BUCHER
automation

Funktionsbeschreibung



JM-2xx-Serie STO-Option – Sicherheitsfunktion für die JM-2xx-Serie

60878628_01

Dieses Dokument wurde von der Bucher Automation AG mit der gebotenen Sorgfalt und basierend auf dem ihr bekannten Stand der Technik erstellt. Änderungen und technische Weiterentwicklungen an unseren Produkten werden nicht automatisch in einem überarbeiteten Dokument zur Verfügung gestellt.
Die Bucher Automation AG übernimmt keine Haftung und Verantwortung für inhaltliche oder formale Fehler, fehlende Aktualisierungen sowie daraus eventuell entstehende Schäden oder Nachteile.

Bucher Automation AG
Thomas-Alva-Edison-Ring 10
71672 Marbach am Neckar, Deutschland
T +49 7141 2550-0
info@bucherautomation.com

Technischer Support
T +49 7141 2550-444
support@bucherautomation.com

Vertrieb
T +49 7141 2550-663
sales@bucherautomation.com

www.bucherautomation.com

Originaldokument

Dokumentversion: 2.01
Ausgabedatum: 28.10.2025

Inhalt

1 Beschreibung der Sicherheitsfunktion STO 5
1.1 Zu diesem Dokument 5
1.2 Benötigte Hardware 5
1.3 Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung 5
1.4 Begriffsdefinition 5
2 Funktionsweise STO 6
2.1 STO 6
2.2 Anforderungen an den Sicherheitskreis 6
2.3 Eigenschaft der Servoverstärkerschaltung 6
2.4 Anforderung an die Applikation 6
3 Technische Daten der Enable-Eingänge 7
3.1 Vorhandene Klemmen 7
3.2 Bei JM-2xx-...-S1 7
3.3 Bei JM-D203-...-S1 7
3.4 Technische Daten 8
3.5 Steuereingang ENABLE 8
4 Inbetriebnahme und Prüfung der STO-Funktion 9
4.1 Funktionsfähigkeit prüfen nach 9
4.2 Applikationen mit funktionaler Sicherheit 9
4.3 Inbetriebnahme und Prüfung 9
4.4 Hinweis zum Gerät JM-D203-…-S1 10
5 Sicherheitstechnische Kenngrößen 11
5.1 Ausführbare Sicherheitsfunktionen 11
5.2 Stoppkategorien nach DIN EN 60204 11
5.3 Performance Level nach DIN EN ISO 13849-1 11
5.4 CCF-Anteil 12
5.5 Vermeidung von CCF 12
6 STO-Ansteuervarianten 13
6.1 Ansteuervarianten 13
6.2 Definition OSSD 13
6.3 Akzeptierte Signalverläufe bei OSSD 13
7 Einkanalige Ansteuerung kontaktbehaftet 15
7.1 Prinzipschaltbild 15

7.2 Funktionsweise 15
7.3 Anforderung an externe Sicherheitseinrichtung....15
7.4 Möglicher Performance Level 15
7.5 Testvorgabe 16
8 Zweikanalige Ansteuerung kontaktbehaftet 17
8.1 Prinzipschaltbild 17
8.2 Funktionsweise 17
8.3 Anforderung an eine externe Sicherheitseinrichtung 17
8.4 Möglicher Performance-Level....18
8.5 Testvorgabe 18
9 Zweikanalige OSSD-Ansteuerung....19
9.1 Prinzipschaltbild 19
9.2 Funktionsweise 19
9.3 Möglicher Performance-Level....20
9.4 Testvorgabe 20
10 SS1-Funktionalität....21
10.1 Prinzipschaltbild 21
10.2 Funktionsweise 21
10.3 Möglicher Performance-Level....22
10.4 Testvorgabe 22
11 Wiederanlaufsperre....23
11.1 Prinzipschaltbild 23
11.2 Funktionsweise 23
11.3 Erfüllter Performance-Level....23
11.4 Testvorgabe 23
12 Blockschaltbild JM-(D)2xx mit Modul STO 24
12.1 Blockschaltbild 24
12.2 Aufbau 25
12.3 Ungewollte ruckartige Bewegung des Motors 26

1 Beschreibung der Sicherheitsfunktion STO

1.1 Zu diesem Dokument

Dieses Dokument ersetzt die Beschreibung **Sicherer Halt (Option)** in den Betriebsanleitungen der Servoverstärker der JM-2xx-Serie. Die Formulierung **Sicherer Halt**, die in diesem Handbuch verwendet wird, entspricht der Funktion **STO**.

1.2 Benötigte Hardware

Für die JM-2xx-Serie können Sie ein integriertes Modul für die Funktion **Sicherer Halt** als Option bestellen. Die Artikelbezeichnung des Servoverstärkers ist JM-2xx-...-S1 oder JM-D203-...-S1.
Das Modul können Sie nur eingebaut im Servoverstärker beziehen. Das bedeutet, dass das Modul nicht separat und nachträglich lieferbar ist.

1.3 Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung

Der Nutzer der Sicherheitsfunktion (STO) muss die aktuell gültige Fassung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EWG beachten.
Der Hersteller und sein Bevollmächtigter sind verpflichtet, vor dem Inverkehrbringen einer Maschine, eine Gefahrenanalyse nach gültiger Maschinenrichtlinie durchzuführen. Er muss Maßnahmen zur Reduzierung oder Beseitigung der Gefahren treffen. Mit der Gefahrenanalyse sind die Voraussetzungen erfüllt, um die benötigten Sicherheitsfunktionen festlegen zu können.

1.4 Begriffsdefinition

STO = Safe Torque OFF (sicher abgeschaltetes Moment)
Die Sicherheitsfunktion STO unterbricht sicher die Energieversorgung zum Motor. Eine sichere elektrische Trennung ist jedoch nicht vorhanden.
Der Motor darf kein Drehmoment und somit keine gefahrbringende Bewegung erzeugen.

2 Funktionsweise STO

2.1 STO

Das Modul **STO** dient dazu, im Anforderungsfall den Motor sicher energielos zu schalten. Der Grund ist, Personen- und Sachschäden durch einen sich drehenden und unabsichtlich in Betrieb gesetzten Motor sicher auszuschließen.
Diese sichere Abschaltung entspricht der Stoppkategorie 0 nach DIN EN 60204.
Eine sichere elektrische Trennung ist damit jedoch nicht vorhanden. Wenn eine sichere elektrische Trennung erforderlich ist, bringen Sie entsprechend der Anforderung nach DIN EN 60204 eine zusätzliche Trenneinrichtung zur Unterbrechung der Spannungsversorgung an, z. B. Hauptschalter.

2.2 Anforderungen an den Sicherheitskreis

Die Funktion **STO** ist ausschließlich dazu bestimmt, einen Motor sicher abzuschalten und gegen Wiederanlauf zu sichern.
Um den durch die Risikoanalyse ermittelten Safety-Level zu erreichen, muss die Sicherheitsfunktion alle Anforderungen der relevanten Normen erfüllen. Dies muss durch entsprechende Verifikations- und Validierungstätigkeiten nachgewiesen werden. Als Basis dienen z. B. die DIN EN 61508, die DIN EN 61800-5-2 oder die ISO 13849.
Der rechnerische Nachweis kann durch die Anwendung der Formeln der oben genannten Normen oder durch die Nutzung eines Tools, wie z. B. Sistema, erfolgen.

2.3 Eigenschaft der Servoverstärkerschaltung

Die Schaltung des Servoverstärkers ist intern so ausgelegt, dass mit Anforderung der Sicherheitsfunktion STO der Motor **momentenfrei** geschaltet wird. Wenn die Sicherheitsfunktion STO entriegelt wird, läuft der Motor nicht von selbst wieder los. Die externe Steuerung muss das Drehmoment des Motors erneut freischalten.

2.4 Anforderung an die Applikation

Aus Sicherheitsgründen darf nach Entriegelung der Sicherheitsfunktion STO der Motor nicht automatisch durch die Applikation in Bewegung gesetzt werden. Die externe Steuerung muss das Drehmoment des Motors erneut freischalten. Das Applikationsprogramm muss dieser Anforderung entsprechen.

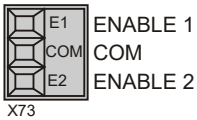
3 Technische Daten der Enable-Eingänge

3.1 Vorhandene Klemmen

Damit die Sicherheitseinrichtung die Funktion STO auslösen kann, gibt es auf dem Modul STO die Klemmen ENABLE1, COM und ENABLE2.
Um eine zweikanalige Abschaltung zu ermöglichen, sind pro Achse zwei unabhängige Enable-Eingänge und eine Bezugsmasse vorhanden.

3.2 Bei JM-2xx-...-S1

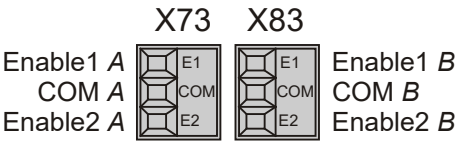
Ein Motor ist an den Servoverstärker anschließbar. Das Modul STO hat eine Klemme X73.
Die folgende Abbildung zeigt diese Klemme.



Die Bezugsmasse der Enable-Eingänge (Anschluss COM) ist potentialgetrennt zur sonstigen Masse des Servoverstärkers.
Die Bezugsmasse der Enable-Eingänge darf bis zu +/-100 V von der Masse der Steuerung entfernt liegen.

3.3 Bei JM-D203-...-S1

Zwei Motoren sind an den Servoverstärker anschließbar. Das Modul STO hat somit die Klemme X73 und X83.
Die folgende Abbildung zeigt diese Klemmen.



Die Bezugsmasse der Enable-Eingänge (Anschluss COM) ist potentialgetrennt zur Masse der Steuerung.
Die Bezugsmasse der Enable-Eingänge darf bis zu +/-50 V von der Masse der Steuerung entfernt liegen.
Die Bezugsmasse der Achse A darf bis zu +/-50 V von der Bezugsmasse der Achse B entfernt liegen.

3.4 Technische Daten

Die technischen Daten der Enable-Eingänge sind:

Klemme am Verstärker	Spezifikation	Potenzialtrennung
X73.ENABLE1 X83.ENABLE1	▪ Freigabe der Endstufe = High-Pegel (nur wenn ein High-Pegel an X73/X83 ENABLE 2 anliegt)	Ja
	▪ STO-Funktion anfordern = Low-Pegel	
	▪ OSSD-fähig	
	▪ U_{IN} = 24 V (DC 20 ... 28,8 V) SELV/PELV	
	▪ Stromaufnahme max. 50 mA	
	▪ Schaltpegel Low: < 6 V	
	▪ Schaltpegel High: > 15 V	
X73.ENABLE2 X83.ENABLE2	▪ Freigabe der Endstufe = High-Pegel (nur wenn ein High-Pegel an X73/X83 ENABLE 1 anliegt)	Ja
	▪ Eingang STO anfordern = Low-Pegel	
	▪ OSSD-fähig	
	▪ U_{IN} = 24 V (DC 20 ... 28,8 V) SELV/PELV	
	▪ Stromaufnahme max. 50 mA	
	▪ Schaltpegel Low: < 6 V	
	▪ Schaltpegel High: > 15 V	

3.5 Steuereingang ENABLE

Auch wenn der Servoverstärker mit der Option **-S1** ausgerüstet ist, ist die Funktion des Eingangs X10.ENABLE immer noch aktiv. Nur wenn auch dieser Eingang mit 24 V gegen Bezugsmasse ⊥ beschaltet ist, kann der Motor ein Drehmoment aufbringen.

4 Inbetriebnahme und Prüfung der STO-Funktion

4.1 Funktionsfähigkeit prüfen nach ...

Prüfen Sie in folgenden Fällen die Funktionsfähigkeit der STO-Funktion:

- Bei der Inbetriebnahme der Anlage
- Nach einem Austausch von Baugruppen
- Bei Veränderungen in der Verdrahtung
- Nach Laden einer neuen Firmware
- Nach Parametrierungsänderungen
- Zyklisch mindestens einmal jährlich
- Dokumentieren Sie anschließend das Ergebnis

4.2 Applikationen mit funktionaler Sicherheit



GEFAHR

Gefahr bei Applikationen mit funktionaler Sicherheit!

Zur Sicherheit ist die Funktionsfähigkeit der STO-Funktion in zeitlichen Abständen immer wieder zu prüfen.

Ansonsten ist ein Einsatz dieser STO-Funktion in Sicherheitsfunktionen nicht erlaubt!

➢ Prüfen Sie die Funktionsfähigkeit der STO-Funktion mindestens einmal jährlich wie nachfolgend beschrieben und dokumentieren Sie das Ergebnis.

4.3 Inbetriebnahme und Prüfung

Gehen Sie in folgenden Schritten vor:

Schritt	Vorgehen	Prüfung
1	Stellen Sie sicher, dass die Achse während der Prüfung uneingeschränkt laufen und gestoppt werden kann.	
2	Versetzen Sie die Achse gesteuert in den Stillstand (Geschwindigkeitssollwert = 0).	
3	Schalten Sie den Servoverstärker inaktiv, indem Sie das Enable-Signal wegnehmen. Bei einem Achsverbund sind alle Achsen inaktiv zu schalten.	

Schritt	Vorgehen	Prüfung
4	Sichern Sie alle hängenden Lasten mechanisch ab. Aktivieren Sie, wenn vorhanden, die Haltebremse.	
5	Schließen Sie die Sicherheitskette.	
6	Geben Sie eine Achse frei (ENABLE, ENABLE1, ENABLE2 und Softwarefreigabe). Wenn das Drehmoment nicht geprüft werden kann, lassen Sie ggf. die Achse fahren.	Ist Drehmoment vorhanden?
7	Aktivieren Sie die Anlaufsperre, indem Sie an X73.ENABLE1 dieser Achse die +24 V wegnehmen.	Achse muss sofort stromlos werden und anhalten (kein Drehmoment)
8	Legen Sie an X73.ENABLE1 wieder die +24 V an und löschen den Fehler im Servoverstärker.	
9	Geben Sie dieselbe Achse erneut frei (ENABLE, ENABLE1, ENABLE2 und Softwarefreigabe). Wenn das Drehmoment nicht geprüft werden kann, lassen Sie ggf. die Achse fahren.	Ist Drehmoment vorhanden?
10	Aktivieren Sie die Anlaufsperre, indem Sie an X73.ENABLE2 dieser Achse die +24 V wegnehmen.	Achse muss sofort stromlos werden und anhalten (kein Drehmoment)
11	Legen Sie an X73.ENABLE2 wieder die +24 V an und löschen den Fehler im Servoverstärker.	
12	Geben Sie dieselbe Achse erneut frei (ENABLE, ENABLE1, ENABLE2 und Softwarefreigabe). Wenn das Drehmoment nicht geprüft werden kann, lassen Sie ggf. die Achse fahren.	Ist Drehmoment vorhanden?

4.4 Hinweis zum Gerät JM-D203-…-S1

Bei diesem Gerät müssen Sie beide Achsen prüfen.

5 Sicherheitstechnische Kenngrößen

5.1 Ausführbare Sicherheitsfunktionen

Dieses Kapitel beschreibt die Sicherheitsfunktionen, die das System erfüllen kann. Grundlage ist die Norm EN ISO 13849.

Die folgenden Sicherheitsfunktionen sind ausführbar:

- STO bis PL "e" der EN ISO 13849

5.2 Stoppkategorien nach DIN EN 60204

Realisieren Sie das sicher abgeschaltete Drehmoment nach Stoppkategorie 0 oder Stoppkategorie 1 der DIN EN 60204. Das Gerät selbst stellt nur Stoppkategorie 0 zur Verfügung:

- Stoppkategorie 0
  Nach Anforderung der Sicherheitsfunktion erfolgt unbedingtes und unmittelbares Abschalten der elektrischen Energie zum Motor.
  Gemäß IEC/DIN EN 61800 Teil 5.2 wird Stoppkategorie 0 auch als STO (Save Torque Off) bezeichnet.
- Stoppkategorie 1
  Nach Anforderung der Sicherheitsfunktion erfolgt gesteuertes bzw. geregeltes Herunterfahren des Motors und nach einer festgelegten Verzögerungszeit unbedingtes und unmittelbares Abschalten der elektrischen Energie zum Motor.
  Gemäß IEC/DIN EN 61800 Teil 5.2 wird SLA (Safety limited acceleration: Sicher begrenzte Beschleunigung) bei einer Abschaltverzögerung über Zeitrelais nicht eingehalten.

5.3 Performance Level nach DIN EN ISO 13849-1

Die JM-2xx-S1-Geräte und JM-D203-S1-Geräte können in Sicherheitsfunktionen bis PL e nach EN ISO 13849 eingesetzt werden. Sie sind nach Kategorie 3 zweikanalig aufgebaut. Es gibt bei der Funktion STO keine Fehler, die in den unsicheren Zustand führen, weil die Fehlerausschlüsse der Tabellen D.1, D.3 und D.5 der DIN EN 61800-5-2 angewandt wurden. Ein Produkt, das rein auf die Anwendung von Fehlerausschlüssen basiert, hat einen MTTFdWert von unendlich und muss in Berechnungen des DCavg nach EN ISO 13849 nicht berücksichtig werden (siehe Kapitel E.2 EN ISO 13849-1).

Struktur:	Kat 3
MTTFd	unendlich

5.4 CCF-Anteil

Der Anteil für CCF (Common cause failure: Fehler gemeinsamer Ursache), der in der Norm dargestellt ist, trifft bei dieser Abschätzung wesentlich für die angeschlossene Applikation zu.
Sie müssen in Ihrer Maschine gewährleisten, dass die Maßnahmen seitens der Entwicklung und der Applikation zur Erfüllung der erforderlichen Punktezahl führen.

5.5 Vermeidung von CCF

Auf das Produkt JM-2xx oder JM-D203 bezogen stellt sich eine Vermeidung von CCF-Fehlern vorrangig durch folgende Techniken dar:

- Galvanische Trennung der Versorgungseinheiten (Optokoppler)
- Einhaltung der Luft- und Kriechstrecken (auf der Leiterplatte, den Steckverbindern und Optokopplern)
- Überdimensionierung der Bauteile und Derating

6 STO-Ansteuervarianten

6.1 Ansteuervarianten

Es gibt die folgenden zwei Ansteuervarianten:

- Ansteuerung über Sicherheitskontakte
- OSSD-Ansteuerung

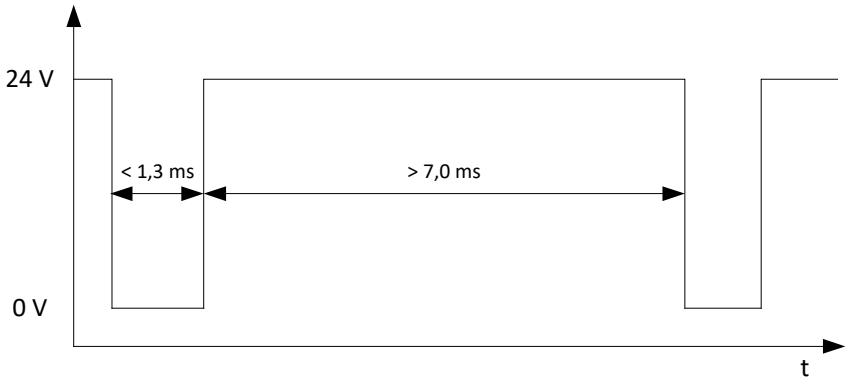
6.2 Definition OSSD

OSSD bedeutet **Online Switched Silicon Device** (geschaltete Halbleiter). Die Ansteuerung der Eingänge **STO** erfolgt mit Testpulsen zur Erkennung von Kurz-, Quer- und Nebenschlüssen im Steuerkabel. Die Testpulse haben eine Länge von 1 ms und eine Wiederholfrequenz von 100 Hz. Bei der Verwendung einer Ansteuerungslogik mit OSSD-Signalen werden Fehler, z. B. Kurz- oder Querschlüsse, durch die Logik selbst erkannt. Das führt zu einem Abschalten beider Signalwege.

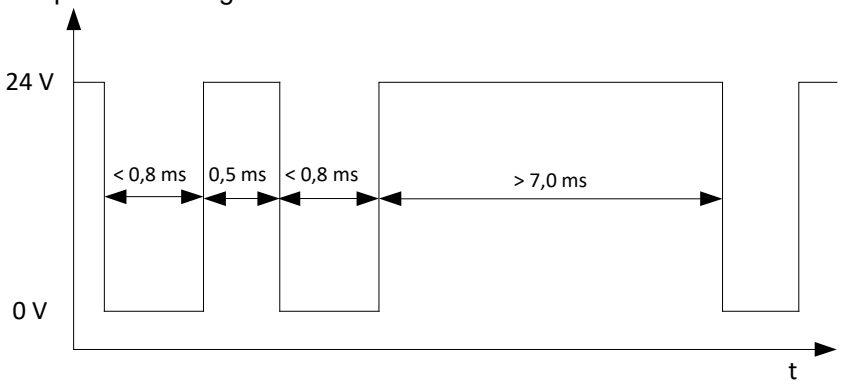
6.3 Akzeptierte Signalverläufe bei OSSD

Die folgenden OSSD-Signalverläufe werden ohne Auslösung eines Fehlers akzeptiert.

Beispiel: OSSD-Signalverlauf, 1-fach-Puls

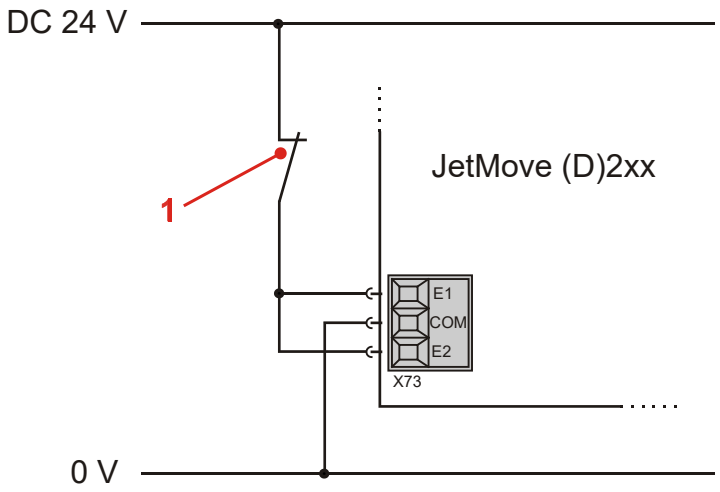


Beispiel: OSSD-Signalverlauf 2-fach-Puls



7 Einkanalige Ansteuerung kontaktbehaftet

7.1 Prinzipschaltbild



Nummer	Teil	Beschreibung
1	Öffner	Kontakt der Sicherheitseinrichtung

7.2 Funktionsweise

Die Sicherheitseinrichtung schaltet ein +24-V-Signal zur Freigabe der Achse an die beiden parallel geschalteten Eingänge ENABLE1 (E1) und ENABLE2 (E2). Wenn die Sicherheitsfunktion angefordert wird, öffnet der Kontakt und sperrt damit das Aktivierungssignal. Der digitale Servoverstärker schaltet die Energie zum Motor sicher ab. Der Motor hält an (Stoppkategorie 0).

7.3 Anforderung an externe Sicherheitseinrichtung

Achten Sie darauf, dass die externen Sicherheitseinrichtungen, z. B. ein Sicherheitsrelais, einen ausreichenden Performance-Level aufweisen.

7.4 Möglicher Performance Level

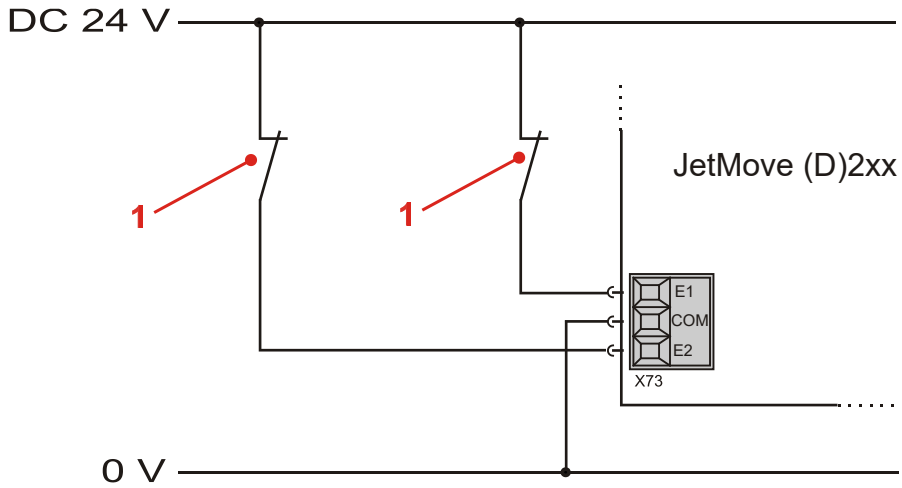
Vorausgesetzt alle beteiligten Sicherheitseinrichtungen erfüllen die Kategorie 1 (PL b oder c), kann mit der oben gezeigten Ansteuerung ein **STO** (nach EN ISO 13849 PL b oder c) mit Stoppkategorie 0 nach DIN EN 60204 aufgebaut werden.

7.5 Testvorgabe

Die Sicherheitsfunktion muss jährlich nach den Vorgaben aus Kapitel 1, Abschnitt *Inbetriebnahme und Prüfung*, dokumentiert geprüft werden.

8 Zweikanalige Ansteuerung kontaktbehaftet

8.1 Prinzipschaltbild



Nummer	Teil	Beschreibung
1	Öffner	Kontakt der Sicherheitseinrichtung

8.2 Funktionsweise

Die Sicherheitseinrichtung schaltet ein +24-V-Signal zur Freigabe der Achse unabhängig an jeweils einen Eingang ENABLE1 (E1) und ENABLE2 (E2). Wenn die Sicherheitsfunktion angefordert wird, öffnen beide Kontakte und sperren damit das Aktivierungssignal.
Im Fehlerfall reicht Folgendes aus:

- Beide Kontakte öffnen.
- Daraufhin schaltet der digitale Servoverstärker die Energie zum Motor sicher ab (zweikanalige Abschaltung). Der Motor hält an (Stoppkategorie 0).

Die Verdrahtungstechnik muss so ausgeführt sein, dass ein Querschluss zwischen den Leitungen zur Anforderung der Sicherheitsfunktion, sowie ein Kurzschluss dieser Leitungen zur 24-V-Spannungsversorgung, ausgeschlossen werden können (siehe EN ISO 13849-2 Tabelle D.5).

8.3 Anforderung an eine externe Sicherheitseinrichtung

Achten Sie darauf, dass die externen Sicherheitseinrichtungen, z. B. ein Sicherheitsrelais, einen ausreichenden Performance-Level aufweisen.

8.4 Möglicher Performance-Level

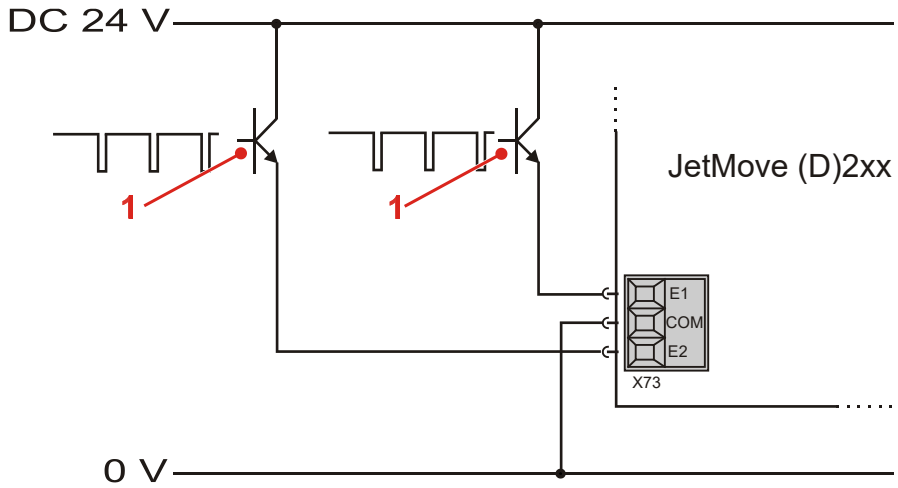
Vorausgesetzt alle beteiligten Sicherheitseinrichtungen erfüllen den Performance Level c, d bzw. e, kann mit der oben gezeigten Ansteuerung ein **STO** (nach EN ISO 13849 PL c, d bzw. e) mit Stoppkategorie 0 nach DIN EN 60204 aufgebaut werden.

8.5 Testvorgabe

Die Sicherheitsfunktion muss jährlich nach den Vorgaben aus Kapitel 1, Abschnitt *Inbetriebnahme und Prüfung*, dokumentiert geprüft werden.

9 Zweikanalige OSSD-Ansteuerung

9.1 Prinzipschaltbild



Nummer	Teil	Beschreibung
1	OSSD-Ansteuerung	Geschalteter Halbleiter der Sicherheitseinrichtung

9.2 Funktionsweise

Die Sicherheitseinrichtung schaltet ein +24-V-Signal zur Freigabe der Achse unabhängig an jeweils einen Eingang ENABLE1 (E1) und ENABLE2 (E2).
Die Signale weisen alternierend Lücken von maximal 1 ms auf, die zur Überwachung der Signale auf Kurzschluss, Querschluss oder Fremdspannung dienen (OSSD-Signale). Die Lücke von 1 ms führt noch nicht dazu, dass der Servoverstärker die Energie zum Motor sicher abschaltet.
Wenn die Sicherheitsfunktion angefordert wird, entfallen die Signale und sperren damit das Aktivierungssignal.
Im Fehlerfall reicht Folgendes aus:

- Beide Signale entfallen
- Daraufhin schaltet der digitale Servoverstärker die Energie zum Motor sicher ab (zweikanalige Abschaltung). Der Motor hält an (Stoppkategorie 0).

Fehler wie Kurzschluss, Querschluss oder Fremdspannung erkennt die vorgeschaltete Logik sicher.

9.3 Möglicher Performance-Level

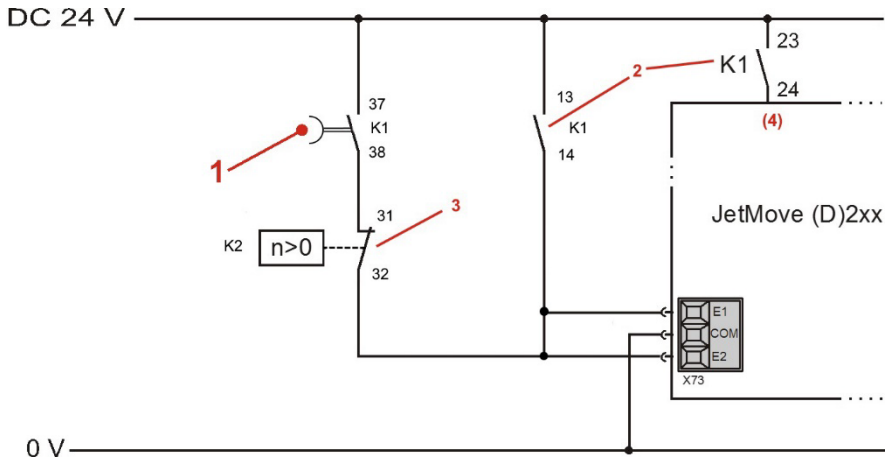
Vorausgesetzt alle beteiligten Sicherheitseinrichtungen erfüllen Performance-Level d oder e, kann mit der oben gezeigten Ansteuerung ein **STO** (nach EN ISO 13849 PL d bzw. e) mit Stoppkategorie 0 nach DIN EN 60204 aufgebaut werden.

9.4 Testvorgabe

Die Sicherheitsfunktion muss jährlich, nach den Vorgaben aus Kapitel 1, Abschnitt *Inbetriebnahme und Prüfung*, dokumentiert geprüft werden.

10 SS1-Funktionalität

10.1 Prinzipschaltbild



Nummer	Teil	Beschreibung
1	Verzögerter Öffner	Kontakt der Sicherheitseinrichtung
2	Öffner	Kontakt der Sicherheitseinrichtung
3	Öffner	Sichere Drehzahlüberwachung, Kontakt ist offen bei Motorstillstand.
(4)	Eingang */Bremsen*	Steuereingang 0 V an diesem Eingang leitet den Bremsvorgang ein.

10.2 Funktionsweise

Die Sicherheitseinrichtung schaltet Relais K1 ein, das der Achse über den Kontakt 13-14 die Freigabe erteilt. Über einen weiteren Schließer 23-24 gibt das Relais K1 ein +24-V-Signal auf den Steuereingang */Bremsen*. Der Steuereingang */Bremsen* muss vom Steuerungsprogramm oder über den Motion-Setup so konfiguriert sein, dass ein 0-V-Signal an diesem Eingang die Notstoppfunktion im Servoverstärker aktiviert.
Gleichzeitig wird mit dem Relais K1 ein abfallverzögerter Kontakt 37-38 geschaltet. Dieser liegt in Reihe mit einem Kontakt 31-32 eines sicheren Drehzahlwächters. Wenn der Motor läuft, ist der Kontakt der Drehzahlüberwachung geschlossen, er öffnet bei Drehzahl Null.
Wenn die Sicherheitsfunktion angefordert wird, schaltet Relais K1 ab. Der Kontakt 23-24 von K1 öffnet sich und leitet einen gesteuerten Bremsvorgang ein. Die Freigabe der Achse wird über den Kontakt 37-38 von K1 noch aufrechterhalten, bis die Abfallverzögerung abgelaufen ist oder der Motor aufgrund der eingeleiteten Bremsung zum Stillstand gekommen ist. Das +24-V-Signal an den Eingängen ENABLE1 (E1) und ENABLE2 (E2) liegt nicht mehr an und der digitale Servoverstärker schaltet die Energie zum Motor sicher ab. Der Motor hält an (Stoppkategorie 1).

Wenn der Bremsvorgang versagt, dann limitiert die eingestellte Abschaltverzögerung die maximale Zeit bis zum Auslösen des STO.
Die in der Schaltung vorgestellte Option mit dem Anhalten über die Notstoppfunktion (Kontakt 23-24 K1) ist nicht zwingend erforderlich. Der Motor kann auch über einen Steuerungsbefehl oder über eine mechanische Bremse abgebremst werden.

10.3 Möglicher Performance-Level

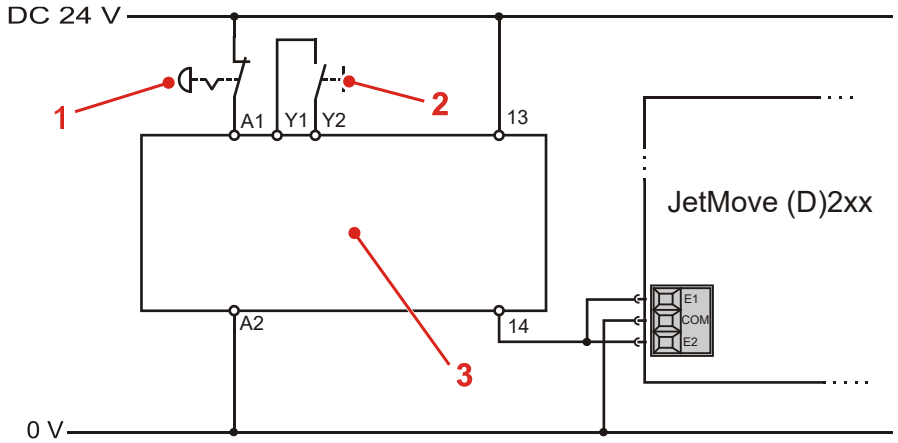
Vorausgesetzt alle beteiligten Sicherheitseinrichtungen erfüllen die Kategorie 1 PL b oder c, lässt sich mit der oben gezeigten Ansteuerung ein **STO** (nach EN ISO 13849 Kategorie 1 PL b oder c) mit Stoppkategorie 1 nach DIN EN 60204 aufbauen.
Safety limited acceleration (SLA) wird nicht eingehalten.

10.4 Testvorgabe

Die Sicherheitsfunktion muss jährlich nach den Vorgaben aus Kapitel 1, Abschnitt *Inbetriebnahme und Prüfung*, dokumentiert geprüft werden.

11 Wiederanlaufsperre

11.1 Prinzipschaltbild



Nummer	Teil	Beschreibung
1	Taster *NOT-HALT*	Fordert die Sicherheitsfunktion an.
2	Taster *START/RESET*	Geforderter separater Taster für Reset.
3	Sicherheitskombination	Steuert das separate Wiedereinschalten

11.2 Funktionsweise

Um eine *Sichere Wiederanlaufsperre* zu realisieren, müssen Sie eine externe Sicherheitskombination mit Wiederanlaufsperre einsetzen. Die Sicherheitskombination steuert das separate Wiedereinschalten. Dazu ist nach dem Entriegeln des NOT-HALT-Tasters ein separater Taster (*RESET*) zu betätigen, um wieder ein +24-V-Signal auf die Eingänge ENABLE1 (E1) und ENABLE2 (E2) zu schalten. Die Achse ist somit wieder freigegeben. Die Wiederanlaufsperre kann auch über eine Sicherheits-Steuerung realisiert werden.

11.3 Erfüllter Performance-Level

Je nach Kategorie und Performance-Level der verwendeten Sicherheitskombination und Ansteuerung des Drives (einkanalig/zweikanalig) kann damit ein Performance Level zwischen b und e erreicht werden.

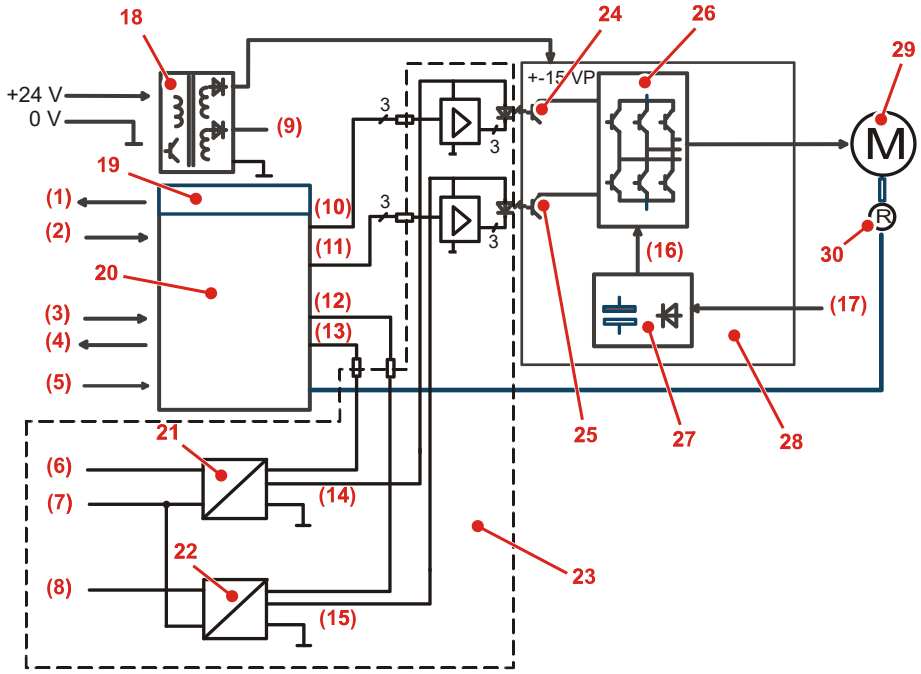
11.4 Testvorgabe

Die Sicherheitsfunktion muss jährlich nach den Vorgaben aus Kapitel 1, Abschnitt *Inbetriebnahme und Prüfung*, dokumentiert geprüft werden.

12 Blockschaltbild JM-(D)2xx mit Modul STO

12.1 Blockschaltbild

Die folgende Abbildung zeigt das Blockschaltbild der Servoverstärker JM-2xx-...-S1 und JM-D203-...-S1 mit wesentlichen Baugruppen und dem Modul **STO.**



Nummer	Teil	Beschreibung
(1)	Status	Ausgangssignal der Überwachungsfunktionen des DSP (Digitaler Signalprozessor)
(2)	CAN	Signale des CAN-Busses
(3)	Digitale IN	Digitale Eingangssignale
(4)	Digitale OUT	Digitale Ausgangssignale
(5)	/Bremsen	Signal, um den Notstopp einzuleiten
(6)	ENABLE1	Freigabesignal 1 des Moduls STO
(7)	COM	Bezugsmasse der Enable-Eingänge Diese Masse ist potentialgetrennt zur sonstigen Bezugsmasse des Servoverstärkers.
(8)	ENABLE2	Freigabesignal 2 des Moduls STO
(9)	+5 V, +3,3 V	Interne Spannungen des Servoverstärkers
(10)	OUT1	Ausgangsspannung 1 des DSP zur Ansteuerung der Leistungsendstufe
(11)	OUT2	Ausgangsspannung 2 des DSP zur Ansteuerung der Leistungsendstufe

Nummer	Teil	Beschreibung
(12)	Status IN2	Modul STO wirkt steuernd über dieses Signal auf den DSP ein.
(13)	Status IN1	Modul STO wirkt steuernd über dieses Signal auf den DSP ein.
(14)	OUT3	Ausgangsspannung 1 des Moduls STO zur Freigabe oder Sperrung der Leistungsendstufe
(15)	OUT4	Ausgangsspannung 2 des Moduls STO zur Freigabe oder Sperrung der Leistungsendstufe
(16)	320 V=/565 V=	Zwischenkreisspannung
(17)	1 x 230 V~/ 3 x 400 V~	Netzspannung
18	Schaltnetzteil	
19	Überwachungs-funktionen	Überwachungsfunktionen des DSP
20	DSP	Steuereinheit mit Überwachungsfunktionen des Servoverstärkers
21	DC/DC-Wandler 1 24 V/5 V	
22	DC/DC-Wandler 2 24 V/5 V	
23	Modul STO	
24	Optokoppler *obere* IGBTs	
25	Optokoppler *untere* IGBTs	
26	IGBT-Modul	
27	Gleichrichter	
28	Leistungsendstufe	Galvanisch getrennter Bereich
29	Motor	
30	Resolver	

12.2 Aufbau

Der elektrische Aufbau des digitalen Servoverstärkers JM-2xx-...-S1 und JM-D203-...-S1 gliedert sich grob in drei Teile.
Der linke obere Bereich beinhaltet als zentrales Bauteil einen DSP. Er wickelt den Datenverkehr mit der übergeordneten Steuerung ab, erfasst Eingangssignale und setzt ggf. digitale Ausgänge. Aus der Summe der Informationen erzeugt er das Pulsmuster zur Ansteuerung des Motors. Die Signalübertragung in den Leistungsbereich erfolgt über Optokoppler.
Darüber befindet sich ein Schaltnetzteil, das die Steuerelektronik mit Spannung versorgt.

Auf der rechten Seite ist der Leistungsbereich, der das erzeugte Pulsmuster mit Halbleiterschalter (IGBTs) in geeigneter Weise für den anzutreibenden Motor umsetzt.
Im unteren, linken Bereich befindet sich das Modul STO. Der Aufbau besteht aus zwei fast identischen, unabhängigen Signalpfaden 1 und 2. Jeder Pfad besteht aus einem DC/DC-Wandler, der aus der anliegenden Eingangsspannung eine Ausgangsspannung von 5 V erzeugt. Ferner besitzt jeder Wandler einen Statusausgang, der dem DSP zugeführt wird. Der DSP erkennt hieraus unmittelbar, ob der zugehörige Enable-Eingang ein- oder ausgeschaltet ist. Wenn der Enable-Eingang eingeschaltet ist, aktiviert der DSP die Pulsausgänge. Wenn der Enable-Eingang ausgeschaltet ist, deaktiviert der DSP die Pulsausgänge. Die Ausgangsspannung *OUT1* führt zu einer Treiberstufe, die die Pulsmuster für die *oberen* IGBTs aufnimmt und an die Optokoppler weiterleitet. Ebenso sind die Optokoppler selbst mit dieser Spannung versorgt. Analog versorgt die Ausgangsspannung *OUT2* die Treiberstufen und Optokoppler für die *unteren* IGBTs. Damit der Motor sich dreht müssen beide Eingänge ENABLE1 und ENABLE2 angesteuert sein. Bei Anforderung *Sicher abgeschaltetes Drehmoment* sind die Eingänge stromlos zu schalten. Damit entfällt auch die Versorgung der Treiberstufen und Optokoppler; ebenso erkennt dies der DSP an den Statuseingängen. Der Motor ist damit sicher stromlos und drehmomentlos geschaltet.
Im Fehlerfall reicht es aus, wenn nur ein Pfad abgeschaltet wird. Wenn nur die *oberen* oder nur die *unteren* IGBTs abgeschaltet werden, kommt ein Drehfeld für den Motor nicht mehr zustande.
Zur Entkopplung der Steuersignale des DSP ist die entsprechende Schnittstelle mit Widerständen in geeigneter Bauform und Widerstandswerten versehen. Damit ist eine fehlerhafte Versorgung der Treiberstufen/Optokoppler aus den Steuersignalen des DSP ausgeschlossen.
Der gestrichelt gezeigte Bereich grenzt die für die Sicherheit relevanten Baugruppen gegeneinander ab.

12.3 Ungewollte ruckartige Bewegung des Motors

Trotz obiger Sicherheitsvorkehrungen können defekte IGBTs eine ruckartige Bewegung verursachen. Der dabei mögliche Drehwinkel hängt von der Polpaarzahl des verwendeten Motors ab.

Polpaarzahl des Motors	Möglicher Drehwinkel
1	180°
2	90°
3	60°
5	30°

Sie müssen dieses Verhalten bei der Risikoanalyse berücksichtigen. Wenn dies zu einer Gefahr führt, ist diese Einrichtung nicht geeignet und nicht verwendbar.
Die Wahrscheinlichkeit, dass die ruckartige Bewegung eintritt, ist allerdings sehr gering.
Bei Annahme der Versagensrate eines IGBTs mit 100 fit (10E-7 pro Stunde) versagen zwei gleichzeitig mit 10E-14 pro Stunde. Das entspricht mehreren Mio. Jahre. Hiervon führen aber nur 6 von 15 Fällen zum Anrucken. Insbesondere werden die IGBTs bei jeder Kommutierung laufend getestet.

Bucher Automation AG
Thomas-Alva-Edison-Ring 10
71672 Marbach am Neckar, Deutschland
T +49 7141 2550-0
info@bucherautomation.com