

Application Note

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Keywords

- Positionsgenauigkeit
- Positionserfassung
- Encoder-Interface
- Inkremental-Encoder
- EL5112, EL51xx
- Latch
- Latch-Eingang
- Digital-Eingang
- Filterzeiten
- Synchronisierungsarten

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Diese Application Note befasst sich mit den Vorteilen der integrierten digitalen Eingänge zum Abspeichern des aktuellen Positionswertes (dem sogenannten Latchen) am Beispiel von Beckhoff-Klemmen mit Inkremental-Encoder-Interface gegenüber dem Latchen mittels digitaler Eingangsklemmen und mit der Bestimmung des Positionswertes in der SPS. Zum Verständnis, auf welche Weise sich die Funktion der Klemmen sowie die Kommunikation auf das Latch-Verhalten auswirken, werden ebenfalls Grundlagen zur EtherCAT-Kommunikation erläutert.

Das Latchen eines Positionswertes zu einem bestimmten Zeitpunkt kann für verschiedenste Anwendungen genutzt werden. Beispielsweise kann dies für die Ermittlung der genauen Position von Produkten auf einem Transportband während des Durchlaufs verwendet werden. Dabei sind häufig genaue Erfassungen der Positionen notwendig, um die Produkte zum richtigen Zeitpunkt auszuschleusen. Daher stellt sich die Frage, ob integrierte Latch-Eingänge eine genauere Position ermitteln, und wie viel genauer diese Position ist. In diesem Kontext sind ebenfalls die Auswirkungen verschiedener Filterzeiten von unterschiedlichen digitalen Eingängen auf die Positionsermittlung relevant.

Application Note

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Synchronisierungsarten in einem EtherCAT-Netzwerk

Für einen Überblick über die zeitlichen Zusammenhänge und damit auch über die resultierende Genauigkeit der Positionserfassung durch die unterschiedlichen Latch-Methoden ist ein Verständnis der Synchronisierung der Teilnehmer im EtherCAT-Netzwerk notwendig. Grundsätzlich gibt es drei übergeordnete Synchronisierungsarten in einem EtherCAT-Netzwerk.

Free Run	Der EtherCAT-Slave wird nicht mit EtherCAT synchronisiert. Dabei arbeitet der Slave autonom nach seinem eigenen Takt und explizit nicht synchron mit dem EtherCAT-Zyklus.
SM-Synchron	Der EtherCAT-Slave wird mit dem SyncManager 2 (SM2)-Event (wenn die zyklischen Ausgänge übertragen werden) oder mit dem SyncManager 3 (SM3)-Event (wenn nur die zyklischen Eingänge übertragen werden) synchronisiert. Das SM2-/SM3-Event wird vom SyncManager bei Bearbeitung eines durchlaufenden Frames ausgelöst.
DC-Synchron	Der EtherCAT-Slave wird mit dem SYNC0- und/oder dem SYNC1-Event des Distributed-Clocks-Systems synchronisiert. Diese Events werden unter den DC-fähigen EtherCAT-Slaves synchron ausgelöst.

Für besonders zeitkritische Anwendungen, welche präzises Timing erfordern, ist daher der DC-Synchrone-Modus zu empfehlen. Dieser wird jedoch nicht zwangsläufig von jedem EtherCAT-Teilnehmer unterstützt.

Parametrierung eines Latch-Eingangs am Beispiel der EL5112

Die EL5112 besitzt zwei digitale Eingänge (24 V DC), welche zum Latchen verwendet werden können. Diese werden dabei sowohl über CoE-Objekte als auch die PDOs parametrieren.

Über die CoE-Objekte 0x80n0:22/23 können die beiden Eingänge als Single-Latch oder Continuous-Latch parametrieren werden. Im Single-Latch-Betrieb wird nur auf die erste Flanke und erst bei erneuter Freigabe des Eingangs auf die nächste Flanke reagiert. Dazu muss das PDO „Enable latch extern on positive edge“ bzw. „... negative edge“ des jeweiligen Kanals auf FALSE und anschließend wieder auf TRUE gesetzt werden.

Im Continuous-Latch-Betrieb wird der aktuelle Positionswert zu jeder parametrieren Flanke gespeichert. Dies kann jedoch bei stark prellenden Signalen oder Signalwechseln innerhalb der Zykluszeit zu einem Überschreiben der Positionsdaten führen und sollte bei der Parametrierung berücksichtigt werden.

Ob auf die steigenden oder fallenden Flanken gelatched werden soll, wird über die PDOs „Enable latch extern on positive edge“ bzw. „... negative edge“ vorgegeben. Gleiches gilt für den zweiten Eingang über „Enable latch extern 2 on positive“ bzw. „... negative edge“.

Application Note

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Vergleich verschiedener Latch-Möglichkeiten

Für den Vergleich werden drei verschiedene Latch-Methoden herangezogen:

- Latchen über integrierte Eingänge einer Inkremental-Encoder-Interface-Klemme
- Latchen über einen „normalen“ digitalen Eingang in der SPS
- Latchen über einen „schnellen“ digitalen Eingang in der SPS

Beim Latchen über die integrierten Eingänge einer Inkremental-Encoder-Interface-Klemme wird die Position intern in der Klemme gespeichert. Beim Latchen über digitale Eingänge in der SPS wird die aktuelle Position, die der SPS vorliegt, bei einer positiven Flanke an einem digitalen Eingang in der SPS gespeichert. Dazu können digitale Eingänge mit unterschiedlichen Filterzeiten verwendet werden, welche Auswirkungen auf den Latch-Zeitpunkt haben.

Die Verhaltensweisen und Filterzeiten orientieren sich dabei an der Inkremental-Encoder-Interface-Klemme EL5112, der digitalen Eingangsklemme EL1018 und der EL1859.

Produkt	Funktion	Verarbeitung der Positionsdaten	Eingangsfiler	Betriebsmodus
EL5112	2 x integrierter Digital-Eingang	In Klemme	1 μ s typ.	DC-Synchron (Beispiel 1 und 2) SM-Synchron (Beispiel 3)
EL1018	8-Kanal-Digital-Eingangsklemme	In SPS	10 μ s typ.	SM-Synchron
EL1859	8-Kanal-Digital-Eingang + 8-Kanal-Digital-Ausgang	In SPS	3 ms typ.	SM-Synchron

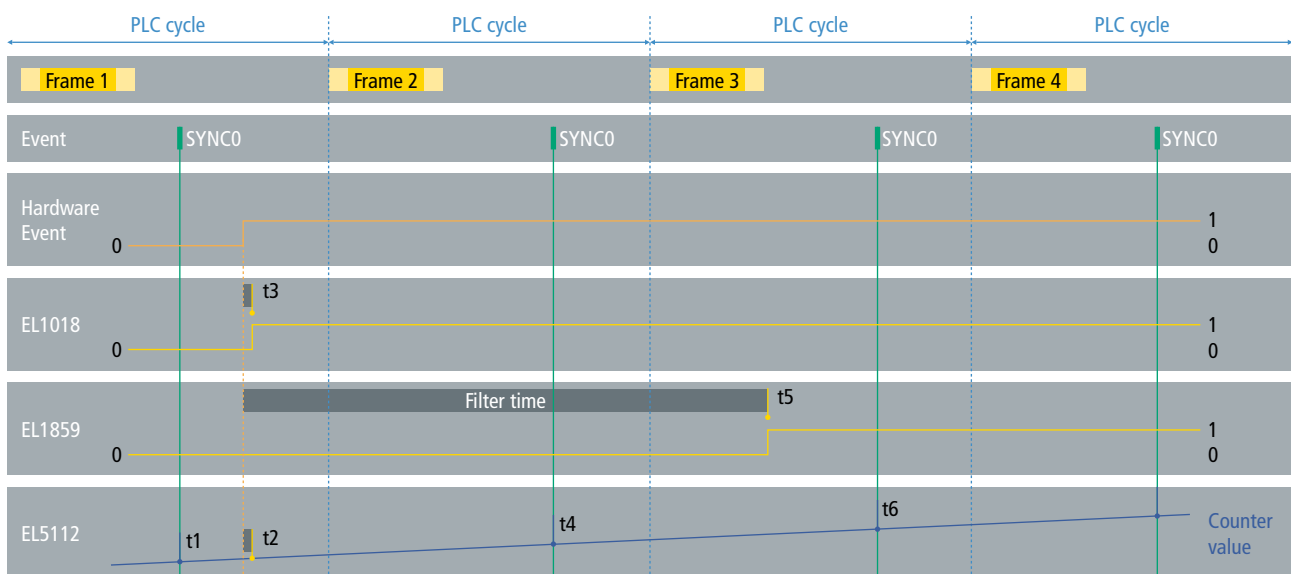
In den nachfolgenden Grafiken werden Hardware-Events zu verschiedenen Zeitpunkten während des Zyklus dargestellt, welche die realen Eingangssignale auf die Eingänge der Klemmen darstellen. Die Zykluszeit in den Grafiken beträgt 1,5 ms.

Application Note

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Bei zeitkritischen Applikationen, wie beispielsweise der Regelung eines Antriebs, ist eine zeitlich äquidistante Ermittlung von Positionswerten notwendig. Dazu wird bei der EL5112 der DC-Modus verwendet, welcher den „Counter value“ immer zum SYNC0-Event abspeichert und mit dem nächsten Frame zur SPS übermittelt. Diese zeitlich äquidistante Abspeicherung der Positionswerte führt dazu, dass die zeitliche Abfolge verschiedener Ereignisse nicht zwangsläufig über die gespeicherten Positionswerte ermittelt werden kann, da die verschiedenen Komponenten unterschiedliche Betriebsmodi unterstützen und damit nicht alle im DC-Modus betrieben werden. Die beiden digitalen Eingangsklemmen EL1018 und EL1859 unterstützen lediglich den SM-Synchron-Betriebsmodus und synchronisieren ihre Daten mit dem SM3-Event, nicht mit dem SYNC0-Event. Um dies zu veranschaulichen, sollen folgende Beispiele zum Einsatz kommen:

Beispiel 1: EL5112 im DC-Modus, Hardware-Event (Wechsel von Low Signal auf High Signal) tritt nach dem SYNC0-Event in der EL5112 auf



Die obige Abbildung stellt den zeitlichen Ablauf verschiedener Ereignisse in Bezug auf ein Hardware-Event, welches das Latchen auslöst, dar. Dabei werden die Zustände der Klemmen und relevanter Bus-Events sowie die jitterbehafteten EtherCAT-Frames abgebildet und entsprechende Filterzeit aufgezeigt (diese sind nicht zwangsläufig proportional zu den realen Filterzeiten der Klemmen). Der aktuelle Positionswert wird in blau dargestellt.

Betrachtet man nun beispielsweise das Hardware-Event, dann ist der Eingang der EL1018 noch im selben Zyklus gültig (t3) und wird damit im nächsten Frame (Frame 2) an die SPS weitergegeben. Die EL5112 gibt in eben diesem zweiten Frame die Position, welche zum ersten SYNC0 gültig war (siehe t1), also eine Position, die vor dem Hardware-Event gespeichert wurde, weiter. Dieser Wert ist folglich bereits einen Zyklus alt. Die von der EL5112 gelatchte Position wird zum Zeitpunkt t2 gespeichert, also entsprechend der Filterzeit der EL5112 kurz nach dem realen Event.

Application Note

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Das führt dazu, dass bei direkter Zuordnung der Position in der SPS mit dem Eingangssignal der EL1018 die Position zum Zeitpunkt t1 als Latch-Wert über die EL1018 ermittelt wird. Bei einer Vorwärtsbewegung ist der Positionswert damit kleiner als der Positionswert, den die EL5112 als gelatchte Position liefert (zum Zeitpunkt t2). Dies kann ohne Wissen über den hier beschriebenen Zusammenhang zwischen den Events falsch interpretiert werden, da ein kleinerer Wert nicht mit einem schnelleren Latchen in Korrelation steht. Ein Latchen über die EL5112 gibt einen exakteren Positionswert als ein Latchen über die SPS mittels digitaler Eingangsklemmen.

Die erreichbare Verbesserung der Positionsgenauigkeit hängt von mehreren Faktoren ab: Insbesondere Geschwindigkeit, Zykluszeit und der Jitter der verwendeten Hardware spielen eine Rolle. Ebenfalls hat die TwinCAT-Konfiguration in Bezug auf die Zeitpunkte der Events einen entscheidenden Einfluss auf die Genauigkeit.

Das wird besonders deutlich, wenn die mit der EL1859 gelatchten Positionswerte mit den anderen Latch-Werten verglichen werden. In diesem Fall wird der Eingang der EL1859 auf Grund der längeren Filterzeit von typ. 3 ms erst im dritten Zyklus gültig (t5) und somit evtl. erst mit dem vierten Frame (Frame 4) in die SPS übertragen. In diesem liegt dann als aktuelle Position der Wert vom dritten SYNC0-Event (zum Zeitpunkt t6) vor. Je nach Applikation können so beträchtliche Differenzen entstehen.

Beispielhaft durchgerechnet würden, im Fall einer Zykluszeit von 1,5 ms und einer Geschwindigkeit von 2.000 mm/s, wenn die Position zu Beginn des ersten Zyklus bei 0 mm beginnt, circa folgende Positionswerte durch die unterschiedlichen Latch-Methoden ermittelt (weitere Annahmen: Hardware-Event 1 ms nach Beginn, SYNC0 zu 60 % der Zykluszeit):

Latch-Methode	Positionswert	Relativer Messfehler
reale Position	2 mm	
integrierte Latch-Eingänge	2,002 mm	+0,1 %
SPS über EL1018	1,8 mm	-10 %
SPS über EL1859	7,8 mm	+290 %

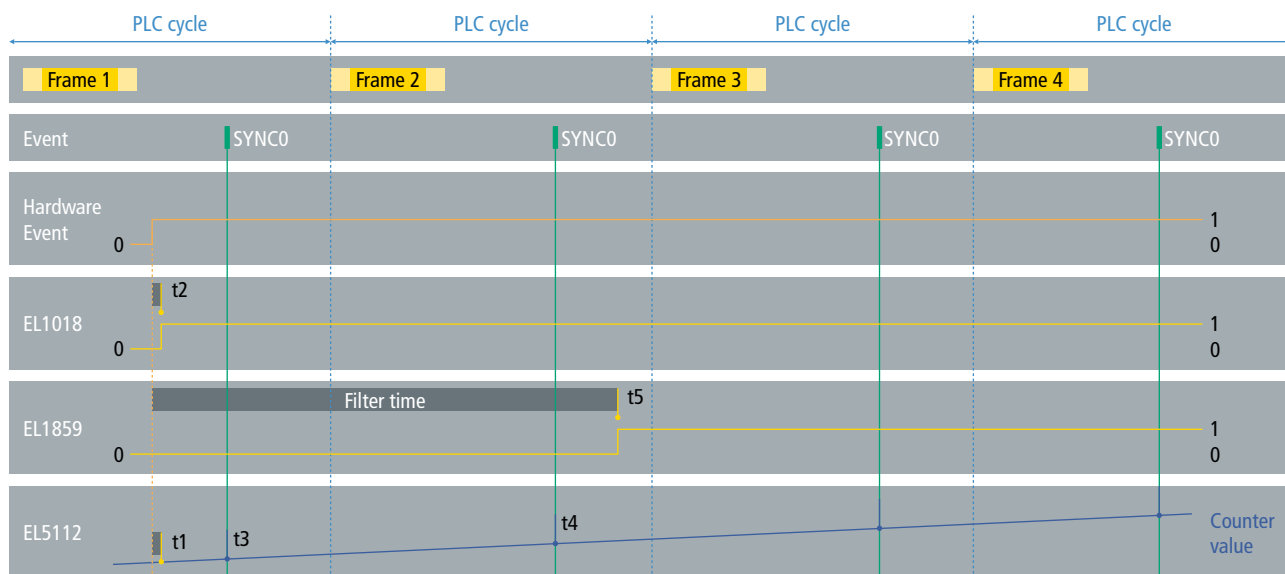
Die höchste Genauigkeit lässt sich mit den integrierten Latch-Eingängen erreichen.

Application Note

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Beispiel 2: EL5112 im DC-Modus, Hardware-Event tritt vor dem SYNC0-Event in der EL5112 auf

Zur weiteren Veranschaulichung ist in der nachfolgenden Grafik der Fall dargestellt, dass das Hardware-Event vor dem SYNC0-Event auftritt:



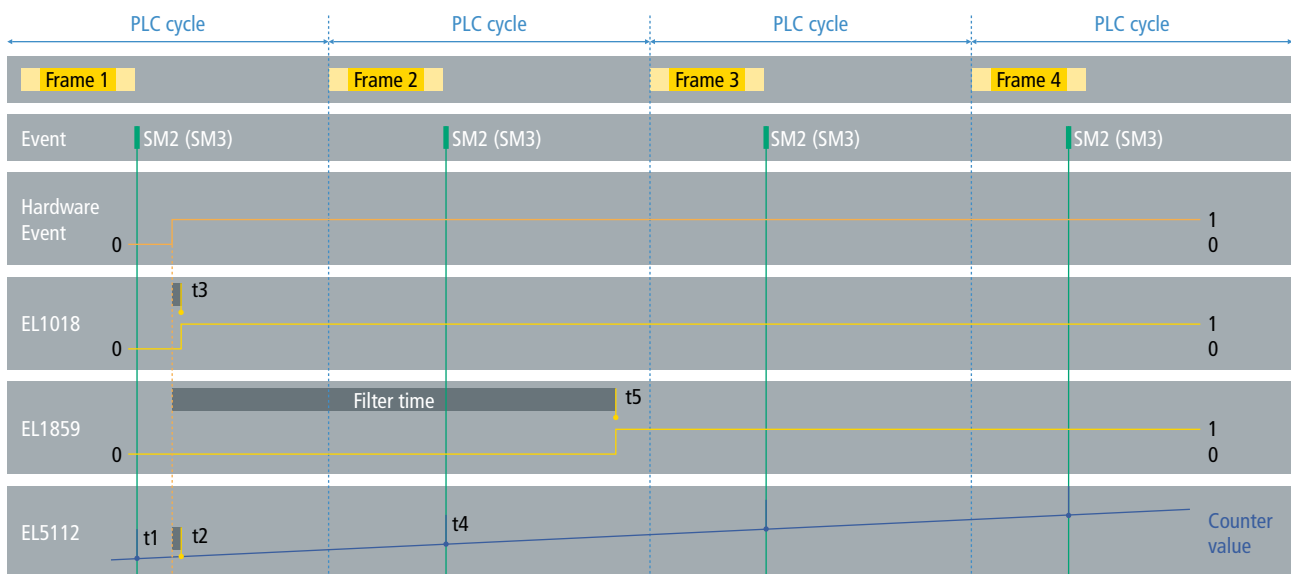
In diesem Fall ist die mit der EL1018 in Kombination mit der SPS ermittelte Latch-Position (t3) größer als die von der EL5112 über die Latch-Eingänge ermittelte Position (siehe t1). Der Eingang der EL1018 wird zwar wie im Beispiel zuvor auch im ersten Zyklus gültig (t2) und mit dem zweiten Frame in die SPS übertragen, jedoch wird die aktuelle Position, die von der EL5112 übertragen wird, weiterhin zum SYNC0-Event ermittelt, welches nun zeitlich nach dem Hardware-Event stattfindet.

Application Note

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Beispiel 3: Alle Komponenten (EL5112, EL1018, EL1859) sind im SM-Synchron-Modus

Beim SM-Synchron-Modus wird die Position von der EL5112 zum oder sehr kurz nach dem SM2- bzw. SM3-Event (welches durch das EtherCAT-Frame ausgelöst wird) erfasst, und wird damit im nächsten Frame (Frame 2) an die SPS weitergegeben:



Das führt dazu, dass der durch die EL5112 gelachte Positionswert (zum Zeitpunkt t2) größer als die durch die SPS mit der EL1018 ermittelte Position (siehe t1) ist. Für den Eingang mit einer höheren Filterzeit (EL1859) ist dies umgekehrt, und der Positionswert, welcher durch die SPS mit der EL1859 ermittelt wurde (t4), ist größer als der von der EL5112 gelachte Wert. Wichtig zu beachten ist, dass dieses Verhalten nicht auf alle Winkel- oder Wegmessklemmen übertragbar ist, denn bei Klemmen zur Auswertung von Absolutwertgebern wird der Positionswert genau einmal pro Zyklus vom Geber abgefragt. Dadurch, dass sich der Positionswert innerhalb der Klemme während des Zyklus nicht ändert, ist auch das Verhalten in Bezug auf die oben erläuterten Zusammenhänge verändert.

Es bleibt festzuhalten, dass die integrierten digitalen Eingänge immer einen genaueren Positionswert passend zum Hardware-Event liefern. Dies ist durch die EtherCAT-bedingten Events begründet, welche das Erfassen der aktuellen Position triggern. Es kann selbstverständlich auch Applikationen geben, in denen die Nutzung einer separaten Eingangsklemme zum Latchen einer Position über die SPS sinnvoll ist: Bei weiten Entfernungen, wie sie häufig im Anlagenaufbau anzutreffen sind, eignen sich lokale Digital-Eingänge teilweise besser als der Anschluss an weiter entfernte Encoder-Klemmen. Die Abwägung, ob ein dedizierter Digital-Eingang oder der integrierte Latch-Eingang verwendet wird, sollte auf Basis der geforderten Positionsgenauigkeit getroffen werden. Die erreichbare Genauigkeit ist applikationsspezifisch zu bewerten.

Application Note

Vorteile integrierter digitaler Eingänge als Latch-Funktion

Zeitlicher Zusammenhang	Zusammenhang der Positionswerte
HW-Event vor SYNC0	Latch-Wert in der SPS > Positionswert über integrierte Latch-Eingänge
HW-Event nach SYNC0	Latch-Wert in der SPS < Positionswert über integrierte Latch-Eingänge
Alle im SM-Betrieb	Latch-Wert in der SPS < Positionswert über integrierte Latch-Eingänge

Wahl der passenden Latch-Methode

Es ist zu empfehlen, die integrierten Latch-Eingänge der Inkremental-Encoder-Interface-Klemmen zu verwenden, da dort ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Latch-Zeitpunkt und Position gilt. Niedrigere Kosten und ein geringerer Platzbedarf durch Wegfall zusätzlicher Hardware sind ebenso von Vorteil.

Für das Applikationsbeispiel des Transportbandes kann eine genaue Produktausschleusung durch die Verwendung der integrierten Latch-Eingänge realisiert werden.

Vorteile integrierte Latch-Eingänge:

- Genaue Positionszuordnung des Hardware-Events über die digitalen Eingänge
- Verringerter Platzbedarf im Schaltschrank
- Geringer Programmieraufwand durch integrierte Funktion
- Reduzierte Kosten

Sind keine Latch-Eingänge an der Inkremental-Encoder-Interface-Klemme vorhanden, ist es von entscheidender Bedeutung, die richtige Hardware für ein Latchen über die SPS zu verwenden: Freie Digital-Eingänge in einer Maschine eignen sich hierfür in der Regel nur dann, wenn sie eine kurze Filterzeit besitzen und den DC-Synchron-Betriebsmodus unterstützen. Durch die Verwendung von Timestamp-Eingängen kann (bei einer konstanten Geschwindigkeit) auf eine relativ genaue Position zurückgerechnet werden.

Dieses Dokument enthält exemplarische Anwendungen unserer Produkte für bestimmte Einsatzbereiche. Die hier dargestellten Anwendungshinweise beruhen auf den typischen Eigenschaften unserer Produkte und haben ausschließlich Beispielcharakter. Die mit diesem Dokument vermittelten Hinweise beziehen sich ausdrücklich nicht auf spezifische Anwendungsfälle, daher liegt es in der Verantwortung des Kunden, zu prüfen und zu entscheiden, ob das Produkt für den Einsatz in einem bestimmten Anwendungsbereich geeignet ist. Wir übernehmen keine Gewährleistung, dass der in diesem Dokument enthaltene Quellcode vollständig und richtig ist. Wir behalten uns jederzeit eine Änderung der Inhalte dieses Dokuments vor und übernehmen keine Haftung für Irrtümer und fehlende Angaben. Eine detaillierte Beschreibung unserer Produkte enthalten unsere Datenblätter und Dokumentationen, die darin enthaltenen produktspezifischen Warnhinweise sind unbedingt zu beachten. Die aktuelle Version der Datenblätter und Dokumentationen finden Sie auf unserer Homepage (www.beckhoff.de).

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG 08/2021

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.