object to set and check CANopen device modes)

**O****Operational**

CANopen device mode (SDO, PDO, EMCY, NMT possible)

**OD**

Object register (virtual register with device parameters, addressing per index and subindex).

**P****Parameterization**

Setting of parameters of single bus participants or better their modules in the configuration software of the DP Master.

**Preoperational**

CANopen device mode (SDO, PDO, EMCY, NMT possible)

**Predefined Connection Set**

Formula defined in the CiA DS-301 and to be used to calculate the COB IDs of the communication objects in reference to the Node ID.

**Process Data Objekte (PDOs)**

Process data objects (PDO) are sent in a single CAN message. Here, all eight Byte of the data field can be used to send utilization objects. Each PDO must have a clear CAN identifier and must only be sent by one device. However, it can be received by multiple devices (Producer/ Consumer communication). PDO transmissions can be triggered by an internal event (event-driven), also by an internal timer (timer-driven) or by a request from another device.

**R****Repeater**

In regards to digital communication technology, the repeater is a signal generator which receives a signal in the Bit transfer layer, then reprocesses and resends it. Noise as well as jitter of the run time and the pulse form are removed from the received signal with this type of processing.

**RTR-Remote Transmission Request**

A set RTR Bit (Remote Transmission Request) identifies a remote frame (recessive). A participant may send a data transfer request to another participant with the help of a remote frame.

**S****Server**

CANopen participant which offers a service for one/multiple client(s)

## **SDO - Service Data Objects**

A service data object (SDO) reads data from the object register or writes data to the object register. The SDO transport protocol is suitable to send objects of different sizes. The first Byte of the first segment contains the needed flow control information. Among others it contains a toggle Bit to solve the problem of CAN messages that were received twice. The next three Byte of the first segment contain the index and subindex of the entry into the object register to be read or written. The last four Byte of the first segment are available for user data. The second and the following segments (which utilize the same CAN identifier) contain the control Byte and up to seven Byte user data. The receiver acknowledges each segment or a segment block so that a peer-to-peer communication (Client/Server) takes place.

### **Stopped**

CANopen device mode (SDO, PDO, EMCY, NMT possible)

**T**

### **Transmission Type**

The transmission type determines under which circumstances a PDO will be sent or received.

**U**

### **UNS8**

Data type UNSIGNED8 (8 Bit, unsigned, 0...255)

### **UNS16**

Data type UNSIGNED8 (16 Bit, unsigned, 0..0.65535)

### **UNS32**

Data type UNSIGNED8 (32 Bit, unsigned, 0..0.4294967296)

**V**

### **VSTR**

Data type VISIBLE STRING (ASCII character string inclusive end identification 0h)







**Kübler Group**  
**Fritz Kübler GmbH**  
Schubertstrasse 47  
D-78054 Villingen-Schwenningen  
Germany  
Tel: +49 7720 3903-0  
Fax +49 7720 21564  
info@kuebler.com  
www.kuebler.com