

# ENX MILE

## Produkt-Information



**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>TECHNISCHE DATEN</b>	<b>4</b>
1.1	Voraussetzungen für den Betrieb .....	4
1.2	Absolute Grenzdaten .....	4
1.3	Allgemeine Werte .....	4
1.4	Inkrementelle Schnittstelle .....	4
1.5	Kommutierungsschnittstelle (Open Collector) .....	5
1.6	Winkelmessung .....	5
1.7	Mechanische Daten .....	6
<b>2</b>	<b>DEFINITIONEN</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>TYPISCHE MESSERGEBNISSE</b>	<b>9</b>
3.1	Winkelfehler pro Umdrehung .....	9
3.2	Oszilloskop-Kurven .....	10
3.3	Temperatur-Abhängigkeit .....	11
3.4	Drehzahl-Abhängigkeit .....	11
3.5	Normenerfüllung .....	12
<b>4</b>	<b>ANSCHLUSSBELEGUNG</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>AUSGANGSBESCHALTUNG</b>	<b>14</b>

**SCHUTZMARKEN UND MARKENNAMEN**

Im vorliegenden Dokument werden eingetragene Markennamen nicht mit ihrem jeweiligen Warenzeichen aufgeführt. Dabei versteht sich von selbst, dass die Markennamen (die nachfolgende Liste ist nicht zwingend abschliessend) durch Urheberrechte geschützt sind und/oder Geistiges Eigentum repräsentieren, selbst wenn ihre Warenzeichen ausgelassen werden.

Pico-Clasp

© Molex, USA-Lisle, IL

## ENX MILE – Produkt-Information



Abbildung 1 ENX 42 MILE, ENX 32 MILE, ENX 22 MILE

Der MILE-Encoder nutzt ein induktives Winkelmesssystem, um inkrementale Rechtecksignale zu generieren. Er verfügt über zwei Kanäle (A, B) mit differentiellen Signalen mit bis zu 2'048 Impulsen pro Umdrehung.

Der Encoder ist für maximale Robustheit in Industrieanwendungen ausgelegt. Er kann in einer offenen Umgebung eines EC-Flachmotors betrieben werden und verfügt über zusätzliche ESD-Schutzschaltungen. Aufgrund der Robustheit der MILE-Technologie in Bezug auf elektromagnetische Störeinflüsse konnte der Encoder mit minimalen Änderungen der Abmessungen gegenüber einem Motor ohne Encoder in die ECX-flach Baureihe integriert werden.

Die Anschlussbelegung ist kompatibel zu den meisten maxon Controllern mit Encoder-Schnittstelle.



### **Hinweis**

*Die aufgeführten Daten sind rein für Informationszwecke bestimmt. Keine der angegebenen Werte oder Angaben können als Indikator einer garantierten Leistung herangezogen werden.*

# 1 TECHNISCHE DATEN

## 1.1 Voraussetzungen für den Betrieb



### Voraussetzungen für den störungsfreien Betrieb

- Der Encoder muss vor dem Drehen des Motors mit Spannung versorgt sein. Berücksichtigen Sie dabei eine Einschaltdauer von bis zu 15 ms.
- Spannungsrippel ( $V_{pp}$ ) auf der Versorgungsspannung ( $V_{cc}$ ) mit einer Amplitude  $\geq 0.4$  mV wirken sich auf die Wiederholgenauigkeit des Encoders aus.

## 1.2 Absolute Grenzdaten

Parameter	Bedingungen	Min	Max	Einheit
Versorgungsspannung ( $V_{cc}$ )		-0.3	+6	V
Spannung am Signalausgang ( $V_{signal}$ )	Inkrementalsignale	-0.3	$V_{cc}+0.3$	V
	Hall-Signale		+27	
Betriebstemperatur ( $T_{amb}$ )		-40	+100	°C
Lagertemperatur ( $T_{store}$ )		-40	+105	°C
Luftfeuchtigkeit	nicht kondensierend	+20	+80	%rH

## 1.3 Allgemeine Werte

Parameter	Bedingungen	Min	Typ	Max	Einheit
Versorgungsspannung ( $V_{cc}$ )		+4.5	+5	+5.5	V
Versorgungsstrom ( $I_{dd}$ )	Ausgangs-Pulsfrequenz <100 kHz, Lastwiderstand $\geq 10$ k $\Omega$		15		mA
Einschaltdauer				15	ms

## 1.4 Inkrementelle Schnittstelle

Parameter	Bedingungen	Min	Typ	Max	Einheit
Anzahl Kanäle	ChA, ChB	2			—
Impulse pro Umdrehung	ENX 22 MILE		1'024		cpt
	ENX 32 MILE, ENX 42 MILE		2'048		
Pulsfrequenz ( $f_{pulse}$ )	Maximale Ausgangs-Pulsfrequenz		1'000		kHz
Signalausgangsstrom ( $I_{signal}$ )	Begrenzt den optionalen minimalen differentiellen Lastwiderstand $R_1$ auf 1.375 k $\Omega$	-4		+4	mA
Signalspannung hoch ( $V_{high}$ )	$I_{signal} \leq 4$ mA, $V_{cc} = 5$ V	4.5			V
Signalspannung tief ( $V_{low}$ )	$I_{signal} \leq 4$ mA, $V_{cc} = 5$ V			0.5	V
Flankensteilheit ( $t_{trans}$ )	Anstiegs-/ Abfallzeit ChA/B @Lastwiderstand 1 k $\Omega$ , $C_{load}$ 25pF		20		ns

## 1.5 Kommutierungsschnittstelle (Open Collector)

Parameter	Bedingungen	Min	Typ	Max	Einheit
Anzahl Kanäle	H1, H2, H3	3			—
Versorgungsspannung ( $V_{Hall}$ )		2.7	—	24	V
Versorgungsstrom ( $I_{Hall}$ )		1.5	3	4.5	mA
HIGH-Pegel Ausgangsstrom ( $I_{OH}$ )	$V_{Hall} - V_{OH} < 0.5 V$		0.1	2	mA
LOW-Pegel Ausgangsstrom ( $I_{OL}$ )	Begrenzt minimalen externen Pull-Up	-20			
HIGH-Pegel Ausgangsspannung ( $V_{OH}$ )	$I_{OH} = 2mA$	$V_{CC} - 0.5$			
LOW-Pegel Ausgangsspannung ( $V_{OL}$ )	$I_{OL} < 20 mA$			0.5	
Einschaltdauer			16	35	us
Delay time			6		us
Pulsfrequenz ( $f_{pulse}$ )	Maximale Ausgangs-Pulsfrequenz	30	50		kHz
Flankensteilheit ( $t_{trans}$ )	Anstiegszeit H1/H2/H3 (10...90%) $R_{PU} = 1 k\Omega$			1	$\mu s$
	Abfallzeit H1/H2/H3 (90...10%) $R_{PU} = 1 k\Omega$			1	
Maximaler Kommutierungswinkelfehler (maxCAE), Hallsignale			15	21	°e

## 1.6 Winkelmessung

Bedingungen Alle Werte bei  $T=25^{\circ}C$ , ( $n=5'000 min^{-1}$ ,  $V_{CC}=5 V$ , wenn nicht anders angegeben.)

Definitionen Siehe →Seite 7.

Parameter	Bedingungen	Min	Typ	Max	Einheit
Zählrichtung der Inkrementalsignale (Dir)	Bewegung der Motorwelle für Signalphasenlage "A vor B", vom Wellenende gesehen	CW			
Zählrichtung der Kommutierungssignale	Bewegung der Motorwelle für Signalphasenlage "H1 vor H2 vor H3", vom Wellenende gesehen	CW			
Zustandslänge ( $L_{state}$ )		70	90	110	°e
Minimale Zustandsdauer ( $t_{state}$ )			125		ns
Integrale Nichtlinearität (INL)			1	1.8	°m
Differentielle Nichtlinearität (DNL)			0.4	1.1	LSB
Wiederholgenauigkeit (Jitter)			0.6	1.2	LSB
Phasenverzögerung A zu B (Phase q)		70	90	110	°e
Winkel-Hysterese (Hyst)			1		LSB
Verzögerungszeit des digitalen Signalpfades	Typische Latenz der digitalen Signalverarbeitung		2.2		$\mu s$

1.7 Mechanische Daten

Parameter	Bedingungen	Wert	Einheit
Trägheitsmoment der Impulsscheibe ( $J_i$ )		3.5	g cm <sup>2</sup>
Standard-Kabellänge ( $L_C$ )		300	mm

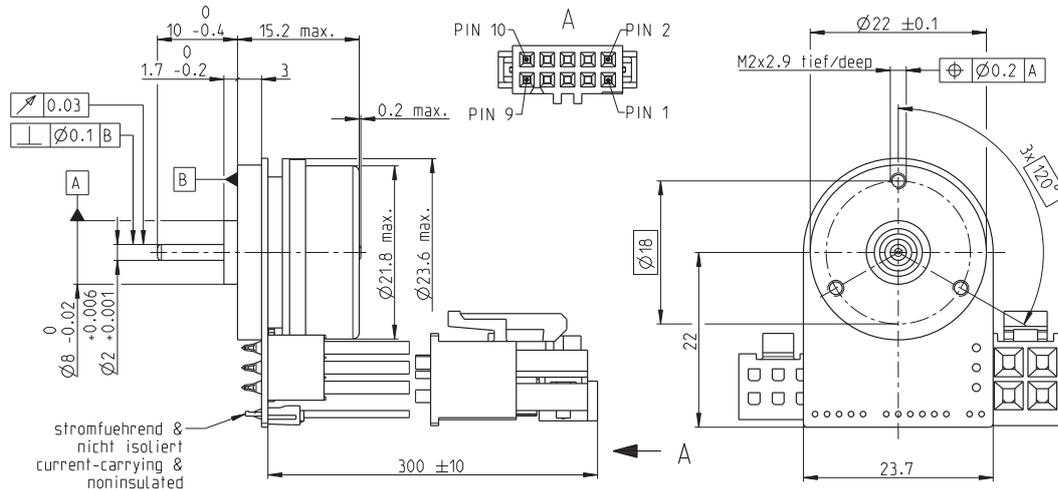


Abbildung 2 ENX 22 MILE - Massbild

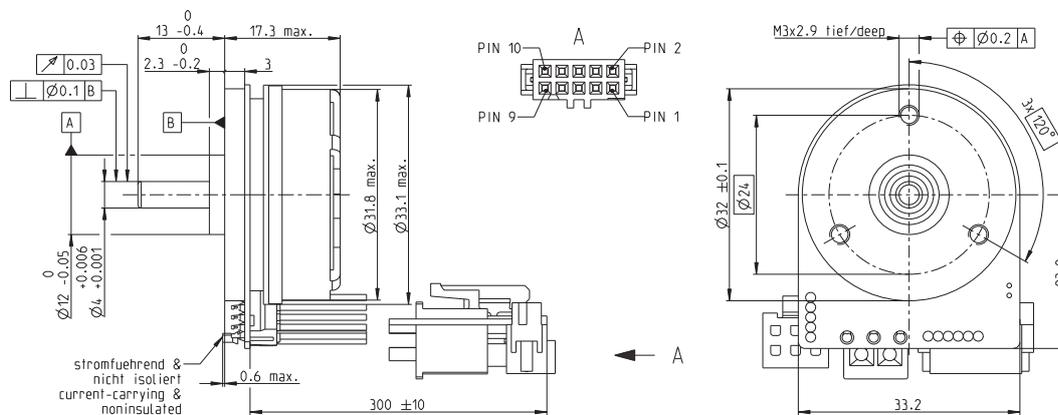


Abbildung 3 ENX 32 MILE - Massbild

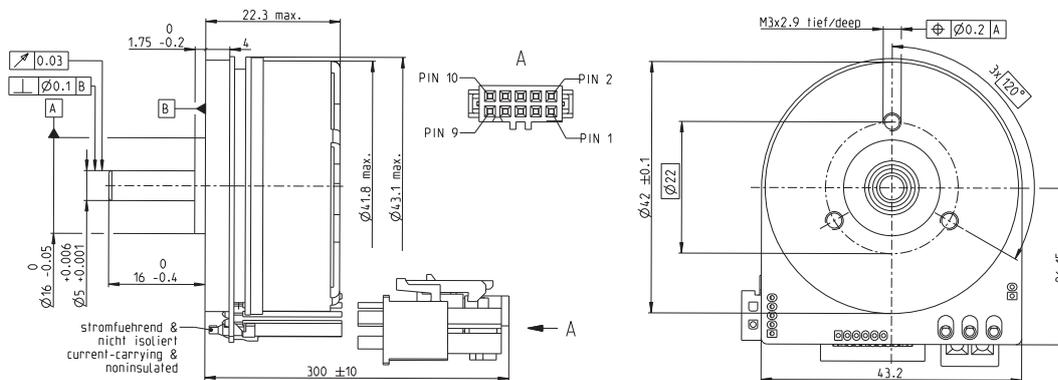


Abbildung 4 ENX 42 MILE - Massbild

2 DEFINITIONEN

Messwert	Definition	Illustration
Winkelfehler [°m]	Differenz zwischen gemessener und echter Winkelposition des Rotors bei jeder Position.	
Mittlerer Winkelfehler [°m]	Mittelwert des Winkelfehlers an jeder Position, über eine bestimmte Anzahl Umdrehungen.	
Integrale Nichtlinearität (INL) [°m]	Spitze-Spitze-Wert des mittleren Winkelfehlers.	
Jitter (Wiederholgenauigkeit) [°m] oder [LSB]	Sechs Standard-Abweichungen des Winkelfehlers pro Umdrehung (an jeder Position, über eine bestimmte Anzahl Umdrehungen). <b>Jitter [°m]</b> ist typischerweise unabhängig von der Auflösung und gibt die maximal verwendbare Wiederholgenauigkeit für Positionierungsaufgaben an. <b>Jitter [LSB]</b> ist auflösungsabhängig. Bei definiertem Jitter [°m] ist der Wert ungefähr proportional zur Auflösung.	
Bit mit dem niedrigsten Stellenwert [LSB]	Minimale messbare Differenz zwischen zwei Winkelwerten bei gegebener Auflösung (= Quadcount, = Zustand).	
Zustandsfehler [LSB]	Differenz zwischen tatsächlicher Zustandslänge und durchschnittlicher Zustandslänge.	
Mittlerer Zustandsfehler [LSB]	Mittelwert des Zustandsfehlers über eine Anzahl Umdrehungen für jeden Zustand der Umdrehung.	
Differentielle Nichtlinearität [DNL]	Maximaler positiver oder negativer mittlerer Zustandsfehler.	
Minimale Zustandslänge [°e]	Minimal gemessene Zustandslänge innerhalb einer Anzahl Umdrehungen bezogen auf die Pulslänge.	
Maximale Zustandslänge [°e]	Maximal gemessene Zustandslänge innerhalb einer Anzahl Umdrehungen bezogen auf die Pulslänge.	
Minimale Zustandsdauer [ns]	Durch Chip begrenzter minimaler Abstand zwischen zwei A/B-Flanken.	

Fortsetzung auf nächster Seite.

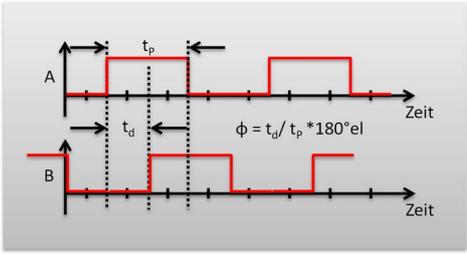
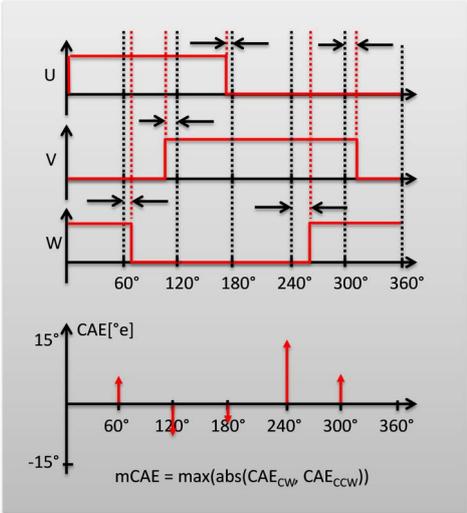
Messwert	Definition	Illustration
Phasenverzögerung $\theta$ [ $^{\circ}$ e]	Zeitdifferenz der ansteigenden Flanke A nach B relativ zur Zustandsdauer des positiven Niveaus von A.	 <p><math>\phi = t_d / t_p \cdot 180^{\circ}</math></p>
Maximaler Kommutierungswinkelfehler (maxCAE) [ $^{\circ}$ e]	Maximale positive oder negative Abweichung der einzelnen Schaltpunkte der Kommutierungssignale zum Sollzeitpunkt (Referenzsignal), ermittelt über eine bestimmte Anzahl Umdrehungen.	 <p><math>mCAE = \max(\text{abs}(CAE_{CW}, CAE_{CCW}))</math></p>

Tabelle 1 Definitionen

### 3 TYPISCHE MESSERGEBNISSE

#### 3.1 Winkelfehler pro Umdrehung

Nachfolgende Diagramme zeigen Winkelfehler-Messungen eines ENX 22 MILE, eines ENX 32 MILE und eines ENX 42 MILE unter folgenden Bedingungen:

Messung von 20 Umdrehungen bei:  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $n = 2'000\text{ min}^{-1}$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$

Auflösung	Diagramm	Analyse
1024 (ENX 22 MILE)		INL 0.8°m Jitter 0.04°m = 0.5 LSB DNL 0.2 LSB Min State 0.85 LSB Max State 1.15 LSB Min Phase 78°e Max Phase 103°e
2048 (ENX 32 MILE)		INL 0.5°m Jitter 0.03°m = 0.6 LSB DNL 0.15 LSB Min State 0.85 LSB Max State 1.1 LSB Min Phase 78°e Max Phase 101°e
2048 (ENX 42 MILE)		INL 0.5°m Jitter 0.01°m = 0.3 LSB DNL 0.11 LSB Min State 0.89 LSB Max State 1.1 LSB Min Phase 79°e Max Phase 100°e

Tabelle 2 Typische Messergebnisse

### 3.2 Oszilloskop-Kurven

Abbildung 5 zeigt die Inkrementalsignale A, B und A/, B/ eines ENX 22 MILE (N = 1'024 cpt), aufgezeichnet in Drehrichtung CW bei  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $n = 2'500\text{ min}^{-1}$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$ .

Signale: C1 = ChA; C2 = ChA/; C3 = ChB; C4 = ChB/; C8 = Referenzsignal 360°m (Ausschnitt); 5  $\mu\text{s/div}$ ; 2 V/div



Abbildung 5 Inkrementalsignale ENX 22 MILE

Abbildung 6 zeigt die Hallsignale HS1, HS2 und HS3 eines ENX Flat 22, aufgezeichnet in Drehrichtung CW bei  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $n = 2'500\text{ min}^{-1}$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$ .

Signale: C1 = HS1; C2 = HS2; C3 = HS3; C8 = Referenzsignal 360°m; 5  $\mu\text{s/div}$ ; 2 V/div

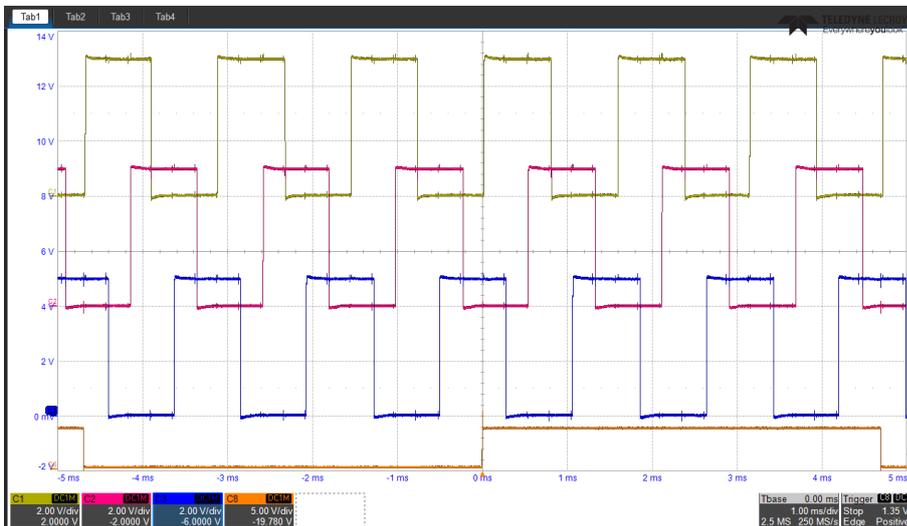


Abbildung 6 Hallsignale ENX Flat 22

### 3.3 Temperatur-Abhängigkeit

Abbildung 7 zeigt die Temperatur-Abhängigkeit von zehn ENX 32 MILE unter folgenden Bedingungen:

$V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $2'000\text{ min}^{-1}$ ,  $2'048\text{ cpt}$

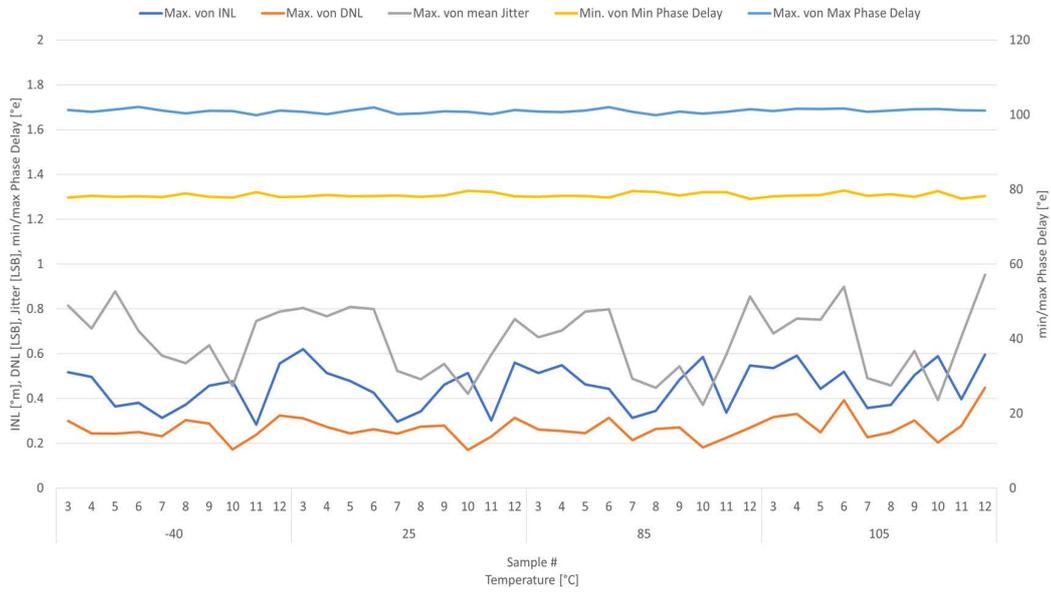


Abbildung 7 Temperatur-Abhängigkeit

### 3.4 Drehzahl-Abhängigkeit

Abbildung 8 zeigt die Drehzahl-Abhängigkeit von zehn ENX 32 MILE unter folgenden Bedingungen:

$V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $1'000...8'000\text{ min}^{-1}$ ,  $2'048\text{ cpt}$

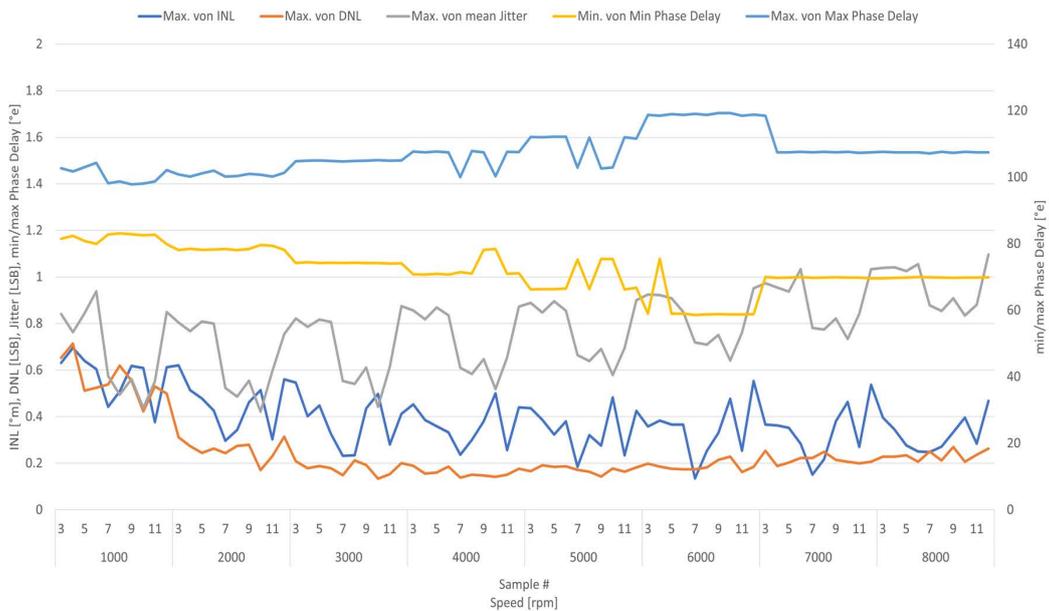


Abbildung 8 Drehzahl-Abhängigkeit

### 3.5 Normenerfüllung

Parameter	Beschreibung
Störfestigkeit gegen elektrostatische Entladung (DIN EN 61000-4-2)	Direkte Entladung auf leitende Oberflächen – ±8 kV
Zuverlässigkeit [a]	Zuverlässigkeitsprognose von elektronischen Geräten gemäss MIL-HDBK-217F Umfeld: Boden, mild (GB) Umgebungstemperatur: 329 K (55°C) Bauteilbelastung: In Übereinstimmung mit Schaltplan und Nennleistung Mittlere Ausfallzeit MTBF (=MTTF = MTTFd) = 5'580'525 hrs Ausfallrate: 180 FIT
Kompatibilität UL [b]	Siehe nachfolgend aufgeführte Bedingungen

Tabelle 3 Normenerfüllung

**[a]** MTTFd (Mittlere Zeit bis zum gefährlichen Ausfall) wird als Zuverlässigkeitsmerkmal für maxon Encoder angegeben und gilt als gleichwertig mit MTBF (Mittlere Zeit zwischen Ausfällen) und MTTF (Mittlere Zeit bis zum Ausfall) unter Berücksichtigung der folgenden konservativen Annahmen:

- Alle Komponentenfehler können die Sensordaten erheblich verfälschen und zu einem gefährlichen Ausfall des Encoders führen.
- maxon Encoder sind nicht reparierbar.

Eine detailliertere Analyse des Sensorverhaltens im Falle einzelner Komponentenfehler kann zu einer niedrigeren Ausfallrate führen. Der angegebene MTTFd-Wert bezieht sich nur auf die elektronischen Komponenten des Encoders (d. h. keine Steckverbinder, Kabel oder mechanische Trägerstrukturen). Die Berechnungsmethode und die zugrunde liegenden Daten zur Bestimmung des MTTFd für maxon Encoder basieren auf der Norm EN ISO 13849-1.

**[b]** Die folgenden Bedingungen sind vom Produkt erfüllt, respektive müssen im kundenseitigen Gesamtsystem erfüllt sein, um eine mit einem ENX MILE Encoder ausgerüstete Antriebseinheit nach UL zertifizieren zu lassen:

- Gemäss UL 840 Kapitel 8:  
Der Encoder ist definiert als Kleinspannungsgerät weil er eine Versorgungsspannung von weniger als 50 V benötigt und ein Isolationsabstand von mindestens 0.2 mm zwischen allen spannungsführenden Teilen im Encoder von den nächstliegend benachbarten Metallteilen eingehalten wird, welche mit einem äusseren elektrischen Potential verbunden sind oder verbunden werden könnten.
- Gemäss UL 746C Kapitel 3.34 Abschnitt b:  
Die maximale Leistungsaufnahme des Encoder im regulären Betrieb ist kleiner als 15 W. Die Spannungsversorgung des Encoders muss sicherstellen, dass auch im Fehlerfall die Leistungsaufnahme (beispielsweise durch eine Strombegrenzungsschaltung) auf unter 15 W begrenzt ist.
- Ein umgebendes System mit Betriebsspannungen zwischen 50 V und 125 V muss entweder einen Isolationsabstand von mindestens 1.6 mm zwischen Teilen auf diesem Spannungsniveau und den Encoderteilen garantieren oder unter UL gelistete Isolatoren verwenden.

## 4 ANSCHLUSSBELEGUNG



### Maximal erlaubte Versorgungsspannung

- Stellen Sie sicher, dass die Versorgungsspannung innerhalb des angegebenen Bereichs liegt. Versorgungsspannungen ausserhalb des angegebenen Bereichs – oder falsche Polung – zerstören das Gerät.
- Gerät nur bei ausgeschalteter Versorgungsspannung ( $V_{cc}=0$ ) einstecken.

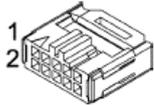


Abbildung 9 Anschlussstecker

Pin	Signal	Beschreibung
1	—	nicht verbunden
2	Vcc	Versorgungsspannung
3	GND	Masse
4	—	nicht verbunden
5	A\	Kanal A\ Komplementärsignal
6	A	Kanal A
7	B\	Kanal B\ Komplementärsignal
8	B	Kanal B
9	—	nicht verbunden
10	—	nicht verbunden

Tabelle 4 Anschlussbelegung

ENX MILE Encoderstecker mit radialem Kabelabgang (P/N 723837)	
Anschlussstecker	Federleiste, Raster 2.54 mm, 5 × 2-polig
Gegenstecker	Stiftleiste, Raster 2.54 mm, 5 × 2-polig (EN 60603-13/DIN 41651)

Tabelle 5 Spezifikation Anschlussstecker

## 5 AUSGANGSBESCHALTUNG

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die konzeptionelle Beschaltung der Ausgänge.

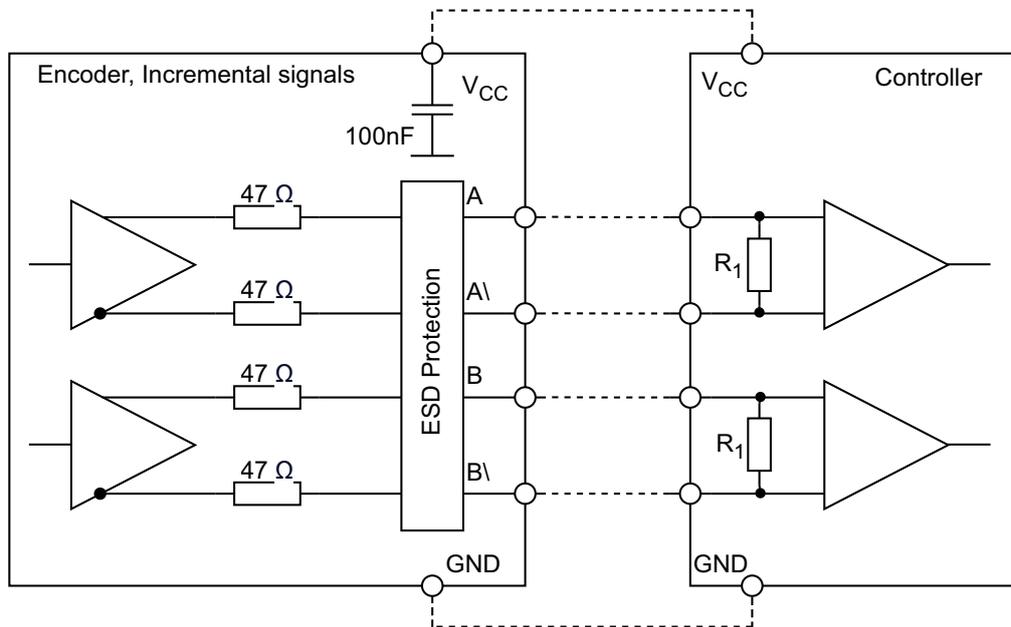


Abbildung 10 Ausgangsbeschaltung der Inkrementalschnittstelle

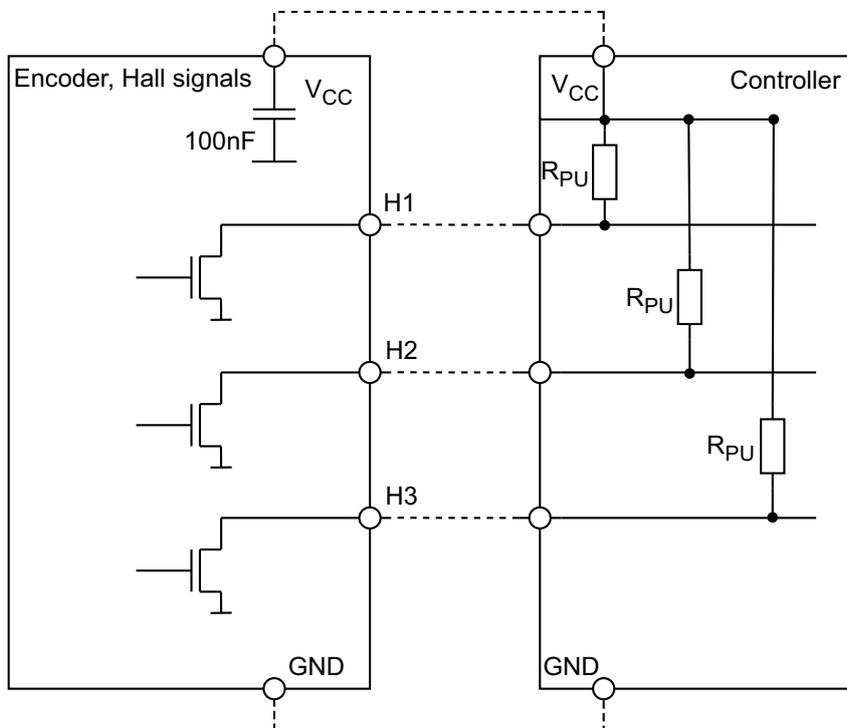


Abbildung 11 Ausgangsbeschaltung der Kommutierungsschnittstelle

••absichtliche Leerseite••

mmag | ENX MILE Produkt-Information | Ausgabe 2024-10 | DocID 11391377-01

© 2024 maxon. Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung ist jegliche Verwendung, insbesondere Reproduktion, Bearbeitung, Übersetzung und Vervielfältigung untersagt (Kontakt: maxon international ag, Brünigstrasse 220, CH-6072 Sachseln, +41 41 666 15 00, [www.maxongroup.com](http://www.maxongroup.com)). Zuwiderhandlungen werden zivil- und strafrechtlich verfolgt. Die erwähnten Marken gehören ihrem jeweiligen Eigentümer und sind markenrechtlich geschützt. Änderungen ohne Vorankündigung möglich.